

**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**

**2016**

**Editor Alexander Korshenko**

**«Nauka»  
Moscow 2017**

**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**

**2016**

**Редактор Коршенко А.Н.**

**«Наука»  
Москва 2017**

## АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2016 приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами прибрежных районов морей Российской Федерации в 2016 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-2016 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 2016. — Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2017, 232 с.

ISBN 978-5-9500646-2-3

© Коршенко А.Н.

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

## ABSTRACT

The Annual Report 2016 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2015. 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 2016. 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 2016 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 2016 was compiled at the Marine Pollution Monitoring Laboratory of the 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 2016. — Editor Alexander Korshenko, Moscow, «Nauka», 2017, 232 p.

ISBN 978-5-9500646-2-3

© Korshenko A.N.

© State Oceanographic Institute (SOI)

## ВВЕДЕНИЕ

Совет Министров СССР Постановлением от 30 сентября 1963 г. поручил Главному управлению гидрометеорологической службы при СМ СССР проведение систематических исследований химического состава загрязнителей морских вод, омывающих берега Советского Союза. В соответствии с этим в 1964–1965 гг. органами Гидрометслужбы под научно-методическим руководством Государственного океанографического института (ГОИН) были проведены рекогносцировочные обследования химического состава морских прибрежных вод, а с 1966 г. осуществляются систематические наблюдения за загрязнением морской среды. Начиная с 1966 г. результаты наблюдений в рамках программы мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морских вод публикуются в «Обзоре...», а потом в «Ежегоднике качества морских вод по гидрохимическим показателям» (Приложение 1). Ежегодники составляются в ГОИН на основе данных государственной наблюдательной сети (Положение о ГСН, 2003), включающей центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) и центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р) межрегиональных территориальных управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Кроме этого в «Ежегодники» включаются результаты исследований и наблюдений других организаций и научно-исследовательских институтов Росгидромета и Российской Академии Наук, данные международного обмена информацией, интернет-ресурсов, а также материалы отдельных экспедиционных морских исследований государственных и негосударственных организаций.

В настоящем Ежегоднике приведена характеристика гидрохимического режима и уровня загрязненности открытых, прибрежных и эстуарных районов морей России в 2016 г. Основой для составления Ежегодника явились исходные постанционные данные и отчетные материалы 16 химических лабораторий территориальных управлений Росгидромета. Данные были получены в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, которые представляются в ГОИН на основании нормативных документов Росгидромета (Приказ № 156, 2000). К материалам сети относятся региональные выпуски «Ежегодника качества морских вод по гидрохимическим показателям», содержащие обобщенные результаты наблюдений в отдельных районах контроля, «Ежегодные гидрохимические данные о качестве морских вод» (ЕГД) с исходными постанционными гидрохимическими данными и концентрацией загрязняющих веществ, а также обзоры организационно-технического состояния морских химических лабораторий Росгидромета. Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург) и других профильных организаций. В Ежегодник частично включены результаты выполнения национальных программ мониторинга морской среды сопредельных стран, а также информация российских и зарубежных научно-исследовательских учреждений, материалы открытых источников в печати или интернете. Ежегодник-2016 по всем морям России подготовлен в Лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета (ЛМЗ ГОИН, г. Москва) под общей редакцией А. Н. Коршенко (адрес: 119034 Москва, Кропоткинский пер. 6, ГОИН, [www.oceanography.ru](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 поступают вследствие региональных миграционных процессов.

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

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

По полной программе пробы отбирают один раз в месяц. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, хлорорганических пестицидов (ХОП), тяжелых металлов (ТМ) и специфических для данного района ЗВ; отдельных показателей морской среды — концентрации растворенного в воде кислорода ( $O_2$ ), сероводорода ( $H_2S$ ), ионов водорода (pH), щелочности (Alk), нитритного азота ( $N-NO_2$ ), нитратного азота ( $N-NO_3$ ), аммонийного азота ( $N-NH_4$ ), общего азота (Ntotal), фосфатного фосфора ( $P-PO_4$ ), общего фосфора ( $P_{total}$ ), кремния ( $Si-SiO_2$ ), а также элементов гидрометеорологического режима — солёности воды (S‰), температуры воды и воздуха ( $T^{\circ}C$ ), скорости и направления течений и ветра, прозрачности по диску Секки и цветности воды, концентрации взвешенных веществ и другие параметры.

Горизонты отбора проб определяются глубиной на станции: до 10 м — два горизонта (поверхность, дно); до 50 м — три горизонта (поверхность, 10 м, дно); более 50 м — четыре горизонта (поверхность, 10 м, 50 м, дно). При наличии скачка плотности отбор проб проводится и на горизонте скачка. На глубоководных станциях пробы отбираются на стандартных гидрологических горизонтах. В экспедиционных исследованиях набор контролируемых параметров и горизонты отбора проб определяются программой работ.

## **А.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений**

Химический анализ проб воды и донных отложений производится в соответствии с методами, изложенными в разработанных в ГОИН руководящих документах: «Руководство по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243–92, 1993) и «Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси» (РД 52.10.556–95, 1996). В настоящее время методические основы проведения химического анализа элементов и соединений в морской среде постоянно обновляются. В частности, было разработано и одобрено к применению на сети Росгидромета несколько новых методик определения отдельных параметров морской среды:

— РД 52.10.745–2010 Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмиевом редукторе;

— РД 52.10.742–2010 Объемная концентрация сероводорода в морской воде. Методика измерений йодометрическим методом;

— РД 52.10.744–2010 Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдкремневой кислоты;

— РД 52.10.743–2010 Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом;

— РД 52.10.735–2010 Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом;

— РД 52.10.736–2010 Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах. Методика измерений йодометрическим методом;

— РД 52.10.737–2010 Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах в присутствии сероводорода. Методика измерений йодометрическим методом;

— РД 52.10.738–2010 Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом;

— РД 52.10.739–2010 Массовая концентрация общего фосфора в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия;

— РД 52.10.740–2010 Массовая концентрация азота нитритного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса.

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 представляет максимальную концентрацию вредного вещества, при которой в водоеме не возникает последствий, снижающих его рыбохозяйственную ценность. Экспериментально ПДК устанавливается по наиболее чувствительному звену трофической цепи водоема». Определение дано по документу «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения», Далее в ссылках «Перечень ПДК» (ПДК-2010). Всего в Перечне описано 1071 химическое соединение или вещество.



**Таблица А.1.** Предельно допустимая концентрация отдельных загрязняющих веществ и биогенных элементов в морских и пресных водах (ПДК-2010).

Ингредиент/ Класс опасности	Номер*	Обозначение	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	нг/дм <sup>3</sup>
<b>Биогенные вещества</b>					
Аммиак (4)	53	NH <sub>3</sub> nH <sub>2</sub> O	для пресных вод — 0,05	50	
Аммоний-ион (4)	54	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5 (0,4 в пересчете на N*) 2,9 при 13–34‰	500/389 2900/2256	
Нитрат-анион (4э)	603	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	для пресных вод — 40,0; 9,0 в пересчете на азот	40000/9032	
Нитрит-анион (4э)	608	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	для пресных вод — 0,08; 0,02 в пересчете на азот	80/24	
Силикат калия (3)	757	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	
Фосфаты Na, K, Ca (4э)	935	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,05 олиготрофные водо- емы 0,15 мезотрофные 0,2 эвтрофные	50/17 150/50 200/67	
<p>N* В Руководящих Документах концентрация биогенных элементов выражена в мкг/дм<sup>3</sup> в пересчете на элемент, а в нормативах ПДК на соединение в целом. Вследствие этого нормы ПДК для сетевых подразделений могут быть скорректированы с учетом молекулярной массы составляющих соединения элементов: Н — 1, N — 14, O — 16, P — 32, Si — 28, К — 39. Таким образом, ПДК аммония составляет 14/18 от приведенного в ПДК-2010 значения; нитритов 14/46; нитратов 14/62; силикатов SiO<sub>3</sub>28/76 и фосфатов 32/96.</p>					
<b>Металлы</b>					
Алюминий (4)	33	Al	для пресных вод — 0,04	40	
Барий (4)	93	Ba Ba	2,0 при 12–18‰ для пресных вод — 0,74	2000 740	
Ванадий (3)	141	V	для пресных вод — 0,001	1	
Железо (2)	344	Fe Fe	0,05 для пресных вод — 0,1	50 100	
Кадмий (2)	386	Cd Cd	0,01 для пресных вод — 0,005	10 5	
Кальций (4э)	393	Ca Ca	610 при 12–18‰ для пресных вод — 180,0		
Кобальт (3)	412	Co Co	0,005 для пресных вод — 0,01	5 10	
Марганец двухвалентный (4)	496	Mn <sup>2+</sup> Mn <sup>2+</sup>	0,05 для пресных вод — 0,01	50 10	
Медь (3)	501	Cu Cu	0,005 для пресных вод — 0,001	5 1	
Молибден (2)	556	Mo Mo	- для пресных вод — 0,001	- 1	
Мышьяк (3)	569	As As	0,01 для пресных вод — 0,05	10 50	
Никель (3)	671	Ni Ni	0,01 для пресных вод — 0,01	10 10	
Олово (4)	642	Sn Sn	- для пресных вод — 0,112	- 112	
Ртуть (1)	743	Hg Hg	0,0001 для пресных вод — 0,00001	0,1 0,01	
Свинец (3)	749	Pb Pb	0,01 для пресных вод — 0,006	10 6	
Хром трехвалентный (3)	995	Cr <sup>3+</sup> Cr <sup>3+</sup>	- для пресных вод — 0,07	- 70	
Хром шестивалентный (3)	996	Cr <sup>6+</sup> Cr <sup>6+</sup>	- для пресных вод — 0,02	- 20	

Цинк (3)	1018	Zn Zn	0,05 для пресных вод — 0,01	50 10	
<b>Органические загрязняющие вещества</b>					
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), (4)	648	Detergents Detergents	0,1 для пресных вод — 0,5	100 500	
Нефтепродукты (нефтяные углеводороды, НУ), (3)	600	Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs)	0,05	50	
Фенол/карболовая кислота (3)	910	Fenols C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	фенол — 0,001	1	
Хлорорганические токсиканты, ДДТ и его метаболиты, ПХБ, альдрин, линдан и др. (1)***	972	DDT, Chlorobiphenyls (PCBs), Aldrin, Lindan etc.	отсутствие (условно — 0,00001)	0,01	10
Гексахлоран, гексахлорциклогексан ГХЦГ (смесь 8 стереоизомеров 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексана) (1)	163	HCH, Group HCH with γ-HCH (Lindane), C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	отсутствие (условно — 0,00001)	0,01	10
ДДТ (1), инсектицид	196	DDT, DDD, DDE, C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> Cl <sub>5</sub>	отсутствие (условно — 0,00001)	0,01	10
Ацетон (3)	83	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,05	50	
Бензол (4)	99	Benzen, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,5	500	
Бромбензол (2)	112	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Br C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Br	0,0001 морские воды 0,1	0,1 100	
α-Бромнафталин (1)	117	C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> Br	отсутствие (0,000001)	0,001	1
Зенкор (1), гербицид	50		отсутствие (0,000001)	0,001	1
Арцерид (1), фунгицид	69		0,0007	0,7	700
Бульдок 025 ЕС (1), инсектицид	120	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Br	отсутствие (0,0000001)	0,0001	0,1
Метафос (1), фосфорорганический инсектицид	248	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> NO <sub>5</sub> PS, Metaphos	0,00003	0,03	30
Дихлофос (1), фосфорорганический акарицид, инсектицид	238	C <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> PCl <sub>2</sub> , Dichlophos	отсутствие (условно — 0,00001)	0,01	10
Карбофос (1), фосфорорганический инсектицид	241	C <sub>10</sub> H <sub>19</sub> O <sub>6</sub> PS <sub>2</sub> , Carbophos	отсутствие (условно — 0,00001)	0,01	10
Хлорофос (1), фосфорорганический инсектицид	259	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> PCl <sub>3</sub> , Chlorophos	0,00002	0,02	20
2,4-Динитрофенол (2)	275	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0001	0,1	100
Эптам (1), гербицид	280	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> NOS	0,00008	0,08	80
Дихлорбензол (2), смесь изомеров	293	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	0,001	1	1000
Кельтан/дикофол (1), инсектицид	295	C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> OCl <sub>5</sub>	0,00001	0,01	10
Пропанид/пропанил (2), гербицид	302	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> NOCl <sub>2</sub>	0,0003	0,3	300
2,4-Дихлорфенол (1)	309	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCl <sub>2</sub>	0,0001	0,1	100
Фозалон (1), пестицид	335	C <sub>12</sub> H <sub>15</sub> ClNO <sub>4</sub> PS <sub>2</sub>	0,00001	0,01	10
Додецилбензол (2)	340	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub>	0,0001	0,1	100
Каратан (1), фунгицид	399		0,00007	0,07	70
Метатион/метилнитрофос/сумтион (1), инсектицид	507	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> NO <sub>5</sub> PS	0,0000001	0,0001	0,1
Полихлорпинен (1)	705		0,00001	0,01	10

Тетрабутилолово (1)	820	TBT, (C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>4</sub> Sn	0,0001	0,1	100
Толуол/метилбензол (3)	846	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,5	500	
Трибутиламин (1)	854	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>3</sub> N	0,00005	0,05	50
Трихлорбензол (2), смесь изомеров	877	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	0,001	1	
Трихлорфенол (1), смесь изомеров	883	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> O	0,0001	0,1	100
Хлорбензол (3)	961	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	0,001	1	
2-Хлорфенол (1), смесь изомеров	983	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OCl	0,0001	0,1	100
Циклогексан (3)	1006	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	0,01	10	

**Общие показатели**

Растворенный кислород	Стр. 8**	Dissolved oxygen (O <sub>2</sub> )	В подледный период — не менее 4,0 мг/л*; В летний период — не менее 6,0 мг/л		
Водородный показатель (рН)		рН	Не должен выходить за пределы 6,5–8,5		
Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> ; БПК <sub>полное</sub> )	Стр. 9**	BOD <sub>5</sub> ; BOD <sub>total</sub>	При температуре 20 °С не должно превышать 3,0 мг/л		
Взвешенные вещества (4)	143	Suspended solids	ПДК 10,0 мг/дм <sup>3</sup> . Инертная природная минеральная взвесь, состоящая из неорганического осадочного материала (глинистые и обломочные материалы, горные породы, силикаты, карбонаты и др.) с дисперсностью частиц от 0,5 мкм. Для континентальной шельфовой зоны морей с глубинами более 8 м.		
Сера элементарная (4)	755	S	10,0 мг/дм <sup>3</sup>		

\* Номер вещества в Перечне (ПДК, 2010).

\*\* Описание в Перечне (ПДК, 1999).

мг/л\* — здесь и далее сохранена единица измерения используемого документа.

\*\*\* Хлороорганические и фосфорорганические пестициды (ХОП, ФОП): 1) ДДТ и его метаболиты; 2) восемь стереоизомеров гексахлорциклогексана (гексахлоран, ГХЦГ), включая линдан  $\gamma$ -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 для практической оценки уровня загрязнения допускается условно использовать в качестве норматива 10 нг/дм<sup>3</sup> (Приказ 156, 2000).

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. 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 уровень химического загрязнения 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 мг $O_2$ /дм<sup>3</sup> разделить на среднее значение концентрации кислорода в мг/дм<sup>3</sup>; 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 мкг/л;

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

— покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 км<sup>2</sup>;

- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади 2 км<sup>2</sup> и более при его обзримой площади более 6 км<sup>2</sup>;
- снижение содержания растворенного кислорода до значения 2 мгО<sub>2</sub>/л и менее;
- увеличение биохимического потребления кислорода (БПК<sub>3</sub>) свыше 40 мгО<sub>2</sub>/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>3</sub>) — от 10 до 40 мгО<sub>2</sub>/л, снижение концентрации растворенного кислорода до значений от 3 до 2 мгО<sub>2</sub>/л;
- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) от 1/4 до 1/3 поверхности водного объекта при его обзримой площади до 6 км<sup>2</sup>;
- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади от 1 до 2 км<sup>2</sup> при его обзримой площади более 6 км<sup>2</sup>.

В разработанной в 2001 г. «Инструкции по формированию и представлению оперативной информации об экстремально высоких и высоких уровнях загрязнения поверхностных и морских вод, а также их аварийном загрязнении» уточняется перечень основных ингредиентов различных классов опасности и пределы концентрации, характеризующие ВЗ и ЭВЗ (табл. А.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≤3 мг/л	<2,00 мг/л
Азот аммонийный	≥29,00 мг/л	≥145,00 мг/л
Азот нитритный	≥0,80 мг/л	≥4,00 мг/л
Азот нитратный	≥400 мг/л	≥2000 мг/л
Фосфаты (для эвтрофных водоемов)	≥2,0 мг/л	≥10,0 мг/л
Фосфаты (для мезотрофных водоемов)	≥1,5 мг/л	≥7,5 мг/л
Нефтепродукты	≥1,5 мг/л	≥2,50 мг/л
СПАВ	≥1,00 мг/л	≥5,00 мг/л
ДДТ	≥0,03 мкг/л	≥0,05 мкг/л
ГХЦГ	≥0,03 мкг/л	≥0,05 мкг/л
Фенолы	≥0,03 мг/л	≥0,05 мг/л
Медь	≥0,15 мг/л	≥0,25 мг/л
Марганец	≥0,15 мг/л	≥0,25 мг/л
Свинец (морская вода)	≥0,03 мг/л	≥0,05 мг/л
Свинец (пресная вода)	≥0,018 мг/л	≥0,030 мг/л
Ртуть (морская вода)	≥0,3 мкг/л	≥0,5 мкг/л
Ртуть (пресная вода)	≥0,03 мкг/л	≥0,05 мкг/л
Кадмий	≥0,03 мг/л	≥0,05 мг/л

Для пресных вод наиболее информативными комплексными оценками являются индексы загрязненности воды (комбинаторный КИЗВ и удельный УКИЗВ), класс качества воды и некоторые другие показатели (РД 2002). Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большему значению индекса соответствует худшее качество

воды в различных створах, пунктах и т. д. Классификация качества пресной воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности: 1-й класс — условно чистая; 2-й класс — слабо загрязненная; 3-й класс — загрязненная; 4-й класс — грязная; 5-й класс — экстремально грязная.

Обязательный перечень показателей и ингредиентов для расчета комплексных оценок качества пресных вод содержит 15 позиций: 1. Растворенный в воде кислород, 2. БПК<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 являющихся 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; незначительная комплексность загрязненности воды водного объекта ( $K < 10\%$ ) и более высокая комплексность ( $K \geq 10\%$ ).

2) **устойчивости** (повторяемость случаев загрязненности по отдельным ингредиентам) — количество проб, в которых обнаружено превышение ПДК; характеристика загрязненности воды по коэффициенту повторяемости — 1–10% единичная, 10–30% неустойчивая, 30–50% устойчивая и 50–100% характерная.

3) **уровня** — максимальная или средняя кратность превышения ПДК для каждого отдельного нормируемого ингредиента; характеристика уровня загрязненности по кратности — 1–2 низкий, 2–10 средний, 10–50 высокий и более 50 экстремальный.

Для морских донных отложений в российских территориальных водах в настоящее время не существует нормативно закрепленных характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ. Однако существует возможность оценивать степень загрязнения донных отложений в контролируемом районе на основе соответствия уровня содержания ЗВ критериям экологической оценки загрязненности грунтов по «голландским листам» (табл. А.5). Существуют и иные нормативные показатели, принятые в других странах.

**Таблица А.5.** Допустимый уровень концентрации (ДК) загрязняющих веществ в донных отложениях водоемов в соответствии с зарубежными нормами (Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95, Warmer H., van Dokkum R., 2002).

Загрязняющие вещества	ДК	Загрязняющие вещества	ДК
Кадмий, мкг/г	0,8	Сумма 10 ПАУ, нг/г	1000
Ртуть, мкг/г	0,3	Бенз(а)пирен, нг/г	25
Медь, мкг/г	35	Бензол, нг/г	50
Никель, мкг/г	35	Толуол, нг/г	50
Свинец, мкг/г	85	Ксилол, нг/г	50
Цинк, мкг/г	140	Этилбензол, нг/г	50
Хром, мкг/г	100	Сумма ДДТ, ДДД и ДДЭ, нг/г	2,5
Мышьяк, мкг/г	29	γ-ГХЦГ (линдан) (γ-НСН, lindane), нг/г	0,05
Кобальт, мкг/г	20	Сумма 6 ПХБ, нг/г	20
Молибден, мкг/г	10	Хлорбензолы, нг/г	-
Олово, мкг/г	20	Хлорфенолы, нг/г	-
Барий, мкг/г	200	НУ (ТРНs), 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>, μmol/dm<sup>3</sup>). Таблица пересчета единиц позволяет перевести концентрацию в мкг/дм<sup>3</sup> (табл. А.6).

**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

Для оценки состояния открытого моря и прибрежных вод, а также для выработки политики в области охраны окружающей среды и оценке эффективности мер, направленных на снижение поступающего с водосбора морей загрязнения, необходимы данные о поступлении загрязняющих веществ в морскую среду от наземных источников. Оценка поступающих с берега в море веществ (нагрузка) учитывает три потенциальных источника — нагрузки, поступающие с контролируемых 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 2 ТП-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 2016 г.

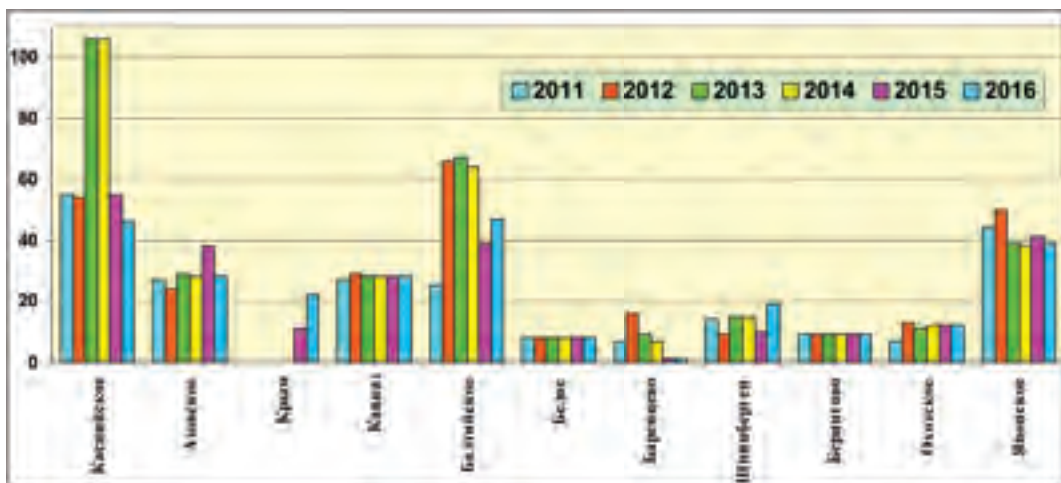
В 2016 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды осуществлялись 16 химическими лабораториями региональных Управлений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) на 259 станциях, расположенных на 9 морях Российской Федерации и на Шпицбергене (рис. А.1). Всего контроль состояния морской среды проводился в 51 локальных наиболее подверженных антропогенному воздействию прибрежных районах, в частности в эстуарных районах рек и на акватории портов. Большинство станций относятся к постоянно действующей сети ГСН и обследуются ежегодно. Некоторая часть наблюдений проводилась в рамках хозрасчетных работ сетевых Управлений или по программам ФЦП. Традиционно наибольшим было количество станций программы мониторинга на Каспийском, Балтийском и Японском морях (рис. А.2).



**Рис. А.1.** Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2016 г.

Всего в 2016 г. было отобрано и проанализировано 2139 проб воды и 158 проб донных отложений, из которых 78 приходятся на залив Петра Великого Японского моря. Суммарное количество выполненных химических анализов составило в морской воде 48905 измерений,





**Рис. А.2.** Количество станций мониторинга морской среды на контролируемых РФ морях в 2011–2016 гг.

в донных отложениях 1880, из которых 1860 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, кремний) и загрязняющих веществ. В рамках программы мониторинга последняя группа обычно включает суммарное количество нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектроскопии, фенолов, СПАВ, стойких органических загрязнителей (СОЗ), главным образом пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ, а также ПХБ и тяжелых металлов (ТМ). Среди органических загрязняющих веществ отдельные ингредиенты ПАУ, хлорфенолов или конгенеры ПХБ не учитывались в общем количестве наблюдаемых параметров. Как правило, из общего набора контролируемых в морской среде параметров наблюдения выполнялись только по очень ограниченному списку веществ, которые являются приоритетными для акватории. Хотя аналитические возможности химических лабораторий сильно отличаются, однако во всех контролируемых районах были получены адекватные результаты обработки проб, позволяющие оценить качество морской среды. Количество выполненных анализов в 2016 г. традиционно существенно различалось в разных морях (рис. А.3).

Государственный мониторинг морских вод в 2016 г. главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидрохимических параметров (10109 анализов из общего количества 48905), а также измерение концентрации биогенных веществ (13072 анализов) и растворенного в воде кислорода (4298), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов тяжелых металлов (7280) и стойких органических загрязнителей (5916 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 хлорили фосфорорганических соединений. При анализе содержания ПХБ может быть выявлено до 20 и более индивидуальных веществ. Вследствие этого общее количество выполненных анализов по металлам и СОЗ выглядит повышенным при сравнении с другими группами ве-

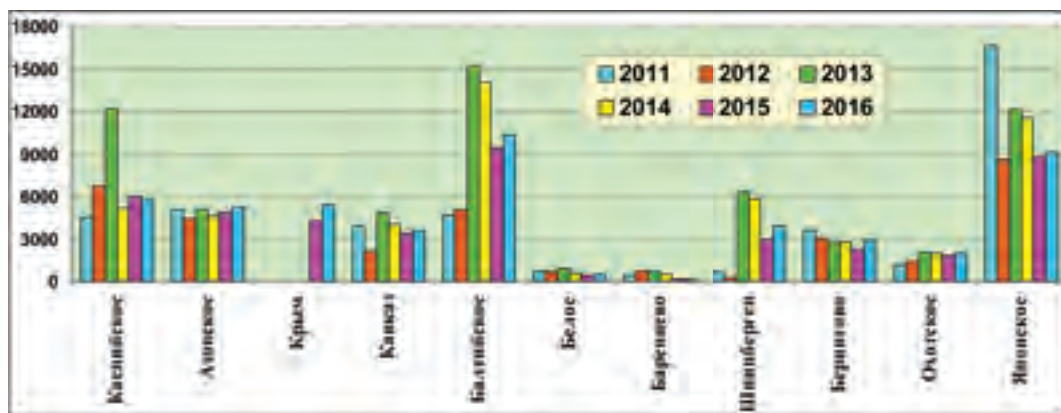
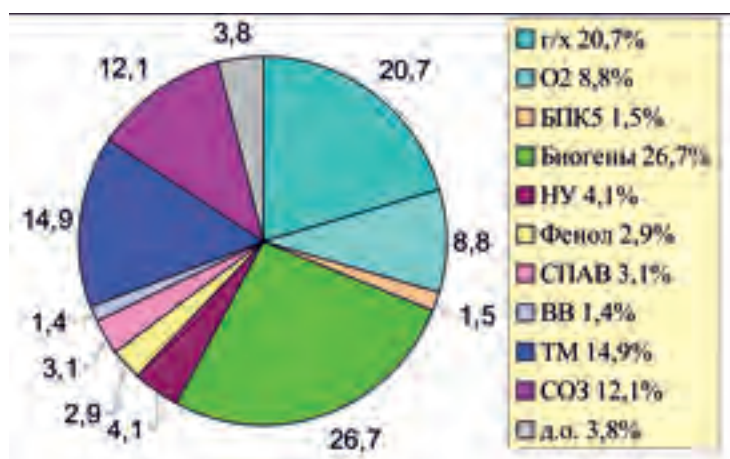


Рис. А.3. Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морской среды морей РФ в 2011–2016 гг.

ществ. На всех контролируемых участках акватории морей обязательно выполнялось определение содержания нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектрометрии.



г/х — гидрологические и стандартные гидрохимические параметры;  $O_2$  — концентрация растворенного в воде кислорода;  $BPK_5$  — биохимическое потребление кислорода за 5 суток; Биогены — соединения азота, фосфора и кремния; НУ — сумма нефтяных углеводородов, метод инфракрасной спектрометрии; Фенол — сумма фенолов; СПАВ — синтетические поверхностно-активные вещества; ВВ — взвешенные вещества; ТМ — тяжелые металлы; СОЗ — стойкие органические загрязнители (хлорорганические 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 2016 г.

# Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

*Ильзова Ф. Ш., Котопова Е. А., Дадашев А. М., Османова С. Ш., Постнов А. А.,  
Коршенко А. Н.*

## 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 батиметрической кривой средняя равна 208 м. Исходя из особенностей морфологического строения и физико-географических условий, Каспийское море условно делится на три части: Северный (25% площади), Средний (36%) и Южный Каспий (39%). Условная граница между первыми проходит по линии о. Чечень — мыс Тюб-Караганский, между Средним и Южным Каспием — по линии о. Жилой — мыс Ган-Гулу. Протяжённость в основном низменной и гладкой береговой линии оценивается примерно в 6500–6700 километров, а с островами до 7000 километров. В северной части берега изрезаны водными протоками и островами дельты Волги и Урала, берега низкие и заболоченные, а водная поверхность во многих местах покрыта зарослями. Донный рельеф здесь осложнен наличием множества банок и островов, в число которых входит самый большой на Каспии о. Чечень. На восточном побережье преобладают известняковые берега, примыкающие к полупустыням и пустыням. Наиболее извилистые берега на западном побережье в районе Апшеронского полуострова, а на восточном побережье в районе Казахского залива и Кара-Богаз-Гола (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 доходит до 35 см, а период от 8–10 минут до нескольких часов (Крицкий С. К., 1975).

На Каспийском море развита добыча нефти, а также рыболовство и судоходство. Ранее построенные порты (Астрахань, Махачкала, Баутино, Актау, Баку, Туркменбаши, Энзели) в настоящее время реконструируются и расширяются. По данным 2010 г. в Астрахани работало 21 больших и малых портовых сооружений, 15 судостроительно-судоремонтных заводов. Ведется или намечается строительство новых портов. С первой половины прошлого века на Южном Каспии ведется морской нефтяной промысел. К началу XXI века наиболее изученными оказались южные и средние районы Каспия у берегов Азербайджана и Туркменистана. Здесь добыча нефти оценивается уровнем более 320 млн т в год. По последним геологическим данным можно говорить о паритетном соотношении распределения месторождений углеводородов между Северным и Южным Каспием. Кроме сырьевых запасов Каспийский регион богат биологическими ресурсами. Здесь находятся крупнейшие в мире нерестилища осетровых (всего здесь обитает около 130 видов и разновидностей рыб) и редчайшие поля лотоса. В водно-болотистых районах Северного Каспия водится множество птиц (более 100 видов), таких как утки, лебеди, цапли, кулики, чайки и др. Единственное обитающее в море морское млекопитающее — эндемик каспийский тюлень.

Бассейн Каспийского моря и особенно территория по берегам р. Волги отличаются высокой степенью промышленного и сельскохозяйственного освоения. Западное побережье Каспийского моря освоено лучше, чем восточное. Здесь на южном берегу Апшеронского полуострова расположен крупнейший на Каспийском море порт и самый большой на Кавказе город Баку, с площадью 2130 км<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. Поступление загрязняющих веществ

Более 85% поверхностного пресноводного стока воды в Каспийское море приходится на Северный Каспий — обширное мелководье, примерно ограниченное изобатой 20 м. В многоводные годы объем речного стока составляет 75% объема воды северной части моря, которая является зоной активного перемешивания речных и морских вод. Загрязняющие вещества (ЗВ) поступают в Северный Каспий в основном с речным стоком или с морскими водами из Среднего Каспия. Практически 90% общего объема загрязняющих веществ поступает в Каспийское море с речным стоком.

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

## 1.3. Состояние вод Северного Каспия

В период с 24 марта по 3 ноября 2016 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 марте, июле и августе-сентябре, а также на четырех станциях IV разреза Дагестанским ЦГМС в мае, июне, октябре и ноябре (рис. 1.1). Всего было отобрано 70 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 2016 г.



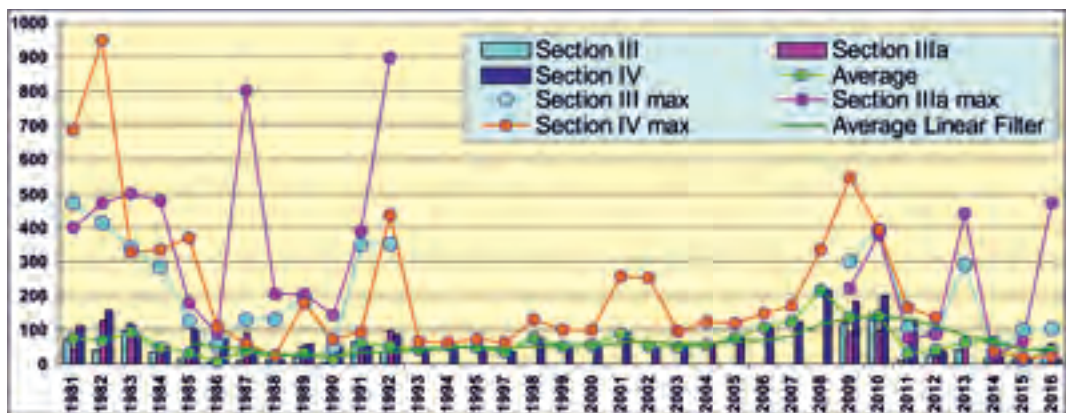
### 1.3.1. Вековой разрез III

Температура воды в период исследований в 26 отобранных пробах была в диапазоне от 4,5 °С (25 марта) до 28,1 °С (20 июля), соответствует обычному годовому ходу температуры. Значения **солености** изменялись от 5,66‰ в центральной части Северного Каспия (ст. 22) как на поверхности, так и в придонном слое на глубине 11 м до 12,62‰ на южной границе мелководья (ст. 25) в середине сентября в придонном слое на глубине 24 м. Значения водородного показателя рН были в обычных границах 7,74–8,55, при среднем значении 8,26 (табл. 1.1). Концентрация взвешенных веществ (ВВ) в морской воде изменялась от 2 до 55 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 12,7 мг/дм<sup>3</sup>, что очень близко к значениям предыдущего года.

Разнообразие физико-химических условий северо-каспийского мелководья приводит к значительной внутригодовой и межгодовой изменчивости наблюдаемых параметров морской среды. Экстремальные и средние величины концентрации биогенных элементов, за исключением нитритов и пониженных значений силикатов, соответствуют естественному многолетнему гидрохимическому режиму этой части северного мелководья (табл. 1.1). Существенных отличий в средней концентрации фосфатов и общего фосфора от ситуации 2015 г. не обнаружено. Концентрация общего азота уменьшилась в 1,3 раза на станциях восточного разреза, но осталась прежней западнее и на границе со Средним Каспием. Содержание нитритного и нитратного азота в целом осталось на прошлогоднем уровне. Обращает внимание различие почти на порядок в уровне концентрации нитратов на границе мелководья и севернее, что вероятно было связано с влиянием морских каспийских вод. Средняя концентрация аммонийного азота в 2016 г. возросла в 3–7 раз в распресненных водах и почти не отличалась южнее. В целом средняя концентрация аммонийного азота в водах вековых разрезов Северного Каспия в последние пять лет существенно понизилась в несколько раз до уровня второй половины 1980-х. В течение всего многолетнего периода наблюдений различие между отдельными участками мелководья были относительно незначительными, а изменения почти всегда были синхронными. Такая тенденция не полностью воспроизводится в значениях максимальных величин, где в отдельные годы наблюдались резко выпадающие экстремумы на отдельных участках акватории (рис. 1.2). В 2016 г. такое выпадающее значение (471 мкг/дм<sup>3</sup>) было зафиксировано на разрезе IIIа на ст. 3а в придонном слое на глубине 4 м 21 июля при температуре 20,3 °С.

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

Параметр	Разрез III (2016: 26 проб)			Разрез IIIa (2016: 22 пробы)			Разрез IV (2016: 22 пробы)		
	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.
Соленость,‰	10,49/ 8,75	6,35/ 5,66	13,80/ 12,62	8,88/ 6,61	2,29/ 3,12	11,70/ 11,19	9,78/ 9,33	6,80/ 6,28	12,02/ 11,28
Растворённый кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,04/ 10,62	7,55/ 7,32	12,04/ 13,94	9,80/ 9,95	7,39/ 6,17	12,07/ 13,22	8,95/ 8,91	7,25/ 7,82	10,95/ 9,86
pH	8,33/ 8,26	7,77/ 7,74	8,66/ 8,55	8,33/ 8,49	8,13/ 8,38	8,56/ 8,84	8,31/ 8,49	7,75/ 8,10	8,65/ 8,76
Фосфаты (P-PO <sub>4</sub> ), мкгP/дм <sup>3</sup>	4,2/ 4,6	2,0/ 2,6	7,0/ 6,9	3,1/ 4,2	1,0/ 2,3	13,0/ 6,9	4,9/ 9,2	2,1/ 1,7	10,4/ 15,2
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	8,3/ 5,0	16,8/ 25,3
Аммоний (N-NH <sub>4</sub> ), мкгN/дм <sup>3</sup>	13,0/ 38,8	0,0/ 2,9	99,0/ 102,0	8,5/ 57,8	0,0/ 2,5	66,0/ 471,0	11,7/ 14,9	8,0/ 5,9	16,0/ 22,0
Нитриты (N-NO <sub>2</sub> ), мкгN/дм <sup>3</sup>	0,6/ 1,56	0/ 0,2	3,0/ 17,2	4,3/ 0,66	0,0/ 0,3	135,0/ 3,4	1,75/ 2,47	0,49/ 0,57	2,95/ 4,45
Нитраты (N-NO <sub>3</sub> ), мкгN/дм <sup>3</sup>	12,5/ 26,5	3,0/ 0,7	36,0/ 204,3	18,1/ 16,1	0,0/ 0,6	159,0/ 89,1	189,1/ 184,7	107,0/ 123,0	267,0/ 344,0
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	243/ 240	356/ 378
Si, мкгSi/дм <sup>3</sup>	753/ 1131	276/ 420	1359/ 1800	640/ 1116	170/ 620	998/ 1780	318/ 691	299/ 532	360/ 1077



**Рис. 1.2.** Средняя и максимальная концентрация аммонийного азота (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах вековых разрезов III, IIIa и IV на участках акватории Северного Каспия в 1981–2016 гг. Для распресненных вод мелководья ПДК для аммонийного азота составляет 389 мкг/дм<sup>3</sup>.

Средняя концентрация **нефтяных углеводородов** в восточной части Северного Каспия оставалась на высоком уровне (3,4 ПДК), причем за последние три года отмечался устойчивый рост уровня нефтяного загрязнения — по сравнению с 2014 г. более двух раз (табл. 1.2). Напротив, средняя концентрация фенолов в 2014–2016 гг. уменьшалась, хотя и не столь драматическими темпами — на 25% в течение трех лет. В 2016 г. она снизилась почти до значения ПДК. Средняя концентрация СПАВ также понижалась с 0,4 ПДК в 2014 г. до 0,2 ПДК в 2016 г. Максимальные значения также снижались.

В 70 проанализированных пробах с III разреза Северного Каспия в 2016 г. средняя концентрация половины анализируемых **металлов** оставалась выше допустимого норматива (табл. 1.3) и изменялась в пределах 1,2–3,6 ПДК, а максимальная величина для железа и кобальта достигала 10,6 и 18,2 ПДК соответственно. По сравнению с предыдущим годом средняя концентрация меди, цинка и никеля понизилась в 2–4 раза, а железа — увеличилась в 1,2 раза. Содержание ртути, кадмия и марганца было невысоким. Высокие значения концентрации многих металлов в водах Северного Каспия, по всей видимости, обусловлены 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. Вследствие этого, значения тяжелых металлов были исключены из расчета ИЗВ для районов Северного и Среднего Каспия (табл. 1.4).

**Таблица 1.3.** Средняя, максимальная и минимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах трех вековых разрезов Северного Каспия в 2015/2016 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>Sn<sup>1</sup></b>	<b>Mo<sup>2</sup></b>	<b>Cr<sup>3</sup></b>	<b>Hg</b>
Сред.	18,8/ 8,1	21,5/ 12,0	1,4/ 0,7	20,2/ 14,2	50,5/ 13,9	113,0/ 22,8	2,6/ 2,6	144,6/ 179,5	24,0/ 33,1	3,9/ 2,2	14,9/ 16,4	0,018/ 0,026
Макс.	64,6/ 41,4	126,1/ 38,1	6,8/ 5,6	126,7/ 91,2	234,8/ 65,9	314,5/ 97	8,6/ 9,6	270/ 530	84,6/ 129,5	9,5/ 4,9	97,0/ 40,9	0,04/ 0,07
Мин.	1,4/ 1,5	1,3/ 0,9	0,0/ 0,04	1,0/ 0,2	1,8/ 2,4	14,7/ 4,2	0,1/ 0,3	50/ 110	1,2/ 3,1	1,0/ 0,9	1,8/ 4,0	0,00/ 0,01
ПДК сред.	<b>3,8/ 1,7</b>	<b>2,2/ 1,2</b>	0,1/ <0,1	<b>4,0/ 2,8</b>	<b>5,1/ 1,4</b>	<b>2,3/ 0,5</b>	<0,1/ <0,1	<b>2,9/ 3,6</b>	0,2/ 0,3	<b>3,9/ 2,2</b>	0,7/ 0,8	0,2/ 0,3
ПДК макс.	<b>12,9/ 8,3</b>	<b>12,6/ 3,8</b>	0,7/ 0,6	<b>25,3/ 18,2</b>	<b>23,5/ 6,6</b>	<b>6,3/ 2,0</b>	0,2/ 0,2	<b>5,4/ 10,6</b>	0,8/ 1,2	<b>9,5/ 4,9</b>	<b>4,9/ 2,0</b>	0,4/ 0,7

Примечания: <sup>1</sup>для расчета ПДК использована допустимая концентрация олова для пресных вод 112 мкг/дм<sup>3</sup>; <sup>2</sup>для расчета ПДК использована допустимая концентрация молибдена для пресных вод 1 мкг/дм<sup>3</sup>; <sup>3</sup>для расчета ПДК использована допустимая концентрация хрома для пресных вод 20 мкг/дм<sup>3</sup>.

Кислородный режим морских вод в районе III разреза в 2016 г. по сравнению с прошлым годом изменился незначительно. Среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** составила 10,62 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; максимальное значение — 13,94 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в придонном слое воды на глубине 4 м на ст. №20 в марте, а минимальное — 7,32 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в конце июля также в придонном слое на глубине 14 м при температуре 17,0°С и солености 11,79‰. Значение индекса ИЗВ на III разрезе составило 1,37 (табл. 1.4), что соответствует IV классу вод, «загрязнённые», тогда как в 2015 г. эти воды были умеренно загрязненными. Расчет производился по средней концентрации НУ, фенолов, СПАВ и кислорода. Однако, как и в 2015 г., если расчет производить с учетом очень высокой средней концентрации некоторых металлов (железа — 3,70 ПДК; кобальта — 2,84 ПДК, меди — 1,69 ПДК), то значение ИЗВ повысится до 2,20, что соответствует 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.

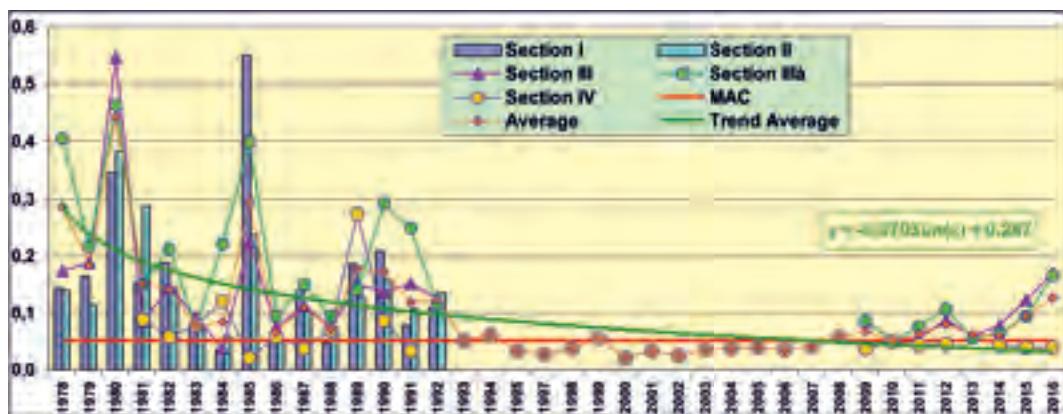
### 1.3.2. Вековой разрез Ша

В 2016 г. наблюдения на разрезе Ша выполнялись в марте, июле и августе, но только в отличие от предыдущих лет на 4 станциях вместо 10 и лишь на той половине разреза, которая расположена ближе к берегу. **Температура** воды в период исследований была в диапазоне



4,8–28,5 °С; соленость 3,12–11,19‰, при средней 6,57‰. Значения меньше 5‰ были отмечены на ст. № 1,2,5 в июле и ст. № 1,2,5,7 в августе как на поверхности, так и в придонном слое. Соленость выше 10‰ была отмечена только на ст. № 7 в придонном слое в марте и июле. Значения водородного показателя рН находились в пределах 8,38–8,84, при среднем значении 8,49. Концентрация взвешенных веществ (ВВ) в морской воде изменялась от 1 до 35 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 14,2 мг/дм<sup>3</sup>, что практически совпадает с прошлогодним значением.

Диапазон содержания биогенных веществ в водах разреза был в пределах естественных межгодовых изменений (табл. 1.1). При этом отмечались следующие отличия от разреза III: 1) концентрация растворенного кислорода (как средняя, так и минимальная), а также рН была меньше, чем на разрезе III; это может свидетельствовать о большем содержании растворенного углекислого газа в водах западной части Северного Каспия. На обоих разрезах наблюдалось уменьшение минимальной концентрации кислорода за последние три года; 2) концентрация нитритов на разрезе IIIа была в 4 раза больше, чем на более восточном разрезе, а содержание общего азота было фактически одинаковым. Средняя концентрация **нефтяных углеводов** в отобранных на разрезе IIIа 22 пробах более чем втрое превышала ПДК, тогда как еще в 2014 г. она превышала норматив всего на 20% (табл. 1.2). Диапазон концентрации от 0,04 до 0,32 мг/дм<sup>3</sup> (6,4 ПДК), максимум отмечен в конце августа в двух пробах из поверхностного и придонного (глубина 13 м) слоев воды на ст. № 7а. Начиная с 2009 г. средний уровень содержания НУ в водах западной части Северного Каспия стабилизировался на уровне 1–2 ПДК, что в несколько раз меньше значений первых пятнадцати лет наблюдений в системе мониторинга (рис. 1.3). Уровень загрязненности вод углеводородами в центральной и западной частях мелководья примерно одинаковый и немного в целом выше, чем на южной границе мелководья на примерной изобате 20 м — разрезе IV. Примечательно, что в последние три года наблюдается синхронное повышение содержания НУ на обоих разрезах на мелководье.



**Рис. 1.3.** Средняя концентрация нефтяных углеводов (мг/дм<sup>3</sup>) на акватории восточной (вековые разрезы I и II), центральной, западной (вековые разрезы III и IIIа) и южной (разрез IV) части Северного Каспия в 1978–2016 гг.

Средняя концентрация фенолов вдвое превышала ПДК, причем за последние три года она заметно выросла. В 2016 г. среднее содержание СПАВ было гораздо меньше ПДК, несмотря на то, что рассматриваемый разрез находится под существенным влиянием стока Волги. Средняя концентрация многих металлов (железа (3,44 ПДК), кобальта (2,85), меди (1,51), никеля (1,14), свинца (1,28)) в водах разреза IIIа была выше допустимого норматива, как и на всей акватории Северного Каспия (табл. 1.3).

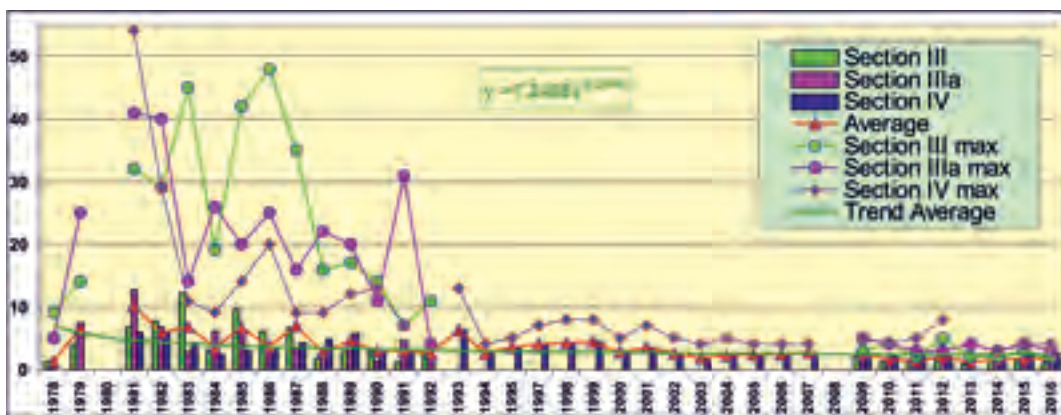
Значение индекса загрязненности вод (ИЗВ) на разрезе IIIa составило 1,52, что соответствует IV классу вод, «загрязнённые» (табл. 1.4). Расчет производился по средней концентрации органических веществ (НУ, фенолов и СПАВ) и кислорода, без учета металлов. При учете средней концентрации НУ, железа и меди ИЗВ будет существенно выше (2,21) 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 фоновой концентрации таких веществ.

Анализ многолетней динамики ИЗВ за период 2010–2016 гг. на разрезах III и IIIa показал рост индекса со скоростью 0,08 единиц в год. При этом уровень значимости многолетнего линейного тренда на разрезе III составил 0,01 (вероятность ошибки 1%, тренд статистически значим), а на разрезе IIIa — 0,08 (8%, тренд статистически незначим). Коэффициент линейной корреляции между значениями ИЗВ на двух разрезах в период с 2010 по 2016 гг. составил 0,84 (вероятность ошибки 1,6%, коэффициент корреляции статистически значим). Анализ подтверждает значительное сходство в процессах формирования качества вод в восточной и западной частях мелководной зоны Северного Каспия. Многолетние изменения ИЗВ обусловлены преимущественно увеличением средней годовой концентрации нефтяных углеводородов: на разрезе III ее рост составил 0,017 мг/дм<sup>3</sup> (+0,34 ед. ПДК в год при уровне значимости 0,015), а на разрезе IIIa = +0,23 ед. ПДК или 0,011 мг/дм<sup>3</sup> в год. Воды на разрезе IIIa находятся под непосредственным воздействием стока Волги, тогда как разрез III расположен восточнее и находится под влиянием переноса вод из восточной части Северного Каспия. Полученные оценки позволяют предположить, что загрязнение вод центральной части Северного Каспия нефтяными углеводородами было вызвано в большей степени влиянием переноса вод из казахстанского сектора недропользования, чем воздействием стока Волги.

### 1.3.3. Разрез IV

В 2016 г. гидрохимические съёмки проводились на 4 станциях в мае, июне и октября-ноябре. Было отобрано 22 пробы в поверхностном, промежуточном и придонном слоях. Диапазон изменчивости значений **температуры** воды составил 9,8–21,6 °С, солёности 6,28–11,27‰, в среднем 9,34‰, водородного показателя рН 8,10–8,76. Концентрация биогенных веществ на границе Северного мелководья и Центрального Каспия в целом была в пределах естественных межгодовых изменений (табл. 1.1). Содержание неорганического **фосфора** в последние годы существенно снизилось практически во всех участках акватории, включая станции на границе мелководной части моря. При этом различие между районами очень незначительное по сравнению с межгодовой вариабельностью, а уровень в несколько раз меньше наблюдавшегося по всему Северному Каспию до начала столетия. Максимальная величина неорганического фосфора в последние годы также показывает пониженные по сравнению с предыдущим периодом значения на всех контролируемых участках акватории и обычно отмечается на уровне в несколько раз меньше ПДК, условно принятой 50 мкгN/дм<sup>3</sup> для Северного Каспия как мезотрофного водоема. И средняя, и максимальная концентрация аммонийного азота на IV разрезе в 2016 г. немного увеличилась (табл. 1.1).

Средняя концентрация нефтяных **углеводородов** на границе северного мелководья и Центрального Каспия составила 0,8 ПДК. Таким образом, общий уровень загрязненности вод нефтяными углеводородами на южной границе мелководья, проходящей приблизительно вдоль изобаты 20 м, более чем втрое ниже, чем в центральной (разрез III) и западной (разрез IIIa) частях мелководной зоны. При этом какой-либо заметной динамики в уровне загрязненно-



**Рис. 1.4.** Средняя и максимальная концентрация фенолов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) на акватории центральной, западной (вековые разрезы III и IIIa) и южной (разрез IV) части Северного Каспия в 1978–2016 гг.

сти нефтяными углеводородами в этой части моря за последние три года не обнаруживается. Максимум достигал  $0,6 \text{ мг/дм}^3$  (1,2 ПДК) в трех пробах из поверхностного слоя, отобранных в конце мая и начале июня на разных станциях. В последнюю декаду средняя концентрация фенолов также не обнаруживает каких-либо заметных трендов, хотя и остается высокой — около 2–3 ПДК (рис. 1.4). Максимальное содержание в водах разреза достигало  $4 \text{ мкг/дм}^3$  в двух пробах в конце весны и начале лета.

Кислородный режим за последние три года улучшился: увеличилась как средняя, так и минимальная концентрация растворенного кислорода. Случаев дефицита кислорода отмечено не было. Индекс загрязненности вод ИЗВ (1,23, «умеренно загрязненные») в районе разреза IV оставался ниже уровня для более северных акваторий; традиционно наибольший вклад в загрязнение вносят фенолы и нефтяные углеводороды. Содержание аммония в среднем составило 0,04 ПДК, нитритов — 0,10 ПДК, а концентрация металлов не определялась.

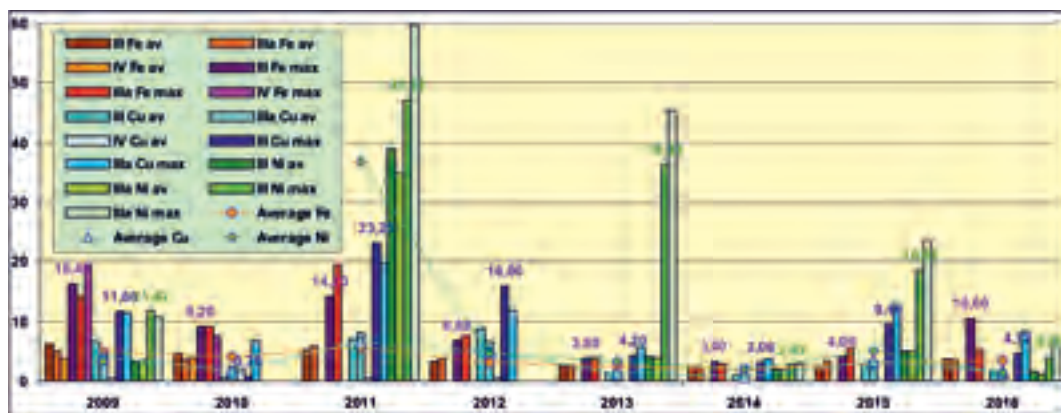
### 1.3.4. Пространственная неоднородность распределения загрязняющих веществ

Наряду со средними показателями для всей акватории Северного Каспия важной характеристикой является степень пространственной неоднородности загрязненности акватории. Уровень загрязненности вод металлами в центральной и западной частях (разрезы III и IIIa, соответственно) различается мало: значения средней концентрации железа, меди, цинка, кобальта, свинца, кобальта и магния одинаковы (с точностью до ошибки осреднения) и только концентрация никеля в центральной части оказалась в 1,5 раза больше, чем в западной (табл. 1.5). Аналогичная картина прослеживается и в предыдущие семь лет — различия между различными районами северного каспийского мелководья очень незначительные как по средним значениям, так и по максимальным (рис. 1.5). Значительно в большей степени выражена межгодовая изменчивость в содержании этих трех металлов, в наибольшей степени превышающих норматив. Можно выделить как годы с относительно низким содержанием этих металлов (2013, 2014 и 2016), так и с очень высокими значениями ПДК по средним и экстремальным величинам (2009, 2011 и 2015).

Уровень загрязненность нефтяными углеводородами в центральной и западной частях акватории фактически не различался, а вот на границе со Средним Каспием (разрез IV) сред-

**Таблица 1.5.** Концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup> и единицы ПДК) в водах центральной (вековой разрез III) и западной (вековой разрез IIIа) частях акватории Северного Каспия в 2016 г.

Параметр	Вековой разрез III			Вековой разрез IIIа		
	Средняя	Мин.	Макс.	Средняя	Мин.	Макс.
Fe	180 3,6 ПДК	110 2,2 ПДК	530 10,6 ПДК	170 3,4 ПДК	110 2,2 ПДК	260 5,2 ПДК
Cu	8,3 1,7 ПДК	1,5 0,3 ПДК	23,6 4,7 ПДК	8,0 1,6 ПДК	1,5 0,3 ПДК	41,4 8,3 ПДК
Zn	23,8 0,5 ПДК	5,9 0,12 ПДК	97 1,94 ПДК	20,2 0,4 ПДК	4,2 <0,1 ПДК	86,8 1,74 ПДК
Ni	16,1 1,6 ПДК	3,0 0,3 ПДК	39,5 3,9 ПДК	10,8 1,1 ПДК	2,4 0,24 ПДК	65,9 6,6 ПДК
Co	14,07 2,8 ПДК	0,2 0,04 ПДК	49,4 9,9 ПДК	14,66 2,9 ПДК	2,8 0,6 ПДК	53,3 10,7 ПДК
Cd	0,79 0,08 ПДК	0,1 0,01 ПДК	5,56 0,6 ПДК	0,64 0,06 ПДК	0,04 <0,01 ПДК	2,95 0,3 ПДК
Pb	12,1 1,2 ПДК	0,9 0,09 ПДК	38,1 3,8 ПДК	12,3 1,2 ПДК	1,5 0,15 ПДК	32,6 3,3 ПДК
Mn	2,9 0,06 ПДК	0,3 <0,01 ПДК	9,6 0,19 ПДК	2,5 0,05 ПДК	0,5 0,01 ПДК	9,4 0,19 ПДК
Hg	0,049 0,49 ПДК	0,01 0,1 ПДК	0,06 0,6 ПДК	0,028 0,28 ПДК	0,01 0,1 ПДК	0,07 0,7 ПДК



**Рис. 1.5.** Динамика средней и максимальной концентрации железа, меди и никеля (в ПДК) на акватории центральной (вековой разрез III), западной (IIIа) и южной (IV) части Северного Каспия в 2009–2016 гг.

няя концентрация нефтяных углеводородов оказалась в 4 раза ниже, чем в северных районах. Средняя концентрация фенолов в западной части Среднего Каспия была в 1,5 раза выше, чем в его центральной части и вдоль границы со Средним Каспием.

Повторяемость превышения предельно допустимой концентрации веществ в некотором приближении можно интерпретировать как долю площади исследуемой акватории, загрязненную выше норматива. Так, в водах разрезов III и IIIа Северного Каспия в 2016 г. содержание нефтяных углеводородов и меди превышало ПДК на 96% и 76% площади акватории соответственно, а железа — на всей акватории (табл. 1.6). Вместе с тем, если повторяемость превышения уровня 5 ПДК для меди и железа составляла всего несколько процентов, то для нефтяных углеводородов эта величина достигала 29%.

**Таблица 1.6.** Повторяемость превышения значений ПДК концентрации нефтевых углеводородов, железа и меди в водах разрезов III и IIIa Северного Каспия в 2016 г.

Загрязняющее вещество	Повторяемость превышения ПДК (%)				
	1 ПДК	2 ПДК	3 ПДК	4 ПДК	5 ПДК
Нефтяные углеводороды	95,9	75,0	52,1	37,5	29,3
Железо	100	100	70,5	20,5	6,8
Медь	75,6	24,5	13,3	4,4	4,4

#### 1.4. Состояние вод Дагестанского побережья

Наблюдения за загрязнением морских вод Дагестанского взморья в 2016 г. были выполнены Дагестанским ЦГМС (г. Махачкала) в период с марта по ноябрь на 33 станциях в районе Лопатина, Махачкалы, Каспийска, Избербаша, Дербента и на устьевых взморьях рек Терек, Сулак и Самур (рис. 1.6). Всего обработано 299 пробы воды с поверхностного, промежуточного (10 м) и придонного горизонтов. Станции расположены вблизи берега на мелководье, их глубина варьирует от 3,3 до 22,0 м.

**Лопатин.** В марте, мае, июле и августе 2016 г. на трех станциях в районе полуострова Лопатин с глубинами от 5 до 12 м было отобрано 24 пробы воды из поверхностного и придонного слоев. Температура морской воды изменялась от 5,6 в марте до 28,2 °С в августе. Водородный показатель pH варьировал в узком диапазоне 8,23–8,89 при среднем значении — 8,53. Концентрация всех форм биогенных веществ в морской воде была в пределах естественной межгодовой изменчивости и не превышала допустимых нормативов (табл. 1.7).

Соленость в 2016 г. была в диапазоне 7,00–9,49‰ в среднем составила 7,94‰, что более, чем на 1‰ ниже прошлогоднего показателя. За все время наблюдений с 1978 г. среднегодовая соленость в районе Лопатина практически не изменилась, а уравнение линейного тренда ( $y = -0,0016x + 9,3009$ ) показывает необыкновенную многолетнюю стабильность на уровне 9,30‰. Характерно, что севернее на приволжском мелководье в районе вековых разрезов III и IIIa соленость стабильно и синхронно возрастает (рис. 1.7). Различаются только стартовые точки — в западной части Северного Каспия, наиболее подверженной влиянию стока Волги,



**Рис. 1.6.** Станции отбора проб на Дагестанском взморье в 2016 г.

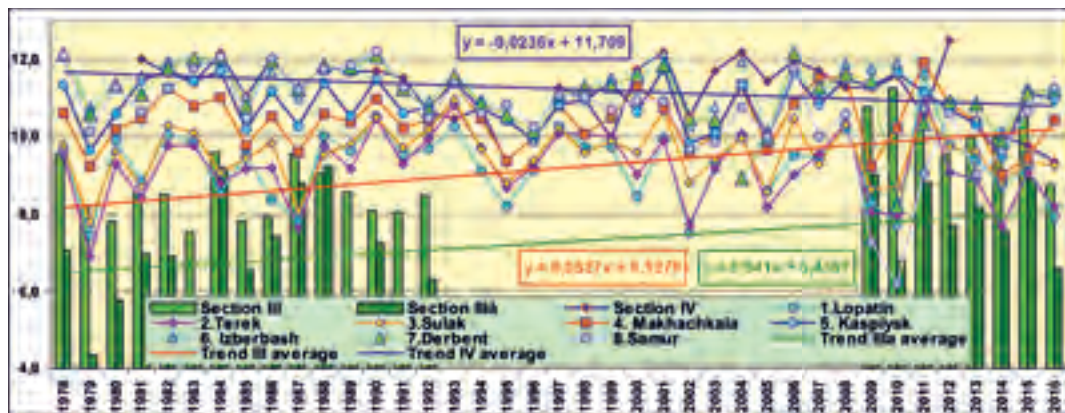
**Таблица 1.7.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2016 г.

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	18,9	7,94	8,77	8,53	12,0	18,1	2,7	27,8	318,2	333,9	402,9
	28,2	9,49	7,17	8,89	38,1	24,3	8,7	159,9	799	407	616
2. взморье р. Терек	18,8	8,16	8,82	8,46	9,80	15,48	2,11	12,82	241,0	315,3	348,3
	28,6	10,10	7,37	8,56	15,7	23,0	3,0	17,2	378	406	603
3. взморье р. Сулак	18,4	9,26	8,69	8,48	9,50	15,0	1,8	12,6	250,3	308,9	393,6
	28,2	10,41	7,17	8,61	14,0	25,2	2,9	16,4	463	398	827
4. Махачкала	17,3	10,42	8,92	8,44	7,64	15,6	2,4	15,6	210,9	333,8	618
	27,1	15,80	7,11	8,69	17,0	28,0	6,7	29,1	439	478	1543
5. Каспийск	15,3	10,98	9,17	8,43	10,8	16,0	2,4	14,5	208,5	316,4	511,5
	25,4	11,80	7,51	8,65	23,1	27,4	4,6	25,1	404	396	876
6. Избербаш	13,7	11,17	9,41	8,21	10,0	18,9	2,2	16,4	199,2	346,5	538
	26,2	12,30	7,53	8,59	20,8	27,1	4,1	26,6	396	405	987
7. Дербент	16,0	11,21	9,18	8,36	9,5	18,6	3,0	17,8	204,3	343,8	386
	24,2	11,95	7,78	8,68	19,8	25,6	4,9	22,3	352	456	721
8. взморье р. Самур	16,00	11,24	9,10	8,29	10,8	19,7	2,5	17,1	204,8	335,5	335
	27,2	13,10	7,29	8,49	17,6	27,1	4,3	24,1	351	401	573

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

примерно на 1,7‰ ниже. Восточнее Лопатина на вековом разрезе IV, проходящем по границе мелководья, соленость наоборот незначительно уменьшалась. Хотя средняя соленость во всех контролируемых районах Дагестанского побережья изменяется в относительно небольшом интервале значений примерно 8–12‰, однако существуют периоды в несколько лет, когда во всех районах уровень распределения синхронно увеличивался.

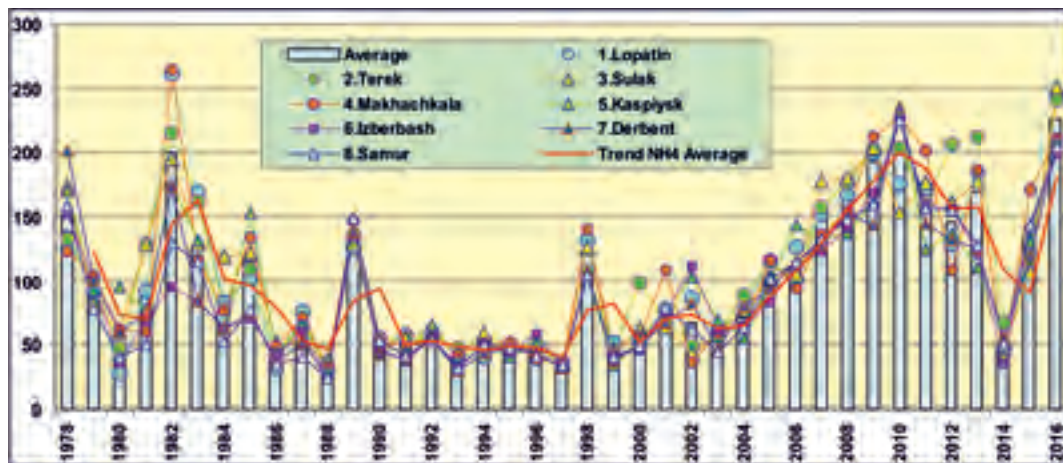
Среднее содержание нефтяных углеводородов в 2016 г. почти не изменилось по сравнению с прошлым годом и составило 0,043 мг/дм<sup>3</sup> (0,9 ПДК), диапазон изменений 0,02–0,08 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация фенолов изменялась от 1 до 6 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя (3,2 мкг/дм<sup>3</sup>) приблизительно на единицу выше прошлогодней. Среднее значение содержания в морской воде аммонийного азота составляло только 80% от норматива, однако максимальное, в отличие от предыдущего года, существенно превышало норматив (2,1 ПДК). Кислородный режим



**Рис. 1.7.** Многолетняя динамика солености и долговременные тренды на акватории вековых разрезів Северного Каспия и в прибрежных районах Дагестана в 1978–2016 гг.

морских вод в районе Лопатина был в пределах нормы. Хотя среднее содержание растворенного в воде кислорода ( $8,77 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) оказалось заметно ниже прошлогоднего, однако минимальное значение ( $7,17 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) оставалось выше предельно допустимого. Индекс загрязненности вод (ИЗВ), рассчитанный по средней концентрации НУ, фенолов, аммонийного азота и кислорода, по сравнению с предыдущим годом заметно увеличился (1,38), в результате чего морские воды в районе Лопатина перешли из категории «умеренно загрязненных» в категорию «загрязненные» (табл. 1.4). Это произошло главным образом за счет увеличения степени загрязненности вод фенолами с 2,2 ПДК до 3,2 ПДК в 2016 г. Также увеличилось среднее содержание аммонийного азота.

**Взморье реки Терек.** На пяти станциях устьевого взморья реки Терек с глубинами от 3 до 10 м было отобрано 40 проб из поверхностного и придонного слоев воды в марте, мае, июле и августе. Диапазон значений температуры воды  $5,6\text{--}28,6^\circ\text{C}$ ; солености  $6,25\text{--}10,10\%$ ; водородный показатель pH изменялся от 8,27 до 8,56. Содержание биогенных веществ в целом было в пределах естественных межгодовых колебаний. Значения всех форм не превышали установленных нормативов. Среднегодовая концентрация аммонийного азота в 2016 г. демонстрировала почти двукратный рост практически во всех районах контроля, включая воды взморья Терека (рис. 1.8). Многолетний мониторинг показывает практически синхронные изменения его содержания во всех районах Дагестанского взморья, поэтому различия между ними обычно незначительные. В то же время межгодовая изменчивость демонстрирует не только одногодные пики высоких значений, например 1989 и 1998 гг., но и длительные периоды подъема и спада, например до и после 2010 г.

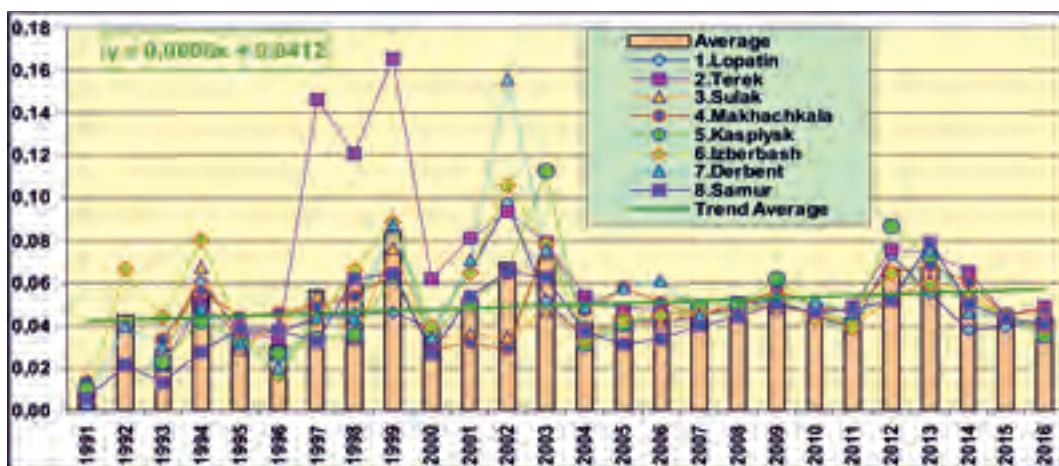


**Рис. 1.8.** Средняя концентрация аммонийного азота ( $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ) в водах прибрежных районов Дагестана в 1978–2016 гг.

В 40 отобранных пробах содержание нефтяных углеводородов изменялось в пределах от  $0,02\text{--}0,08 \text{ мг}/\text{дм}^3$  ( $0,4\text{--}1,6$  ПДК), составив в среднем  $0,05 \text{ мг}/\text{дм}^3$  ( $1,0$  ПДК). По сравнению с предыдущим годом и максимальное, и среднее содержание нефтяных углеводородов в морской воде очень незначительно увеличилось. Концентрация фенолов варьировала в интервале  $2\text{--}7 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ; в среднем  $3,9 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . В водах устьевого взморья Терека кислородный режим был в пределах среднееголетних значений. Содержание растворенного в воде кислорода изменялось от  $7,37$  до  $11,45 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ , при средней величине  $8,82 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . По сравнению

с предыдущим годом значение индекса ИЗВ на взморье Терека повысилось до 1,55, что соответствует «загрязненным» водам (табл. 1.4). Увеличение индекса связано в первую очередь с повышением содержания фенолов, высокое содержание которых в значительной степени определило качество вод.

**Взморье реки Сулак.** Отбор 40 проб морской воды на устьевом взморье реки производился в марте, мае, июле и августе на пяти станциях (№ 12–16) с глубиной 6–14 м. В течение периода наблюдений температура воды изменялась в пределах 6,7–28,2 °С; соленость 7,50–10,41‰; водородный показатель рН изменялся в пределах 8,31–8,61 (табл. 1.7). Содержание биогенных веществ в водах взморья Сулака было в целом в пределах обычной многолетней изменчивости. Содержание нефтяных углеводородов в водах района изменялось в пределах 0,02–0,08 мг/дм<sup>3</sup> (0,4–1,6 ПДК) при среднем значении 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (1,0 ПДК), что соответствует многолетней тенденции уровня загрязнения вод Дагестанского побережья. Так, в течение последнего десятилетия различия между районами контроля являются незначительными, а уровень средней концентрации НУ во всех районах контроля стабилизировался в районе 1 ПДК. Усредненное содержание нефтяных углеводородов в водах всего побережья в течение последних двух с половиной десятилетий очень незначительно повысилось, однако межгодовые вариации по амплитуде существенно превышают многолетний тренд.



**Рис. 1.9.** Средняя концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в водах прибрежных районов Дагестана в 1991–2016 гг.

Концентрация фенолов изменялась от 1 до 8 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 3,43 мкг/дм<sup>3</sup>, что более чем втрое превышало ПДК. Содержание растворенного в воде устьевой области Сулака кислорода было в пределах нормы, в среднем 8,69 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Насыщение вод кислородом в среднем было близким к 100%. Дефицита кислорода не наблюдалось. По сравнению с 2015 г. качество вод устьевое взморья р. Сулак ухудшилось, ИЗВ увеличился с 1,12 до 1,43, что соответствует загрязненным водам (IV класс). Значительный вклад в ухудшение качества вод вносил рост концентрации фенолов и аммонийного азота (с 0,3 до 0,64 ПДК).

**Махачкала.** На 9 мелководных станциях с глубинами от 4 до 14 м у г. Махачкалы в апреле, мае, июле, сентябре и октябре была отобрано 87 проб воды из поверхностного и придонного слоев. Температура морской воды во время наблюдений изменялась от 8,2 °С до 27,1 °С;



соленость — 6,25–15,80‰; pH — 8,11–8,64. Содержание в водах района различных форм биогенных веществ (азота, фосфора и кремния) не выходило за пределы естественной межгодовой и сезонной изменчивости (табл. 1.7). Как и в других районах побережья концентрация аммонийного азота в районе Махачкалы резко выросла за последние два года (табл. 1.2, рис. 1.8). Содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 0,02–0,09 мг/дм<sup>3</sup> (0,4–1,8 ПДК), в среднем 0,048 мг/дм<sup>3</sup> (0,95 ПДК). Как и в прошлом году, концентрация фенолов изменялась от 1 до 6 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 3,3 мкг/дм<sup>3</sup> или 3,3 ПДК. Кислородный режим вод района у Махачкалы в целом был в пределах нормы. Во время съемок концентрация растворенного в воде кислорода изменялась от 7,11 до 11,46 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; среднее значение — 8,92 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Степень насыщения вод кислородом изменялась от 82,3 до 107,2%, в среднем — 97,9%. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) повысился по сравнению с прошлогодним уровнем и составил 1,38 (IV класс, «загрязненные»). Наибольший вклад в загрязнение вод вносили фенолы и нефтяные углеводороды (табл. 1.4).

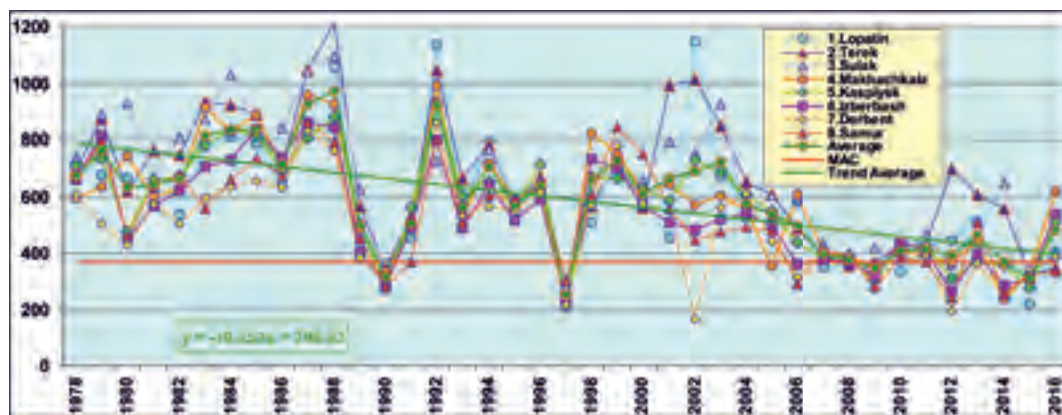
**Каспийск.** В прибрежной зоне у г. Каспийска в апреле, июле, сентябре и ноябре было отобрано 40 проб из поверхностного, промежуточного и придонного слоев на 4 станциях с глубинами от 8 до 22 м. В месяцы отбора проб температура морской воды изменялась от 8,2 до 25,4 °С; соленость 9,70–11,80‰; водородный показатель pH 8,03–8,65 (табл. 1.7). И максимальная, и средняя концентрация различных форм биогенных веществ в водах района не превышала установленного норматива. Среднее содержание нефтяных углеводородов за год составило 0,035 мг/дм<sup>3</sup>; максимальное 0,07 мг/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК) было зафиксировано в трех пробах в апреле. Средняя концентрация фенолов составила 2,3 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум 5,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация аммонийного азота составила в 2016 г. половину норматива, а вот максимальное значение превышало ПДК. Содержание растворенного в воде кислорода изменялось от 7,51 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (22 июля в придонном слое вод на глубине 22 м) до 11,02 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (2 апреля на поверхности при температуре 8,6 °С), составив в среднем 9,17 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Насыщение вод кислородом составляло 77,8–104,7%; среднее значение 96,5%. В 2016 г. в водах прибрежной зоны у города Каспийска значение индекса ИЗВ (1,04) осталось на уровне прошлогоднего; качество воды оценивается III классом, «умеренно загрязненные» (табл. 1.4).

**Избербаш.** В прибрежных водах у города Избербаш в апреле, июле и октябре 2016 г. на трех станциях с глубинами 12–22 м был выполнен отбор 36 проб морской воды из поверхностного, промежуточного (10 м) и придонного слоев. Температура воды в эти месяцы варьировала в пределах 7,1–26,2 °С; соленость 10,30–12,30‰; значения pH 7,56–8,59, в среднем — 8,21. Содержание всех форм биогенных веществ не превышало установленных нормативов (табл. 1.7). Концентрация нефтяных углеводородов изменялась в пределах 0,02–0,06 мг/дм<sup>3</sup> при среднем значении 0,039 мг/дм<sup>3</sup> (0,8 ПДК), что очень близко к значению предыдущего года. Содержание фенолов несколько повысилось по сравнению с предыдущими годами: средняя концентрация составила 2,94 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум 5,0 мкг/дм<sup>3</sup> отмечен 2 апреля в поверхностном слое. В последние два года и средняя, и максимальная концентрация аммонийного азота резко возросла, экстремум достигал ПДК. Содержание растворенного в воде кислорода изменялось в пределах 7,53–11,23 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 9,41 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что немного ниже прошлогоднего уровня. Случаев недостатка кислорода отмечено не было. Процент насыщения вод кислородом варьировал от 83,7 до 103,2%, а среднее значение составляло 96,2%. Индекс загрязненности вод немного повысился и составил 1,22 (III класс, «умеренно загрязненные»), (табл. 1.4).

**Дербент.** На мелководье у города Дербент на 2 станциях с глубинами 4 и 8,5 метров в апреле, июле и октябре 2016 г. было отобрано 16 проб морской воды из поверхностного и придонного слоев. В периоды наблюдений температура морской воды изменялась в диапазоне 6,8–24,2 °С; соленость 10,20–11,95‰; водородный показатель рН 8,14–8,68. Концентрация различных соединений биогенных элементов была в рамках естественной межгодовой изменчивости (табл. 1.7). Содержание одного из важнейших для диатомовых водорослей элемента кремния в форме силикатов, необходимого для построения панциря микроводорослей, в водах Дагестанского побережья отличается существенной межгодовой изменчивостью, особенно заметной на границе 1990-х (рис. 1.10). Хотя в последнее десятилетие значения отличаются меньшей степенью вариабельности, однако отдельные средние значения заметно отличаются в меньшую сторону, например район Дербента без существенного речного стока, тогда в эстуарных районах рек обычно значения силикатов были повышенными. В целом, среднегодовые отличия между районами обычно несущественные. Хотя по всему западному побережью Среднего Каспия за многолетний период мониторинга выявлен хорошо выраженный тренд на понижение содержания кремния в морских водах, однако в 2016 г. во всех районах наблюдалось повышение концентрации силикатов.

Концентрация нефтяных углеводородов в водах района Дербента практически не отличалась от прошлогодней и изменялась от 0,02 до 0,06 мг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 0,041 мг/дм<sup>3</sup> (0,9 ПДК). Концентрация фенолов была в узком диапазоне 1–4 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 2,9 мкг/дм<sup>3</sup>, что немного больше прошлогодних. Средняя концентрация аммонийного азота в водах у Дербента составила половину норматива, а максимум почти достигал ПДК (352 мкг/дм<sup>3</sup>). Кислородный режим в период наблюдений был в пределах обычной для района нормы. Среднее содержание растворенного в воде кислорода составило 9,18 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, минимальное значение (7,78 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) наблюдалось 27 июля в придонном слое. Степень насыщения вод кислородом составила в среднем 98,1%, ее минимальное значение (92,05%) было зафиксировано 1 апреля в придонном слое. По комплексному индексу загрязнения ИЗВ (1,23) качество вод района по сравнению с прошлым годом несколько ухудшилось, хотя и осталось в III классе, «умеренно загрязненные» (табл. 1.4).

**Взморье реки Самур.** На мелководном взморье реки Самур на двух станциях с глубинами 7 и 9 м в апреле, июле и октябре было отобрано 16 проб воды из поверхностного и придонного слоев. Температура воды во время съемок изменялась в диапазоне 7,4–27,2 °С;



**Рис. 1.10.** Средняя концентрация кремния (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 1978–2016 гг.

соленость 9,60–13,10‰; рН 7,95–8,49. Концентрация биогенных элементов в водах взморья была в пределах нормы и не превышала установленных ПДК (табл. 1.7). Концентрация нефтяных углеводородов изменялась в пределах 0,03–0,06 мг/дм<sup>3</sup> (max 1,2 ПДК), средняя величина 0,041 мг/дм<sup>3</sup> (0,82 ПДК). Эти значения практически совпадают с прошлогодними, как и для фенолов. Содержание последних в водах района варьировало в пределах 1–4 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее значение составило 2,75 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание аммонийного азота выросло за последние 2 года до половины норматива. Кислородный режим морских вод был в пределах нормы. Содержание растворенного в воде кислорода изменялось от 7,29 (28 июля в придонном слое) до 10,76 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1 апреля на поверхности), средняя величина составила 9,10 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Насыщение воды кислородом в среднем составило 97,3% и изменялось в диапазоне 87,6–104,5%. По сравнению с предыдущими годами качество вод на устьевом взморье р. Самур в 2016 г. практически не изменилось, значение индекса ИЗВ составило 1,19 (III класс, «умеренно загрязненные»). Как и в других районах Дагестанского побережья наибольший вклад в загрязнение вод вносили фенолы (табл. 1.4).

## Выводы

Воды **Дагестанского взморья** на участке п. Лопатин-Махачкала характеризовались как «загрязненные» (ИЗВ 1,38–1,55), а на участке южнее г. Каспийск до взморья р. Самур — как «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,04–1,23). Наихудшее состояние морских вод было отмечено на взморье р. Терек, а наилучшее — в районе города Каспийска. По данным многолетнего мониторинга морской среды в прибрежных водах Республики Дагестан в последние 30 лет наблюдался хорошо выраженный тренд снижения значения ИЗВ (рис. 1.11). Однако в последние три года на всех контролируемых локальных участках Дагестанского побережья, за исключением района г. Каспийска, значения этого показателя неуклонно возрастали, вследствие чего прибрежные воды могут быть охарактеризованы как «умеренно загрязненные».

Приоритетным загрязняющими веществами в 2016 г. оставались фенолы: их средняя концентрация варьировала от 2,3 ПДК в районе г. Каспийск до 3,9 ПДК на взморье р. Терек, а максимальная — от 4 ПДК у Дербента и на взморье р. Самур до 8 ПДК на взморье р. Сулак. Несколько меньший вклад в общее загрязнение вносили нефтяные углеводороды: среднее значение их концентрации в воде изменялось от 0,7 ПДК (Каспийск) до почти 1,0 ПДК

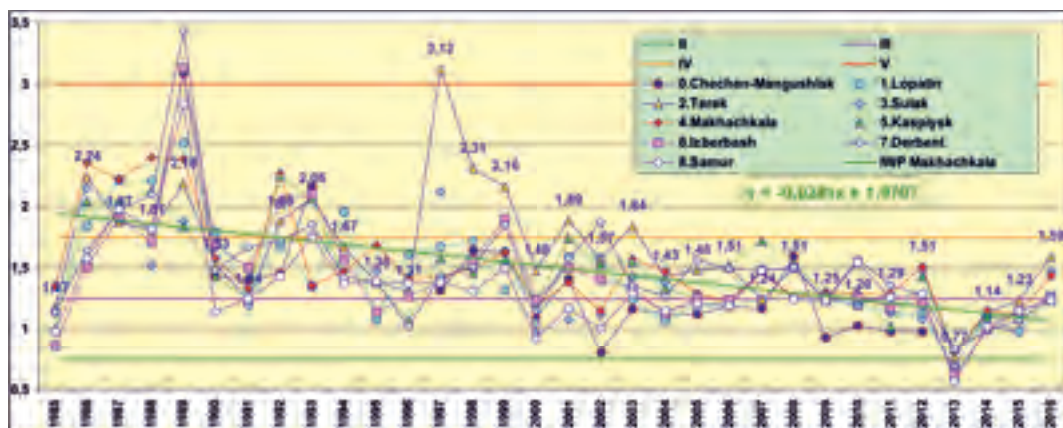


Рис. 1.11. Динамика уровня загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах Дагестанского побережья в период 1985–2016 гг.

(взморье р. Терек), максимальное — от 1,2 ПДК (взморье р. Самур) до 1,6 ПДК (взморье р. Терек и Махачкала), а также аммонийный азот: средние значения концентрации варьировали от 0,52 ПДК (Дербент, взморье р. Самур) до 0,82 ПДК (п. Лопатин), максимальные — от 0,9 ПДК (Дербент, взморье р. Самур) до 2,0 ПДК (п. Лопатин).

Концентрация других соединений биогенных элементов была в рамках нормативов и естественной межгодовой изменчивости. Кислородный режим также был в пределах нормы у всего дагестанского побережья. Минимальная концентрация кислорода (7,11 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, район Махачкалы) была заметно выше норматива, а средняя изменялась от района к району в пределах от 8,77 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (п. Лопатин) до 9,41 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (Избербаш).

**Таблица 1.2.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Северного и Среднего Каспия в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Северный Каспий 1. Разрез III	НУ	0,08	<b>1,5</b>	0,12	<b>2,4</b>	0,17	<b>3</b>
		0,14	<b>2,8</b>	0,61	<b>12</b>	0,31	<b>6</b>
	Фенолы	1,6	<b>1,6</b>	1,5	<b>1,5</b>	1,31	<b>1,3</b>
		2,0	<b>2,0</b>	3,0	<b>3,0</b>	2,0	<b>2,0</b>
	СПАВ	39,6	0,4	28,5	0,3	24,1	0,2
		68,0	0,7	69	0,7	42	0,4
	Азот аммонийный	12,1	<0,1	99	0,3	38,8	0,1
		34,1	<0,1	13	<0,1	102	0,3
	Fe	131,4	<b>2,6</b>	121,0	<b>2,4</b>	185,2	<b>4</b>
		170	<b>3</b>	200	<b>4</b>	530	<b>11</b>
Cu	5,0	<b>1,0</b>	15,9	<b>3</b>	8,44	<b>1,7</b>	
	15,3	<b>3</b>	47,3	<b>9</b>	23,6	<b>5</b>	
Zn	19,4	0,4	129,0	<b>2,6</b>	25,3	0,5	
	35,4	0,7	307,2	<b>6</b>	97,0	<b>1,9</b>	
Ni	19,7	<b>2,0</b>	50,7	<b>5</b>	15,8	<b>1,6</b>	
	26,3	<b>2,6</b>	186,5	<b>19</b>	39,5	<b>4</b>	
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,88		10,04		10,62		
	9,32		7,55		7,32		
2. Разрез IIIa	НУ	0,062	<b>1,2</b>	0,093	<b>1,9</b>	0,164	<b>3</b>
		0,13	<b>2,6</b>	0,26	<b>5</b>	0,32	<b>6</b>
	Фенолы	1,6	<b>1,6</b>	1,75	<b>1,8</b>	1,90	<b>1,9</b>
		3	<b>3</b>	4	<b>4</b>	3	<b>3</b>
	СПАВ	23,4	0,2	31,7	0,3	29,0	0,3
		60	0,6	57	0,6	47	0,5
	Азот аммонийный	10,8	<0,1	8,5	<0,1	57,8	0,1
		24,6	<0,1	66	0,2	471	<b>1,2</b>
	Fe	106,3	<b>2,1</b>	163,5	<b>3</b>	172,1	<b>3</b>
		160	<b>3</b>	270	<b>5</b>	260	<b>5</b>
Cu	3,4	0,7	17,6	<b>4</b>	7,5	<b>1,5</b>	
	18,3	<b>4</b>	64,6	<b>13</b>	41,4	<b>8</b>	
Zn	12,8	0,3	100,2	<b>2,0</b>	19,6	0,4	
	35,3	0,7	314,5	<b>6</b>	86,8	<b>1,7</b>	
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,67		9,80		9,95		
	10,14		7,39		6,17		
3. Разрез IV	НУ	0,043	0,9	0,040	0,8	0,039	0,8
		0,07	<b>1,4</b>	0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>
	Фенолы	2,27	<b>2,3</b>	2,18	<b>2,2</b>	2,59	<b>2,6</b>
3,0		<b>3,0</b>	4,0	<b>4</b>	4	<b>4</b>	
СПАВ	13,6	0,1	-	-	-	-	
	18	0,2	-	-	-	-	

3. Разрез IV	Азот аммонийный	21,1 38,4	<0,1 <0,1	11,7 16,0	<0,1 <0,1	14,9 22,0	<0,1 <0,1
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,35 5,59	<b>0,93</b>	8,95 7,25		8,92 7,82	
Дагестанское взморье 1. Лопатин	НУ	0,038 0,07	0,8 <b>1,4</b>	0,039 0,06	0,8 <b>1,2</b>	0,043 0,08	0,9 <b>1,6</b>
	Фенолы	2,8 3,0	<b>2,8</b> <b>3,0</b>	2,2 4,0	<b>2,2</b> <b>4,0</b>	3,2 6,0	<b>3,2</b> <b>6,0</b>
	СПАВ	19,8 23,1	0,2	- -		- -	
	Азот аммонийный	48,7 92	0,1	118,8 211	0,3 0,5	318,2 799	0,8 <b>2,1</b>
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,69 7,57		9,59 7,63		8,77 7,17	
	2. Взморье р. Терек	НУ	0,065 0,09	<b>1,3</b> <b>1,8</b>	0,045 0,06	0,9 <b>1,2</b>	0,049 0,08
Фенолы	2,4 3	<b>2,4</b> <b>3</b>	3,1 5	<b>3</b> <b>5</b>	3,9 7	<b>4</b> <b>7</b>	
СПАВ	17,2 37,4	0,2 0,4	- -		- -		
Азот аммонийный	67,8 305,6	0,2	117,2 256	0,3 0,7	241,0 378	0,6 0,97	
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,84 7,35		9,73 7,40		8,82 7,37		
3. Взморье р. Сулак	НУ	0,055 0,09	<b>1,1</b> <b>1,8</b>	0,044 0,07	0,9 <b>1,4</b>	0,048 0,08	0,96 <b>1,6</b>
	Фенолы	2,4 4,0	<b>2,4</b> <b>4</b>	2,7 4,0	<b>2,7</b> <b>4</b>	3,4 8,0	<b>3</b> <b>8</b>
	СПАВ	18,6 35,4	0,2 0,4	- -		- -	
	Азот аммонийный	47,1 89,9	0,1 0,2	107,3 195	0,3 0,5	250,3 463	0,6 <b>1,2</b>
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,41 7,45		9,65 7,53		8,69 7,17	
4. Махачкала	НУ	0,060 0,09	<b>1,2</b> <b>1,8</b>	0,045 0,06	0,9 <b>1,2</b>	0,048 0,09	0,95 <b>1,8</b>
	Фенолы	2,6 4,0	<b>2,6</b> <b>4</b>	2,6 4,0	<b>2,6</b> <b>4</b>	3,3 6,0	<b>3</b> <b>6</b>
	СПАВ	18,2 88,5	0,2 0,9	- -		- -	
	Азот аммонийный	40,8 110,1	0,1 0,3	171,1 390	0,4 <b>1,0</b>	210,9 439	0,5 <b>1,1</b>
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,92 7,41		10,18 8,79		8,92 7,11	
5. Каспийск	НУ	0,052 0,09	<b>1,0</b> <b>1,8</b>	0,044 0,06	0,9 <b>1,2</b>	0,035 0,07	0,7 <b>1,4</b>
	Фенолы	2,5 3,0	<b>2,5</b> <b>3</b>	2,5 4,0	<b>2,5</b> <b>4</b>	2,3 5,0	<b>2,3</b> <b>5</b>
	СПАВ	20,6 24,1	0,2 0,2	- -		- -	- -
	Азот аммонийный	40,9 63,6	0,1 0,2	130,3 292	0,3 0,8	208,5 404	0,5 <b>1,0</b>
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,40 7,57		10,2 9,42		9,17 7,51	

6. Избербаш	НУ	0,052 0,11	<b>1,0</b> <b>2,2</b>	0,044 0,06	0,9 <b>1,2</b>	0,039 0,06	0,8 <b>1,2</b>
	Фенолы	2,1 3,0	<b>2,1</b> <b>3</b>	2,7 5,0	<b>2,7</b> <b>5</b>	2,9 5,0	<b>2,9</b> <b>5</b>
	СПАВ	14,4 18,2	0,1 0,2	- -		- -	- -
	Азот аммонийный	35,4 92,3	<0,1 0,2	141,3 330	0,4 0,8	199,2 396	0,5 <b>1,0</b>
	Кислород $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	9,27 7,35		10,05 8,78		9,41 7,53	
7. Дербент	НУ	0,046 0,07	0,9 <b>1,4</b>	0,043 0,06	<b>1,2</b>	0,041 0,06	0,8 <b>1,2</b>
	Фенолы	2,3 3,0	<b>2,3</b> <b>3</b>	2,5 4,0	<b>2,5</b> <b>4</b>	2,94 4,0	<b>2,9</b> <b>4</b>
	СПАВ	18,0 22,1	0,2 0,2	- -		- -	- -
	Азот аммонийный	56,1 99,2	0,1 0,3	118,9 318	0,3 0,8	204,3 352	0,5 0,9
	Кислород $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	9,69 7,50		9,94 10,71		9,18 7,78	
8. Взморье р. Самур	НУ	0,05 0,09	<b>1,0</b> <b>1,8</b>	0,043 0,06	0,9 <b>1,2</b>	0,041 0,06	0,8 <b>1,2</b>
	Фенолы	2,3 3,0	<b>2,3</b> <b>3</b>	2,8 4,0	<b>2,8</b> <b>4</b>	2,75 4,0	<b>2,8</b> <b>4</b>
	СПАВ	19,2 23,1	0,2 0,2	- -		- -	- -
	Азот аммонийный	51,7 85,0	0,1 0,2	143,9 290	0,4 0,7	204,8 351	0,5 0,9
	Кислород $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	9,22 7,14		10,05 9,07		9,10 7,29	

Примечания: 1. Концентрация  $\text{C}^*$  нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в  $\text{мг/дм}^3$ ; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного азота, меди и цинка — в  $\text{мкг/дм}^3$ .  
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней — максимальное (для кислорода минимальное) значение.  
3. Значения ПДК 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  $\text{мкг/дм}^3$ .

**Таблица 1.4.** Оценка качества морских вод Северного и Среднего Каспия по ИЗВ в 2014–2016 гг.

Район	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Среднее содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
<b>Северный Каспий*</b>							
1. III разрез	1,15	III	1,20	III	1,37	IV	НУ 3,36; СПАВ 0,24; фенолы 1,31; $\text{O}_2$ 0,56
2. IIIa разрез	1,51	IV	1,14	III	1,52	IV	НУ 3,28; СПАВ 0,29; фенолы 1,90; $\text{O}_2$ 0,60
3. Разрез IV	1,02	III	0,98	III	1,03	III	НУ 0,77; $\text{NO}_2$ 0,10; фенолы 2,59; $\text{O}_2$ 0,67
<b>Дагестанское побережье</b>							
1. Лопатин	1,12	III	0,98	III	1,38	IV	фенолы 3,17; НУ 0,86; $\text{NH}_4$ 0,82; $\text{O}_2$ 0,68
2. Взморье р. Терек	1,14	III	1,23	III	1,55	IV	фенолы 3,93; НУ 0,98; $\text{NH}_4$ 0,62; $\text{O}_2$ 0,68
3. Взморье р. Сулак	1,10	III	1,12	III	1,43	IV	фенолы 3,43; НУ 0,96; $\text{NH}_4$ 0,64; $\text{O}_2$ 0,69

4. Махачкала	1,15	III	1,13	III	1,38	IV	фенолы 3,34; НУ 0,95; NH <sub>4</sub> 0,54; O <sub>2</sub> 0,67
5. Каспийск	1,10	III	1,08	III	1,04	III	фенолы 2,28; НУ 0,70; NH <sub>4</sub> 0,54; O <sub>2</sub> 0,65
6. Избербаш	0,99	III	1,14	III	1,22	III	фенолы 2,94; НУ 0,78; NH <sub>4</sub> 0,51; O <sub>2</sub> 0,64
7. Дербент	0,99	III	1,07	III	1,23	III	фенолы 2,94; НУ 0,81; NH <sub>4</sub> 0,53; O <sub>2</sub> 0,65
8. Взморье р. Самур	1,02	III	1,15	III	1,19	III	фенолы 2,75; НУ 0,82; NH <sub>4</sub> 0,53; O <sub>2</sub> 0,66
* Концентрация тяжелых металлов была исключена из расчета ИЗВ.							

## Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

*Хорошенькая Е. А., Сулименко Е. А., Дербичева Т. И., Кобец С. В., Крутов А. Н.,  
Миронова Н. А., Фень О. Н., Коршенко А. Н., Кочетков В. В.*

### 2.1. Общая характеристика

Азовское море относится к системе Средиземного моря Атлантического океана, в южной части соединяется с Черным морем через неглубокий Керченский пролив. Географическая граница Азовского моря располагается между крайними точками: 47°17' с.ш. и 39°49' в.д. на северо-востоке в вершине Таганрогского залива, 39°18' в.д. на западе (Арабатский залив) и на юге Керченского пролива (45°17' с.ш.) между мысами Такиль и Панагия. Площадь поверхности моря без залива Сиваш и лиманов восточного побережья по разным оценкам составляет 37802–39100 км<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 речек 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 градиентов, которые наиболее ярко 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 из-за мелководности водоема и ветрового перемешивания; 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. Таганрогский залив

Основными источниками загрязнения акватории Таганрогского залива являются промышленные и коммунально-бытовые сточные воды, поступающие с речным стоком р. Дон, а также сточные воды очистных сооружений МП «Азовводоканал». Свой вклад в загрязнение акватории вносит также коллекторно-дренажный сток оросительных систем и ливневые сточ-

ные воды, которые без очистки поступают в р. Дон. Кроме того, в акваторию также поступают загрязнения от водного транспорта.

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

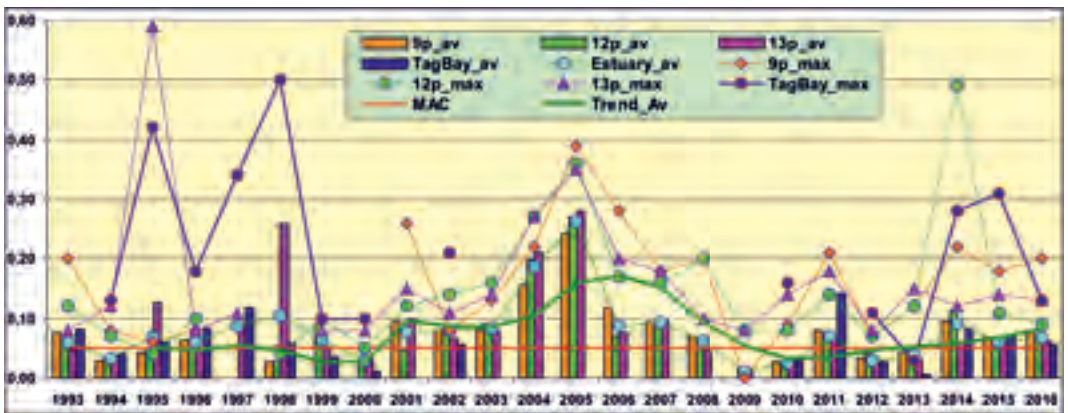
В 2016 г. гидрохимические наблюдения в устьевой области реки Дон и восточной части Таганрогского залива выполнялись Донской устьевой станцией (ДУС). Отбор проб производился на трех станциях в устьях рукавов Мёртвый Донец (9 р), Переволока (12 р) и Песчаный (13 р), а также на станциях №2–6 в восточной части и на станциях №10 и 14 в центральной части Таганрогского залива (рис. 2.1). Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы воды из поверхностного и придонного слоев в апреле, мае, июле и октябре. Пробы отбирались с борта мотолодки «Прогресс» батометром Молчанова. На акватории Таганрогского залива с апреля по сентябрь ежемесячно с борта НИС «Росгидромет-10» было отобрано 78 проб воды из поверхностного и придонного слоев. На борту определялись рН, производилась фиксация проб на кислород, аммонийный азот и ртуть, а также экстракция нефтепродуктов четыреххлористым углеродом и пестицидов гексаном. Завершение определения содержания нефтяных углеводородов, выполненных с применением ИКС-метода, а также растворенных в воде соединений ртути с применением атомно-абсорбционного метода и хлорорганических пестицидов (газожидкостная хроматография) производилось в лаборатории КЛМЗ ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС». Определенные показатели естественного химического состава морских вод производилось в лаборатории группы МЗОС (г. Азов). В период с апреля по октябрь в устьевой области реки и восточной части залива было отобрано 20 проб донных отложений, в которых была определена концентрация НУ.

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

**Устьевая область реки Дон.** Среднегодовая соленость речного стока в устьях рукавов р. Дон 0,63‰ и изменялась в пределах от 0,50‰ до 1,18‰. Максимальное значение было



Рис. 2.1. Станции отбора проб в устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 2016 г.



**Рис. 2.2.** Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2016 гг. На рисунке не представлены три максимальных значения —  $0,96$  и  $1,39$   $\text{мг}/\text{дм}^3$  в Таганрогском заливе в 1993 и 2011 гг., а также  $0,79$   $\text{мг}/\text{дм}^3$  в 1998 г. на ст. № 13р.

зафиксировано в устье рукава Мертвый Донец 16 мая. Хлорность варьировала между  $0,143$  и  $0,545\%$ . Температура воды в период проведения наблюдений изменялась от  $14,2^\circ\text{C}$  до  $28,4^\circ\text{C}$ . Значения pH в устьях рукавов Дона изменялись в диапазоне от  $8,18$  до  $8,86$ , составив в среднем  $8,35$ . Щелочность изменялась от  $2,749$   $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$  до  $3,711$   $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$  и в среднем за год составила  $3,324$   $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$ .

В трех водотоках в дельте Дона приоритетным загрязнителем оставались **нефтяные углеводороды**, причем их средняя годовая концентрация во всех трех рукавах дельты со станциями мониторинга была примерно одинаковой ( $1,3$ – $1,6$  ПДК). В 75% отобранных проб концентрация превышала ПДК. Максимальное значение концентрации нефтяных углеводородов ( $4,0$  ПДК) отмечено в начале июля в поверхностном слое протоки Мертвый Донец. Воды устьевых протоков реки Дон и восточной части Таганрогского залива остаются стабильно загрязненными нефтяными углеводородами. Почти во все годы наблюдений средние, а также максимальные значения концентрации превышали ПДК (рис. 2.2). В целом на всех контролируемых участках акватории межгодовые изменения среднегодовой концентрации НУ происходили относительно синхронно, в меньшей степени это верно для максимальных величин. Сглаженная линия тренда показывает в целом незначительные изменения. Выделяется период повышенного загрязнения НУ с 2000 г. до 2005 г. с последующим спадом до 2009 г. Далее наблюдается чередование периодов повышения и спада загрязнения вод залива нефтяными углеводородами. В 2016 г. и средние, и максимальные величины были выше 1 ПДК.

В устьях рукавов дельты Дона растворенная **ртуть** была обнаружена в четырех пробах из 11: в водах Переволоки она появилась только однажды в июле ( $0,01$   $\text{мкг}/\text{дм}^3$ , 1 ПДК), а в рукаве Песчаный присутствовала в трех пробах ( $1,0$ ;  $1,0$  и  $1,8$  ПДК). СПАВ присутствовали в концентрации выше предела обнаружения ( $\text{DL}=10$   $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ) в 8 пробах из 24; средняя составила  $9,3$ , а максимальная  $39$   $\text{мкг}/\text{дм}^3$ . Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не обнаружены.

**Биогенные элементы.** В 2016 г. концентрация аммонийного азота в устьевых протоках р. Дон изменялась в диапазоне  $29$ – $289$   $\text{мкгN}/\text{дм}^3$  (максимум в 1,3 раза больше ПДК и отмечен 16 мая в водах Переволоки у дна на глубине 7 м); среднегодовая  $136,9$   $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ , что в 1,4 раза выше прошлогодней, но практически совпадает со средней за все время наблюдений на этих

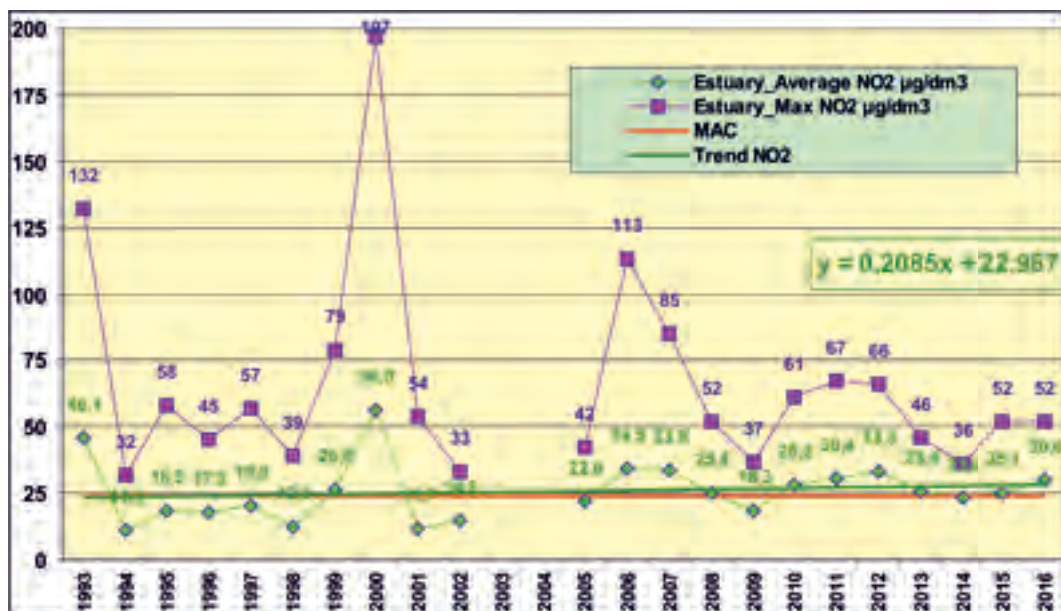


Рис. 2.3. Динамика средней и максимальной концентрации нитритного азота ( $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ ) в водах устьевой области р. Дон в 1993–2016 гг. Экстремальные величины 2003 г. (max 390; средняя 90,4  $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ ) на графике не приведены. В 2004 г. анализы проб воды на содержание нитритного азота не проводились.

станциях — 135,1  $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ . Содержание нитритов в 24 отобранных пробах было в пределах 5,8–52,0, средняя 30,0  $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ . Максимум точно равнялся прошлогоднему и был отмечен 16 мая у дна рукава Переволока. В последнее десятилетие среднегодовая концентрация нитритов стабилизировалась в узком диапазоне 22,0–36,0  $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ , что близко к значению ПДК для пресных вод (рис. 2.3). Максимальные величины подвержены большим колебаниям, особенно значительным в первое десятилетие наблюдений. В последние 8 лет экстремальные величины также укладываются в небольшой интервал 1,5–2,8 ПДК. Концентрация нитратов в устье Дона изменялась в обычном диапазоне 15–560  $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ ; средняя 196  $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ , что в 1,6 раза ниже прошлогодней величины. Максимум зафиксирован в водах Переволоки у дна 5 октября. Среднегодовая и max концентрация нитратов в последние два года в устье рукавов составила: рукав Песчаный — 211,3/333; рукав Переволока — 289,0/340; рукав Мертвый Донец — 87,6/243  $\text{мкгN}/\text{дм}^3$  соответственно. Концентрация фосфатов изменялась в пределах 16–243  $\text{мкгP}/\text{дм}^3$ ; максимальное значение было отмечено на поверхности в устье рукава Переволока 5 июля, среднегодовая составила 114,7  $\text{мкгP}/\text{дм}^3$ , что существенно меньше уровня двух предыдущих лет (156,4 и 151,4). Концентрация общего фосфора в устьевой области Дона изменялась в диапазоне от 34  $\text{мкгP}/\text{дм}^3$  (у дна в устье рукава Мертвый Донец 13 апреля) до 246  $\text{мкгP}/\text{дм}^3$  (на поверхности в устье рукава Переволока 5 июля). Повышенные значения (более 200  $\text{мкгP}/\text{дм}^3$ ) были зафиксированы на всех станциях, как на поверхности, так и у дна. Среднегодовая концентрация составила 133,6  $\text{мкгP}/\text{дм}^3$ , что в 1,4 меньше прошлогодней. В водах устьевой области р. Дон среднегодовая концентрация силикатов составила 2424; минимальная — 1029 в середине апреля; максимальная — 4641  $\text{мкг}/\text{дм}^3$  была зафиксирована в устье рукава Переволока 5 июля в придонном слое на глубине 7 м.

В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде кислорода изменялась в пределах 6,87–16,26  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ , составив в среднем 11,19  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ . Минимальное

содержание, которое было выше норматива всего на 15%, было отмечено в водах Мертвого Дона в мае в придонном слое; в устьях других рукавов минимальная концентрация кислорода была заметно выше. При этом средняя концентрация растворенного кислорода в разных рукавах составляла 110–116%, а минимальная 77–93% от насыщающей при данной температуре. Такие показатели говорят о высокой интенсивности фотосинтеза в устьевом районе р. Дон.

В 2016 г. значение индекса загрязненности вод (0,91) в устьевых протоках реки Дон существенно уменьшилось за счет снижения средних значений содержания в воде всех взятых в расчет ингредиентов — нефтяных углеводородов, ртути и нитритов. Однако общая оценка не изменилась по сравнению с 2015 г. и качество воды рукавов по-прежнему оставалось в III классе, «умеренно загрязненные» (табл. 2.2). За последние пять лет состояние вод в устьевых участках дельтовых протоков реки Дон оценивается как стабильное.

**Таганрогский залив.** В 2016 г. температура вод залива в период наблюдений с апреля по сентябрь была в пределах 13,0–28,7 °С. Соленость изменялась от 0,52‰ до 11,29‰, составив в среднем 4,94‰. Соленость меньше 1‰ зафиксирована на ст. № 2 в июне, июле и сентябре, что несомненно было связано с влиянием речного стока. Соленость больше 4‰ отмечалась на всех станциях центральной и 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 0,151–6,17‰; щелочность 2,428–3,896 мг-экв/дм<sup>3</sup> и в среднем за год составила 3,156 мг-экв/дм<sup>3</sup>; значения pH изменялись в диапазоне 7,57–9,39, составив в среднем 8,57.

Единственным загрязнителем, чья средняя годовая концентрация превышала ПДК, оставались **нефтяные углеводороды**. Их содержание в воде изменялось в диапазоне от величины менее предела обнаружения применяемого метода анализа ( $DL=0,02$  мг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе до 0,13 мг/дм<sup>3</sup> (2,6 ПДК). Повторяемость проб с превышением 1 ПДК составила 60%. Если среднегодовое значение (0,056 мг/дм<sup>3</sup>) в целом незначительно изменилось по сравнению с прошлым годом, то максимальная величина снизилась почти в 3 раза (рис. 2.2). Концентрация СПАВ не превышала ПДК и изменялась в пределах от аналитического нуля до 33 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее значение составило 5,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Растворенная ртуть в концентрации 1–2 ПДК была обнаружена в семи из 18 проб только в поверхностном слое вод Таганрогского залива во все месяцы проведения гидрохимических съемок.

**Биогенные элементы.** Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 156 мкгN/дм<sup>3</sup>, что в 2,1 раза больше прошлогодней, но почти в 10 раз меньше таковой в 2012 г. (1512 мкгN/дм<sup>3</sup>); среднегодовая — 50,5 мкгN/дм<sup>3</sup>, что в 2,8 раза больше прошлогодней. В целом 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 восточной части залива изменялась в пределах 7,6–114 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимум вырос в 2,3 раза и был зафиксирован 28 сентября в придонном слое на ст. № 10 на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация составила 17,2 мкгN/дм<sup>3</sup>, что примерно в 2 раза меньше среднегодового уровня в устьевых протоках Дона (рис. 2.3). В заливе концентрация нитратов изменялась в пределах 15–510 мкгN/дм<sup>3</sup>; максимум был зафиксирован 28 апреля на ст. № 4 на поверхности. Высокие значения нитратов более 100 мкгN/дм<sup>3</sup> были зафиксированы на восьми станциях залива как на поверхности, так и у дна в течение всего периода наблюдений. Среднегодовая концентрация нитратов в Таганрогском заливе (60,3) почти не изменилась по срав-

нению с прошлым годом (51,3 мкгN/дм<sup>3</sup>). На акватории восточной части залива концентрация фосфора фосфатов варьировала в пределах 1,8–115 мкгP/дм<sup>3</sup>, в среднем за год концентрация составила 19,3 мкгP/дм<sup>3</sup>, что более чем 1,6 раза меньше, чем в прошлом году. Максимальная величина была отмечена в конце июня на поверхности в водах ст. №2 и она почти в 2 раза выше следующего значения (64 мкгP/дм<sup>3</sup>) на ст. №5 в конце июля также на поверхности. Содержание общего фосфора изменялось в интервале 18–119 мкгP/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 53,4 мкгP/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация зафиксирована 28 апреля у дна на ст. №6. Концентрация силикатов в водах Таганрогского залива варьировала в пределах 315–4150 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя годовая составила 2459 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 2.1.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 2014–2016 гг.

Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
<b>Устьевая область реки Дон**</b>						
НУ	0,091 0,49	<b>1,8</b> <b>10</b>	0,06 0,18	<b>1,2</b> <b>4</b>	0,07 0,20	<b>1,4</b> <b>4</b>
СПАВ	9,4 19	<0,1 <0,1	1,8 16	<0,1 <0,1	9,3 39	<0,1 <0,1
Ртуть	0 0		0,0176 0,03	<b>1,8</b> <b>3,0</b>	0,0044 0,018	0,4 <b>1,8</b>
Азот аммонийный	217,5 549	0,6 <b>1,4</b>	98,0 217	0,3 0,6	136,9 289	0,3 0,6
Нитриты	23 36	0,96 <b>1,5</b>	25,1 52,0	<b>1,0</b> <b>2,2</b>	30,0 52,0	<b>1,2</b> <b>2,2</b>
Фосфор общий	317 532		184 308		134 246	
Растворенный кислород	9,42 6,59		8,58 5,93	<b>0,99</b>	11,19 6,87	
% насыщения	94,6 78		95,8 73		112,5 75	
<b>Таганрогский залив</b>						
НУ	0,083 0,28	<b>1,7</b> <b>6</b>	0,070 0,31	<b>1,4</b> <b>6</b>	0,056 0,13	<b>1,1</b> <b>2,6</b>
СПАВ	14,3 40	<0,1 <0,1	16,4 66	<0,1 0,1	5,1 33	<0,1 <0,1
Ртуть	0 0		0,013 0,02	<b>1,3</b> <b>2,0</b>	0,005 0,02	0,5 <b>2,0</b>
Азот аммонийный	76,5 353	0,2 0,9	18,2 74	<0,1 0,2	50,5 156	0,1 0,4
Нитриты	13,9 27	0,6 <b>1,1</b>	12,5 49	0,5 <b>2,0</b>	17,2 114	0,7 <b>5</b>
Фосфор общий	97,7 253		87,1 227		53,4 119	
Растворенный кислород	10,6 5,54	<b>0,92</b>	9,04 5,13	<b>0,86</b>	9,24 5,89	<b>0,98</b>
% насыщения	105 56		102 55		107 68	
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм <sup>3</sup> ; СПАВ 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. 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение. 3. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целого значения. 4. Для всех ингредиентов в водах устьевой области р. Дон были использованы значения ПДК для пресных вод.						

Концентрация растворенного **кислорода** в водах залива изменялась в исследуемый период в диапазоне 5,89–12,16 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 9,24 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Минимальное значение было зафиксировано 25 мая в придонном слое ст. № 10 на глубине 5 м, при этом насыщение воды кислородом составило 68%. Уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям, но в период с мая по сентябрь, как у поверхности, так и у дна концентрация была пониженной. В целом содержание растворенного кислорода опускалось ниже допустимого предела только в одной пробе. В целом по индексу ИЗВ (0,66) воды Таганрогского залива в 2016 г. можно отнести к категории «чистые». Расчет индекса ИЗВ производился по среднему содержанию в воде НУ, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и концентрации растворенного кислорода.

**Таблица 2.2.** Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2014–2016 гг.

Район	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Среднее содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	1,00	III	1,18	III	0,91	III	НУ 1,40; Нг 0,44; NO <sub>2</sub> 1,25; O <sub>2</sub> 0,54
Таганрогский залив	0,74	II	0,96	III	0,66	II	НУ 1,12; NH <sub>4</sub> 0,13; NO <sub>2</sub> 0,72; O <sub>2</sub> 0,65

### 2.2.3. Загрязнение донных отложений

В устьевой области р. Дон с апреля по октябрь была отобрано 12 проб донных отложений одновременно с отбором проб воды. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от аналитического нуля (DL=20 мкг/г) в 4 пробах до 90 мкг/г (1,8 ДК) в русле Мертвого Донца в середине мая. Степень загрязнения донных отложений различных рукавов дельты нефтяными углеводородами в 2016 г. была различной (9 р — 55,0; 12 р — 17,5; 13 р — 25,5 мкг/г) и в среднем составила 31,7 мкг/г (0,63 ДК). По сравнению с прошлым годом средняя концентрация уменьшилась в 2,1 раза, а максимальная — в 4,1 раза. В Таганрогском заливе на ст. № 4,5,6 было отобрано 8 проб донных отложений, в которых было определено содержание НУ. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась в диапазоне от 10 до 170 мкг/г (max 3,4 ДК), а средняя концентрация равнялась 62,5 мкг/г (1,3 ДК). В прошлом году средняя величина была почти в 2 раза больше (110), а в 2014/2013/2012 гг. — 64,2/73,3/87,0 мкг/г соответственно. В целом межгодовые вариации содержания НУ в осадках залива можно рассматривать как незначительные.

## 2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань

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

В 2016 г. в дельте реки Кубань и на ее устьевом взморье в Темрюкском заливе мониторинг водной среды осуществлялся Устьевой гидрометеорологической станцией Кубанская («У Кубанская», г. Темрюк). В порту Темрюка (ст. № 1) наблюдения проводились в течение всего года, пробы воды отбирались еженедельно, а соленость — ежедневно; в Темрюкском заливе на устьевом взморье рукавов Кубань (ст. № 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18), Протока (ст. № 29, 31), в устьевой области Кубани в гирлах лиманов (ст. № 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у) и в низовьях дельты Кубани у пос. Ачуево и в Петрушином рукаве (ст. № 5у, 6у) — всего на 18 станциях (рис. 2.4) пробы отбирались один раз в месяц 6 апреля, 6 июня, 2 августа и 4 октября. Отбор проб воды в Темрюкском заливе проведен с моторной лодки «Беркут S-Jacket» из поверхностного и придонного слоев. Анализ морской воды на определение гидрохимических параметров, концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ выполнялся в Ла-



**Рис. 2.4.** Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2016 г. Районы: 1 — дельта Кубани; 2 — порт Темрюк; 3 — взморье Кубани; 4 — взморье Протоки; 5 — протоки лиманов.

боратории мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) ГМС «У Кубанская». Анализы производились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 243) и новым утвержденным методикам: РД 52.10.736–745–20–10; РД 52.10.772–2013, РД 52.10.779–2013; РД 52.10.805–807.2013. В пресных водах дельты Кубани определение концентрации веществ выполнялось согласно разработанным в ГХИ РД 52.24–95, 2005, 2006 и «Руководства по химическому анализу поверхностных вод суши», Л., Гидрометеиздат, 1977 г. Определение содержания хлорорганических (группа ДДТ) и фосфорорганических пестицидов, а также растворенной ртути в отобранных пробах воды производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

### 2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива

**Низовья дельты реки Кубань — район 1.** Отбор 12 проб был произведен в двух точках, расположенных в устье рукава Протока у пос. Ачуево (5у) и 500 м выше по течению от устья Петрушина рукава (6у). В устьях обоих рукавов Кубани вода была практически пресная — соленость не превышала 0,32‰ за исключением одной пробы, отобранной 6 апреля в Петрушином рукаве, с характерным для вод взморья значением 6,76‰ (табл. 2.3). За период 1990–1996 гг. средняя соленость составила 0,22‰; 2000–2006 гг. — 0,60‰, 2007–2011 гг. — 0,28‰ и 2012–2016 гг. — 0,65‰ при средней за весь период наблюдений солености 0,44‰. Хотя в целом в водах Темрюкского залива начиная с 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености на



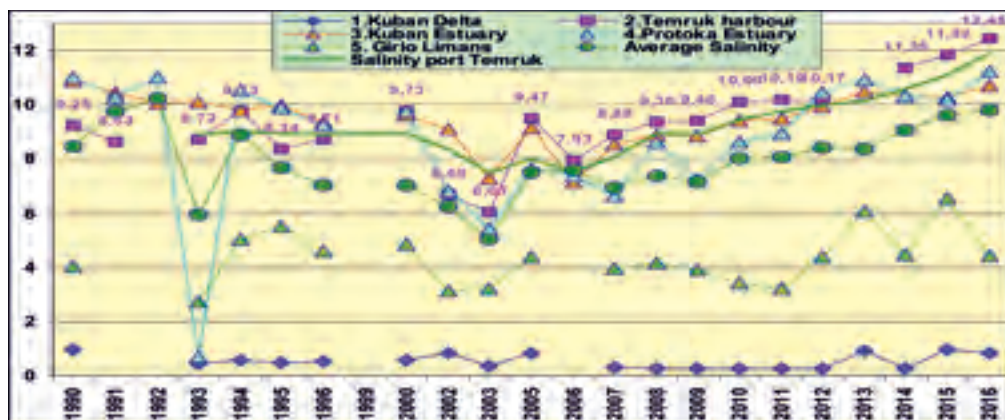
всех участках акватории, однако в низовьях дельты этот процесс менее заметен (рис. 2.5). Тенденция снижения солености, отмеченная в конце 1990-х годов (за период 1990–1996 гг. средняя соленость составила 8,34‰) прошлого столетия — начала нового (2000–2006 гг. — средняя 6,80‰), сменилась подъемом, начавшимся в период с 2003/2007 г. (2007–2011 гг. — средняя 7,49‰). В период с 2012 по 2016 г. средняя соленость составила 9,11‰. Среднее значение хлорности за последние 5 лет составило 0,24‰, а за весь период наблюдений — 0,12‰. Наибольшее зафиксированное в 2016 г. значение этого показателя составило 3,67‰. Показатель pH изменялся в пределах 7,85–8,45; щелочность — от 1,632 до 2,417 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 2016 г.

Район	T °C	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 — район 1	18,8	0,82	8,34	89	8,14	22,0	39,0	22,7	753	170	-	1910
	28,0	6,76	6,83	80	8,45	44,0	55,0	47,0	1110	260	-	2500
2. Порт Темрюк — район 2	13,6	12,45	9,20	92	8,28	17,3	45,8	12,3	226	192	967	357
	29,8	13,40	3,70	49	8,60	81,0	90,0	34,0	550	520	1900	810
3. Взморье реки Кубань — район 3	18,8	10,70	8,19	91	8,2	15,0	37,0	14,0	324	157	1076	603
	29,4	14,03	1,71	23	8,7	120	160	38,0	1290	510	2450	2350
4. Взморье рукава Протока — район 4	18,7	11,21	8,21	92	8,2	12,0	31,0	15,0	323	155	871	504
	28,8	13,15	3,50	47	8,6	39,0	64,0	28,0	730	280	1370	1490
5. Гирла лиманов — район 5	20,2	4,43	8,26	93	8,5	13,0	29,0	14,0	319	225	-	1766
	20,8	14,21	5,22	60	8,9	79,0	88,0	40,0	800	630	-	3500

\* средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода в мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и % насыщения.

Концентрация ионов **аммония** в устьях обоих рукавов Кубани изменялась от 64 до 260 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.3), наибольшие величины концентрации были зафиксированы в Петрушином рукаве 2 августа; среднегодовое значение в Петрушином рукаве составило 168 мг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК для пресных вод), а в рукаве Протока 175 мг/дм<sup>3</sup>. За последние два с половиной десятилетия мониторинговых наблюдений средняя концентрация в целом в водах Темрюкско-



**Рис. 2.5.** Динамика среднегодовой солености (‰) вод дельты Кубани и Темрюкского залива в 1990–2016 гг.

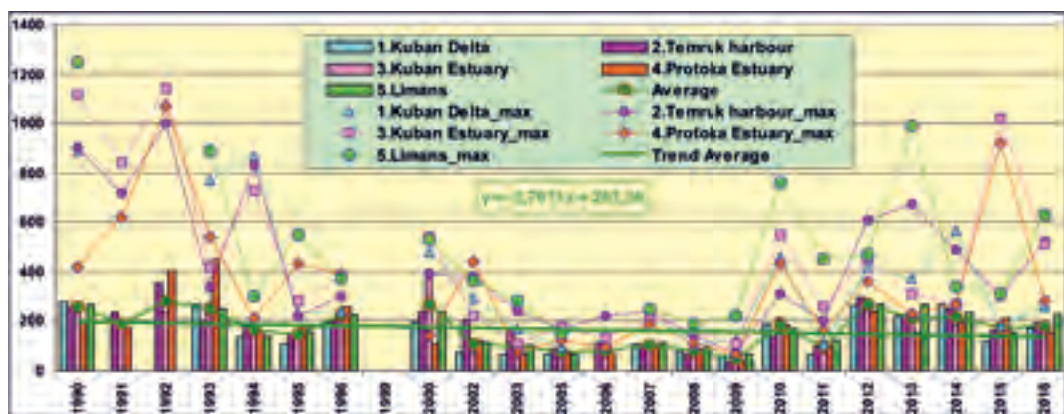


Рис. 2.6. Динамика средней и максимальной концентрации аммонийного азота ( $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ ) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 1990–2016 гг.

го залива незначительно уменьшилась, а межгодовая была незначительной (рис. 2.6). В последние пять лет на всех участках акватории она примерно в 2 раза была выше предыдущей пятилетки. Разброс максимальных значений был намного более значительным и синхронности изменений в разных районах не наблюдалось. Если средние величины всегда были ниже допустимого уровня для распресненных вод ( $389 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ), то максимальные в большинстве случаев превышали этот предел; в 2016 г. — в 3 районах из пяти. Среднегодовое содержание нитритов в водах Петрушина рукава составило  $18,3 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$  (0,8 ПДК), а в рукаве Протока  $31,5 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$  (1,3 ПДК). Среднегодовая концентрация нитратов в Петрушином рукаве составила  $768,8 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$  (0,09 ПДК), а в рукаве Протока  $722,5 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ; фосфатов —  $18,4$  и  $30,5 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$ ; общего фосфора — в Петрушином рукаве составила  $37,0$  и  $43,5 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$ ; силикатов —  $1843$  и  $2045 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  соответственно. Наибольшее содержание кремния ( $2200 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ) было зафиксировано в Петрушином рукаве 2 августа.

Концентрация **нефтяных углеводородов** на обеих станциях изменялась от значений ниже предела обнаружения применяемого метода ( $0,02 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ) до максимальной  $0,08 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (1,6 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое Петрушина рукава в июне (табл. 2.4). Среднегодовая концентрация НУ оказалась несколько выше прошлогодней и составила  $0,051 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (1,02 ПДК). В рукаве Протока максимальная концентрация составила  $0,07 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (1,4 ПДК), а средняя  $0,043 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (0,9 ПДК); в Петрушином рукаве —  $0,08/0,055 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (1,6/1,1 ПДК) соответственно. В течение всего года во всех отобранных пробах концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения ( $DL=10 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ). Хлорорганические пестициды  $\gamma$ -ГХЦГ и ДДТ, а также их изомеры/метаболиты обнаружены не были.

Насыщение речных вод растворенным **кислородом** в обоих рукавах было хорошим и не опускалось ниже  $6,83 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (80% насыщения, Петрушин рукав, 6 июня, придонный слой), а средняя годовая концентрация в Петрушином рукаве составила  $8,37$ , в Протоке —  $8,29 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (0,78) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево относились к III классу качества вод, «умеренно загрязненные» (табл. 2.5). Небольшое ухудшение качества вод было определено повышением средней концентрации НУ и нитритов.

**Порт Темрюк — район 2.** В 2016 г. отбор 72 проб осуществлялся на одной станции в середине канала порта напротив затона Чирчик ежемесячно с января по декабрь. Темпе-

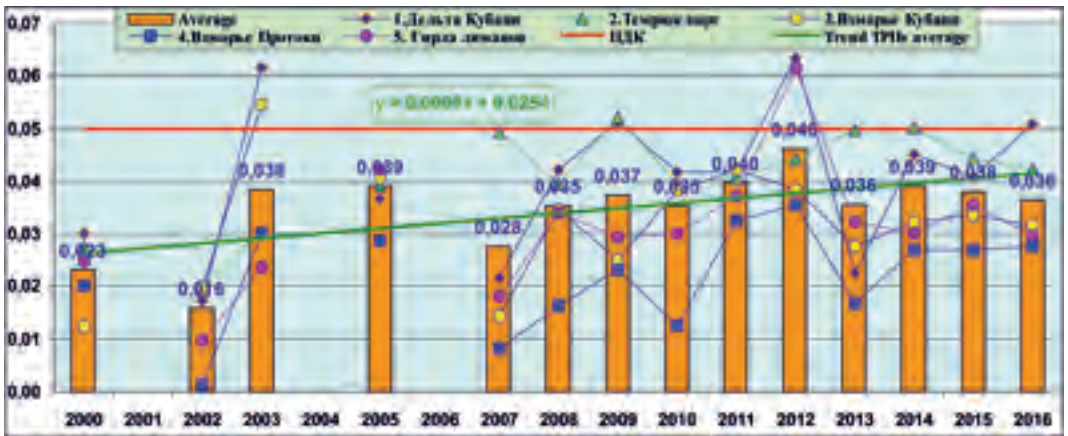


Рис. 2.7. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 2000–2016 гг.

ратура, соленость, рН, растворенный кислород и нефтяные углеводороды контролировались еженедельно. Измерение щелочности и анализы на содержание сероводорода, кремния, аммония, нитритов, нитратов и общего азота, фосфатов и общего фосфора, сероводорода, СПАВ, пестицидов и ртути производились один раз в месяц. Соленость воды в канале порта изменялась от 9,96‰ до 13,40‰. Величина среднегодовой солености составила 12,45‰. Это максимальная величина в течение всего периода наблюдений с 1990 г. В целом начиная с минимума в 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености во всем районе устьевой области реки Кубань (рис. 2.5). Температура воды в течение 2016 года изменялась от  $-0,20^\circ\text{C}$  (25 января) до  $29,80^\circ\text{C}$  (1 августа). Хлорность изменялась в диапазоне 5,43–7,35‰, среднегодовая составила 6,82‰; щелочность была в пределах 2,045–2,550 мг-экв/ $\text{дм}^3$ , а средняя за год составила 2,327 мг-экв/ $\text{дм}^3$ ; показатель рН изменялся в пределах от 7,75 до 8,60, среднегодовое значение составило 8,28. Прозрачность воды была в пределах 0,6–1,2 м.

В пяти из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация **НУ** была ниже предела обнаружения ( $0,02 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ). Максимальное значение составило  $0,17 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (3,4 ПДК) и было отмечено 2 февраля на поверхности канала (табл. 2.4). Средняя концентрация НУ составила  $0,042 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (0,84 ПДК). Хотя в целом по району Темрюкского залива за последние полтора десятилетия происходило увеличение уровня загрязнения вод нефтяными углеводородами, однако в канале порта Темрюк такой рост не прослеживается — значения в последнюю декаду варьируют около 1 ПДК (рис. 2.7).

Из 24 проанализированных проб концентрация **СПАВ** была выше предела обнаружения применяемого метода ( $\text{DL}=10 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ) в 16 случаях. Максимум составил  $33 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , что в пределах точности определения совпадает с прошлогодним значением ( $34 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ). Среднегодовая концентрация составила  $11 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . Концентрация хлорорганических пестицидов ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) в водах канала порта Темрюк была ниже предела обнаружения применяемого метода во всех пробах начиная с 2000 г., кроме одной пробы 3 апреля 2002 г. с содержанием ДДЕ  $13 \text{ нг}/\text{дм}^3$  (1,3 ПДК). В 36 отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев пробах сероводород обнаружен не был. В четырех из 12 отобранных проб была обнаружена растворенная ртуть в концентрации  $0,010$ – $0,012 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ; среднегодовая составила  $0,0044 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  (0,04 ПДК).

Концентрация биогенных веществ в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного азота изменялось от 110 до  $520 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ; мак-

симум зафиксирован 1 августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 193 мкгN/дм<sup>3</sup> (0,5 ПДК). Диапазон концентрации нитритов изменился незначительно по сравнению с прошлым годом (1–23 мкгN/дм<sup>3</sup> в 2016 г.) и составил 3–34 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимум составил 1,4 ПДК и был отмечен 1 августа на поверхности; Средняя годовая концентрация составила 12,3 мкгN/дм<sup>3</sup> или 0,5 ПДК, что несколько больше, чем в прошлом году (9,5 мкгN/дм<sup>3</sup> или 0,4 ПДК). Содержание нитратов изменялась в пределах 24–550 мкгN/дм<sup>3</sup> (тысячные доли ПДК). Наибольшая величина зафиксирована 4 октября на поверхности. Средняя годовая концентрация нитратов составила 226 мкгN/дм<sup>3</sup>, что почти в 2 раза больше прошлогодней (132 мкгN/дм<sup>3</sup>). Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах 470–1900 мкгN/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация составила 967 мкгN/дм<sup>3</sup>, что в 1,4 раза больше прошлого года (698 мкгN/дм<sup>3</sup>), но меньше предыдущих лет: 2015/2014/2013–1061/1003/1129 мкгN/дм<sup>3</sup> соответственно. Таким образом, среднегодовая концентрация общего азота за последние 5 лет составила 972 мкгN/дм<sup>3</sup>. Наибольшее содержание фосфатов (81 мкгP/дм<sup>3</sup>, 1,6 ПДК для мезотрофных водоемов) было отмечено 1 сентября на поверхности, а средняя за год составила 17,0 мкгP/дм<sup>3</sup>. Концентрация общего фосфора изменялась в пределах 22–90 мкгP/дм<sup>3</sup>, а средняя равнялась 46,0 мкгP/дм<sup>3</sup>. Количество силикатов изменялось от 810 мкг/дм<sup>3</sup> в сентябре до 46 мкг/дм<sup>3</sup> в конце года 1 декабря; средняя годовая — 357 мкг/дм<sup>3</sup>,

Для определения концентрации растворенного **кислорода** всего было отобрано 72 пробы воды. В 7 из них, отобранных у дна и с поверхности в июне-сентябре, концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива (6,0 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Наименьшее содержание кислорода (3,70 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 0,62 ПДК, или 49% насыщения) зафиксировано 15 июля у дна при температуре воды 25,5 °С. Среднегодовая концентрация составила 9,20 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 49–150%. В 2016 г. воды канала порта Темрюк по ИЗВ (0,62), рассчитанному по средней концентрации НУ, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и растворенного кислорода, относились ко II классу качества, «чистые». По сравнению с предыдущим годом (ИЗВ=0,60) качество вод практически не изменилось (табл. 2.5).

**Взморье реки Кубань — район 3.** В 2015 г. наблюдения проводились на 7 станциях в апреле, июне, августе и октябре. Температура воды на взморье р. Кубань изменялась в течение года от 8,5 °С 4 апреля на станциях №4, 10 и 16 у дна до 29,4 °С 2 августа на поверхности на траверзе гирла Соловьевское Курчанского лимана. Соленость вод взморья Кубани в 56 отобранных пробах изменялась в диапазоне 0,32–14,03‰. Максимальная соленость была отмечена 4 июня у дна на глубине 11 м в 7 км от гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана. Минимум зафиксирован 4 октября в 600 м от устья рукава Среднего в поверхностном слое. Средняя соленость воды на взморье Кубани составила 10,70‰. Хлорность изменялась от 0,06–7,70‰. Показатель рН изменялся в диапазоне 7,55–8,65. Минимум был зарегистрирован у дна на трех станциях (№2, 16 и 18) 2 августа. Щелочность изменялась от 1,691 до 2,231 мг-экв/дм<sup>3</sup> на одной и той же станции №12 в море в 600 м от устья рукава Средний р. Кубань. Минимум был зафиксирован 6 апреля, а максимум — 6 июня. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 0,4 до 2,3 м.

За период наблюдений в 2016 г. концентрация **НУ** изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) в 11 пробах из 56 до 0,09 мг/дм<sup>3</sup> (1,8 ПДК). Максимум был отмечен 6 июня на поверхности взморья у рукава Средний в 600 м от устья р. Кубань. Среднегодовая концентрация составила 0,032 мг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК). Концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 14 случаях (25%). Средняя годовая величина в водах взморья за последние 5 лет стабилизировалась около 0,6 ПДК — 0,038; 0,028; 0,032; 0,034

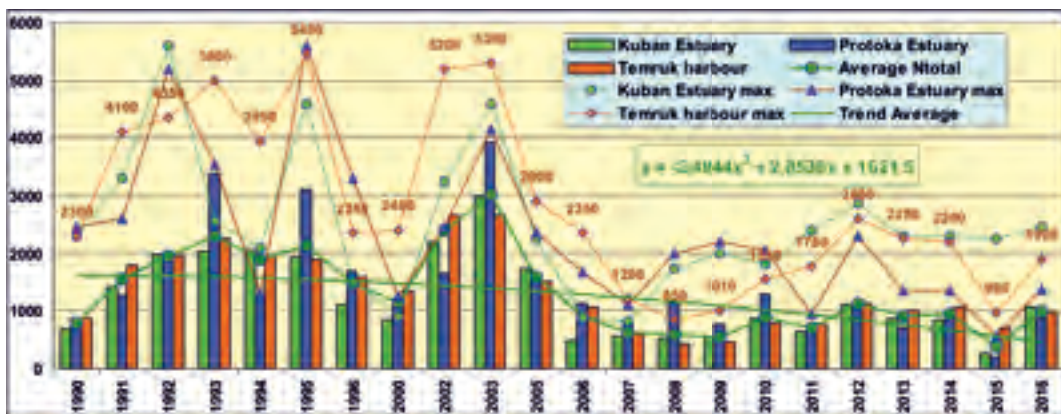


Рис 2.8. Динамика среднегодовой концентрации общего азота ( $\text{мкгN}/\text{дм}^3$ ) в водах Темрюкского залива в 1990–2016 гг.

и  $0,032 \text{ мг}/\text{дм}^3$  соответственно (рис. 2.7). Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации 100 и более  $\text{мкг}/\text{дм}^3$  (1 ПДК) не наблюдалось за последние 18 лет. В 2016 г. они были обнаружены в 7 пробах из 56 ( $\text{DL}=10 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ); средняя годовая составила  $1,3 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , а максимум  $11 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . В одной пробе из восьми проанализированных была обнаружена растворенная ртуть ( $0,01 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ,  $0,1 \text{ ПДК}$ ), 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  $78\text{--}510 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ . Максимум был отмечен 2 августа у дна на глубине 6 м на траверзе гирла Соловьевское Курчанского лимана в 4,4 км от устья. Среднегодовая концентрация составила  $0,4 \text{ ПДК}$  ( $157 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ), что несколько меньше прошлогоднего значения ( $194 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ). Концентрация нитритов изменялась от 2 до  $38 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ , максимум в 2 раза больше прошлогодней величины ( $18 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ); средняя составила  $13,7 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$  ( $0,6 \text{ ПДК}$ ), что более чем в 2 раза превосходит прошлогоднее значение ( $6,46 \text{ мкгN}/\text{дм}^3\text{--}0,26 \text{ ПДК}$ ). Содержание нитратов изменялось от 68 до  $1290 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$  (максимум составил  $0,14 \text{ ПДК}$ ); среднегодовая величина составила  $324 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ , что в 2 раза выше прошлогодней величины ( $154 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ). Содержание общего азота изменялось в пределах от  $360\text{--}2450 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ , среднегодовая  $1076 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ , что в 4 раза больше прошлогодней величины ( $254 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ). В последние 10 лет концентрация общего азота была существенно ниже предыдущего десятилетия и стабилизировалась в районе  $1000 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$  или немного меньше. Максимальные значения были в 2–3 раза больше, при этом межгодовые вариации относительно предыдущего периода были небольшими. Тренд концентрации за весь период наблюдений нисходящий, однако в последнее десятилетие скорее отсутствует (рис. 2.8).

Концентрация фосфора фосфатов в течение года изменялась от значений менее предела обнаружения использованного метода химического анализа ( $\text{DL}=2 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$ ), зафиксированных в 12 пробах из 56, до  $120 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$ . Максимум был зафиксирован на поверхности в 600 м от устья рукава Средний 2 августа и составлял  $2,4 \text{ ПДК}$  для мезотрофных водоемов. Среднегодовая величина составила  $14,9 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$  ( $0,3 \text{ ПДК}$ ). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне  $14\text{--}160 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$ , в среднем  $36,5 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$ , что выше значений последних пяти лет (2011–2015 гг.) —  $30,6; 26,7; 20,5; 7,4$  и  $26,4 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$  соответственно. Концентрация силикатов в водах взморья Кубани изменялась в пределах от 99 до  $2350 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ; максимум

был зафиксирован на поверхности в 600 м от устья рукава Средний 2 августа; среднегодовая ( $603 \text{ мкг/дм}^3$ ) была несколько меньше прошлогодней ( $724 \text{ мкг/дм}^3$ ).

Концентрация растворенного **кислорода** изменялась от 1,71 до  $12,65 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Значения ниже норматива были отмечены 2 августа в 8 придонных пробах на всех станциях района: на ст. №2 составило  $1,71 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ , ст. №15 у дна 1,81, на поверхности 5,50; ст. №10 — 1,89; ст. №12 — 2,24; ст. №16 — 2,40 и на ст. №4 —  $4,53 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Среднегодовая концентрация составила  $8,19 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. По индексу загрязненности ИЗВ (0,59) воды взморья Кубани в 2016 г., также как и в прошлом году, относятся ко II классу, «чистые». Расчет выполнен по средней концентрации  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  и растворенного кислорода.

**Взморье рукава Протока — район 4.** В 2016 г. наблюдения на взморье рукава Протоки выполнялись 5 апреля, 7 июня, 3 августа и 3 октября на двух станциях с глубинами 6 и 10 м. В 16 отобранных пробах соленость вод взморья Протоки изменялась от 3,53‰ до 13,15‰, среднегодовая составила 11,21‰. Средняя многолетняя за последние 10 лет соленость составила 9,31‰. Хлорность изменялась в диапазоне 1,90–7,21‰. Среднегодовая величина хлорности составила 6,13‰. Температура воды за время исследований изменялась от  $8,30^\circ\text{C}$  на глубине 10 м у дна в апреле до  $28,8^\circ\text{C}$  на поверхности в августе. Показатель pH изменялся в пределах от 7,90 до 8,65; среднегодовая величина 8,19. Щелочность в водах взморья Протоки изменялась от 2,150 у поверхности до  $2,482 \text{ мг-экв/дм}^3$  в октябре у дна; средняя  $2,324 \text{ мг-экв/дм}^3$ . Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 0,8 до 1,8 м.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в 2016 г. изменялась от величин ниже предела обнаружения применяемого метода ( $\text{DL}=0,02 \text{ мг/дм}^3$ ) в 3 пробах, как у поверхности, так и у дна, до  $0,06 \text{ мг/дм}^3$  (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  $0,028 \text{ мг/дм}^3$  (0,55 ПДК), что практически равно уровню прошлого года ( $0,027 \text{ мг/дм}^3$ ). Содержание СПАВ во всех отобранных пробах, кроме одной с  $10 \text{ мкг/дм}^3$ , было ниже предела определения применяемого метода ( $\text{DL}=10 \text{ мкг/дм}^3$ ). Хлорорганические ( $\gamma$ -ГХЦГ,  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганические (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестициды в водах взморья Протоки обнаружены не были. Последний раз пестициды были обнаружены в 1990 г. Растворенная ртуть не была обнаружена ни в одной из четырех исследованных проб.

Концентрация аммонийного **азота** в водах взморья Протоки в 2016 г. изменялась от 120 до  $280 \text{ мкгN/дм}^3$ . Максимальное значение зафиксировано 3 августа у дна. Среднегодовая концентрация составила  $155 \text{ мкгN/дм}^3$  (0,4 ПДК), что меньше значения прошлого года ( $212 \text{ мкгN/дм}^3$  – 0,5 ПДК). Содержание нитритов изменялось в пределах 0,2–1,1 ПДК ( $5\text{--}28 \text{ мкгN/дм}^3$ ). Среднегодовая концентрация составила 0,6 ПДК ( $14,8 \text{ мкгN/дм}^3$ ). Концентрация нитратов изменялась в диапазоне  $120\text{--}730 \text{ мкгN/дм}^3$ . Наибольшее значение (0,08 ПДК) зафиксировано 3 октября на поверхности в 4,4 км от устья рукава Протока. Среднегодовая концентрация составила  $323 \text{ мкгN/дм}^3$ . Содержание общего азота в 8 проанализированных пробах изменялось от 500 до  $1370 \text{ мкгN/дм}^3$ ; среднегодовое  $871 \text{ мкгN/дм}^3$ . В последние 5 лет зафиксирована тенденция уменьшения концентрации нитритов и нитратов, но повышения содержания в водах района аммонийного и общего азота.

Концентрация **фосфатов** в 12 отобранных в 2016 г. пробах изменялась от величин ниже предела обнаружения применяемого метода ( $\text{DL}=2,0 \text{ мкгP/дм}^3$ ) в 3 пробах до  $39 \text{ мкгP/дм}^3$  (0,78 ПДК для мезотрофных водоемов), средняя за год составила  $12,0 \text{ мкгP/дм}^3$  (0,23 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось в пределах  $24,0\text{--}64,0 \text{ мкгP/дм}^3$ . Среднегодовая концентрация составила  $31 \text{ мкгP/дм}^3$ . Концентрация кремния была в диапазоне  $140\text{--}1490 \text{ мкг/дм}^3$ ,

максимум отмечен 3 октября на поверхности в рукаве Протока в 4,4 км от устья. Среднегодовая концентрация составила  $504 \text{ мкг/дм}^3$ , что меньше прошлогодней ( $759 \text{ мкг/дм}^3$ ).

Содержание растворенного в воде **кислорода** на взморье Протоки в 2016 г. изменялось от  $3,50 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (0,58 ПДК) до  $11,15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Концентрация ниже нормы ( $3,50 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ —47% насыщения,  $4,19 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  — 56% и  $5,84 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  — 79%) была зафиксирована как у дна, так и на поверхности обеих станций 3 августа. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода составила  $8,21 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Сероводород на взморье Протоки в 8 отобранных в июле и августе пробах обнаружен не был. В 2016 г. по ИЗВ (0,57) воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые»). Расчет выполнен по средней концентрации  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  и растворенного кислорода.

**Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) — район 5.** Наблюдения в устьевой области реки в 2016 г. были выполнены на 6 станциях, расположенных в море на расстоянии 500 м от гирл Пересыпское (Ахтанизовский лиман), Соловьевское (Курчанский лиман), Куликовское (Куликовский лиман), Сладковское (Сладкий лиман), Зозулиевское (Зозулиевский лиман) и Горькое (Горький лиман). Пробы воды отбирались в апреле, июне, августе и октябре. Всего было отобрано 30 проб воды в основном из поверхностного слоя вследствие мелководности точек отбора проб с глубинами 2–4 м.

**Соленость** вод устьевой области изменялась в широком диапазоне от пресных вод с соленостью 0,32‰ до 14,21‰, характерной для морских вод. Средняя за год соленость составила 4,427‰. Низкие значения солености характерны для станций 9у, 11у и 17у и были зафиксированы в июне, августе и октябре. Хлорность вблизи устьев гирл в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 0,06–7,80‰. Соленость и хлорность вод свидетельствуют о значительной зависимости гидрохимических характеристик качества вод от пресноводного стока. Температура воды в гирлах лиманов изменялась от  $8,7^\circ\text{C}$  в апреле до  $28,8^\circ\text{C}$  в августе. Показатель pH в течение отчетного года был достаточно стабильным: изменения были в пределах 8,10–8,90. Максимальное значение показателя отмечено 1 августа в 500 м от устья гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана. Среднегодовое значение показателя составило 8,47. Общая щелочность варьировала от 1,358 до 5,296 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая величина составила 2,551 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **НУ** была ниже предела обнаружения применяемого метода ( $DL=0,02 \text{ мг/дм}^3$ ) в 6 из 30 отобранных проб. Максимум ( $0,08 \text{ мг/дм}^3$ —1,6 ПДК) был отмечен 1 августа на поверхности в 500 м от устья гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана. Средняя величина составила  $0,030 \text{ мкг/дм}^3$  (0,60 ПДК) и была близкой к прошлогодней ( $0,032 \text{ мг/дм}^3$ ). В 20 пробах из 30 содержание СПАВ было ниже предела обнаружения применяемого метода ( $DL=10 \text{ мкг/дм}^3$ ). Максимальное зафиксированное значение ( $12 \text{ мкг/дм}^3$ ) не изменилось по сравнению с прошлогодним; среднегодовая величина составила  $3,5 \text{ мкг/дм}^3$  (0,04 ПДК). В 2016 г. хлорорганические пестициды  $\gamma$ -ГХЦГ,  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ в водах устьевого района лиманов обнаружены не были. Последний раз пестициды были здесь зарегистрированы в 1995 г.

Концентрация аммонийного **азота** в устьевой области р. Кубань была в диапазоне 97–630 мкгN/дм<sup>3</sup>, среднегодовая составила  $225 \text{ мкгN/дм}^3$  (0,6 ПДК), что существенно выше прошлогоднего значения ( $154 \text{ мкгN/дм}^3$ ; 0,4 ПДК), но близко к значению 2014 г. ( $234 \text{ мкгN/дм}^3$ ). Концентрация нитритов изменялась от аналитического нуля в двух пробах воды до  $40 \text{ мкгN/дм}^3$ , среднегодовая  $14,3 \text{ мкгN/дм}^3$  (0,6 ПДК); в прошлом году — 0,3 ПДК. Концентрация нитратов изменялась в пределах 34–800 мкгN/дм<sup>3</sup>, при этом среднегодовая составила  $319 \text{ мкгN/дм}^3$  (2015 г. —  $148 \text{ мкг/дм}^3$ ). Содержание фосфатов изменялось в диапазоне 2–79 мкгP/дм<sup>3</sup> (1,6 ПДК для мезотрофных водоемов); среднегодовая величина  $12,7 \text{ мкгP/дм}^3$  (0,25 ПДК). Содержание

общего фосфора изменялось в пределах 6–88 мкгР/дм<sup>3</sup>; максимум был зафиксирован 8 апреля в 500 м от устья гирла Куликовское; среднегодовая 29 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация кремния изменялась в диапазоне 130–3500 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен 14 июня на поверхности в 500 м от устья гирла Зозулиевское. Среднегодовая концентрация составила 1766 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание растворенного в воде **кислорода** в прилегающих к устьям лиманов участкам устьевой области р. Кубань в 2016 г. изменялось в диапазоне 5,22–11,62 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, при этом среднее значение (8,26 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) оказалось меньше прошлогоднего (8,51 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). В одной пробе, отобранной с поверхности в 500 м от устья гирла Куликовское 1 августа концентрация растворенного кислорода была ниже норматива и составила 5,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (0,87 ПДК). Процент насыщения вод кислородом изменялся в пределах от 60% до 152%; среднее составило 93%. Наличие сероводорода в 16 проанализированных пробах не обнаружено. В 2016 г. по ИЗВ (0,62) воды гирл лиманов относились ко II классу качества вод («чистые»). Состояние вод по сравнению с предыдущим годом немного ухудшилось. Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и растворенного кислорода.

**Заключение.** Значения расчетного индекса ИЗВ позволяют воды Таганрогского и Темрюкского заливов в 2016 г. оценить как «чистые», а устьевой области Дона как «умеренно-загрязненные». Во всех районах расчет индекса производился с учетом среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, аммонийного азота, нитритов, фосфатов и кислорода. Характерными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, аммоний и нитриты. В 2016 г. сохраняется тенденция возрастания солености вод Азовского моря, в то время как загрязнение вод биогенными веществами, СПАВ незначительное и стабильное как в дельтовых зонах рек Дон и Кубань, так и в портах и на взморье заливов. Хлорорганические и фосфорорганические пестициды в водах заливов не выявлены в течение последнего десятилетия. В Таганрогском заливе концентрация растворенной ртути была относительно высокой и в отдельных пробах превышала ПДК в несколько раз. В юго-восточной части моря ртуть в очень невысокой концентрации, не более 0,1 ПДК, обнаружена только в канале порта Темрюк и однажды в море на траверзе гирла Пересыпское. В водах Темрюкского залива начиная с 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености на всех участках акватории, однако в низовьях дельты Кубани этот процесс наименее заметен. В целом за последние десятилетия наблюдавшаяся тенденция снижения солености в конце 1990-х годов прошлого столетия — начале нового сменилась подъемом, начавшимся в период с 2003/2007 гг. В период 2007–2011 гг. средняя соленость составила 7,49‰, а с 2012 по 2016 г. — 9,11‰.

**Таблица 2.4.** Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Дельта реки Кубань — район 1 (ст. № 5у, 6у)	НУ	0,045 0,12	0,9 2,4	0,041 0,07	0,8 1,4	0,051 0,08	1,0 1,6
	СПАВ	0 0		0 0		0 0	
	Аммонийный азот	270 570	0,5 1,5	115 180	0,2 0,4	170 260	0,4 0,7
	Фосфаты	27,1 41	0,5 0,8	21,2 54	0,4 1,1	22,4 44	0,4 0,9
	Растворенный кислород	8,42 6,64		8,49 6,49		8,34 6,83	
	% насыщения	100 79		94 79		89 80	



2. Темрюкский залив: порт Темрюк — район 2 (ст. №1)	НУ	0,05 0,22	<b>1,0</b> <b>4</b>	0,044 0,24	0,9 <b>5</b>	0,042 0,17	0,8 <b>3</b>
	СПАВ	5 18	<0,1 0,2	9,5 34	<0,1 0,3	11 33	0,1 0,3
	Ртуть	0,0038 0,016	<0,1 0,2	0,0057 0,02	<0,1 0,2	0,0044 0,012	<0,1 0,1
	Аммонийный азот	251 590	0,6 <b>1,5</b>	161 300	0,4 0,8	193 520	0,5 <b>1,3</b>
	Растворенный кислород	9,0 3,14	<b>0,52</b>	9,06 4,39	<b>0,73</b>	9,20 3,70	<b>0,62</b>
	% насыщения	88 41		91 57		92 49	
3. Темрюкский залив: взморье р. Кубань — район 3 (ст. №2, 4, 10, 12, 16, 16, 18)	НУ	0,032 0,12	0,6 <b>2,4</b>	0,033 0,11	0,7 <b>2,2</b>	0,032 0,09	0,6 <b>1,8</b>
	СПАВ	1,8 16	<0,1 0,1	2,2 13	<0,1 0,1	1,3 11	<0,1 0,1
	Ртуть	0,002 0,01	<0,1 0,1	0,0006 0,005	<0,1 <0,1	0,0013 0,01	<0,1 0,1
	Аммоний	185 270	0,5 0,7	194 1020	0,5 <b>2,6</b>	157 510	0,4 <b>1,3</b>
	Растворенный кислород	8,83 4,82	<b>0,80</b>	8,39 4,92	<b>0,82</b>	8,19 1,71	<b>0,29</b>
	% насыщения	96 61		95 58		91 23	
4. Темрюкский залив: взморье рукав Протока — район 4 (ст. №29, 31)	НУ	0,027 0,04	0,5 0,8	0,026 0,06	0,5 <b>1,2</b>	0,028 0,06	0,6 <b>1,2</b>
	СПАВ	0 0		0 0		0,6 10	<0,1 0,1
	Ртуть	0 0		0,0028 0,011	<0,1 0,1	0 0	
	Аммоний	191 270	0,5 0,7	212 920	0,5 <b>2,4</b>	155 280	0,4 0,7
	Растворенный кислород	8,77 6,76		8,49 6,47		8,21 3,50	<b>0,6</b>
	% насыщения	93 85		95 78		92 47	
5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов — район 5 (ст. №8у, 9у, 10у, 11у, 12у, 18у)	НУ	0,030 0,080	0,6 <b>1,6</b>	0,036 0,23	0,7 <b>4,6</b>	0,030 0,08	0,6 <b>1,6</b>
	СПАВ	2,0 12	<0,1 0,1	2,0 12,0	<0,1 0,1	4,0 12,0	<0,1 0,1
	Аммоний	234 340	0,6 0,9	154 310	0,4 0,8	225 630	0,6 <b>1,6</b>
	Растворенный кислород	8,33 5,93	<b>0,99</b>	8,51 3,19	<b>0,53</b>	8,26 5,22	<b>0,9</b>
	% насыщения			89 74		93 60	

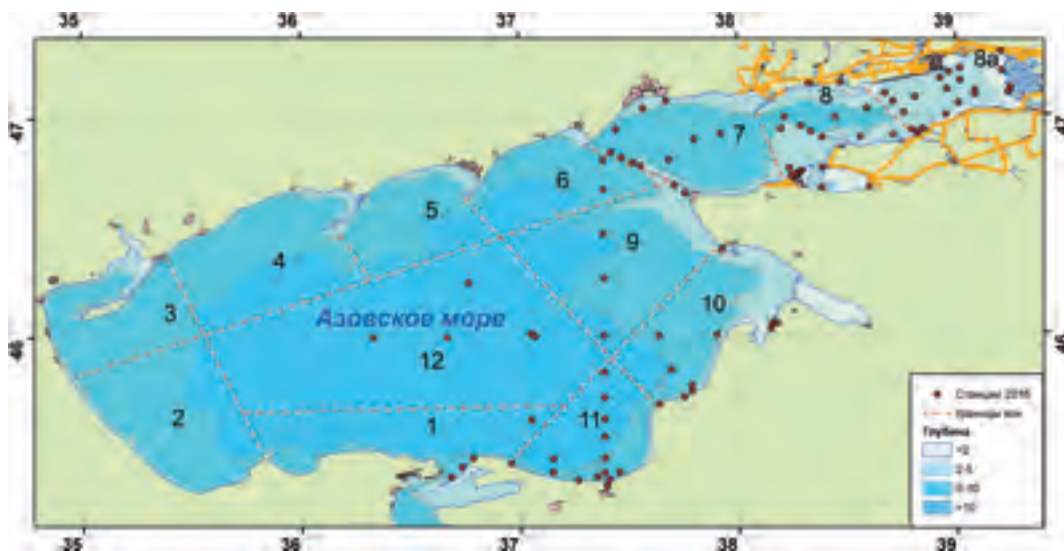
Примечания: 1. Концентрация (С\*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; СПАВ, аммонийного азота, фосфора фосфатов и ртути — в мкг/дм<sup>3</sup>.  
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.  
3. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целых.  
4. Для всех определяемых ингредиентов в водах дельты реки Кубани (район №1) использованы значения ПДК для пресных вод.  
5. Концентрация всех определяемых в воде хлорорганических (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ), и фосфорорганических (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестицидов не превышала предела обнаружения использованного метода анализа (0,02–0,05 нг/дм<sup>3</sup>).

**Таблица 2.5.** Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2014–2016 гг.

Район	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Среднее содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
<b>Дельта реки Кубань</b>							
1. Дельта — район 1	0,66	II	0,65	II	0,78	III	НУ 1,02; NO <sub>2</sub> 0,94; PO <sub>4</sub> 0,45; O <sub>2</sub> 0,72
<b>Темрюкский залив</b>							
2. Порт Темрюк — район 2	0,63	II	0,60	II	0,62	II	НУ 0,84; NO <sub>2</sub> 0,51; NH <sub>4</sub> 0,49; O <sub>2</sub> 0,65
3. Взморье рукава Кубань — район 3	0,45	II	0,57	II	0,59	II	НУ 0,64; NO <sub>2</sub> 0,57; NH <sub>4</sub> 0,40; O <sub>2</sub> 0,73
4. Взморье рукава Протока — район 4	0,46	II	0,55	II	0,57	II	НУ 0,55; NH <sub>4</sub> 0,40; NO <sub>2</sub> 0,61; O <sub>2</sub> 0,73
<b>Устьевая область реки Кубань — гирла лиманов</b>							
5. Гирла лиманов — район 5	0,36	II	0,54	II	0,62	II	НУ 0,59; NH <sub>4</sub> 0,58; NO <sub>2</sub> 0,59; O <sub>2</sub> 0,73

## 2.4. Загрязнение вод Таганрогского залива («Азовморинформцентр»)

Сеть наблюдений ФГУ «Азовморинформцентр» (г. Таганрог) за качеством морских вод на акватории Таганрогского залива Азовского моря примерно в границах Ростовской области представлена 54 пунктами наблюдений, из них пунктов наблюдений I категории (прибрежные воды) — 40, II категории (центральная часть акватории) — 14. В работах по ведению мониторинга Азовского моря в границах Краснодарского края ежегодно задействуются 65 пунктов наблюдений: I категории — 33, III категории — 32 станции (рис. 2.9). При описании пространственного распределения загрязняющих веществ, в Азовском море и в Таганрогском заливе, использовалось традиционное районирование, предложенное Н. М. Книпович,



**Рис. 2.9.** Схема расположения станций мониторинга качества морской среды ФГУ «Азовморинформцентр» в Таганрогском заливе и в открытой части Азовского моря.

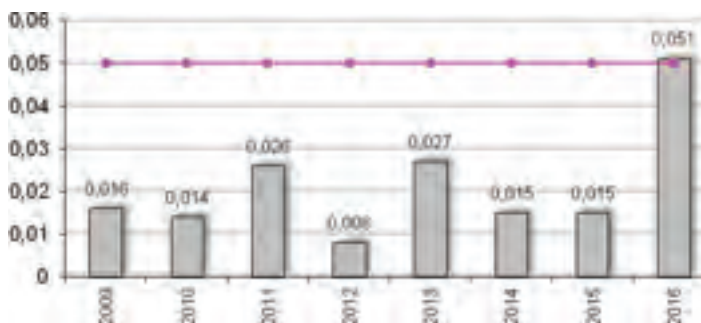
согласно которому акватория Азовского моря разделена на 13 районов: 1. Предпроливье, 2. Западный, 3. Юго-западный, 4. Северо-западный, 5. Северный, 6. Северо-восточный, 7. Запад Таганрогского залива, 8. Центр Таганрогского залива, 8а. Восток Таганрогского залива, 9. Железинская банка, 10. Кубано-Ахтарский, 11. Кубано-Темрюкский, 12. Центральный. При проведении работ выполнялся отбор проб воды и донных отложений с целью определения стандартных гидрологических и гидрохимических показателей, а также концентрации биогенных и загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы (Cd, Pb, V, Cr, Ni, Al, Mn, Mo, Cu, Zn, Fe), нефтяные углеводороды (НУ) и хлорорганические пестициды (ХОП).

#### 2.4.1. Восточная и центральная часть Таганрогского залива

В 2016 г. в восточной и центральной частях Таганрогского залива (районы 8а и 8) было проведено четыре съемки в апреле, июне, августе и октябре; отобрано 234 пробы воды и 28 проб донных отложений на 45 станциях, выполнено 5809 определений содержания загрязняющих веществ в воде и 504 в донных отложениях. Среднегодовое значение солёности в исследованной части залива несколько понизилось по сравнению с предыдущим годом, что изменило многолетнюю тенденцию 2005–2016 гг. — 2,2; 1,4; 2,3; 2,5; 2,4; 3,0; 3,4; 3,2; 3,4; 5,5; 6,4 и 5,0‰ соответственно. Наибольшее значение (12,3‰) зафиксировано в Восточном районе Таганрогского залива в апреле у села Новомаргаритово, а наименьшее (0,5‰) наблюдалось в дельте Дона в устьях рукавов Кутерьма и Переволока в августе. Биохимическое потребление кислорода БПК<sub>5</sub> повысилось относительно предыдущих лет от 3,79 и 4,51 до 5,52 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в 2016 г. Наибольшее значение (11,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 3,8 ПДК) было зафиксировано в дельте Дона в устье р. Песчаный в августе. Среднегодовое содержание взвешенных веществ составило 19,5 мг/дм<sup>3</sup>, что выше двух предыдущих лет — 12,5 и 18,4 мг/дм<sup>3</sup>. Наибольшее содержание взвешенных веществ (78,0 мг/дм<sup>3</sup>) зафиксировано в июне в районе устья рукава Мёртвый Донец. Водородный показатель рН изменялся в зависимости от сезона года и развития флоры моря. Среднегодовые значения по пунктам наблюдений находились в пределах от 7,2–8,6 ед.рН; средняя составила 8,13 ед.рН. Уровень концентрации растворенного в воде кислорода находился в пробах в пределах 9,7–11,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, среднее содержание составило 9,95 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и несколько понизилось по сравнению с предыдущим годом.

**Биогенные вещества.** Среднее содержание фосфатов в водах Таганрогского залива в 2016 г. составило 68 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимальные разовые значения зафиксированы в районе устья рук. Переволока — 640 мкгN/дм<sup>3</sup> (12,8 ПДК для мезотрофных водоемов) в июне; в устье р. Кутерьма — 670 мкгN/дм<sup>3</sup> (13,4 ПДК) в августе; в устье р. Морской Чулек — 520 мкгN/дм<sup>3</sup> (10,4 ПДК) в ноябре. Содержание аммонийного азота и нитритов в среднем по Таганрогскому заливу за 2016 г. составило 30 и 26 мкгN/дм<sup>3</sup>, что оставляет менее 0,1 ПДК и 1,1 ПДК соответственно. Максимальная концентрация нитритов достигала 110 мкгN/дм<sup>3</sup> (4,6 ПДК) в июне и августе в районе пляжа Петрушино. В других районах контроля она составляла: в устье рук. Переволока — 91 мкгN/дм<sup>3</sup> в апреле; в устьях рук. Кутерьма и Песчаный — 95 мкгN/дм<sup>3</sup> в ноябре. В среднем по Таганрогскому заливу содержание нитратов составило 310 мкгN/дм<sup>3</sup> (150 мкгN/дм<sup>3</sup> — в 2015 г.), что значительно ниже ПДК. Среднегодовое содержание кремния в Таганрогском заливе в 2016 г. повысилось относительно прошлогоднего уровня и составило 2620 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г. — 2250 мкг/дм<sup>3</sup>). По пунктам наблюдений среднегодовые значения изменялись в пределах от 2000 до 4050 мкг/дм<sup>3</sup>.

В 2016 г. содержание **нефтяных углеводородов** в Таганрогском заливе повысилось по сравнению с предыдущими годами и в среднем составило 0,051 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2.10). Из 40 пунктов наблюдения в 13 среднегодовая концентрация НУ была выше ПДК. Максимальная концен-

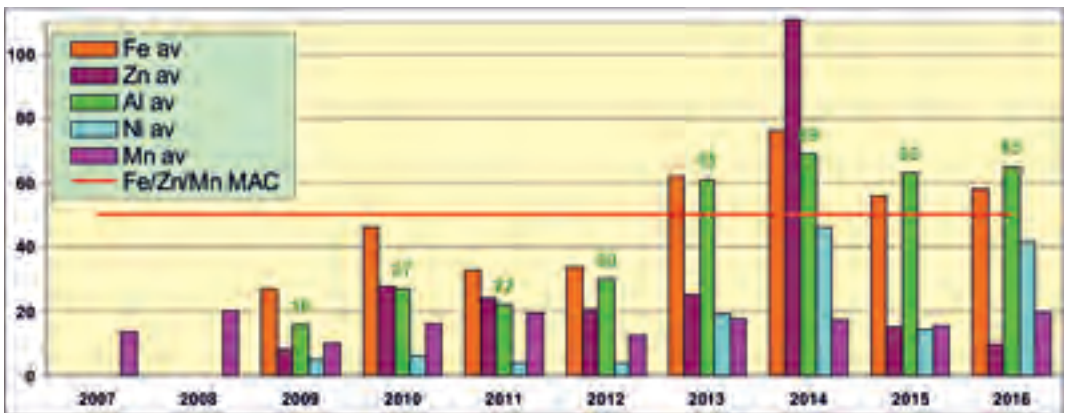


**Рис. 2.10.** Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в Таганрогском заливе Азовского моря в 2009–2016 гг.

трация составила 0,32 мг/дм³ (6,4 ПДК) и была зафиксирована возле порта Таганрог в августе, а в пункте наблюдения Порт-Катон (0,26 мг/дм³, 5,2 ПДК) — в апреле. Также в апреле отмечено превышение норматива в пункте наблюдения «100 м вглубь залива по подходному каналу Таганрог» — 0,19 мг/дм³ (3,8 ПДК). Превышения допустимых норм в 3,4 ПДК (0,17 мг/дм³) наблюдались: в апреле — в устье р. Валовая балка; в октябре — в районе пляжа Центральный, в устье р. Валовая балка, и в районе влияния шлакоотвала. В августе, в пункте наблюдения «Свалка морского грунта АДМК № 1» содержание показателя составило 0,15 мг/дм³ (3 ПДК). В донных отложениях максимальное содержание НУ (150 мкг/г, 3 ДК) обнаружено в устье р. Большая Черепаха в июне. На других участках также в июне их концентрация составила: в устьях рек Морской Чулек и Валовая балка — 100 и 80 мкг/г соответственно; в пункте наблюдения «Влияние канала порта Таганрог в районе г. Таганрога» — 70 мкг/г. На остальных пунктах в большинстве отобранных проб содержание НУ находилось на уровне от 0 до 50 мкг/г. В 2016 г. среднегодовое содержание СПАВ в Таганрогском заливе понизилось с 36 до 34 мкг/дм³. Хлорорганические пестициды (ХОП), как и в предыдущие годы, в воде Таганрогского залива не были обнаружены.

**Тяжелые металлы.** Среднегодовая концентрация железа в большинстве пунктов наблюдений в 2016 г. находилась на уровне 40–60 мкг/дм³ и составила в водах Таганрогского залива 58 мкг/дм³. Максимальное значение (121 мкг/дм³, 2,4 ПДК) было обнаружено в районе выпуска очистных сооружений г. Таганрога в октябре. В этом месяце в районе пляжа Приморский концентрация железа составила 111 мкг/дм³, а возле порта Таганрог и вблизи свалки морского грунта 97 и 88 мкг/дм³ соответственно. В апреле превышение ПДК в 1,8–2,0 раза зафиксировано в районе выпуска очистных сооружений г. Таганрога, в районе Яхт-клуба, а также в устье р. Валовая балка. Высокая концентрация (100 мкг/дм³) отмечена возле Яхт-клуба и порта г. Таганрога в июне, а в августе — в районе выпуска очистных сооружений г. Таганрога, в устье р. Мокрый Еланчик и в пункте наблюдения «Порт-Катон». В донных отложениях Таганрогского залива содержание железа в среднем составило 3173,2 мкг/г (4839,2 мкг/г — в 2015 г.). В целом за последние десять лет отмечено постепенное увеличение содержания железа в водах залива, а в последние четыре года его концентрация превышала ПДК (рис. 2.11).

Среднегодовое содержание цинка в водах Таганрогского залива составило 9,9 мкг/дм³, а в донных отложениях наблюдается тенденция роста концентрации цинка с 2013 г.: 29,3; 38,6; 78,8 и 108,4 мкг/г, соответственно. Максимальное содержание меди (17 мкг/дм³, 3,4 ПДК) зафиксировано в ноябре в устье р. Морской Чулек. В этом же месяце превышение ПДК в 1,8 раз (9 мкг/дм³) отмечено в устьях рек. Кутерьма, р. Большая Черепаха. В июне в рукаве Песчаный концентрация составила 13 мкг/дм³ (2,6 ПДК), а в районе яхт-клуба обнаружено превышение в 2,2 ПДК (11 мкг/дм³). В среднем по Таганрогскому заливу содержание меди незначительно понизилось и составило 3,7 мкг/дм³. В донных отложениях Таганрогского залива уровень содержания меди понизился по сравнению с предыдущим годом, а среднее значение соста-



**Рис. 2.11.** Средняя концентрация (мкг/дм<sup>3</sup>) тяжелых металлов в восточной части Таганрогского залива Азовского моря в 2007–2016 гг.

вило 13,7 мкг/г (0,4 ДК). Средняя концентрация марганца 19,8 мкг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК); экстремум достигал 63 мкг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК) в районе выпуска очистных сооружений г. Таганрога в августе. Небольшие превышения ПДК также обнаружены в июне в районе пляжа Солнечный (58 мкг/дм<sup>3</sup>), а также возле свалки морского грунта Азово-Донского Морского Канала № 1 (57 мкг/дм<sup>3</sup>). В донных отложениях средняя концентрация марганца понизилась по сравнению с 2015 г. (560,4 мг/дм<sup>3</sup>) и составила 149 мкг/г. Среднее содержание алюминия в водах залива находилось на уровне предыдущего года и составило 65 мкг/дм<sup>3</sup> (1,6 ПДК); наибольшие значения зафиксированы в устьях рек Валовая балка и Мокрый Еланчик в апреле, где значения составили 170 и 150 мкг/дм<sup>3</sup> (3,75 ПДК) соответственно. В донных отложениях средний уровень содержания алюминия повысился с 581,9 до 1845,1 мкг/г. Средняя концентрация никеля в водах залива составила 1,3 мкг/дм<sup>3</sup>; в донных отложениях — 41,4 мкг/г (1,2 ДК), а максимум (147,6 мкг/г) зафиксирован в июне в устье рукава Кутерьма. Среднегодовая концентрации хрома в воде Таганрогского залива в 2016 г. — 2,3 мкг/дм<sup>3</sup>, в донных отложениях — 34,0 мкг/г (0,3 ПДК). Средняя концентрация свинца — 3,3 мкг/дм<sup>3</sup> (0,3 ПДК); максимум (15 мкг/дм<sup>3</sup> (1,5 ПДК) зафиксирован на границе Восточного района Таганрогского залива в июле. Также некоторое превышение (1,2 ПДК) отмечено в устье р. Мокрый Еланчик в апреле. Средняя концентрация свинца в донных отложениях составила 10,3 мкг/г. Среднегодовая концентрация кадмия в воде Таганрогского залива составила 0,7 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация (18 мкг/дм<sup>3</sup>, 1,8 ПДК) зафиксирована в бухте Андреева в апреле. В донных отложениях среднее содержание кадмия составило 0,71 мкг/г. Наибольшие значения молибдена зафиксированы в июле в пункте «Греческая банка» (5,2 мкг/дм<sup>3</sup>, 5,2 ПДК) и в районе поворотного буя подходного канала порта Таганрог (0,32 мкг/дм<sup>3</sup>, 3,2 ПДК). В среднем содержание молибдена в воде Таганрогского залива в 2016 г. понизилось по сравнению с предыдущим годом и составило 1,2 мкг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК). В донных отложениях среднее значение 0,08 мкг/г. В воде залива концентрация ванадия находилась ниже предела обнаружения методики измерений, а в донных отложениях составило 7,3 мкг/г. Содержание ртути в среднем составило 0,013 мкг/г.

В 2016 г. отмечен небольшой рост индекса ИЗВ, однако это не повлияло на изменение класса качества воды Таганрогского залива Азовского моря по сравнению с 2015 г. (рис. 2.12). Почти все последнее десятилетие, за явным исключением 2014 г., качество морской воды восточной части Таганрогского залива оценивалось III классом, «умеренно загрязнённые», а в отдельные годы даже «чистые». Увеличение индекса в 2016 г. связано с повышением со-

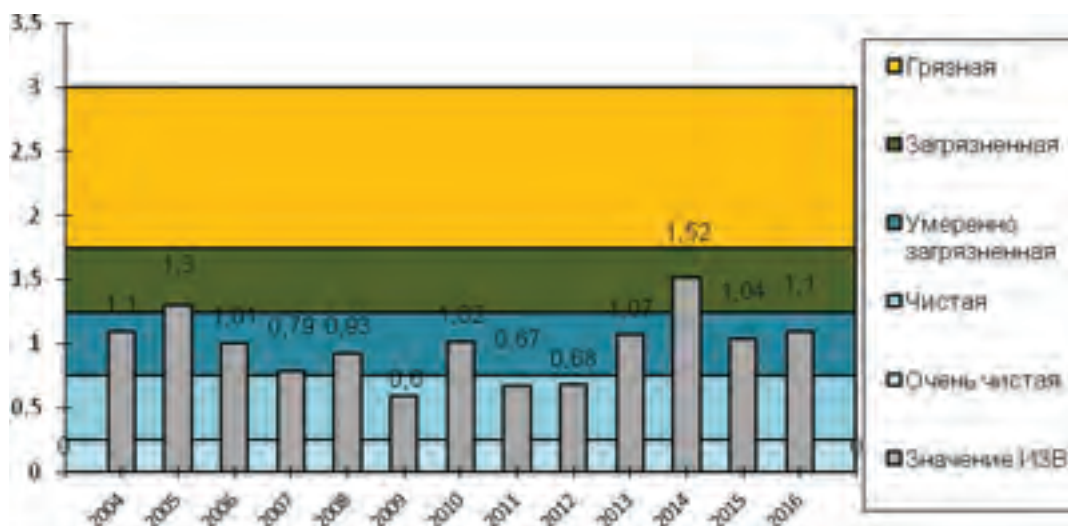


Рис. 2.12. Динамика качества вод Таганрогского залива Азовского моря в период 2004–2016 гг. по данным «Азовморинформцентра».

держания в воде алюминия, железа и нефтяных углеводородов. Случаи высокого и экстремально высокого загрязнения вод залива не выявлены.

Таблица 2.6. Оценка качества вод Азовского моря в 2014–2016 гг. по данным «Азовморинформцентра» (г. Таганрог).

Район моря	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Восточная часть Таганрогского з-ва	1,53	IV	1,04	III	1,10	III	HУ 1,02; Al 1,61; Fe 1,16; O <sub>2</sub> 0,60
Западная часть Таганрогского з-ва	1,32	IV	1,11	III	0,94	III	Cu 0,67; Al 1,44; Fe 1,01; O <sub>2</sub> 0,64
Центральная часть моря (июль)	1,01	III	1,36	IV	0,83	III	Cu 0,37; Al 1,18; Fe 1,06; O <sub>2</sub> 0,72
Темрюкский залив	0,91	III	1,01	III	1,01	III	Cu 1,33; Al 0,86; Fe 1,12; O <sub>2</sub> 0,71
Керченский пролив	1,19	III	1,18	III	1,64	IV	Cu 2,78; Pb 1,55; Ni 1,54; O <sub>2</sub> 0,67

### 2.4.2. Западная часть Таганрогского залива

В прибрежных районах г. Ейск и Косы Долгая в апреле, конце мая, августе и октябре 2016 г. на 17 станциях было отобрано 64 пробы воды (1345 определений загрязняющих веществ) и 9 проб донных отложений (162 определения). В июле проведен отбор проб 13 проб воды (229) и 5 проб донных отложений (90) в центральной части залива. Среднегодовое значение солёности в исследованной части залива составило 10,2‰ и продолжило многолетнюю тенденцию постепенного увеличения солёности 2005–2016 гг. — 5,4; 5,5; 5,6; 6,6; 6,6; 9,5; 7,1; 8,0; 7,6; 9,3; 9,5 и 10,2‰ соответственно. Содержание растворенного кислорода несколько понизилось по сравнению с предыдущим годом и составило 8,93 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, при этом не опускалось ниже норматива. Водородный показатель в воде изменялся в зависимости от сезона года

и развития микрофлоры моря. Среднегодовые значения по пунктам наблюдения варьировали в пределах от 7,4 до 8,5 и в среднем составили 8,1 ед.рН. Содержание фосфатов в среднем составило 100 мкгР/дм<sup>3</sup>, а максимум достигал 1,9 ПДК вблизи выпуска очистных сооружений водоканала г. Ейска в октябре. В среднем содержание аммония, нитритов и нитратов составило 77; 21 и 3330 мкгN/дм<sup>3</sup> соответственно и ни в одной пробе не превышало норматив. По пунктам наблюдений среднегодовые значения изменялись в пределах 0–5710 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 3150 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание нефтяных углеводородов составило 0,012 мг/дм<sup>3</sup>, что примерно на уровне 2013–2014 гг. (0,004 мг/дм<sup>3</sup>), но существенно ниже диапазона значений (0,023–0,051 мг/дм<sup>3</sup>) в остальные годы, начиная с 2005 г. Концентрация СПАВ в среднем составила 21 мкг/дм<sup>3</sup>. Пестициды, как и в предыдущие годы, в воде Таганрогского залива не обнаружены.

**Тяжелые металлы.** В западной части залива на отдельных станциях среднегодовая концентрация железа находилась в пределах 40–60 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя составила 47 мкг/дм<sup>3</sup>. В предыдущие три года значения превышали ПДК (2013–2015 гг. — 59; 68 и 51 мкг/дм<sup>3</sup>), а раньше были ниже — 38; 36; 32; 29 и 39 мкг/дм<sup>3</sup> начиная с 2008 г. Содержание железа в донных отложениях Таганрогского залива в 2016 г. составило 4764,7 мкг/г. Средняя концентрация цинка в воде составила 8,7 мкг/дм<sup>3</sup>; в донных отложениях 90 мкг/г; меди — 3,1 мкг/дм<sup>3</sup> и 8 мкг/г; марганца — 12,1 мкг/дм<sup>3</sup> и 39,2 мкг/г; никеля — 3,5 мкг/дм<sup>3</sup> и 17,5 мкг/г; хрома — 1,8 мкг/дм<sup>3</sup> и 30,0 мкг/г; свинца — 2,4 мкг/дм<sup>3</sup> и 22,3 мкг/г; кадмия — 1,0 мкг/дм<sup>3</sup> и 0,4 мкг/г; молибдена — 2,2 мкг/дм<sup>3</sup> (максимум 6,5 мкг/дм<sup>3</sup> обнаружен в августе на входе в Ейский лиман у с. Глафировка) и 0,7 мкг/г; ванадия — 1,8 мкг/дм<sup>3</sup> и 17,1 мкг/г. Среднегодовая концентрация алюминия по пунктам наблюдений находилась в пределах 0,01–2,2 ПДК, максимум (87 мкг/дм<sup>3</sup>) был зафиксирован в районе пляжа г. Ейска в апреле. Средняя концентрация в водах западной части Таганрогского залива в 2016 г. составила 54 мкг/дм<sup>3</sup>, что ниже значения предыдущего года (80 мкг/дм<sup>3</sup>). В донных отложениях среднее значение составило 2677,9 мкг/г. Многолетняя динамика средней концентрации меди свидетельствует о постепенном снижении ее содержания в водах западной части Таганрогского залива, поскольку в начале декады значения превышали ПДК, а в последний год были почти в половину меньше норматива (рис. 2.13). Концентрация ванадия и молибдена была относительно стабильной в последнее десятилетие, при этом содержание молибдена всегда немного превышало норматив. Средняя концентрация свинца один раз в 2013 г. немного превышала ПДК, в осталь-

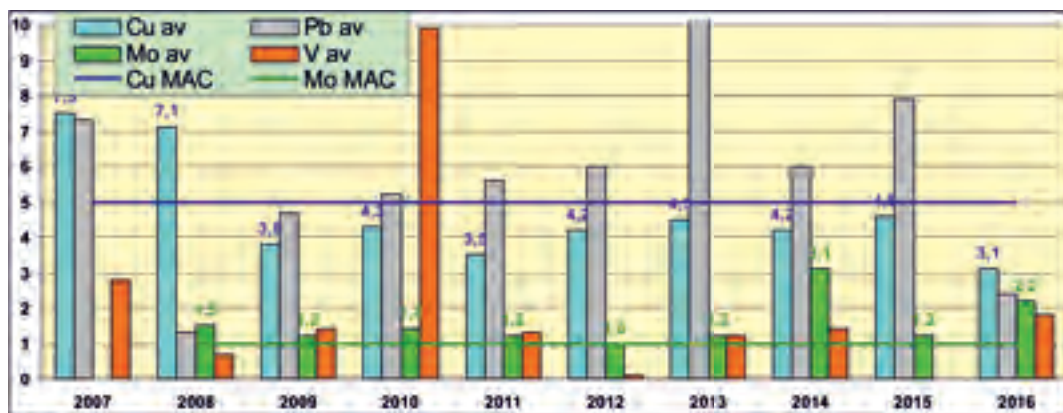
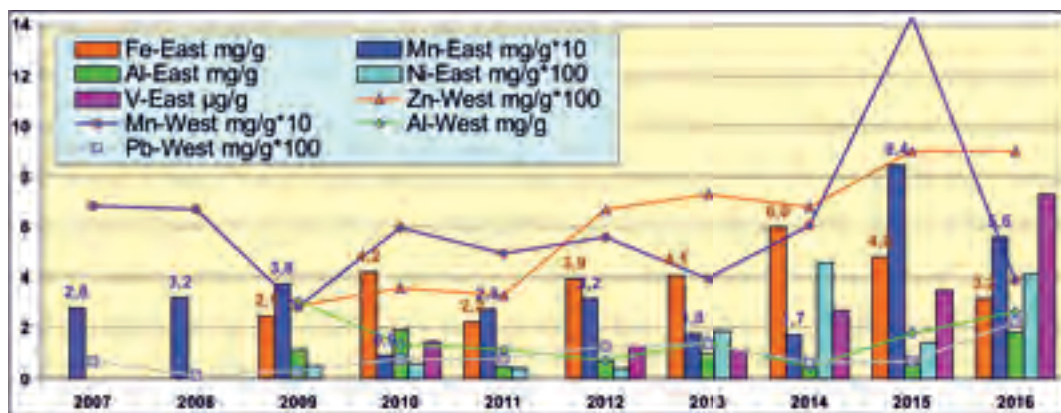


Рис. 2.13. Средняя концентрация (мкг/дм<sup>3</sup>) тяжелых металлов в водах западной части Таганрогского залива Азовского моря в 2007–2016 гг.



**Рис. 2.14.** Средняя концентрация (мг/г) тяжелых металлов в донных отложениях Таганрогского залива Азовского моря в 2007–2016 гг. Для сохранения единой шкалы рисунка концентрация марганца в мг/г была умножена на 10, а никеля, свинца и цинка — на 100. Концентрация ванадия представлена в мкг/г.

ные годы была примерно в половину меньше. В последний год она была одной из самых невысоких за весь рассматриваемый период. Анализ многолетней динамики содержания металлов в донных отложениях восточной и западной частей Таганрогского залива не выявил существенных трендов (рис. 2.14). Межгодовые колебания бывают существенными, однако устойчивого накопления ТМ не наблюдается. В то же время заметным является повышение средней концентрации марганца, никеля и ванадия в последние 2–3 года.

В 2016 г. воды западной части Таганрогского залива по ИЗВ (0,94) относились к III классу, «умеренно загрязнённые» (табл. 2.6). Значение индекса загрязнения вод понизилось по сравнению с предыдущим годом, что связано с уменьшением концентрации нефтяных углеводородов, железа и меди.

### 2.4.3. Открытая центральная часть Азовского моря

В июле 2016 г. был проведен однократный отбор проб в центральной части Азовского моря, отобрано 19 проб воды и 16 проб донных отложений, выполнено 437 определений содержания загрязняющих веществ в воде и 288 — в донных отложениях. В 2016 г. среднее значение солёности составило 13,7‰, а растворенного кислорода 8,21 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (табл. 2.7). В 2016 г. в донных отложениях отмечен рост концентрации железа, свинца, хрома, никеля, алюминия и нефтяных углеводородов, при этом значения по всем показателям не превышали ДК.

**Таблица 2.7.** Среднегодовые значения параметров и концентрации веществ в водах центральной части Азовского моря в 2012–2016 гг.

Наименование показателя	ПДК	2012	2013	2014	2015	2016		
						Макс.	Мин.	Средн.
Температура воды, °С		24,8	19,9	22,2	22,4	24,8	22,8	24
рН		8,98	8,06	8,2	8,14	8,23	8	8,12
Цветность, °		1,5	16,1	25,2	17	27	13,7	20,4
Раствор. кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	≥6	7,78	8,58	8,54	10,25	8,5	8	8,21
Солёность, ‰		9,5	11	12	11,7	15,5	10,2	13,7
Аммоний ион (N-NH <sub>4</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	389	54	42	41	45	90	0	48



Нитриты (N-NO <sub>2</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	24	13	24	27	18	56	0	14
Нитраты (N-NO <sub>3</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	9032	1470	6580	2370	3690	4400	1030	2710
Фосфаты (P-PO <sub>4</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	67	119	53	57	49	180	40	73
Железо общее, мкг/дм <sup>3</sup>	50	43	43	75	47	50	46	55
Кремний, мкг/дм <sup>3</sup>		2660	3170	1680	2440	4600	2090	3240
Марганец 2+, мкг/дм <sup>3</sup>	50	24	12,5	15,8	41,6	13,5	4	9,7
Медь, мкг/дм <sup>3</sup>	5	2,7	4,8	3,1	6,3	4	1,3	2,7
Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	50	17,4	28,4	10,8	10,9	12,6	5,5	8,8
Свинец, мкг/дм <sup>3</sup>	10	4,1	14,3	4,2	11,4	3,8	0,6	1,3
Кадмий, мкг/дм <sup>3</sup>	10	3,3	1,17	1,09	0,37	2,8	0,2	1,44
Хром общий мкг/дм <sup>3</sup>	20	2,5	1,5	1,6	1,9	2,3	0,9	1,6
Никель, мкг/дм <sup>3</sup>	10	1,7	3,2	4,2	2,5	2,1	0	1,1
Алюминий, мкг/дм <sup>3</sup>	40	19	65	42	96	50	35	42
Ванадий, мкг/дм <sup>3</sup>	1	0	1,4	1,8	0	0	0	0
Молибден, мкг/дм <sup>3</sup>	1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	0	1,1
СПАВ, мкг/дм <sup>3</sup>	100	20	12	50	37	34	16	25
НУ, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0	0	0,004	0,01			

#### 2.4.4. Темрюкский залив Азовского моря

В Темрюкском заливе в 2016 г. на 11 станциях в марте, июне, сентябре и декабре было отобрано 44 пробы воды (1001 анализ) и 10 проб донных отложений (170 анализ). В 2016 г. среднее значение солености составило 8,37‰, а растворенного кислорода 8,50 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (табл. 2.8). Среднегодовая концентрация железа в воде на отдельных станциях достигала 1,8 ПДК, а в среднем по заливу составила 1,1 ПДК; меди — 4,4 ПДК и 1,8 ПДК; ванадия — 5 ПДК и 2,4 ПДК и молибдена — 5 ПДК и 2,4 ПДК соответственно. В донных отложениях увеличилась средняя концентрация меди, свинца, хрома, никеля, алюминия и нефтяных углеводородов, однако по всем контролируемым параметрам содержание веществ не превышало норматив ДК.

**Таблица 2.8.** Среднегодовые значения параметров и концентрации веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря в 2012–2016 гг.

Наименование показателя	ПДК	2012	2013	2014	2015	2016		
						Макс.	Мин.	Средн.
Температура воды, °С		19,7	19,7	18,1	16,1	24,7	1,7	17,2
pH		8,2	7,9	7,9	7,7	8,4	6,9	7,9
Цветность, °		14,7	16,2	17,2	13,2	22	8	13,9
Раствор. кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	≥6	7,5	7,8	8,5	8,7	11,3	7	8,5
Соленость, ‰		7,84	8,34	8,57	8,71	13,4	0,2	8,73
Аммоний ион (N-NH <sub>4</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	389	18	48	59	47	83	0	34
Нитриты (N-NO <sub>2</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	24	18	9,9	9,8	5,1	39	0	11
Нитраты (N-NO <sub>3</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	9032	470	1180	620	440	3100	0	780
Фосфаты (P-PO <sub>4</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	67	43	27	16	31	40	0	16
Железо общее, мкг/дм <sup>3</sup>	50	56	43	53	53	91	37	55
Кремний, мкг/дм <sup>3</sup>		1280	1330	800	1150	3100	40	1280
Марганец 2+, мкг/дм <sup>3</sup>	50	12	6	7	8	19	2	8
Медь, мкг/дм <sup>3</sup>	5	5	6	6	5	22	0	9
Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	50	18	20	17	17	79	7	37
Свинец, мкг/дм <sup>3</sup>	10	7	8	6	8	19	0	9,6

Кадмий, мкг/дм <sup>3</sup>	10	1,4	1	0,8	0,4	3	0	1
Хром общий, мкг/дм <sup>3</sup>	20	1,4	1	1,1	1,5	6	1	2,5
Никель, мкг/дм <sup>3</sup>	10	1,5	4	4	8	20	0	10
Алюминий, мкг/дм <sup>3</sup>	40	15	32	25	38	75	14	32
Ванадий, мкг/дм <sup>3</sup>	1	0,3	1,5	1,6	1	5	0	2,4
Молибден, мкг/дм <sup>3</sup>	1	0,9	1,6	1,5	1,4	5	0	2,4
СПАВ, мкг/дм <sup>3</sup>	100	12	9,4	20	18	51	0	13
НУ, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,012	0,013	0,006	0,006	0,05	0	0,006

### 2.4.5. Керченский пролив

В Керченском проливе в 2016 г. на 5 станциях в марте, июне, сентябре и декабре было отобрано 20 пробы воды (455 анализов) и 2 пробы донных отложений (34 анализов). В 2016 г. среднее значение солености составило 14,37‰, а растворенного кислорода 9,08 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (табл. 2.9). Среднегодовая концентрация железа в воде на отдельных станциях достигала 1,7 ПДК, а в среднем по заливу составила 1,2 ПДК; меди — 10 ПДК и 3,2 ПДК; ванадия — 4 ПДК и 2,8 ПДК; молибдена — 4 ПДК и 3 ПДК; цинка — 1,6 ПДК и 1,1 ПДК; свинца — 2,9 ПДК и 1,6 ПДК; никеля — 2 ПДК и 1,5 ПДК соответственно. В донных отложениях порта Кавказ и у косы Тузла увеличилась средняя концентрация марганца, меди, хрома, никеля, алюминия и нефтяных углеводородов, однако по всем контролируемым параметрам содержание веществ не превышало норматив (ДК). В 2016 г. наблюдается повышение загрязненности вод пролива по сравнению с предыдущим годом — значение индекса ИЗВ составило 1,64, что соответствует IV классу качества воды, «загрязнённые» (табл. 2.6). Качество морской воды ухудшилось в основном вследствие увеличения содержания в воде тяжелых металлов.

**Таблица 2.9.** Среднегодовые значения параметров и концентрации веществ в водах Керченского пролива в 2012–2016 гг.

Наименование показателя	ПДК	2012	2013	2014	2015	2016		
						Макс.	Мин.	Средн.
Температура воды, °С		18,1	19,7	16,2	14,1	24,2	2,9	15,12
рН		7,7	8	8	7,2	8,2	7	7,7
Цветность, °		10,1	9,7	8,7	9,3	10	6	8,5
Раствор. кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	≥6	8,05	8,6	9,3	8,87	11,52	7,69	9,08
Соленость, ‰		13,02	13,38	14,13	14,21	16,1	12,2	14,37
Аммоний ион (N-NH <sub>4</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	389	1,3	15	11	23	58	0	13
Нитриты (N-NO <sub>2</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	24	1,8	3,6	1,1	0,6	3	0	0,4
Нитраты (N-NO <sub>3</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	9032	271	114	204	182	390	0	131
Фосфаты (P-PO <sub>4</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>	67	14	8	6	5,6	29	0	7
Железо общее, мкг/дм <sup>3</sup>	50	77	65	66	59	83	33	61
Кремний, мкг/дм <sup>3</sup>		270	380	410	340	510	100	230
Марганец 2+, мкг/дм <sup>3</sup>	50	7	8	7	7	17	6	10
Медь, мкг/дм <sup>3</sup>	5	7,6	9	10	7,9	52	8	16
Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	50	28	30	26	26	81	25	54
Свинец, мкг/дм <sup>3</sup>	10	9	10	8,6	11	29	1	16
Кадмий, мкг/дм <sup>3</sup>	10	2,1	1,6	1,5	1,1	2,4	0,2	1,4
Хром общий, мкг/дм <sup>3</sup>	20	2,2	2	2,2	2,4	5	2	3,4
Никель, мкг/дм <sup>3</sup>	10	3	9	9	14	20	1,2	15
Алюминий, мкг/дм <sup>3</sup>	40	25	31	25	39	49	18	34

Ванадий, мкг/дм <sup>3</sup>	1	0,9	2	1,4	1,3	4	0	2,8
Молибден, мкг/дм <sup>3</sup>	1	1,1	1,8	1,6	2	4	1,1	3
СПАВ, мкг/дм <sup>3</sup>	100	9	2,7	6,7	9,2	30	0	5
НУ, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,013	0,015	0,007	0,007	0,05	0	0,008

## 2.5. Мониторинг Керченского пролива (МГС «Опасное»)

В 2016 г. мониторинг состояния морских вод в северной узости Керченского пролива проводился МГС «Опасное» в безледный период с апреля по октябрь на 4 станциях разреза между портами Крым и Кавказ с глубинами от 3,4 до 7,7 м (рис. 2.15). Всего отобрано и обработано 192 пробы из поверхностного и придонного слоев воды.

Во время проведения наблюдений температура воды была в диапазоне 13,2–28,6 °С; соленость 13,20–17,57‰, в среднем 14,58‰; хлорность 7,240–9,680‰; общая щелочность 2,570–3,064 мг-экв/дм<sup>3</sup>; концентрация ионов водорода рН 7,90–8,58. Содержание биогенных соединений в водах пролива составляло: неорганического фосфора в пределах 1–36 мкг/дм<sup>3</sup>, наибольшие значения фосфатов наблюдались в августе и сентябре на обоих горизонтах, тогда как с апреля по июль содержание его не превышало 10 мкг/дм<sup>3</sup>, среднегодовая величина 12,8 мкг/дм<sup>3</sup>; общего фосфора 14–56/29,54 мкг/дм<sup>3</sup> с наибольшими значениями в сентябре-октябре и не более 27 мкг/дм<sup>3</sup> в апреле-июле, среднее за год содержание возросло в 1,4 раза в сравнении с периодом 2008–2015 гг. Концентрация кремния изменялась от 30–50 до 530–550 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее в слое поверхность-дно составило 285 мкг/дм<sup>3</sup>, высокие значения более 500 мкг/дм<sup>3</sup> были отмечены в конце июня, августе и начале октября.

Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения в одной пробе и достигала 92,0 мкгN/дм<sup>3</sup> на поверхности 26 апреля, в среднем 29,5 мкгN/дм<sup>3</sup> (0,01 ПДК); нитритов — 1–7 мкгN/дм<sup>3</sup>, среднее значение 2,86 мкгN/дм<sup>3</sup> (0,12 ПДК), максимум 5 мая на поверхности; нитратов — 4–55/19,5 мкгN/дм<sup>3</sup>, максимум зафиксирован на поверхности и у дна на самой мелководной прибрежной станции в начале октября. Многолетняя динамика форм азота в прибрежных водах Крыма во всех района контроля — Севастопольском районе, в порту Ялта и в Керченском проливе, не позволяет достоверно выделить устойчивый тренд значений (рис. 2.16). Очевидно, что наибольшее среднегодовое содержание ам-



Рис. 2.15. Станции мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2016 г.

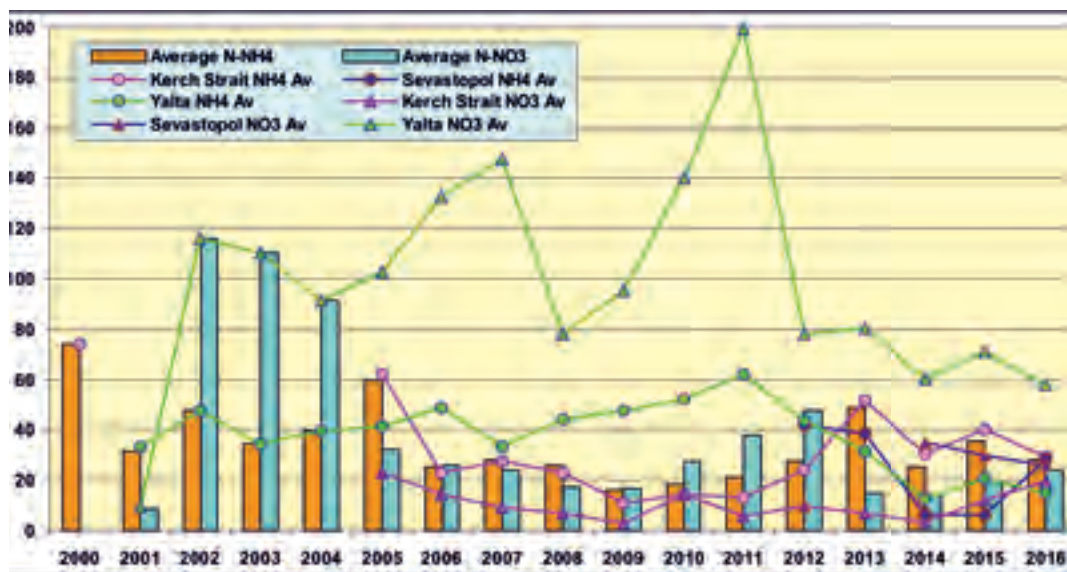


Рис. 2.16. Межгодовые изменения среднегодового содержания аммонийного и нитратного азота ( $\text{мкгN/дм}^3$ ) в прибрежных водах Крыма в 2000–2016 гг.

монийного и нитратного азота наблюдается в водах порта Ялта, причем значения аммония изменяются в довольно узком интервале  $30\text{--}60 \text{ мкгN/дм}^3$  и заметным постепенным снижением в последние пять лет. Динамике нитратов свойственны резкие скачки значений, однако в последнюю пятилетку также наблюдается стабилизация и постепенное снижение в диапазоне  $60\text{--}80 \text{ мкгN/дм}^3$ . В Севастопольских бухтах в последние 5 лет, а в Керченском проливе с 2005 г., значения обоих измеряемых форм азота практически не испытывали существенных межгодовых колебаний и варьировали примерно с  $10$  до  $40 \text{ мкгN/дм}^3$ . Средняя за период измерений концентрация нитритного азота в трех прибрежных районах Крыма была в интервале  $1,1\text{--}1,7 \text{ мкгN/дм}^3$ , а максимальные значения достигали  $3,1$ ;  $13,0$  и  $47,0 \text{ мкгN/дм}^3$  соответственно; очевидно эта форма не влияла на общий баланс соединений азота в морских водах у полуострова.

Концентрация общего азота в Керченском проливе в 2016 г. изменялась в диапазоне  $90\text{--}984 \text{ мкгN/дм}^3$ . Среднее содержание в слое поверхность–дно снизилось до  $395 \text{ мкгN/дм}^3$  и вернулось к уровню 2012–2013 гг. В целом изменения среднегодового содержания общего азота в водах пролива за последнее десятилетие были относительно незначительными и охватывали диапазон  $413\text{--}936 \text{ мкгN/дм}^3$  (рис. 2.17). Максимальная концентрация в последнее время стабилизировалась в районе  $1000 \text{ мкгN/дм}^3$ , однако в начале столетия были отмечены скачки до  $2837 \text{ мкгN/дм}^3$ . Аналогично другим формам азота в морской воде на акватории порта Ялта значения общего азота были очень высокими и испытывали значительные межгодовые изменения. Особенно значительные скачки характерны для максимальной концентрации, почти достигавшей в 2014–2015 гг. уровня  $4000 \text{ мкгN/дм}^3$  с последующим снижением до  $1771 \text{ мкгN/дм}^3$ .

Загрязнение вод пролива **нефтяными углеводородами** в среднем за 2016 г. по результатам обработки 191 пробы было на уровне немного ниже норматива:  $0,034$  в столбе воды; в поверхностном слое —  $0,047$ ; в придонном —  $0,020 \text{ мг/дм}^3$ . В большей части проб (104) концентрация НУ была ниже предела обнаружения ( $DL=0,02 \text{ мг/дм}^3$ ), а максимум достигал

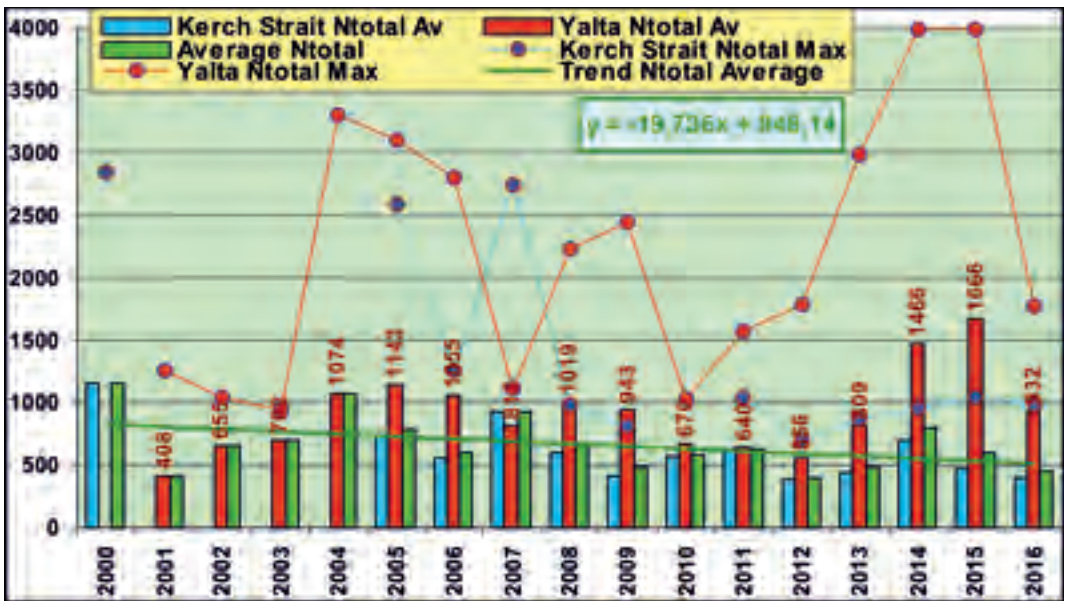


Рис. 2.17. Межгодовые изменения среднегодового содержания общего азота ( $\mu\text{gN}/\text{dm}^3$ ) в прибрежных водах Крыма в 2000–2016 гг.

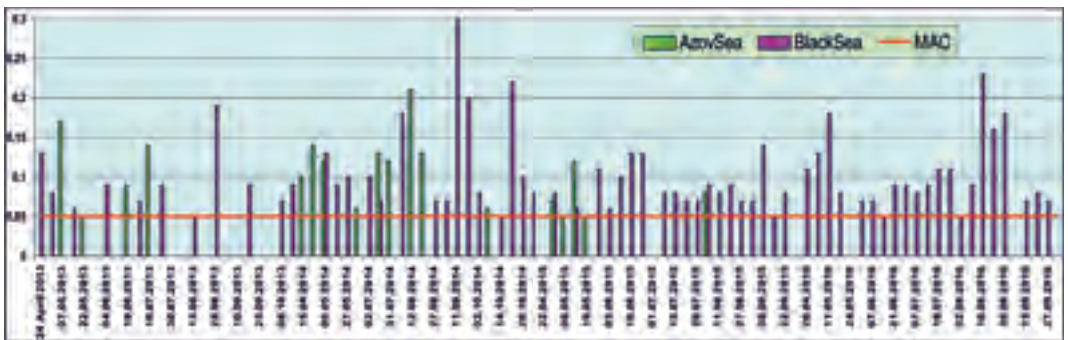
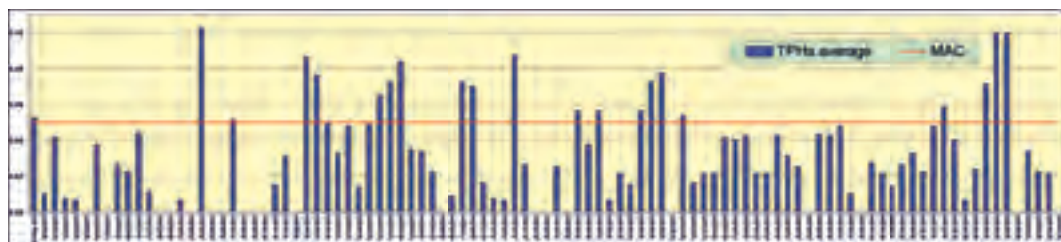


Рис. 2.18. Максимальное содержание нефтяных углеводородов ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) в черноморских водах с соленостью более 13‰ и менее соленых азовоморских водах в Керченском проливе в 2013–2016 гг. На горизонтальной оси отложена дата отбора проб.

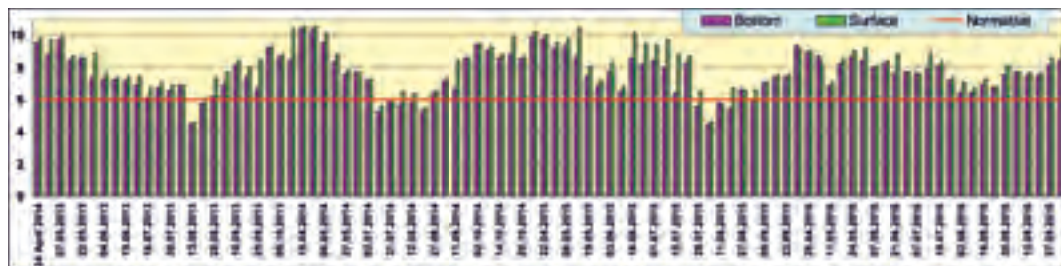
в поверхностных водах  $0,23 \text{ mg}/\text{dm}^3$  (4,6 ПДК), в придонном слое —  $0,18 \text{ mg}/\text{dm}^3$  (3,6 ПДК). В 85 пробах содержание нефтяных углеводородов равнялось или превышало норматив. Повторяемость концентрации НУ, равной и превышающей ПДК, составила 44,5% от общего количества определений, что почти равно уровню 2015 г. — 47%. В последние четыре года максимальные значения концентрации НУ существенно превышали установленный норматив  $0,05 \text{ mg}/\text{dm}^3$  как в условно выделяемых в проливе азовских водах с соленостью менее 13‰, так и в более соленых черноморских водах (рис. 2.18). Очевидно, что высокая загрязненность вод Керченского пролива НУ определяется не только стоком из Азовского моря, но и поступлением загрязнения с юга, вероятно с якорных стоянок перекачки сырой нефти с одних танкеров на другие в районе южнее острова Тузла. Даже средние значения по датам отбора проб в проливе иногда превышали норматив (рис. 2.19).



**Рис. 2.19.** Среднее содержание нефтяных углеводородов ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) в Керченском проливе в 2013–2016 гг. На горизонтальной оси отложена дата отбора проб.

Концентрация **фенолов** в водах пролива была ниже предела количественного определения во всех 96 пробах. Содержание СПАВ было ниже предела обнаружения в 79 пробах из 96 проанализированных, в остальных концентрация детергентов достигала  $6 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , в среднем  $0,32 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . В 2016 г. присутствие ХОП ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ, ДДД, гептахлора и альдрина) в водах пролива не зафиксировано. Исключение составил метаболит линдана ДДЭ, концентрация которого в двух пробах из 24 составила  $0,54$  и  $0,88 \text{ нг}/\text{дм}^3$ . Концентрация ПХБ в течение всего периода наблюдений была ниже аналитического нуля.

Концентрация растворенного в водах Керченского пролива кислорода изменялась в пределах  $6,39$ – $9,96 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ; все значения превышали норму, а низкое содержание менее  $7 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  было отмечено в 15 пробах в августе, 2/3 которых из придонного слоя. Средняя концентрация у дна составила  $8,02$ , на поверхности  $8,33 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ; во всем столбе воды —  $8,18 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Процент насыщения вод кислородом варьировал в придонном слое в пределах  $79$ – $118\%$ , в среднем  $99,7\%$ ; на поверхности —  $81$ – $125/104,4\%$ ; средняя во всем столбе воды —  $102,1\%$ . 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  $6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (рис. 2.20). Отчетливо прослеживается сезонное снижение концентрации кислорода в летнее время, очевидно обусловленное повышением температуры воды и снижением растворимости газа. Обращает внимание почти полная синхронность значений на поверхности и у дна, что очевидно связано с мелководностью пролива и отсутствием вертикальных градиентов плотности в столбе воды. Вероятно, это определяется высокими скоростями течений в проливе и интенсивным перемешиванием вод поверхностного и придонного слоев.



**Рис. 2.20.** Концентрация растворенного кислорода ( $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ ) в Керченском проливе в 2013–2016 гг.

## 2.6. Проект ЭМБЛАС: Экспедиционные исследования в Керченском проливе 6–7 августа 2016 г.

В рамках финансируемого Программой Развития Организации Объединенных Наций (UNDP) и Европейским Сообществом (ЕС) международного проекта ЭМБЛАС «Усовер-

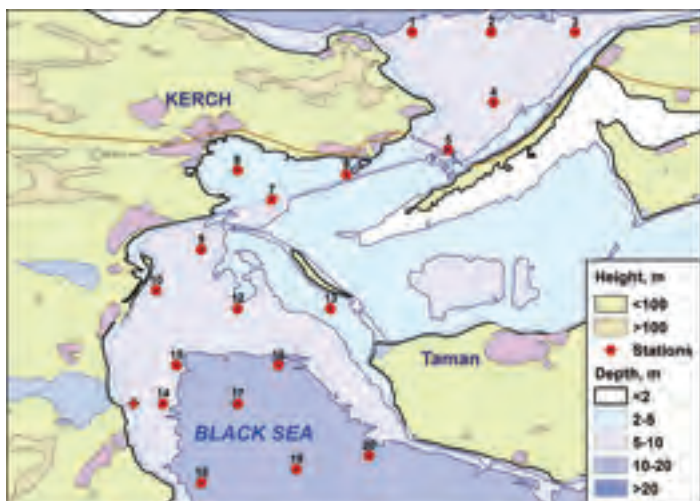


Рис. 2.21. Станции отбора проб в Керченском проливе 6–7 августа 2016 г.

шенствование методов экологического мониторинга Черного моря» (№ 88460: Improving Environmental Monitoring in the Black Sea, Phase 2 — EMBLAS-II) на НИС «Пеленг» были проведены две экспедиции в Керченском проливе (6–7 августа) и в российском секторе Черного моря в районе Сочи-Адлер (20–30 ноября). В Керченском проливе было выполнено 19 станций от Азовского до Черного моря с глубинами от 3,5 до 16 м, на каждой из которых был выполнен полный комплекс метеорологических, гидрологических, химических и биологических работ (рис. 2.21). Всего было отобрано 38 проб из поверхностного и придонного слоя вод, а также 19 проб донных отложений. Целью экспедиции было получение данных об экологическом состоянии морской среды в Керченском проливе. Были проведены и зафиксированы результаты метеорологических и гидрологических наблюдений, определены стандартные гидрохимические параметры и концентрация в воде различных загрязняющих веществ, определен гранулометрический состав донных отложений, содержание в них тяжелых металлов и стойких органических загрязнителей, определен видовой состав, численность и биомасса фитопланктона, мезозoopланктона, макрозообентоса и макрофитов, концентрация фотосинтетических пигментов. Дополнительно были взяты пробы биоты (бычки и моллюск рапана) для получения информации о содержании тяжелых металлов и стойких органических загрязнителей в их тканях. На одной станции южнее о. Тузла пробы воды и планктона отбирались еженедельно в течение всего года в безледный период (на карте положение станции помечено крестиком, рис. 2.21).

Во время проведения экспедиционных исследований в Керченском проливе температура воды изменялась в диапазоне 23,6–28,4 °С, среднее значение в поверхностном слое 27,43 °С, глубже — 26,70 °С; соленость 13,364–17,629‰, различия между поверхностным слоем и подстилающими водами небольшие, в среднем — 14,850‰ и 15,230‰. В целом средняя соленость во время проведения съемки была выше среднееголетних показателей для северной узости пролива между портами Крым и Кавказ (табл. 3.4), поскольку район работ захватывал в южной части пролива типичные черноморские воды; хлорность 7,34–9,72‰ (средняя величина в поверхностном и глубинных слоях составляла 8,17‰ и 8,38‰); общая щелочность 2,80–3,20 мг-экв/дм<sup>3</sup> (3,02/3,03 мг-экв/дм<sup>3</sup>); концентрация ионов водорода рН 7,90–8,23 (8,059/8,068 ед.рН); взвешенных веществ 5,30–33,34 мг/дм<sup>3</sup>, при этом в поверхностном слое в среднем частиц было больше, чем глубже — 17,81/14,38 мг/дм<sup>3</sup>. Прозрачность вод пролива по диску Секки закономерно изменялась от очень низкой величины 1,2 м на разрезе

между портами Крым-Кавказ до прозрачных вод (12,0 м) на самой восточной станции №20 у Таманского берега. Практически все гидрологические характеристики свидетельствуют об отсутствии существенной вертикальной стратификации вод в Керченском проливе в период исследований в начале августа 2016 г. Кислородный режим вод пролива был в пределах среднелетних нормативов как для августа, так и всего периода наблюдений с 2000 г. в безледный период (рис. 2.19). Случаев дефицита кислорода в придонном слое вод не отмечено, а разница между водами на поверхности и у дна (8,34 и 7,87 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) незначительная.

Содержание биогенных соединений в водах пролива составляло: неорганического **фосфора** в пределах 1,31–42,42 мкгР/дм<sup>3</sup>, максимум немного не достигал ПДК для мезотрофных водоемов; в среднем 20,18 мкгР/дм<sup>3</sup>, что примерно в 2–4 раза больше среднелетних значений при одинаковом диапазоне величин (табл. 2.10); органического фосфора 20,06–156,02/63,89 мкгР/дм<sup>3</sup>; общего фосфора 23,49–198,44/84,07 мкгР/дм<sup>3</sup>, с увеличением концентрации фосфора в водах северной части пролива.

Концентрация **кремния** изменялась в диапазоне 40,80–456,00 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя величина составила 196,67 мкг/дм<sup>3</sup>. Все семь значений выше 300 мкг/дм<sup>3</sup> были отмечены в северной части пролива и в Керченской бухте на ст. №4,5,6 и 8 как на поверхности, так и у дна. Среднее содержание силикатов было более двух раз ниже среднелетних величин, тогда как максимум был меньше соответственно в 3–5 раз (табл. 2.10).

Концентрация аммонийного **азота** варьировала от 3,89 до 120,56 мкгN/дм<sup>3</sup>, максимальное значение отмечено на ст. №5 у порта Кавказ в поверхностном горизонте, в среднем 48,32 мкгN/дм<sup>3</sup>; концентрация нитритов составила 2,11–10,28 мкгN/дм<sup>3</sup>, среднее значение 4,28 мкгN/дм<sup>3</sup> (0,18 ПДК), максимум также на поверхности на ст. №5; нитратов — 0,76–11,47/2,96 мкгN/дм<sup>3</sup>. Некоторые значения существенно превышали среднелетние величины для периода 2000–2017 гг.: аммонийного азота в 1,6 раза; нитритного азота в 2,3–3,3 раза; общего азота в 7,2–8,0 раза. Столь высокий уровень различий по последнему параметру объясняется учетом в пробах воды летом 2016 г. органического азота, доля которого составляла в среднем 98,6% от общего содержания азота в морской воде. В то же время нитратного азота в водах пролива в начале августа 2016 г. было в 3,1–3,3 раза меньше среднелетних величин. Очевидно заметной является усиленная утилизация фитопланктоном минерального азота с одновременным увеличением органического. В целом многолетняя динамика содержания форм азота в последние 16 лет в Керченском проливе, как и в других прибрежных водах Крымского полуострова, не испытывала существенных межгодовых колебаний (рис. 2.15, рис. 2.16).

Концентрация растворенного в водах Керченского пролива **кислорода** изменялась в пределах 6,23–9,27 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; все значения превышали норму, а низкое содержание менее 7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> было отмечено на ст. №5 возле порта Кавказ на обоих горизонтах и на ст. №4 в придонном слое. Средняя концентрация у дна составила 7,87, на поверхности 8,34 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; во всем столбе воды — 8,10 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Процент насыщения вод кислородом варьировал во всем столбе воды в пределах 86–123%, в среднем 111,0%. Полученные значения подтверждают стабильность этого параметра в обоих слоях в последние несколько лет и не вызывают опасений.

Загрязнение вод пролива **нефтяными углеводородами** в 30 отобранных пробах изменялось от 0,02 до 0,14 мг/дм<sup>3</sup> (2,8 ПДК), в среднем 0,06 мг/дм<sup>3</sup>, при этом среднее содержание на поверхностном горизонте составило 0,069 мг/дм<sup>3</sup>, а в придонном слое — 0,036 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.11). Таким образом, в 18 из 30 проб концентрация НУ была равна или превышала установленный норматив 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Это в целом соответствует общей многолетней тенденции превышения ПДК значениями максимальной концентрации нефтяных углеводородов



в водах пролива (рис. 2.18). Во время проведения исследований в августе 2016 г. средняя концентрация НУ также превышала установленную границу в отличие от большинства значений, полученных по результатам рутинного мониторинга (рис. 2.18). Возможно, повышение уровня загрязнения вод пролива именно в этот период года связано с летней интенсификацией судоходства в самом проливе, а также с перевалкой нефтепродуктов с одного танкера на другой на якорных стоянках южнее острова Тузла.

**Таблица 2.10.** Гидрохимические параметры морской воды в Керченском проливе 6–7 августа 2016 г. и соответствующие среднемноголетние характеристики вод северной узости Керченского пролива между портами Крым и Кавказ в августе и в течение всего года в период 2000–2017 гг.

Параметр*	EMBLAS		Пролив 2000–2017 Август		Пролив 2000–2017	
	Av./σ/n**	Min-Max	Av./σ/n**	Min-Max	Av./σ/n**	Min-Max
S, ‰	15,043/ 1,35/38	13,364/ 17,629	13,19/ 1,95/462	9,78/ 18,14	13,08/ 2,035/2564	6,52/ 18,21
Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	3,02/ 0,12/24	2,80/ 3,20	2,92/ 0,30/464	0,07/ 3,91	2,95/ 0,24/2591	0,07/ 3,95
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	8,10/ 0,79/24	6,23/ 9,27	6,97/ 0,99/456	<b>4,23</b> / 9,57	8,22/ 1,39/2544	<b>4,23</b> / 13,05
pH	8,06/ 0,08/38	7,90/ 8,26	8,30/ 0,18/457	7,21/ 8,65	8,28/ 0,17/2544	6,39/ 8,85
PO <sub>4</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	20,2/ 12,8/24	1,3/ 42,4	10,0/ 10,6/456	0,0/ 40,0	4,9/ 7,9/2538	0,0/ 41
NH <sub>4</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	48,3/ 35,2/24	3,9/ 120,6	29,5/ 31,2/456	0/ 316	29,9/ 33,3/2543	0/ 461
NO <sub>2</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	4,56/ 2,58/24	1,38/ 10,83	2,00/ 3,76/456	0/ 25,0	1,37/ 3,21/2543	0/ 47,0
NO <sub>3</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	2,96/ 2,88/24	0,76/ 11,47	9,9/ 13,95/456	0/ 154,0	10,2/ 16,40/2543	0/ 187,0
N <sub>org</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	4460/ 2475/24	608/ 8628	-	-	-	-
N <sub>total</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	4515/ 2484/24	706/ 8674	626,9/ 307,9/456	50 1800	564,5/ 302,7/2543	50 6580
SiO <sub>3</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	197/ 131,4/24	41,8/ 456	489/ 296,7/456	50/ 1480	402/ 272,5/2543	0/ 2520

\* выделены значения концентрации выше (для кислорода — ниже) ПДК.  
\*\* Av./σ/n — среднее значение, стандартное отклонение и количество наблюдений.

**Таблица 2.11.** Загрязнение вод Керченского пролива 6–7 августа 2016 г. и соответствующие среднемноголетние характеристики вод северной узости Керченского пролива между портами Крым и Кавказ в августе и в течение всего года в период 2000–2017 гг.

Параметр*	EMBLAS		Пролив 2000–2017 Август		Пролив 2000–2017	
	Av./σ/n**	Min-Max	Av./σ/n**	Min-Max	Av./σ/n**	Min-Max
НУ, мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,056</b> / 0,029/31	0,02/ 0,140	<b>0,065</b> / 0,065/456	0,000/ 0,310	<b>0,053</b> / 0,062/2542	0,000/ 0,800
СПАВ, мкг/дм <sup>3</sup>	70,0/ 92/10	0/ 310	15,0/ 26,2/521	0/ 147	13,8/ 25,8/2543	0/ 193
Фенолы, мкг/дм <sup>3</sup>	0,95/ 1,25/10	0/ 4,4	0,17/ 0,69/456	0/ 4,0	0,17/ 0,70/2535	0/ 6,0

\* выделены значения концентрации выше (для кислорода — ниже) ПДК.  
\*\* Av./σ/n — среднее значение, стандартное отклонение и количество наблюдений.

Содержание **СПАВ** в водах пролива в начале августа 2016 г. было существенно выше (примерно в 5 раз), чем по данным многолетних наблюдений. Максимальное значение (3 ПДК) отмечено на поверхности у южной оконечности о. Тузла на ст. № 13, а в целом по-

вышенная концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ была на станциях южнее этого острова, тогда как в северном предпроливье на ст. № 2 они обнаружены не были. Средняя концентрация **фенолов** была в 5,6 раз выше среднемноголетних значений, тогда как максимальная величина (4,4 ПДК, ст. № 13) не достигала наибольшего значения за текущее столетие.

Содержание в водах пролива легкоокисляемых органических веществ по показателю **БПК<sub>5</sub>** варьировало в пределах 0,27–2,72 мг/О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,67 мг/О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Максимум, который не достигал 1 ПДК, был отмечен в поверхностном слое вод на середине узости пролива между действующими портами переправы при солености 13,815‰, что указывает на воды выходящего азовоморского течения.

Содержание **пестицидов** в восьми отобранных пробах воды из разных районов Керченского пролива в августе 2016 г. чаще всего было ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа (DL=0,5 нг/дм<sup>3</sup>). Концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ (линдана) в трех пробах со ст. № 2, 6, 19 составила 0,6 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 0,23 нг/дм<sup>3</sup>;  $\alpha$ -ГХЦГ отмечен в четырех пробах в концентрации 0,5–0,7/0,28 нг/дм<sup>3</sup>;  $\beta$ -ГХЦГ также в четырех — 0,5–0,8/0,30 нг/дм<sup>3</sup>. Все значения более чем на порядок ниже установленного условного ПДК=10 нг/дм<sup>3</sup>. Во время предыдущих исследований в декабре 2007 г. концентрация линдана в водах пролива была в диапазоне 0,003–2,52 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 0,58 нг/дм<sup>3</sup>, а в марте 2008 г. эти характеристики были 0,04–0,25/0,11 нг/дм<sup>3</sup> (Oil spill, 2011). Гексахлорбензол в пробах обнаружен не был, его содержание было ниже предела обнаружения DL=0,5 нг/дм<sup>3</sup>.

В августе 2016 г. ДДТ был обнаружен только на трех самых южных черноморских станциях № 18, 19 и 20 (1,3; 1,2 и 0,5 нг/дм<sup>3</sup>), в среднем по всем пробам из пролива 0,38 нг/дм<sup>3</sup>. Здесь же был отмечен в одной пробе ДДЕ — 0,7 нг/дм<sup>3</sup>. Полученные значения существенно ниже наблюдавшихся в декабре 2007 г.: ДДТ — 1,10–12,19/5,00 нг/дм<sup>3</sup>, ДДЕ — 1,48–4,34/2,64 нг/дм<sup>3</sup>, ДДД — 0,24–4,37/2,61 нг/дм<sup>3</sup> (Oil spill, 2011). Однако уже в марте 2008 г. концентрация веществ этой группы была существенно ниже и практически равной значениям августа 2016 г.: ДДТ — 0,18–1,13/0,57 нг/дм<sup>3</sup>, ДДЕ — 0,04–3,65/0,57 нг/дм<sup>3</sup>, ДДД — 0,08–2,64/0,67 нг/дм<sup>3</sup>.

Из десяти проанализированных индивидуальных конгенов полициклических **хлорбифенилов** от #18 до #194 выше предела обнаружения (DL=0,5 нг/дм<sup>3</sup>) в водах пролива были отмечены #31+28 (в двух пробах на ст. № 18 и 19 по 1,2 нг/дм<sup>3</sup>), #101 (в двух пробах на ст. № 17 и 20–1,3 и 1,0 нг/дм<sup>3</sup>), а также #153 в пяти пробах в концентрации от 1,0 до 1,5 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 0,78 нг/дм<sup>3</sup>. В целом уровень содержания ПХБ в водах пролива был на очень низком уровне, сравнимом со значениями, которые были зафиксированы в марте 2008 г.: диапазон 0–2,0 нг/дм<sup>3</sup>, средняя 1,09 нг/дм<sup>3</sup> (Oil spill, 2011). Всего было определено пять конгенов от #52 до #180. По классификации всемирной организации здравоохранения такой уровень загрязнения соответствует «незагрязненным водам». Однако на полгода раньше в декабре 2007 г. уровень присутствия ПХБ в водах пролива был существенно выше. В одной съемке наибольшие значения были характерны для #52 (4,8 нг/дм<sup>3</sup>), #209 (4,1 нг/дм<sup>3</sup>) и #28 (3,8 нг/дм<sup>3</sup>); в другой съемке в этот же месяц максимальная концентрация конгенов достигала: #28 (5,74 нг/дм<sup>3</sup>), #52 (8,93 нг/дм<sup>3</sup>), #101 (5,51 нг/дм<sup>3</sup>), #138 (5,68 нг/дм<sup>3</sup>), #153 (6,76 нг/дм<sup>3</sup>), #180 (5,59 нг/дм<sup>3</sup>), #209 (2,55 нг/дм<sup>3</sup>), а сумма достигала 24,65 нг/дм<sup>3</sup> (Oil spill, 2011).

Из 15 полициклических ароматических углеводородов (**ПАУ**) в водах пролива были обнаружены только нафталин (шесть южных проб из восьми отобранных, max 0,9 нг/дм<sup>3</sup>, средняя 0,46 нг/дм<sup>3</sup>), аценафтен+флуорен (4/8, max 1,5 нг/дм<sup>3</sup>, средняя 0,31 нг/дм<sup>3</sup>), фенантрен (3/8, max 6,4 нг/дм<sup>3</sup>, средняя 0,94 нг/дм<sup>3</sup>), антрацен (2/8, max 1,6 нг/дм<sup>3</sup>, средняя 0,24 нг/дм<sup>3</sup>) и пирен (4/8, max 1,1 нг/дм<sup>3</sup>, средняя 0,68 нг/дм<sup>3</sup>). Содержание остальных анализируемых полициклических ароматических углеводородов (Fluoranthene, Benzo(a)anthracene, Chrysene,

Benzo(e)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,h)anthracene, Benzo(ghi)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene) находилось ниже предела обнаружения ( $DL=0,1-0,2$  нг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация тяжелых **металлов** и в поверхностных, и придонных водах пролива 6–7 августа 2016 г. в основном была низкой. Средние значения содержания в воде всех анализируемых металлов не достигали установленной ПДК (табл. 2.12). Максимальная концентрация меди и железа незначительно превышала ПДК, а в целом повышенные значения отмечены для кобальта, никеля, цинка, марганца и ртути. Максимальная концентрация ртути превышала норматив и была отмечена в центре предпроливного района со стороны Азовского моря. Необходимо отметить, что в трех съемках 2009 г. содержание ртути в водах пролива было почти на порядок меньше, как и большинства других металлов, максимальная концентрация которых не достигала и половины ПДК. Исследования ИнБИОМ в декабре 2007 г. показали очень высокую степень адсорбции ртути на поверхности взвешенных частиц. Из общего среднего содержания ртути в воде пролива 0,0065 мкг/дм<sup>3</sup> почти 63,4% приходилось на частицы, а остальное находилось в растворенной форме; концентрация на частицах достигала 0,061 мкг/дм<sup>3</sup> (Oil spill, 2011). Можно предположить, что существенная разница в содержании ртути и некоторых металлов в 2016 г. и в предыдущие годы может быть связана с большим количеством в августе клеток фитопланктона и других частиц, на поверхности которых происходила адсорбция и увеличение общего содержания ртути в воде.

**Таблица 2.12.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Керченского пролива 6–7 августа 2016 г.

	<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	3,55	0,78	0,38	2,82	2,93	16,61	15,59	34,49	1,22	0,09
макс	5,15	1,06	0,98	4,18	6,15	30,11	37,30	52,50	2,03	0,16
мин	1,66	0,55	0,13	1,03	0,99	9,87	6,02	20,2	0,71	0,04
ПДК сред	0,71	0,08	0,04	0,56	0,29	0,33	0,31	0,69	0,06	0,9
ПДК макс	<b>1,03</b>	0,11	0,10	0,84	0,61	0,60	0,75	<b>1,05</b>	0,10	<b>1,6</b>

В **донных отложениях** Керченского пролива в августе 2016 г. на всех станциях преобладали относительно мелкие частицы размерной группы 0,05–0,01 мм (31–53%), а более крупные песчинки 0,25–0,1 и 0,1–0,05 мм, а также более мелкие 0,01–0,005 и 0,005–0,001 мм примерно в одинаковой мере занимали от 5% до 25% на разных станциях. По результатам лабораторного анализа содержание **нефтяных углеводородов** в осадках пролива изменялось в пределах 6,19–43,91 мкг/г, в среднем 23,63 мкг/г (0,5 ДК). Максимум отмечен в глубине Керченской бухты, а на соседней станции № 7–38,00 мкг/г. Второе по величине значение (41,14 мкг/г) зафиксировано на самой южной станции у берега Крыма на глубине 11 м. Повышенной была также концентрация НУ в осадках в центре предпроливного района со стороны Азовского моря на глубине 9 м и немного севернее паромной переправы Крым-Кавказ. Можно отметить в целом относительно невысокие (6,16–12,35 мкг/г) значения содержания НУ в донных отложениях южнее о. Тузла. В этом районе не только произошла 11 ноября 2007 г. катастрофа танкера «Волгонепть-139» с разливом около 1800 тонн мазута, но и находятся якорные стоянки транспортных судов. На этих стоянках происходит перегрузка различных грузов, включая сырую или переработанную нефть и серу, с малых на большие транспортные суда и танкеры. Однако незначительная концентрация нефтяных углеводородов в донных отложениях этого района акватории пролива не отражает предполагаемого высокого уровня загрязнения.

Параллельно выполненный в НПО «Тайфун» анализ этих же проб донных отложений показал немного более высокие значения содержания НУ — 36–150 мкг/г, в среднем 84,4 мкг/г (1,7 ДК). Максимум также зафиксирован в глубине Керченской бухты, а два других высоких значения (134 и 130 мкг/г) — на ст. №1 на входе в пролив со стороны Азовского моря и на ст. №10 у Крымского берега. Закономерно, что на этих же станциях было повышенным содержание в осадках органического углерода — 1,76%, 1,86% и 0,52% соответственно. Среднее количество органических веществ в осадках пролива в августе 2016 г. составило 0,90%.

Содержание **фенолов**, являющихся индикатором промышленного загрязнения, варьировало от значений ниже предела обнаружения (DL=0,05 мкг/г) в пяти пробах, а в остальных четырех было в пределах 0,063–0,072 мкг/г. Хлорпроизводные фенола (2-Chlorophenol, 3-Chlorophenol, 4-Chlorophenol, 2,3-Dichlorophenol, 2,4-Dichlorophenol, 2,6-Dichlorophenol, 3,4-Dichlorophenol, 4-Chlor-3-methylphenol, 2,3,6-Trichlorophenol, 2,4,6+2,4,5-Trichlorophenol, Tetrachlorophenol, Pentachlorophenol), которые образуются чаще всего при хлорировании питьевой воды и токсичность некоторых в 100–250 раз превышает токсичность самого фенола, во всех проанализированных пробах обнаружены не были (DL=2,0 нг/г).

Из пестицидов группы **ГХЦГ** содержание линдана в осадках пролива в августе 2016 г. было ниже предела обнаружения (DL=0,05 нг/г) во всех пробах, а его метаболиты отмечены в отдельных случаях:  $\alpha$ -ГХЦГ — 0,13 и 0,22 нг/г;  $\beta$ -ГХЦГ — 0,08; 0,12 и 0,23 нг/г. Наибольшие значения зафиксированы в Керченской бухте. Пестициды альдрин, диэльдрин, гептахлор и гептахлор эпоксид, оксихлордан, транс-хлордан, цис-хлордан, транс-нонахлор, цис-нонахлор, мирекс, пентахлороанизол и тетрахлороанизол в донных отложениях не выявлены (DL=0,02–0,05 нг/г). Гексахлорбензол отмечен во всех пробах в концентрации 0,07–0,36 нг/г, в среднем 0,13 нг/г.

Во время предыдущих съемок, в ходе которых исследовалось загрязнение донных отложений Керченского пролива стойкими органическими загрязнителями в июле и декабре 2009 г., средняя и максимальная концентрация линдана составляла 0,02/0,02 нг/г и 0,37/0,66 нг/г;  $\alpha$ -ГХЦГ — 0,11/0,74 нг/г и 0,32/0,62 нг/г;  $\beta$ -ГХЦГ — 0,43/3,22 нг/г и 2,25/3,68 нг/г; гексахлорбензола — 0,53/0,70 нг/г и 0,16/0,32 нг/г; гептахлора — 0,52/5,12 нг/г и 1,08/7,34 нг/г; альдрина — 0,24/1,59 нг/г и 0,15/0,80 нг/г; эндрина — 0,17/2,08 нг/г и диэльдрина 0,40/0,83 нг/г (Oil spill, 2011). В целом загрязнение донных отложений пролива пестицидами существенно уменьшилось за прошедшие 8 лет.

Пестициды группы **ДДТ** были широко представлены в донных отложениях пролива в 2016 г. Концентрация ДДТ варьировала от аналитического нуля в двух пробах из восьми (DL=0,08 нг/г) до 0,54 нг/г, средняя 0,19 нг/г. В семи пробах были обнаружены метаболиты ДДЕ (0–1,41/0,53 нг/г) и ДДД (0–0,49/0,27 нг/г). Суммарное содержание пестицидов этой группы в осадках пролива варьировало от аналитического нуля на ст. №2 в центре предпроливья со стороны Азовского моря, до почти уровня ДК (2,5 нг/г) на соседней ст. №1 ближе к Крымскому берегу (2,12 нг/г), превышало ДК в Керченской бухте (2,84 нг/г) и было также высоким на ст. №10 западнее о. Тузла; на остальной акватории было в пределах 0,57–0,97 нг/г; среднее значение — 1,11 нг/г. В декабре 2007 г. на десяти станциях в западной части пролива суммарное содержание этой группы было существенно выше — от 0,7 до 28,2 нг/г, причем максимальное значение почти полностью определялось экстремальной величиной метаболита ДДД (27,7 нг/г) практически на выходе из пролива в Черное море (Oil spill, 2011). Без этого выпадающего пика уровень загрязнения пестицидами осадков на акватории Керченского пролива практически соответствует уровню 2016 г.

Из 59 анализируемых индивидуальных конгенов **ПХБ** (#1 — #209) в девяти пробах донных отложений пролива в августе 2016 г. были отмечены только 16: #28/31 (max 0,62/средняя 0,17 нг/г); #49 (0,22/0,06); #52 (0,62/0,17); #70 (0,56/0,16); #74 (0,39/0,08); #87 (0,11/0,04); #95

(0,23/0,08); #99 (0,35/0,17); #101 (0,47/0,18); #105 (0,09/0,03); #110 (0,54/0,18); #118 (0,73/0,26); #149 (0,29/0,06); #153/168 (0,45/0,13); #138/158 (0,32/0,11); #180 (0,07/0,01). Концентрация всех остальных конгенов ПХБ была ниже предела обнаружения (DL=0,03 нг/г). Суммарное содержание ПХБ в осадках пролива варьировало от 0,59 до 5,36 нг/г; в среднем 1,86 нг/г. Наибольшие значения (5,36, 4,25 и 1,53 нг/г) были зафиксированы в Керченской бухте на ст. №6 и на азовоморском предпроливье на ст. №1 и №2 соответственно. Полихлорированные бифенилы применяются в качестве диэлектриков в трансформаторах и конденсаторах, теплоносителей и пластификаторов для лаков и красок, клеев, замазок и пластмасс, поэтому служат индикаторами промышленного загрязнения. Их высокая концентрация в донных отложениях Керченской бухты отражает не только высокую степень промышленного загрязнения этой части акватории пролива, но и тонкодисперсный состав осадков. Здесь была наибольшая для всей акватории пролива доля частиц с диаметром 5–1 м (28,3%) и высокой доля предыдущего размерного класса 10–5 м (20,4%). На северном входе в пролив частицы этого размера преобладали в грунте (53,4% и 53,0% на ст. №1 и №2), с чем вероятно и была связана высокая суммарная концентрация ПХБ на этом участке дна пролива. Даже максимальное суммарное содержание полихлорбифенилов в августе 2016 г. составляло всего 0,27 ДК, тогда как в предыдущей съемке в декабре 2009 г. экстремум на станции около Керченской бухты достигал 1,18 ДК. При этом средняя величина (2,14 нг/г) практически соответствовала уровню августа 2016 г.

**Таблица 2.13.** Средняя и максимальная концентрация полициклических ароматических углеводородов (нг/г) в донных отложениях Керченского пролива 6–7 августа 2016 г.

Ингредиент	Средняя	Min	Max
Naphthalene	3,31	1,9	4,7
Acenaphthene	0,33	0	3,0
Fluorene	3,44	0	19,0
Phenanthrene	28,76	6,1	179,1
Anthracene	10,59	0,3	84,1
Fluoranthene	82,43	14,6	511,1
Pyrene	51,02	8,9	313,0
Benzo(a)anthracene	38,86	5,4	269,0
Chrysene	37,78	6,0	251,9
Benzo(e)pyrene	68,62	10,5	368,6
Benzo(b)fluoranthene	48,54	8,2	304,5
Benzo(k)fluoranthene	25,24	4,7	159,4
<b>Benzo(a)pyrene</b>	<b>41,50</b>	<b>7,5</b>	<b>252,8</b>
Dibenzo(a, h)anthracene	7,04	1,1	252,8
Benzo(ghi)perylene	16,98	3,8	90,6
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	28,93	5,7	170,2
Antantrene	6,89	1,1	42,5
Coronene	9,77	2,4	44,2

В донных отложениях Керченского пролива было проанализировано содержание 18 полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Большинство ингредиентов было обнаружено во всех пробах в относительно невысокой концентрации. В то же время содержание наиболее опасного канцерогена бенз(а)пирена достигала чрезвычайно высокого значения 252,8 нг/г (10,1 ДК), (табл. 2.13). Такой экстремум зафиксирован в Керченской бухте, в донных отложениях которой содержание практически всех индивидуальных ПАУ на порядок и более было выше величин на других станциях в проливе. Здесь суммарное содержание достигало 3114,8 нг/г (3,1 ДК). Также высокой была суммарная концентрация ПАУ на ст. №1

у азовского крымского берега (404,4 нг/г, 0,4 ДК). Вероятной причиной такого пространственного распределения этих ЗВ было описанная выше характеристика спектрального состава донных отложений с преобладанием на этих станциях мелкодисперсных частиц. На остальных станциях суммарная концентрация ПАУ была намного ниже и изменялась в диапазоне 95,8–210,4 нг/г. Среди индивидуальных ПАУ в донных отложениях пролива преобладали (по мере убывания): флуорантен, бензо(е)пирен, пирен, бензо(б)флуорантен и бенз(а)пирен. По сравнению с предыдущими съемками УкрНЦЭМ в июле и декабре 2009 г. концентрация всех индивидуальных ПАУ была ниже, за исключением бенз(а)пирена в декабре — средняя величина была 28,63 нг/г, максимум 95,6 нг/г (Oil spill, 2011).

Концентрация тяжелых **металлов** в донных отложениях Керченского пролива в целом была в пределах допустимого диапазона, и только максимальная концентрация никеля немного превышала норматив (табл. 2.14). Экстремальное значение зафиксировано в Керченской бухте недалеко от порта. Здесь же и на соседней ст. № 7 были отмечены максимальные значения всех остальных металлов, кроме ртути, с величинами примерно в  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{3}{4}$  норматива ДК («Голландские Листы»). Во время предыдущих съемок содержание металлов в донных отложениях в значительной степени варьировало в первую очередь от состава донных отложений — чем более мелкодисперсными были осадки, тем больше концентрация большинства металлов. Это же определяло и высокую степень пятнистости распределения элементов на акватории пролива. В марте 2008 г. (экспедиция МГИ) среднее и максимальное значение концентрации металлов составляло: Cr 93/115,5 мкг/г (в 6,8 и 4,7 раз выше уровня 2016 г.); Zn — 61/95 мкг/г (1,4 и 2,2 раза); Ni — 29,1/50,0 мкг/г (1,1 и 1,2 раза). Позднее две экспедиции УкрНЦЭМ в июле и декабре 2009 г. подтвердили высокое содержание в осадках хрома, никеля и меди, максимальная концентрация которых превышала ДК (Oil spill, 2011). Средние величины во всех съемках не превышали принятых для оценки нормативов. В целом существенных изменений в содержании тяжелых металлов в донных отложениях Керченского пролива не произошло за последние десять лет, за исключением снижения в несколько раз присутствия хрома, цинка и кадмия. Очевидно, что в значительной степени вариативность межгодового и пространственного распределения металлов на акватории пролива в большей степени связана со спектром частиц осадков, чем с долговременными трендами.

**Таблица 2.14.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Керченского пролива 6–7 августа 2016 г. и максимальная в июле и декабре 2009 г.

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>As</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Al</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>V</b>	<b>Hg</b>
сред	12,95	18,55	0,04	5,79	26,82	5,41	45,11	264	24,17	21,38	13,57	57,3	0,04
мин	2,96	11,36	0,01	2,21	15,35	1,32	14,53	105	1,40	0,70	1,50	12	0,02
макс	26,82	27,21	0,11	12,27	43,23	12,80	75,06	411	44,00	41,85	24,52	86	0,07
ДК* сред	0,37	0,22	0,05	0,29	0,77	0,17	0,32	-	-	-	0,14	-	0,13
ДК макс	0,77	0,32	0,14	0,61	<b>1,23</b>	0,44	0,54	-	-	-	0,25	-	0,23
июль*	<b>55,6</b>	30,7	0,23	10,4	<b>40,3</b>	14,7	111	-	-	-	<b>108</b>	-	0,056
дек.*	31,8	28,2	0,26	17,2	<b>43,1</b>	23,5	120	-	-	-	<b>112</b>	-	0,066

ДК\*—Допустимая Концентрация по Голландским Листам.  
июль\*, декабрь\* — максимальная концентрация металлов в 2009 г. (Oil spill, 2011).

Во время съемки в августе 2016 г. наибольшее содержание **ртути** в донных отложениях пролива не достигало четверти допустимой концентрации по «Голландским Листам» и было зафиксировано южнее о. Тузла вблизи перегрузочных якорных стоянок на ст. № 15 (табл. 2.14). Ртуть и ее производные (mercury and its compounds) идентифицируются как приоритетные за-

грязняющие вещества в Директиве ЕС/2008/105/ЕС. И хотя здесь среднегодовое значение и ПДК (0,05 и 0,07 мкг/л) приводится только для водной среды, однако в тексте (3.2а) есть указание, что для донных отложений и биоты в рамках мониторинга долговременных трендов в качестве Стандарта Качества (EQS) можно применять оценку в 20 мкг/кг (=0,02 мкг/г), (ЕС/2008/105/ЕС). Следовательно, по намного более строгому нормативу ЕС/2008/105/ЕС средняя величина содержания ртути в два раза, а максимальная в 3,5 раза превышали Стандарт. В десятилетней давности съемке ИнБЮМ в декабре 2007 г. концентрация ртути на десяти станциях в западной части пролива была в несколько раз ниже наблюдавшейся в августе 2016 г. и варьировала в очень узком диапазоне 0,0023–0,0098 мкг/г сухих донных отложений, в среднем 0,0067 мкг/г (Oil spill, 2011).

В съемке 2016 г. во всех проанализированных пробах была обнаружена **метилртуть** в концентрации 0,07–0,21 нг/г, в среднем 0,13 нг/г. Наибольшие величины были отмечены на входе в пролив на ст. №2 и 4, а также в Керченской бухте. Обнаруженное содержание метилртути на два порядка меньше Стандарта ЕС для суммарного содержания всех форм ртути в донных отложениях (ЕС/2008/105/ЕС), и поэтому осадки в Керченском проливе по этому параметру могут считаться чистыми. Однако, учитывая чрезвычайно высокую токсичность этого ингредиента и его постоянную выработку донными микроорганизмами из неорганической ртути, следует обратить особое внимание на мониторинг концентрации этого металла и его органических соединений в исследуемом районе. В целом загрязнение вод и донных отложений Керченского пролива в период 6–7 августа 2016 г. было невысоким, а концентрация контролируемых ингредиентов, за редкими исключениями, была ниже аналогичных параметров в предыдущее десятилетие.

В период экспедиции были отобраны пробы **биоты** (5 бычков и два хищных моллюска рапана) для получения информации о содержании стойких органических загрязнителях в их тканях (все значения — в нг/г). В тканях пяти проанализированных донных бычков концентрация линдана ( $\gamma$ -ГХЦГ) варьировала от величины менее предела обнаружения (DL=0,05 нг/г) до 0,40 нг/г, в среднем 0,19 нг/г; в одной рапане — менее предела обнаружения;  $\beta$ -ГХЦГ — 0–0,13/0,07; в рапане — 0,09;  $\alpha$ -ГХЦГ — 0,12–0,31/0,21; в рапане — 0,27. Содержание гексахлорбензола в рыбах было в пределах 0,83–4,56/2,35, в рапане 0,17; гептахлор найден в двух бычках в концентрации 0,05 и 0,09. Пестициды ДДТ в рыбах — 0,26–0,78/0,46; ДДД — 0,35–1,16/0,57; ДДЕ — 0,82–4,05/2,20; в рапане — 0,48, 0,08 и 0,35 соответственно. Анализ содержания ПХБ в тканях биоты показал наличие в рыбах индивидуальных конгенов: #18 от менее DL=0,05 нг/г до 0,28 нг/г, в среднем 0,10 нг/г (в рапане <0,05); #28+31 0–0,11/0,06 (1,16); #44 0–1,01/0,47 (0); #52 0–2,19/1,15 (0,6); #101 0,09–0,25/0,16 (0,21); #118 0,15–0,84/0,34 (0,12); #153 0,11–0,50/0,25 (0,18); #138 0,04–0,28/0,17 (0,08) и #180 0–0,05/0,02 нг/г (в рапане 0,12 нг/г). В двух экземплярах рапанов из Керченского пролива было проанализировано содержание индивидуальных ПАУ, многие из которых были в концентрации ниже предела обнаружения DL=0,1–0,5 нг/г. В этих моллюсках был обнаружен флуорен 0,2 и 0,3 нг/г; фенантрен 0,3 и 0,8 нг/г; флуорантен 0 и 0,8 нг/г; пирен 0 и 0,5 нг/г; бензо(а)антрацен 0 и 0,3 нг/г; хризен 0 и 0,3 нг/г; бензо(е)пирен 0 и 0,2 нг/г; бензо(б)флуорантен 0 и 0,7 нг/г; бензо(к)флуорантен 0 и 0,2 нг/г; бензо(а)пирен 0 и 0,3 нг/г; бензо(ghi)перилен 0 и 0,2 нг/г. В одной рыбке и одной рапане было определено содержание хлорида метилртути, которое составило 5,72 и 17,3 нг/г соответственно.

## 2.7. Проект ЭМБЛАС: Еженедельная станция в Керченском проливе

В течение всего безледного периода 7 апреля по 22 декабря 2016 г. на станции юго-западнее о. Тузла ближе к крымскому берегу (рис. 2.21) был выполнен еженедельный отбор проб воды с целью определения динамики гидролого-гидрохимических показателей и биологических характеристик планктонных сообществ, всего 38 недель. В течение этого периода

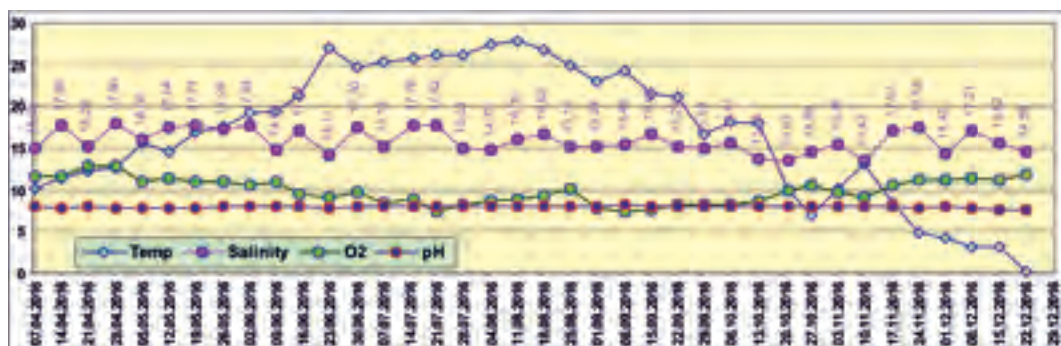


Рис. 2.22. Динамика параметров водной среды на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г.

времени основные параметры морской среды поверхностного слоя показывали закономерные сезонные изменения (рис. 2.22). При весенне-летнем прогреве наблюдался характерный ход температуры с увеличением летом и параллельным небольшим снижением содержания растворенного кислорода, диапазон значений которого составлял 7,36–12,94, в среднем 9,90 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в период с 15 июня по 13 октября — 8,58 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Дефицита кислорода в поверхностном слое вод на еженедельной станции не наблюдалось в течение всего периода наблюдений. В течение года в водах пролива значения рН были стабильными: 7,68–8,18, в среднем 7,98 ед.рН. В точке наблюдений соленость была относительно высокой и не испытывала существенных колебаний, диапазон изменений 13,47–17,90‰, в среднем 15,92‰. В северной узости пролива между портами Крым и Кавказ соленость изменялась в таких же пределах 13,20–17,57‰, однако средняя величина была существенно ниже — 14,58‰ (п. 2.5). Еще севернее среднегодовая величина составила 14,37‰ (п. 2.4.5).

Соотношение различных форм азота в поверхностных водах южной части Керченского пролива в 2016 г. свидетельствует об абсолютном доминировании органического азота (рис. 2.23, правая шкала). Сумма минеральных форм, среди которых безусловно доминировал аммонийный азот (диапазон концентрации 0,01–339,67, в среднем 52,15 мкг/дм<sup>3</sup>), составляла

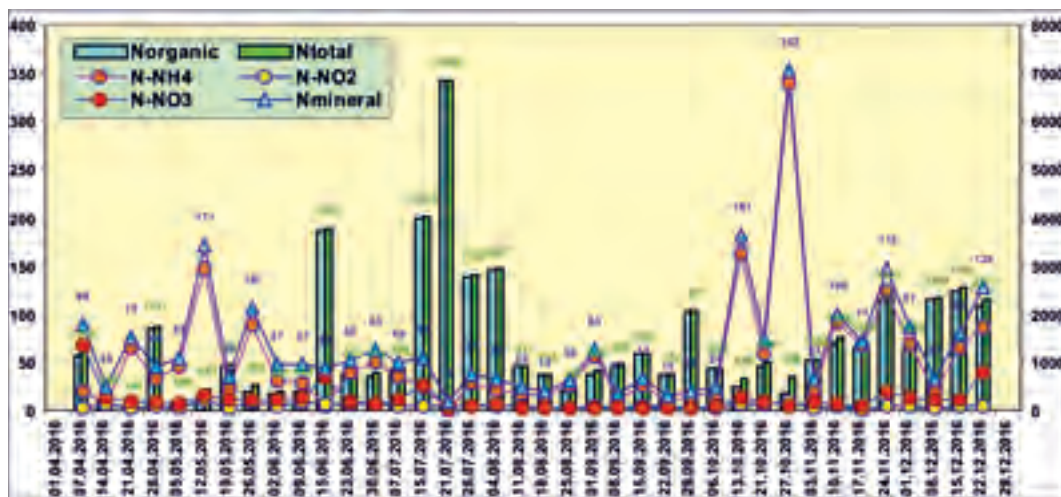


Рис. 2.23. Динамика содержания различных форм азота (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г.



от 7,66 до 352,42, в среднем 67,53 мкг/дм<sup>3</sup>, тогда как уровень содержания органического азота был обычно в 10–30 раз больше (33,33–6836,34/1377,28 мкг/дм<sup>3</sup>). Очевидно, что основная часть присутствующего в воде пролива азота заключена в телах планктонных организмов или находится в растворенном органическом веществе. Сезонная динамика концентрации разных форм азота позволяет предположить отсутствие значительного цветения фитопланктона до конца первой декады июня, поскольку в воде в значительном количестве присутствовали аммоний и нитраты. Зафиксированный пик органического азота 15 июня сменился месячным спадом цветения, после которого наблюдался целый месяц самой высокой концентрации общего содержания азота в морской воде за счет планктонных организмов. Длительное промежуточное состояние с локальными пиками аммония в середине и конце октября сменилось ноябрьско-декабрьскими относительно повышенными значениями всех форм азота, за исключением нитритов. Значение последних в балансе азота было крайне незначительным весь период наблюдений: диапазон концентрации составлял 0,40–10,00, в среднем 4,36 мкг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **фосфатов** в водах пролива была незначительной в течение всего периода наблюдений: 0,43–82,66 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 15,44 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен 14 октября (рис. 2.24). Фосфор органический был в несколько раз больше, диапазон значений 19,42–220,13 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 63,20 мкг/дм<sup>3</sup>. В течение всего периода с апреля по октябрь содержание общего фосфора, в основном определяемого уровнем органического фосфора, было стабильно невысоким, и только поздней осенью наблюдался очевидный подъем. Однако даже при таком невысоком уровне неорганического фосфора отношение к нему минеральных соединений азота было в течение почти всего периода наблюдений очень невысоким и существенно меньшим обоснованного Редфилдом стехиометрического соотношения для морской среды 16N:1P (рис. 2.25). Не исключено, что такое нарушение классических пропорций было связано с постоянным недостатком неорганического азота для развития фитопланктона в водах Керченского пролива. Нарушалось такое соотношение только в начале апреля и два раза в октябре-ноябре. Отношение органических форм азота и фосфора было намного более неустойчивым и варьировало от 0,8 в апреле до 129,5 и 256,2 в июне и июле 2016 г., в среднем 30,7, а без этих трех экстремальных величин пропорция составила 22,2. В отличие от минеральных растворенных веществ соотношение азота и фосфора в телах планктонных организмов и в растворенной органике свидетельствует о лимите доступного фосфора для фитопланктона. Характерно высоким и очень устойчивым, как и соотношение минеральных форм азота и фосфора, было содержание хлорофилла

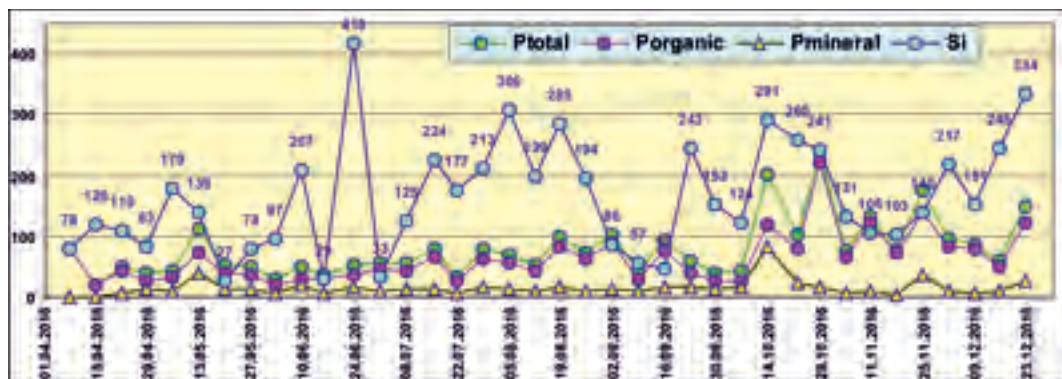


Рис. 2.24. Динамика содержания различных форм фосфора и силикатов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г.

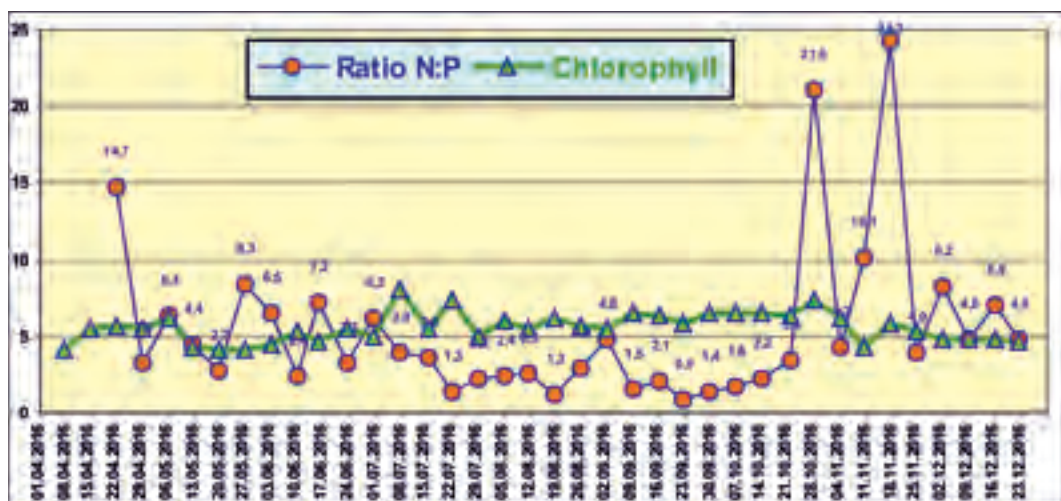


Рис. 2.25. Динамика отношения концентрации минеральных форм азота и фосфора в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г.

в поверхностных водах пролива, концентрация которого изменялась от 4,04 до 8,11 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 5,55 мкг/дм<sup>3</sup>. Значения хорошо согласуются с данными, полученными во время съемки по всему проливу 6–7 августа 2016 г. (рис. 2.20). Изменения содержания хлорофилла на станциях полигона укладывались в диапазон 0,49–10,30 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 3,93 мкг/дм<sup>3</sup>; в это же время на еженедельной станции была зафиксирована концентрация 6,07 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание **силикатов** в водах пролива в течение года было относительно невысоким (27–418, в среднем 164 мкг/дм<sup>3</sup>) и очень неустойчивым, переход от повышенных значений к очень низким иногда происходил за 1–2 недели (рис. 2.24). Устойчиво выше среднего концентрация кремниевой кислоты была только июле-августе и октябре.

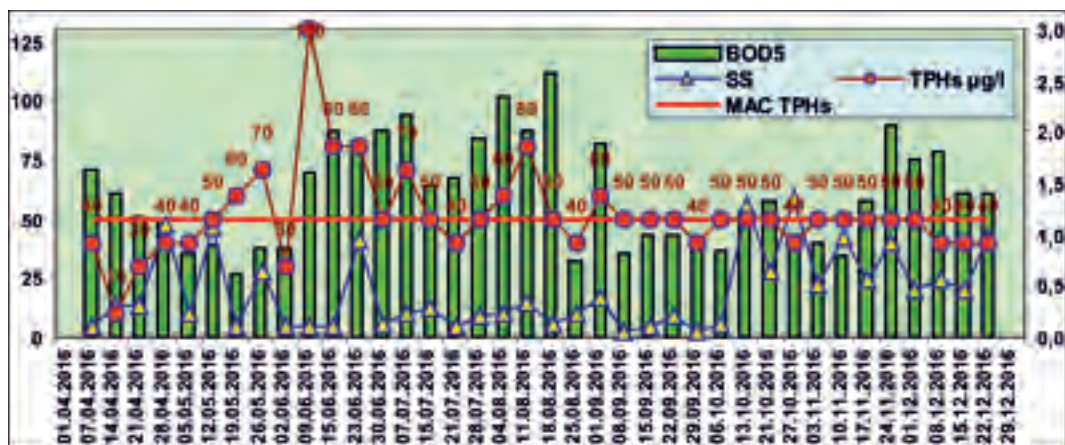


Рис. 2.26. Динамика содержания органических веществ по БПК<sub>5</sub> (BOD<sub>5</sub> mg/dm<sup>3</sup>), взвешенных веществ (Suspended Solids mg/dm<sup>3</sup>) и нефтяных углеводородов (TPHs µg/dm<sup>3</sup>) в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г.

Концентрация легко окисляемых органических веществ по  $\text{БПК}_5$  в водах пролива была относительно невысокой и изменялась в очень узком диапазоне 0,62–2,58  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ ; максимум составил всего 0,86 ПДК (рис. 2.26, правая шкала). Всю весну до первой декады июня и с конца августа до середины ноября концентрация органических веществ была ниже половины норматива, а длительное повышение наблюдалось летом и в декабре. Концентрация взвешенных частиц закономерно повышалась в несколько раз весной и поздней осенью, когда шторма поднимают со дна мелководного пролива мелкодисперсные осадки. Их содержание варьировало в течение периода наблюдений от 2,0 до 58,8  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , в среднем 18,8  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , однако в летний сезон с июня по октябрь среднее значение падало до 9,2  $\text{мг}/\text{дм}^3$ . Соответственно и прозрачность воды по диску Секки, варьировавшая в диапазоне 0,4–3,5 м и в среднем составлявшая 1,8 м, летом увеличивалась до 2,5 м, а зимой уменьшалась до 0,7 м (40 см–1,1 м).

Загрязнение поверхностного слоя вод пролива **нефтяными углеводородами** на еженедельной станции изменялось от незначительного весной до 2,6 ПДК в начале июня (рис. 2.26). В целом из 38 проанализированных проб в 25 (65,8%) концентрация НУ равнялась или превышала установленный норматив 50  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ; размах колебаний составил 10–130  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ , средняя величина (51,6  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ) превышала ПДК. Ежедневные наблюдения в течение безледного периода года подтвердили вывод о высоком уровне загрязнения вод Керченского пролива нефтяными углеводородами, которое носит хронический характер (табл. 2.11, рис. 2.17, рис. 2.18; 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 1–2 ПДК как в районе северной узости пролива, так и южнее о. Тузла.

## Глава 3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

*Коршенко А.Н., Погожева М.П., Орехова Н.А., Кондратьев С.И., Мезенцева И.В.,  
Вареник А.В., Парфенова В.А., Протащук Л.А., Брайко О.И., Алексеев А.И.,  
Жугайло С.С., Панченко А.В., Любимцев А.Л., Кочетков В.В.*

### 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°C) среднюю температуру воды. Зимой средняя температура воды на поверхности в открытом море составляет 6–8°C, однако на северо-западе и к югу от Керченского пролива опускается до 0,5°C и даже «минус» 0,5°C. Летом на всей акватории моря поверхностные воды прогреваются до 25°C 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°C. Ниже температура с глубиной очень медленно повышается из-за геотермического притока тепла от дна и на глубине 2 км достигает 9,2°C.

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.

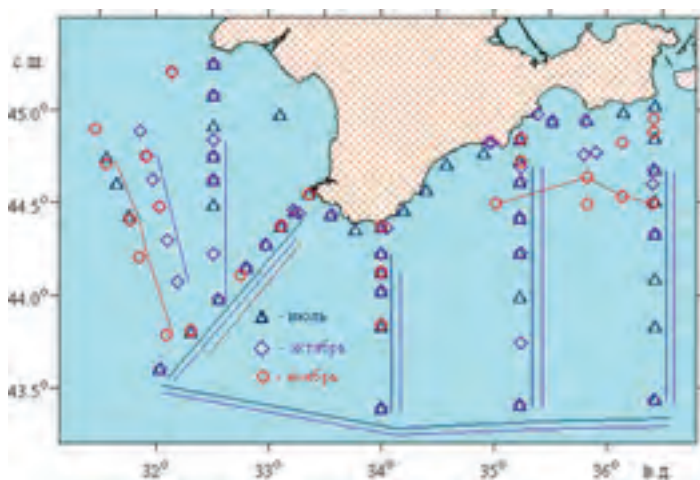
Приливы незначительные и их максимальная величина не превышает 10 см. Хорошо выражены в море стонно-нагонные явления под влиянием сильных зимних ветров, достигающие 20–60 см у берегов Кавказа и Крыма и до 2 м в северо-западной части. Осенне-зимние штормовые ветра могут развивать волны высотой до 6–8 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 основного черноморского 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 определяются 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



**Рис. 3.1.** Схема расположения гидрохимических станций в открытых водах Черного моря в июле-ноябре 2016 г.

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 2016 г. сотрудниками Отдела Биогеохимии моря МГИ РАН (г. Севастополь) были выполнены три гидрохимические съемки открытых вод Черного моря в период 30 июня — 17 июля; 30 сентября — 19 октября и 16 ноября — 2 декабря (рис. 3.1).

Непосредственно на борту экспедиционного судна выполнялись определения растворенного кислорода, сероводорода, величины рН, общей щелочности (ТА — Total Alkalinity), содержания общего неорганического углерода ( $\text{TCO}_2$ ), парциального давления диоксида углерода ( $\text{PCO}_2$ ), аммонийного и нитритного азота. Также для трех станций в глубоководной части Черного моря проведен полярнографический анализ поровых вод донных отложений.

**Кислород и сероводород.** Концентрация кислорода в поверхностных водах в июле находилась на уровне 240–250 мкМ, в октябре немного повысилась до 250–260 мкМ и заметно возросла по мере охлаждения вод в ноябре до 290–300 мкМ. Степень насыщения вод кислородом в июле находилась на уровне 102–104%, к октябрю уменьшилась до 101–102%, и далее до 99–100% в ноябре, что вполне типично для поверхностных вод открытой части моря в изученные периоды. На шельфовой станции возле г. Евпатория в июле степень насыщения вод превысила 112%, что вероятно связано с чрезмерным цветением фитопланктона. На вертикальных профилях кислорода в июле был явно выражен подповерхностный максимум содержания кислорода в интервале  $\sigma_t=12\text{--}14\text{ кг/м}^3$ , который в значительно уменьшенном виде присутствовал в октябре на  $\sigma_t=13,5\text{ кг/м}^3$  и исчез в ноябре. На всех профилях уменьшение содержания кислорода наблюдалось ниже изопикны  $\sigma_t=14,0\text{ кг/м}^3$ , ниже которой начинался хемоклин.

Верхняя граница субкислородной зоны, определяемая по изооксигене 10 мкМ, в июле располагалась на глубине изопикны  $\sigma_t=15,7\text{ кг/м}^3$ , в октябре и ноябре несколько выше, на изопикне  $\sigma_t=15,6\text{ кг/м}^3$ . Нижняя граница, определяемая по изосульфиде 3 мкМ, в глубоководной части моря неизменно находилась на глубине изопикны  $\sigma_t=16,10\text{--}16,15\text{ кг/м}^3$ . Эти изменения в характеристиках субкислородной зоны хорошо заметны на широтном разрезе по 43,4° с. ш., проходящим через центральный район моря (рис. 3.2)

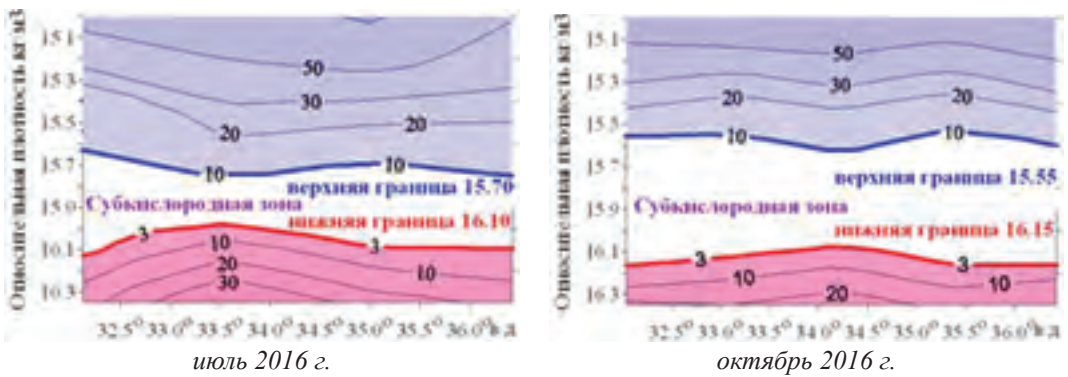


Рис. 3.2. Границы субкислородной зоны в шкале  $\sigma_t$  на широтном разрезе по  $43.4^\circ$  с. ш.

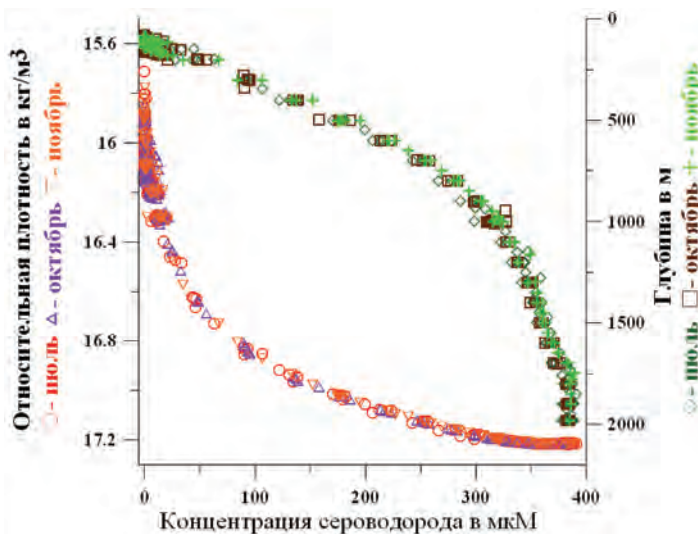
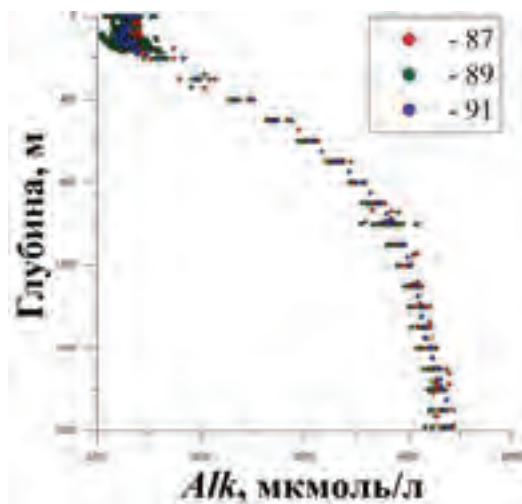


Рис. 3.3. Вертикальное распределение сероводорода в шкале плотностей и глубин на всех выполненных в июле-ноябре 2016 г. станциях в центральной части Черного моря.

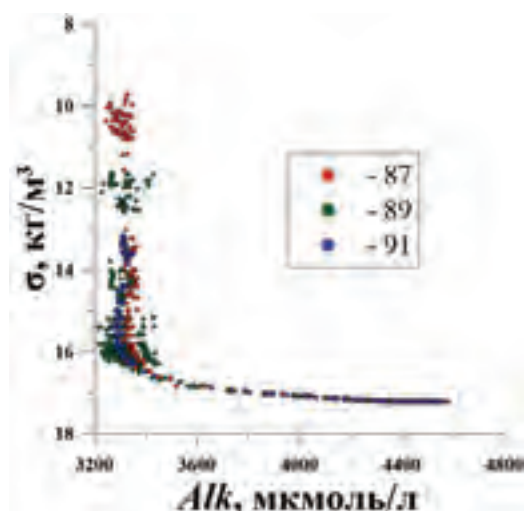
Концентрация сероводорода ниже горизонта 1750 м практически не изменяется, при этом средняя величина составляет 384 мкМ (47 определений, Min 378 мкМ, Max 391 мкМ,  $\sigma=3$  мкМ), (рис. 3.3).

**Элементы карбонатной системы.** Полученные в ходе трех рейсов в исследованных районах Черного моря результаты позволяют построить вертикальное распределение значений общей щелочности относительно шкалы глубин и условной плотности (рис. 3.4). На полученных вертикальных профилях можно выделить две зоны, отличающиеся по наклонам относительно шкал: аэробную и субкислородную зоны, простирающиеся от поверхности до изопикны  $\sigma_t=16,2$  кг/м<sup>3</sup> с практически однородным распределением щелочности, и располагающуюся ниже анаэробную зону с монотонным возрастанием щелочности от 3320 мкмоль/дм<sup>3</sup> при  $\sigma_t=15,9$  кг/м<sup>3</sup> до 3351 мкмоль/дм<sup>3</sup> при  $\sigma_t=16,2$  кг/м<sup>3</sup>. Монотонное повышение величины щелочности в сероводородной зоне происходит в силу как возрастания концентрации карбонатных составляющих, так и увеличения содержания сероводорода и ионов аммония.

**Полярографический анализ поровых вод донных отложений глубоководной части Черного моря.** В конце ноября 2016 г. на станции №28 (глубина 1171 м); ст. №56 (2060 м) и



а

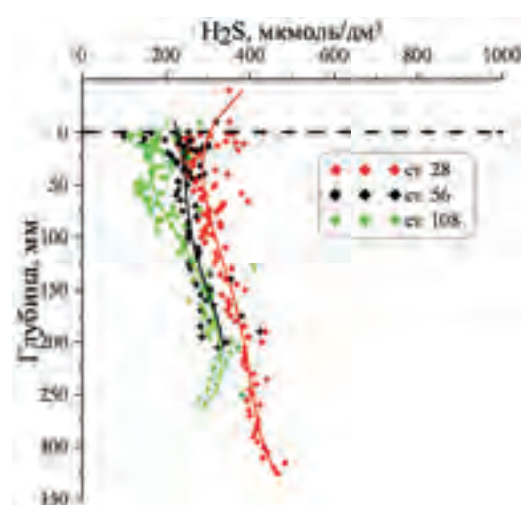


б

Рис. 3.4. Вертикальные профили общей щелочности относительно глубины (а) и относительной плотности (б) по результатам измерений в июле-ноябре 2016 г.



а



б

Рис. 3.5. Схема станций отбора проб донных отложений в ноябре 2016 г. (а) и вертикальные профили сульфидов в осадках на ст. №№ 28, 56 и 108.

ст. № 108 (618 м) с помощью мультикорера были отобраны колонки донных отложений, в которых выполнено вертикальное профилирование поровых вод полярографическим методом анализа с дискретностью 1–5 мм (рис. 3.5). Полученные полярограммы свидетельствуют о присутствии только восстановленных форм серы в поровых водах. Концентрация сульфидов в поровых водах донных отложений всех трех районов практически линейно возрастала с глубиной, а в пространственном распределении наблюдалось снижение концентрации сульфидов с северо-западной в северо-восточную часть моря. Полученные данные подтверждают



вывод о том, что на континентальном склоне по мере удаления от терригенного источника органического вещества снижается концентрация сульфидов, являющихся продуктами процесса сульфатредукции.

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

#### Озеро Донузлав

В 2016 г. мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод у крымских берегов Чёрного и Азовского морей проводился на акватории Севастопольской бухты и на взморье района в течение всего года с февраля по декабрь; на акватории порта Ялта в течение всего года ежедекадно; на акватории Керченского пролива с апреля по октябрь. Четыре раза за год были проведены исследования качества поверхностных вод связанного с морем озера Донузлав, отделяющего Тарханкутский полуостров на западном побережье от остального Крыма. В рамках международного проекта ЭМБЛАС в августе 2016 г. была выполнена подробная экологическая съемка Керченского пролива, а в течение всего года на еженедельной станции в южной части пролива (см. пункты 2.6 и 2.7). Работа по исследованию гидрохимических характеристик Севастопольского района была выполнена при финансовой поддержке РФФИ (научный проект 17-05-41101 РГО\_a).

Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» (СО ГОИН) в марте, мае, июне и сентябре 2016 г. проводилось исследование качества поверхностных вод озера Донузлав. Во время проведения наблюдений соленость поверхностных вод по площади о. Донузлав изменялась от 4,02 до 18,18‰, в среднем составив 10,60‰ (в 2015 г. — 14,53‰). Среднее значение водородного показателя в марте составило 7,95 ед.рН, а в остальной период значение варьировало в диапазоне 8,30–9,30 ед.рН. Максимальная концентрация общего и фосфатного фосфора достигала 91 и 23 мкгР/дм<sup>3</sup> соответственно. Аэрация вод была достаточно высокой (102–112% насыщения); по абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода изменялась от 6,95 до 11,23 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

#### 3.3.1. Состояние морских вод у Севастополя

Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» в Севастопольской бухте с борта НИС «Пеленг» на станции, расположенной у городской ГРЭС, 10 августа было отобрано 2 пробы воды из поверхностного и придонного слоев, а в начале октября 10 проб по всей бухте на 6 станциях с глубинами 15–36 м. В состав наблюдений вошло определение стандартных гидрологических параметров, концентрации взвешенных веществ, биогенных элементов. Температура воды была в диапазоне 12,7–26,9 °С; соленость 17,07–18,06‰; хлорность 9,450–10,000‰; общая щелочность 3,119–3,573 мг-экв/дм<sup>3</sup>; концентрация ионов водорода рН 8,21–8,43. Содержание биогенных соединений в водах бухты летом-осенью составляло: неорганического фосфора в пределах 1–6 мкгР/дм<sup>3</sup>; общего фосфора 7–28 мкгР/дм<sup>3</sup> с наибольшими значениями в районе Голландии. Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения в одной пробе и достигала 131,0 мкгN/дм<sup>3</sup> у дна в районе Северной бухты, в среднем 28,8 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитритов — от нуля в трех пробах до 2,7 мкгN/дм<sup>3</sup> также у Северной, среднее значение 1,2 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитратов — 13–38/23,4 мкгN/дм<sup>3</sup>, максимум там же, но на поверхности. Кислородный режим вод бухты в целом был нарушенным. Диапазон содержания растворенного в воде кислорода составил 5,88–9,48 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; минимум отмечен в придонном слое Северной бухты. Средняя концентрация у дна составила 7,75, на поверхности 8,44 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

во всем столбе воды —  $8,15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (табл. 3.2). Процент насыщения вод кислородом варьировал в придонном слое в пределах 69–113%, в среднем 89,4%; на поверхности — 96–113/105,7%; среднее значение во всем столбе воды — 98,9%.

На открытом взморье г. Севастополя и в других бухтах района наблюдения были выполнены с борта НИС «Пеленг» на 8 станциях с 10 августа по 9 сентября; было отобрано 13 проб воды. Температура воды в конце лета была  $9,5\text{--}27,6^\circ\text{C}$ ; соленость 17,32–18,20‰; хлорность 9,590–10,080‰; общая щелочность 3,171–3,633 мг-экв/дм<sup>3</sup>; концентрация ионов водорода рН 8,29–8,40. Концентрация фосфатов изменялась от 1 до 8 мкгР/дм<sup>3</sup>, в среднем 3,4 мкгР/дм<sup>3</sup>; общего фосфора — 6–48/3,4 мкгР/дм<sup>3</sup>; максимальное значение зафиксировано на траверзе Балаклавской бухты на поверхности, а следующие высокие (27 и 42 мкгР/дм<sup>3</sup>) — на поверхности и у дна на глубине 12 м на выходе из Казачьей бухты. Содержание аммонийного азота в водах взморья изменялось от нуля в одной пробе до 83 мкгN/дм<sup>3</sup>, в среднем 28,5 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимум зафиксирован в Камышовой бухте у дна на глубине 25 м, также высокие величины были отмечены у мыса Фиолент, в Балаклавской и Казачьей бухтах — 66, 41 и 40 мкгN/дм<sup>3</sup>. Нитриты в этот период не были обнаружены, а концентрация нитратов изменялась от 17 до 68 мкгN/дм<sup>3</sup>, в среднем 29,2 мкгN/дм<sup>3</sup>; максимум был отмечен в придонном слое вод Камышевой бухты. Кислородный режим был в пределах нормы. Концентрация растворенного в воде кислорода составляла 7,28–9,96 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 8,07 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; процент насыщения вод — 81–111/103,6%.

### Гидрохимический режим вод Севастопольской бухты (МГИ РАН)

Исследования гидрохимического состояния вод бухты были выполнены сотрудниками Отдела Биогеохимии моря МГИ РАН 9–12 февраля (совместно с кафедрой географии МГУ), 27–29 апреля, 5–8 сентября и 21–22 декабря 2016 г. (рис. 3.6). Отбор проб для химических анализов морской воды в бухте выполняли в поверхностном (0–0,5 м) и придонном (0,5–1,0 м от дна) слоях. В пробах определяли кислород, величины рН и общей щелочности, общий неорганический углерод, биогенные элементы, БПК<sub>5</sub> и общее взвешенное вещество (TSM). Полученные величины гидрохимических параметров во время всех съемок находились в пределах характерного интервала значений многолетних исследований (таблица 3.1).

Для всех проведенных съемок сохранялись следующие особенности распределения гидрохимических характеристик:

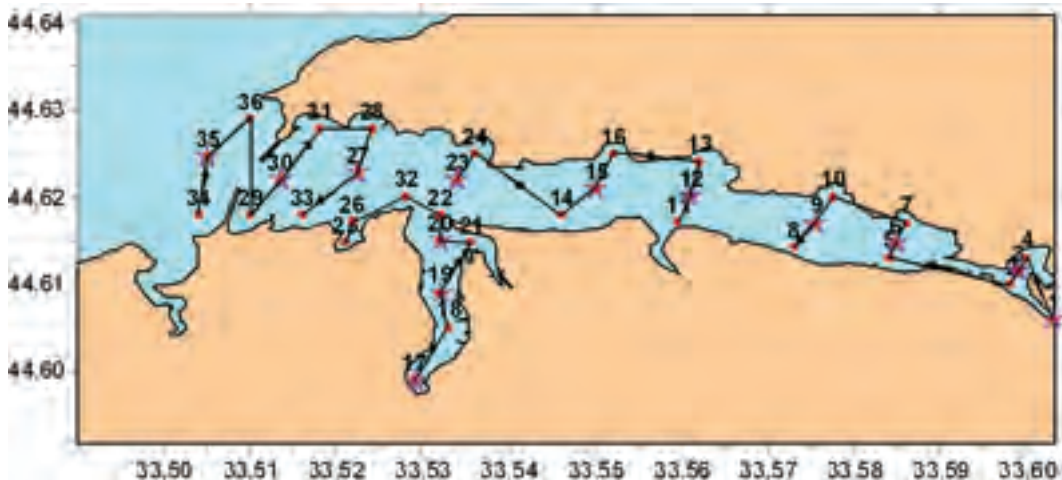


Рис. 3.6. Станции отбора проб в Севастопольской бухте в 2016 г.

1. В поверхностных водах районов, подверженных влиянию пресного стока (Инкерманский ковш, кут Южной бухты, кут Артиллерийской бухты), наблюдалось повышенное содержание фосфатов, кремнекислоты, аммония, нитритов и нитратов.

2. Для содержания кремнекислоты в водах бухты явно прослеживается сезонный ход — повышенные значения в декабре 5–8 мкМ, в феврале и апреле около 2 мкМ. Заметное снижение содержания наблюдалось к сентябрю, когда концентрация упала в 10 раз до уровня 0,1–0,2 мкМ. Эти изменения происходили на фоне поступления значительного количества кремнекислоты с пресноводным стоком в куттовую часть Южной бухты и в устье р. Черной.

3. На всей акватории Южной бухты постоянно наблюдалась повышенная концентрация нитратов, максимум содержания которых в куте в 50–100 раз превышал фоновое значение.

4. Придонные воды на ст. № 8, расположенной рядом с плавучим доком и представляющей потенциально опасный в экологическом отношении район бухты, в сентябре 2016 г. находились в состоянии гипоксии с насыщением кислородом около 18% и заметно отличались от вод бухты по всем исследованным характеристикам. Таким образом, на этом участке бухты в летний период сохраняется потенциальная опасность сероводородного заражения в придонных водах под судоремонтным доком.

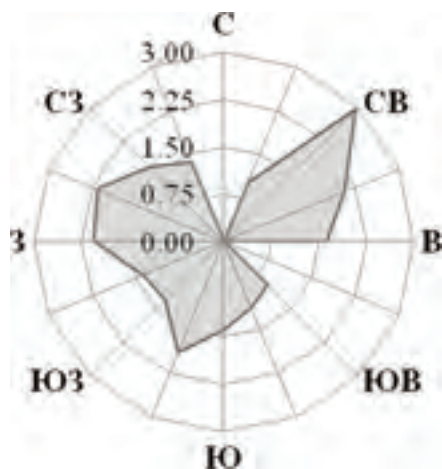
**Таблица 3.1.** Пределы изменений, средняя концентрация и среднееквадратичное отклонение ( $\sigma$ ) гидрохимических параметров вод Севастопольской бухты в 2016 г.

Параметр	9–10 февраля 2016			27–28 апреля 2016			5–6 сентября 2016			21–22 декабря 2016		
	пределы	средн.	$\sigma$	пределы	средн.	$\sigma$	пределы	средн.	$\sigma$	пределы	средн.	$\sigma$
O <sub>2</sub> мл/л	6,68–7,83	7,51	0,14	5,61–6,86	6,56	0,21	1,02–5,47	4,90	0,63	4,8–7,41	6,86	0,31
O <sub>2</sub> %	89,0–102,9	99,6	1,6	83,0–103,2	99,2	3,6	17,6–104,0	92,5	12,4	66,59–98,72	91,7	4,4
P <sub>общ</sub> мкМ	0,10–1,88	0,19	0,21	0,10–6,27	0,45	0,98	0,35–92,6	4,05	10,9	0,23–2,25	0,60	0,48
PO <sub>4</sub> мкМ	0,00–0,22	0,04	0,04	0,00–2,27	0,06	0,27	0,00–1,17	0,08	0,19	0,08–0,95	0,22	0,15
P <sub>орг</sub> мкМ	0,00–1,85	0,14	0,21	0,04–6,15	0,39	0,89	0,07–91,4	3,97	10,8	0,08–1,97	0,38	0,43
SiO <sub>2</sub> мкМ	1,0–6,9	2,2	1,1	1,4–84,9	4,1	9,7	0,11–2,71	0,58	0,81	3,73–40,02	7,98	4,47
NO <sub>2</sub> мкМ	0,03–0,32	0,17	0,07	0,00–3,05	0,13	0,36	0,00–2,50	0,15	0,30	0,00–0,94	0,07	0,12
NO <sub>3</sub> мкМ	2,2–25,6	5,2	3,9	1,5–214,3	6,25	25,2	1,3–227,6	6,93	27,3	0,88–121,87	6,10	14,39
NH <sub>4</sub> мкМ	0,00–2,31	0,85	0,59	0,00–30,47	1,00	3,63	0,00–25,92	1,95	3,46	0,00–9,00	1,37	1,48
pH	8,34–8,44	8,41	0,02	8,04–8,38	8,30	0,04	7,83–8,38	8,30	0,08	8,07–8,34	8,29	0,04
Alk мг-экв/кг	3,343–3,403	3,370	0,013	3,312–4,127	3,356	0,093	3,280–3,853	3,324	0,071	3,315–3,845	3,372	0,064
C <sub>неорг</sub> ммоль/кг	3,030–3,100	3,045	0,012	2,992–3,088	3,040	0,014	2,914–3,748	2,963	0,104	3,067–3,698	3,120	0,075
TSM мг/л	0,11–5,21	1,18	1,32	1,15–153,64	8,11	29,70	0,11–0,82	0,51	0,17	0,92–17,92	2,29	3,24
БПК <sub>5</sub> мл/л	0,34–0,83	0,54	0,13	0,59–4,34	1,05	0,71	0,10–4,94	1,52	1,59	0,48–6,80	0,60	1,29

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

В 2016 г. сотрудники СО ГОИН проводили аналитическое определение содержания в атмосферных осадках неорганических форм азота, общего и неорганического фосфора и АСПАВ. Отбор проб выполнялся на МГС «Севастополь» (Павловский мыс) в два осадкосборника — закрытый (открывался только во время выпадения осадков) и постоянно открытый. Средняя концентрация неорганического **фосфора** в пробах осадков составила 25 мкгР/дм<sup>3</sup>. Увеличение содержания фосфатов в пробах атмосферных осадков наблюдалось в весенне-летний период. Отмеченная особенность внутригодового распределения может объясняться и особенностями миграции элемента в биосфере, связанными с поступлением минеральных форм фосфора с образующимися при эрозии почвы и горных пород пылевыми частицами, и меньшим количеством выпадающих осадков в этот период. Максимальные значения наблюдались в августе, выпадению этих осадков предшествовал сильный западный ветер. Наиболее высокое значение потоков неорганической и суммарной форм фосфора соответствовало южным и западным направлениям ветра. Такое распределение главных направлений переноса свидетельствует о доминирующей роли терригенной составляющей в поступлении форм фосфора в атмосферу. В то же время ветра западного направления приносят аэрозоли, генерируемые морской поверхностью и содержащие фосфор.

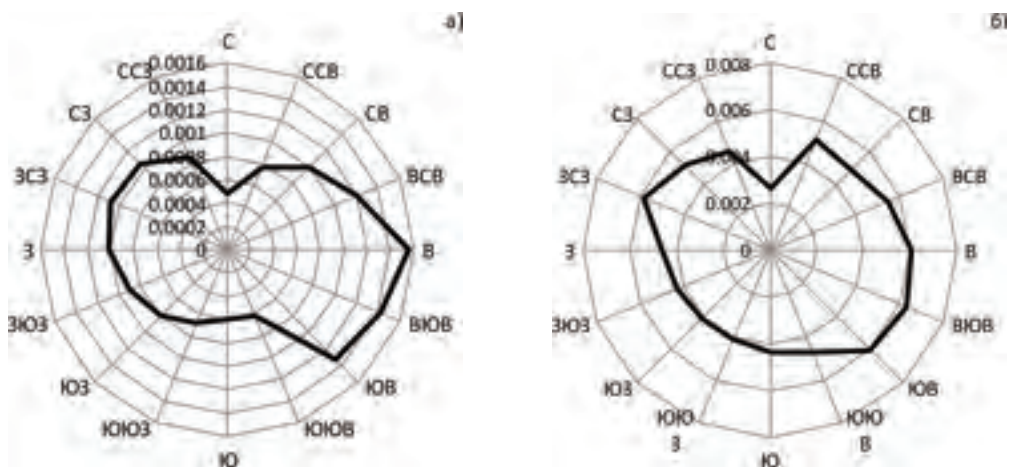
В 2016 г. был продолжен анализ проб атмосферных осадков на содержание в них неорганических форм **азота**. Полученные данные свидетельствуют о преобладании в атмосферных осадках нитратов и аммония. Среднее содержание неорганического азота в пробах атмосферных осадков из закрытого осадкосборника составило 1,74 мкгN/дм<sup>3</sup>, из открытого осадкосборника — 1,87 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимум (5,76 мкгN/дм<sup>3</sup>) был определен в августе в пробе из закрытого осадкосборника. Средний вклад сухих выпадений в содержание неорганического азота в осадках составил 21%. Осадки с максимальным содержанием неорганического азота приносят ветра северо-восточного и западного направлений (рис. 3.7). В 2016 г. поступление азота возросло по сравнению с предыдущими годами в 1,4 раза и составило 327 мгN/м<sup>2</sup> при равнозначном годовом количестве выпавших осадков.



**Рис. 3.7.** Изменение поступления неорганического азота с атмосферными осадками в зависимости от направления ветра.

Как и в предыдущие годы, в большинстве отобранных проб атмосферных осадков были выявлены анионоактивные **детергенты** (АСПАВ). Средневзвешенная концентрация АСПАВ изменялась от 15 до 63 мкг/дм<sup>3</sup>. Наблюдалось увеличение содержания их в зимний период. В другие сезоны количество АСПАВ в осадках отличалось незначительно. По сравнению с предыдущим периодом исследования содержание детергентов в последние три года возросло: 30,0; 24,5; 35,0 и 44,5 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.

В ходе выполнения программы наблюдений за гранулометрическим составом **аэрозолей** были проведены работы на стационарном пункте наблюдений на метеоплощадке здания СО ФГБУ «ГОИН», расположенной на высоте ~100 м над уровнем моря и удаленной от моря и главных источников техноген-



**Рис. 3.8.** Средние значения концентрации показателей  $PM_{2,5}$  (слева) и  $PM_{10}$  (справа) при различных направлениях ветра.

ного загрязнения атмосферы, а также в полевых условиях на акватории Севастопольской бухты и на взморье. Наибольшие средние значения показателей  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$  наблюдались при ветрах восточно-юго-восточного и западно-северо-западного направлений, что подтверждает гипотезу терригенного происхождения компонентов гранулометрического состава (рис. 3.8). Максимальные значения показателя аэрозолей размерных групп менее 1,0 мкм наблюдались в южной части акватории Севастопольской бухты. Измеренные абсолютные значения в южной и северной частях бухты отличались примерно в полтора раза. Максимум аэрозолей размером более 1 мкм наблюдался в центральной части бухты и на взморье. Такие особенности распределения аэрозолей хорошо согласуются с природой их происхождения. Появление крупных частиц аэрозолей в районе, прилегающем к вытянутым Южной и Стрелецкой бухтам, преимущественно связано с их морским происхождением.

### 3.3.3. Порт Ялта

В 2016 г. мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод на акватории порта Ялта проводился лабораторией мониторинга загрязнения природной среды морской гидрометеорологической станции Ялта (ЛМЗС МГ «Ялта») круглый год ежедекадно на одной станции. Всего отобрано и обработано 72 пробы. **Температура** морской воды варьировала от 8,6 до 26,3 °С. Среднегодовая составила 15,9 °С и на 1,4 °С превысила среднюю многолетнюю (14,5 °С) за период наблюдений с 1923 по 2015 г. Максимальное превышение среднемесячной температуры воды над средней многолетней зафиксировано в июне и июле, 3,4 °С и 3,6 °С соответственно. Стонно-нагонные явления, сопровождаемые резкими колебаниями температуры морской воды в поверхностном слое, в 2016 г. в Ялтинском заливе не были зафиксированы. Это объясняется тем, что не наблюдалось сильных и достаточно продолжительных ветров западной четверти, вызывающих температурные стоны морской воды у побережья Ялты в теплый период года. 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 8,64‰ до 18,00‰, в среднем 15,16‰, в придонном — 16,51–18,06/17,64‰, минимум отмечен в феврале на поверхности, а максимум в придонном слое в марте. Среднегодовое значение солёности во всем столбе воды 16,40‰,

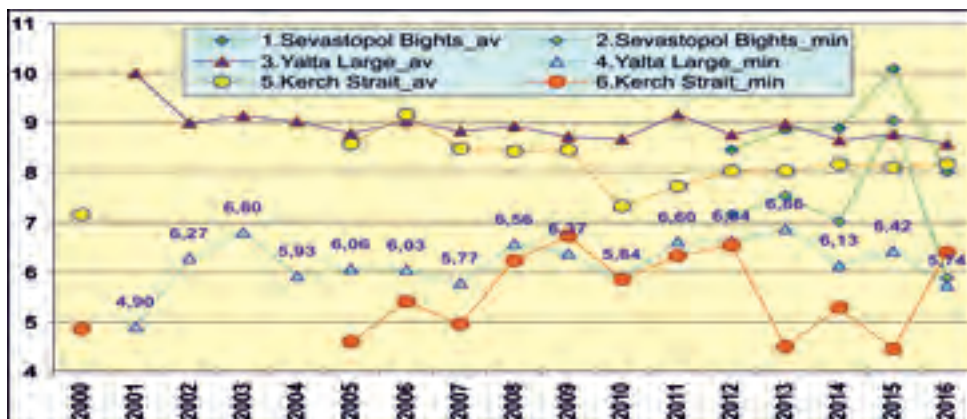


Рис. 3.9. Межгодовые изменения среднегодового и минимального содержания растворенного в воде кислорода ( $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ ) в прибрежных водах Крыма в 2000–2016 гг.

что почти равно среднему за последние 5 лет — 16,45%. Хлорность воды изменялась в пределах 4,77–10,04‰, средняя за год 9,11‰. Общая щелочность на поверхности изменялась в диапазоне 3,216–3,472, на придонном горизонте — 3,146–3,325 мг-моль/дм<sup>3</sup>; среднегодовая в столбе воды 3,278 мг-моль/дм<sup>3</sup>. Величина pH изменялась от 8,14 до 8,54, максимальное значение отмечено на придонном горизонте в марте и мае, а минимальное на поверхности в январе и феврале. Средняя величина pH за год в столбе воды от дна до поверхности составила 8,35.

Значения растворённого в воде **кислорода** варьировали от 5,74 до 10,60 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое (средняя 8,69) и 6,44–10,37/8,49 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в придонном; средняя в слое поверхность–дно — 8,59 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> или 94% насыщения. Минимальное значение было наименьшим за последние 15 лет и было отмечено на поверхности в сентябре (рис. 3.9). За весь период наблюдений минимальное насыщение вод кислородом находилось вблизи допустимой нормы, тогда как средняя величина была относительно стабильной, составляя порядка 9,0 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Заметно более низкие значения наблюдались в Керченском проливе, где содержание кислорода неоднократно снижалось ниже ПДК почти до 4 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; соответственно средние значения также снижены на одну единицу и более. В Севастопольском районе в целом насыщение вод было более высоким в последнюю пятилетку, однако в последний год минимум также пересек границу норматива.

Концентрация фосфатного **фосфора** в течение года на акватории морского пассажирского порта на поверхности варьировала от 5 до 19, в среднем 9 мкгP/дм<sup>3</sup>, в придонном слое 2–7/4 мкгP/дм<sup>3</sup>; в слое поверхность–дно 6,7 мкгP/дм<sup>3</sup>. Это довольно близко к среднему значению за пятилетку (8 мкгP/дм<sup>3</sup>), а максимум за эти годы достигал 31 мкгP/дм<sup>3</sup> в 2013 г. на поверхности. Анализ многолетней динамики содержания фосфатов в водах порта Ялта с 2001 г. позволяет выявить постепенное снижение их среднегодовой концентрации (рис. 3.10). Тренд в значительной степени определяется единичным значением максимума (260 мкгP/дм<sup>3</sup>), зафиксированного 17 апреля 2002 г. в поверхностных водах порта. В остальных проанализированных 592 пробах концентрация фосфатов варьировала от аналитического нуля в 219 образцах до 60 мкгP/дм<sup>3</sup> (18.12.2001). Без учета экстремума в апреле 2002 г. многолетняя динамика неорганического фосфора демонстрирует долговременную стабилизацию на уровне 9,2 мкгP/дм<sup>3</sup> (рис. 3.11). Примечательно, что в последние четыре года наблюдается некоторое снижение содержания фосфатов по сравнению с многолетним средним уровнем. Концентра-

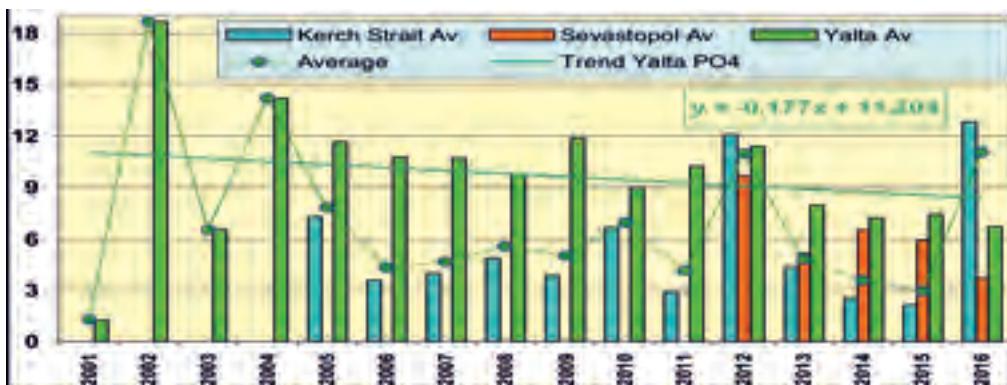


Рис. 3.10. Межгодовые изменения среднегодового содержания неорганического фосфора  $P-PO_4$  (мкгP/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Крыма в 2001–2016 гг.

ция общего фосфора в водах порта в 2016 г. изменялась от 4 до 21 мкгP/дм<sup>3</sup>; максимум наблюдался на поверхности в феврале; диапазон на поверхности составил 5–21 мкгP/дм<sup>3</sup>, в придонном слое 4–11 мкгP/дм<sup>3</sup>. Среднегодовые значения на поверхности равны 13 мкгP/дм<sup>3</sup>, у дна — 7 мкгP/дм<sup>3</sup>, в слое от дна до поверхности 10 мкгP/дм<sup>3</sup>, что немного меньше средней за пятилетку (14 мкг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация аммонийного азота изменялась в пределах 5–42, в среднем 14,9 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимум наблюдался в декабре на поверхностном горизонте и был почти в два раза меньше наибольшего значения (71 мкгN/дм<sup>3</sup>) в 2012 г. В целом в течение последних лет наблюдается последовательное снижение уровня содержания аммония в водах порта (рис. 3.12). Содержание нитритов в водах порта изменялось в диапазоне 1,0–6,9/3,0 мкгN/дм<sup>3</sup> на поверхности и от 0,5–4,3/1,9 мкгN/дм<sup>3</sup> в придонном слое. Среднее значение в слое поверхность–дно — 2,4 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение отмечено в начале мая на поверхности и было наибольшим с 2012 г. Концентрация нитратов варьировала в пределах 6–190 мкгN/дм<sup>3</sup>; в среднем 58,0 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимум отмечен 11 июля на поверхности и был во много раз меньше наибольшего значения за пятилетний период (372 мкгN/дм<sup>3</sup>) в 2012 г. Концентрация общего азота на акватории пассажирского порта изменялась от 219 до 1771 мкгN/дм<sup>3</sup>; среднее 932 мкгN/дм<sup>3</sup>.

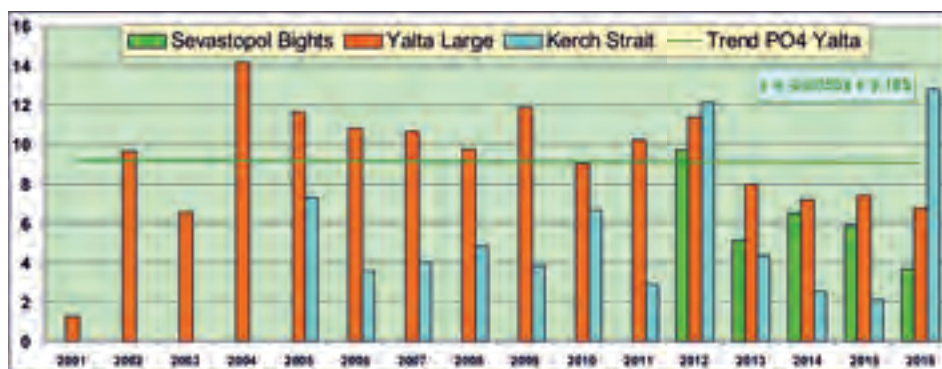
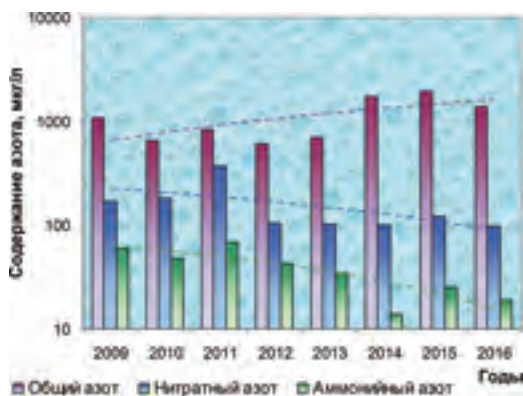


Рис. 3.11. Межгодовые изменения среднегодового содержания неорганического фосфора  $P-PO_4$  (мкгP/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Крыма без зафиксированного 17 апреля 2002 г. в водах порта Ялта максимального значения 260 мкгP/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 3.12.** Межгодовые изменения содержания общего и неорганического азота ( $\text{мкгN/дм}^3$ ) в водах акватории порта Ялта в 2009–2016 гг.

Максимум в два раза ниже экстремального за последние пять лет ( $3983 \text{ мкгN/дм}^3$  в 2014 г.) и был отмечен в марте на поверхности. Содержание кремния изменялось в зависимости от поступления воды из речки и составило на поверхностном горизонте  $284\text{--}3088 \text{ мкг/дм}^3$  (максимум с 2012 г.), в придонном слое  $165\text{--}1339 \text{ мкг/дм}^3$ . Среднегодовые величины кремния в поверхностном слое составили  $1546 \text{ мкг/дм}^3$ , в придонном —  $477 \text{ мкг/дм}^3$ , в столбе воды  $1011 \text{ мкг/дм}^3$ .

Концентрация **нефтяных углеводородов** на акватории морского пассажирского порта изменялась от аналитического нуля в трех пробах из 72 до  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  (1 ПДК в одной пробе). Максимум отмечен в августе в поверхностном слое. Среднее за год значение составило  $0,01 \text{ мг/дм}^3$  (0,2 ПДК). СПАВ отмечены в 13 пробах из 24, их содержание достигало  $45 \text{ мкг/дм}^3$  (0,45 ПДК, наибольшее значение с 2012 г.) в июне на поверхностном горизонте; среднее за год —  $7,3 \text{ мкг/дм}^3$ . Фенолы на акватории морского пассажирского порта не обнаружены.

Среди хлорорганических соединений концентрация ДДТ, альдрина, гептахлора и ПХБ была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа. Изомер линдана  $\alpha$ -ГХЦГ присутствовал в 6 пробах из 24; максимум ( $1,64 \text{ нг/дм}^3$ ) наблюдался в августе на поверхности. За пятилетний период наблюдений максимальная концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ отмечена в 2015 г. —  $16,45 \text{ нг/дм}^3$  в придонном горизонте. Среднегодовая величина  $\alpha$ -ГХЦГ в слое поверхность-дно составила  $0,24 \text{ нг/дм}^3$ . Концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ в 2016 г. изменялась от нуля до  $2,33 \text{ нг/дм}^3$ . Максимум наблюдался в декабре в придонном слое. В течение года линдан встречался в 5 пробах из 24 (20,8% проб, 16,7% на поверхности и 25,0% в придонном слое). Среднегодовая величина  $\gamma$ -ГХЦГ в слое поверхность-дно составила  $0,27 \text{ нг/дм}^3$ . Максимальное значение за пять лет отмечено в 2014 г. в придонном слое —  $6,96 \text{ нг/дм}^3$ . ДДЭ в 2016 г. обнаружен дважды только в придонном горизонте в феврале ( $0,51 \text{ нг/дм}^3$ ) и ноябре ( $0,56 \text{ нг/дм}^3$ ). Среднегодовая величина ДДЭ составила  $0,04 \text{ нг/дм}^3$ . ДДД в водах акватории порта за отчетный период был обнаружен на поверхности в июне ( $0,71 \text{ нг/дм}^3$ ) и на придонном горизонте в июле ( $0,54 \text{ нг/дм}^3$ ). В остальной период отчетного года ДДД не наблюдался. Среднегодовая величина в слое поверхность-дно —  $0,05 \text{ нг/дм}^3$ . Максимальная величина за пятилетний период наблюдений ( $7,47 \text{ нг/дм}^3$ ) отмечена в 2012 г.

### 3.3.4. Качество черноморских вод у берегов Крыма

Результаты расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ), полученные на основе осредненных и приведенных к ПДК величин концентрации приоритетных для каждого из районов мо-



мониторинга загрязняющих веществ и растворенного в воде кислорода, позволяют сравнить качество вод различных участков побережья Крыма (табл. 3.3). В 2016 г. воды Северной узости Керченского пролива характеризуются как «чистые» (ИЗВ 0,36), как и воды акватории порта Ялта (ИЗВ 0,24). Приоритетными загрязняющими веществами в прибрежных водах Крыма были нефтяные углеводороды, детергенты и аммонийный азот. Кислородный режим в целом был в пределах нормы, некоторое снижение концентрации растворенного в воде кислорода отмечено летом в порту Ялты и в августе в Керченском проливе.

**Таблица 3.2.** Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2014–2016 гг.

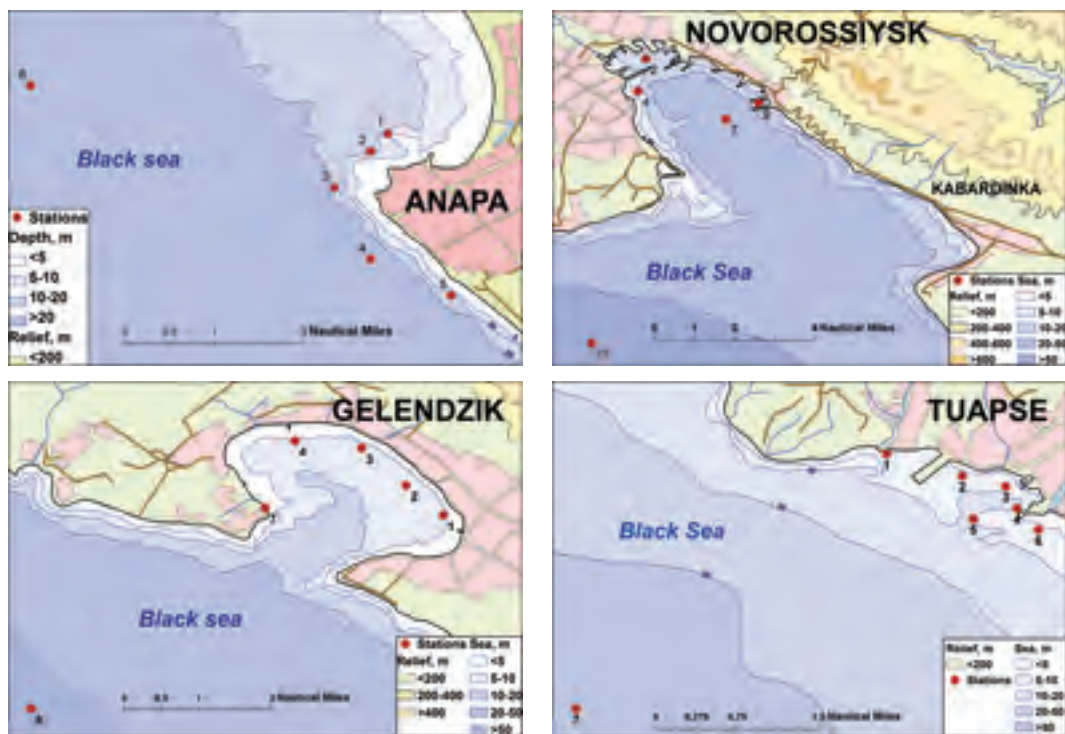
Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.		
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК	
Керченский пролив (Азовское море)	НУ	0,029 0,30	0,6 <b>6</b>	0,033 0,14	0,7 <b>2,8</b>	0,034 0,23	0,7 <b>5</b>	
	СПАВ	0 0		0,13 14	<0,1 0,1	0,69 7	<0,1 <0,1	
	Аммонийный азот	30,4 138	<0,1 <0,1	40,5 173	<0,1 <0,1	29,5 92	<0,1 <0,1	
	Растворенный кислород	8,18 5,29	<b>0,88</b>	8,11 4,46	<b>0,74</b>	8,18 6,39		
Акватория п. Ялта	НУ	0,015 0,13	0,3 <b>2,6</b>	0,012 0,03	0,2 0,6	0,013 0,050	0,3 <b>1,0</b>	
	СПАВ	3,0 26,0	<0,1 0,3	1,29 8	<0,1 <0,1	7,3 45	<0,1 0,5	
	Фенол	0 0		0 0		0 0		
	γ-ГХЦГ (линдан)	1,71 6,96	0,2 0,7	0,24 2,03	<0,1 0,2	0,27 2,33	<0,1 0,2	
	α-ГХЦГ	0,50 7,30	<0,1 0,7	1,15 16,45	0,1 <b>1,6</b>	0,24 1,64	<0,1 0,2	
	ДДТ	0 0		0 0		0 0		
	ДДЭ	0,17 2,13	<0,1 0,2	0 0		0,04 0,56	<0,1 <0,1	
	ДДД	0,02 0,56	<0,1 <0,1	0,16 2,08	<0,1 0,2	0,05 0,71	<0,1 <0,1	
	Гептахлор	0,19 1,08	<0,1 0,1	0,31 1,42		0 0		
	ПХБ	0,18 4,37	<0,1 0,4	0 0		0 0		
	Аммонийный азот	12,5 32,0	<0,1 <0,1	20,6 43,0	<0,1 <0,1	14,9 42	<0,1 <0,1	
	Растворенный кислород	8,65 6,13		8,76 6,42		8,59 5,74	<b>0,96</b>	
	Севастопольская бухта	НУ	- -		0,084 0,31		- -	
		СПАВ	34,9 55,0	0,3 0,6	46,0 82,0	0,5 0,8	- -	
Аммонийный азот		6,1 49,0	<0,1 <0,1	6,1 22,9	<0,1 <0,1	28,0 131	<0,1 <0,1	
Растворенный кислород		8,90 7,02		10,09 9,04		8,00 5,88	<b>0,98</b>	

**Таблица 3.3.** Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2014–2016 гг. по индексу загрязненности вод ИЗВ.

Район	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Среднее содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Севастопольская бухта	0,28	II	0,92	III	-	-	N-NH <sub>4</sub> 0,01; O <sub>2</sub> 0,75
Акватория п. Ялта	0,22	I	0,24	I	0,26	II	HУ 0,26; N-NH <sub>4</sub> 0,01; СПАВ 0,07; O <sub>2</sub> 0,70
Керченский пролив (Азовское море)	0,66	II	0,40	II	0,36	II	HУ 0,68; N-NH <sub>4</sub> 0,01; СПАВ 0,01; 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 однократные наблюдения во все месяцы 2016 г. в прибрежных водах в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе (рис. 3.13). 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 (фосфа-



**Рис. 3.13.** Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2016 г. (ГМБ Туапсе).

тов  $\text{PO}_4$ , аммонийного азота, нитритов  $\text{NO}_2$  и силикатов  $\text{SiO}_3$ ) и загрязняющих веществ — НУ, СПАВ и растворенной в воде ртути. Экстракция нефтяных углеводородов производилась четырёххлористым углеродом. Нефтяные углеводороды определялись ИКС-методом на приборе КН-2 (концентратомер). Определение концентрации растворённой ртути (поглощение УФ) производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

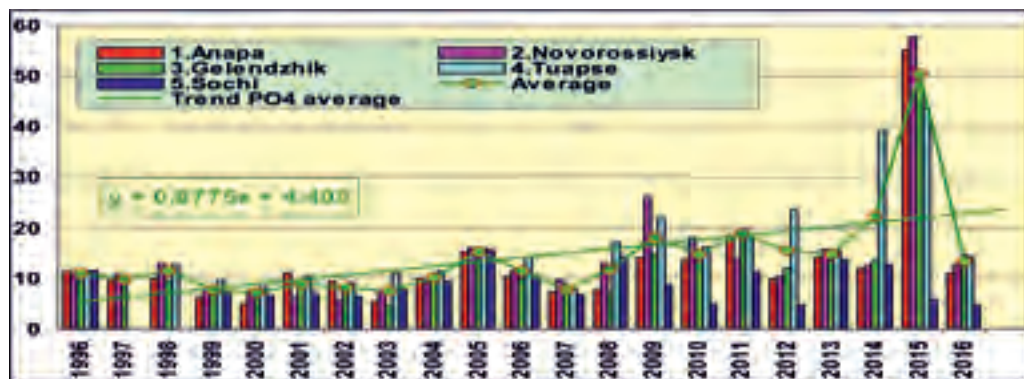
**Анапа.** На 6 станциях с глубинами 6–31 м было отобрано и проанализировано из поверхностного слоя 27 проб воды. Температура воды варьировала от 9,7 °С до 29,4 °С в конце июля. Соленость изменялась в пределах 16,93–18,80‰, средняя за год величина была немного ниже прошлогодней и составила 17,93‰; хлорность 9,37–10,41‰. Значения водородного показателя рН 8,06–8,68; общей щелочности 2,245–3,654 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В целом гидролого-гидрохимические параметры и концентрация биогенных элементов 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 2016 г.

Район	S,‰	Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	pH	PO <sub>4</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	SiO <sub>3</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>
Анапа	17,933/ 18,800	3,127/ 3,654	9,19/ 7,11	8,36/ 8,68	11,1/ 35,8	168/ 657	84,0/ 319	1,5/ 3,0
Новороссийск	17,787/ 18,540	3,135/ 3,572	8,52/ 6,84	8,39/ 8,49	12,5/ 66,2	156/ 436	173,7/ 650,7	1,5/ 4,5
Геленджик	17,711/ 18,960	3,086/ 3,561	9,55/ 7,10	8,46/ 8,59	14,82/ 99	155/ 409	146,7/ 622	0,7/ 3,2
Туапсе	17,028/ 18,460	3,214/ 3,654	8,46/ 6,29	8,37/ 8,52	14,3/ 40,7	188/ 632	50,1/ 632,3	0,8/ 4,3

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

В 2016 г. среднегодовая концентрация фосфатов значительно снизилась по сравнению с предыдущим годом во всех районах северной части Кавказского побережья (рис. 3.14). Хотя по результатам многолетних данных сохраняется тенденция повышения содержания фосфатов в прибрежных водах, однако до некоторой степени это было обусловлено значительным в 3–4 раза скачком значений у Анапы, Новороссийска и Геленджика в прошлом году. Без учета 2015 г. уравнение зависимости концентрации от года ( $y=0,4696x+7,2438$ ) показывает почти в два раза меньшие значения, а линия роста намного более пологая. Продолжилось снижение значений среднегодовой концентрации фосфатов в районе Большого Сочи, где эта величина



**Рис. 3.14.** Средняя концентрация неорганического фосфора P-PO<sub>4</sub> (фосфаты, мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2016 гг.

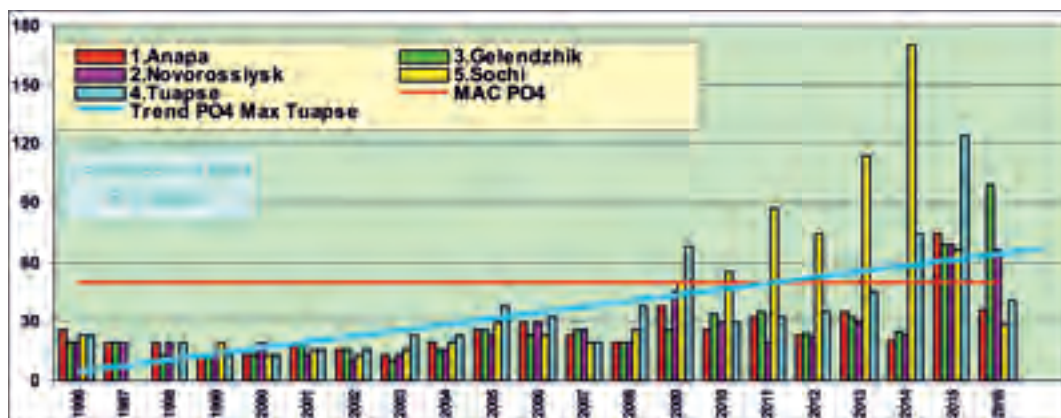


Рис. 3.15. Максимальная концентрация неорганического фосфора  $P-PO_4$  (фосфаты,  $мг/дм^3$ ) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2016 гг.

вернулась к уровню 2012 г. Максимальные значения концентрации фосфатов, обычно в примерно в 3 раза превышающие среднегодовую величину, также показывают уверенный рост в последнее десятилетие практически во всех районах контроля, а особенно заметно в районе Сочи за исключением последнего года (рис. 3.15). Только в эту декаду экстремальные цифры превышали ПДК на всех участках побережья. Содержание других биогенных элементов было в пределах естественных межгодовых изменений.

Концентрация нефтяных углеводородов в поверхностном слое вод у Анапы превышала предел обнаружения ( $DL=0,02$   $мг/дм^3$ ) в 16 из 27 проанализированных проб. Максимум достигал  $0,04$   $мг/дм^3$  ( $0,8$  ПДК) 27 апреля; среднегодовая величина снизилась в 2,4 раза и составила  $0,013$   $мг/дм^3$ . Содержание СПАВ в водах района практически не отмечалось, а их концентрация только в 2 пробах превышала предел обнаружения ( $DL=100$   $мкг/дм^3$ ) и достигала  $120$   $мкг/дм^3$ . Содержание растворенной ртути в единственной пробе из четырех проанализированных составило  $0,02$   $мкг/дм^3$  ( $0,2$  ПДК). В семи пробах была определена концентрация железа. В одной она была ниже предела обнаружения ( $DL=20$   $мкг/дм^3$ ), в остальных достигала  $53$   $мкг/дм^3$ , в среднем  $26,1$   $мкг/дм^3$ . Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ - и  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения ( $0,002$ – $0,02$   $нг/дм^3$ ) во всех пробах. Кислородный режим был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода в воде не зафиксирован: диапазон  $7,11$ – $10,86$ , в среднем  $9,19$   $мгO_2/дм^3$ . Относительное содержание растворенного в воде кислорода было в пределах  $84,5$ – $141,1\%$  насыщения и в среднем ( $107,4\%$ ) полностью совпадало с двумя предыдущими годами. Индекс ИЗВ ( $0,37$ , II класс, «чистые») не изменился по сравнению с прошлым годом (табл. 3.5). Хотя значение осталось прежним, однако из расчета индекса выпали СПАВ из-за их очень низкой концентрации в воде, но добавилось достаточно высокое, на уровне половины ПДК, содержание железа. Содержание трех других параметров расчета — нефтяных углеводородов, нитритного азота и кислорода, изменилось незначительно.

**Новоросси́йск.** В 2016 г. на 4 станциях в Цемесской бухте с глубинами 5 м и одной в открытом море на изобате 55 м почти во все месяцы года было отобрано 23 пробы воды из поверхностного слоя. Температура варьировала от  $10,3$  °С до  $29,4$  °С. Как и в прошлом году, соленость изменялась в узком диапазоне  $17,02$ – $18,54\%$ , наименьшая 14 июля, наибольшая 20 января; средняя  $17,79\%$ ; водородный показатель рН  $8,17$ – $8,49$ , средняя  $8,39$  ед.рН. Зна-

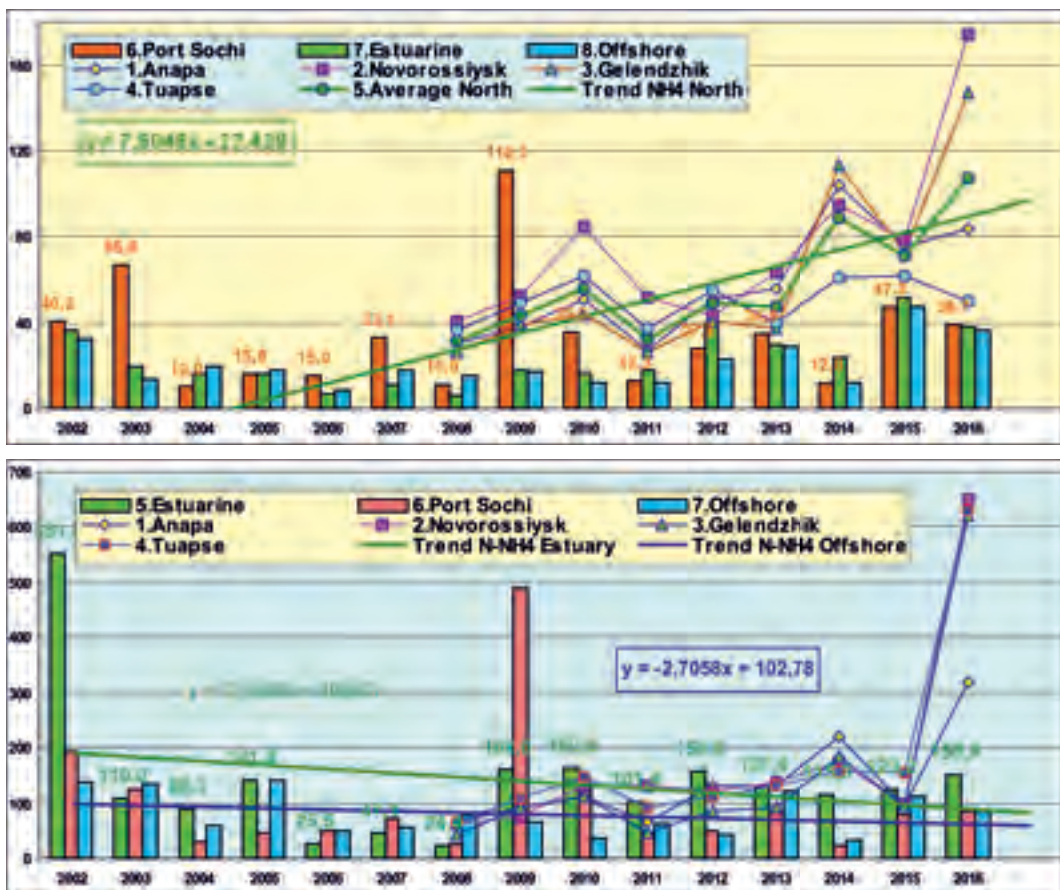


Рис. 3.16. Средняя и максимальная концентрация аммонийного азота  $N-NH_4$  ( $мкг/дм^3$ ) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2016 гг.

чения общей щелочности ( $2,404–3,572$  мг-экв/ $дм^3$ ) были в пределах обычной сезонной и межгодовой изменчивости. Концентрация фосфора фосфатов варьировала от аналитического нуля в шести пробах до  $66,2$   $мкг/дм^3$ , в среднем  $12,5$   $мкг/дм^3$ , что в 4,6 раза ниже прошлогоднего значения и практически равно позапрошлогоднему (табл. 3.4). Содержание аммонийного азота было в пределах от значений менее предела обнаружения ( $DL=50$   $мкг/дм^3$ ) до  $650,7$   $мкг/дм^3$ ; в среднем  $173,7$   $мкг/дм^3$ , что в 2,2 раза больше прошлогоднего (рис. 3.16). Такое резкое повышение было полностью обусловлено значениями в четырех октябрьских пробах из поверхностного слоя бухты (среднее  $594$   $мкг/дм^3$ ). Без этих экстремальных величин среднее значение ( $85,2$   $мкг/дм^3$ ) почти не отличается от прошлогоднего. Максимальные значения аммония в водах Цемесской бухты были наибольшими за все время наблюдений, как и в Геленджикской бухте, и в районе Туапсе. В отличие от районов северной части Кавказского побережья, где в целом отмечен рост содержания аммония, в эстуарных и открытых водах на юге между Адлером и Сочи наблюдается стабильный уровень содержания этой формы азота и даже небольшой тренд на снижение по максимальным значениям.

Концентрация нитритов варьировала в диапазоне от аналитического нуля ( $DL=0,5$   $мкг/дм^3$ , 6 проб) до  $4,5$   $мкг/дм^3$ ; в среднем  $1,5$   $мкг/дм^3$ , что в 1,8 раз меньше прошлогоднего. В течение

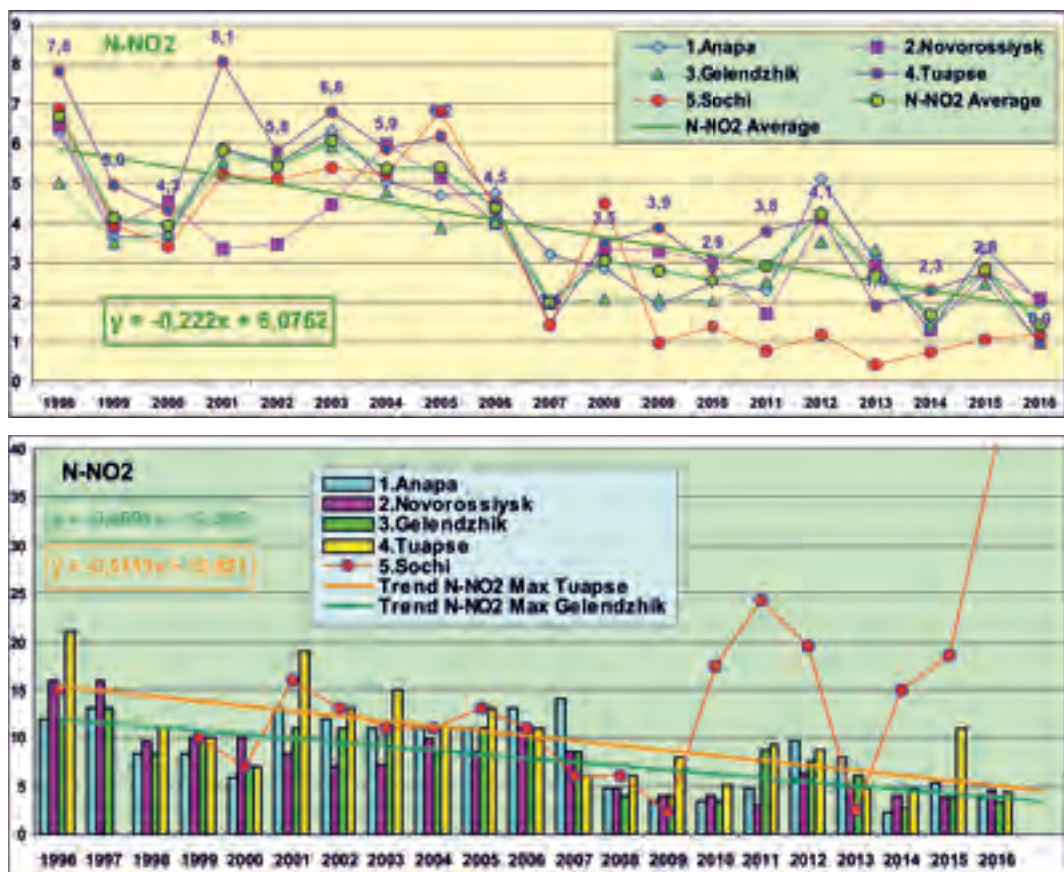


Рис. 3.17. Средняя и максимальная концентрация нитритного азота  $N-NO_2$  (мкг/дм<sup>3</sup>) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 1996–2016 гг.

последних двух десятилетий среднее содержание нитритов постепенно снижалось на всех контролируемых участках Кавказского побережья, и в 2016 г. эта тенденция продолжилась (рис. 3.17). Максимальные значения в северной части побережья снижались в последние десятилетия даже быстрее, чем средняя концентрация, хотя и наблюдалась значительная межгодовая изменчивость. На юге в районе Сочи-Адлер максимальное содержание нитритов, наоборот, очень резко возросло в последние три года до абсолютного максимума 40,6 мкг/дм<sup>3</sup>, который был зафиксирован 14 августа 2016 г. в устье реки Сочи на поверхности. Диапазон значений силикатов составил 10–436 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в начале года 20 января в кутовой части бухты. Средняя за год концентрация кремния снизилась в 3 раза по сравнению с предыдущим годом и составила 156 мкг/дм<sup>3</sup>.

Загрязнение вод Цемесской бухты нефтяными углеводородами было невысоким и по сравнению с прошлым годом снизилось в 4,6 раза до 0,019 мг/дм<sup>3</sup> в среднем за год. Концентрация НУ в семи из 24 обработанных проб была ниже предела обнаружения  $DL=0,02$  мг/дм<sup>3</sup>, а в остальных достигала 0,064 мг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК) в конце января. Только в одной пробе из 24 были обнаружены СПАВ в концентрации 260 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание растворенной ртути в двух пробах из четырех проанализированных составило 0,02 мкг/дм<sup>3</sup> (0,2 ПДК). В семи

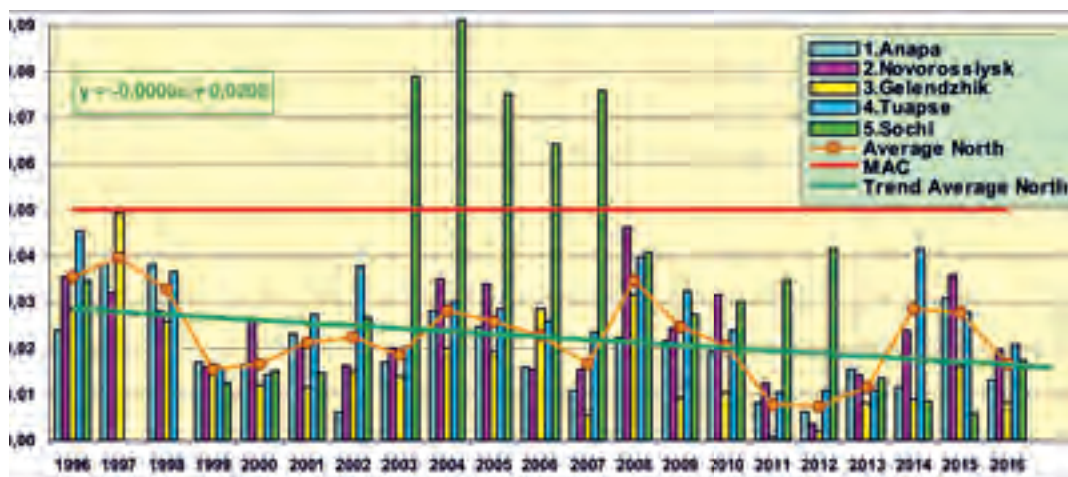
пробах была определена концентрация железа; в двух она была ниже предела обнаружения ( $DL=20$  мкг/дм<sup>3</sup>), а в остальных достигала 36 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 19,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ - и  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 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 0,34 до 3,75 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в среднем 1,90 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 6,84–10,76 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 8,52 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс ИЗВ (0,39) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, СПАВ, железа и кислорода.

**Геленджик.** В Геленджикской бухте на 5 станциях с глубинами 6 м и одной с глубиной 60 м (ст. №8) в течение всего года было отобрано 27 проб воды из приповерхностного слоя. Минимальная соленость (16,31‰) была отмечена 26 июля на отдаленной от берега ст. №8, а максимальная 20 января на двух станциях в бухте (18,96‰). Значения pH изменялись в диапазоне 8,27–8,59 ед. pH; общей щелочности — 2,293–3,561 мг-экв/дм<sup>3</sup>, наименьшие величины зафиксированы 27 апреля. На глубоководной станции №8 в открытом море в семи проанализированных пробах содержание взвешенных веществ изменялось в пределах 0,95–2,28 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,49 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация всех контролируемых биогенных элементов (нитритного и аммонийного азота, фосфатов и силикатов) была значительно ниже ПДК (табл. 3.4). Концентрация фосфатов варьировала от аналитического нуля ( $DL=5,0$  мкг/дм<sup>3</sup>) в шести пробах до 99,0 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 14,8 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения в 13 весенне-летних пробах, в январе в среднем 64,8 мкг/дм<sup>3</sup>, и было очень высоким в октябре — 616,3 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум 622,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация нитритов была в диапазоне 0 (15 проб) — 3,2 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее — 0,7 мкг/дм<sup>3</sup>; силикатов 14–409/155 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в начале года 20 января у пляжной кромки.

В 27 отобранных пробах содержание НУ изменялось от аналитического нуля в 16 пробах до 0,039 мг/дм<sup>3</sup> и составило в среднем 0,008 мг/дм<sup>3</sup>, что в 2 раза меньше прошлогоднего значения (рис. 3.18). Хотя в целом 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.

Концентрация СПАВ во всех пробах была ниже предела обнаружения ( $DL=0,10$  мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан), ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм<sup>3</sup>) во всех пробах. Концентрация растворенной ртути в двух пробах из четырех составила 0,02 мкг/дм<sup>3</sup> (0,2 ПДК). В двух пробах из семи концентрация железа была ниже предела обнаружения ( $DL=20$  мкг/дм<sup>3</sup>), а в остальных достигала 41 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 19,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание растворенного в воде кислорода изменялась в пределах 7,10–11,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, средняя 9,55 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Процентное содержание растворенного кислорода изменялось от 83,99% до 136,3%. Низкое значение индекса ИЗВ (0,32) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, железа, ртути и средней концентрации растворенного в воде кислорода.

**Туапсе.** Кроме трех стандартных гидрохимических съемок в июне, августе и декабре на четырех прибрежных станциях с глубинами 6 м (15 проб), наблюдения также проводились



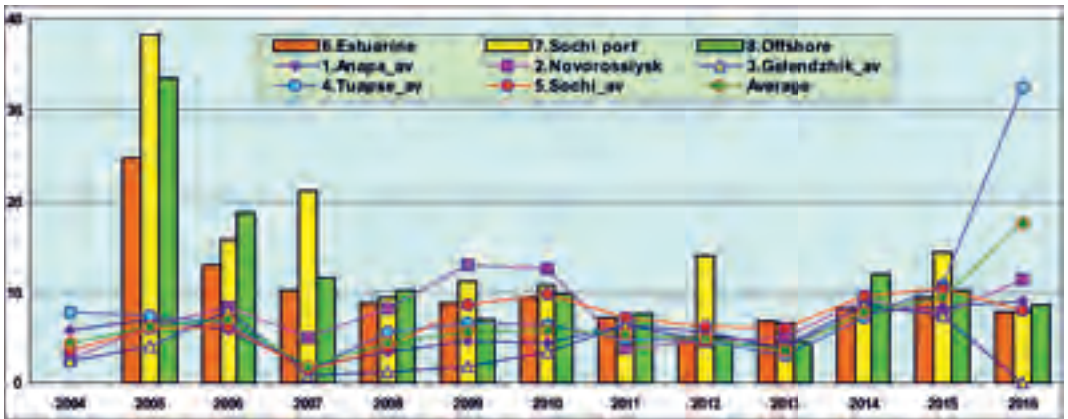
**Рис. 3.18.** Средняя концентрация нефтяных углеводородов ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2016 гг.

ежедекадно на штормовой ст. №2 с глубиной 6 м у основания волнолома (36 проб), а также на глубоководной ст. №7 с глубиной 70 м (7 проб). Все пробы отобраны из поверхностного слоя вод. Температура воды за время наблюдений изменялась в интервале 8,8–28,0 °С; соленость 15,10–18,46‰ с максимумом 15 марта. Значения рН и общей щелочности в водах вблизи Туапсе были в пределах обычных межгодовых и сезонных изменений и находились в узком диапазоне 8,15–8,52 ед.рН и 2,816–3,654 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В семи пробах, отобранных из поверхностного слоя вод на удаленной от берега ст. №5, содержание взвешенных веществ варьировало от 1,35 до 2,10 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,70 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание всех анализируемых форм биогенных элементов в исследуемом прибрежном районе было в диапазоне естественной изменчивости (табл. 3.4).

Содержание нефтяных углеводородов в поверхностном слое вод района изменялось от аналитического нуля до 0,053 мг/дм<sup>3</sup> (1,0 ПДК). Средняя за год величина составила 0,021 мг/дм<sup>3</sup>, что практически равно прошлогоднему значению (рис. 3.18). Содержание СПАВ было ниже предела обнаружения ( $DL=10 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ) в 48 пробах из 58, а максимум достигал 280 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 32,4 мг/дм<sup>3</sup>. В северной части Кавказского побережья многолетняя динамика средней концентрации СПАВ, которая была практически одинаковой и демонстрировала на всех участках в последнее десятилетие незначительный рост, в последний год показывает существенный разброс между районами контроля (рис. 3.19). Наибольшая величина (32,4 мг/дм<sup>3</sup>) была отмечена в прибрежных водах у Туапсе и определялась она десятью значениями выше предела обнаружения ( $DL=100 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ) в диапазоне 110–280 мг/дм<sup>3</sup> при концентрации ниже аналитического нуля в 48 пробах. В водах района Адлер-Сочи содержание детергентов было ниже 0,1 ПДК.

Среднее содержание растворенной ртути в восьми пробах из четырнадцати проанализированных составило 0,007 мг/дм<sup>3</sup> (0,07 ПДК), максимум составил 0,02 мг/дм<sup>3</sup>. В семи пробах была определена концентрация железа; в двух она была ниже предела обнаружения ( $DL=20 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ), а в остальных достигала 44 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 21,4 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ -ГХЦГ 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 0,81 до





**Рис. 3.19.** Средняя концентрация СПАВ ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 2004–2016 гг.

$3,78 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ; в среднем  $2,26 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  ( $0,75$  ПДК). Кислородный режим поверхностного слоя вод в районе Туапсе во все месяцы года был в пределах нормы. Минимальное значение растворенного кислорода ( $6,29 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) существенно ниже прошлогоднего ( $7,23 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ), было зафиксировано 5 июля при температуре воды  $26,6^\circ\text{C}$  и соответствовало  $86,6\%$  насыщения; среднее значение практически равнялось прошлогоднему и составило  $8,46 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Индекс ИЗВ ( $0,47$ ) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, СПАВ, железа и кислорода.

### 3.5. Прибрежная зона района Сочи — Адлер

В 2016 г. Комплексной лабораторией по мониторингу окружающей среды (КЛМОС) ФГБУ «Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей» (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», г. Сочи) в прибрежной зоне Сочи — Адлер были проведены 4 гидрохимические съемки в марте, мае, сентябре и ноябре. Наблюдения проводились с борта арендованного малого судна по 23 показателям (гидрология 11,



**Рис. 3.20.** Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи — Адлер в 2016 г. Станция VIII расположена на травере р. Мзымта в 2 морских милях от берега.

биогенные элементы 7, ТМ 3, НУ, СПАВ) на 8 станциях, расположенных на участке от устья реки Сочи до устья реки Мзымта (рис. 3.20). 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).

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 борту судна производилась экстракция нефтяных углеводородов четыреххлористым углеродом и СПАВ хлороформом, консервация проб на определение металлов — свинца, ртути, железа. Последующий химический анализ отобранных проб проводился в стационарной лаборатории КЛМОС ФГБУ «СЦГМС ЧАМ». Всего в 2016 г. было отобрано 88 проб воды: в районе Адлера (24 пробы), у Хосты (24) и Сочи (40); было выполнено 1712 анализов.

**Температура** воды в исследуемом прибрежном районе изменялась в пределах от 8,8 °С на горизонте 44 м в двух милях от эстуария реки Сочи 17 марта до 27,0 °С на поверхности на двух мористых станциях на траверзе рек Хоста и Мзымта 14 сентября. Среднее значение солености на 1,38‰ было ниже прошлогоднего и составило 16,02‰; минимальное значение (5,478‰) было зафиксировано весной 26 мая в устье реки Хоста; еще в четырех пробах из эстуарных районов рек Мзымта и Сочи, отобранных в сентябре и октябре, значения были ниже 13‰ (табл. 3.6). Максимальная соленость (18,097‰) закономерно была отмечена на глубине 50 м на траверзе Мзымты в сентябре; еще в 29 пробах она была выше 17‰. Диапазон значений рН (7,74–8,86 ед.рН) был значительно шире прошлогоднего в основном в сторону снижения, поскольку в 32 пробах величина рН была ниже прошлогоднего минимума — 8,24 ед.рН. Среднее значение (8,30 ед.рН) также было меньше прошлогоднего (8,55 ед.рН). Значения щелочности изменялись в пределах 2,554–3,239 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Диапазон значений электропроводности — 10,30–36,20 мСм/см. Содержание взвешенных веществ в водах района изменялось в течение года в пределах 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 (21,4 и 13,4 мг/дм<sup>3</sup>–2,1 и 1,3 ПДК) были отмечены 17 апреля и 26 мая в устье Мзымты в поверхностном слое; средняя концентрация ВВ — 2,65 мг/дм<sup>3</sup>, что практически равно прошлогоднему уровню — 2,63 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация аммонийного азота в водах района Адлер–Сочи изменялась в пределах 0,7–150,9 мкг/дм<sup>3</sup>, два значения больше 100 мкг/дм<sup>3</sup> (0,26 ПДК) были отмечены на поверхности в устьях рек Сочи и Мзымта 14 сентября; средняя по всем станциям составила 37,7 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,3 раза меньше прошлогодней (49,3 мкг/дм<sup>3</sup>). Средняя концентрация аммония в поверхностном и придонном слоях отличалась незначительно — 32,8 и 42,8 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. Также очень незначительно различалось содержание аммонийного азота в эстуариях рек, в порту Сочи и мористее (рис. 3.16). В водах между Адлером и Сочи в последние полтора десятилетия фиксируется относительно небольшая межгодовая изменчивость средней

концентрации этой формы азота с небольшим повышением в последние 5 лет, экстремальные всплески в отдельные годы отмечены в порту Сочи. В отличие от средней величины максимальные значения в эстуарных и мористых частях района показывают очевидный, хотя и небольшой, тренд на понижение (рис. 3.16).

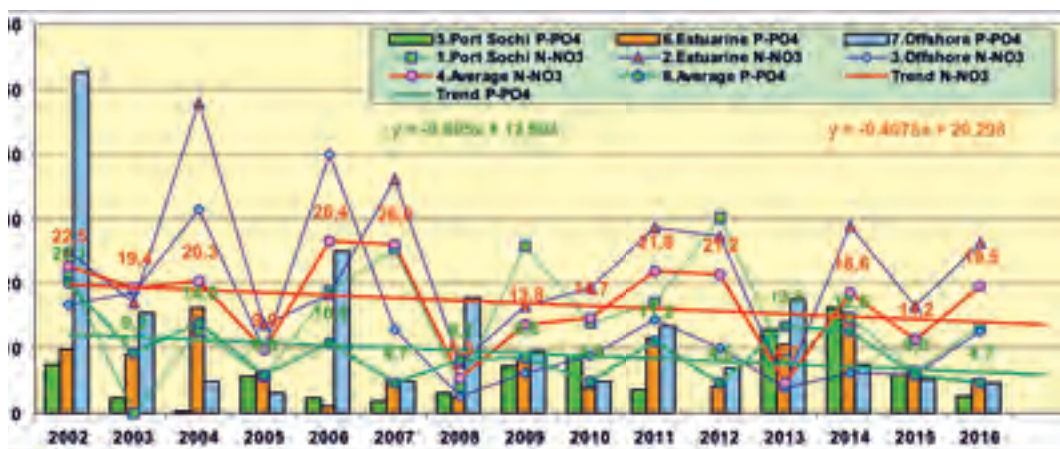
**Таблица 3.6.** Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья в районе Сочи-Адлер в 2016 г.

Район/Пробы	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 (8)	16,243/ 17,502	2,998/ 3,180	8,07/ 6,93	8,26/ 8,56	9,20/ 21,1	2,6/ 6,7	192/ 430	38,7/ 83,8	0,8/ 2,4	13,3/ 26,6	214/ 442
Эстуарии рек (32)	15,302/ 17,712	2,923/ 3,220	8,25/ 6,68	8,27/ 8,56	17,53/ 91,1	5,2/ 28,3	343/ 2278	38,4/ 150,9	1,9/ 40,6	26,2/ 156,3	221/ 635
Открытые воды (48)	16,452/ 18,097	3,017/ 3,239	8,27/ 6,80	8,33/ 8,86	9,69/ 49,9	4,7/ 13,7	156/ 474	36,6/ 85,3	0,3/ 2,8	12,6/ 51,3	163/ 454
Суммарно район (88)	16,015/ 18,097	2,981/ 3,239	8,25/ 6,68	8,30/ 8,86	13,55/ 91,1	4,7/ 28,3	254/ 2278	37,7/ 150,9	1,2/ 40,6	19,5/ 156,3	198/ 635

Alk — мг-экв/дм<sup>3</sup>; O<sub>2</sub> — мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; биогенные элементы — мкг/дм<sup>3</sup>.  
O<sub>2</sub>\* — средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.

Концентрация нитритного азота изменялась от значений ниже предела обнаружения DL=0,1 мкг/дм<sup>3</sup> в 31 пробе из 64 до 40,6 мкг/дм<sup>3</sup> (1,7 ПДК) на поверхности в устьевой области реки Сочи 14 сентября; остальные значимые величины были меньше 6,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация по всем станциям составила 1,16 мкг/дм<sup>3</sup>, что почти равно прошлогодней; в поверхностном слое составила 0,63, а в подповерхностном столбе воды до дна в 2,7 раз больше — 1,73 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация нитритного азота в последние семь лет устойчиво держится в районе 1 мкг/дм<sup>3</sup> после многократного снижения в 2006 г. (рис. 3.17). Наибольшие величины показывают очень большие межгодовые колебания, а максимум в нынешнем столетии был отмечен в этом году.

Концентрация нитратов изменялась от аналитического нуля в эстуарии ручья Малый в конце мая до 156,3 мкг/дм<sup>3</sup> в этот же день южнее у берега в эстуарии реки Хоста; в среднем 19,49 мкг/дм<sup>3</sup> (две тысячных ПДК), что в 1,7 раза больше прошлогоднего. В последние полтора десятилетия на всех участках акватории Большого Сочи среднегодовое содержание



**Рис. 3.21.** Средняя концентрация нитратов N-NO<sub>3</sub> и фосфатов P-PO<sub>4</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2002–2016 гг.

нитратов резко и почти синхронно изменялось в основном в пределах 10–25 мг/дм<sup>3</sup>; при этом различается общий незначительный тренд на понижение (рис. 3.21). Содержание общего азота изменялось, как обычно, в очень широком диапазоне от 16,8 в устье Хосты в апреле до 635,4 мг/дм<sup>3</sup> в середине сентября в эстуарном районе Мзымты, составив в среднем 198,4 мг/дм<sup>3</sup> (уменьшение на 5%); максимальная концентрация в 3,5 раза ниже прошлогодней. Существенных различий между слоями не отмечено: в поверхностном слое среднегодовая концентрация по всем станциям составила 209 мг/дм<sup>3</sup>; а в подстилающих водах — 190 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание суммарного азота в порту Сочи 241 мг/дм<sup>3</sup> (2015 — 466, 2014 — 345; 2013 — 220), в эстуариях рек 221 мг/дм<sup>3</sup> (157, 286; 192) и в открытом море 163 мг/дм<sup>3</sup> (193, 198; 225).

Концентрация **фосфатов** изменялась от аналитического нуля в 16 пробах из 64 проанализированных до максимума 28,3 мг/дм<sup>3</sup>, зафиксированного 17 апреля сразу в двух пробах из эстуарных районов рек Сочи и Мзымты. Уменьшение в 2,3 раза по сравнению с прошлым годом наибольшего содержания фосфатов привело к возвращению этого показателя к значениям начала столетия после семилетнего периода повышенных величин — более 30 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 3.15). Средняя за год концентрация по всем станциям составила 4,7 мг/дм<sup>3</sup> (2015–6,0; 2014–12,6; 2013–13,5); существенных различий между слоями не отмечено — у поверхности 5,0 мг/дм<sup>3</sup>, глубже- 4,5 мг/дм<sup>3</sup>. Такие величины относятся к группе самых низких из всего ряда наблюдений с конца прошлого века (рис. 3.14). Как и в прошлом году, средняя концентрация фосфатов была наибольшей в эстуарных районах рек исследованной акватории (5,2 мг/дм<sup>3</sup>), немного меньше в открытых водах района (4,6) и в 2 раза меньше в порту Сочи (2,6). В девяти пробах из 64 содержание общего фосфора было ниже предела обнаружения (DL=0,1 мг/дм<sup>3</sup>), а в остальных достигало 91,1 мг/дм<sup>3</sup> (устье р. Сочи в конце апреля); среднее значение составило 13,6 мг/дм<sup>3</sup>, что в 2,6–4,6 раз меньше уровня последних трех лет. Существенных различий по вертикали не наблюдалось — в поверхностном слое вод района среднее значение составило 11,8 мг/дм<sup>3</sup>, а в подстилающих водах — 14,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **силикатов** в пересчете на кремний варьировала в диапазоне 22,5–2278 мг/дм<sup>3</sup>, максимум был в 2 раза выше прошлогоднего и зафиксирован 26 мая в эстуарии реки Хоста. Следующее по величине значение (1142 мг/дм<sup>3</sup>) отмечено в устье реки Мзымта, только в середине сентября. Среднегодовая составила 254 мг/дм<sup>3</sup>, что в 2,6 раза выше прошлогоднего. Поскольку важнейшим источником силикатов является речной сток, их содержание в эстуарной области рек района Большого Сочи было наибольшим (343 мг/дм<sup>3</sup>), в 1,8 раза меньше в порту Сочи (192) и наименьшим в открытых водах на удалении от берега (156). В приповерхностном слое вод района исследования содержание кремниевой кислоты (323) было в 1,7 раз выше, чем в промежуточных и придонных водах до глубины 57 м (185 мг/дм<sup>3</sup>).

В 2016 г. в прибрежных водах между Адлером и Сочи содержание **нефтяных углеводородов** изменялось в диапазоне от аналитического нуля (всего 4,7% — три пробы из 64, в отличие от 72% в прошлом году) до 111 мг/дм<sup>3</sup> (2,2 ПДК); в среднем составило 17 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 3.7). Среднегодовая величина была в 2–3 раза выше, чем в последние три года, однако существенно меньше предыдущего десятилетия (рис. 3.18). Максимальная величина была в 1,6 раза больше прошлогодней и была зафиксирована 30 ноября в придонном слое на глубине 6 м в устье реки Хоста. Средняя концентрация НУ в поверхностных и глубинных водах была одинаковой — 17 мг/дм<sup>3</sup>. Воды акватории порта Сочи в периоды наблюдений были наименее загрязненными НУ (в среднем 13 мг/дм<sup>3</sup>), немного больше было отмечено в эстуарных участках (15), а наибольшим было их содержание на удалении 2 морские мили от берега (22). В целом на всей акватории прибрежного района Большого Сочи содержание не-

фтяных углеводов постепенно снижается за последние полтора десятилетия до уровня, предшествовавшего 2003 г.

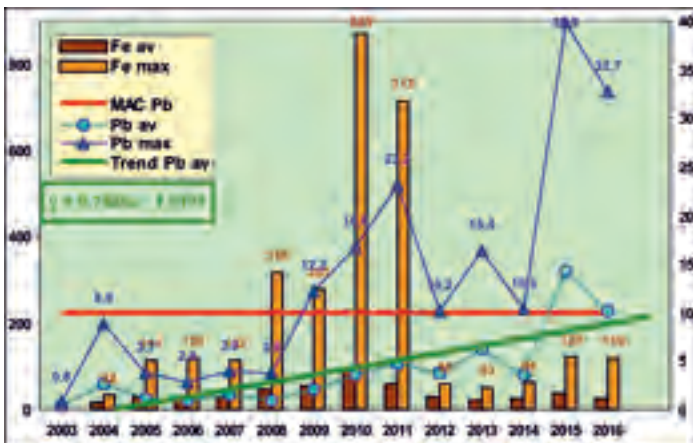
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) присутствовали во всех исследованных пробах воды в незначительном количестве. Их концентрация изменялась в диапазоне 0,5–25,3 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум (0,25 ПДК) зафиксирован на траверзе реки Хоста в двух милях от берега в середине сентября; среднее значение практически равнялось прошлогоднему и составило 8,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Распределение детергентов было практически однородным по всей исследованной акватории: в водах порта Сочи — средняя 7,7 мкг/дм<sup>3</sup>; в эстуарных (7,8) и мористых (8,5) участках района. После относительно высоких значений содержания СПАВ в 2005–2007 гг. их концентрация стабилизировалась около 0,1 ПДК (рис. 3.19).

Концентрация определяемых по БПК<sub>5</sub> легко окисляемых органических веществ составила 0,34–2,58 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; максимум (0,9 ПДК) был отмечен 17 апреля в устье реки Сочи при температуре воды 9,6 °С и солёности 14,0‰; среднее значение по всему району составило 1,26 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК). Различия между мористыми участками, эстуарными и акваторией порта Сочи незначительны — средние 1,19; 1,24 и 1,56 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> соответственно. Распределение органических веществ в столбе воды было равномерным — в среднем 1,20 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и 1,32 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> глубже.

**Hg.** 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. В последние годы растворенная в воде ртуть в прибрежных водах Большого Сочи была обнаружена только в апреле 2013 г. с максимумом 0,0042 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Pb.** Содержание свинца в прибрежных водах района Сочи-Адлер было в диапазоне 0,2–32,7 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация уменьшилась почти на треть по сравнению с предыдущим годом до 10,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение (3,3 ПДК) также немного снизилось и было зафиксировано в апреле в устье ручья Малый. Всего в 26 пробах из 64 (41%) концентрация свинца была выше норматива. В целом в последние полтора десятилетия наблюдается повышение и средних, и экстремальных значений содержания свинца в водах района (рис. 3.22). В 2015–2016 гг. средняя концентрация превышала ПДК.

**Fe.** Концентрация железа в прибрежных водах между устьями рек Мзымта и Сочи изменялась в диапазоне 3,8–118,5 мкг/дм<sup>3</sup>; средняя величина 25,8 мкг/дм<sup>3</sup>. Как и в прошлом году, в 10 пробах (16%) значения превышали ПДК, в основном в водах порта Сочи и эстуариях рек 14 сентября. Максимум (2,4 ПДК) был зафиксирован на поверхности акватории порта Сочи.



**Рис. 3.22.** Средняя и максимальная концентрация железа и свинца (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003–2016 гг.

Среднегодовая концентрация железа здесь составила 43,4; в эстуарных районах 25,7, а мористее 20,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Средние значения в поверхностном и придонном слоях воды практически не отличались — 26,4 и 25,3 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 2016 г. кислородный режим вод исследуемого района между устьями рек Мзымта и Сочи немного отличался от предыдущего года. Минимальная концентрация кислорода понизилась на 0,56 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 6,68 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (84% насыщения) и была отмечена в устье реки Хоста 14 сентября при температуре воды 26,6 °С. Средняя величина по всем пробам также уменьшилась на 0,62 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 8,24 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 подстигающими слоями не наблюдалось: средняя на поверхности 8,29 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а в более глубоких слоях 8,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Среднее по всем станциям и горизонтам насыщение воды кислородом в 2016 г. понизилось на 8% и составило 92,4%, диапазон 68–97%.

**Таблица 3.7.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Сочи — Адлер	НУ	0,009	0,2	0,006	0,1	0,017	0,3
		0,13	<b>2,6</b>	0,07	<b>1,4</b>	0,11	<b>2,2</b>
	СПАВ	9,6	<0,1	10,3	0,1	8,0	<0,1
		76,0	0,8	20,0	0,2	25,3	0,3
	Аммонийный азот*	18,0	<0,1	49,3	<0,1	37,7	<0,1
		115,3	<0,1	123,2	<0,1	150,9	<0,1
	Нитритный азот	0,74	<0,1	1,05	<0,1	1,16	<0,1
		15,0	0,6	18,6	0,8	40,6	<b>1,7</b>
	Железо	24,3	0,5	36,5	0,73	25,8	0,5
		64,5	<b>1,3</b>	123,0	<b>2,5</b>	118,5	<b>2,4</b>
Свинец	3,7	0,4	14,3	<b>1,4</b>	10,2	<b>1,0</b>	
	10,3	<b>1,0</b>	39,9	<b>4</b>	32,7	<b>3</b>	
БПК <sub>5</sub> мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,2	0,4	1,15	0,4	1,26	0,4	
	2,0	0,7	2,36	0,8	2,58	0,9	
Взвешенные вещества	2,02	0,2	2,63	0,3	2,65	0,3	
	5,9	0,6	15,8	<b>1,6</b>	21,4	<b>2,1</b>	
Кислород	8,94		8,86		8,25		
	7,75		7,24		6,68		

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С\*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; аммонийного 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. 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 (2256 мкгN/дм<sup>3</sup>).  
5. Концентрация ртути была ниже предела обнаружения используемого метода химического анализа.

**Оценка вод района Сочи–Адлер.** В 2016 г. уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи был небольшим и еще уменьшился по сравнению с предыдущим годом. По расчетному комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ в 2016 г. (0,67) воды перешли в класс «чистые» (табл. 3.5). Средняя концентрация боль-

шинства нормируемых загрязняющих веществ, за исключением свинца, была существенно ниже установленных для морских вод нормативов. В то же время максимальная концентрация в отдельных пробах превышала ПДК для нефтяных углеводородов (до 2,2 ПДК), железа (2,4 ПДК), свинца (3,3 ПДК), взвешенных веществ (2,1 ПДК). Наибольшее содержание легкоокисляемого органического вещества, определяемого по БПК<sub>5</sub>, немного не достигало установленного предела и составляло 0,86 ПДК. Растворенная ртуть в водах района выявлена не была. В 2016 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, НУ и органические вещества. Индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 50%, поскольку пять параметров из 10 нормируемых превышали ПДК (Fe, Pb, NO<sub>2</sub>, НУ и ВВ). Воды района характеризуются единичной повторяемостью превышения ПДК (менее 10%) по нефтяным углеводородам (7,8%, пять проб из 64), взвешенным веществам (2,3%, две пробы из 88), железу (9,4%, девять проб из 64) и устойчивой (40,6%, 26 проб из 64) по свинцу. Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением каждого параметра был средним (2–10 раз) для НУ, ВВ, Fe и Pb. 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 свинцом. Состояние вод района в многолетней динамике оценивается как стабильное.

**Таблица 3.5.** Оценка качества вод прибрежной акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2014–2016 гг.

Районы и подрайоны	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Среднее содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Анапа	0,25	I	0,38	II	0,37	II	НУ 0,26; NO <sub>2</sub> 0,06; Fe 0,52; O <sub>2</sub> 0,65
2. Новороссийск	0,32	II	0,41	II	0,39	II	НУ 0,38; Fe 0,38; СПАВ 0,11; O <sub>2</sub> 0,70
3. Геленджик	0,24	I	0,30	II	0,32	II	НУ 0,16; Fe 0,39; Hg 0,10; O <sub>2</sub> 0,63
4. Туапсе	0,42	II	0,37	II	0,47	II	НУ 0,42; Fe 0,43; СПАВ 0,32; O <sub>2</sub> 0,71
5. Район Сочи — Адлер	0,48	II	0,81	III	0,67	II	Fe 0,52; Pb 1,02; БПК <sub>5</sub> 0,42; O <sub>2</sub> 0,73
5.1. Акватория порта Сочи	0,47	II	0,96	III	0,93	III	Fe 0,87; Pb 1,60; БПК <sub>5</sub> 0,52; O <sub>2</sub> 0,74
5.2. Устья рек Сочи, Хоста, Мзымта и ручья Малый	0,49	II	0,82	III	0,65	II	Fe 0,51; Pb 0,96; БПК <sub>5</sub> 0,41; O <sub>2</sub> 0,73
5.3. Открытое море	0,48	II	0,74	II	0,62	II	НУ 0,44; Fe 0,40; Pb 0,92; O <sub>2</sub> 0,73

## 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

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

### 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 20080 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 России, 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 мас-



сы: 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 °С; 2) придонную с соленостью 10–21‰ и температурой от 4,5 до 12 °С, она занимает впадины в открытых районах моря; 3) переходная (2–6 °С, 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 стонно-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. Льдообразование 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 2016 г. наблюдения в восточной части Финского залива и Невской губе были выполнены ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (ФГБУ «СЗ УГМС», г. Санкт-Петербург) на 47 станциях: на акватории Невской губы к востоку от Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) от наводнений до устья реки Нева работы проводились на 25 станциях, в том числе на акватории МТП на одной станции в течение всего года; 7 раз в год в Невской губе; в восточной части Финского залива за пределами КЗС 29 октября — 1 ноября — на 15 (мелководная зона — 6, Лужская губа — 2, Копорская губа — 2, глубоководный район — 5), в Выборгском заливе на 7 станциях (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. Наблюдения осуществлялись с использованием экспедиционного судна «Бриз», в зимний период со льда, на курортных станциях — с берега.



Рис. 4.1. Схема расположения станций мониторинга морской среды в Невской губе в 2016 г.

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 водах» (РД 52.24.420–2006). Химические анализы выполнялись в Аналитической лаборатории ФГБУ «Северо-Западное УГМС», аккредитованной на техническую компетентность Росстандартом и зарегистрированной в государственном реестре за номером РОСС RU.0007.510422. Содержание нефтепродуктов определялось ИК-спектрометрическим методом; фенола — хроматография; СПАВ — (для Невской губы) методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов — газохроматографическим методом; металлов — методом атомно-абсорбционной спектроскопии фильтрованных проб воды.

### 4.3. Характеристика гидрометеорологических условий

Отличительной особенностью последних лет был повышенный относительно нормы температурный фон в большинстве месяцев всех сезонов. Последний год снова стал очень теплым, оказавшись 12 в ряду самых теплых лет за весь ряд регулярных наблюдений в Санкт-Петербурге. Средняя температура воздуха за год по акватории восточной части Финского залива составила +5,6...+6,6°C, что на 1,8–2,5°C выше нормы. В течение большей части года аномалия температуры воздуха оставалась положительной, холодными оказались только январь с отклонением от нормы на –3°C и осенние месяцы, в октябре отклонение от нормы составило –0,7°C, в ноябре –1,9°C. Год стал рекордным по количеству осадков. В Санкт-Петербурге сумма осадков достигла 863,6 мм и превысила значение 2012 г., остававшегося рекордным до настоящего времени. Превышение нормы наблюдалось в большинстве месяцев, но основной вклад в общее количество осадков отмечен в летние месяцы и в ноябре. Лето 2016 г стало одним из самых дождливых на территории Ленинградской области за длительный ряд наблюдений. Количество осадков за три летних месяца по данным метеостанций восточной части Финского залива и Невской губы составило от 400 до 490 мм и превысило все имеющиеся аналоги прошлых дождливых лет (1987, 1998, 2000 и 2009 гг.). Наиболее сильные и продолжительные дожди наблюдались в июле и августе. При этом водность р. Невы в среднем за 2016 г. (2340 м<sup>3</sup>/с) была на 6% ниже среднего многолетнего значения за период 1859–1941 и 1943–2015 гг.

Продолжительность периода с ледовыми явлениями на р. Неве составило 91–110 дней, что на 43–60 дней меньше нормы. Устойчивое ледообразование в Невской губе началось в последней декаде декабря 2015 г. или в начале января 2016 г. на месяц позже средних многолетних сроков после окончательного перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C в сторону отрицательных значений 27 декабря — на 41 день позже нормы. Ледовый период 2015–2016 гг. был короче обычного на 30–40 дней. Процессы ледообразования зимой 2015–2016 гг. на акватории восточной части Финского залива происходили по типу мягкой зимы. Характерной особенностью минувшей зимы было экстремально позднее устойчивое появление льда на акватории Финского залива.

Средний годовой уровень моря в 2016 г. по всей акватории Финского залива был близок к средним многолетним значениям. Однако на протяжении большей части рассматриваемого периода значения средних месячных уровней немного превышали средние многолетние величины. Наибольшие положительные отклонения порядка 26–32 см отмечались в феврале. Температура воды в навигационный период в восточной части Финского залива и Невской губе следовала за внутригодовым ходом температуры воздуха. Среднегодовая температура

воды на акватории восточной части Финского залива, Выборгского залива и Невской губы находилась в пределах 7,6–8,3 °С, что на 0,6–0,7 °С выше средних многолетних значений. Для 2016 г. характерен пониженный фон солености на всей рассматриваемой акватории. Наибольшая средняя месячная соленость воды у южного берега восточной части Финского залива (МПП-1 Шепелево) отмечена в ноябре и составила 3,67‰, абсолютный максимум 4,79‰ — 1 июня. Среднее за год значение солености составило 2,83‰.

#### 4.4.1. Центральная часть Невской губы

В Невской губе в 2016 г. гидрохимические съемки проводились в феврале со льда и в период с мая по октябрь (навигационный период) ежемесячно. Отбор проб осуществлялся с поверхностного, промежуточного (6–8 м) и придонного горизонтов (глубина станций 13–15 м). 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 0,06 до 2,07‰ (табл. 4.1). Величина водородного показателя рН была в диапазоне 7,13–7,72, в среднем — 7,42. Максимальное значение было отмечено в промежуточном слое в начале мая вблизи морского порта в кутовой части Невской губы. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,477 ммоль/дм<sup>3</sup> до 0,98 ммоль/дм<sup>3</sup> в начале сентября в поверхностном слое. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в 4% всех отобранных проб. Диапазон концентрации в поверхностном слое находился в пределах от минимально определяемой величины (DL=0,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) до 4,2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в придонном до 3,2 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 7,83 до 13,95 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и в пределах от 7,43 до 13,45 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в придонном слое. Средняя в столбе воды была ниже значений предыдущих лет.

**Таблица 4.1.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Центральной части Невской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	13,47/ 18,10	13,15/ 20,93	11,67/ 21,12	12,68/ 20,77	14,1/ 22,23	13,01/ 20,63
Соленость (‰)	НД	НД	НД	НД	0,09/ 2,07	0,09/ 2,07
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,32/ 20,88	10,13/ 15,58	10,43/ 14,03	10,08/ 14,16	9,83/ 13,95	10,16/ 15,72
Кислород (%)	96,9/ 142,2	94,7/ 113,3	94,5/ 119,4	91,3/ 124,0	94,1/ 120,3	94,3/ 142,2
рН	7,54/ 7,93	7,54/ 8,50	7,44/ 8,32	7,41/ 7,99	7,44/ 7,98	7,47/ 8,14
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,56/ 1,32	0,56/ 0,95	0,55/ 0,99	0,52/ 0,78	0,54/ 0,98	0,55/ 1,00
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	1,67/ 4,91	1,45/ 4,97	1,71/ 7,2	1,51/ 3,2	1,49/ 4,2	1,57/ 4,90

**Биогенные вещества.** Содержание фосфора фосфатов было ниже предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) в 110 пробах из 230; максимум в поверхностном слое достигал 24 мкгР/дм<sup>3</sup> в июле, а на придонном горизонте — 35 мкгР/дм<sup>3</sup> в июне. Средняя величина была на уровне значений предыдущей пятилетки (табл. 4.2). Содержание общего фосфора

варьировало в диапазоне от аналитического нуля ( $DL=5,0$   $\text{мкг/дм}^3$ , 45 проб) до высокого значения  $58$   $\text{мкгP/дм}^3$ , зафиксированного в придонном слое в июне. Концентрация аммонийного азота не превышала предел обнаружения ( $DL=10$   $\text{мкгN/дм}^3$ ) в 47 пробах, а в остальных достигала  $550$   $\text{мкгN/дм}^3$  в поверхностном слое и  $499$   $\text{мкгN/дм}^3$  в придонном. Наибольшее содержание аммонийного азота наблюдалось в феврале на ст. №42 в северной части губы. Средняя величина ( $78,35$   $\text{мкгN/дм}^3$ ) превысила значение среднего содержания за последние 5 лет ( $68,21$   $\text{мкгN/дм}^3$ ). Концентрация нитритов была в диапазоне  $2\text{--}64$   $\text{мкгN/дм}^3$ ; средняя ( $10,89$   $\text{мкгN/дм}^3$ ,  $0,45$  ПДК для мезотрофных водоемов) была немного выше прошлогодней. В 2016 г. концентрация азота нитратов в водах Невской губы изменялась в пределах  $82\text{--}916$   $\text{мкгN/дм}^3$ ; и максимальная, и средняя величины были больше прошлогодних, и выше уровня предыдущих лет.

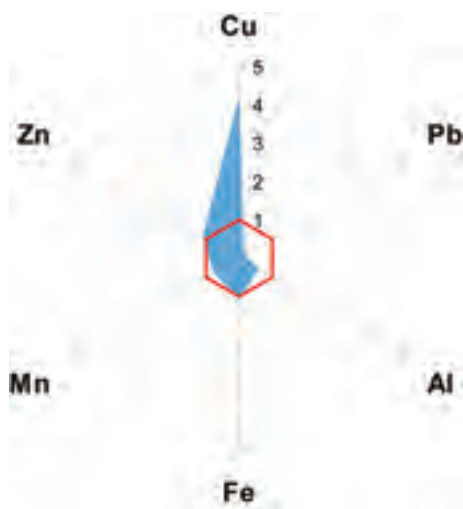
**Таблица 4.2.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах Центральной части Невской губы в 2012–2016 г.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный $\text{N-NH}_4$	50,9/ 240,0	54,3/ 320,0	76,8/ 870,0	71,6/ 580,0	78,4/ 550,0	68,24/ 548,0	389
Азот нитритов $\text{N-NO}_2$	6,5/ 101,5	6,1/ 77,3	7,1/ 80,0	9,1/ 80,5	10,9/ 64,0	7,96/ 80,7	24
Азот нитратов $\text{N-NO}_3$	221,7/ 870,0	238,5/ 550,0	215,9/ 690,0	216,3/ 710,0	245,7/ 916,0	227,61/ 588,94	9032
Общий азот $\text{N}_{\text{total}}$	654,6/ 1390	692,4/ 1490	699,7/ 1950,0	612,4/ 1300,0	661,89/ 1315,0	664,16/ 1517,0	
Фосфатный фосфор $\text{P-PO}_4$	2,5/ 57,0	3,9/ 49,0	2,9/ 64,0	2,5/ 28,0	5,3/ 35,0	3,41/ 46,6	50
Общий фосфор $\text{P}_{\text{total}}$	7,1/ 75,0	9,0/ 66,0	7,2/ 79,0	6,6/ 43,1	11,5/ 58,0	8,26/ 64,22	

**Органические загрязняющие вещества.** Из 224 отобранных в 2016 г. проб только в 4 пробах было отмечено присутствие нефтяных углеводородов в концентрации равной уровню чувствительности метода химического анализа ( $DL=0,04$   $\text{мг/дм}^3$ ), что составляет 2% проб. Очевидно, воды Невской губы не являются загрязненными нефтяными углеводородами. В 110 случаях их 186 концентрация СПАВ была ниже предела определения ( $DL=10$   $\text{мкг/дм}^3$ ). Содержание детергентов находилось в диапазоне от минимально определяемых величин до  $44$   $\text{мкг/дм}^3$  в поверхностном слое, и до  $27$   $\text{мкг/дм}^3$  в придонном слое; средняя во всем столбе воды —  $7,6$   $\text{мкг/дм}^3$ . Содержание фенолов выше предела обнаружения было отмечено в 2 пробах ( $0,6$   $\text{мкг/дм}^3$ ) в июле и августе в поверхностном слое. 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.

**Металлы.** Воды центральной части Невской губы загрязнены металлами. Концентрация меди превышала ПДК ( $1$   $\text{мкг/дм}^3$ ) в 96% проб, и максимальная, и средняя величины были больше прошлогодних, и выше уровня предыдущих пяти лет (рис. 4.2, табл. 4.3). Максимальная концентрация была зафиксирована на ст. №14 в июле: в поверхностном слое содержание составило  $40$   $\text{мкг/дм}^3$  ( $40$  ПДК), в придонном слое —  $19$   $\text{мкг/дм}^3$  ( $19$  ПДК).

Предельно допустимый уровень по содержанию цинка ( $10$   $\text{мкг/дм}^3$ ) был превышен в 37% проб из 224 отобранных. Наибольшая концентрация наблюдалась в поверхностном слое в сентябре на ст. №2 —  $59$   $\text{мкг/дм}^3$ , что соответствует уровню  $5,9$  ПДК. Содержание марганца превышало ПДК ( $10$   $\text{мкг/дм}^3$ ) в 26% проб. В поверхностном горизонте содержание марганца находилось в диапазоне от минимально определяемых величин до  $53,3$   $\text{мкг/дм}^3$  ( $5,3$  ПДК,



**Рис. 4.2.** Диаграмма превышения концентрации металлов по отношению к ПДК в водах Центральной части Невской губы в 2016 г.

ст. № 10, август), в придонном — до 40,7 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 39, июнь). Предельно допустимый уровень по содержанию общего железа (100 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 44% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в поверхностном горизонте в октябре на ст. № 6—303 мкг/дм<sup>3</sup>, что соответствует уровню более 3 ПДК. Предельно допустимый уровень по содержанию алюминия (40 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 13% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в придонном горизонте в сентябре на ст. № 14—58 мкг/дм<sup>3</sup>, что соответствует уровню 1,5 ПДК. Предельно допустимый уровень по содержанию свинца (6 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 4 пробах. Наибольшая концентрация (8,9 мкг/дм<sup>3</sup>) наблюдалась в октябре на ст. № 39 в толще воды на горизонте 7 м, что соответствует уровню 1,5 ПДК. Содержание никеля и кобальта не превышало установленного норматива.

**Таблица 4.3.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в столбе воды Центральной части Невской губы в 2012–2016 гг.

Металлы	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	3,1/ 13,0	2,6/ 12,7	2,4/ 10,0	3,6/ 28,0	4,2/ 40,0	3,2/ 20,7	1
Zn	14,9/ 186,0	12,0/ 84,0	9,8/ 62,0	11,1/ 65,0	11,0/ 59,0	11,8/ 91,2	10
Mn	9,5/ 287,0	8,4/ 75,0	7,0/ 37,0	12,3/ 189,0	7,6/ 53,3	9,0/ 128,3	10
Fe	158,0 760,0	Н/д	Н/д	48,4/ 330,0	106,0 303,0	72,9/ 250,6	100
Al	Н/д	Н/д	Н/д	21,5/ 78,0	23,5/ 58,0	22,5/ 68,0	40
Pb	2,8/ 9,4	2,2/ 9,7	1,0/ 4,6	0,7/ 4,2	0,9/ 8,9	1,5/ 7,4	6

#### 4.4.2. Северный Курортный район Невской губы

В 2016 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. В северном курортном районе Невской губы значения солёности изменялись в пределах от 0,06 до 0,11‰ (табл. 4.4). Величина водородного показателя pH

была в диапазоне 7,09–8,69, в среднем — 7,52. Значения показателя щелочности варьировали в интервале 0,556–1,047 ммоль/дм<sup>3</sup> в начале августа. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в 4 из 6 отобранных проб. Диапазон концентрации находился в пределах от 2,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до зафиксированного в сентябре максимального значения 7,6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (более 2 ПДК). Средняя концентрация легкоокисляемых органических веществ превысила усредненное значение за предыдущие 5 лет. Кислородный режим в районе в течение всего года был удовлетворительным. Содержание абсолютного кислорода соответствовало установленной норме 6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и изменялось в пределах 8,82–14,08 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Случаев дефицита кислорода (менее 70% насыщения) отмечено не было. Перенасыщение вод кислородом (более 100%) было зафиксировано в трех пробах. Максимум был отмечен в августе — 153,9%.

**Таблица 4.4.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северного Курортного района Невской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°C)	16,56/ 19,20	16,23/ 20,70	14,97/ 25,2	14,27/ 19,30	14,73/ 19,80	15,35/ 20,84
Соленость (‰)	НД	НД	НД	НД	0,08/ 0,11	0,08/ 0,11
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	11,24/ 13,90	10,21/ 11,63	11,06/ 13,33	10,66/ 11,78	11,43/ 14,08	10,92/ 12,94
Кислород (%)	115,2/ 141,1	103,18/ 129,0	108,67/ 134,8	103,62/ 122,7	112,73/ 153,9	108,68/ 136,30
pH	8,16/ 9,73	7,93/ 9,40	8,07/ 9,38	7,53/ 8,35	7,52/ 8,69	7,84/ 9,11
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,62/ 0,76	0,66/ 0,79	0,63/ 0,71	0,57/ 0,61	0,71/ 1,05	0,64/ 0,78
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	1,96/ 3,61	3,06/ 7,72	2,55/ 3,1	2,95/ 5,9	4,12/ 7,6	2,93/ 5,59

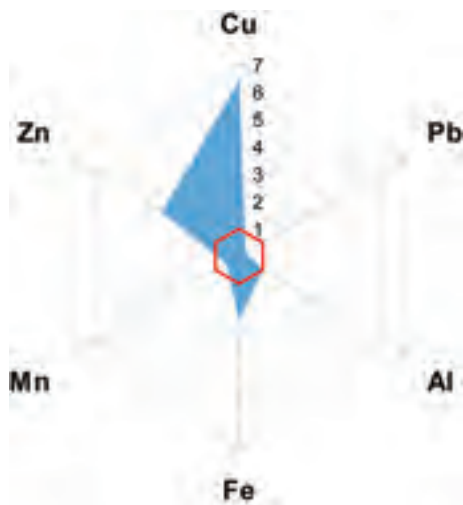
**Биогенные вещества.** В 2016 г. во всех пробах содержание фосфора фосфатов было выше предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение 22 мкгР/дм<sup>3</sup> было отмечено в августе. Средняя величина (14,9 мкгР/дм<sup>3</sup>) была существенно выше значений предыдущей пятилетки (табл. 4.5). Максимальное значение общего фосфора было зафиксировано в августе и составило 36 мкгР/дм<sup>3</sup>. Концентрация аммонийного азота не превышала предел обнаружения (DL=10 мкгN/дм<sup>3</sup>) в 2 пробах. Наибольшее содержание аммонийного азота (135,0 мкгN/дм<sup>3</sup>) наблюдалось в июле. Средняя величина (42,33 мкгN/дм<sup>3</sup>) была существенно ниже значения за последние 5 лет (74,30 мкгN/дм<sup>3</sup>). Концентрация нитритов изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 55 мкгN/дм<sup>3</sup>; средняя (15,90 мкгN/дм<sup>3</sup>, что составляет 0,7 ПДК) была выше значения среднего содержания за предыдущие 5 лет (11,12 мкгN/дм<sup>3</sup>). В 2016 г. концентрация азота нитратов в водах этой части Невской губы изменялась в пределах 36–740 мкгN/дм<sup>3</sup>; и максимальная, и средняя величины были больше прошлогодних, и выше уровня предыдущих лет.

**Органические загрязняющие вещества.** Содержание нефтяных углеводородов только в одной июльской пробе из шести отобранных было равно уровню чувствительности метода химического анализа (DL=0,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация СПАВ находилась в диапазоне от аналитического нуля до максимума (26 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,3 ПДК) в июне. Во всех отобранных пробах концентрация фенолов и хлорорганических пестицидов была ниже предела чувствительности метода определения.

**Таблица 4.5.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Северного Курортного района Невской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	51,2/ 130,0	66,0/ 210,0	117,7/ <b>420,0</b>	55,0/ 180,0	42,3/ 135,0	66,4/ 215,0	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	4,8/ 8,9	13,0/ <b>65,0</b>	11,9/ <b>32,0</b>	5,9/ 16,0	15,9/ <b>55,0</b>	10,3/ <b>35,4</b>	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	100,7/ 220,0	100,7/ 440,0	118,3/ 290,0	161,5/ 440,0	245,5/ 740,0	145,3/ 426,0	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	544,0/ 770,0	961,7/ 2010,0	736,7/ 1050,0	613,3/ 750,0	873,0/ 1099,0	745,7/ 1135,8	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	6,6/ 20,0	14,6/ <b>53,0</b>	3,1/ 12,0	2,5/ 9,2	14,9/ 22,0	8,3/ 23,2	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	15,7/ 33,0	27,1/ 74,0	9,9/ 19,0	8,1/ 15,0	26,0/ 36,0	17,4/ 35,4	

**Металлы.** Воды северного курортного района Невской губы загрязнены металлами. Концентрация меди превышала ПДК (1 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех 6 отобранных пробах; диапазон 4,4–9,3 мкг/дм<sup>3</sup> (более 9 ПДК), максимум зафиксирован в сентябре (табл. 4.6, рис. 4.3). Средняя концентрация (6,42 мкг/дм<sup>3</sup>, что составляет более 6 ПДК) была выше значения среднего содержания за последние 5 лет (5,06 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация цинка превышала ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех отобранных пробах, максимум наблюдался в сентябре — 94,3 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2016 г. средняя концентрация цинка в водах Северного курортного района (32,38 мкг/дм<sup>3</sup>) более чем в 2 раза превысила значения концентрации предыдущих 5 лет. Содержание общего железа превысило ПДК (100 мкг/дм<sup>3</sup>) в 4 пробах из 6 отобранных. Диапазон концентрации находился в пределах от 63 до 648 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная была зафиксирована в сентябре. Содержание алюминия превысило ПДК (40 мкг/дм<sup>3</sup>) в 2 пробах; диапазон 22–108 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в сентябре. В одной пробе в мае содержание марганца (12,8 мкг/дм<sup>3</sup>) было выше предельно допустимого уровня (10 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание свинца, кадмия, никеля и кобальта не превышало установленной ПДК.



**Рис. 4.3.** Диаграмма превышения концентрации металлов по отношению к ПДК в водах Северного Курортного района Невской губы в 2016 г.

**Таблица 4.6.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Северного Курортного района Невской губы в 2012–2016 гг.

Металлы	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	4,0/ 9,2	4,4/ 7,8	3,3/ 4,2	7,3/ 12,0	6,4/ 9,3	5,1/ 8,5	1
Zn	11,8/ 21,0	8,2/ 12,0	7,2/ 11,0	15,3/ 24,0	32,4/ 94,3	15,0/ 32,5	10
Mn	7,5/ 19,0	13,3/ 55,0	6,9/ 18,0	13,4/ 57,0	5,3/ 12,8	9,3/ 32,4	10
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	78,6/ 162,0	231,5/ 648,0	155,1/ 405,0	100
Al	Н/д	Н/д	Н/д	28,7/ 39,0	39,2/ 108,0	33,9/ 73,5	40
Pb	2,4/ 4,1	1,7/ 4,3	1,0/ 2,0	1,0/ 2,0	1,6/ 4,6	1,5/ 3,4	6

#### 4.4.3 Южный Курортный район Невской губы

В 2016 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. Соленость изменялись в диапазоне 0,07–0,41‰, максимум отмечен в июле (табл. 4.7). Величина водородного показателя рН находилась в пределах от 7,22 до 8,68, в среднем за период наблюдений — 7,64. Значения щелочности варьировали в интервале от 0,66 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 2,90 ммоль/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в начале мая. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) только в 3 случаях из 18. Диапазон значений 1,2–6,4 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (максимум 2,1 ПДК, май). В 2016 г. среднее значение содержания легкоокисляемых органических веществ (2,37 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) стало самым низким за последние 5 лет. Насыщение вод кислородом меньше допустимого предела (70%) в 2016 г. в водах района зафиксировано не было; минимальное значение (7,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 86,6% насыщения) наблюдалось 9 августа; минимальное насыщение вод кислородом (82,1%) было отмечено в первой декаде сентября при температуре воды 16,0 °С. Перенасыщение вод кислородом (>100%) было зафиксировано в 7 пробах; максимум (119%) был отмечен в мае.

**Таблица 4.7.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Южного Курортного района Невской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	16,67/ 19,5	15,03/ 21,1	14,56/ 24,1	14,96/ 19,0	15,30/ 21,0	15,30/ 20,9
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	0,11/ 0,41	0,11/ 0,41
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,06/ 15,59	9,93/ 14,05	10,24/ 13,52	10,21/ 11,70	9,74/ 11,93	10,04/ 13,36
Кислород (%)	103,45/ 169,4	97,12/ 157,6	99,55/ 148,1	100,7/ 112,4	96,7/ 119,0	99,5/ 141,3
рН	7,88/ 9,58	7,76/ 8,49	7,71/ 9,67	7,48/ 8,38	7,64/ 8,68	7,69/ 8,96
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,94/ 1,90	1,21/ 2,46	1,06/ 1,52	0,87/ 1,57	1,18/ 2,90	1,05/ 2,07
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,69/ 4,75	2,47/ 5,1	2,97/ 5,2	2,78/ 5,0	2,37/ 6,4	2,65/ 5,29



**Биогенные вещества.** Содержание фосфора фосфатов было выше предела обнаружения ( $DL=5,0$   $\text{мкг/дм}^3$ ) в 14 случаях из 18. Максимальное значение ( $65$   $\text{мкгP/дм}^3$ ) превышало норматив и было отмечено в начале мая, а среднегодовая величина была выше среднего предыдущих 5 лет (табл. 4.8). Максимальная концентрация общего фосфора была зафиксирована в августе и в 3 раза превышала среднегодовую. В целом содержание минерального и общего фосфора в водах района было относительно стабильным в последние годы, за исключением очень низких значений 2015 г. Концентрация аммонийного азота была ниже аналитического нуля ( $DL=10$   $\text{мкгN/дм}^3$ ) в 3 пробах из 18. Максимум наблюдался в июле и не превышал норматива, а средняя величина была самой низкой за последние 5 лет. Концентрация нитритов изменялась в диапазоне от аналитического нуля до  $42$   $\text{мкгN/дм}^3$  (1,8 ПДК, сентябрь), а среднегодовая и максимальная величины практически не отличалась от средней за пятилетку. Содержание нитратного азота в водах Невской губы изменялось в пределах  $22\text{--}587$   $\text{мкгN/дм}^3$ , максимум отмечен в октябре; средняя и максимум мало отличались от пятилетних значений.

**Таблица 4.8.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах Южного Курортного района Невской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный $\text{N-NH}_4$	101,0/ 250,0	67,7/ 220,0	232,8/ <b>850,0</b>	74,9/ 350,0	60,0/ 292,0	107,5/ <b>392,4</b>	389
Азот нитритов $\text{N-NO}_2$	6,7/ 17,0	9,9/ <b>33,0</b>	16,0/ <b>66,0</b>	10,6/ <b>43,0</b>	12,5/ <b>42,0</b>	11,3/ <b>40,2</b>	24
Азот нитратов $\text{N-NO}_3$	146,6/ 540,0	258,3/ 610,0	194,6/ 530,0	113,9/ 490,0	229,4/ 587,0	190,0/ 551,4	9032
Общий азот $\text{N}_{\text{total}}$	706,7/ 1160,0	870,0/ 1450,0	885,6/ 1670,0	570,6/ 900,0	850,6/ 1134,0	779,1/ 1262,8	
Фосфатный фосфор $\text{P-PO}_4$	10,6/ <b>68,0</b>	19,4/ <b>130,0</b>	21,1/ <b>190,0</b>	3,7/ 11,0	20,2/ <b>65,0</b>	15,1/ <b>92,8</b>	50
Общий фосфор $\text{P}_{\text{total}}$	23,6/ 91,0	26,5/ 130,0	31,2/ 190,0	6,6/ 16,0	33,2/ 99,0	24,3/ 105,2	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. нефтяные углеводороды были обнаружены в трех пробах из 18 в концентрации равной уровню чувствительности использованного метода химического анализа ( $DL=0,04$   $\text{мкг/дм}^3$ ). В 45% проб содержание СПАВ было



**Рис. 4.4.** Диаграмма превышения концентрации металлов по отношению к ПДК в водах Южного Курортного района Невской губы в 2016 г.

ниже уровня определения, а максимум (52 мкг/дм<sup>3</sup>) наблюдался в июне. Во всех отобранных пробах концентрация фенолов и хлорорганических пестицидов была ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** Концентрация меди превышала норматив во всех 18 отобранных в районе пробах. Диапазон значений 1,9–9,8 мкг/дм<sup>3</sup> (почти 10 ПДК), максимум был зафиксирован в октябре на ст. № 17а (табл. 4.9, рис. 4.4). Среднегодовая концентрация (4,6 ПДК) в 1,3 раза выше среднего содержания за последние 5 лет (3,61 мкг/дм<sup>3</sup>).

**Таблица 4.9.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Южного Курортного района Невской губы в 2012–2016 гг.

Металлы	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	3,7/ 7,9	2,7/ 3,6	3,1/ 5,2	4,2/ 9,4	4,6/ 9,8	3,7/ 7,2	1
Zn	10,5/ 29,0	7,8/ 32,0	9,0/ 20,0	10,6/ 29,0	14,3/ 26,2	10,4/ 27,2	10
Mn	9,4/ 19,0	6,5/ 14,0	5,7/ 20,0	6,3/ 33,0	5,3/ 18,0	6,6/ 20,8	10
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	45,3/ 93,0	154,5/ 604,0	99,9/ 352,3	100
Al	Н/д	Н/д	Н/д	34,0/ 106,0	34,7/ 87,0	34,4/ 96,5	40
Pb	3,6/ 8,4	2,1/ 8,4	0,4/ 2,0	0,8/ 2,0	1,0/ 4,3	1,6/ 5,0	6

Предельно допустимый уровень по содержанию цинка в водах района был превышен в 14 пробах. Максимум составил 2,6 ПДК и наблюдался в июле на ст. № 11а. Средняя концентрация цинка по всем пробам составила 14,3 мкг/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК) и была максимальной за последние 5 лет. Содержание марганца превышало предельно допустимый уровень в трех пробах из 18; пределы значений 1,0–18,0 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 14а, октябрь). Концентрация общего железа превышала норматив в 10 пробах из 18 отобранных, диапазон 39–604 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 14а, октябрь); алюминия — в четырех пробах, пределы 0–87 мкг/дм<sup>3</sup> (2,2 ПДК). Содержание свинца, кадмия, никеля, кобальта и общего хрома не превышало ПДК.

#### 4.4.4. Акватория Морского торгового порта (МТП)

В 2016 г. наблюдения на акватории Санкт-Петербургского Морского торгового порта выполнялись на ст. № 5 (глубина 12 м) в полном объеме в течение всего года из поверхностного и придонного слоев один раз в месяц. Всего отобрана 21 проба. Температура в водах порта варьировала в диапазоне 0–21,32 °С; соленость 0,06–0,15‰ во всей водной толще (табл. 4.10). Максимум был отмечен в августе в придонном слое. Величина водородного показателя рН изменялась от 7,12 до 7,86, при среднем значении за весь период наблюдений 7,42. За пятилетний период можно отметить тенденцию к снижению величины водородного показателя. Щелочность была в диапазоне 0,519–0,720 мг-моль/дм<sup>3</sup>, максимум в декабре. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленную норму (3,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в 2 пробах. Максимальная концентрация (3,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) наблюдалась в феврале в придонном горизонте; средняя составила 1,79 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Содержание растворенного в воде кислорода было выше установленной нормы (6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в течение всего года и изменялось в пределах от 7,00 до 13,72 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и 6,60–13,68 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в придонном; среднегодовая величина 10,61 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Случаев дефицита кислорода (<70% насыщения) в 2016 г.

на акватории Морского торгового порта зафиксировано не было. Максимальное насыщение вод кислородом наблюдалось в мае в поверхностном горизонте (107%).

**Таблица 4.10.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Морского торгового порта в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	9,58/ 18,95	8,25/ 20,66	7,44/ 18,16	8,69/ 18,49	9,27/ 21,32	8,65/ 19,52
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	0,08/ 0,15	0,08/ 0,15
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,45/ 14,30	10,79/ 14,06	11,06/ 13,52	10,62/ 13,58	10,59/ 13,72	10,70/ 13,84
Кислород (%)	90,08/ 102,0	88,52/ 100,4	89,47/ 95,7	88,20/ 101,0	88,46/ 106,5	88,95/ 101,12
pH	7,51/ 7,77	7,50/ 7,79	7,48/ 7,76	7,43/ 7,79	7,42/ 7,86	7,47/ 7,79
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,59 0,64	0,64/ 0,92	0,59/ 0,71	0,57/ 0,70	0,61/ 0,72	0,61/ 0,74
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,03/ 4,4	1,96/ 4,19	1,61/ 3,3	1,47/ 3,4	1,79/ 3,8	1,77/ 3,82

**Биогенные вещества.** Концентрация фосфора фосфатов была очень невысокой в течение всего года и изменялась от аналитического нуля до 15 мкгР/дм<sup>3</sup> на поверхностном и придонном горизонтах, максимальные значения были зафиксированы в августе (табл. 4.11). Максимальное содержание общего фосфора составило 29 мкгР/дм<sup>3</sup> (август, придонный горизонт). Концентрация нитритного азота превышала ПДК (24 мкгN/дм<sup>3</sup>) в 3 пробах, а максимальная в августе в придонном слое достигала 53 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание нитратов составило на поверхностном горизонте 433 мкгN/дм<sup>3</sup> (сентябрь), а в придонном слое 460 мкгN/дм<sup>3</sup> (май); аммонийного азота в феврале — 283 и 305 мкгN/дм<sup>3</sup> (0,7 и 0,8 ПДК) соответственно.

**Таблица 4.11.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Морского торгового порта в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	164,1/ 300,0	191,7/ <b>520,0</b>	167,1/ <b>490,0</b>	151,9/ <b>390,0</b>	114,4/ 305,0	157,9/ <b>401,0</b>	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	9,4/ 23,0	11,2/ <b>42,0</b>	13,1/ <b>78,0</b>	13,8/ <b>46,0</b>	11,2/ <b>53,0</b>	11,8/ <b>48,40</b>	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	275,3/ 450,0	303,0/ 570,0	287,4/ 420,0	273,6/ 770,0	300,3/ 460,0	287,9/ 534,0	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	874,0/ 1240,0	957,8/ 2000,0	793,0/ 1140,0	740,9/ 1370,0	730,3/ 1149,0	819,2/ 1379,8	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	4,1/ 15,0	9,8/ 40,0	4,3/ 14,0	6,8/ 13,0	7,3/ 15,0	6,5/ 19,4	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	12,0/ 27,0	15,9/ 56,0	9,6/ 19,0	11,7/ 22,0	12,9/ 29,0	12,4 30,6	

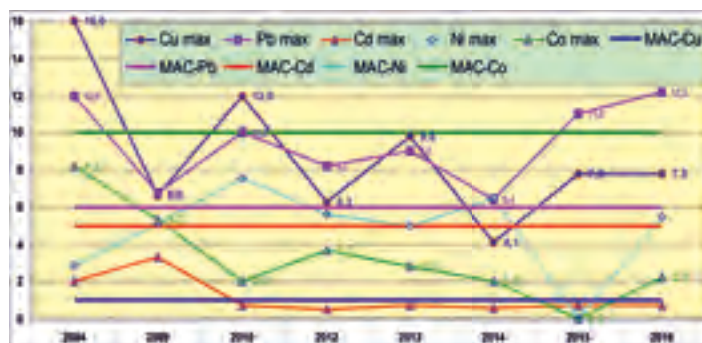
**Органические загрязняющие вещества.** Концентрация нефтяных углеводородов достигла уровня ПДК (0,05 мг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе, отобранной в октябре на придонном горизонте. Всего за год было отобрано 4 пробы воды, в которых значения ингредиента были выше минимально определяемой величины (DL=0,04 мг/дм<sup>3</sup>). Диапазон концентрации фенола находился в пределе от аналитического нуля в 16 пробах (DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup>) до 0,8 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 0,18 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание СПАВ в водах акватории МТП варьировало от величин

ниже предела обнаружения ( $DL=10 \text{ мкг/дм}^3$ ) в 13 пробах до  $17 \text{ мкг/дм}^3$  (май-июнь, придонный горизонт), в среднем  $5,4 \text{ мкг/дм}^3$ . Во всех исследованных пробах воды содержание хлороорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ) было ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** В водах на станции в Морском торговом порту в 2016 г. концентрация меди изменялась в диапазоне  $1,0$ – $7,8 \text{ мкг/дм}^3$  (почти 8 ПДК), отмеченного в поверхностном слое в октябре на придонном горизонте (табл. 4.12). Среднее значение устойчиво держится в последние годы выше 4 ПДК (рис. 4.5). Содержание свинца в 9 пробах было ниже уровня обнаружения ( $DL=2,0 \text{ мкг/дм}^3$ ), максимум в январе ( $12,2 \text{ мкг/дм}^3$ ) превышал 2 ПДК, а средняя величина была около 0,3 ПДК. Концентрация марганца превышала предельно допустимую в 5 пробах, а максимальная наблюдалась в мае в придонном слое и составила  $61 \text{ мкг/дм}^3$ . Предельно допустимый уровень по содержанию цинка был превышен более чем в 50% проб. Максимальная концентрация наблюдалась в ноябре на поверхности и составила  $37,0 \text{ мкг/дм}^3$ . Содержание общего железа превышало предельно допустимый уровень в 43% проб. Максимальная концентрация наблюдалась в октябре на придонном горизонте и составила  $238 \text{ мкг/дм}^3$ . Концентрация алюминия превышала предельно допустимую ( $40 \text{ мкг/дм}^3$ ) в 2 пробах. Максимальная концентрация наблюдалась в сентябре в придонном слое и составила  $68 \text{ мкг/дм}^3$ . Максимальное содержание кадмия (0,71), никеля (5,5), кобальта (2,2) и общего хрома ( $1,3 \text{ мкг/дм}^3$ ) не превышало уровня 1 ПДК. В последнее десятилетие уровень ПДК стабильно превышался максимальными значениями меди и свинца, тогда как наибольшая концентрация кадмия, никеля и кобальта никогда не достигала норматива (рис. 4.5).

**Таблица 4.12.** Средняя и максимальная концентрация металлов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах Морского торгового порта в 2012–2016 гг.

Металлы	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	3,3/ 6,3	3,4/ 9,8	3,1/ 4,1	3,7/ 7,8	3,8/ 7,8	3,6/ 7,2	1
Zn	15,8/ 39,0	17,8/ 78,0	11,6/ 25,0	11,6/ 37,0	11,7/ 37,0	13,7/ 43,2	10
Mn	19,3/ 83,0	13,6/ 60,0	10,8/ 30,0	11,2/ 61,0	10,6/ 61,0	13,1/ 59,0	10
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	96,3/ 460,0	112,1/ 238,0	104,2/ 349,0	100
Al	Н/д	Н/д	Н/д	25,7/ 77,0	27,7/ 68,0	26,7/ 72,5	40
Pb	3,1/ 8,2	4,2/ 9,0	2,0/ 6,4	1,7/ 11,0	1,8/ 12,2	2,6/ 9,4	6



**Рис. 4.5.** Многолетняя динамика максимальной концентрации металлов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах Санкт-Петербургского торгового порта.

#### 4.4.5. Северная станция аэрации

В 2016 г. в районе 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. В водах района значения солёности практически не изменялись и находились в пределах от 0,06–0,07‰ во всей водной толще (табл. 4.13). Величина водородного показателя рН находилась в пределах 7,12–7,70, в среднем за период наблюдений — 7,42. В целом величина водородного показателя осталась на уровне предыдущих пяти лет. Значения щёлочности варьировали в интервале от 0,51 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 0,64 ммоль/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в октябре на поверхности. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> равнялось или превышало нормативную величину (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в восьми пробах из 14. Наибольшая концентрация на поверхностном и придонном горизонтах (5,4 и 4,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> соответственно) была зафиксирована в октябре. Средняя концентрация показателя (2,7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в поверхностном горизонте была максимальной за пятилетний период. Содержание растворенного кислорода во всех пробах воды, отобранных с поверхностного и придонного горизонта, было в пределах нормы: зимой — 4 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, летом — 6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Диапазон значений составил 8,21–13,82 мг/дм<sup>3</sup> на поверхности и 7,56–13,39 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у дна. Максимальные значения на двух горизонтах были зафиксированы в феврале. Среднее значение за весь период наблюдений было 9,73 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и стало минимальным за пятилетний период. Самый высокий процент насыщения вод кислородом наблюдался в мае: на поверхности — 105,5% насыщения, у дна — 102%.

**Таблица 4.13.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северной станции аэрации в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	12,66/ 18,02	12,84/ 20,60	11,61/ 19,99	12,39/ 17,96	14,14/ 21,76	12,73/ 19,67
Солёность (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,08/ 14,69	9,99/ 13,95	10,14/ 13,32	10,16/ 13,75	9,73/ 13,82	10,02/ 13,91
Кислород (%)	92,13/ 105,8	92,09/ 112,1	91,39/ 100,9	92,97/ 102,70	92,33/ 105,5	92,18/ 105,4
рН	7,42/ 7,59	7,29/ 7,54	7,42/ 7,72	7,35/ 7,65	7,42/ 7,70	7,38/ 7,64
Щёлочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,55/ 0,66	0,57/ 0,61	0,53/ 0,69	0,54/ 0,61	0,55/ 0,64	0,55/ 0,64
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,64/ 4,56	2,19/ 4,33	2,57/ 4,80	2,11/ 2,70	2,44/ 5,40	2,4/ 4,36

**Биогенные вещества.** В районе станции аэрации только в одной пробе из 14 отобранных содержание фосфора фосфатов было ниже предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Наибольшие значения были зафиксированы на поверхностном горизонте в октябре (34 мкг/дм<sup>3</sup>) и в августе у дна (18 мкг/дм<sup>3</sup>). Годовой ход общего фосфора практически идентичен годовому ходу фосфатов. Диапазон содержания общего фосфора на обоих горизонтах составлял 0–80 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя 24,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация аммонийного азота на поверхностном горизонте составила 49–708 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое 71–607 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум в октябре и мае соответственно; среднее в районе С2 за период наблюдений 278,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Диапазон концентрации нитритного азота в поверхностном слое составил 2,2–28, в среднем 15,0 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое — 8,4–28/16,3 мкг/дм<sup>3</sup>; в столбе воды — 15,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Мак-

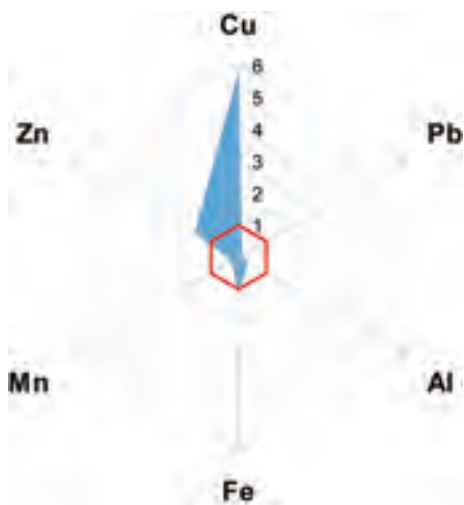
симум был зафиксирован в октябре и мае. В 2016 г. средняя концентрация нитритного азота на обоих горизонтах была минимальной за пятилетний период (табл. 4.14). В пробах воды, отобранных в районе северной станции аэрации, концентрация нитратного азота изменялась в диапазоне 167–581/365 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 4.14.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Северной станции аэрации в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	169,7/ 280,0	135,1/ 330,0	<b>424,9/ 890,0</b>	216,0/ <b>720,0</b>	278,6/ <b>708,0</b>	246,9/ <b>585,6</b>	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	<b>43,6/ 99,0</b>	<b>33,6/ 73,0</b>	<b>41,0/ 110,0</b>	<b>31,2/ 95,6</b>	15,7/ <b>28,0</b>	<b>33,0/ 81,1</b>	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	433,3/ 630,0	401,4/ 760,0	470,0/ 860,0	250,7/ 470,0	365,1/ 581,0	384,1/ 660,2	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	1033,3/ 1420,0	988,6/ 1400,0	1370,0/ 2230,0	837,1/ 1140,0	1003,4/ 1836,0	1046,5/ 1605,2	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	5,2/ 18,0	15,7/ 40,0	15,6/ 47,0	5,7/ 12,0	12,7/ 34,0	11,0/ 30,2	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	15,2/ 30,0	25,6/ 57,0	25,7/ 59,0	10,9/ 17,0	24,2/ 80,0	20,3/ 48,6	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. нефтяные углеводороды были обнаружены в одной пробе из 14 в концентрации равной уровню чувствительности использованного метода (DL=0,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация СПАВ находилась в диапазоне от аналитического нуля до 34 мкг/дм<sup>3</sup> (июнь, поверхность), в среднем 20,8 мкг/дм<sup>3</sup>. Во всех отобранных пробах концентрация фенолов и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода химического анализа.

**Металлы.** Концентрация меди в воде района превышала норматив во всех 14 отобранных в районе сброса сточных вод пробах. Ее содержание изменялось в диапазоне 1,9–22,9 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был зарегистрирован в сентябре в придонном слое. Средняя концентрация меди (5,75 мкг/дм<sup>3</sup>, почти 6 ПДК, табл. 4.15, рис. 4.6) стала максимальной за последние пять лет. Содержание марганца в воде изменялось от аналитического нуля в двух пробах (DL=1,0 мкг/дм<sup>3</sup>) до 12,0 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум (1,2 ПДК) был зафиксирован в октябре в придонном слое. Средняя



**Рис. 4.6.** Диаграмма превышения ПДК среднегодовой концентрации металлов в водах района Северной станции аэрации в 2016 г.

величина (2,51 мкг/дм<sup>3</sup>) стала наименьшей за последние пять лет. Во всех пробах содержание цинка было выше предела чувствительности метода определения и изменялось в диапазоне 7,5–30,5 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 15,81 мкг/дм<sup>3</sup>. В 10 пробах из 14 (71%) концентрация цинка превышала ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение было зафиксировано в июльской пробе из поверхностного горизонта.

Концентрация кадмия в водах района изменялась от аналитического нуля в двух пробах (DL=0,10 мкг/дм<sup>3</sup>) до 0,61 мкг/дм<sup>3</sup> (0,12 ПДК), в среднем 0,23 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в феврале на поверхностном горизонте. Содержание общего железа выше уровня ПДК было зафиксировано в 6 пробах из 14: диапазон и среднее составили 43–247/118 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение наблюдалось в сентябре на придонном горизонте. Алюминий был определен во всех десяти проанализированных пробах: 9–39/18,2 мкг/дм<sup>3</sup>; и средняя, и максимальная величины выше прошлогодней. Содержание других металлов в водах губы рядом с северной станцией аэрации было незначительным: свинец определен в трех пробах из 14, максимум 4,9 мкг/дм<sup>3</sup> (0,82 ПДК); никель — в трех пробах, max 8,1 мкг/дм<sup>3</sup> (0,81 ПДК); кобальт — в трех пробах, max 2,1 мкг/дм<sup>3</sup> (0,21 ПДК); хром — в пяти пробах, max 2,2 мкг/дм<sup>3</sup> (0,11 ПДК).

**Таблица 4.15.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Северной станции аэрации в 2012–2016 гг.

Металлы	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	2,82/ 6,0	2,31/ 5,70	3,38/ 7,1	3,36/ 10,0	5,75/ 22,9	3,32/ 10,34	1
Zn	20,53/ 64,0	12,23/ 25,0	18,04/ 52,0	9,61/ 15,0	15,81/ 30,5	15,24/ 37,3	10
Mn	11,04/ 53,0	10,53/ 36,0	5,62/ 21,0	10,04/ 37,0	2,51/ 12,0	7,95/ 31,8	10
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	50,57/ 72,0	117,5/ 247,0	84,04/ 159,5	100
Al	Н/д	Н/д	Н/д	17,21/ 27,0	18,2/ 39,0	15,11/ 33,0	40
Pb	2,68/ 8,7	2,43/ 8,5	0,81/ 2,9	1,22/ 2,6	0,77/ 4,9	1,58/ 5,52	6

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

В 2016 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 (рис. 4.1, рис. 4.7). Отбор проб осуществлялся с поверхностного горизонта. Всего было отобрано 12 проб. Для восточной части Финского залива использовались значения ПДК морских вод.

Значения солености изменялись в диапазоне от 0,23 до 3,26‰ (табл. 4.16). Максимальное значение солености было отмечено в начале июня. Величина водородного показателя рН была в диапазоне 7,01–7,61, средняя величина (рН 7,27) стала минимальной за последние 4 года. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,49 до 1,08 ммоль/дм<sup>3</sup> в начале июня (максимум за 4 года). Только в 1 пробе из 12 содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>): диапазон 1,2–4,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, максимум зафиксирован в сентябре на ст. №20а. Кислородный режим в Невской губе был удовлетворительным, случаев дефицита кислорода (менее 70% насыщения) в течение всего года отмечено не было. Содержание кислорода изменялось в пределах 8,33–11,77 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.



Рис. 4.7. Схема расположения станций мониторинга морской среды в восточной части Финского залива в 2016 г.

Таблица 4.16. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°C)	16,8/ 18,3	16,30/ 22,0	14,76/ 20,60	14,93/ 18,20	14,57/ 21,8	15,47/ 20,18
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	1,19/ 3,26	1,19/ 3,26
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,27/ 11,79	10,46/ 12,62	10,70/ 11,75	10,0/ 10,75	9,62/ 11,77	10,21/ 11,74
Кислород (%)	105,91/ 122,0	105,7/ 130,5	105,34/ 130,20	98,61/ 110,5	94,63/ 113,8	102,04/ 121,4
pH	7,67/ 8,60	7,38/ 8,12	7,53/ 8,53	7,49/ 8,58	7,37/ 7,61	7,49/ 8,29
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,62/ 0,69	0,62/ 0,70	0,63/ 0,78	0,60/ 0,70	0,72/ 1,08	0,64/ 0,79
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,22/ 3,03	2,46/ 6,8	2,23/ 4,0	2,21/ 3,3	2,27/ 4,0	2,28/ 4,23

**Биогенные вещества.** Содержание фосфора фосфатов было ниже предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) в 2 пробах из 12; максимум в поверхностном слое достигал 22 мкгР/дм<sup>3</sup> в сентябре на ст. 20а, что в 2 раза меньше ПДК (50 мкгР/дм<sup>3</sup>). Средняя величина превышала уровень значений предыдущих 4 лет (табл. 4.17). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне от 7,6 до максимального значения 31 мкгР/дм<sup>3</sup>, зафиксированного на ст. №20а в октябре. Концентрация аммонийного азота не превышала предел обнаружения (DL=10 мкгN/дм<sup>3</sup>) в 2 пробах; значения концентрации изменялись в интервале от 23 до 214 мкгN/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в июле и составлял 0,6 ПДК. Средняя величина (78,17 мкгN/дм<sup>3</sup>) превысила значение среднего содержания за последние 4 года (57,90 мкгN/дм<sup>3</sup>). Концентрация нитритов была в диапазоне от аналитического нуля до 17 мкгN/дм<sup>3</sup>; зафиксированного на ст. №20а в августе, средняя — 7,03 мкгN/дм<sup>3</sup> (менее 0,3 ПДК для мезотрофных водоемов). В 2016 г. концентрация азота нитратов в водах Невской губы изменялась в пределах 29–420 мкгN/дм<sup>3</sup>; и максимальная, и средняя величины были больше прошлогодних, и выше уровня предыдущих лет.

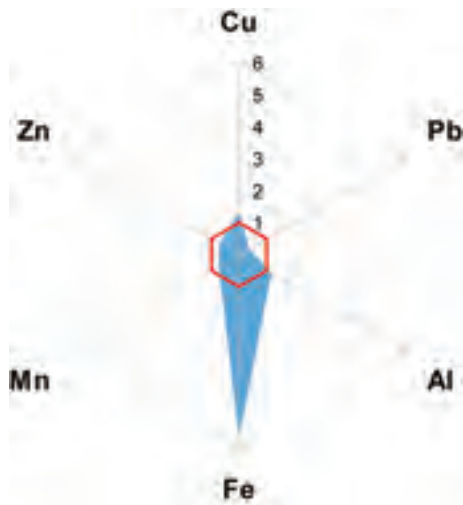


**Таблица 4.17.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент мкг/дм <sup>3</sup>	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	52,5/ 210	42,0/ 90,0	52,17/ 180,0	50,92/ 230,0	78,17/ 214,0	55,15/ 184,8	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	2,78/ 8,0	6,44/ 18,0	7,92/ 15,0	3,69/ 14,3	7,03/ 17,0	5,57/ 14,46	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	96,6/ 320,0	134,0/ 390,0	198,67/ 390,0	106,08/ 320,0	218,5/ 420,0	150,77/ 368,0	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	608,0/ 910,0	854,17/ 1720,0	791,67/ 1290,0	590,83/ 790,0	736,83/ 1073,0	716,3/ 1156,6	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	0,73/ 7,3	12,26/ 98,0	5,11/ 20,0	1,61/ 7,3	9,23/ 22,0	5,79/ 30,92	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	9,92/ 17,0	20,93/ 120,0	11,63/ 26,0	5,2/ 12,0	18,72/ 31,0	13,28/ 41,2	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. содержание нефтяных углеводородов и фенола выше предела обнаружения в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива отмечено не было. Концентрация СПАВ изменялась в диапазоне от минимально определяемых величин до 31 мкг/дм<sup>3</sup> (июнь) и не превышала предельно допустимый уровень. Во всех отобранных пробах воды концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела обнаружения.

**Металлы.** Анализ проб на содержание металлов показывает их значительное присутствие в водах курортного района мелководной зоны. Концентрация меди превышала ПДК (5 мкг/дм<sup>3</sup>) в 3 пробах из 12, максимальная и средняя величины были выше уровня предыдущих пяти лет (табл. 4.18, рис. 4.8). Максимум наблюдался в сентябре на ст. №20а и составил 21,2 мкгCu/дм<sup>3</sup> (более 4 ПДК). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка (50 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен во 2 пробах. Диапазон значений составлял 13,6–88 мкгZn/дм<sup>3</sup> (более 1 ПДК) при среднем 35,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя и максимальная концентрации цинка стали наибольшими за предыдущие 4 года. Концентрация свинца превысила уровень ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 2 пробах, оба случая нарушения норматива наблюдались в октябре (19 мкгPb/дм<sup>3</sup>, почти



**Рис. 4.8.** Диаграмма превышения ПДК среднегодовой концентрации металлов в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2016 г.

2 ПДК). Содержание железа общего выше допустимого уровня (ПДК=50 мкг/дм<sup>3</sup>) отмечалось в 7 пробах, максимальная концентрация составила 1279 мкг/дм<sup>3</sup> (более 25 ПДК, ст. №20а, сентябрь). Концентрация алюминия выше допустимого уровня (ПДК=40 мкг/дм<sup>3</sup>) отмечалась в 2 пробах, максимум составил 105 мкг/дм<sup>3</sup> (более 2,5 ПДК, ст. №20а, сентябрь). Содержание никеля, кобальта и хрома общего не превышало установленную ПДК.

**Таблица 4.18.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Металлы мкг/дм <sup>3</sup>	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	4,64/ <b>12,0</b>	3,07/ 4,8	3,28/ <b>5,9</b>	<b>5,22/ 9,40</b>	<b>6,58/ 21,2</b>	4,56/ <b>10,66</b>	5
Zn	10,17/ 17,0	9,58/ 23,0	6,91/ 19,0	9,23/ 18,0	35,03/ <b>88,0</b>	14,18/ 33,0	50
Mn	5,45/ 17,0	7,85/ 22,0	6,54/ 27,0	15,28/ <b>57,0</b>	36,49/ <b>147,0</b>	14,32/ <b>54,0</b>	50
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	<b>108,42/ 258,0</b>	<b>284,67/ 1279,0</b>	<b>196,55/ 768,5</b>	50
Al	Н/д	Н/д	Н/д	25,67/ <b>57,0</b>	<b>46,4/ 105,0</b>	36,04/ <b>81,0</b>	40
Pb	3,73/ 9,2	3,32/ 8,5	0,64/ 5,7	1,17/ 2,0	3,6/ <b>19,0</b>	2,49/ 8,88	10

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

В 2016 г. гидрохимическая съемка мелководной зоны восточной части Финского залива была проведена 29–30 октября. Отбор проб осуществлялся с поверхностного, промежуточного (5–10 м) и придонного горизонтов (глубина станций 7–21 м). За весь период наблюдений на 6 станциях (№ 19, 20, 21, 22, 24 и 26) было отобрано 20 проб. По результатам наблюдений значения солёности во всем столбе воды изменялись в пределах 0,56–3,56‰ (табл. 4.19). Среднее значение солёности в поверхностном слое 1,6‰, в придонном слое — 2,52‰. Распределение всей водной толщи наблюдалось в северо-восточной части района (ст. №19) с солёностью 0,56–1,28‰, что отражает наибольшее влияние стока из Невской губы. Величина водородного показателя рН во всем столбе воды была в диапазоне 7,4–7,66, в среднем — 7,56; максимальное значение было зафиксировано в промежуточном слое на ст. №21. Значения показателя щёлочности варьировали в интервале от 0,64 ммоль/дм<sup>3</sup> до 1,11 ммоль/дм<sup>3</sup> в придонном слое на ст. №26. Среднее значение в поверхностном слое составляет 0,79 ммоль/дм<sup>3</sup>, в придонном — 0,93 ммоль/дм<sup>3</sup>. Из 3 отобранных проб на ст. №21 значения содержания по БПК<sub>5</sub> находились в диапазоне от 1,2 до максимума 1,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое. В 2016 г. диапазон значений по содержанию растворенного кислорода в придонном и промежуточном слоях воды находился в пределах от 8,23 до 11,27 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (средняя 10,26); минимум отмечен на ст. №20. На поверхностном горизонте значения изменялись в диапазоне 9,96–12,31 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание (11,06 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) стало минимальным за предыдущие 5 лет. Только в 1 пробе был зафиксирован дефицит кислорода (менее 70% насыщения) — 65,2% на ст. №20 в придонном слое. Диапазон насыщения вод кислородом изменялся в пределах 77,0–99,8% на поверхности и 65,2–92,9% глубже.

**Биогенные вещества.** В поверхностном слое содержание фосфора фосфатов изменялось от аналитического нуля (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) на ст. №19 до 13 мкгР/дм<sup>3</sup> на ст. №26; в придонном слое 6,0 мкгР/дм<sup>3</sup> на ст. №19 до 20,0 мкгР/дм<sup>3</sup> на ст. №26, что в 2,5 раза меньше ПДК (50 мкгР/дм<sup>3</sup>); среднее значение для столба воды 9,7 мкгР/дм<sup>3</sup> (табл. 4.20). Во всех пробах содер-

жание общего фосфора было выше минимально определяемой величины (5,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальная концентрация составила 39 мкг/дм<sup>3</sup> и была зафиксирована на ст. №26 у дна. В поверхностном слое содержание общего фосфора изменялось в пределах от 6,2–24,0 мкгP/дм<sup>3</sup>. Содержание аммонийного азота превышало предел обнаружения (DL=10 мкгN/дм<sup>3</sup>) в 4 пробах из 15; значения концентрации изменялись в интервале 25–39 мкгN/дм<sup>3</sup>. Во всех отобранных пробах концентрация нитритного азота не превышала 0,6 ПДК; диапазон значений в поверхностном слое 5,3–15,0 мкгN/дм<sup>3</sup>, на придонном горизонте от аналитического нуля до 7,5 мкгN/дм<sup>3</sup>. Во всех пробах содержание было меньше ПДК (ПДК=9032 мкгN/дм<sup>3</sup>). Диапазон концентрации нитратного азота на поверхности составил 155–258 мкгN/дм<sup>3</sup>, глубже 133–251 мкгN/дм<sup>3</sup>; среднее значение в столбе воды составляло всего 0,02 ПДК.

**Таблица 4.19.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°C)	16,59/ 20,52	14,22/ 23,60	13,57/ 24,9	13,71/ 19,8	5,97/ 7,99	12,81/ 19,36
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	2,0/ 3,56	2,0/ 3,56
Кислород (мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	8,16/ 12,10	9,11/ 11,10	8,63/ 11,03	9,08/ 13,79	10,58/ 12,30	9,11/ 12,06
Кислород (%)	85,47/ 131,1	89,43/ 116,8	83,27/ 119,4	85,63/ 115,5	86,0/ 99,8	85,97/ 116,52
pH	7,90/ 9,14	7,76/ 8,64	7,36/ 7,82	7,55/ 7,86	7,56/ 7,66	7,62/ 8,22
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,84/ 1,35	0,84/ 1,41	0,86/ 1,41	0,74/ 1,23	0,87/ 1,11	0,83/ 1,30
БПК <sub>5</sub> (мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	Н/д	Н/д	Н/д	2,37/ 3,9	1,33/ 1,5	1,85/ 2,7

**Таблица 4.20.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	37,1/ 150,0	42,9/ 160,0	33,7/ 67,0	55,2/ 260,0	8,1/ 39,0	35,4/ 135,2	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	8,7/ <b>40,0</b>	5,1/ 13,0	5,2/ 15,0	8,1/ 18,0	7,6/ 15,0	7,0/ 20,2	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	51,9/ 140,0	103,7/ 260,0	88,9/ 290,0	142,0/ 430,0	204,6/ 258,0	118,2/ 275,6	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	488,7/ 700,0	559,6/ 890,0	485,6/ 790,0	548,1/ 960,0	576,3/ 684,0	531,6/ 804,8	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	5,0/ 35,0	8,9/ 32,0	4,7/ 22,0	5,8/ 27,0	9,7/ 20,0	6,8/ 27,2	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	13,74/ 58,0	16,15/ 46,0	8,24/ 25,0	8,64/ 33,0	20,55/ 39,0	13,47/ 40,2	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. содержание нефтяных углеводородов и фенола выше предела обнаружения в водах мелководной зоны восточной части Финского залива отмечено не было. СПАВ были зафиксированы только в одной пробе из придонного слоя на ст. №19 в концентрации 15 мкг/дм<sup>3</sup>. Во всех отобранных пробах воды концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела обнаружения.

**Металлы.** В 2016 г. значения концентрации меди не превышали ПДК (5 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех отобранных пробах, диапазон значений составил 1–2,3 мкгCu/дм<sup>3</sup> (табл. 4.21). Превышения ПДК по цинку отмечено не было. Диапазон значений на поверхности составил 8,6–12,7 мкг/дм<sup>3</sup>, придонном слое 6,5–11,9 мкгZn/дм<sup>3</sup>. Содержание марганца не превышало ПДК (50 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех пробах. Диапазон значений во всем столбе воды составил 2,2–14,9, при среднем 8,0 мкг/дм<sup>3</sup>. В 4 пробах концентрация свинца была зафиксирована на уровне 2 мкг/дм<sup>3</sup>, а во всех остальных случаях на уровне аналитического нуля. В придонном слое диапазон значений содержания общего железа находился в пределах от минимально определяемой величины (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>) до 52 мкг/дм<sup>3</sup>, в поверхностном горизонте — до 106 мкг/дм<sup>3</sup> (более 1 ПДК). Наибольшие значения как на поверхности, так и у дна были зафиксированы на ст. № 19. Только в 2 случаях концентрация алюминия была выше аналитического нуля. Максимальное значение 13 мкг/дм<sup>3</sup> было зафиксировано на ст. № 19 на поверхности. Содержание никеля, кобальта и хрома общего находились на уровне аналитического нуля.

**Таблица 4.21.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Металлы мкг/дм <sup>3</sup>	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	<b>3,2/ 9,6</b>	<b>3,8/ 9,0</b>	<b>2,9/ 8,2</b>	<b>3,4/ 8,3</b>	<b>1,6/ 2,3</b>	<b>3,0/ 7,5</b>	5
Zn	6,8 <b>17,0</b>	5,2/ <b>12,0</b>	5,0/ <b>14,9</b>	9,2/ <b>19,0</b>	<b>10,2/ 12,7</b>	7,3/ <b>15,1</b>	50
Mn	<b>10,2/ 32,0</b>	3,3/ <b>22,0</b>	3,2/ <b>15,0</b>	<b>72,3/ 343,0</b>	8,0/ <b>14,9</b>	<b>19,4/ 85,4</b>	50
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	24,3/ 85,0	33,6/ <b>106,0</b>	28,9/ 95,5	50
Al	Н/д	Н/д	Н/д	19,0/ <b>56,0</b>	2,1/ 13,0	10,6/ 34,5	40
Pb	<b>7,3/ 19,0</b>	3,9/ <b>7,8</b>	0,6/ 2,6	0,0/ 0,0	0,7/ 2,0	2,5/ <b>6,3</b>	10

#### 4.5.3. Глубоководная зона восточной Финского залива

Гидрохимическая съемка глубоководной зоны восточной части Финского залива была проведена 30–31 октября 2016 г. Отбор проб осуществлялся с поверхностного, промежуточного (5–30 м) и придонного горизонтов, глубина станций 29–60 м. На 6 станциях (№ 1, 2, 3, 4 и А) была отобрана 31 проба. Значения солёности в поверхностном слое воды изменялись в диапазоне 2,85–4,77‰, в более глубоких слоях — 4,05–8,27‰ (табл. 4.22). С увеличением глубины значение солёности возрастало, что объясняется притоком вод из центральной части залива. Величина водородного показателя рН во всем столбе воды была в диапазоне 7,2–7,78, в среднем — 7,60. Значения показателя щёлочности в поверхностном слое изменялись от 0,96 до 1,34, в среднем 1,17; в придонном горизонте — от 1,19 до 1,61; в среднем 1,37. Кислородный режим вод глубоководной зоны восточной части Финского залива в целом был удовлетворительным. На всех станциях района в поверхностном горизонте концентрация растворенного кислорода не выходила за пределы норматива и изменялась в интервале от 10,09 до 10,86 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В шести пробах воды с глубин 30–59 м на ст. № 3,4 были зафиксированы значения ниже 6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а в четырех их них (3,40–3,84 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) только немного превышало уровень Высокого Загрязнения (3,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Значения относительного содержания растворенного кислорода на поверхности глубоководной части залива соответствовали нормативу (более 70% насыщения) и изменялись от 89,7% до 92,9%. В глубоких слоях в шести пробах

с абсолютными значениями ниже норматива очевидно зафиксирован дефицит кислорода: 28,0–45,0%. В остальных случаях насыщение вод было в пределах нормы — 71,0–97,1%.

**Таблица 4.22.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°C)	13,13/ 19,70	11,12/ 22,80	9,98/ 23,10	12,67/ 19,0	7,35/ 9,10	10,88/ 18,74
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	4,65/ 8,27	4,65/ 8,27
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	8,52/ 10,85	7,65/ 11,49	7,99/ 10,81	7,99/ 10,22	8,78/ 11,26	8,19/ 10,93
Кислород (%)	83,10/ 116,7	71,78/ 111,9	71,65/ 102,4	66,03/ 102,9	75,69/ 97,1	73,65/ 106,2
pH	8,06/ 8,94	7,86/ 8,75	7,56/ 8,64	7,58/ 7,82	7,60/ 7,78	7,73/ 8,37
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	1,13/ 1,44	1,33/ 1,70	1,31/ 1,65	1,20/ 1,46	1,28/ 1,61	1,25/ 1,57

**Биогенные вещества.** Во всех пробах воды из поверхностного слоя содержание фосфора фосфатов изменялось в диапазоне 8,2–22,0 мкгР/дм<sup>3</sup>. В подповерхностных водах на глубине 40–59 м в трех пробах было отмечено превышение ПДК для мезотрофных водоемов — 93, 69 и 55 мкгР/дм<sup>3</sup>. Средняя величина по всем пробах (26,8 мкгР/дм<sup>3</sup>) составила половину норматива (табл. 4.23). Содержание общего фосфора изменялось в интервале 17,0–131,0 мкгР/дм<sup>3</sup>, при среднем значении во всем столбе воды 45,8 мкгР/дм<sup>3</sup>; максимум был зафиксирован на ст. № 4 на придонном горизонте. Концентрация аммонийного азота во всех пробах изменялась от аналитического нуля до 41 мкгN/дм<sup>3</sup> (ст. А, промежуточный слой). На поверхности концентрации нитритного азота изменялась в диапазоне 0,6–12 мкгN/дм<sup>3</sup>, у дна интервал составил <0,5–0,7 мкгN/дм<sup>3</sup>. Диапазон содержания нитратного азота составил на поверхности 54–155 мкгN/дм<sup>3</sup>, в подстиляющих водах 27–164 мкгN/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 4.23.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	25,7/ 60,0	10,4/ 45,0	14,5/ 48,0	13,6/ 63,0	9,2/ 41,0	14,7/ 51,4	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	2,1/ 7,2	1,6/ 8,3	1,6/ 7,3	4,0/ 8,8	1,7/ 12,0	2,2/ 8,7	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	46,7/ 170,0	59,1/ 170,0	51,3/ 170,0	54,7/ 220,0	99,0/ 164,0	62,2/ 178,8	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	415,0/ 610,0	490,9/ 640,0	431,5/ 870,0	436,5/ 620,0	458,4/ 553,0	446,5/ 658,6	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	5,5/ 33,0	18,0/ 82,0	14,1/ 73,0	9,6/ 36,0	26,8/ 93,0	14,8/ 63,4	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	20,4/ 62,0	25,9/ 92,0	19,8/ 85,0	12,7/ 44,0	45,8/ 131,0	24,9/ 82,8	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. содержание фенола и нефтяных углеводородов во всех пробах было ниже предела чувствительности метода определения. Из десяти проанализированных проб СПАВ были найдены в трех в концентрации 11, 15 и 21 мкг/дм<sup>3</sup>. Во всех исследованных пробах воды содержание хлороорганических пестицидов (ДДТ и его

метаболитов ДДЕ, ДДД, а также  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ) было ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** Содержание меди в глубоководном районе восточной части Финского залива в период проведения гидрохимической съемки в октябре 2016 г. не превышало предельно допустимый уровень. Концентрация ингредиента в слое поверхность-дно изменялась в узком диапазоне от 1,0 до 1,1 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.24). Во всех пробах содержание цинка было ниже уровня ПДК. В поверхностном слое его концентрация изменялась в пределах от 5,3 до 8,9 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое — 4,5–12,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение (12,2 мкг/дм<sup>3</sup>) было отмечено на ст. №1 (придонный горизонт). Содержание кадмия не превышало уровень ПДК. Диапазон концентрации в поверхностном слое составил 0,12–0,19 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном — 0,10–0,13 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание марганца не превышало уровень ПДК во всех отобранных в районе пробах. Диапазон значений составил 2,5–12,1 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхности и 2,0–21,0 мкг/дм<sup>3</sup> у дна. Максимальное содержание марганца в обоих слоях было отмечено на ст. №4. Концентрация свинца в водах глубоководного района в период проведения съемки была ниже предела обнаружения в 90% проб и достигала минимально определяемую величину (2,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Во всех пробах концентрация общего железа была ниже предела обнаружения методики (DL=10,0 мкг/дм<sup>3</sup>).

**Таблица 4.24.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2012–2016 гг.

Металлы мкг/дм <sup>3</sup>	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	3,1/ 7,4	6,4/ 12,0	3,9/ 9,2	1,9/ 3,4	1,0/ 1,1	3,3/ 6,6	5
Zn	7,7/ 20,0	6,5/ 13,0	6,6/ 21,6	6,6/ 7,8	7,9/ 12,2	7,0/ 14,9	50
Mn	2,9/ 13,0	4,9/ 39,0	5,1/ 55,0	106,9/ 239,0	7,0/ 21,0	25,4/ 73,4	50
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	2,2/ 10,0	<ПО/ <ПО	1,1/ 5,0	50
Al	Н/д	Н/д	Н/д	3,8 8,0	<ПО/ <ПО	1,9/ 4,0	40
Pb	7,1/ 17,0	7,6/ 13,0	0,5/ 3,2	<ПО/ <ПО	0,2/ 2,0	3,1/ 7,0	10

#### 4.5.4. Копорская губа

В Копорской губе в 2016 г. гидрохимическая съемка была выполнена 31 октября. Отбор проб осуществлялся на двух станциях с поверхностного, промежуточного (6–20 м), и придонного (12–25 м) горизонтов. Всего было отобрано и проанализировано 6 проб. По результатам наблюдений значения солености в поверхностном слое воды изменялись в пределах 3,86–3,89‰, в придонном горизонте 3,98–4,93‰ (табл. 4.25). Величина водородного показателя рН была в узком диапазоне 7,28–7,60, в среднем по всему столбу воды — 7,50. Значения щелочности варьировали в интервале 1,17–1,32 ммоль/дм<sup>3</sup>. Кислородный режим вод района был в целом удовлетворительным. Содержание растворенного в воде кислорода было в пределах нормы: 6,66–11,12 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> при среднем во всем столбе воды 9,46 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Среднее значение процентного насыщения вод по всему столбу 81,97%, диапазон 58,4–95,7%.

**Биогенные вещества.** Минимальная концентрация фосфатов (21 мкгР/дм<sup>3</sup>) была отмечено в промежуточном слое, максимальная (42 мкгР/дм<sup>3</sup>, 0,8 ПДК)— на придонном горизонте (табл. 4.26). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 33–58 мкгР/дм<sup>3</sup>. Только в одной поверхностной пробе из 6 отобранных содержание аммонийного азота

(22 мкгN/дм<sup>3</sup>) было выше аналитического нуля Диапазон концентрации нитритного азота во всем столбе воды — 1,0–1,9 мкгN/дм<sup>3</sup>. Концентрация нитратов на поверхности составила 91 и 103 мкгN/дм<sup>3</sup>, глубже была в интервале 107–125 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум был зафиксирован на ст. №3к у дна. По сравнению с осенними пробами за предыдущие 5 лет можно отметить тенденцию к повышению концентрации фосфатов и нитратов.

**Таблица 4.25.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Копорской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	14,46/ 19,20	13,82/ 19,40	11,22/ 21,6	15,68/ 17,90	7,94/ 8,42	12,62/ 17,30
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	4,12/ 4,93	4,12/ 4,93
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	7,82/ 9,33	8,94/ 10,33	8,21/ 10,13	7,31/ 9,73	9,46/ 11,12	8,35/ 10,13
Кислород (%)	77,53/ 100,5	87,53/ 103,0	74,94/ 100,0	74,93/ 103,6	81,7/ 95,7	79,33/ 100,56
pH	8,05/ 8,55	8,02/ 8,66	7,56/ 8,21	7,40/ 7,58	7,50/ 7,6	7,71/ 8,12
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	1,13/ 1,4	1,20/ 1,43	1,20/ 1,44	1,12/ 1,33	1,22/ 1,33	1,17/ 1,39

**Таблица 4.26.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Копорской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	27,8/ 59,0	10,1/ 33,0	15,4/ 47,0	15,3/ 39,0	3,7/ 22,0	14,5/ 40,0	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	3,7/ 6,9	1,7/ 8,5	2,2/ 6,7	10,5/ 21,0	1,3/ 1,9	3,9/ 9,0	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	44,7/ 110,0	44,22/ 100,0	55,3/ 120,0	64,8/ 160,0	107,7/ 125,0	63,4/ 123,0	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	435,8/ 650,0	458,9/ 650,0	437,8/ 560,0	386,7/ 560,0	489,3/ 513,0	441,8/ 586,6	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	5,5/ 26,0	6,1/ 25,0	10,4/ 27,0	8,0/ 27,0	27,8/ 42,0	11,6/ 29,4	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	29,2/ 52,0	12,4/ 30,0	14,6/ 33,0	11,5/ 33,0	45,7/ 59,0	22,7/ 41,4	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. во всех отобранных в водах Копорской губы пробах содержание нефтяных углеводородов, фенолов, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) было ниже предела чувствительности использованного метода химического анализа.

**Металлы.** Содержание металлов определялось на поверхностном и придонном горизонтах в четырех пробах. Концентрация меди была в диапазоне 1,0–1,4 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.27). Превышений ПДК по меди зафиксировано не было. По сравнению с предыдущими 5 годами, средняя и максимальная концентрация меди во всем столбе воды стали минимальными. Во всех пробах содержание цинка не превышало предельно допустимый уровень (50 мкг/дм<sup>3</sup>). Диапазон значений во всем столбе воды — 4,1–8,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация марганца в водах Копорской губы в октябре 2016 г. была значительно ниже уровня ПДК (50 мкгMn/дм<sup>3</sup>). Содержание ингредиента в слое поверхность–дно находилось в пределах 2,7–3,8 мкг/дм<sup>3</sup>. Во всех

отобранных пробах содержание общего железа, алюминия и свинца была меньше минимально определяемой величины,  $DL=10$  и  $2 \text{ мкг/дм}^3$  соответственно. Содержания никеля, кобальта и хрома общего находились на уровне аналитического нуля.

**Таблица 4.27.** Средняя и максимальная концентрация металлов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах Копорской губы в 2012–2016 гг.

Металлы $\text{мкг/дм}^3$	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	3,05/ 4,6	5,53/ 9,0	3,57/ 7,9	1,85/ 2,4	1,1/ 1,4	3,02/ 5,06	5
Zn	5,68/ 11,0	6,09/ 11,0	4,11/ 7,5	6,63/ 7,7	5,7/ 8,4	5,64/ 9,12	50
Mn	1,56/ 3,2	2,38/ 9,1	0,94/ 4,4	212,0/ 682,0	3,08/ 3,8	44,99/ 140,50	50
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	3,25/ 11,0	<ПО/ <ПО	1,63/ 5,5	50
Al	Н/д	Н/д	Н/д	3,75/ 5,0	<ПО/ <ПО	1,88/ 2,5	40
Pb	5,89/ 8,3	7,02/ 9,8	2,05/ 2,1	0,5/ 2,0	<ПО/ <ПО	3,09/ 4,44	10

#### 4.5.5. Лужская губа

В Лужской губе в 2016 г. съемка была выполнена 31 октября. Отбор проб осуществлялся на ст. № 18л и ст. № 6л с поверхностного, промежуточного (5–20м), и придонного (10–28м) горизонтов, всего 8 проб. По результатам наблюдений значения солёности в поверхностном слое воды изменялись в пределах 3,63–4,28‰, в придонном горизонте 4,77–4,80‰ (табл. 4.28); при среднем значении во всем столбе воды 4,43‰. Величина водородного показателя pH была в диапазоне 7,48–7,58, в среднем — 7,52, оставаясь на уровне предыдущих лет. Значения показателя щёлочности на поверхности варьировали в интервале 1,23–1,65 ммоль/дм<sup>3</sup>, в придонном горизонте — на уровне 1,30 ммоль/дм<sup>3</sup>. Кислородный режим в водах губы в период проведения съемки был удовлетворительным, случаев нарушения норматива по содержанию растворенного кислорода зафиксировано не было. Диапазон значений составил 8,76–10,40 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, при среднем во всем столбе воды 7,23 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Случаев дефицита кислорода (менее 70% насыщения) отмечено не было.

**Таблица 4.28.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Лужской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	12,83/ 17,90	13,05/ 20,40	11,64/ 21,10	15,14/ 17,8	7,38/ 7,94	12,01/ 17,03
Солёность (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	4,43/ 4,80	4,43/ 4,80
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	8,41/ 9,37	8,61/ 10,57	8,36/ 13,53	6,91/ 9,07	9,65/ 10,40	8,39/ 10,59
Кислород (%)	81,25/ 100,9	83,58/ 108,7	74,91/ 94,7	69,8/ 97,1	82,2/ 86,2	78,35/ 97,52
pH	8,06/ 8,37	7,91/ 8,66	7,52/ 8,35	7,43/ 7,49	7,52/ 7,58	7,69/ 8,09
Щёлочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	1,28/ 1,41	1,27/ 1,46	1,30/ 1,80	1,25/ 1,33	1,33/ 1,65	1,29/ 1,53



**Биогенные вещества.** Концентрация фосфатов в поверхностном слое изменялась в диапазоне 30–32 мкгР/дм<sup>3</sup>, глубже — 19–36 мкгР/дм<sup>3</sup> (табл. 4.29). По сравнению с осенними пробами за предыдущие 5 лет можно отметить тенденцию к повышению концентрации фосфатов. Содержание общего фосфора на двух станциях в столбе воды менялось от 33 до 57 мкгР/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован на ст. № 18л на поверхностном горизонте. В 4 случаях из шести содержание аммонийного азота было ниже уровня определения, а в двух пробах составило 22 и 54 мкгN/дм<sup>3</sup>. Концентрация нитритного азота была очень невысокой: 0,9–6,5 мкгN/дм<sup>3</sup> на поверхности и 0,7–0,8 мкг/дм<sup>3</sup> у дна. На поверхности значения концентрации нитратного азота менялись в диапазоне 122–128 мкгN/дм<sup>3</sup>, у дна — 71–98 мкгN/дм<sup>3</sup>. По сравнению с осенними пробами за предыдущие 5 лет можно отметить тенденцию к повышению содержания нитратов в водах губы. Значения концентрации общего азота на ст. № 6л (глубоководная часть губы) на поверхностном и придонном горизонтах составили 417 и 508 мкг/дм<sup>3</sup>, соответственно; на ст. № 18л — 679 мкг/дм<sup>3</sup> (поверхность) и 497 мкг/дм<sup>3</sup> (дно). Средняя концентрация общего азота во всем столбе воды стала максимальной за предыдущие пять лет.

**Таблица 4.29.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Лужской губы в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	13,8/ 47,0	9,8/ 37,0	20,1/ 65,0	9,2/ 28,0	12,7/ 54,0	13,1/ 46,2	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	2,2/ 6,7	1,8/ 5,6	2,2/ 7,5	8,9/ 16,0	1,7/ 6,5	3,3/ 8,5	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	44,8/ 150,0	40,5/ 95,0	71,5/ 140,0	58,0/ 150,0	108,5/ 128,0	64,7/ 132,6	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	475,0/ 650,0	495,0/ 630,0	493,9/ 1000,0	381,7/ 480,0	505,0/ 679,0	470,1/ 687,8	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	3,3/ 20,0	7,6/ 33,0	10,3/ 25,0	6,8/ 31,0	28,0/ 36,0	11,2/ 29,0	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	17,9/ 40,0	15,29/ 40,0	16,2/ 28,0	8,5/ 38,0	48,5/ 57,0	21,3/ 40,6	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. во всех отобранных в водах Лужской губы пробах содержание нефтяных углеводородов, фенолов и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) было ниже предела чувствительности использованного метода химического анализа. СПАВ обнаружены в одной пробе из четырех в концентрации 18 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Металлы.** Содержание металлов определялось в поверхностном и придонном горизонтах. Превышений ПДК по меди зафиксировано не было. Диапазон значений составил 1–1,4 мкгCu/дм<sup>3</sup> (табл. 4.30). По сравнению с предыдущими 5 годами средняя и максимальная концентрация меди во всем столбе воды стала минимальной. Во всех отобранных пробах превышения ПДК по цинку отмечено не было. Диапазон значений составил 4,8–10,1 мкгZn/дм<sup>3</sup>. Концентрация марганца во всем столбе воды изменялась от 2,5 до 25,1 мкгMn/дм<sup>3</sup>. На ст. № 6л концентрация железа была ниже уровня определения. На ст. № 18л на поверхности было зафиксировано превышение ПДК более чем 3 раза — 172 мкгFe/дм<sup>3</sup>. В придонном горизонте концентрация составляла 13,0 мкгFe/дм<sup>3</sup>. Во всех отобранных пробах содержание алюминия и свинца были меньше минимально определяемой величины (<10 мкг/дм<sup>3</sup>). В 2016 г. содержание свинца стало минимальным за последние пять лет. Содержание никеля, кобальта и хрома общего находились на уровне аналитического нуля.

**Таблица 4.30.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Лужской губы в 2012–2016 гг.

Металлы мкг/дм <sup>3</sup>	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	4,8/ 5,7	6,6/ 10,0	3,6/ 8,7	1,5/ 1,7	1,1/ 1,4	3,5/ 5,5	5
Zn	6,3/ 10,0	6,5/ 13,0	15,1/ 76,0	7,3/ 8,1	7,5/ 10,1	8,5/ 23,4	50
Mn	3,0/ 7,9	2,7/ 10,0	3,5/ 21,0	109,3/ 296,0	9,1/ 25,1	25,5/ 72,0	50
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	1,0/ 3,0	46,3/ 172,0	23,7/ 87,5	50
Al	Н/д	Н/д	Н/д	1,3/ 2,0	<ПО/ <ПО	0,7/ 1,0	40
Pb	8,4/ 9,8	7,1/ 11,0	2,1/ 2,2	0,5/ 2,1	<ПО/ <ПО	3,6/ 5,0	10

#### 4.5.6 Выборгский залив

В 2016 г. гидрохимическая съемка на акватории Выборгского залива проходила в начале ноября. Отбор проб осуществлялся на 6 станциях с глубинами 4–12 с поверхностного и придонного горизонтов, всего было отобрано 12 проб воды. По результатам наблюдений значения солености в поверхностном слое воды изменялись в пределах 0,29–3,13‰, в придонном горизонте 0,66–3,28‰ (табл. 4.31); при среднем значении во всем столбе воды 1,67‰. Распределение вод акватории связано с большим объемом поверхностного стока. На поверхности величина водородного показателя рН была в диапазоне 7,12–7,55, в среднем — 7,31; на придонном горизонте диапазон значений составил 7,14–7,58; в среднем — 7,38. Значения показателя щелочности на поверхности варьировали в интервале от 0,32 ммоль/дм<sup>3</sup> до 1,02 ммоль/дм<sup>3</sup>, в придонном слое интервал составил 0,46–1,03 ммоль/дм<sup>3</sup>. Среднее значение щелочности во всем столбе воды составило 0,69 ммоль/дм<sup>3</sup>. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> не превышало установленный норматив во всех отобранных пробах. На поверхности интервал значений составил 1,8–2,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, при среднем 2,35 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в придонном слое — 1,7–2,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, при среднем 1,98 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В период проведения гидрохимической съемки Выборгского залива в 2016 г. случаев нарушения норматива по содержанию абсолютного кислорода зафиксировано не было. Интервал значений на поверхности составил 10,47–11,32 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, у дна — 10,40–11,35 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Среднее значение содержания растворенного кислорода во всем столбе воды составило 11,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В поверхностном слое насыщение вод кислородом изменялось в пределах 84–86%, в придонном слое 81–89%.

**Биогенные вещества.** В 2016 г. во всех пробах содержание фосфора фосфатов было выше предела обнаружения. В поверхностном слое значения изменялись в диапазоне 7,8–24 мкгР/дм<sup>3</sup>, у дна 8,9–26 мкгР/дм<sup>3</sup> (табл. 4.32). Содержание общего фосфора изменялось в интервале 14,0–44,0 мкгР/дм<sup>3</sup>, при среднем значении во всем столбе воды 23,92 мкгР/дм<sup>3</sup>. В 2016 г. среднее содержание неорганического и общего фосфора стало максимальным за последние 5 лет. Концентрация аммонийного азота в поверхностном слое была в диапазоне 24,0–98,0 мкгN/дм<sup>3</sup>, на придонном горизонте — 40,0–67,0 мкгN/дм<sup>3</sup>, при среднем значении во всем столбе воды 53,25 мкгN/дм<sup>3</sup>. В пробах с поверхностного и придонного горизонтов на ст. ВС было зафиксировано превышение ПДК по содержанию нитритного азота, соответственно 28 мкгN/дм<sup>3</sup> и 33 мкгN/дм<sup>3</sup>. В остальных пробах значения концентрации изменялись в интервале 2,3–7,0 мкгN/дм<sup>3</sup>, при среднем значении во всем столбе воды 4,56 мкгN/дм<sup>3</sup>. Диапазон значений нитратов во всем столбе воды составил 146,0–569,0 мкгN/дм<sup>3</sup>, при среднем

значении 243,5 мкгN/дм<sup>3</sup>. В текущей пятилетке среднее содержание аммонийного азота, азота нитратного и азота нитритного стало максимальными.

**Таблица 4.31.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Выборгского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°C)	16,93/ 19,7	17,08/ 24,5	16,73/ 23,40	Н/д	4,52/ 6,99	13,82/ 18,65
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	1,67/ 3,28	1,67/ 3,28
Кислород (мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	8,04/ 10,22	8,37/ 10,67	7,35/ 10,09	Н/д	11,0/ 11,35	8,69/ 10,58
Кислород (%)	83,34/ 112,20	88,32/ 114,6	75,11/ 97,20	Н/д	85,63/ 89,30	83,10/ 103,33
pH	7,50/ 8,31	7,55/ 8,66	7,20/ 7,58	Н/д	7,35/ 7,58	7,40/ 8,03
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,61/ 0,97	0,68/ 1,28	0,65/ 1,12	Н/д	0,69/ 1,03	0,66/ 1,10
БПК <sub>5</sub> (мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	1,73/ 4,32	2,60/ 5,86	1,99/ 4,10	Н/д	2,17/ 2,90	2,12/ 4,30

**Таблица 4.32.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Выборгского залива в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	24,8/ 100,0	16,6/ 110,0	50,4/ 240,0	Н/д	53,3/ 98,0	36,3/ 137,0	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	2,1/ 5,6	1,1/ 3,6	1,6/ 9,7	Н/д	8,9/ 33,0	3,4/ 12,98	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	57,1/ 190,0	47,2/ 210,0	74,7/ 220,0	Н/д	243,5/ 569,0	105,6/ 297,3	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	622,9/ 970,0	536,0/ 830,0	725,5/ 1040,0	Н/д	812,8/ 1184,0	674,3/ 1006,0	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	3,5/ 18,0	3,9/ 26,0	6,2/ 56,0	Н/д	13,6/ 26,0	6,8/ 31,5	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	17,5/ 38,0	15,5/ 53,0	19,0/ 80,0	Н/д	23,9/ 44,0	19,0/ 53,7	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. содержание нефтяных углеводородов в водах Выборгского залива не превышало предел обнаружения использованной методики (DL=0,04 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание фенола выше предела обнаружения (DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup>) было зафиксировано в одной пробе с придонного горизонта на ст. ВС — 0,6 мкг/дм<sup>3</sup>. В 10 пробах из 12 значения концентрации СПАВ была ниже уровня аналитического нуля. На ст. З в придонном слое она составила 10 мкг/дм<sup>3</sup>, а на ст. Д на поверхности — 19 мкг/дм<sup>3</sup>. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** Содержание металлов определялось в поверхностном и придонном горизонтах. Диапазон значений содержания меди составил на поверхности 1,8–6,1 мкгCu/дм<sup>3</sup>, у дна 1,1–2,9 мкгCu/дм<sup>3</sup>. Превышение ПДК было зафиксировано в одном случае (табл. 4.33, рис. 4.9). Средняя концентрация во всем столбе воды 2,72 мкгCu/дм<sup>3</sup> стала минимальной за последние 5 лет. Во всех пробах концентрация цинка не превышала ПДК (50 мкгZn/дм<sup>3</sup>) и составила в среднем 9,4 мкгZn/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация цинка стала максимальной за последние 5 лет, интервал значений на поверхности — 9,9–15,1, у дна 8,8–12,9 мкгZn/дм<sup>3</sup>. В 84% было отмечено превышение содержания марганца. Концентрация ингредиента на поверхности

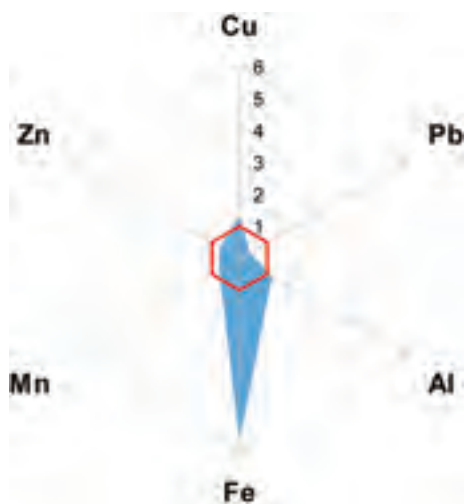


Рис. 4.9. Диаграмма превышения ПДК среднегодовой концентрации металлов в водах Выборгского залива в 2016 гг.

изменялась в диапазоне 15,2–74,4 мкгМп/дм<sup>3</sup>; у дна интервал составил 5,4–70,9 мкгМп/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация марганца во всем столбе воды 54,28 мкгМп/дм<sup>3</sup> (более 1 ПДК) стала максимальной за последние пять лет. В 100% проб зафиксировано превышение ПДК по железу. Диапазон значений содержания железа во всем столбе воды составил 79–98 мкгFe/дм<sup>3</sup>, при среднем 321,5 мкгFe/дм<sup>3</sup> (более 6 ПДК). Содержание свинца во всех пробах не превышало ПДК (10 мкгPb/дм<sup>3</sup>). Диапазон значений — от аналитического нуля до 2 мкгPb/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация свинца по всему столбу воды стал минимальной за последние пять лет. Содержание никеля, кобальта и общего хрома находились на уровне аналитического нуля.

Таблица 4.33. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Выборгского залива в 2012–2016 гг.

Металлы мкг/дм <sup>3</sup>	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	3,9/ 6,8	4,0/ 9,1	4,3/ 14,5	Н/д	2,7/ 6,1	3,7/ 9,1	5
Zn	7,5/ 18,0	4,6/ 8,8	8,2/ 14,0	Н/д	11,4/ 15,1	7,9/ 13,9	50
Mn	11,7/ 36,0	6,7/ 24,0	23,0/ 66,0	Н/д	54,3/ 77,0	23,9/ 50,8	50
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	321,5/ 789,0	321,5/ 789,0	50
Al	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	48,3/ 235,0	48,3/ 235,0	40
Pb	5,3/ 9,5	4,3/ 9,6	0,8/ 4,7	Н/д	0,7/ 2,0	2,8/ 6,5	10

#### 4.5.7. Акватория Выборгского порта

В 2016 г. гидрохимическая съемка на акватории Выборгского порта проходила в начале ноября на ст. №2а. Две пробы были отобраны с поверхности и из придонного слоя на глубине 6 м. По результатам наблюдений соленость в поверхностном слое воды составила 1,03‰, на придонном горизонте 2,11‰ (табл. 4.34); при среднем значении во всем столбе воды 1,57‰. На поверхности величина водородного показателя рН была 7,25, на придонном горизонте — 7,42. Значения показателя щелочности изменялись от 0,60 ммоль/дм<sup>3</sup> на поверх-

ности до 0,82 ммоль/дм<sup>3</sup> в придонном слое. По сравнению с предыдущими годами средняя щелочность во всем столбе воды стала максимальной. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> не превышало установленный норматив (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и составило 1,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Содержание растворенного в воде кислорода в поверхностном слое составило 11,09 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и 10,62 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у дна. В поверхностном слое насыщение вод кислородом составило 84,0% и 83,5% в придонном слое. Среднее содержание относительного кислорода стало максимальным за последние пять лет.

**Таблица 4.34.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Выборгского порта в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	Н/д	16,08/ 22,8	16,73/ 23,2	Н/д	4,2/ 4,8	12,34/ 16,93
Соленость (‰)	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	1,57/ 2,11	1,57/ 2,11
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	Н/д	7,73/ 9,76	6,08/ 8,65	Н/д	10,85/ 11,09	8,22/ 9,83
Кислород (%)	Н/д	78,88/ 88,0	61,42/ 77,0	Н/д	83,75/ 84,0	74,68/ 83,0
pH	Н/д	7,48/ 7,82	7,12/ 7,49	Н/д	7,34/ 7,42	7,31/ 7,58
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	Н/д	0,62/ 0,73	0,61/ 0,67	Н/д	0,71/ 0,82	0,65/ 0,74
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	Н/д Н/д	2,69/ 3,75	2,08/ 3,70	Н/д	1,8/ 1,8	2,19/ 3,08

**Биогенные вещества.** Концентрация фосфатов составила на поверхности 10 мкгР/дм<sup>3</sup>, а в придонном слое 12 мкгР/дм<sup>3</sup>. Содержание общего фосфора достигало на придонном горизонте 23 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.35). Максимальная концентрация нитритного азота составила 6,4 мкг/дм<sup>3</sup> у дна, нитратного — 176 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхности, аммонийного — 123 мкг/дм<sup>3</sup> (поверхность).

**Таблица 4.35.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Выборгского порта в 2012–2016 гг.

Ингредиент	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub>	Н/д	36,3/ 99,0	98,8/ 120,0	Н/д	97,0/ 123,0	76,2/ 115,5	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub>	Н/д	1,7/ 2,9	4,5/ 11,3	Н/д	5,2/ 6,4	4,3/ 8,4	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub>	Н/д	51,7/ 98,0	130,0/ 230,0	Н/д	164,0/ 176,0	110,7/ 176,0	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	Н/д	541,7/ 740,0	861,7/ 960,0	Н/д	861,5/ 902,0	760,0/ 913,0	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	Н/д	3,0/ 9,2	3,3/ 7,8	Н/д	11,0/ 12,0	5,8/ 10,3	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	Н/д	14,0/ 22,0	15,7/ 19,0	Н/д	19,5/ 23,0	18,1/ 25,3	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2016 г. во всех пробах воды из акватории Выборгского порта содержание нефтяных углеводородов, фенолов, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) было ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** Диапазон значений по содержанию меди составил 1,3–2,1 мкгCu/дм<sup>3</sup>. Содержание меди стало минимальным за последнюю пятилетку (табл. 4.36). Интервал значений концентрации марганца во всем столбе воды составил 68,1–69,6 мкгMn/дм<sup>3</sup> (более 1 ПДК). Концентрация цинка на поверхности составила 9,1 мкгZn/дм<sup>3</sup>, в придонном слое — 6,5 мкгZn/дм<sup>3</sup>. Содержание общего железа превысило норматив (50 мкгFe/дм<sup>3</sup>) во всех пробах, концентрация составила 453 мкгFe/дм<sup>3</sup> и 170 мкгFe/дм<sup>3</sup> соответственно на поверхностном и придонном горизонте. Концентрация свинца на поверхности составила 2,0 мкгPb/дм<sup>3</sup>, в придонном слое — ниже уровня аналитического нуля. Содержания никеля, кобальта и хрома общего находились на уровне аналитического нуля.

**Таблица 4.36.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в акватории Выборгского порта в 2012–2016 гг.

Металлы мкг/дм <sup>3</sup>	2012	2013	2014	2015	2016	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu	Н/д	4,0/ 5,6	7,9/ 18,1	Н/д	1,7/ 2,1	4,5/ 8,6	5
Zn	Н/д	4,6/ 7,4	7,3/ 8,9	Н/д	7,8/ 9,1	6,6/ 8,5	50
Mn	Н/д	10,2/ 23,0	38,1/ 68,0	Н/д	68,9/ 69,6	39,0/ 53,5	50
Fe	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	311,5/ 453,0	311,5/ 453,0	50
Al	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	26,0/ 38,0	26,0/ 38,0	40
Pb	Н/д	5,6/ 7,1	0,3/ 2,0	Н/д	1,0/ 2,0	2,3/ 3,7	10

## Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

*Красавина А. С., Чаус О. М., Устинова А. А., Украинская К. В., Косевич Н. И.,  
Жохова Н. В., Коршенко А. Н.*

### 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> (Люция Белого моря, 1995). Белое море имеет довольно сложную конфигурацию с многочисленными заливами и островами, с сильно изрезанной береговой линией. Выделяют четыре крупных залива: Двинский, Онежский, Кандалакшский и Мезенский (рис. 5.1). Акваторию Белого моря принято делить на несколько районов — Воронка, Горло, Бассейн и заливы. Берега Белого моря имеют собственные названия и традиционно разделяются в порядке перечисления против часовой стрелки от побережья Кольского полуострова на Терский, Кандалакшский, Карельский, Поморский, Онежский, Летний, Зимний, Мезенский и Канинский берега; иногда Мезенский разделяют на Абрамовский и Конушинский, а часть Онежского называют Лямецким берегом. Берега северной части Белого моря мало изрезаны, преимущественно обрывисты и безлесны. Береговая линия Горла также мало изрезана и образует лишь несколько небольших губ. Берега Бассейна и его заливов на всем протяжении покрыты лесом и отличаются большой изрезанностью (Люция, 1995). Северо-западные берега высокие и скалистые, юго-восточные — пологие и низкие; длина сильно изрезанной береговой линии не менее 2000 км (в скандинавской мифологии Белое море известно под названием «Гандвик», а также как «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 (Гидрометеорология..., 1991; Филатов, 2007). 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°C. Весной поверхность моря прогревается до глубин примерно 20 м, а далее следует резкое понижение температуры до 0°C на горизонте 50–60 м. Летом толщина прогретого слоя увеличивается до 30–40 м. В Горле из-за интенсивного приливного турбулентного перемешивания вертикальное распределение температуры практически однородное.

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

Общий характер горизонтальной циркуляции вод моря — циклонический. Вдоль западных берегов в Белое море поступают более солёные баренцевоморские воды, а вдоль восточных берегов моря опреснённые поверхностные воды продвигаются и поступают в Горло и далее на север. Скорости течений составляет 10–15 см/с. Хорошо выражены приливы, которые имеют правильный полусуточный характер. Средняя высота сизигийных приливов колеблется от 0,6 (Зимняя Золотица) до 3 метров, в некоторых узких заливах достигает 7 метров (7,7 метров в Мезенской губе, устье реки Семжа). Приливная волна проникает вверх по течению впадающих в море рек, например на Северной Двине, на расстояние до 120 километров. Несмотря на небольшую площадь поверхности моря на нём развита штормовая деятельность, особенно осенью, когда во время штормов высота волн достигает 6 метров. Сгонно-нагонные явления в холодное время года достигают на море величины 75–90 сантиметров.

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

В Белое море впадают реки Северная Двина, Мезень, Поной, Онега и Кемь; годовой речной сток в среднем оценивается в 215 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 км к югу от Кандалакши (грузооборот — 2,3 млн.т), Кемь (11 775 чел.) и Мезень — город (3325 чел.) и порт (27 тыс.тонн), расположенный на берегах реки Мезени в 45 км от ее впадения в Мезенскую губу, (<https://ru.wikipedia.org/wiki>).

## 5.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Речной сток является главным источником загрязнения Белого моря. Реки выносят в прибрежные акватории загрязняющие вещества, поступающие от предприятий целлюлозно-



бумажной промышленности, Минэнерго, жилищно-коммунального хозяйства, судов речного и морского флота. Значительным источником загрязнения вод Белого моря является сброс сточных вод предприятиями городов и поселков, расположенных в прибрежных районах и устьевых областях рек.

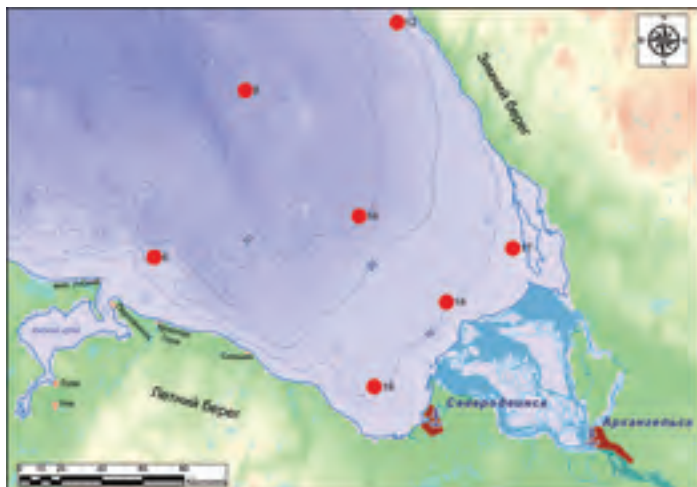
В Кандалакшский залив Белого моря производят сброс сточных вод несколько предприятий (табл. 5.1). Наиболее крупное из них АО «Кандалакшаводоканал-3». В 2016 г. в залив было сброшено 2,6 млн. м<sup>3</sup> сточных вод без очистки. При этом в воды Кандалакшского залива поступило: органических веществ (по БПК<sub>полн</sub>) 51,8 т, взвешенных веществ 40,7 т, нефтепродуктов 0,44 т, СПАВ 5,4 т и железа 0,8 т.

**Таблица 5.1.** Поступление сточных вод и загрязняющих веществ в Кандалакшский залив Белого моря.

г. Кандалакша	Сброшено сточных вод, тыс.м <sup>3</sup> /год		Сброшено загрязняющих веществ, тонн					
	всего	загрязненные	БПК <sub>полн</sub>	НУ	сух. остаток	взвеш. вещества	СПАВ	железо
ООО «Кандалакшский морской торговый порт 477091	11,09	11,09	0,141	0,003	3,833	0,126	4,826	0,018
ООО «Кандалакшаводоканал-3», 477409	2386,45	2386,45	47,017	0,400	715,249	36,896	0,550	0,608
ООО «Кандалакшаводоканал-4», 477410	217,96	217,96	4,613	0,044	52,871	3,646	-	0,144
<b>ВСЕГО 2016 г.</b>	<b>2615,50</b>	<b>2615,50</b>	<b>51,771</b>	<b>0,447</b>	<b>771,953</b>	<b>40,668</b>	<b>5,376</b>	<b>0,770</b>

### 5.3. Двинский залив

В Двинском заливе Белого моря Северным УГМС на НИС «Профессор Молчанов» была проведена одна гидрохимическая съёмка 7–8 июля 2016 г. на 7 стандартных станциях мониторинга с глубинами 9–80 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 27 проб. В состав наблюдений вошло определение температуры, солености, рН, концентрации растворенного в воде кислорода, фосфатов и общего фосфора, силикатов, аммонийного, нитритного и нитратного



**Рис. 5.1.** Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2016 г.

азота, нефтяных углеводородов, пестицидов ДДТ, ДДЭ,  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ. Пробы отбирались и обрабатывались в судовой лаборатории океанологом и гидрохимиком на солёность, рН и кислород; в рейсе проводилось определение прозрачности водной толщи по диску Секки. Определение остальных показателей проводилось в лаборатории мониторинга за загрязнением поверхностных вод ЦМС.

В водах залива летом 2016 г. температура воды в поверхностном слое была в интервале 10,5–18,05 °С, в глубинных водах опускалась до минус –0,45 °С. Соленость на поверхности 17,65–25,82‰, а в глубинных слоях поднималась до 28,37‰ на глубине 80 м на ст. №9. За период наблюдений значение рН было в диапазоне 7,7–8,04. В летний период 2016 г. кислородный режим Двинского залива был удовлетворительным. Содержание растворенного в воде кислорода в среднем составило 8,04 мг/дм<sup>3</sup> при диапазоне концентрации 6,08–9,12 мг/дм<sup>3</sup>. Насыщение водных масс залива кислородом изменялось в пределах 70–92%. Минимальное значение было зарегистрировано на ст. №9 в придонном слое воды. По сравнению с предыдущим годом наблюдается некоторое понижение среднегодового насыщения водных масс залива кислородом с 85% в 2015 г. до 81% в следующем. Прозрачность морских вод составляла 1,5–4,0 м. В 2016 г. в водах Двинского залива нефтяные углеводороды и пестициды группы ГХЦГ обнаружены не были. В следовых количествах (0,5 нг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе из 10 был обнаружен ДДТ и в пяти пробах с поверхности и из глубинных слоев — ДДЕ.

Из 20 обработанных проб содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения в восьми пробах, все они были отобраны на удаленных от устья Двины станциях №6,9,12. Максимальная концентрация достигала 20,9 мкг/дм<sup>3</sup> (сотая доля ПДК) в придонном слое вод на глубине 9 м на ст. №19 у Северодвинска. Среднее значение по всем пробам составило 5,4 мкг/дм<sup>3</sup>, что практически равняется прошлогоднему значению июльской съемки залива (4,3 мкг/дм<sup>3</sup>). Нитритный азот был обнаружен во всех пробах. Его концентрация была в узком диапазоне 0,50–4,93 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 2,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Нитратный азот не был обнаружен только в одной пробе, в остальных его содержание достигало 244,4 мкг/дм<sup>3</sup> (0,03 ПДК), в среднем 41,5 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,2 раза больше по сравнению с прошлым годом. Максимальная концентрация зафиксирована на ст. №9 на глубине 20 м.

Концентрация фосфатов изменялась в пределах 1,18–23,64 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 10,4 мкг/дм<sup>3</sup> (0,2 ПДК). Максимальная величина наблюдалась на ст. №9 в центре залива в придонном слое на глубине 78 м. В 2015 г. максимум содержания фосфатов был в 2,9 раз выше (67,8 мкг/дм<sup>3</sup>), однако среднее значение было практически одинаковым — 10,7 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее значение

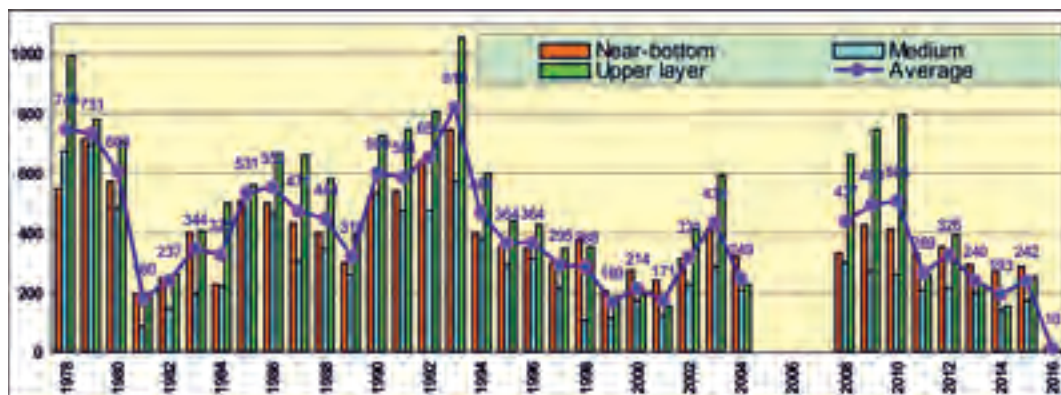


Рис. 5.2. Многолетняя динамика содержания силикатов (мкг/дм<sup>3</sup>) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978–2016 гг.

общего фосфора в 2016 г. было ненамного выше минерального — 18,9 мкг/дм<sup>3</sup>, диапазон изменений относительно небольшой: 11,2–43,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация силикатов варьировала от 1,2 до 23,6 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 10,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Эти значения на порядок ниже прошлых лет, когда среднее составило 242,0 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимум достигал 557 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 5.2). В целом такие низкие значения не наблюдались за весь период наблюдений, что может быть связано с экстремальным использованием силикатов диатомовыми водорослями во время летнего июльского цветения или со систематической методической ошибкой определения концентрации вещества при химическом анализе.

#### 5.4. Кандалакшский залив

На водпосту «Кандалакша» (глубина 9,5 м), расположенном на территории Кандалакшского морского торгового порта (рис. 5.3), регулярные наблюдения проводились Мурманским УГМС 6 раз в год с марта по октябрь. Анализ проб морской воды, отобранных из подповерхностного слоя, выполнялся по 30 показателям. Значения **температуры** варьировали в диапазоне от минус –0,1 °С до 15,6 °С, при среднегодовом значении 7,43 °С. Соленость воды в 6 пробах за период наблюдений изменялась от 4,40‰ до 20,20‰, в среднем 10,783‰ (минимум в октябре и максимум в июне); содержание рН в пробах воды варьировало в пределах 6,55–7,63, в среднем 7,25 единиц рН; щелочность изменялась от 0 до 1,28 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. Кислородный режим в районе расположения водпоста был удовлетворительным. Содержание растворенного кислорода в воде в течение года изменялось от 9,25 до 13,81 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, средняя 11,56 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (табл. 5.2).



Аммонийный азот отмечен в трех пробах в марте, мае и июне в концентрации 47,7, 10,6 и 46,1 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем за период наблюдений 17,4 мкг/дм<sup>3</sup>; нитритный азот зафиксирован во всех пробах в пределах 0,79–3,03/2,06 мкг/дм<sup>3</sup>; нитратный азот отсутствовал в пробе августа, а в остальных достигал 71,1 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 17,5 мкг/дм<sup>3</sup>; фосфатный фосфор 0,00–10,8/2,8 мкг/дм<sup>3</sup> и силикатов 300–1745/1240 мкг/дм<sup>3</sup>. В целом содержание биогенных веществ было в пределах естественных межгодовых колебаний.

**Рис. 5.3.** Схема расположения станции мониторинга на водпосту «Кандалакша» на территории морского торгового порта в Кандалакшском заливе Белого моря.

**Таблица 5.2.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Двинского и Кандалакшского заливов Белого моря в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Двинский залив	НУ	0,01 0,05	0,2 <b>1,0</b>	0,002 0,01	0,04 0,2	0,0 0,0	
	Нитриты	1,58 5,9		1,25 2,38		2,21 4,93	<0,1 0,2
	Аммонийный азот	2,36 5,22		4,35 72,63		5,40 20,89	<0,1 <0,1
	Σ ДДТ+ДДД	0,25 1,0	<0,1 0,1	0,35 0,5	<0,1 <0,1	0,3 1,0	<0,1 0,1
	Растворенный кислород	8,89 8,05		8,31 7,41		8,04 6,08	
	% насыщения	94,2 76		84,5 73		80,6 70	
Кандалакшский залив: порт Кандалакша	НУ	0,009 0,013	0,2 0,3	0,015 0,030	0,3 0,6	0,018 0,039	0,4 0,8
	СПАВ	5 9	<0,1 <0,1	3,2 4	<0,1 <0,1	0 0	
	Фенол	0,20 0,75	0,2 0,8	- -		- -	
	Медь	5,5 7,0	<b>1,1</b> <b>1,4</b>	5,1 7,0	<b>1,0</b> <b>1,4</b>	4,5 5,2	0,9 <b>1,0</b>
	Никель	2,5 3,7	0,3 0,4	3,4 4,9	0,3 0,5	3,6 6,4	0,4 0,6
	Свинец	1,5 2,1	0,2 0,2	0,8 1,3	<0,1 0,1	0 0	
	Марганец	6,2 8,8	0,1 0,2	10,8 19,0	0,2 0,4	9,4 20,4	0,2 0,4
	Железо	27 65	0,5 <b>1,3</b>	61,2 107	<b>1,2</b> <b>2,1</b>	20,0 36	0,4 0,7
	Ртуть	0,020 0,040	0,2 0,4	0,002 0,011	<0,1 0,1	0,002 0,014	<0,1 0,1
	γ-ГХЦГ (линдан)	0,3 0,5	<0,1 <0,1	0 0		0,4 0,9	<0,1 <0,1
	α-ГХЦГ	0,3 0,5	<0,1 <0,1	0,37 0,9	<0,1 <0,1	1,07 1,9	0,1 0,2
	ДДТ	0 0		0 0		5,08 8,8	0,5 0,9
	Азот аммонийный	14 24	<0,1 <0,1	44,9 161	0,1 0,4	17,4 47,7	<0,1 <0,1
	БПК <sub>5</sub> мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,83 1,09	0,4 0,5	0 0		0 0	
	Растворенный кислород	7,69 6,12		7,52 6,54		11,56 9,25	

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

Среднегодовое содержание нефтяных **углеводородов** в районе расположения водпоста в морском торговом порту составило 18 мкг/дм<sup>3</sup>, изменяясь от 11 до 39 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2016 г. в водах порта были отмечены отдельные хлорорганические **пестициды**. Концентрация γ-ГХЦГ (линдан) составляла 0,5, 0,8 и 0,9 нг/дм<sup>3</sup> в трех пробах, а его изомер α-ГХЦГ был отмечен во

всех пробах (0,6–1,9 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,1 нг/дм<sup>3</sup>); концентрация β-ГХЦГ была ниже предела обнаружения. Из другой группы пестицидов «свежий» ДДТ отсутствовал только в одной пробе, а в остальных составлял 3,9–8,8 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 5,1 нг/дм<sup>3</sup> (0,5 ПДК). Его метаболит ДДД отмечен в одной пробе в мае в концентрации 9,4 нг/дм<sup>3</sup>, а другой метаболит ДДЕ отсутствовал. Сумма пестицидов группы ДДТ достигала в мае 18,2 нг/дм<sup>3</sup> (1,8 ПДК).

Концентрация растворенных форм тяжелых **металлов** в водах водпоста г. Кандалакша изменялась в пределах: медь 3,9–5,2 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 4,5 мкг/дм<sup>3</sup>; никель 0,0–6,4/3,6 мкг/дм<sup>3</sup>; марганец 3,8–20,4/9,4 мкг/дм<sup>3</sup>; железо 8–36/20 мкг/дм<sup>3</sup>; кадмий 0,00–0,27/0,19 мкг/дм<sup>3</sup>. Ртуть была найдена в одной пробе в марте 0,014 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК). Свинец и хром в пробах найдены не были. Максимальное содержание меди отмечалось в июле и превышало уровень 1 ПДК, железа — 0,7 ПДК, марганца — 0,4 ПДК.

В Двинском заливе в 2016 г. была проведена всего одна гидрохимическая съёмка и, таким образом, оценка качества вод залива может быть дана только ориентировочная. Низкие значения приоритетных загрязняющих веществ, 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.

По шести пробам, отобраным ежемесячно с марта по октябрь 2016 г. в торговом порту г. Кандалакша, качество вод по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,57) улучшилось и оценивается II классом, «чистые» (табл. 5.3). Приоритетными загрязняющими веществами остались медь, железо и никель, хотя содержание их в целом снизилось; содержание в водах порта нефтяных углеводородов не изменилось, а СПАВ и легкоокисляемых органических веществ понизилось. В последние годы качество вод в районе водпоста порта Кандалакша стабилизировалось. Аэрация вод достаточная, поскольку случаев дефицита кислорода отмечено не было и все значения концентрации O<sub>2</sub> превышали установленный норматив.

**Таблица 5.3.** Оценка качества вод порта Кандалакша в Кандалакшском заливе Белого моря в 2014–2016 гг.

Район моря	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Кандалакша	0,71	II	0,85	III	0,57	II	HY 0,36; Cu 0,90; ДДТ 0,51; O <sub>2</sub> 0,52

## Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ

*Устинова А. А., Украинская К. В., Коршенко А. Н., Погожева М. П., 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 фьордовые, 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 распределения атлантических вод, интенсивности зимнего охлаждения и рельефа дна. В юго-западной части моря температура плавно понижается ко дну. На северо-востоке моря зимой температура понижается до горизонта 100–200 м, а затем снова повышается ко дну. Летом невысокая температура поверхностных вод понижается до глубины 25–50 м (до –1,5 °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 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  $\frac{1}{4}$  часть общего объема воды моря. Наибольшее количество воды несет теплое Нордкапское течение, оказывающее исключительно большое влияние на гидрометеорологический режим моря. Общий речной сток в море составляет в среднем 200 км<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 развит слабо,

преобладают плавучие льды, в том числе айсберги. Ледовитость Баренцева моря изменяется от года к году, что связано с различной интенсивностью Нордкапского течения, характером крупномасштабной атмосферной циркуляции, общим потеплением или похолоданием Арктики в целом (Баренцево море, 1990).

## 6.2. Источники поступления загрязняющих веществ

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

В 2016 г. в Кольский залив Баренцева моря сброшено 36,5 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, что на 12 млн. м<sup>3</sup> меньше, чем в 2015 г. (48,5 млн. м<sup>3</sup>). Уменьшение обусловлено снижением объема водопотребления. Объем загрязненных сточных вод без очистки составил 30,1 млн. м<sup>3</sup> (82%). Со сточными водами в Кольский залив поступило 433,3 т легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>полн</sub>), 340,9 т взвешенных веществ, 5,9 т нефтепродуктов, 10,5 т железа, 5,6 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, фенолов и тяжелых металлов. С точки зрения радиационного загрязнения особую опасность представляют собой суда и хранилища отходов ФГУП «Атомфлот» и Северного флота. Дополнительным источником поступления ЗВ является индустриальная деятельность непосредственно на морских акваториях, включая морской транспорт, разработку месторождений, захоронение грунта (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 2016 г. Мурманское УГМС из зафиксированных в программе мониторинга станций в Кольском заливе 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 было выполнено 180 определений, включая температуру, соленость, концентрацию растворенного кислорода, водородный показатель pH, щелочность, концентрации 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.

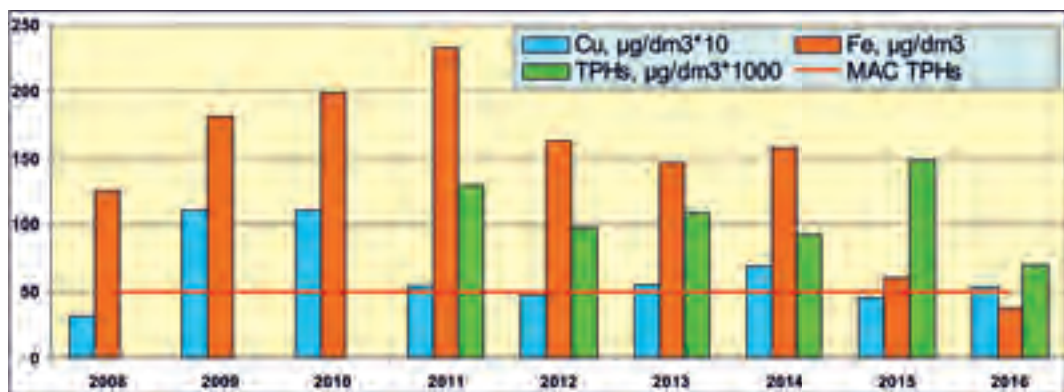
**Рис. 6.1.** Станции гидрохимического мониторинга в Кольском заливе Баренцева моря.

Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 6,88–25,14‰, минимум отмечен в ноябре, а максимум в январе. Температура за весь период наблюдений варьировала в пределах от минус 0,6 до 12,6 °С. Величина рН 7,61–8,01; максимум в марте. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в диапазоне 0,00–1,33 мг-экв/дм<sup>3</sup>; среднегодовая 0,82 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту г. Мурманск в течение 2016 г. во всех шести пробах изменялось в диапазоне 0,029–0,149 мг/дм<sup>3</sup> (max 3,0 ПДК, март, в 3,7 раза ниже прошлогоднего значения). Среднее за год содержание НУ составило 0,070 мг/дм<sup>3</sup>, что в 2 раза меньше прошлогоднего (табл. 6.1). В целом средняя концентрация нефтяных углеводородов в водах порта была наименьшей за последние 6 лет и составила только 1,4 ПДК (рис. 6.2).



Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода **БПК<sub>5</sub>** было невысоким и варьировало в пределах от аналитического нуля до 2,30; в среднем 0,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, как и в 2015 г. Содержание взвешенных частиц и АПАВ в воде было ниже предела обнаружения использованного метода определения во всех пробах. В водах водпоста г. Мурманска хлорорганические **пестициды** группы ГХЦГ обнаруживаются в последние годы постоянно. Концентрация линдана (γ-ГХЦГ) в июле и марте составила 0,5 нг/дм<sup>3</sup>, а в мае — 0,6 нг/дм<sup>3</sup>. Его метаболит α-ГХЦГ был распространен более широко



**Рис. 6.2.** Динамика среднегодового содержания нефтяных углеводородов, железа и меди в водах водпоста в торговом порту Мурманска в 2008–2016 гг.



(0,0–1,3, в среднем 0,5 нг/дм<sup>3</sup>), а β-ГХЦГ, напротив, обнаружен не был. Сумма пестицидов этой группы достигала 1,8 нг/дм<sup>3</sup>, в 2015 г. — 3,9 нг/дм<sup>3</sup>. Пестициды группы ДДТ в 2016 г. варьировали от 0,0 до 7,0 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 4,1 нг/дм<sup>3</sup>, хотя в прошлом году обнаружены не были.

Воды торгового порта г. Мурманска остаются существенно загрязненными тяжелыми **металлами** (табл. 6.2). Превышение ПДК и по средним, и по максимальным значениям отмечено для меди, по максимальным значениям — по железу. Содержание в воде ртути снова превысило порог чувствительности метода определения. В целом загрязнение вод залива медью по сравнению с прошлым годом увеличилось, а для остальных металлов осталось примерно на прежнем уровне или понизилось.

**Таблица 6.2.** Минимальная, максимальная и средняя концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах водпоста в торговом порту г. Мурманска в 2014/2015/2016 гг.

Район	Fe	Mn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Hg
Средняя	317/ 60/ 37,5	20/ 11/ 10,8	11,2/ 4,6/ 5,3	3,9/ 1,7/ 0	0,1/ 0,2/ 0,3	0,5/ 0/ 0	2,1/ 3,3/ 1,4	15,1/ -/ -	0,205/ 0/ 0,002
Max	490/ 155/ 65	32/ 22/ 15,3	22,7/ 5,0/ 8,1	8,2/ 5,6/ 0	0,1/ 0,6/ 0,6	0,9/ 0/ 0	4,1/ 9,2/ 8,4	20,8/ -/ -	1,168/ 0/ 0,010
Min	192/ 26/ 21	13/ 6,5/ 8,8	4,0/ 3,8/ 3,7	0,6/ 0,7/ 0	0,1/ 0,1/ 0	0,1/ 0/ 0	1,2/ 1,1/ 0	13,0/ -/ -	0,000/ 0/ 0
ПДК сред.	<b>6,3/</b> <b>1,2/</b> 0,75	0,4/ 0,2/ 0,2	<b>2,2/</b> 0,9/ <b>1,1</b>	0,4/ 0,2/ -	0,01/ 0,02/ 0,03	<0,01/ -/ -	0,2/ 0,3/ 0,1	0,3/ -/ -	<b>2,05/</b> -/ 0,02
ПДК max.	<b>9,8/</b> <b>3,1/</b> <b>1,3</b>	0,6/ 0,4/ 0,3	<b>4,5/</b> <b>1,0/</b> <b>1,6</b>	0,8/ 0,6/ -	0,01/ 0,06/ 0,06	<0,01/ -/ -	0,4/ 0,9/ 0,8	0,4/ -/ -	<b>11,7/</b> 0/ 0,1

\* — выделены значения выше ПДК.

Концентрация аммонийного **азота** изменялась на водпосту Мурманска в пределах от 43,5 до 1014,5 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 373,7 мкг/дм<sup>3</sup> (в прошлом году было больше в 1,4 раза — 532,0 мкг/дм<sup>3</sup>). В районе ВПМ содержание нитритов было относительно высоким и составляло 1,11–9,65; в среднем за год 4,81 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г. — 3,79 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание нитратов в водах Мурманского порта повысилось по сравнению с прошлогодним и варьировало в пределах 4,68–358,1; в среднем 105,2 мкг/дм<sup>3</sup> (2015 г. — 55,87 мкг/дм<sup>3</sup>). В районе водпоста содержание фосфатов в течение года изменялось в пределах 0,0–345,2 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная величина была отмечена в ноябре, средняя за год составила 104,8 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 5,5 раза меньше прошлогоднего значения. Концентрация силикатов изменялась от 1814 до 4660 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя 2680 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,5 раза выше прошлогодней.

Содержание растворенного в воде **кислорода** в районе торгового порта г. Мурманска не выходило за пределы норматива в течение всего года и изменялось в диапазоне 7,08–8,81 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (74,2–100,9% насыщения), в среднем 8,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что ниже значения прошлого года — 9,43 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

По индексу загрязненности вод **ИЗВ** (0,95) качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск улучшилось по сравнению с прошлогодним уровнем и оценивается III классом, «умеренно загрязненные» (табл. 6.3). Традиционно в водах торгового порта г. Мурманска в 2016 г. наблюдалась высокая концентрация нефтяных углеводородов. Средняя концентрация меди немного превышала норматив, а железа не достигала ПДК. В целом уровень загрязнения вод водпоста этими ингредиентами остался на уровне прошлых лет или немного уменьшился, за исключением меди, чья концентрация повысилась после снижения в 2015 г. В воде было отме-

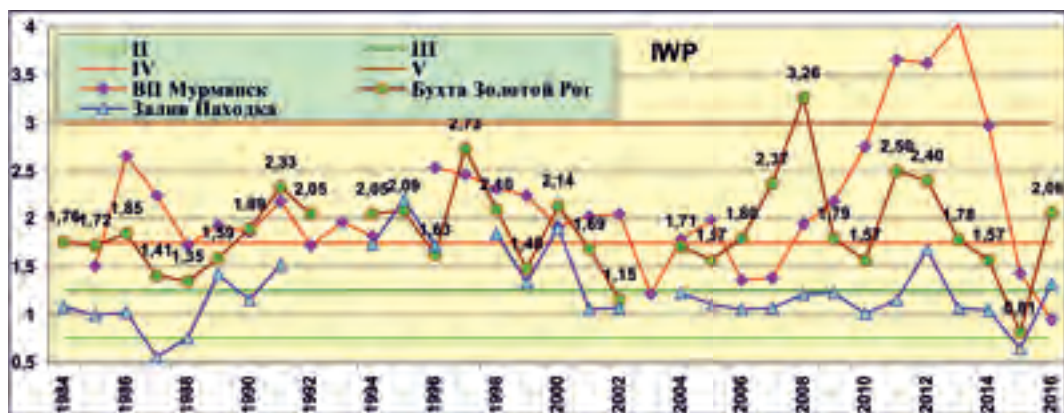


Рис. 6.3. Динамика комплексного индекса загрязненности вод в водах водпоста в торговом порту Мурманска, в бухте Золотой Рог и заливе Находка Японского моря в 1984–2016 гг.

чено присутствие пестицидов группы ГХЦГ и «свежего» ДДТ (до 7,0 нг/дм<sup>3</sup>) без метаболитов, хотя превышения норматива обнаружено не было. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> было невысоким. Насыщение вод кислородом было в пределах норматива. В целом, начиная с 2013 г. когда было зафиксировано наибольшее за все время наблюдений значение индекса ИЗВ (4,03), наблюдается резкое снижение общего уровня загрязненности вод в районе водпоста в рыбном порту Мурманска (рис. 6.2). В последний год значение опустилось до уровня III класса, «умеренно-загрязненные», и оказалось ниже этой величины в водах относительно чистого залива Находка в заливе Петра Великого Японского моря (рис. 6.3). Такое снижение в первую очередь было обусловлено снижением среднегодового содержания в водах водпоста нефтяных углеводородов и железа, тогда как концентрация остальных контролируемых загрязняющих веществ изменялась в последние годы незначительно.

Таблица 6.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Кольского залива Баренцева моря в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Торговый порт, г. Мурманск	НУ	0,137	2,7	0,148	3,0	0,07	1,4
		0,234	5	0,544	11	0,15	3
	СПАВ	24,8	0,2	16,0	0,2	0	0
		47	0,5	32	0,3	0	0
	Фенолы (сумма)	0,75	0,8	-	-	-	-
		1,78	1,8	-	-	-	-
	Медь	11,2	2,2	4,6	0,9	5,3	1,1
		22,7	5	5,0	1,0	8,1	1,6
	Никель	2,1	0,2	3,3	0,3	1,4	0,1
4,1		0,4	9,2	0,9	8,4	0,8	
Свинец	3,9	0,4	1,7	0,2	0	0	
	8,2	0,8	5,6	0,6	0	0	
Ртуть	0,205	2,1	0	-	0	0	
	1,168	11,7	0	-	0,01	0,1	
Кадмий	0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,3	<0,1	
	0,1	<0,1	0,6	<0,1	0,6	<0,1	
Марганец	20,0	0,4	10,9	0,2	10,8	0,2	
	31,8	0,6	21,9	0,4	15,3	0,3	

Торговый порт, г. Мурманск	Железо	317 490	<b>6</b> <b>10</b>	60 155	<b>1,2</b> <b>3</b>	38 65	0,8 <b>1,3</b>
	γ-ГХЦГ (линдан)	0 0		0,18 0,6	<0,1 <0,1	0,3 0,6	<0,1 <0,1
	α-ГХЦГ	0,5 0,8	<0,1 <0,1	0,33 0,9	<0,1 <0,1	0,5 1,3	<0,1 0,1
	β-ГХЦГ	4,3 10,0	0,4 <b>1,0</b>	0,70 2,4	<0,1 0,2	0 0	0 0
	ДДТ	0 0		0 0		4,1 7,0	0,4 0,7
	ДДД	0 0		0 0		0 0	0 0
	ДДЭ	0 0		0 0		0 0	0 0
	Азот аммонийный	391 590	0,2 0,3	532 1113	0,2 0,5	374 1115	0,2 0,5
	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,49 2,12	0,5 0,71	0,8 2,70	0,3 0,9	0,8 2,3	0,3 0,8
	Растворенный кислород	11,13 9,53		9,43 6,21		10,12 9,34	
	<p>Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ), растворенного в воде кислорода и взвешенных веществ приведена в мг/дм<sup>3</sup>; СПАВ, фенолов, аммонийного азота и металлов — в мкг/дм<sup>3</sup>, пестицидов — в нг/дм<sup>3</sup>.</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. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целых.</p>						

**Таблица 6.3.** Оценка качества вод торгового порта Мурманск и Кольского залива Баренцева моря в 2014–2016 гг.

Район моря	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	2,97	VI	1,43	III	0,95	III	НУ 1,40; Cu 1,06; Fe 0,76; O <sub>2</sub> 0,59
Кольский залив	1,05	III	-	-	-	-	

## 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

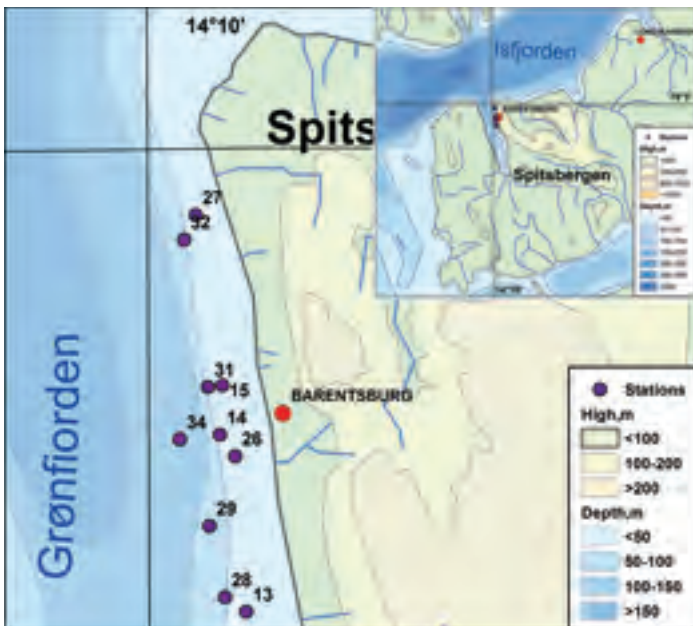
*Демин Б. Н., Демешкин А. С., Сторожилова А. В., Погожева М. П.*

### 7.1. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген

В 2016 г. 11, 21 и 26 июля в прибрежных водах поселка Баренцбург на акватории залива Гренфьорд (архипелаг Шпицберген, Гренландское море) Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» на 19 станциях с глубинами от 15 до 132 м был выполнен отбор 38 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 7,9–8,7°C. Водородный показатель (рН) морских вод находился в пределах от 7,95 до 8,09 ед. рН. Окислительно-восстановительный потенциал (Еh) морских вод обследованной акватории находился в пределах от 285 до 488 мВ, составляя в среднем 328 мВ. Значение электропроводности морской воды восточной части залива Грен-



**Рис. 7.1.** Район наблюдений на акватории залива Гренфьорд архипелага Шпицберген в 2016 г.

фьорд в июле 2016 г. изменялось от 30,5 до 51,6 мС/см при средней величине 44,7 мС/см. Щелочность морских вод в районе проведения работ изменялась от 1,39 до 2,01 мг-экв/дм<sup>3</sup> (среднее 1,64 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Концентрация взвешенного вещества в морских водах находилась в пределах 5,0–12,6, в среднем 8,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Значения концентрации минеральных форм азота в водах Гренфьорда составляли: аммонийный азот — 0,6–17,4, в среднем 8,9 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитритный азот <0,5–3,52/1,0 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитратный азот 146,0–1050,0/535,7 мкгN/дм<sup>3</sup>; общий азот <30–116,5/34,0 мкгN/дм<sup>3</sup>. Концентрация минерального фосфора в водах района исследований изменялась от 6,6 до 31,2 мкг/дм<sup>3</sup> в среднем 20,6 мкгP/дм<sup>3</sup>; содержание общего фосфора изменялось в июле в пределах 12,30–23,60/16,03 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация силикатов изменялась от 23,0 до 165,0, в среднем 73,9 мкгSi/дм<sup>3</sup>.

Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод в июле 2016 г. находилось в пределах 10,3–12,6, в среднем 11,26 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (90,3–104,4/100,7% насыщения). Минимальное содержание кислорода было зафиксировано 11 июля на придонном горизонте (15,0 м) на ст. №89. Значения биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) морских вод варьировали от значений ниже предела обнаружения используемого метода анализа (<0,5 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) до 2,9 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 0,73 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

### 7.3. Загрязняющие вещества

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в водах обследованной акватории находилось в пределах от 4,9 до 42,1 мкг/дм<sup>3</sup> (max 0,84 ПДК, поверхностный слой), в среднем 21,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация была наибольшей за последние 5 лет, однако максимальная существенно уступала величинам 2–3 годами ранее (рис. 7.2). Концентрация СПАВ (DL=10,0 мкг/дм<sup>3</sup>) и неполярных алифатических углеводородов (НАУ, DL=0,1–0,5 мкг/дм<sup>3</sup>) находилась в водах обследованной акватории ниже предела обнаружения используемого метода химического анализа. Концентрация фенолов в 3 пробах из 38 превысила порог обнаружения (DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup>) и составила 0,69; 1,18 и 1,32 мкг/дм<sup>3</sup>. Из соединений летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) в пробах обнаруживались бензол 0,11–1,00/0,38 мкг/дм<sup>3</sup>, толуол <0,1–0,7/0,32 мкг/дм<sup>3</sup>, сумма пара- и мета-ксилолов <0,1–0,3/0,15 мкг/дм<sup>3</sup>, орто-ксилол <0,1–0,80/0,24 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация этилбензола, изопропилбензола (кумола), 1,3,4-триметилбензола (псевдокумола) не превышала нижнего предела чувствительности используемого метода химического анализа (<0,7 и <0,8 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднее суммарное содержание соединений группы ЛАУ в водах восточной акватории залива Гренфьорд в период наблюдений составило 1,09 нг/дм<sup>3</sup>, диапазон 0,22–2,80 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание всех 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в июле в морских водах обследованной акватории находилось ниже предела обна-

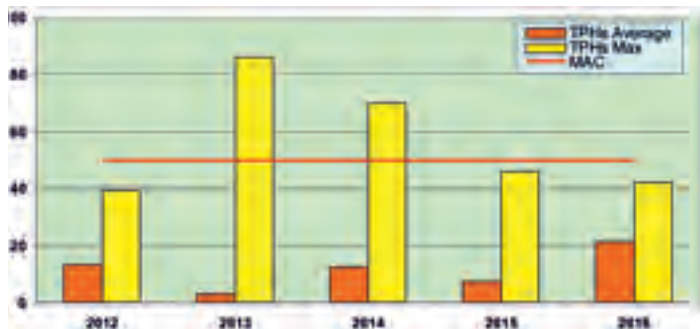


Рис. 7.2. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах на акватории залива Гренфьорд у поселка Баренцбург.

ружения (DL=0,1–0,5 мкг/дм<sup>3</sup>). Из анализируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах морской воды зафиксировано наличие ГХЦГ и пестицидов группы ДДТ. Значимая концентрация полихлорбензолов и соединений из группы ПХЦД в морских водах не обнаружена. Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ в морской воде регулярно фиксировались конгенеры #52, #99, #101, #105, #118, #138 и #153. Максимальная концентрация всех идентифицированных ХОС составляла для суммы ГХЦГ — 0,66 нг/дм<sup>3</sup> (средняя 0,11 нг/дм<sup>3</sup>) в морской воде и во взвеси — 21,0 нг/мг; ДДТ и его метаболит ДДЕ отмечены в четырех пробах — 0,05; 0,07; 0,13 и 0,19 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 0,013 нг/дм<sup>3</sup>, а на взвеси их содержание достигало 120 нг/г; для суммы ПХБ — 1,59 нг/дм<sup>3</sup> в морской воде (средняя 0,47 нг/дм<sup>3</sup>) и 469 нг/г во взвеси; для суммы полихлорбензолов в морской взвеси — 38,0 нг/г. Повышенное содержание контролируемых ХОС наблюдалось преимущественно в поверхностном горизонте в районе порта и в прибрежной части залива севернее поселка Баренцбург.

В отличие от предыдущих лет максимальная концентрация трех контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды около Баренцбурга в 2016 г. превысила значения предельно допустимой концентрации (табл. 7.1). Средняя концентрация меди составила 0,8 ПДК, максимальная — 1,8 ПДК, средняя концентрация кадмия — 0,6 ПДК, максимальная 1,2 ПДК. Максимальная концентрация железа также сильно превысила норматив, достигнув 7,4 ПДК, чего не происходило в предшествующие годы. Содержание остальных металлов или осталось на уровне прошлых лет, либо незначительно увеличилось. Максимальное содержание определявшихся тяжелых металлов в пробах морской взвеси было равным (мкг/мг): железо 24, марганец 0,61, цинк 0,14, медь 0,07, никель 0,02, кобальт 0,01, свинец 0,04 и хром 0,02 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 2012–2016 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/ 1,4 0,1 3,9	0,1/ 0,1/ 0,002 0,66 0,08	0,01/ 0,1/ 0,07 0,04 6,49	0,4/ 0,02/ 0,08 0,31 0,13	0,9/ 0,7/ 0,3 1,6 2,7	2,6/ 1,4/ 1,7 1,4 20,1	2,1/ 3,7/ 1,9 6,5 6,6	2,3/ 3,1/ 2,1 0,4 16,8	0,3/ 0,3/ 0,05 0 2,77	0/ 0/ 0,008 0,011 0,006
макс	2,7/ 1,7/ 2,6 0,55 9,00	0,5/ 0,8/ 0,04 2,22 3,20	0,11/ 0,3/ 0,16 0,16 12,00	1,2/ 0,1/ 0,6 0,44 2,80	1,7/ 2,4 0,99 2,9 4,8	5,5/ 5,6/ 14,0 4,7 36,0	8,2/ 14,0/ 6,5 14,6 12,0	5,7/ 6,4/ 3,8 1,4 370,0	1,0/ 1,2/ 0,6 0 5,30	0/ 0/ 0,06 0,016 0,080
ПДК сред	0,2/ <0,1/ 0,3 <0,1 0,8	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,65	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1 0,2 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,4	<0,1/ <0,1/ <0,1 0,1 0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,14	0/ 0/ <0,1 0,1 <0,1
ПДК макс	0,5/ 0,3/ 0,5 0,1 <b>1,8</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1 0,2 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 <b>1,20</b>	0,2/ <0,1/ 0,1 <0,1 0,6	0,2/ <0,1 <0,1 0,3 0,5	0,1/ 0,1/ 0,3 <0,1 0,7	0,2/ 0,3/ 0,1 0,3 0,24	0,1/ 0,1/ <0,1 <0,1 <b>7,4</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,27	0/ 0/ 0,6 0,2 0,80

По результатам исследований 2016 г. на большей части акватории залива Гренфьорд в районе пос. Баренцбург значения большинства основных гидрохимических показателей и концентрация загрязняющих веществ не выходили за рамки установленных ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Средняя концентрация всех контролируемых веществ была ниже норматива, а экстремальные значения превышали ПДК в двух пробах только для фе-

нолов, в семи — взвешенных веществ, меди, кадмия и железа (в одной пробе очень высокое значение  $370 \text{ мкг/дм}^3$ , тогда как в других не превышало  $94 \text{ мкг/дм}^3$ ). В целом содержание загрязняющих веществ было характерным для прибрежных районов Арктических морей с незначительным уровнем воздействия на морскую акваторию береговых источников загрязнения. Качество вод залива Гренфьорд в 2016 г. можно оценить как очень хорошее, поскольку комплексный индекс ИЗВ (0,60), рассчитанный с использованием отношения средней концентрации к ПДК для нефтяных углеводородов (0,42), кадмия (0,65), меди (0,78) и норматива растворенного кислорода ( $6/11,26=0,53$ ), позволяет оценить воды в районе у Баренцбурга в июле как «чистые», II класс качества.

## Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Наблюдения на станциях ГСН в морях Северного Ледовитого океана, за исключением Баренцева и Гренландского морей, в 2016 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., Мельникова А. 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 прибрежных вод Камчатки являются предприятия судоремонтной и рыбообрабатывающей промышленности, хозяйственно-бытовые стоки, суда

транспортного, торгового и рыболовецкого флотов. Немалый вклад в загрязнение вод Авачинской губы вносят реки, несущие в своих водах большое количество загрязняющих веществ, поступающих туда с полей, ферм и от населенных пунктов. Реки Авача и Паратунка впадают в Авачинскую губу, а реки Большая Быстрая и Амчигача — в Охотское море. Имеет значение также материковый сток. Авачинская губа служит естественным приемни-



Рис. 9.1. Распределение глубин вокруг полуострова Камчатка.

ком всех производственных и хозяйственно-бытовых стоков г. Петропавловска-Камчатского и других населенных пунктов, расположенных на ее берегах.

Сведения о количественном и качественном составе сточных вод, сбрасываемыми промышленными предприятиями и коммунальными службами в прибрежные районы морских акваторий Камчатского полуострова, предоставляются Отделом водных ресурсов по Камчатскому краю Амурского БВУ по результатам обобщения материалов статистической отчетности по форме 2-ТП (водхоз) за 2016 г. В 2016 г. в Авачинскую губу было сброшено 40,984 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, из них загрязненных без очистки 5,966 млн. м<sup>3</sup>, недостаточно очищенных 0,902 млн. м<sup>3</sup>, нормативно очищенных 5,399 млн. м<sup>3</sup>, нормативно чистых 28,715 млн. м<sup>3</sup>. Общий объем производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод незначительно уменьшился по сравнению с 2015 г.

С водой рек Авача и Паратунка в отчетном году в Авачинскую губу поступило тысяч тонн: фенолов 0,023, нефтепродуктов 0,676, детергентов 0,055, взвешенных веществ 36,453, неорганических соединений азота и фосфора 2,007 (табл. 9.1). Расход воды в реках Авача и Паратунка по сравнению с прошлым годом уменьшился на 13% и 37% соответственно. По сравнению с 2015 г. количество загрязняющих веществ, поступающих в бухту с речным стоком увеличилось на 35% и 69% для растворенных нефтяных углеводородов и взвешенных веществ и уменьшилось на 38%, 14% и 26% для фенолов, детергентов, соединений азота и фосфора соответственно.

**Таблица 9.1.** Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2016 г.

Реки	р. Авача		р. Паратунка		Сумма
	129,0		31,0		
Расход воды (м <sup>3</sup> /с)					160,0
Наименование вещества	мг/л	тыс. т	мг/л	тыс. т	тыс. т
Детергенты	0,013	0,053	0,002	0,002	0,055
Фенолы	0,004	0,016	0,007	0,007	0,023
Нефтепродукты	0,106	0,431	0,251	0,245	0,676
Взвешенные вещества	8,48	34,498	2,00	1,955	36,453
Азот нитритный	0,004	0,016	0,008	0,008	0,024
Азот нитратный	0,301	1,225	0,289	0,283	1,508
Азот аммонийный	0,101	0,411	0,027	0,026	0,437
Фосфор минеральный	0,008	0,033	0,005	0,005	0,038

Наибольший объем сточных вод в районе г. Петропавловска-Камчатского поступает с Муниципального унитарного предприятия Петропавловск-Камчатского городского округа «Петропавловский водоканал» (табл. 9.2). Значительные неочищенные сбросы без очистки, приносящие больше всего СПАВ в сравнении со сбросами других предприятий, поступают от АО «Камчатэнергосервис». От ООО «Камчаттралфлот» поступают сульфаты, хлориды, нефтепродукты, взвешенные вещества.

### 9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2016 г. специалистами Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Камчатское УГМС» в соответствии с планом было проведено 6 гидрохимических съемок 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 в придонном слое на глубинах от 11 до 26 м. Всего получено 137 проб морской воды. Программой работ предусматривалось определение стандартных гидрохимических показателей (рН, растворенный кислород, щелочность, кремний, фосфор

Таблица 9.2. Объем сточных вод и основные загрязняющие вещества, поступившие от отдельных предприятий в Авачинскую губу в 2016 г.

Предприятие	Отведено всего (тыс.м <sup>3</sup> )	без очистки (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)	Нефтепродукты (т)	СПАВ, (кг)	Фосфаты (по Р) (т)	Сульфаты (SO <sub>4</sub> ) (т)	Хлориды (Cl-) (т)
ОАО «Петропавловск-Камчатский морской торговый порт» (ОАО «ПКМТП»)	17,16	17,16	0,00	0,00	0,765	0,213	0,003	9,985	0,052	0,321	0,357
ЗАО «ПСРЗ»	210,40	8,40	202,00	0,00	0,256	0,032	0,000	0,646	0,011	0,195	18,147
ООО «Жестяно-баночная фабрика и Ко» (ООО «ЖБФ и Ко»)	132,30	0,00	0,00	0,00	4,085	0,770	0,016	27,649	0,202	2,296	1,697
ООО «Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод»	78,03	0,00	0,00	0,00	5,312	0,279	0,022	3,810	0,211	7,429	42,439
ООО «Экология»	1,99	0,00	0,00	1,99	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000
Закрытое акционерное общество «Судоремсервис»	457,92	0,00	200,00	0,00	5,150	2,019	0,020	46,606	0,461	5,461	9,563
Рыболовецкий колхоз им. В.И. Ленина	175,52	0,00	0,00	0,00	3,711	0,300	0,000	4,080	0,043	2,001	1,936
ООО «Аквафиш»	11,14	0,00	0,00	0,00	0,683	0,092	0,000	10,907	0,218	2,754	36,963
Муниципальное унитарное предприятие Петропавловск-Камчатского городского округа «Петропавловский водоканал» (МУП «Петропавловский водоканал»)	9258,62	3874,78	0,00	5383,84	640,230	122,720	4,340	8604,110	44,600	47,710	167,530
ООО «УКР»	254,40	254,40	0,00	0,00	0,649	0,038	0,006	19,016	0,005	0,000	0,000
ООО «Камчаттрансфлот»	35,85	0,00	0,00	0,00	11,795	0,116	1,852	2,533	0,516	106,008	600,738
ОАО «Камчатскэнерго»	28066,70	71,56	27961,00	0,00	0,140	0,020	0,000	1,320	0,010	4,940	28,180
АО «Камчатэнергосервис»	1735,27	1735,27	0,00	0,00	88,310	30,330	0,000	543,710	5,204	107,200	
ДВЦ «ДальРАО» — филиал ФГУП «РосРАО»	0,19	0,00	0,00	0,00	0,003	0,000	0,000	0,007	0,000	0,011	0,002
Открытое акционерное общество «Северо-Восточный ремонтный центр» (ОАО «СВРЦ»)	548,09	4,80	352,00	13,60	3,201	0,596	0,023	3,941	0,009	0,024	4,462
<b>Всего</b>	<b>40983,58</b>	<b>5966,37</b>	<b>28715</b>	<b>5399,43</b>	<b>764,29</b>	<b>157,53</b>	<b>6,282</b>	<b>9278,33</b>	<b>51,542</b>	<b>286,35</b>	<b>912,014</b>

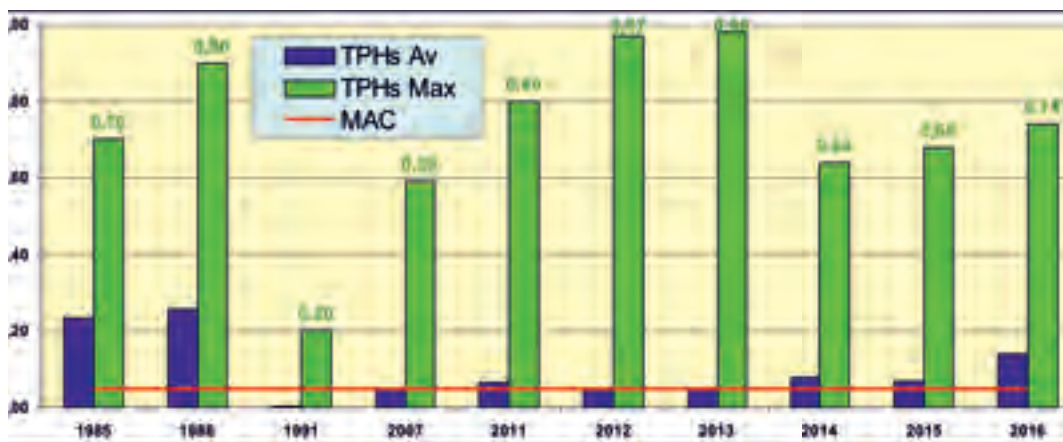


Рис. 9.2. Схема расположения станций мониторинга морских вод в Авачинской губе в 2016 г.

минеральный и общий, нитриты, нитраты и аммонийный азот), концентрации загрязняющих веществ (фенолы, детергенты и нефтепродукты) и элементов гидрометеорологического режима (хлорность, соленость, концентрация взвешенных веществ  $\text{мг/дм}^3$ , температура воды и воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, облачность и волнение). Работы проводились силами специалистов ЦМС на арендуемом судне — катере «РУМ 45–63». Нефтяные углеводороды определялись методом ИК-спектрофотометрии на КН-2 по прилагаемой к прибору методике. Диапазон определения концентрации НУ находится в пределах  $0,02\text{--}2,00 \text{ мг/дм}^3$ . Определение АПАВ и фенолов производилось с использованием анализатора «Флюорат 02–3М».

**Соленость** в водах Авачинской губы изменялась в очень широком диапазоне от 2,26 до 32,43‰. Значения ниже 10‰ были зафиксированы в 13 пробах, отобранных из поверхностного слоя с мая по август по всей акватории губы, включая эстуарные районы рек и бухты Моховая и Крашенинникова. В подповерхностных водах на глубине 10 м соленость не опускалась ниже 29,14‰. В придонном слое она изменялась в диапазоне 30,12–32,43‰. Значения хлорности изменялись в диапазоне 1,24–17,95‰, составив в среднем для всей толщи 14,36‰. Средняя для поверхностного слоя — 10,20; промежуточного — 16,97 и придонного — 17,07‰. Температура морской воды изменялась от 0,55 °С в центре Авачинской губы (ст. № 2) на глубине 26 м 1 июня до 18,42 °С на поверхности в районе морского порта в конце июля. Среднемесячные показатели температуры в толще вод изменялись в диапазоне 1,78–9,43 °С; на поверхности в пределах от 5,71 до 15,22 °С; в придонном слое от 1,05 до 7,31 °С. Значения рН были в диапазоне 7,51–8,51. Мутность воды варьировала в диапазоне от 14,0 (в устьевой зоне реки Авача) до 167,0  $\text{мг/дм}^3$  (в мае в Раковой бухте); среднегодовой показатель (72,0  $\text{мг/дм}^3$ ) немного повысился по сравнению с уровнем прошлого года (61,2  $\text{мг/дм}^3$ ).

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 приливотливные, 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 еже-



**Рис. 9.3.** Динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в водах Авачинской губы в 1985–2016 гг.

дневно при отсутствии льда фиксировались наблюдателями на станции МГ-1 Петропавловск-Камчатский. Среднее содержание НУ в водах Авачинской губы в 2016 г. увеличилось в 2 раза по сравнению с прошлым годом и составило 2,8 ПДК (0,14 мг/дм<sup>3</sup>), (табл. 9.3). Концентрация НУ была выше ПДК в 77,5% проб против 39,1% в 2015 г. Наиболее загрязненной Авачинская губа была в мае, когда превышение норматива отмечалось повсеместно и на всех глубинах, в бухтах Крашенинникова и Моховая, в центральной части Авачинской губы и на выходе из нее. Максимальное значение было зафиксировано в конце мая на поверхности акватории Петропавловского судоремонтного завода и составило 0,74 мкг/дм<sup>3</sup> (14,8 ПДК). В последние три года наблюдается незначительное повышение максимальной величины (рис. 9.3). Значения, превышающие норматив более чем в 2 раза, были отмечены почти в 50% проб по всей акватории губы во всех слоях воды в течение всего периода наблюдений.

В 2016 г. визуальные наблюдения за нефтяной пленкой на поверхности прилегающих к Камчатке морских акваториях проводились на 5 гидрометеорологических станциях ФГБУ «Камчатское УГМС»: МГ-1 Петропавловск-Камчатский, ОГМС Никольское, МГ-2 Озерная, МГ-2 Петропавловский Маяк и МГ-2 Оссора. Наблюдения в заливе Корфа с 2012 г. не проводятся в связи с переносом станции в поселок Тиличики на значительное расстояние от морского берега. В бухте Оссора на побережье Берингова моря нефтяная пленка отсутствовала. На ОГМС Никольское (Алеутские острова, Тихий океан) у пирса в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности с максимальной повторяемостью (до 15 дней) с января по ноябрь. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка слабой интенсивности с покрытием 10% видимой акватории наиболее часто отмечалась в апреле (до 25 дней), июле (до 16 дней), с января по март и в сентябре отсутствовала, в остальное время фиксировалась в течение 8–13 дней ежемесячно. С июня по август визуальные наблюдения за загрязненностью прибрежной части моря нефтепродуктами зачастую были невозможны из-за туманов и морозящих осадков, приводящих к существенному ухудшению видимости. Наиболее загрязнена нефтепродуктами, как и в предшествующие годы, Авачинская губа. Ежедневно при отсутствии льда на МГ-1 Петропавловск-Камчатский отмечалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности (1 балл). На западном побережье Камчатки (район поселка Озерная, Охотское море) с марта по октябрь нефтяная пленка сла-

бой интенсивности (1 балл) с покрытием 10% видимой части морской акватории отмечалась большую часть месяца. В остальные месяцы нефтяная плёнка отсутствовала.

**Фенолы** поступают в Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми и производственными стоками, которые в основном приносятся речными водами. Приливно-отливные и стонно-нагонные явления способствуют распространению загрязнённых прибрежных вод по всей акватории губы. Наибольшее содержание фенолов в морской воде наблюдается в период активного снеготаяния и половодья. 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. Среднее содержание фенолов в 2016 г. по сравнению с 2015 г. повысилось с 2 до 3 мкг/дм<sup>3</sup>. Самая высокая среднемесячная концентрация фенолов в морской воде, достигавшая 7 ПДК, была отмечена в июле 2016 г. Очаги высокого загрязнения были сосредоточены в районе судоремонтного завода и в устьевой части р. Паратунка. В 2016 г. превышение предельно допустимой концентрации отмечено в 97,2% проб. Уровень загрязнённости морских вод фенолами на уровне 2–5 ПДК сохраняется последние 5 лет.

Наиболее часто повышенные значения концентрации синтетических анионных поверхностно-активных веществ (**АПАВ**) фиксируются у восточного побережья в местах выпуска сточных вод и в районах впадения рек в Авачинскую губу. В целом содержание детергентов в течение последних пяти лет не выходило за пределы норматива и в 2016 г. мало отличалось от прошлогоднего. Концентрация выше ПДК определена в 33% отобранных проб против 25% в прошедшем году. Их наибольшее среднемесячное содержание отмечалось в мае. Максимальная разовая величина была обнаружена на придонном горизонте у Петропавловского судоремонтного завода 20 мая — 3,7 ПДК (370 мкг/дм<sup>3</sup>). Следующие две наибольшие величины были определены у дна на выходе из Авачинской губы (июнь) и на поверхностном горизонте в акватории морского порта (октябрь) — 2,8 и 2,3 ПДК. Вся толща вод Авачинской губы почти равномерно загрязнена детергентами, поскольку с глубиной их концентрации изменяются незначительно. Среднегодовая величина 88,3 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Биогенные элементы.** Основными источниками поступления **фосфора** в морскую среду являются речной сток, хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды, а также минерализация органических остатков. Понижает содержание фосфора в морской воде его потребление фитопланктоном в период активной вегетации. В холодное время года процессы регенерации превалируют над процессами потребления, и концентрация фосфора в морской воде достигает наибольших значений. Средняя концентрация минерального фосфора в Авачинской губе в целом по толще вод изменялась от 15,33 в мае до 45,34 мкгР/дм<sup>3</sup> в сентябре, а фосфора общего — от 32,66 в июне до 65,12 мкгР/дм<sup>3</sup> в октябре. Максимальное разовое количество соединений фосфора отмечено в октябре в бухте Крашенинникова на придонном горизонте: минерального фосфора — 143,10 мкгР/дм<sup>3</sup>, общего фосфора — 167,88 мкгР/дм<sup>3</sup>; среднегодовые значения — 25,3 и 43,9 мкгР/дм<sup>3</sup> соответственно. На поверхности Авачинской губы наибольшее количество фосфора минерального и фосфора общего фиксировалось в местах выпусков сточных вод, а в придонном слое — в центральной части губы и на входе в бухту Крашенинникова. С глубиной их содержание в целом возрастает.

Содержание **нитритов** в водах Авачинской губы в целом незначительное и обычно повышено в местах скопления органического вещества у северо-восточного побережья бухты и в районах впадения рек. На протяжении всего периода наблюдений среднемесячные величины изменялись от 0,3 до 4,1 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация нитритов (15,4 мкгN/дм<sup>3</sup>, 0,6 ПДК) выявлена в августе на придонном горизонте в центральной части Авачинской губы; среднегодовая составила 2,5 мкгN/дм<sup>3</sup>. У дна количество нитритов увеличивалось, а наиболь-

шие величины обнаружены в зонах дефицита кислорода. Нитриты являются неустойчивыми соединениями и при наличии кислорода окисляются до нитратов, которые в морской воде преобладают как конечные продукты минерализации. В 2016 г. концентрация нитратного азота изменялась в диапазоне от 0,3 до 477,4 мкгN/дм<sup>3</sup>; среднегодовая составила 51,3 мкгN/дм<sup>3</sup> и сохранилась на уровне прошлого года.

Основным источником поступления **кремния** в Авачинскую губу является речной и термальный сток. Именно поэтому среднее содержание кремния на поверхности обычно в 2–5 раз превышает его концентрацию у дна. В 2016 г. среднегодовое значение для поверхностного слоя составило 2293,4 мкгSi/дм<sup>3</sup>, для придонного — 700,5 мкгSi/дм<sup>3</sup>, а для промежуточной водной толщи — 503,9 мкгSi/дм<sup>3</sup>. Повышенная концентрация силикатов отмечается в периоды половодья и дождевых паводков в зонах влияния рек Авача и Паратунка. Сезонные изменения количества кремния в морских водах в значительной степени зависят от интенсивности речного стока. Наибольшие величины были отмечены в поверхностном горизонте в мае (6396–8868 мкгSi/дм<sup>3</sup>) и июне (3815–3951 мкгSi/дм<sup>3</sup>) в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка, а также в бухте Моховая и на входе в бухту Крашенинникова. Среднегодовая концентрация по всей акватории губы составила 1281 мкгSi/дм<sup>3</sup>.

Содержание растворенного **кислорода** в период наблюдений изменялось в пределах 2,37–13,75 (23,3–113,0% насыщения), составив в среднем 9,55 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (82% насыщения), (табл. 9.3). В поверхностном слое содержание растворенного кислорода варьировало в диапазоне 8,85–13,75 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (в среднем за год 11,35 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>); в придонном слое — в диапазоне 2,37–12,79 (7,88); в толще вод в диапазоне 3,23–13,38 (9,34). Характерным для Авачинской губы является постоянное перенасыщение кислородом поверхностного горизонта и дефицит его на придонном уровне в теплый период года. С повышением температуры потребление растворенного кислорода на процессы биохимического окисления органического вещества увеличивается, а слабое ветровое перемешивание и устойчивая летняя стратификация водных масс препятствуют аэрации придонного горизонта. В 2016 г. случаи кислородного дефицита придонных вод отмечались в июле–октябре, причем в сентябре практически повсеместно. Очень низкое содержание растворенного кислорода, соответствующее уровню Высокого Загрязнения (табл. А.4), было зарегистрировано в сентябре в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка на придонном горизонте — 2,64 и 2,37 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что соответствует 25,4 и 23,3% насыщения.

**Таблица 9.3.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Авачинской губы п-ова Камчатка в 2014–2016 гг.

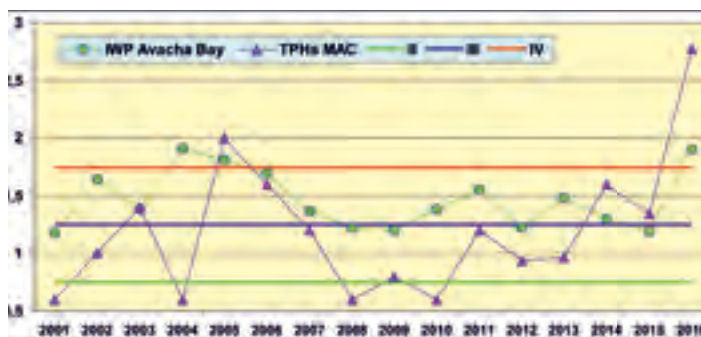
Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,08	<b>1,6</b>	0,067	<b>1,3</b>	0,14	<b>2,8</b>
		0,64	<b>13</b>	0,68	<b>14</b>	0,74	<b>15</b>
	Фенолы	2,6	<b>2,6</b>	2,1	<b>2,1</b>	3,3	<b>3</b>
		18	<b>18</b>	10	<b>10</b>	21	<b>21</b>
	СПАВ	52	0,5	77	0,8	88	0,9
192		<b>1,9</b>	210	<b>2,1</b>	370	<b>3,7</b>	
Азот аммонийный	80	<0,1	82,2	<0,1	61,0	<0,1	
	288	0,1	496	0,2	372	0,2	
Растворенный кислород	10,38		9,94		9,55		
	2,94	<b>0,49</b>	2,96	<b>0,49</b>	2,37	<b>0,40</b>	

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

Хотя в последнюю пятилетку наблюдалась относительная стабилизация состояния вод Авачинской губы с небольшими межгодовыми вариациями и тенденцией к уменьшению уровня загрязнения, однако в прошедшем году тенденция изменилась. Вследствие роста содержания приоритетных загрязняющих веществ — фенолов, СПАВ и особенно нефтяных углеводородов от 1,4 до 2,8 ПДК, ИЗВ значительно увеличился и составил 1,90; V класс качества, «грязные» (табл. 9.4, рис. 9.4). Кислородный режим в 2016 г. был в целом удовлетворительным и следовал естественному сезонному ходу. Каждый год с установлением летнего типа стратификации вод насыщенность кислородом глубинных слоев центральной части Авачинской губы резко снижается из-за формирования мощного слоя скачка плотности вследствие обильного речного пресноводного стока и весенне-летнего прогрева поверхностного слоя. В 2016 г. случаи кислородного дефицита придонных вод отмечались в июле–октябре. В придонном слое в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка они достигали уровня Высокого Загрязнения (2,37 и 2,64 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

**Таблица 9.4.** Оценка качества вод Авачинской губы п-ова Камчатка в 2014–2016 гг.

Район	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Среднее содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Авачинская губа	1,31	IV	1,19	III	1,90	V	НУ 2,78; СПАВ 0,88; фенолы 3,30; О <sub>2</sub> 0,63



**Рис. 9.4.** Динамика Индекса Загрязненности Вод (ИЗВ) и ПДК нефтяных углеводородов (TPHs MAC) в водах Авачинской губы Камчатки в 2001–2016 гг.



## Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

*Шулятьева Л. В., Мельникова Т. М., Золотухин Е. Г., Погожева М. П., Коршенко 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 Лаперуза сравнительно узки и мелководны. Ширина пролива Невельского всего около 7 км. Ширина пролива Лаперуза — 43–186 км, глубина — 53–118 м. Суммарная ширина Курильских проливов около 500 км, а максимальная глубина самого глубокого из них — пролива Буссоль — превышает 2300 м. Таким образом, возможность водообмена между Японским и Охотским морями несравненно меньшая, чем между Охотским морем и Тихим океаном (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  $-1,5$ – $-1,7$  °С. Летом прогревается только верхний слой толщиной в несколько десятков метров, под которым сохраняется холодный промежуточный слой с температурой  $-1,7$  °С. Толщина этого слоя составляет от нескольких десятков метров в юго-восточной части моря до 500–900 м в северо-западной и западной частях. Сезонное изменение температуры охватывает слой до горизонта 200–300 м. В южной части моря высокая температура воды на поверхности наблюдается на пути движения тихоокеанских вод с юго-востока на северо-запад. Зимой в районе Курильских островов температура воды на поверхности в среднем составляет примерно  $3,5$  °С, а летом —  $7$ – $14$  °С; с глубиной температура понижается до  $1,5$ – $2,5$  °С на горизонте 400 м.

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 достигать 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 северную часть моря ежегодно поступает около 23 т нефтепродуктов, при этом 70–80% с речным стоком. 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 рыболовческим флотами. В среднем содержание нефтеуглеводородов в проливе Лаперуза не превышает предела допустимой концентрации. Залив Анива загрязнен чуть больше. Наибольший уровень загрязнения в данном районе отмечался у порта Корсаков, который является источником интенсивного загрязнения морской среды. 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 районе поселка Стародубское в 2015 г. Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск) ежемесячно выполнялись наблюдения на одной фоновой станции в безледовый период с мая по октябрь. В заливе Анива в районе поселка Пригородное и города Корсаков наблюдения проводились в прибрежной зоне на шести станциях с мая по октябрь (рис. 10.1). Шельфовая зона острова традиционно загрязняется добывающими предприятиями, муниципальными сточными водами коммунально-

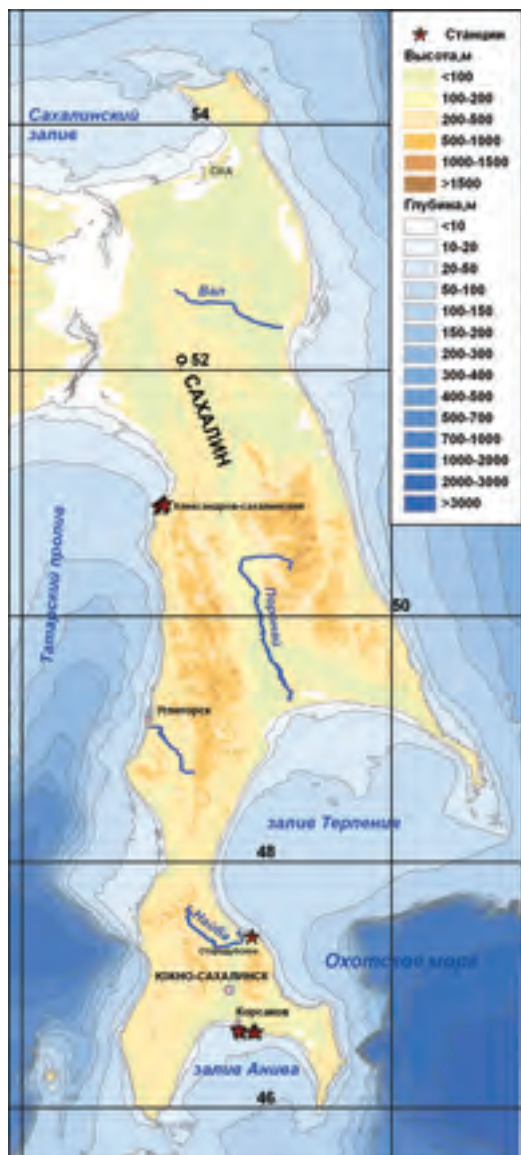


Рис. 10.1. Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2016 г.

бытовых объектов, целлюлозно-бумажными комбинатами, рыбопромышленными и перерабатывающими судами и предприятиями. Значительную роль в загрязнении морских вод играет речной сток. В последние годы стремительно возросла нагрузка на этот район, связанная с разведкой и разработкой нефтегазовых месторождений. Она сопровождается интенсивным строительством трубопроводов, нефте- и газоналивных терминалов, портов, платформ для бурения скважин и прочей обеспечивающей широкое развитие данной отрасли инфраструктуры.

### 10.3.1. Район поселка Стародубское

Температура поверхностного слоя морских вод в 2016 г. варьировала в диапазоне 11,0–18,5 °С; соленость 27,03–31,22‰; хлорность 14,96–17,28; pH 7,6–8,1; щелочность 2,052–2,353 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от значения ниже предела обнаружения в одной пробе (DL=4,0 мг/дм<sup>3</sup>) до 197,0 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 81,3 мг/дм<sup>3</sup>, 8,1 ПДК, а легко окисляемого органического вещества по БПК<sub>5</sub> в интервале 2,1–6,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (4,2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 1,4 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>, 2 пробы) до 0,342 мг/дм<sup>3</sup>, 6,8 ПДК (табл. 10.1). В предыдущие несколько лет максимальные значения в водах контролируемых участков шельфа варьировали примерно на уровне 1–2 ПДК (рис. 10.2), а средние величины были существенно ниже. Значительных межгодовых вариаций обоих величин отмечено не было, как и существенных отличий между районами. Исключение составляли воды у порта Корсаков и поселка Стародубское, в которых содержание НУ в 2013 г. и 2016 г. резко возросло. Содержание фенолов в прибрежных водах было ниже DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup> во всех пробах, кроме двух в июне (2,1 и 2,4 ПДК). Уровень загрязненности морских вод СПАВ снизился, не достигнув пределов определения во всех пробах.

Содержание тяжелых металлов в поверхностном слое вод составляло: медь 0,0–5,8 мкг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК), средняя концентрация уменьшилась по сравнению с предыдущим годом в 4,6 раза (3,0 мкг/дм<sup>3</sup> и 13,9 мкг/дм<sup>3</sup> в 2015 г.); цинк 0,0–8,4/2,9 мкг/дм<sup>3</sup>; содержание свинца было ниже предела обнаружения DL=0,3 мкг/дм<sup>3</sup> в 4 пробах, максимум достигал 9,7 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее значение составило 1,9 мкг/дм<sup>3</sup>, что немного больше прошлогодних значений; содержание кадмия во всех пробах было ниже предела обнаружения (DL=0,3 мкг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация всех определяемых форм азота в 2016 г. существенно повысилась относительно значений 2015 г. Средняя и максимальная концентрация аммонийного азота составили

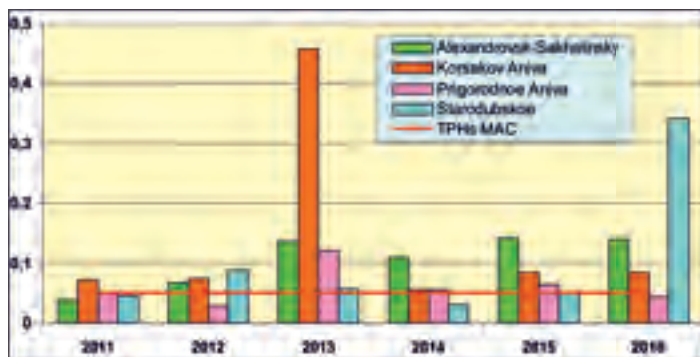


Рис. 10.2. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в водах шельфа о. Сахалин в 2011–2016 гг. ПДК=0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

103,2 мкгN/дм<sup>3</sup> и 328,0 мкгN/дм<sup>3</sup> соответственно; нитриты — средняя осталась на уровне прошлого года (3,2 мкгN/дм<sup>3</sup>), а максимальная увеличилась с 5,9 до 9,4 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитратов — с 12,0 до 23,2 мкгN/дм<sup>3</sup> и с 23,0 до 83,0 мкгN/дм<sup>3</sup> соответственно, увеличение в 1,9 и 3,6 раз. Среднегодовое содержание фосфатов повысилось в 1,8 раза и составило в 2016 г. 106,2 мкгP/дм<sup>3</sup>, диапазон 40,9–193,0 мкгP/дм<sup>3</sup>. Содержание силикатов изменялось от 59 до 1175 мкгSi/дм<sup>3</sup>; среднее значение понизилось в 1,7 раза (464 мкгSi/дм<sup>3</sup>). Концентрация **кислорода** в 2016 г. была в диапазоне 7,7–9,5 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (62,1–82,4% насыщения). Среднегодовой показатель содержания растворенного кислорода составил 8,59 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Качество вод на фоновой станции в районе пос. Стародубское в 2016 г. по ИЗВ (1,11) может быть отнесено к III классу, «умеренно загрязненные» (табл. 10.2). Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества и медь.

Загрязнение **донных отложений** нефтяными углеводородами в шельфовой зоне о. Сахалин в районе пос. Стародубское осталось на уровне прошлого года: диапазон концентрации — от аналитического нуля (<5 мкг/г в одной пробе) до 106,0 мкг/г сухого вещества (2,1 ДК), среднее 48,8 мкг/г (табл. 10.1). Среднее содержание фенолов немного понизилось (0,27 мкг/г), а максимальное составило 1,08 мкг/г. Существенно уменьшилось содержание меди и цинка в донных отложениях. Средняя концентрация меди в 2016 г. составила 2,2 мкг/г, диапазон 0,0–4,8 мкг/г, а цинка и кадмия была ниже предела обнаружения во всех пробах. Среднее содержание свинца (1,6 мкг/г) также уменьшилось в 3 раза; диапазон 0,0–5,0 мкг/г. В целом средний уровень загрязненности донных осадков в 2016 г. в районе поселка незначительно изменился по сравнению с 2015 г.

### 10.3.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова

В районе порта г. Корсакова в 2016 г. мониторинг состояния морской среды проводился с мая по октябрь на трех станциях. Температура морской воды изменялась от 7,0 до 25,0 °С. Соленость была в пределах 16,9–32,0‰ (29,0‰); минимум отмечен в июле, максимум — 2 июня. Хлорность изменялась в диапазоне 9,36–17,71‰, в среднем 16,05‰; pH 6,36–8,10; щелочность 1,682–2,906 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 0,0 (июнь) до 123,0 мг/дм<sup>3</sup> (октябрь), в среднем 26,4 мг/дм<sup>3</sup>, а легко окисляемого органического вещества по БПК<sub>5</sub> от 0,0 (в мае и октябре) до 7,2 (сентябрь), в среднем 3,7 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **НУ** в прибрежных водах залива в районе п. Корсаков изменялась от значений ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм<sup>3</sup>, в 4 пробах из 18) до 0,085 мг/дм<sup>3</sup> (1,7 ПДК в сентябре). Экстремальное значение 0,330 мг/дм<sup>3</sup> (6,6 ПДК) было зафиксировано 23 мая и значительно выбивается из общего ряда значений. Возможно оно является аналитической ошибкой. Без этого экстремума средняя за год величина составила бы 0,030 мг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК), что примерно равно уровню предыдущего года. Содержание фенолов в водах залива изменялось от значений ниже предела обнаружения (0,5 мкг/дм<sup>3</sup>, 17 проб из 18) до 2,1 мкг/дм<sup>3</sup> в июне; средняя концентрация составила 0,1 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 3 раза ниже уровня прошлого года. Содержание СПАВ во всех отобранных пробах в 2016 г. было ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>). В 2016 г. концентрация **меди** в морской воде в районе порта изменялась в диапазоне 0,0–51,0 мкг/дм<sup>3</sup>; средняя 5,7 мкг/дм<sup>3</sup>, что сопоставимо с прошлогодними значениями и немного превышает норматив, тогда как максимальная величина очень высокая (табл. 10.3). Уровень содержания свинца и цинка в морских водах практически не изменился за последние годы. Среднее содержание кадмия постепенно повышалось в течение последних пяти лет и в 2016 г. составило 0,57 мкг/дм<sup>3</sup>, при диапазоне 0,0–5,0 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 10.3.** Концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах залива Анива в 2013/2014/2015/2016 гг.

	<b>Cu</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
<b>Район п. Корсаков</b>				
сред	3,2/7,3/8,5/5,7	<0,3/0,025/0,3/0,57	0,94/2,4/1,2/0,8	5,5/10,5/13,0/13,3
макс	13,1/32,3/28,8/51,0	<0,3/<0,3/0,3/1,9/5,0	3,4/7,3/4,4/3,2	27,5/45,9/69,0/56,7
мин	1,0/0,7/0,9/<0,3	<0,3/<0,3/<0,3/<0,3	<0,3/<0,3/<0,3/<0,3	1,4/<0,3/1,1/2,1
ПДК сред	0,6/1,5/1,7/1,1	<0,1/<0,1/<0,1/<0,1	<0,1/0,2/0,1/<0,1	0,1/0,2/0,3/0,3
ПДК макс	<b>2,6/6,5/5,8/10,2</b>	<0,1/<0,1/<0,1/0,5	0,3/0,7/0,4/0,3	0,6/0,9/1,4/1,1
<b>Район п. Пригородное</b>				
сред	4,2/4,13/6,0/2,9	0,14/0,03/0,1/0,17	2,11/1,8/0,8/0,17	5,9/8,2/8,9/13,2
макс	15,6/9,0/16,2/15,3	0,3/0,06/1,0/1,0	10,4/3,8/2,3/1,1	16,8/64,3/41,7/56,2
мин	0,1/0,9/0,9/<0,3	<0,3/<0,3/<0,3/<0,3	<0,3/<0,3/<0,3/<0,3	1,8/<0,3/1,1/<0,1
ПДК сред	0,8/0,8/1,2/0,6	<0,1/<0,1/<0,1/<0,1	0,2/0,2/0,1/<0,1	0,1/0,2/0,2/0,3
ПДК макс	<b>3,1/1,8/3,3/3,1</b>	<0,1/<0,1/<0,1/0,1	<b>1,0/0,4/0,2/0,1</b>	0,3/1,3/0,8/1,1

Концентрация различных форм азота в водах залива в районе п. Корсаков была в пределах естественной межгодовой изменчивости: средняя концентрация аммонийного азота составила 118,2 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная — 315,0 мкг/дм<sup>3</sup>, что близко к прошлогодним значениям (рис. 10.3). В целом содержание в различных районах прибрежных вод было примерно одинаковым как по средним значениям, так и по максимальным. Содержание нитритов 11,6 и 135,0 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум в августе; нитратов — 82,3 и 935 мкг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация неорганического фосфора в течение теплого периода года изменялась от аналитического нуля до 176,0 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 53,7 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен 23 мая. Содержание силикатов в водах района изменялось в диапазоне 175,0–3399,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 821 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум в начале июля. По сравнению с 2015 г. среднее содержание кремния в морских водах уменьшилось в 1,5 раза.

**Кислородный режим** в водах порта Корсаков в целом был удовлетворительным. Среднее содержание растворенного кислорода в период проведения наблюдений составило 8,79 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (83,6% насыщения) при диапазоне концентрации 7,15–10,20 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Минимальное значение было отмечено в начале августа при температуре воды 25,0 °С и солёности



**Рис. 10.3.** Средняя и максимальная концентрация аммонийного азота (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах шельфа о. Сахалин в 2010–2016 гг.

25,47%. По ИЗВ воды залива Анива в районе порта Корсаков в 2016 г. по-прежнему могут быть отнесены к III классу (1,00), «умеренно-загрязненные» (табл. 10.2). По сравнению с предыдущим годом качество вод в районе порта не изменилось. Доминирующими загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества и медь.

В **донных отложениях** прибрежной зоны залива Анива в районе порта Корсаков содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 24–346 мкг/г с максимумом в мае, в среднем 158 мкг/г (3 ДК, в 2015 г.— 2 ДК). Средняя и максимальная концентрация немного повысились. Значения концентрации фенолов варьировали от 0,07 до 0,91 мкг/г, в среднем 0,29 мкг/г, что соответствует прошлогоднему уровню. Содержание тяжелых металлов в осадках у порта Корсаков изменялось в следующих диапазонах: медь 1,7–40,6 мкг/г (среднее 11,5 мкг/г); цинк 0,0–167,0 мкг/г (55,1 мкг/г, 0,4 ДК, что в 2 раза больше прошлогоднего). Концентрация кадмия варьировала 0,0–6,8 мкг/г, в среднем 1,2 мкг/г. Содержание свинца изменялось в диапазоне 0,0–13,3 мкг/г, среднее составило 5,0 мкг/г. И средняя, и максимальная концентрация свинца и меди уменьшилась по сравнению с прошлым годом, а цинка и кадмия — возросла.

### 10.3.3. Залив Анива. Район пос. Пригородное

В 2016 г. мониторинг качества морской среды в прибрежной акватории в черте пос. Пригородное проводился на трех станциях с мая по октябрь. Температура поверхностного слоя вод изменялась от 6,5 до 22,5 °С; соленость была в пределах 7,21–32,17‰, минимум отмечен в октябре, а максимум в июне; хлорность 4,07–17,81‰; рН 7,70–8,20; щелочность изменялась в диапазоне 0,839–2,448 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 0,0 (DL=4,0 мг/дм<sup>3</sup>) до 386,0 мг/дм<sup>3</sup> в начале июля, а легко окисляемого органического вещества по БПК<sub>5</sub> от значений менее <1,0 до 9,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 3,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В целом стандартные характеристики вод незначительно изменялись в пределах естественных межгодовых колебаний. Как и в прошлом году наблюдалось несколько случаев значительного распреснения поверхностных вод района.

В теплый период года концентрация **НУ** в поверхностном слое изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>; 14 проб из 18) до 0,044 мг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 0,007 мг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК). В целом уровень загрязнения НУ остался на уровне прошлого года. Содержание фенолов и АПАВ во всех пробах было ниже предела обнаружения. Содержание **меди** в морской воде в районе пос. Пригородное изменялось в диапазоне 0,0–15,3 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 2,9 мкг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК), что немного меньше показателей 2015 г. (табл. 10.3). В целом на шельфе о. Сахалин концентрация меди весьма высокая (рис. 10.4). Средние значения в разных

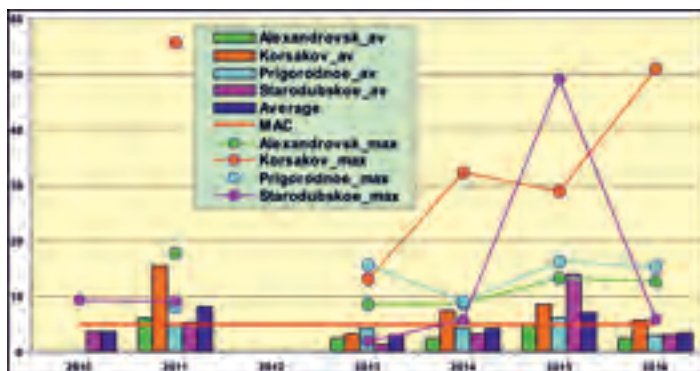


Рис. 10.4. Средняя и максимальная концентрация меди (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах шельфа о. Сахалин в 2010–2016 гг.

районах находятся в районе ПДК, однако максимальные существенно превышают норматив, особенно в водах у порта Корсаков. Содержание цинка 0,0–56,2 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 13,2 мкг/дм<sup>3</sup> (0,3 ПДК). Концентрация свинца и кадмия в большинстве проб была ниже предела обнаружения DL=0,3 мкг/дм<sup>3</sup>, средние и максимальные значения были в районе 0,1 ПДК или меньше.

Несмотря на существенные межгодовые колебания содержания отдельных форм биогенных элементов в морских водах на шельфе Сахалина, в целом их концентрация была в естественных пределах. Концентрация аммонийного азота в водах залива в районе п. Пригородное изменялась от 0,0 до 335,0 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее значение увеличилось в 2,8 раза и составило 62,0 мкг/дм<sup>3</sup>; азот нитритов 0,3–16,0 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 2,9 мкг/дм<sup>3</sup>; нитратов 0–518 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 70,6 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее значение увеличилось в 2,4 раза, максимальное — в 4,2 раза. В целом содержание нитратов в морской воде у п. Пригородное увеличилось по сравнению с 2015 г. Концентрация неорганического фосфора была в пределах 0,0–411,0 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя величина увеличилась в 1,3 раза и составила 55,0 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в конце сентября. Содержание силикатов изменялось в диапазоне 240–9152 мкг/дм<sup>3</sup> с максимумом в октябре, среднее значение составило 1259 мкг/дм<sup>3</sup>. В период наблюдений уровень содержания биогенных элементов в водах залива Анива в районе Пригородного в целом увеличился.

**Кислородный режим** в районе пос. Пригородное был в пределах естественной нормы. Диапазон составил 7,29–10,86 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, среднегодовой показатель 8,82 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что соответствует прошлогодним значениям. Минимальное содержание растворенного кислорода было отмечено 6 августа при максимальной за год температуре поверхностного слоя воды 22,0°С. Насыщение вод кислородом изменялось от 59,3% в июне до 100% в октябре. По индексу загрязненности ИЗВ воды залива Анива в районе п. Пригородное (0,70) относятся к II классу, «чистые» (табл. 10.2). По сравнению с 2015 г. качество морских вод в исследуемом районе немного улучшилось за счет уменьшения уровня загрязненности вод приоритетными ЗВ — НУ, фенолами, СПАВ и медью, при этом содержание биогенных веществ в водах залива увеличилось.

Содержание нефтяных углеводородов в **донных отложениях** побережья у п. Пригородное изменялось от значений ниже 0,0 мкг/г в 11 пробах из 18 до 34,0 мкг/г (0,7 ДК); среднегодовое значение составило 6,5 мкг/г (0,1 ДК). Уровень загрязненности донных отложений НУ у поселка Пригородное как и раньше был значительно ниже, чем в районе порта Корсаков. Содержание фенолов в 4 пробах из 18 было ниже предела обнаружения DL=0,3 мкг/г, а в остальных изменялось от 0,05 до 0,86 мкг/г. Среднее значение составило 0,16 мкг/г.

Содержание тяжелых металлов изменялось в следующих пределах: медь 0,0–18,0 мкг/г (среднее 2,5 мкг/г); свинец 0,0–8,2/0,7 мкг/г. Содержание кадмия и цинка во всех пробах было ниже предела обнаружения (DL=0,01 мкг/г и DL=50 мкг/г). В большинстве случаев и средняя, и максимальная концентрация всех анализируемых металлов была ниже прошлогодних значений, а также показателей в районе порта Корсаков. Донные отложения у п. Пригородное могут считаться чистыми по всем контролируемым параметрам.

**Таблица 10.1.** Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах и донных отложениях шельфа о. Сахалин в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
пос. Стародубское (6 проб в 2016 г.)	НУ	0,013 0,030	0,3 0,6	0,014 0,052	0,3 1,0	0,086 0,342	1,7 7
	Фенолы	1,42 5,0	1,4 5,0	0,1 0,6	0,1 0,6	0,4 2,4	0,4 2,4
	СПАВ	11,5 39	0,1 0,4	0,003 0,02	<0,1 <0,1	0 0	



пос. Стародубское (6 проб в 2016 г.)	Кадмий	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,00 0,0	<0,1 <0,1	0 0	
	Медь	3,1 5,7	0,6 <b>1,1</b>	13,9 49	<b>2,8</b> <b>9,8</b>	3,0 5,8	0,6 <b>1,2</b>
	Цинк	10,1 19,9	0,2 0,4	9,4 32,9	0,2 0,7	2,9 8,4	<0,1 0,2
	Свинец	3,2 6,7	0,3 0,7	1,1 2,3	0,1 0,2	1,87 9,7	0,20 <b>1,0</b>
	Аммонийный азот*	56 151	<0,1 <0,1	58 156	<0,1 <0,1	103 328	<0,1 0,1
	БПК <sub>5</sub>	2,6 3,4	0,9 <b>1,1</b>	3,2 4,3	<b>1,0</b> <b>1,4</b>	4,2 6,8	<b>1,4</b> <b>2,3</b>
	Кислород	10,35 8,9		9,9 8,0		8,59 7,70	
Залив Анива: порт г. Корсакова (18 проб в 2016 г.)	НУ	0,021 0,055	0,4 <b>1,1</b>	0,024 0,085	0,5 <b>1,7</b>	0,047 0,330	0,9 <b>7</b>
	Фенолы	0,58 1,9	0,6 <b>1,9</b>	0,3 3,1	0,3 <b>3,1</b>	0,12 2,1	0,1 <b>2,1</b>
	СПАВ	13,7 38,0	0,1 0,4	20,5 72	0,2 0,7	0 0	
	Кадмий	0,05 0,6	<0,1 <0,1	0,3 1,9	<0,1 0,2	0,57 5,0	<0,1 0,5
	Медь	7,4 32,3	<b>1,5</b> <b>6,5</b>	8,5 28,8	<b>1,7</b> <b>5,8</b>	5,7 51,0	<b>1,1</b> <b>10</b>
	Цинк	10,5 45,9	0,2 0,9	13,0 69,0	0,3 1,4	13,3 56,7	0,3 <b>1,1</b>
	Свинец	2,4 7,3	0,2 0,7	1,2 4,4	0,1 0,4	0,8 3,2	<0,1 0,3
	Аммонийный азот**	96 284	<0,1 0,1	82 222	<0,1 0,1	118 315	<0,1 0,1
	БПК <sub>5</sub>	1,9 3,0	0,6 <b>1,0</b>	4,1 21,0	<b>1,4</b> <b>7,0</b>	3,7 7,2	<b>1,2</b> <b>2,4</b>
	Кислород	8,47 5,10	<b>0,85</b>	8,52 7,37		8,79 7,15	
Залив Анива: район пос. Пригородное (18 проб в 2016 г.)	НУ	0,010 0,056	0,2 <b>1,2</b>	0,012 0,064	0,2 <b>1,3</b>	0,007 0,044	0,1 0,9
	Фенолы	0,3 2,2	0,3 <b>2,2</b>	0,2 3,1	0,2 <b>3,1</b>	0 0	
	СПАВ	7,8 41,0	<0,1 0,4	15 74	0,2 0,7	0 0	
	Кадмий	0,03 0,6	<0,1 <0,1	0,1 1,0	<0,1 0,1	0,17 1,0	<0,1 0,1
	Медь	4,1 9,0	0,8 <b>1,8</b>	6,0 16,2	<b>1,2</b> <b>3,2</b>	2,92 15,3	0,6 <b>3</b>
	Цинк	8,2 64,3	0,2 <b>1,3</b>	8,9 41,7	0,2 0,8	13,2 56,2	0,3 <b>1,1</b>
	Свинец	1,8 3,8	0,2 0,4	0,8 2,3	<0,1 0,2	0,16 1,1	<0,1 0,1
	Аммонийный азот*	67,2 317,0	<0,1 0,1	22 57	<0,1 <0,1	62 335	<0,1 0,1
	БПК <sub>5</sub>	1,04 2,50	0,3 0,8	1,8 5,2	0,6 <b>1,7</b>	3,9 9,5	<b>1,3</b> <b>3</b>
	Кислород	8,55 5,25		8,5 6,8		8,82 7,29	

Александровск-Сахалинский (30 проб в 2016 г.)	НУ	0,030 0,110	0,6 <b>2,2</b>	0,034 0,14	0,7 <b>2,8</b>	0,054 0,140	<b>1,1</b> <b>2,8</b>
	Фенолы	0,0 0,0	0,0 0,0	0,1 0,8	0,1 0,8	0 0	
	СПАВ	20,6 54,0	0,2 0,5	12 45	0,1 0,5	0,038 0,6	<0,1 <0,1
	Кадмий	<0,3 0,9	<0,1 <0,1	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,38 1,5	<0,1 0,2
	Медь	2,5 8,7	0,5 <b>1,7</b>	5,1 13,2	<b>1,0</b> <b>2,6</b>	2,4 12,7	0,5 <b>2,5</b>
	Цинк	3,6 24	<0,1 0,5	12,2 86,6	0,2 <b>1,7</b>	4,4 15,3	<0,1 0,3
	Свинец	1,1 8,5	0,1 0,4	1,1 8,5	0,1 0,8	0,5 3,9	<0,1 0,4
	Аммонийный азот*	10,9 40,0	<0,1 <0,1	10 47	<0,1 <0,1	3,0 36	<0,1 <0,1
	БПК <sub>5</sub>	-	-	-	-	1,33 2,5	0,4 0,8
	Кислород	8,7 7,6		7,9 6,6		8,74 7,6	
<b>Донные отложения</b>							
пос. Стародубское (6 проб в 2016 г.)	НУ	60 157	0,4 <b>1,1</b>	49,3 98	<b>1,0</b> <b>2,0</b>	48,8 106	<b>1,0</b> <b>2,1</b>
	Фенолы	0,6 1,6		0,4 1,1		0,27 1,08	
	Медь	53,4 118	<b>1,5</b> <b>3,4</b>	6,1 10,2	0,2 0,3	2,2 4,8	<0,1 0,1
	Цинк	32,9 68,5	0,24 0,49	5,1 7,9	<0,1 <0,1	0 0	
	Кадмий	0,20 0,54	0,3 0,7	0,008 0,05	<0,1 <0,1	0 0	
	Свинец	10,7 18,6	0,1 0,2	4,7 11,8	<0,1 0,1	1,6 5,0	<0,1 <0,1
порт г. Корсакова (6 проб в 2016 г.)	НУ	117,2 369	<b>2,3</b> <b>7,4</b>	99,6 330	<b>2,0</b> <b>6,6</b>	123	2,0
	Фенолы	0,4 2,3		0,21 0,91		0,91	
	Медь	54,3 154,0	<b>1,6</b> <b>4,4</b>	28,7 158,0	0,8 <b>4,5</b>	11,5 40,6	0,3 <b>1,2</b>
	Цинк	40,7 116,0	0,3 0,8	23,2 92,0	0,2 0,7	55,1 167,0	0,4 <b>1,2</b>
	Кадмий	0,16 0,83	0,2 <b>1,0</b>	0,04 0,33	0,1 0,4	1,20 6,80	<b>1,5</b> <b>8,5</b>
	Свинец	12,1 27,6	0,1 0,3	23,6 110,0	0,3 <b>1,3</b>	5,1 13,3	<0,1 0,2
пос. Пригородное (18 проб в 2016 г.)	НУ	11 50	0,2 <b>1,0</b>	21,1 104	0,4 <b>2,1</b>	6,5 34	0,1 0,6
	Фенолы	0,2 0,8		0,22 0,86		0,16 0,86	
	Медь	36,4 106,5	<b>1,0</b> <b>3,0</b>	11,8 46,9	0,3 <b>1,3</b>	2,5 18,0	<0,1 0,5
	Цинк	20,3 46,7	0,1 0,3	7,2 28,6	<0,1 0,2	0 0	

пос. Пригородное (18 проб в 2016 г.)	Кадмий	0,06 0,21	<0,1 0,3	0,03 0,32	<0,1 0,4	0 0	
	Свинец	8,2 12,6	0,1 0,1	2,8 10,4	<0,1 0,1	0,7 8,2	<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 2014–2016 гг.

Район	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Среднее содержание ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
поселок Стародубское	0,72	II	1,19	III	1,11	III	НУ 1,72; БПК <sub>5</sub> 1,40; Cu 0,60; O <sub>2</sub> 0,70
порт Корсаков	0,79	III	1,06	III	1,00	III	НУ 0,94; БПК <sub>5</sub> 1,23; Cu 1,15; O <sub>2</sub> 0,68
поселок Пригородное	0,51	II	0,88	III	0,70	II	БПК <sub>5</sub> 1,29; Cu 0,58; Zn 0,26; O <sub>2</sub> 0,68
Суммарно шельф о. Сахалин	0,66	II	0,93	III	0,79	III	НУ 0,86; БПК <sub>5</sub> 0,93; Cu 0,68; O <sub>2</sub> 0,68
Александровск					0,68	II	НУ 1,08; БПК <sub>5</sub> 0,44; Cu 0,49; O <sub>2</sub> 0,69

В 2016 г. прибрежные воды и донные отложения шельфа о. Сахалин, включая промышленные районы в заливе Анива у порта Корсаков и у поселка Пригородное, а также у поселка Стародубское в заливе Терпения остаются относительно чистыми и характеризуются по комплексному индексу загрязненности вод в основном как «умеренно загрязненные». В течение периода наблюдений в 2012–2016 гг. доминирующими загрязняющими веществами на всем шельфе острова являются нефтяные углеводороды (среднегодовая концентрация в разных районах изменялась в пределах 0,1–1,7 ПДК), фенолы (0,0–0,4 ПДК) и медь (0,6–1,8 ПДК). Повышенным в прибрежных водах было содержание легкоокисляемых органических веществ, определяемых по БПК<sub>5</sub>, максимальное значение достигало 3,2 ПДК (9,5 мкгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) у поселка Пригородное. Содержание детергентов, цинка и свинца было не столь высоким. Концентрация кадмия и в воде (max 5,0 мкг/дм<sup>3</sup>), и в донных отложениях (max 6,8 мкг/г) обычно была ниже предела обнаружения. Донные отложения шельфа острова остаются загрязненными медью, допустимая концентрация которой в 2016 г. у Корсакова достигала 1,2 ДК. В остальных районах концентрация тяжелых металлов как правило не превышала ДК. В порту Корсакова донные отложения традиционно загрязнены и нефтяными углеводородами, концентрация которых в текущем году достигала 346 мкг/г (6,9 ДК). Кислородный режим вод в районах наблюдения в целом был в пределах нормы, а наименьшая величина составила 7,15 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у Корсакова в самом начале августа. В целом состояние вод шельфа о. Сахалин может быть оценено как удовлетворительное; существенных трендов концентрации контролируемых загрязняющих веществ не отмечено.

## Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

*Подкопаева В. В., Онищук М. В., Шулятьева Л. В., Матвейчук И. Г., Коршенко А. Н.,  
Погожева М. П.*

### 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 обыч-

но в теплое время года, а циклоны второго вида — в холодное. Повторяемость континентальных циклонов составляет 50–55 случаев в год, а океанических тайфунов — около 25 случаев. Однако сила ветра и вызываемое волнение при тайфунах намного больше.

## 11.2. Источники загрязнения

Прибрежные районы залива Петра Великого Японского моря являются одним из самых густонаселенных мест Дальнего Востока. Хозяйственная деятельность приводит к интенсивному антропогенному воздействию на акваторию залива и его 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, речной и ливневый сток, сброс твердых отходов и мусора в море (marine litter). Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны залива вносят реки.

По состоянию на 1 января 2017 г. 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. Нефтезагрязнение прибрежной зоны моря происходит за счет сброса балластных и льяльных вод с судов в связи с отсутствием береговых нефтеемиссионных 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 стоки города и порта Находка, а также сток р. Партизанская.

В 2016 г. суммарный объем сбрасываемых сточных вод в поверхностные водные объекты составил 447,63 млн. м<sup>3</sup>, что на 6,9% больше, чем в 2015 г. Повышение показателя произошло, в частности, за счет увеличения откачки нормативно чистых сбросных вод с рисовых систем Ханкайского филиала ФГУ «Управление Приммелиоводхоз» в связи с прошедшим тайфуном «Лайнрок».

Объем загрязненных сточных вод по Приморскому краю составил 339,77 млн. м<sup>3</sup>, в том числе:

— сброшенных без очистки — 238,36 млн. м<sup>3</sup> против 244,54 млн. м<sup>3</sup> в 2015 г. (на 2,5% меньше);

— объем сброса недостаточно-очищенных сточных вод уменьшился на 19,56% и составил 37,31 млн. м<sup>3</sup> против 46,38 млн. м<sup>3</sup> в 2015 г. за счет перехода в 2016 г. на нормативный режим работы канализационных очистных сооружений г. Артема, ввода в эксплуатацию комплекса очистных сооружений промывных вод НФС АГУ КГУП «Приморский водоканал»; улучшения работы очистных сооружений МУП «Находка-Водоканал»;

— объем сброса нормативно-чистых (без очистки) вод составил 107,85 млн. м<sup>3</sup> против 72,40 млн. м<sup>3</sup>;

— объем сброса нормативно-очищенных вод — 64,10 млн. м<sup>3</sup> против 51,69 млн. м<sup>3</sup>, что на 24% больше по сравнению с 2015 г. Увеличение сброса нормативно-очищенных вод произошло за счет улучшения работы канализационных очистных сооружений г. Артема КГУП «Приморский водоканал» мощностью 5,475 млн. м<sup>3</sup>, которые в 2016 г. работали в нормативном режиме, продолжения переключения сточных вод от объектов г. Владивостока на Центральные очистные сооружения и новые очистные сооружения Южного микрорайона г. Владивостока, которые работают в нормативном режиме, ввода в эксплуатацию комплекса очистных сооружений промывных вод НФС АГУ мощностью 16,425 млн. м<sup>3</sup> КГУП «Приморский водоканал»; улучшения работы очистных сооружений МУП «Находка-Водоканал»; увеличение объема нормативно очищенных на очистных сооружениях ливневых сточных вод в связи с прошедшим тайфуном «Лайнрок», сбрасываемых с территории ОАО «Восточный порт», ООО «Коммерческий порт Ливадия»; увеличение откачки шахтно-рудничной воды, прошедших нормативную очистку, на руднике «Второй Советский» ОАО ГМК «Дальполиметалл». Динамика сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на территории Приморского края за 5 лет: 2011 — 335,56, 2012 — 317,95, 2013 — 284,84, 2014 — 290,47, 2015 — 290,92 и 2016 — 339,77 млн. м<sup>3</sup>.

Основное антропогенное влияние в результате сброса загрязненных сточных вод испытывают следующие водные объекты округа: река Раздольная с притоками р. Комаровка и р. Раковка, р. Партизанская, р. Уссури, р. Спассовка, р. Рудная, Амурский и Уссурийский заливы, залив Находка. Река Раздольная (с притоками) является приемником недостаточно-очищенных и загрязненных сточных вод города Уссурийска и Октябрьского муниципального района. Река Партизанская (с притоками) — это приемник сточных вод г. Партизанска и его муниципального района. Река Уссури (с притоками) — гг. Дальнереченск, Лесозаводск, Пожарского, Дальнереченского, Красноармейского, Кировского и Чугуевского муниципальных районов. Наиболее крупными загрязнителями являются ООО «Дальводоканал», АО «Приморский ГОК», ООО «Электросервис» г. Лесозаводск, МУП «Кристалл» п. Горные Ключи, ООО «Водолей» п. Чугуевка, филиал «ЛУР» АО ДГК Пожарский МР. Река Спассовка (с притоками) — это приемник сточных вод г. Спасск-Дальний и муниципальных образований Хорольского, Пограничного, Ханкайского, Октябрьского, Михайловского; наиболее крупными

загрязнителями являются КГУП «Приморский водоканал», ОАО «Радиоприбор», АО ДКГ СП Владивостокская ТЭЦ-2.

Заливы Амурский, Уссурийский и Находка являются приемниками 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. Основными загрязнителями являются: КГУП «Приморский водоканал» г. Владивосток, ОАО «Радиоприбор», АО ДКГ СП Владивостокская ТЭЦ-2, ЗАО УМЖК «Приморская соя» г. Уссурийск; ООО «Приморский сахар» г. Уссурийск, ОАО «Спасский комбинат асбестоцементных изделий» г. Спасск-Дальний, район «Водоканал» филиала Арсеньевский КГУП Примтеплоэнерго г. Арсеньев. Из общего объема сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты наибольший процент приходится на производство и распределение электроэнергии, воды и газа — 81%. По этому виду деятельности зарегистрированы наиболее водоемкие предприятия Приморского края (объекты энергетики и жилищно-коммунального хозяйства), такие как АО «ДГК» филиал «Приморская генерация», КГУП «Примтеплоэнерго», КГУП «Приморский водоканал». Вторую позицию (8%) занимает добыча полезных ископаемых; сюда относятся такие предприятия как АО «Приморский ГОК», АО ГРК «АиР». Эти предприятия имеют очистные сооружения, но они не обеспечивают очистку сточных вод до нормативных показателей. Существенной по значимости отраслью в Приморском крае является сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. В первую очередь это ФГБУ «Управление Приммелиоводхоз», которое подает воду на рисовые чеки хозяйствам, возделывающим рис в Анучинском, Ханкайском, Хорольском и Черниговском районах. Всего в Приморском крае учтено 216 очистных сооружений. Мощность очистных сооружений перед сбросом сточных вод в водные объекты составила 534,24 млн. м<sup>3</sup>, против 368,97 млн. м<sup>3</sup> в 2014 г., увеличение составило 44,79%, из них сооружения биологической очистки — 92 шт., сооружения механической очистки — 107 шт., сооружения физико-химической очистки — 17 шт. Суммарно в 2016 г. в залив Петра Великого со сточными водами поступило загрязняющих веществ (в тоннах): НУ — 24; NH<sub>4</sub> — 1496,26; СПАВ — 30; фенолов — 324,07; Fe — 20,07; Zn — 1,99; нитратов — 1833; нитритов — 28,71 и взвешенных веществ — 1,500 тыс. тонн.

В 2016 г. гидрохимические исследования Японского моря проводились лабораторией по мониторингу загрязнения природных вод и почв Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток) с апреля по октябрь в прибрежных водах шести районов залива Петра Великого на 39 стандартных станциях. Работы осуществлялись в рамках программы Государственной системы наблюдений (ГСН) за состоянием и загрязнением морской среды. Отбор проб проводился в бухтах Золотой Рог, Диомид и в проливе Босфор Восточный на катере Nimbus ФГБУ «Приморское УГМС», а в заливах Находка, Амурский и Уссурийский на э/с «Атлас» ДВНИГМИ. В 2016 г. программа мониторинга гидрохимических показателей и уровня загрязнения выполнялась в бухтах Золотой Рог — (5 станций) и Диомид (1 ст.), в проливе Босфор Восточный — (3 ст.) в мае, августе и октябре. В Амурском заливе — (9 ст.) в мае и сентябре; в Уссурийском заливе — (9 ст.) в апреле, июле и октябре; в заливе Находка — (12 ст.) в мае, июле и сентябре. Исследования гранулометрического состава и загрязнения донных отложений залива были выполнены весной и осенью. Всего в 2016 г. отобрано 320 проб воды и 78 проб донных отложений. Выполнено 7905 определений в воде и 1482 определений в донных отложениях на 45 (26+19 соответственно) ингредиентов. Так как в поверхностных водах суши регулярно фиксируется высокое загрязнение алюминием, а речной сток является одним из источников загрязнения морских вод, дополнительно были отобраны 264 пробы на содержание алюминия в морской воде.

### 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 р. 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 ветры, часты дожди и туманы. Осенью и зимой дуют преимущественно северные и северо-западные ветры, сопровождающиеся сухой и ясной погодой, значительным понижением температуры и повышением атмосферного давления. Зимние и осенние ветры 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 штилях туманы бывают реже. Приливы в бухте Золотой Рог неправильные полусуточные. Даже в сильные морозы бухта остаётся незамёрзшей, так как ТЭЦ-2 сбрасывает в нее теплые воды.

В 2016 г. в 39 пробах воды из бухты Золотой Рог значения **температуры** морской воды в поверхностном слое изменялись в период наблюдений от 10,90 °С (в мае на станции № 12 на выходе из бухты) до 28,50 °С (в августе в вершине бухты на ст. № 1). В придонном слое температура морской воды изменялась от 5,5 °С (в мае на ст. № 12 выходе из бухты) до 21,30 °С (в августе на ст. № 1). Среднегодовое значение температуры воды составило 15,70 °С. Соле-



**Рис. 11.1.** Схема расположения станций мониторинга в бухтах Золотой Рог и Диомид в 2016 г.



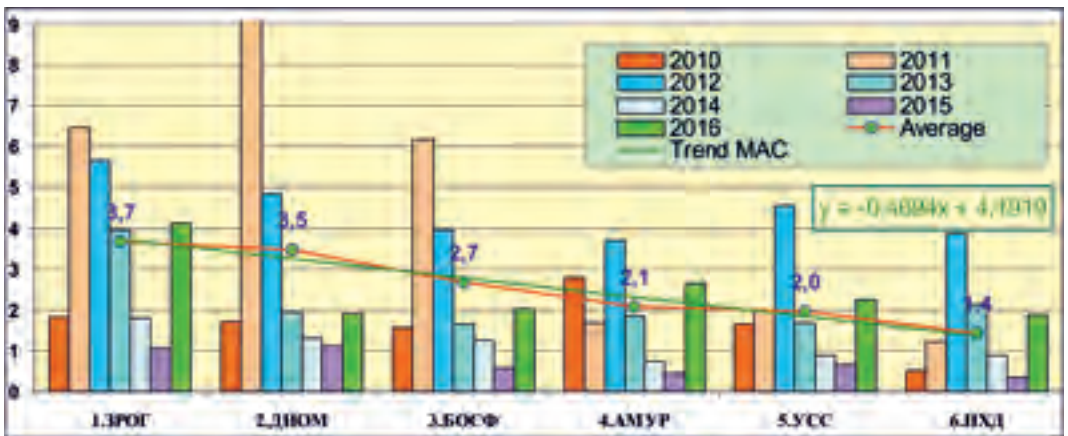


Рис. 11.2. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (в ПДК) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2016 гг.: 1 — бухта Золотой Рог, 2 — бухта Диомид, 3 — пролив Босфор Восточный, 4 — Амурский залив, 5 — Уссурийский залив, 6 — залив Находка.

ность изменялась в поверхностном слое от 28,960‰ в августе до 35,720‰ в мае, в придонном слое — от 30,510‰ в мае до 32,830‰ в октябре; среднегодовая величина — 32,984‰. Значения водородного показателя pH на поверхностном и придонном горизонтах изменялись от 7,44/7,49 (ст. № 1 в августе) до 8,33/8,21 (ст. № 14 в октябре); среднегодовое значение составило 8,04. Средняя концентрация взвешенных частиц составила 6,4 мг/дм<sup>3</sup>, максимум (20,5 мг/дм<sup>3</sup>) зафиксирован в октябре в кутовой части бухты на ст. № 1. Значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) в толще воды изменялось в диапазоне 0,50–13,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; max (6,5 ПДК) отмечен в августе в вершине бухты на ст. № 1, среднее за 2016 г. значение БПК<sub>5</sub> составило 4,16 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. По сравнению с 2015 г. среднегодовая величина возросла в 1,8 раза — с 2,25 до 4,16 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В августе 2016 г. в бухте Золотой Рог зарегистрировано пять случаев высокого загрязнения легкоокисляемыми органическими веществами по БПК<sub>5</sub>. Прозрачность воды бухты была не более 5 метров.

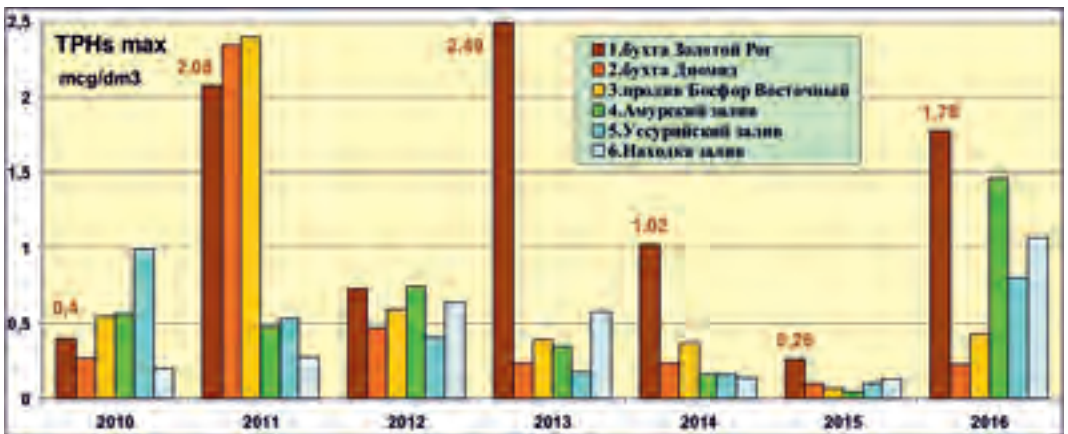


Рис. 11.3. Значения максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в отдельных районах акватории залива Петра Великого Японского моря в 2010–2016 гг.

В 2016 г. уровень загрязненности вод бухты Золотой Рог **нефтяными углеводородами** (НУ) повысился по сравнению с 2015 г. в 4 раза, среднегодовое содержание НУ составило 0,206 мг/дм<sup>3</sup> (4,1 ПДК, табл. 11.1, рис. 11.2). Концентрация НУ превысила ПДК в 84,6% проб, а в 2015 г. она равнялась или превышала установленный норматив в 41,0% проб. В период проведения наблюдений концентрация НУ изменялась в диапазоне 0,02–1,78 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация НУ (35,6 ПДК — уровень В3) зарегистрирована в мае на придонном горизонте на ст. № 14. Среди всех контролируемых районов залива Петра Великого наибольшие значения концентрации нефтяных углеводородов, включая текущий год, были зафиксированы в бухте Золотой Рог (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. Плёнка в 91–100% наблюдалась в районе станций № 1, № 7, № 11 и № 12 (5 случаев). В двух случаях степень покрытия поверхности нефтяными пятнами была 41–50%, и в одном — 71–80%. Во Владивостокском морском торговом порту 17 июня 2016 г. произошел крупный разлив нефти при перекачке мазута с нефтебазы ООО НПП «ВЛАД-ПОРТБУНКЕР» в бункеровочно-зачистную станцию «ББС-5», принадлежащую ПАО «Дальневосточное морское пароходство» (район ст. № 11). Вследствие нарушения правил безопасности при перекачке мазута нефтепродукты попали в воды акватории бухты Золотой Рог. На третий день после разлива были отобраны 17 дополнительных проб на содержание нефтяных углеводородов, содержание которых в центральной части бухты достигало 21 ПДК.

Концентрация **фенолов** в бухте Золотой Рог в течение безледного периода изменялась в диапазоне 0,3–1,8 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальное значение зарегистрировано на поверхностном горизонте в октябре на ст. № 1. Среднегодовая концентрация фенолов не изменилась по сравнению с 2015 г. (0,8 ПДК). Содержание фенолов превышало норматив в 20,5% проб воды; в 2015 г. этот показатель составил 15,4%. Среднегодовое содержание **АПАВ** в 39 пробах воды из бухты составило 2 ПДК, что в 5 раз больше прошлогоднего. Диапазон концентрации в поверхностном горизонте: 95 мкг/дм<sup>3</sup> в октябре на ст. № 12–257 мкг/дм<sup>3</sup> в августе на ст. № 11; в придонном слое: 87 мкг/дм<sup>3</sup> в октябре на ст. № 12–430 мкг/дм<sup>3</sup> в августе на ст. № 7.

В 2016 г. среднегодовая концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах бухты Золотой Рог не превышала норматива (табл. 11.2). Максимальные значения превысили ПДК по кадмию и ртути в 1,6 раза. В 2 раза повысилась среднегодовая концентрация ртути в водах бухты: с 0,02 до 0,4 ПДК. Повышенная концентрация (от 1,2 до 1,6 ПДК) зафиксирована в октябре 2016 г. на выходе из бухты на ст. № 12 и 14 на всех горизонтах, и на ст. № 11 в поверхностном слое. Максимальная концентрация кадмия обнаружена в октябре на ст. № 1–1,6 ПДК. Значения алюминия были от <0,1 до 1,2 ПДК (0,0 до 48,0 мкг/дм<sup>3</sup>), составив в среднем 0,36 ПДК.

Концентрация аммонийного **азота** в толще вод бухты Золотой Рог изменялась в диапазоне 48–1192 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в октябре на ст. № 1. По сравнению с 2015 г. среднегодовое содержание аммония повысилось в 1,5 раза и составило 234,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще воды повысилась с 7,4 до 10,43 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная — 4 ПДК (79,0 мкг/дм<sup>3</sup>) — отмечена в августе в вершине бухты вблизи устья р. Объяснение на ст. № 1 в поверхностном слое. Среднее содержание нитратов повысилось с 41,2 до 46,83 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация (155 мкг/дм<sup>3</sup>) зафиксирована в мае на ст. № 7 в поверхностном слое. Значения общего азота в бухте Золотой Рог изменялись в пределах 431–2730 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация повысилась с 1096 до 1190,6 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная зарегистрирована в августе на ст. № 1 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация органического азота составила 911 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 11.2.** Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах бухты Золотой Рог в 2012/2013/2014/2015/2016 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/ 0,8/ 1,5/ 1,6/ 1,8	0,2/ 0,2/ 0,5/ 0,2/ 0,6	0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 1,3	-/ 0/ 0/ -/ -	0,3/ 0,3/ 1,6/ 0,7/ 0,5	7,1/ 6,0/ 21,4/ 19,1/ 9,1	19,0/ 5,4/ 10,5/ 5,7/ 6,0	76,6/ 27,7/ 32,6/ 33,9/ 24,7	0,3/ 0,3/ 0,6/ -/ -	0,01/ 0,00/ 0,023/ 0,026/ 0,041
Макс.	6,3/ 2,3/ 4,9/ 6,1/ 4,7	1,2/ 0,7/ 7,9/ 2,1/ 2,3	5,5/ 1,9/ 2,2/ 0,7/ 16,0	0,1/ 0/ 0/ -/ -	0,9/ 0,5/ 7,3/ 6,0/ 2,3	31/ 55/ 100/ 61,0/ 23,0	73,0/ 29,0/ 103,/ 33,0/ 36,0	624/ 220/ 181/ 99,0/ 47,0	1,5/ 1,2/ 4,3/ -/ -	0,12/ 0,01/ 0,34/ 0,09/ 0,16
ПДК сред.	0,24/ 0,16/ 0,3/ 0,3/ 0,4	<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	0,14/ 0,12/ 0,4/ 0,4/ 0,2	0,38/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,1	1,5/ 0,5/ 0,65/ 0,7/ 0,5	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -	0,1/ <0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,4
ПДК макс.	<b>1,26</b> / 0,46/ <b>1,0</b> / <b>1,2</b> / 0,9	0,12/ <0,1/ 0,8/ 0,2/ 0,2	0,55/ 0,2/ 0,2/ 0,1/ <b>1,6</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -	<0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,6/ 0,2	0,6/ <b>1,1</b> / <b>2,0</b> / <b>1,2</b> / 0,5	<b>1,46</b> / 0,6/ <b>2,0</b> / 0,7/ 0,7	<b>12,5</b> / <b>4,4</b> / <b>3,6</b> / <b>2,0</b> / 0,9	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -	<b>1,2</b> / 0,1/ <b>3,4</b> / 0,9/ <b>1,6</b>

В 2016 г. среднегодовая концентрация минерального (фосфатов) и общего фосфора составила 53,8 и 48,9 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальные — 305 мкг/дм<sup>3</sup> и 269 мкг/дм<sup>3</sup> — были отмечены в августе на ст. №1 в вершине бухты. По сравнению с 2015 г. среднегодовое содержание минерального фосфора повысилось в 2 раза, а общего фосфора — в 1,4 раза. Среднегодовое содержание кремния в бухте Золотой Рог повысилось по сравнению с уровнем 2015 г. с 312 до 590 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация (5254 мкг/дм<sup>3</sup>) была зафиксирована в октябре на ст. №11 на 10-метровом горизонте.

Содержание растворенного в воде кислорода в течение периода наблюдений изменялось в пределах от 2,73 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 9,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (37,4–133,1% насыщения), в среднем за год содержание растворенного кислорода составило 7,64 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (93,2% насыщения). В теплое время года с июля по октябрь кислородный режим в водах бухты ухудшался. В этот период было отмечено 6 случаев, когда концентрация растворенного кислорода была ниже 6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Абсолютный минимум был зафиксирован в августе на ст. №1 в поверхностном слое. В среднем за 2016 г. придонный слой вод бухты (7,12 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) был хуже аэрирован, чем поверхностный (7,88 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

В 2016 г. качество вод бухты Золотой Рог по ИЗВ резко ухудшилось по сравнению с 2015 г., индекс изменился с 0,81 «умеренно-загрязненные» до 2,06 «грязные» (табл. 11.3). Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты, кадмий, ртуть. Воды бухты также весьма мутные с высокой концентрацией взвешенных веществ. Содержание растворенного в воде кислорода в целом было пониженным и в период июня-октября шесть раз снижалось ниже норматива (табл. А.4).

В бухте Золотой Рог в мае и октябре 2016 г. было отобрано 10 проб **донных отложений**. В бухте почти на всех станциях грунты илистые, с сильным запахом и маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов. Содержание нефтяных углеводородов в пробах изменялось в пределах 2280–22 190 мкг/г, составив в среднем 10080 мкг/г. Среднегодовое содержание НУ по сравнению с 2015 г. снизилось 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 мкг/г, 2015 — 13 089 мкг/г. Средняя величина превышала допустимый уровень

концентрации (ДК) более чем в 201 раз (табл. А.5), максимальное значение (444 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 2016 г. на этой станции средняя концентрация нефтепродуктов в донных отложениях составила 413 ДК (20650 мкг/г сухого остатка). Превышение допустимого уровня отмечалось в 100% проб. Содержание фенолов изменялось в пределах 2,1–8,4 мкг/г; в среднем — 5,0 мкг/г; это практически уровень 2015 г. (5,4 мкг/г). Максимум отмечен в октябре на ст. №7.

В ходе определения уровня загрязнённости донных отложений бухты Золотой Рог **пестицидами** было обнаружено, что концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в пробах изменялась в диапазоне от 0,3 до 2,4 нг/г сухого вещества; в среднем — 0,7 нг/г, что в 2 раза меньше, чем в прошлом году. Концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ изменялась в диапазоне 0,1–2,2 нг/г; в среднем составила 0,6 нг/г; по сравнению с 2015 г. среднее содержание  $\gamma$ -ГХЦГ не изменилось. Средняя и максимальная концентрация ХОП группы ДДТ составила: ДДТ — 2,4 и 7,1 нг/г; ДДЭ — 7,6 и 24,1 нг/г; ДДД — 34,3 и 164,6 нг/г. Среднее содержание ДДТ снизилось по сравнению с 2015 г. в 2,3 раза; среднее содержание ДДЭ практически не изменилось, среднее содержание ДДД возросло в 1,8 раза. Максимальное содержание ДДТ, ДДЭ и ДДД было зафиксировано на ст. №7 в октябре. В 2016 г. среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ в донных отложениях бухты Золотой Рог составила 44,3 нг/г или 17,7 ДК, что в 1,4 раза больше, чем в 2015 г., (12,7 ДК). Среднегодовая концентрация **альдрина** в донных отложениях бухты Золотой Рог составила 2,06 нг/г с.о. В период наблюдений концентрация варьировала от 0,40 до 7,80 нг/г сухого осадка, максимальная наблюдалась в октябре на станции №7. Среднегодовая концентрация полихлорбифенилов (**ПХБ**) в донных отложениях бухты Золотой Рог составила 357,5 нг/г (17,9 ДК), в 2015 г. — 19,7 ДК; диапазон значений 80,2–1120,8 нг/г. Наиболее загрязнены ПХБ донные отложения в районе ст. №7 практически в центре города Владивосток.

Сравнение уровня загрязнения донных отложений различных участков акватории залива Петра Великого пестицидами группы ДДТ показывает наибольший уровень суммарного содержания этих опасных химических ингредиентов в бухтах Золотой Рог и Диомид, а также в проливе Босфор Восточный, расположенных в пределах Владивостока и в наибольшей степени подверженных загрязнению (рис. 11.4). В остальных районах залива суммарная концентрация пестицидов этой группы в донных осадках была существенно ниже в последние семь лет и не показывала значительной межгодовой изменчивости. Наибольшая по заливу среднегодовая концентрация суммы метаболитов ДДТ, выраженная в единицах ДК=2,5 нг/г,

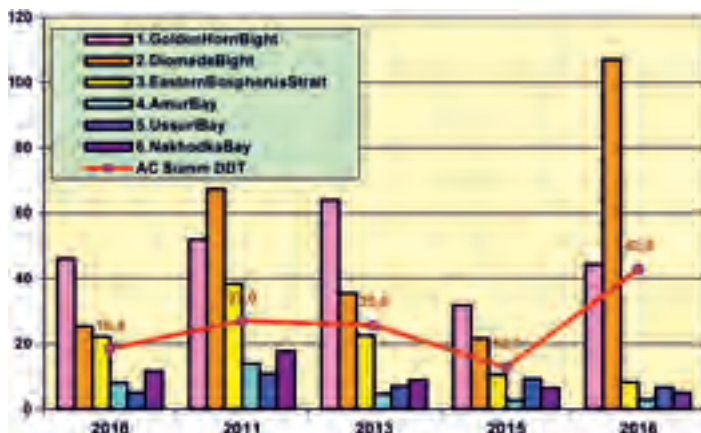


Рис. 11.4. Изменение средней суммарной концентрации пестицидов группы ДДТ (мкг/г и ДК) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2016 гг.

варьировала от 13 до 43 ДК в последний год. Во все годы наблюдений максимальные значения суммы ДДТ в отдельных пробах на всех участках залива были во много раз выше среднегодовых величин.

В 2016 г. в донных отложениях бухты Золотой Рог среднегодовое содержание всех определяемых тяжелых металлов (медь, свинец, кадмий, кобальт, никель, цинк, железо, хром и ртуть) снизилось в 1,1–2,1 раза, концентрация марганца осталась на уровне 2015 г. (табл. 11.4). Средняя концентрация кобальта, никеля и хрома была ниже уровня допустимой концентрации. Среднегодовая концентрация меди превысила ДК в 2,6 раза, концентрация кадмия — в 2,4 раза, свинца — в 1,1 раза, концентрация цинка — в 2,0 раза и ртути — в 2,3 раза; значения остальных металлов не превышали норматива. Максимальная концентрация меди, кадмия, свинца и ртути в донных отложениях бухты Золотой Рог была зарегистрирована в мае в центре г. Владивостока на ст. №7, расположенной вблизи строительства гостиницы. Здесь же была зафиксирована максимальная концентрация НУ, фенолов и всех пестицидов. Наибольшее содержание цинка отмечено в октябре на ст. №11. В целом в 2016 г., как и в предыдущие годы, среднее и максимальное содержание только кобальта, никеля и хрома было существенно ниже установленного условного норматива.

**Таблица 11.4.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2011/2012/2013/2014/2015/2016 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.	122,3/ 128,0/ 132,8/ 131,4/ 149,9/ 89,8	155,9/ 118,4/ 142,2/ 121,2/ 195,3/ 92,4	1,5/ 1,6/ 1,9/ 1,8/ 3,7/ 1,9	5,3/ 5,3/ 4,5/ 3,4/ 6,1/ 4,1	12,3/ 12,8/ 15,2/ 13,4/ 20,9/ 11,5	321/ 335/ 339,4/ 299,3/ 380,5/ 285,3	177/ 227/ 189,8/ 93,0/ 199,5/ 199,6	29632/ 33106/ 32871/ 27872/ 28742/ 25609	39,7/ 41,6/ 39,4/ 37,9/ 76,0/ 37,6	0,65/ 0,81/ 0,46/ 0,69/ 1,54/ 0,68
Макс.	249/ 275/ 242/ 310/ 280,0/ 161,0	340/ 265/ 368/ 273/ 439/ 181	3,5/ 3,9/ 3,7/ 3,9/ 6,2/ 3,6	7,7/ 7,2/ 5,8/ 6,1/ 14,0/ 6,8	19/ 15/ 20/ 21/ 32,0/ 18,0	603/ 559/ 612/ 678/ 611,0/ 441	357/ 458/ 388/ 207/ 321,0/ 522,0	51076/ 35317/ 35957/ 34982/ 35161/ 30735	58/ 59/ 68/ 59/ 130,0/ 87,0	1,74/ 1,32/ 1,84/ 1,21/ 5,27/ 1,84
ДК* сред.	<b>3,5/ 3,7/ 3,8/ 3,7/ 4,3/ 2,6</b>	<b>1,8/ 1,4/ 1,7/ 1,4/ 2,3/ 1,1</b>	<b>1,9/ 2,0/ 2,4/ 2,3/ 4,6/ 2,4</b>	0,3/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,2	0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,6/ 0,3	<b>2,3/ 2,4/ 2,4/ 2,1/ 2,7/ 2,0</b>	-	-	0,4/ 0,4/ 0,39/ 0,38/ 0,76/ 0,4	<b>2,2/ 2,7/ 1,5/ 2,3/ 5,1/ 2,3</b>
ДК макс.	<b>7,1/ 7,9/ 6,9/ 8,9/ 8,0/ 4,6</b>	<b>4,0/ 3,1/ 4,3/ 3,2/ 5,2/ 2,1</b>	<b>4,4/ 4,9/ 4,6/ 4,9/ 7,75/ 4,5</b>	0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,7/ 0,3	0,5/ 0,4/ 0,6/ 0,6/ 0,9/ 0,5	<b>4,3/ 4,0/ 4,4/ 4,8/ 4,4/ 3,1</b>	-	-	0,6/ 0,6/ 0,68/ 0,6/ 1,3/ 0,9	<b>5,8/ 4,0/ 6,1/ 4,0/ 17,6/ 6,1</b>

\* 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, поскольку 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 2016 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории бухты Диомид проводились в мае, августе и октябре на одной ст. №22 (рис. 11.1), всего отобрано 6 проб воды и 2 пробы грунта. Значения **температуры** на поверхностном горизонте изменялись от 11,5 °С до 25,4 °С, в придонном слое — 7,2–19,4 °С. Соленость вод бухты изменялась от 28,190‰ в августе на поверхности до 34,700‰ в мае на глубине 8 м; среднее значение составило 32,053‰. Водородный показатель рН изменялся от 7,95 в августе до 8,33 в октябре, в среднем — 8,160. Содержание взвешенных частиц в воде изменялось в диапазоне 2,3–11,3 мг/дм<sup>3</sup> (1,1 ПДК); средняя величина составила 6,3 мг/дм<sup>3</sup>. В 2016 г. показатель биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) повысился по сравнению с 2015 г. с 2,00 до 4,17 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,7 ПДК); максимальное значение (10,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 3,3 ПДК) зарегистрировано в августе на поверхности. Прозрачность воды бухты не более 3 м.

Среднегодовое содержание **нефтяных углеводородов** в исследуемом районе по сравнению с 2015 г. повысилось с 1,2 ПДК до 1,9 ПДК (0,095 мг/дм<sup>3</sup>), а диапазон изменений

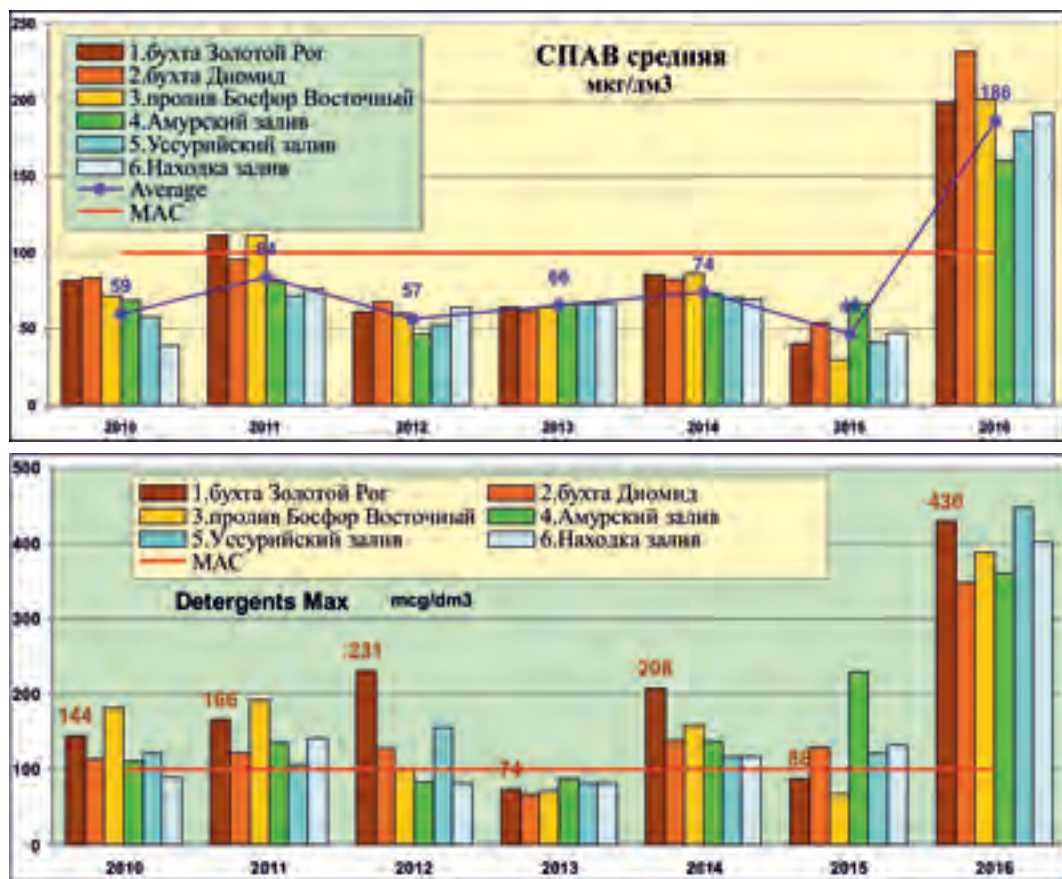


Рис. 11.5. Многолетняя динамика среднегодовой и максимальной концентрации АПАВ (мкг/дм<sup>3</sup>) в различных районах залива Петра Великого в 2010–2016 гг.

0,02–0,23 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 11.1). Максимальная концентрация (4,6 ПДК) зарегистрирована в октябре на поверхностном горизонте. Превышение ПДК отмечено в 66,7% проб. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Диомид в течение года нефтяной плёнки с покрытием поверхности воды более 50% не наблюдалось. Концентрация фенолов изменялась в пределах 0,3–2,7 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание составило 1 ПДК; максимум (2,7 ПДК) зафиксирован в августе на поверхностном горизонте. Уровень загрязнённости морских вод фенолами не изменился по сравнению с прошлым годом. Превышение ПДК отмечено в 16,7% проб. Концентрация АПАВ в шести отобранных для анализа пробах воды варьировала в диапазоне 1,0–3,5 ПДК (347 мкг/дм<sup>3</sup>, в августе у дна). Среднегодовая величина (2,3 ПДК) возросла в 4,6 раза. В целом в последнем году содержание детергентов в морских водах всех без исключения районов залива Петра Великого возросло в несколько раз и превышало допустимый уровень в 1,5–2,5 раза (рис. 11.5).

В 2016 г. среднегодовая концентрация тяжелых **металлов** в водах бухты не превышала норматива. Максимальная концентрация железа и марганца превысила ПДК в 1,1 и 1,7 раза соответственно; повышенное содержание марганца было отмечено в мае на горизонте 8 м, а железа — в августе на горизонте 12 м. В 2016 г. в 1,7 раза повысилось среднее содержание ртути в морской воде и составило 0,35 ПДК. Максимальная концентрация (0,7 ПДК) была отмечена в октябре на поверхности.

Концентрация **биогенных элементов** в бухте Диомид в период проведения исследований не превышала норматива для рыбохозяйственных водоемов. Содержание аммонийного азота изменялось в пределах 33–173 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация составила 92,7 мкг/дм<sup>3</sup> (<0,1 ПДК), что в абсолютном выражении в 1,6 раза ниже уровня 2015 г. В 2016 г. среднее содержание нитритов, нитратов и общего азота в морской воде составило 2,5; 22,7 и 940 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальное — 6,2; 91,0 и 1219 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. По сравнению с 2015 г. средняя концентрация нитритов и нитратов снизилась в 2,8 раза, среднее содержание общего азота в морской воде практически не изменилось. Среднегодовая концентрация органического азота мало изменилась по сравнению с 2015 г. (770 мкг/дм<sup>3</sup>) и составила 822 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная — 1180 мкг/дм<sup>3</sup>.

В период проведения работ концентрация фосфатов была в диапазоне 10,0–36,0 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в августе; средняя концентрация — 25,17 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация общего фосфора изменялась в диапазоне 11,0–22,0 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в мае; среднее содержание — 15,17 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация органического фосфора составила 11,8 мкг/дм<sup>3</sup>, при диапазоне 6,0–21,0 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с прошлым годом концентрация фосфатов повысилась в 1,2 раза, общего фосфора снизилась в 2 раза.

Содержание кремния изменялось в пределах 180–603 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем за год 405 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,4 раза выше значения 2015 г. (289,2) и в 2,2 раза выше 2014 г. (187,6); максимум зафиксирован в августе на поверхностном горизонте. В последние три года отмечено неуклонное увеличение содержания кремния в водах бухты Диомид.

Среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** составила 8,38 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (101,4% насыщения). Минимальное значение (6,82 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> или 90,6% насыщения) было отмечено в августе на глубине 12 м. По индексу загрязнённости вод **ИЗВ** (1,58 — IV класс, «загрязнённые») качество вод бухты Диомид ухудшилось по сравнению с 2015 г. (0,86, III класс, «умеренно-загрязнённые») за счет повышения уровня загрязнённости вод НУ, АПАВ, органическим веществом, марганцем и ртутью.

В 2016 г. в бухте Диомид в мае и октябре было отобрано две пробы **донных отложений**. В майской пробе содержание нефтяных углеводородов составило 6890 мкг/г, в октябрьской — 5990 мкг/г сухого вещества. Это почти соответствует уровню 2015 г. В последние 10 лет уро-

вень загрязненности НУ донных отложений бухты Диомид сильно варьирует год от года и в целом имеет тренд к повышению. Среднегодовая концентрация НУ в донных отложениях бухты Диомид составила в 2005 — 310; 2006 — 5380; 2007 — 5340; 2008 — 2790, 2009 — 6660; 2010 — 3300; 2011 — 4470 мкг/г; 2012 — 2860, 2013 — 1460 (29,2 ДК), 2014 — 5510 (110 ДК), 2015 — 6610 мкг/г (132 ДК) и 2016 — 6440 мкг/г (129 ДК). Обычно превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб. Содержание фенолов в майской и октябрьской пробах составило 4,8 и 6,1 мкг/г соответственно, среднее — 5,5 мкг/г, что более чем в 2 раза выше уровня 2015 г. (2,45 мкг/г).

В 2016 г. содержание  $\alpha$ -ГХЦГ в донных отложениях бухты Диомид составило в двух пробах 1,1 и 0,5 нг/г, в среднем 0,78 нг/г; это в 1,3 раза меньше прошлогоднего значения (1,05 нг/г). Концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан) в мае составила 0,2 нг/г, в октябре — 0,6 нг/г (12 ДК), среднее содержание — 0,4 нг/г (8 ДК), что выше уровня 2015 г. в 2 раза. Концентрация ДДТ в осадках залива составила 9,3 и 14,8 нг/г; в среднем — 12,1 нг/г (в 2015 г. — 5,5); ДДЭ — 17,4 и 30,9 нг/г; в среднем — 24,2 нг/г (в 2015 г. — 8,9); ДДЦ — 4,6 и 136,9 нг/г; в среднем — 70,8 нг/г (в 2015 г. — 6,75). В бухте Диомид в 2016 г. суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ составила 107,1 нг/г сухих донных отложений, что в 42,8 раза превышает ДК. Это самое высокое значение для залива Петра Великого (рис. 11.5). По сравнению с 2015 г. произошло четырехкратное повышение уровня загрязненности донных отложений бухты Диомид пестицидами группы ДДТ. Концентрация ПХБ в двух пробах донных отложений бухты Диомид равнялась 966,4 и 1625,9 нг/г, в среднем — 1296,2 нг/г (64,8 ДК), что выше уровня прошлого года в 2,1 раза (31 ДК). Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях составила 13,7 нг/г.

**Таблица 11.5.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Диомид в 2011/2012/2013/2014/2015/2016 г.

	<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	142,3/ 240,3/ 245,0/ 111,0/ 169,0/ 350,5	4,1/ 2,6/ 1,5/ 2,2/ 2,6/ 3,8	4,0/ 6,0/ 4,2/ 3,0/ 2,5/ 15,1	12,1/ 11,7/ 15,0/ 11,5/ 12,5/ 42,0	293/ 425/ 877,5/ 324,5/ 490,5/ 2202,0	106/ 133/ 169/ 128/ 55,5/ 860,0	22076/ 22602/ 37401/ 26080/ 26146/ 37838	153/ 239/ 194,5/ 76,0/ 69,0/ 359,5	0,55/ 1,59/ 0,32/ 0,15/ 0,64/ 0,55
Макс.	405/ 457/ 504/ 278/ 402/ 1098	259/ 477/ 369/ 150/ 270/ 487	9,5/ 3,7/ 2,7/ 3,4/ 4,4/ 4,2	6,9/ 8,5/ 5,2/ 3,9/ 2,8/ 22,0	19,0/ 14,0/ 19,0/ 13,0/ 14,0/ 49,0	533/ 708/ 1422/ 458/ 800/ 2633	140/ 139/ 211/ 136/ 97/ 1427	34843/ 25233/ 48487/ 30579/ 35324/ 54941	399/ 428/ 309/ 111/ 84/ 468,0	0,82/ 3,87/ 0,36/ 0,17/ 0,94/ 0,57
ДК сред.	<b>5,8/ 7,7/ 10,3/ 5,3/ 7,5/ 18,2</b>	<b>1,7/ 2,8/ 2,9/ 1,3/ 2,0/ 4,1</b>	<b>5,1/ 3,3/ 1,9/ 2,75/ 3,25/ 4,75</b>	0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,15/ 0,1/ 0,8	0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,36/ 1,2	<b>2,1/ 3,0/ 6,3/ 2,3/ 3,5/ 15,7</b>	-	-	<b>1,5/ 2,4/ 1,95/ 0,8/ 0,7/ 3,6</b>	<b>1,8/ 5,3/ 1,2/ 0,5/ 2,1/ 1,8</b>
ДК макс.	<b>11,6/ 13,1/ 14,4/ 7,9/ 11,5/ 31,4</b>	<b>3,0/ 5,6/ 4,3/ 1,8/ 3,2/ 5,7</b>	<b>11,9/ 4,6/ 3,4/ 4,25/ 5,5/ 5,25</b>	0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,19/ 0,14/ 1,1	0,5/ 0,4/ 0,5/ 0,4/ 0,4/ 1,4	<b>3,8/ 5,1/ 10,2/ 3,3/ 5,7/ 18,8</b>	-	-	<b>4,0/ 4,3/ 3,0/ 1,1/ 0,8/ 4,7</b>	<b>2,7/ 12,9/ 1,2/ 0,5/ 3,1/ 1,9</b>

\* выделенные значения выше ДК.

Загрязнение донных отложений бухты Диомид тяжелыми металлами было традиционно высоким (табл. 11.5). Ниже принятого норматива ДК было только среднее содержание кобальта, а для всех остальных металлов допустимая концентрация была превышена. По



сравнению с 2015 г. среднее содержание всех определяемых металлов повысилось. Особенно резко возросла концентрация никеля — в 3,3 раза, цинка — в 4,5 раза, кобальта — в 8 раз, хотя и осталась в пределах 1 ДК, марганца — в 15,5 раз.

### 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 илистый и песчаный. Крупная зыбь, заходящая в пролив Босфор Восточный при свежих юго-восточных и восточных ветрах, делает якорную стоянку в нем спокойной. В проливе Босфор Восточный выставляются швартовные бочки. В проливе Босфор Восточный действуют постоянные поверхностные течения, идущие из Амурского залива в Уссурийский вдоль южного берега пролива и из Уссурийского залива в Амурский вдоль северного берега. Средняя скорость этих течений в узкостях пролива колеблется от 0,2 до 1,2 узлов. Приливные течения в проливе Босфор Восточный слабые. С конца декабря пролив Босфор Восточный, а также все бухты, вдающиеся в его берега, за исключением бухты Золотой Рог, покрываются льдом. Замерзанию восточной части пролива препятствуют непрекращающиеся всю зиму судоходство и ледокольные работы.

В 2016 г. наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод (33 пробы) и донных отложений (6 проб) в проливе Босфор Восточный (ст. №18,23) и бухте Улисс (ст. №19) проводились на трех станциях в мае, августе и октябре (рис. 11.6).

В период наблюдений минимальная температура воды была зафиксирована в мае на ст. №18 в придонном слое и составила 2,60 °С, максимальная — в августе в бухте Улисс на ст. №19—25,30 °С. Значения солености изменялись от 27,72‰ в августе на ст. №19 в поверхностном слое до 35,48‰ в мае на ст. №23, тоже на поверхности. Среднегодовой показатель солености в 2016 г. составил 32,97‰. Значения рН изменялись от 7,75 в августе на ст. №23 на глубине 35 м до 8,35 в октябре на ст. №19 на глубине 25 м; среднее значение рН составило 8,11. Концентрация взвешенных частиц в воде была в диапазоне от 1,3 мг/дм<sup>3</sup> в мае на ст. №23 до 10,5 мг/дм<sup>3</sup> в августе на ст. №19 в поверхностном слое вод бухты Улисс; средняя величина — 4,97 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее за 2016 г. значение биохимического потребления кислорода за пять



Рис. 11.6. Схема расположения станций мониторинга в проливе Босфор Восточный и бухте Улисс в 2016 г.

суток (БПК<sub>5</sub>) повысилось по сравнению с 2016 г. в 2,5 раза (с 1,32 до 3,25 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). В августе в бухте Улисс было зафиксировано два случая высокого содержания органических веществ по БПК<sub>5</sub>: на глубине 20 м была зафиксирована концентрация 11,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а в поверхностном горизонте — 14,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Прозрачность воды пролива не более 7 м.

Концентрация **НУ** в морской воде в 2016 г. изменялась в диапазоне 0,02–0,43 мг/дм<sup>3</sup> (8,6 ПДК); среднее содержание в проливе Босфор Восточный составило 0,101 мг/дм<sup>3</sup> (2 ПДК) и повысилось по сравнению с 2015 г. в 3,3 раза. Максимальная концентрация была отмечена в мае на ст. № 18 в поверхностном горизонте. Превышение ПДК отмечено в 59,3% проб. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод в проливе Босфор Восточный нефтяной плёнки с покрытием поверхности воды более 50% не наблюдалось. Концентрация фенолов в пробах воды варьировала от 0,3 до 1,5 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание возросло с 0,6 до 0,8 ПДК; максимум отмечен в октябре в центральной части пролива в районе мыса Новосильского на ст. № 18 на глубине 31 м. Превышение ПДК отмечено в 18,5% проб. Концентрация анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в морских водах изменялась в пределах 68–387 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание АПАВ в 2016 г. возросло по сравнению с 2015 г. почти в 7 раз: с 0,3 ПДК до 2 ПДК. Максимальное значение (почти 4 ПДК) было отмечено в августе на ст. № 23 в поверхностном горизонте.

Как и в 2015 г., среднегодовое содержание всех определяемых в водах пролива Босфор Восточный **металлов** не превышало 1 ПДК (табл. 11.6). Относительно других немного повышенным было содержание меди, железа и ртути, достигавшее половины норматива. Максимальная концентрация почти всех металлов (кроме ртути, железа и алюминия) не превысила предельно допустимого значения. Максимальное содержание ртути было отмечено в октябре в бухте Улисс на ст. № 19 на горизонте 10 м и составило 2,8 ПДК. Среднее содержание железа осталось на прежнем уровне, а максимальное возросло в 2 раза и составило 1,6 ПДК на ст. № 18. Максимальная концентрация алюминия, превысившая ПДК в 1,3 раза, также зарегистрирована в августе на ст. № 18. Концентрация ртути превысила ПДК в 11,1%, железа — в 18,5% и алюминия — в 14,8% проб воды.

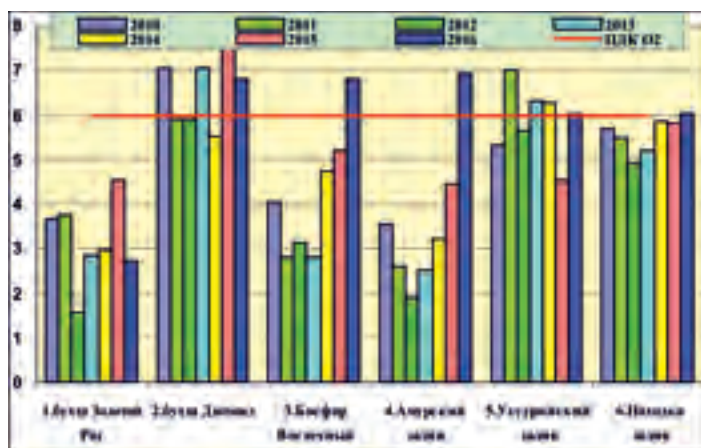
**Таблица 11.6.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах пролива Босфор Восточный в 2012/2013/2014/2015/2016 гг.

	<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.	0,8/ 0,6/ 1,4/ 3,1/ 2,0	0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,1/ 0,64	0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,16/ 0,8	0/ 0 0 - -	0,3/ 0,3/ 1,0/ 0,69/ 0,66	6,9/ 5,7/ 11,8/ 26,7/ 9,6	16,8/ 4,4/ 5,3/ 3,8/ 4,95	84,1/ 27,6/ 26,6/ 27,0/ 26,9	0,8/ 0,4/ 0,5/ - -	0,0/ 0,0/ 0,03/ 0,022/ 0,041
Макс.	2,3/ 1,4/ 3,7/ 55/ 3,3	0,4/ 0,8/ 1,0/ 0,5/ 2,9	0,5/ 0,56/ 0,4/ 0,4/ 6,6	0,1/ 0/ 0/ - -	0,7/ 0,5/ 2,9/ 6,5/ 1,4	113/ 118/ 38/ 301/ 27,0	111/ 46/ 31/ 13/ 23,0	711/ 302/ 91/ 45/ 81,0	12/ 2,9/ 1,1/ - -	0,02/ 0,0/ 0,40/ 0,05/ 0,28
ПДК сред.	0,16/ 0,12/ 0,3/ 0,6/ 0,4	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - <0,1	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,5/ 0,2	0,3/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,1	<b>1,7</b> / 0,6/ 0,5/ 0,5/ 0,5	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - -	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,2/ 0,4
ПДК макс.	0,5/ 0,28/ 0,7/ <b>11,0</b> / 0,66	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,66	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - -	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,65/ 0,1	<b>2,3</b> / <b>2,4</b> / 0,8/ <b>6,0</b> / 0,5	<b>2,2</b> / 0,9/ 0,6/ 0,26/ 0,5	<b>14,2</b> / <b>6,0</b> / <b>1,8</b> / 0,9/ <b>1,6</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - -	0,2/ <0,1/ <b>4,0</b> / 0,5/ <b>2,8</b>

Концентрация **биогенных элементов** в водах пролива в период проведения работ характеризовалась следующими значениями. Содержание аммонийного азота изменялось в диапазоне 23,0–163 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее значение (82,3 мкг/дм<sup>3</sup>) возросло по сравнению с прошлым годом в 1,4 раза (56,6 мкг/дм<sup>3</sup>), но по-прежнему не превысило 0,1 ПДК. Среднегодовая концентрация нитритов по сравнению с 2015 г. незначительно повысилась: с 1,98 до 2,3, максимальная практически не изменилась — 7,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Диапазон значений нитратного азота был широким: от 0,9 до 187 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст. № 18 на 20-метровом горизонте. Среднегодовая концентрация по сравнению с 2015 г. повысилась в 1,3 раза: с 26,1 до 33,15 мкг/дм<sup>3</sup>. Значения общего азота изменялись в диапазоне 377–1477 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 958,5 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего азота возросло по сравнению 2015 г. почти в 1,5 раза. Максимум был зарегистрирован в мае на ст. № 18 на поверхности. Среднегодовая концентрация органического азота в 2016 г. составила 898 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г. — 775 мкг/дм<sup>3</sup>), пределы изменений 695–1326 мкг/дм<sup>3</sup>.

В 2016 г. отмечено дальнейшее повышение среднегодового содержания минерального **фосфора**; в 2010–2015 гг. эти значения составили — 10,8; 5,2; 9,6; 10,8; 15,6 и 16,3 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно по годам. В 2016 г. среднее значение фосфатов составило 22,08 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,4 раза больше предыдущего года. Максимальная концентрация фосфатов (52,0 мкг/дм<sup>3</sup>) была отмечена в августе на ст. № 23 в придонном слое. Значения общего фосфора изменялись от 6,8 до 50 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в октябре на ст. № 18 на 20-метровом горизонте. Среднегодовая концентрация общего фосфора практически не изменилась по сравнению с 2015 гг. (23,3 мкг/дм<sup>3</sup>) и составила 23,22 мкг/дм<sup>3</sup> в 2016 г. Среднее содержание органического фосфора в толще вод пролива Босфор Восточный составило 10 мкг/дм<sup>3</sup>, концентрация в пробах изменялась от 5,5 до 18 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация **кремния** изменялась от 83 до 1420 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум зарегистрирован в августе на ст. № 23 в придонном слое, средняя величина составила 476,33 мкг/дм<sup>3</sup>, что выше прошлогоднего значения почти в 1,4 раза (352 мкг/дм<sup>3</sup>).

Среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный снизилось по сравнению с 2015 г. с 9,29 до 8,65 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (98,99% насыщения). Однако минимальное значение (6,82 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 78% насыщения) было выше прошлогоднего и зарегистрировано в августе на ст. № 18 в придонном слое (рис. 11.7). Это первый случай за последние семь лет, когда в проливе не наблюдался недостаток кислорода в придонном слое вод. В целом кислородный режим в водах пролива является очень близким к таковому в Амурском заливе.



**Рис. 11.7.** Многолетняя динамика минимальной концентрации растворенного в воде кислорода (мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в различных районах залива Петра Великого в 2010–2016 гг.

Ситуация с аэрацией придонных вод хуже только в бухте Золотой Рог и лучше во всех остальных контролируемых районах в заливе Петра Великого. По **ИЗВ** (1,44; IV класс, «умеренно-загрязненные») качество вод пролива Босфор Восточный в 2016 г. существенно ухудшилось (табл. 11.3). Приоритетными ЗВ в этом районе являются нефтяные углеводороды, фенолы, АПАВ, железо, алюминий и ртуть.

В проливе Босфор Восточный в 2016 г. в мае и октябре было отобрано шесть проб **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 1170–2850 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 1840 мкг/г (36,8 ДК). По сравнению с 2015 г. уровень загрязненности снизился в 1,7 раза. Максимальная концентрация в 2016 г. превысила ДК в 57 раз и была зафиксирована в бухте Улисс в октябре на ст. № 19, в 2015 г. максимум составил 62 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 и в 2015 — 3107 мкг/г сухого остатка. В 2016 г. превышение допустимого уровня концентраций наблюдалось в 100% проб. В 2016 г. уровень загрязненности донных отложений пролива фенолами практически остался на уровне 2015 г.: среднее содержание составило 3,47 мкг/г (в 2015 г. — 3,16 мкг/г), при диапазоне концентрации 2,7–5,1 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано в октябре на ст. № 19.

Содержание **пестицидов** группы ГХЦГ в донных отложениях пролива в период проведения работ находилось в следующих пределах:  $\alpha$ -ГХЦГ — 0,47–1,6 нг/г сухого остатка, составив в среднем 0,80 нг/г;  $\gamma$ -ГХЦГ — 0,2–0,55 нг/г, в среднем 0,41 нг/г (8 ДК). По сравнению с 2015 г. по обоим изомерам отмечено снижение среднего содержания:  $\alpha$ -ГХЦГ — с 1,22 до 0,80 нг/г;  $\gamma$ -ГХЦГ — с 18 ДК до 8 ДК.

**Таблица 11.7.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016 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	47,6/ 66,7/ 44,3/ 43,3/ 68,0/ 73,5/ 42	0,3/ 0,2/ 0,4/ 0,5/ 0,6/ 2,15/ 0,97	3,6/ 14,0/ 4,1/ 3,2/ 2,5/ 7,97/ 6,3	11,4/ 12,9/ 11,1/ 13,5/ 15,2/ 20,5/ 12,5	91,0/ 112,6/ 98,8/ 131,8/ 131,0/ 136,3/ 116,5	126,4/ 151,6/ 141,2/ 139,3/ 82,9/ 166,6/ 117,7	25294/ 28392/ 29769/ 29525/ 31699/ 28822/ 25852	22,3/ 22,2/ 26,3/ 27,7/ 29,3/ 67,2/ 27,8	0,40/ 0,29/ 1,13/ 0,18/ 0,26/ 0,70/ 0,23
макс	61/ 99/ 64/ 54/ 54/ 79/ 51	100/ 98/ 71/ 55/ 167/ 125/ 65	0,8/ 0,7/ 0,8/ 0,8/ 0,8/ 3,4/ 1,3	4,8/ 34/ 5,2/ 3,7/ 2,9/ 14/ 11	21/ 20/ 14/ 17/ 20/ 27/ 17	164/ 135/ 179/ 224/ 218/ 200/ 170	194,0/ 185/ 177/ 174/ 184/ 194/ 161	41568/ 35276/ 34324/ 31887/ 49382/ 36457/ 29691	44/ 42/ 37/ 37/ 34/ 85/ 44	1,06/ 0,44/ 7,60/ 0,22/ 0,51/ 1,53/ 0,29
ДК сред	0,9/ <b>1,2</b> / 0,9/ 0,9/ <b>1,2</b> / <b>1,6</b> / 0,9	0,6/ 0,8/ 0,5/ 0,5/ 0,8/ 0,9/ 0,5	0,4/ 0,3/ 0,5/ 0,6/ 0,75/ <b>2,7</b> / <b>1,2</b>	0,2/ 0,7/ 0,2/ 0,16/ 0,13/ 0,4/ 0,3	0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,6/ 0,4	0,7/ 0,8/ 0,8/ 0,9/ 0,9/ 0,97/ 0,8	- - - - - - -	- - - - - - -	0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,67/ 0,3	<b>1,3</b> / 0,96/ <b>3,8</b> / 0,6/ <b>0,9</b> / <b>2,3</b> / 0,8
ДК макс	<b>1,7</b> / <b>2,8</b> / <b>1,8</b> / <b>1,5</b> / <b>1,5</b> / <b>2,25</b> / <b>1,5</b>	<b>3,0</b> / <b>5,6</b> / 0,8/ 0,6/ <b>1,96</b> / <b>1,5</b> / 0,8	<b>1,0</b> / 0,9/ <b>1,0</b> / <b>1,0</b> / <b>1,0</b> / <b>4,25</b> / <b>1,6</b>	0,2/ <b>1,7</b> / 0,3/ 0,18/ 0,15/ 0,7/ 0,55	0,6/ 0,6/ 0,4/ 0,5/ 0,6/ 0,8/ 0,5	<b>1,2</b> / 0,96/ <b>1,3</b> / <b>1,6</b> / <b>1,6</b> / <b>1,4</b> / <b>1,2</b>	- - - - - - -	- - - - - 0,85/ 0,4	0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,85/ 0,4	<b>3,5</b> / <b>1,5</b> / <b>25,3</b> / 0,7/ <b>1,7</b> / <b>5,1</b> / <b>1</b>

Концентрация ДДТ была в диапазоне 0,5–4,0 нг/г (в среднем 1,8 нг/г); ДДЭ — 0,3–3,6 нг/г (2,2 нг/г); ДДД — 1,6–13,4 нг/г (4,28 нг/г). Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило в 8,27 нг/г (3,3 ДК), а максимальное достигало 20,80 нг/г (8,3 ДК). В 2015 г. средний суммарный показатель составил 10,55 нг/г (4,2 ДК).

Концентрация ПХБ в донных отложениях изменялась от 59,4 до 678,2 нг/г, составив в среднем 236,13 нг/г (12 ДК); в 2015 г. было 10 ДК. Наиболее сильно загрязнены полициклическими хлорированными бифенилами донные отложения в бухте Улисс. Именно в этом районе зафиксировано максимальное значение 678,2 нг/г (около 40 ДК), а среднее содержание ПХБ на ст. № 19 составило 433,5 нг/г (21,6 ДК). Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях пролива Босфор Восточный составила 0,5 нг/г.

Уровень загрязненности донных отложений пролива Босфор Восточный тяжелыми **металлами** в 2016 г. в среднем понизился по сравнению с 2015 г. по всем контролируемым элементам (табл. 11.7). Наиболее существенно снизилась средняя концентрация кадмия (в 2,2 раза) и ртути (в 2,9 раза). Максимальные значения концентрации меди, кадмия и цинка в донных отложениях пролива были зафиксированы в мае на станции в бухте Улисс и превысили ДК в 1,5 раза, 1,6 раза и в 1,2 раза соответственно. Среднее содержание ртути в осадках составило 0,23 мкг/г (0,8 ДК); максимальное содержание было отмечено в октябре на станции в бухте Улисс — 0,29 мкг/г (около 1 ДК).

## 11.6. Амурский залив

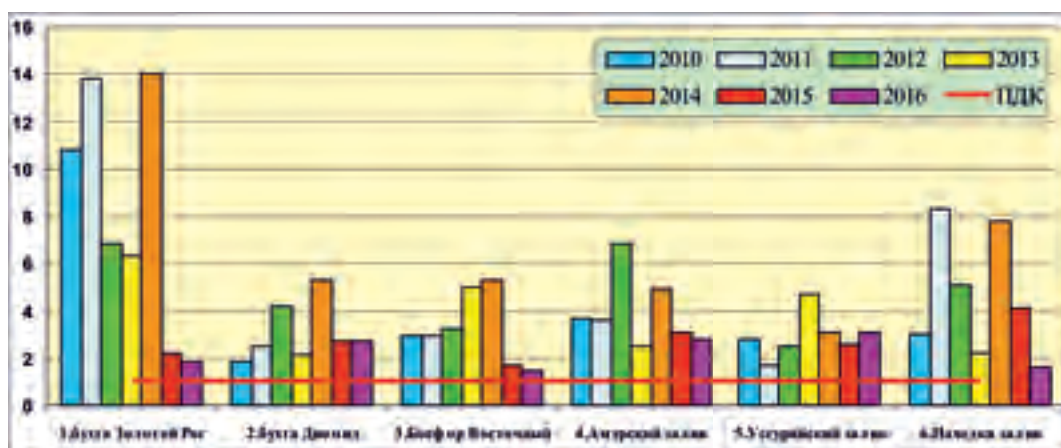
Амурский залив — внутренний залив у северо-западного берега залива Петра Великого. Длина около 65 км, ширина от 9 до 20 км, глубина до 50 м. Площадь поверхности — 966 км<sup>2</sup>. Амурский залив среди других акваторий Приморского края наиболее глубоко вдаётся в сушу и отличается значительной изрезанностью 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 граница распространения неподвижного льда обычно проходит восточнее линии мыс Песчаный — мыс Марковского (остров Попова). Рельеф дна сравнительно ровный. От берегов вершины залива (в северной части) простираются обширные отмели. На юго-запад, в сторону выхода из залива глубины постепенно нарастают. К северу от линии мыс Песчаный — Вторая Речка средние глубины составляют 10–20 м. Напротив Владивостока и острова Русский глубины 15–30 м, напротив островов Попова и Рейнеке уже более 30 м. Максимальная глубина 50 м находится на входной линии залива между мысом Брюса и островом Рикорда. На восточном берегу залива расположен порт и город Владивосток и посёлок Трудовое, а также большая курортная зона с пансионатами, санаториями и детскими лагерями.

В 2016 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Амурского залива проводились в мае и сентябре на 9 станциях. Всего было отобрано 50 проб воды и 18 проб донных отложений (рис. 11.8). В период наблюдений **температура** воды изменялась от 4,190 °С в мае на ст. № 37 в придонном слое до 20,390 °С в сентябре на ст. № 12 на поверхности, составив в среднем для всей толщи 12,860 °С. Соленость варьировала от 2,68‰ в сентябре на ст. № 12 в поверхностном слое (после прохождения тайфуна Лайонрок) до 33,50‰ в мае на ст. № 37 в придонном слое, составив в среднем 28,05‰. Минимальный показатель солености был отмечен в сентябре



**Рис. 11.8.** Станции отбора проб в Амурском заливе в 2016 г.

после тайфуна. Значения pH изменялись от 7,27 в сентябре на ст. № 12 до 8,32 в мае на ст. № 28, 35 и 37; среднее — 8,14. Среднегодовое содержание взвешенных веществ снизилось по сравнению с прошлым годом почти в 2 раза и составило 7,75 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание взвешенных веществ 133 мг/дм<sup>3</sup> — (13,3 ПДК) было зафиксировано в сентябре на ст. № 52 (устье р. Барабашевка); также в сентябре на поверхностном горизонте станции № 12, расположенной вблизи устья р. Раздольной, отмечено еще одно очень высокое значение — 11,6 ПДК. Такая высокая концентрация взвешенных веществ в водах залива в сентябре 2016 г. была вызвана разливом рек после прошедшего накануне тайфуна Лайонрок. Среднее за 2016 г. значение биохимического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> практически не изменилось по сравнению с 2015 г. (2,18 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и составило 2,21 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; максимальное значение (7,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) зарегистрировано в сентябре на ст. № 39. Прозрачность воды залива была не более 5 м.



**Рис. 11.9.** Динамика максимальной концентрации фенолов (мкг/дм<sup>3</sup>) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2016 гг. Синяя линия — среднее значение за весь период наблюдений по районам залива.

В период проведения наблюдений концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Амурского залива изменялась от 0,01 мг/дм<sup>3</sup> до 1,46 мг/дм<sup>3</sup> (29 ПДК); максимальное значение было зафиксировано в мае на ст. №35 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация (0,13 мг/дм<sup>3</sup>, 2,6 ПДК) повысилась по сравнению с 2016 г. в 6,5 раз. Концентрация НУ превысила ПДК в 60,5% проб воды. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности Амурского залива в течение года нефтяной плёнки с покрытием поверхности воды более 50% не наблюдалось. В 2016 году отмечено резкое повышение уровня загрязненности нефтяными углеводородами вод Амурского залива, как и всех остальных районов залива Петра Великого, по сравнению с предыдущими 2–3 годами (рис. 11.2). Пространственное распределение НУ в целом достаточно однородное по акватории залива. Сильнее других районов загрязнены воды вблизи г. Владивосток.

Уровень загрязненности морских вод **фенолами** практически не изменился по сравнению с 2015 г. и составил в среднем 1 ПДК (0,95 мкг/дм<sup>3</sup>); диапазон значений — 0,2–2,8 мкг/дм<sup>3</sup>; в 33,4% случаев концентрация фенолов в пробах превышала ПДК. Максимальная концентрация немного ниже прошлогодней и была зафиксирована в сентябре в прибрежных водах в поверхностном слое на ст. №24 вблизи г. Владивосток (рис. 11.9). Экстремумы во всех районах могут очень существенно отличаться год от года, особенно в бухте Золотой Рог. В целом максимум содержания фенолов в водах залива Петра Великого в 2016 г. было почти во всех участках наименьшим по сравнению с предыдущими годами. Однако при всей нестабильности наблюдаемых величин в среднем за весь период наблюдений уровень загрязненности вод фенолами наибольший в бухтах и проливе около Владивостока, а Амурский залив может рассматриваться как умеренно загрязненный. При этом во всех районах контроля средняя величина выше норматива.

Концентрация **АПАВ** в водах Амурского залива в мае и сентябре 2016 г. изменялась от 29 до 360 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 160 мкг/дм<sup>3</sup> (1,6 ПДК). Максимальная концентрация (около 4 ПДК) была зафиксирована вблизи Владивостока на ст. №28 в придонном слое. В 2016 г. содержание детергентов очень существенно возросло во всех районах залива Петра Великого (рис. 11.5). По сравнению с 2015 г. в Амурском заливе среднегодовое содержание детергентов возросло в 2,3 раза, а максимальное в 1,6 раза.

Средние показатели по всем определяемым в морской воде **металлам** (за исключением железа и алюминия) не превысили предельно допустимых значений (табл. 11.8). Средняя концентрация железа составила 75 мкг/дм<sup>3</sup> (1,5 ПДК), что ниже прошлогоднего значения в 1,5 раза. Среднее содержание алюминия составило 1,3 ПДК. В сентябре в устье р. Раздольная на ст. №12 зарегистрированы максимальные значения концентрации железа и алюминия, превысившие ПДК в 11 и 7 раз соответственно. Скорее всего, обнаруженное высокое загрязнение связано с разливом рек, произошедшим после выпадения большого количества осадков во время тайфуна Лайонрок. В сентябре 2016 г. было также отмечено превышение ПДК меди, кадмия и марганца на прибрежных станциях Амурского залива. Максимум по меди составил 1,2 ПДК (ст. №52), по кадмию — 3,1 ПДК (ст. №16) и по марганцу — 2,1 ПДК (ст. №11). Максимальная концентрация других металлов не превышала предельно допустимых значений. Следует отметить, что в 2016 г. произошло повышение уровня загрязненности морских вод Амурского залива почти всеми определяемыми металлами (в пределах 1 ПДК). Исключение составили только марганец и железо (табл. 11.8).

Концентрация **аммонийного азота** в водах Амурского залива изменялась в пределах 16,0–338,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем за год 59,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое значение по сравнению с 2015 г. практически не изменилось. В 2016 г. среднее содержание нитритов в водах Амурского залива возросло с 2,1 до 3,1 мкг/дм<sup>3</sup>, диапазон концентрации 0,3–8,4 мкг/дм<sup>3</sup>; нитратов возросло в 1,4 раза с 38,9 до 55,5 мкг/дм<sup>3</sup>, диапазон 2,1–275 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего азота практически не изменилось по сравнению с прошлым годом (945 мкг/дм<sup>3</sup>),

составив 919,7 мкг/дм<sup>3</sup>; разброс величин 543–1509 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание органического азота также практически осталось на прежнем уровне: 2015 г.— 831 мкг/дм<sup>3</sup>, 2016 г.— 812 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальное значение 1244 мкг/дм<sup>3</sup> зарегистрировано в мае в промежуточном слое вод. В 2016 г. повысился уровень содержания нитритов и нитратов в морских водах. Их максимальная концентрация была зафиксирована в вершине залива в зоне влияния стока р. Раздольная: нитриты — в сентябре на ст. № 12 в поверхностном слое, нитраты — в мае на ст. № 11 в поверхностном слое. Максимум по общему азоту также отмечен в зоне влияния р. Раздольная на ст. № 11 в поверхностном слое.

**Таблица 11.8.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Амурского залива в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016 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	0,2/ 0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,16/ 2,3	0,7/ 0,1/ 1,0/ 0,1/ 0,3/ 0,16/ 1,2	0,02/ 0/ 0/ 0/ 0/ - -	0,4/ 0,3/ 0,5/ 0,5/ 2,2/ 0,56/ 0,79	8,0/ 5,8/ 8,1/ 7,3/ 15,0/ 11,1/ 15,8	0,2/ 0,2/ 3,9/ 2,0/ 4,0/ 15,3/ 11	4,1/ 4,9/ 80,7/ 33,0/ 31,8/ 116,7/ 75	0,2/ 0,2/ 1,0/ 0,5/ 0,8/ - -	0,08/ 0,07/ 0,00/ 0,00/ 0,014/ 0,035/ 0,03
Макс.	6,0/ 3,4/ 4,6/ 1,5/ 6,1/ 1,9/ 5,8	0,7/ 0,9/ 1,2/ 0,6/ 2,0/ 0,8/ 9,1	6,0/ 2,9/ 29,0/ 1,2/ 1,0/ 0,9/ 31	0,1/ 0,1/ 0/ 0/ 0/ - -	1,3/ 1,0/ 5,4/ 1,0/ 43,0/ 1,5/ 3,7	145/ 119/ 353/ 160/ 61/ 31/ 80	1,9/ 1,8/ 62,0/ 14,0/ 25,0/ 1740/ 103	64/ 64/ 535/ 1085/ 216/ 1870/ 539	0,8/ 2,3/ 26,0/ 1,7/ 5,1/ - -	0,49/ 0,28/ 0,02/ 0,01/ 0,06/ 0,08/ 0,06
ПДК сред.	0,2/ 0,2/ 0,18/ 0,12/ 0,4/ 0,2/ 0,3	<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/ 0,12	<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	0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,15/ 0,3/ 0,2/ 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,3/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <b>1,6</b> / 0,66/ 0,6/ <b>2,3</b> / <b>1,5</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ - -	0,8/ 0,7/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ 0,35/ 0,3
ПДК макс.	<b>1,2</b> / 0,7/ 0,9/ 0,3/ <b>1,2</b> / 0,4/ <b>1,2</b>	<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>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ - 0,4	0,1/ 0,1/ 0,5/ 0,1/ <b>4,3</b> / 0,15/ 0,4	<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>	<0,1/ <0,1/ <b>1,2</b> / 0,3/ 0,5/ <b>34,8</b> / <b>2,1</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>	<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

Среднее содержание **фосфатов** в водах Амурского залива повысилось по сравнению с 2015 г. с 9,4 до 12,5 мкг/дм<sup>3</sup>; концентрация изменялась в диапазоне 3,4–39,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение отмечено в сентябре в поверхностном слое в вершине залива на ст. № 12 и на прибрежной ст. № 52. Концентрация общего фосфора в Амурском заливе была в диапазоне 11,0–56,0 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая величина повысилась в 1,2 раза с 18,66 до 22,76 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание органического фосфора увеличилось в 1,2 раза с 8,3 до 10 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальное значение (31,0 мкг/дм<sup>3</sup>) отмечено в сентябре вблизи Владивостока на ст. № 28 в поверхностном слое. Средняя концентрация **кремния** в водах Амурского залива повысилась в 1,2 раза с 1108 до 1343 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум достигал 6154 мкг/дм<sup>3</sup> и был отмечен в сентябре на ст. № 28 в поверхностном слое. По всей вероятности, повышенная концентрация почти всех биогенных элементов в Амурском заливе в сентябре 2016 г. была связана с тайфуном Лайонрок и разливом рек, произошедшим после выпадения большого количества осадков.

Содержание растворенного **кислорода** в Амурском заливе изменялось в диапазоне 6,93–12,63 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, среднее составило 10,34 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (116,1% насыщения). Воды Амурского за-

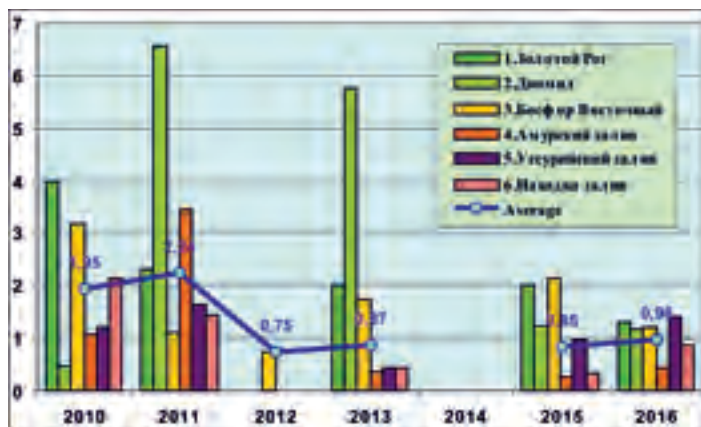


лива в 2016 г. по расчетному индексу **ИЗВ** (1,58) соответствовали IV классу и оценивались как «загрязненные». Качество вод ухудшилось по сравнению с 2015 г. Приоритетными загрязняющими веществами в заливе являются нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты, соединения железа и марганца.

В 2016 г. в Амурском заливе было отобрано 18 проб **донных отложений**; отбор проводился в мае и сентябре. Среднегодовое содержание НУ в 2016 г. составило 240 мкг/г (4,8 ДК), что в 1,3 раза выше значения прошлого года (3,7 ДК). Концентрация нефтяных углеводородов в пробах изменялась в диапазоне 20–810 мкг/г сухого грунта. Максимальная концентрация отмечена в сентябре на ст. №24 в прибрежной зоне вблизи Владивостока. В 2014 и 2015 гг. максимальное загрязнение донных отложений НУ было отмечено в этом же районе. Превышение допустимого уровня отмечено в 50% проанализированных проб. Содержание фенолов изменялось в пределах от 0,4 до 4,2 мкг/г, максимум был отмечен в той же пробе, что и НУ. Среднегодовой показатель загрязненности донных отложений фенолами повысился с 1,78 мкг/г в 2015 г. до 2,99 мкг/г.

**Хлорорганические соединения.** В период проведения работ концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в донных отложениях Амурского залива была от значений ниже предела метода определения до 0,5 нг/г, средняя концентрация составила 0,24 нг/г. Концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан) изменялась в диапазоне 0,0–0,5 нг/г, а среднее содержание составило 0,2 нг/г (4 ДК). Максимальная концентрация (0,5 нг/г сухого осадка) зарегистрирована в сентябре на ст. №24 в районе Спортивной гавани и составила 10 ДК. По сравнению с 2015 г. уровень загрязненности донных отложений линданом повысился в среднем в 2 раза. Суммарное содержание пестицидов группы ГХЦГ в осадках Амурского залива изменялось незначительно, за исключением экстремального 2011 г. (рис. 11.10). В целом повышенные значения более 2 нг/г в основном встречаются вокруг Владивостока — в бухтах Золотой Рог, Диомид, проливе Босфор и на станциях Амурского залива. В последние два года среднее содержание этих ядохимикатов в отложениях залива Петра Великого стабилизировалось в районе от долей до 2 нг/г, при этом такие величины во много раз превышают Допустимую Концентрацию.

В 2016 г. среднее содержание ДДТ снизилось по сравнению с 2015 г. с 1,25 до 0,79 нг/г. Уровень загрязненности донных отложений ДДЭ и ДДД повысился: ДДЭ — с 0,89 до 1 нг/г; ДДД — с 0,47 до 1,07 нг/г. Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило 2,84 нг/г (1,1 ДК), что практически соответствует уровню прошлого года (1,04 ДК) и существенно ниже двух предыдущих лет — 1,8 ДК и 3 ДК. В целом загрязнение осадков заливов



**Рис. 11.10.** Изменение средней суммарной концентрации пестицидов группы ГХЦГ (нг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2016 гг.

пестицидами ДДТ и его метаболитами во много раз ниже такового в бухтах вокруг Владивостока (рис. 11.4). Среднегодовая концентрация ПХБ в донных отложениях Амурского залива почти не изменилась по сравнению с прошлым годом (31,72 нг/г, 1,6 ДК) и составила 30,8 нг/г (1,5 ДК). Максимальная концентрация отмечена вблизи Владивостока на ст. № 16 и составила 185,9 нг/г, что превышает 9 ДК. Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях Амурского залива составила 0,1 нг/г сухого вещества.

В 2016 г. среднегодовая концентрация всех тяжелых металлов в донных отложениях Амурского залива (кроме кадмия и ртути) не превышала допустимого уровня (табл. 11.9). По сравнению с 2015 г. изменения были незначительными: сохранилось среднее содержание кобальта, никеля, цинка; несколько снизилось среднее содержание меди — с 0,5 до 0,3 ДК, свинца — с 0,2 до 0,13 ДК и хрома — с 0,5 до 0,23 ДК. По-прежнему донные отложения Амурского залива очень сильно загрязнены соединениями железа. Повысилось почти в 3 раза среднее содержание ртути в донных отложениях Амурского залива с 0,66 до 1,9 ДК. В осадках Амурского залива такая концентрация ртути не отмечалась уже 8–10 лет. Максимум составил 7,7 ДК, что тоже является экстраординарным событием. Среднегодовая концентрация кадмия составила 1,4 ДК, что несколько ниже прошлогоднего, когда этот показатель превысил 2 ДК; максимум составил 2,75 ПДК. Максимальные величины содержания других металлов в осадках залива были в 2016 г. в пределах допустимых норм.

**Таблица 11.9.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Амурского залива в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016 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.	15,9/ 21,5/ 12,7/ 13,1/ 13,4/ 16,2/ 11,98	15,3/ 14,5/ 13,9/ 10,7/ 12,4/ 16,1/ 11,45	0,4/ 0,2/ 0,3/ 0,9/ 0,4/ 1,66/ 1,11	5,6/ 12,7/ 4,2/ 5,1/ 3,6/ 3,7/ 4,86	14,2/ 11,6/ 11,1/ 14,7/ 17,5/ 18,4/ 17,43	67/ 64,6/ 85,6/ 63,1/ 63,4/ 68,5/ 61,5	125,5/ 120,4/ 108,7/ 116,1/ 166,3/ 151,4/ 122,5	27966/ 22876/ 25763/ 30441/ 30364/ 25825/ 23076	21,1/ 17,3/ 21,6/ 18,3/ 27,2/ 54,0/ 22,9	0,11/ 0,10/ 0,10/ 0,12/ 0,19/ 0,20/ 0,57
Макс.	55,0/ 261,0/ 27,0/ 42,0/ 32,0/ 34,0/ 24,0	44,0/ 40,0/ 28,0/ 24,0/ 28,0/ 51,0/ 28,0	1,5/ 0,8/ 0,7/ 1,6/ 0,6/ 4,6/ 2,2	10,0/ 38,0/ 6,4/ 8,3/ 5,8/ 16,0/ 7,4	27,0/ 21,0/ 18,0/ 24,0/ 27,0/ 40,0/ 26,0	132/ 115/ 437/ 140/ 105/ 124/ 99,0	274/ 249/ 179/ 177/ 261/ 341/ 294	70595/ 44311/ 39040/ 54655/ 46272/ 38839/ 38331	34,0/ 39,0/ 39,0/ 36,0/ 37,0/ 71,0/ 42,0	0,34/ 0,37/ 0,25/ 0,29/ 0,42/ 0,93/ 2,32
ДК сред.	0,5/ 0,6/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,5/ 0,3	0,2/ 0,2/ 0,16/ 0,13/ 0,15/ 0,2/ 0,13	0,5/ 0,3/ 0,4/ <b>1,1</b> / 0,5/ <b>2,1</b> / <b>1,4</b>	0,3/ 0,6/ 0,2/ 0,25/ 0,2/ 0,2/ 0,2	0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,5/ 0,5/ 0,5	0,5/ 0,5/ 0,6/ 0,45/ 0,47/ 0,5/ 0,4	- - - - - - -	- - - - - - -	0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,5/ 0,23	0,4/ 0,3/ 0,33/ 0,40/ 0,36/ 0,66/ <b>1,9</b>
ДК макс.	<b>1,6</b> / <b>7,5</b> / 0,8/ <b>1,2</b> / 0,9/ <b>1,0</b> / 0,7	0,5/ 0,5/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,6/ 0,3	<b>1,9</b> / <b>1,0</b> / 0,87/ <b>2,0</b> / 0,8/ <b>5,75</b> / <b>2,75</b>	0,5/ <b>1,9</b> / 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,8/ 0,4	0,8/ 0,6/ 0,5/ 0,7/ 0,77/ <b>1,1</b> / 0,7	0,9/ 0,8/ <b>3,1</b> / <b>1,0</b> / 0,8/ 0,9/ 0,7	- - - - - - -	- - - - - - -	0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,7/ 0,4	<b>1,1</b> / <b>1,2</b> / 0,83/ <b>1,0</b> / <b>1,4</b> / <b>3,1</b> / <b>7,7</b>

## 11.7. Уссурийский залив

В 2016 г. гидрохимические наблюдения за состоянием вод и уровнем загрязнения акватории Уссурийского залива проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях (рис. 11.11).



**Рис. 11.11.** Станции отбора проб в Уссурийском заливе в 2016 г.

Всего было отобрано 84 пробы воды и 18 проб донных отложений. В исследуемый период температура воды изменялась от 1,30 °С в апреле в придонном слое до 19,72 °С в июле на поверхности; среднее значение составило 11,30 °С. Значения солёности изменялись от 15,950‰ в начале октября в поверхностном слое на ст. № 106 до 33,880‰ в апреле на ст. № 208 в придонном слое; средний показатель составил 31,957‰. Экстремально низкая солёность (15,950‰), не характерная для Уссурийского залива, была вызвана разливом рек Артемовка и Шкотовка, который был вызван мощным тайфуном Лайонрок. Обычно солёность Уссурийского залива составляет 32,5–34‰ и изменяется в зависимости от сезона. Значения рН изменялись от 7,99 до 8,53, в среднем — 8,28. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 0,9–12,6 мг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 4,33 мг/дм<sup>3</sup>; максимальное значение зарегистрировано в июле на станции № 108. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> снизилось по сравнению с прошлым годом в 1,4 раза и составило 1,66 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 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение (5,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) было зарегистрировано трижды в июле в разных районах залива на станциях № 108, 112 и 105. Прозрачность воды бухты не более 8 м.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Уссурийского залива изменялась от 0,01 до 0,80 мг/дм<sup>3</sup> (16 ПДК); максимальное значение было зафиксировано в апреле в придонном слое на станции № 108. Среднегодовая величина возросла по сравнению с 2015 г. более чем в 3 раза и составила 2,2 ПДК — 0,11 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 11.2). Концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 63,9% проб. Концентрация фенолов в пробах изменялась от 0,4 до 3,1 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая составила 0,96 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был зафиксирован в июле в придонном слое на ст. № 104. Превышение ПДК наблюдалось в 25% проб (2010–2015 гг. — 51,4%, 40,3%, 51,4%, 56,9%, 86,2% и 37,5% соответственно). Среднегодовой уровень загрязнённости морских вод фенолами не изменился по сравнению с 2015 г. и составил 1 ПДК. Уровень загрязнённости вод залива АПАВ резко повысился по сравнению с 2015 г. и составил в среднем 180 мкг/дм<sup>3</sup> (1,8 ПДК), (рис. 11.5). Минимальная концентрация составила 19 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная — 447 мкг/дм<sup>3</sup> (4,5 ПДК) — отмечена в июле в придонном слое, ст. № 106.

Воды Уссурийского залива относительно других прибрежных районов меньше загрязнены тяжёлыми металлами. Среднее содержание большинства определяемых металлов было ниже 0,1 ПДК; среднее содержание меди составило 0,3 ПДК, ртути — 0,45 ПДК (табл. 11.10).

Среднегодовая концентрация железа составила в 2016 г. 1 ПДК, что в 2,25 раза ниже, чем в 2015 г., максимум по железу превысил ПДК в 7,5 раз. Эта концентрация зафиксирована в октябре на ст. №106 в поверхностном слое. Максимальная концентрация меди, цинка, кадмия и ртути превысила ПДК в 4,4 раза, 1,1 раза, в 1,2 раза и 1,7 раза соответственно.

**Таблица 11.10.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Уссурийского залива в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016 гг.

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

Содержание **биогенных элементов** в водах Уссурийского залива в 2016 г. в целом соответствовало многолетней изменчивости; уровень содержания всех форм азота и фосфора снизился, за исключением аммонийного азота и общего фосфора. Средняя за год концентрация аммонийного азота составила 82,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Значения изменялись в пределах 20–204 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация была отмечена в апреле на ст. №106 в поверхностном слое. Среднее содержание нитритов снизилось в 1,1 раза и составило 1,3 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г.— 1,5 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне значений 0,2–8,3 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум зарегистрирован в апреле в вершине залива на ст. №104 в поверхностном слое. Среднее содержание нитратов снизилось в 1,5 раза и составило 15,4 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г.— 22,9 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне значений 0,7–396 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в апреле на ст. №104 в поверхностном слое. Среднегодовое содержание общего азота снизилось в 1,2 раза и составило 714 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г.— 806,4 мкг/дм<sup>3</sup>). Диапазон концентрации общего азота в 2016 г. составил 380–1492 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в апреле на ст. №104 в поверхностном слое. Однако, в октябре 2016 г. на ст. №104 была зарегистрирована экстремально высокая концентрация общего азота — 4436 мкг/дм<sup>3</sup>, причиной этого мог быть разлив рек Артемовка и Шкотовка после прохождения в сентябре тайфуна Лайонрок. Среднегодовая концентрация органического азота снизилась с 725 до 613 мкг/дм<sup>3</sup>; содержание в пробах изменялась от 262 до 1278 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание **фосфатов** в водах Уссурийского залива изменялось от 2,2 мкг/дм<sup>3</sup> до 43,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 7,6 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум зарегистрирован в октябре на

ст. №208 в придонном слое. По сравнению с 2015 г. среднее содержание минерального фосфора снизилось в 1,3 раза. Среднегодовая концентрация органического фосфора составила 8,4 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,4 раза меньше, чем в 2015 г. при диапазоне значений от 1,0 до 18,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего фосфора в 2016 г. повысилось по сравнению предыдущим годом в 2 раза и составило 21,9 мкг/дм<sup>3</sup> при диапазоне концентрации 12,0–50,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация общего фосфора была отмечена в октябре на ст. №208 в придонном слое. Средняя концентрация **кремния** в воде практически не изменилась и составила 255,3 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г. — 244,4 мкг/дм<sup>3</sup>), диапазон значений 34–1507 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в апреле на ст. №104 в поверхностном слое.

Среднегодовое содержание растворенного **кислорода** в водах Уссурийского залива соответствовало среднемноголетнему и составило 10,81 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (117,9% насыщения). Минимальное содержание кислорода (6,02 мг/дм<sup>3</sup>–78% насыщения), зарегистрированное в октябре, не вышло за пределы допустимой концентрации. Качество вод Уссурийского залива в 2016 г. по **ИЗВ** (1,57) ухудшилось по сравнению с 2015 г. (III класс) и соответствовало IV классу, «загрязненные». В значительной степени качество вод определяется высоким содержанием железа, к числу приоритетных загрязняющих веществ также относятся нефтяные углеводороды, фенолы и детергенты.

Работы по определению загрязнения **донных отложений** Уссурийского залива в 2016 г. проводились в апреле и октябре, всего было отобрано 18 проб. Содержание НУ в пробах донных отложений изменялось от 10 до 220 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 73 мкг/г (1,4 ДК). Максимум (4,4 ДК) отмечен в октябре на ст. №106. По сравнению с 2015 г. в среднем уровень загрязненности донных отложений НУ снизился с 1,6 ДК до 1,4 ДК, концентрация достигала или превышала норматив в 38,8% проб. Концентрация фенолов в пробах донных отложений Уссурийского залива была в диапазоне 0,6–3,3 мкг/г, составив в среднем 1,54 мкг/г, что практически равняется значению 2015 г. (1,6 мкг/г). Максимальное значение зарегистрировано в октябре на ст. №112.

Концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в 2016 г. изменялась в пределах от 0,1 до 2,8 нг/г сухого осадка, среднее значение (0,61 нг/г) практически не изменилось по сравнению с 2015 г. Содержание  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан) варьировало в диапазоне 0,1–1,8 нг/г (36 ДК), составив в среднем 0,78 нг/г (15,6 ДК), по сравнению с 2015 г. повысилось более чем в 3 раза (5,8 ДК). Максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст. №103 вблизи Владивостока.

Концентрация ДДТ в донных отложениях Уссурийского залива была в пределах 0,1–20,9 нг/г, среднее — 3,06 нг/г (в 2015 г. — 3,9 нг/г); содержание ДДЭ — в диапазоне 0,3–2,6 нг/г, среднее — 0,8 нг/г (0,97 нг/г); ДДД — 0,0–26,8, среднее — 2,71 нг/г. Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ в 2016 г. составила 6,6 нг/г (2,6 ДК) и по сравнению с предыдущим годом отмечено снижение этого показателя в 1,4 раза (9,22 нг/г, 3,7 ДК). Несмотря на очень высокие значения по превышению норматива, донные отложения залива намного более чистые по сравнению с бухтами вблизи Владивостока (рис. 11.4). Максимальное суммарное значение пестицидов группы ДДТ в 2016 г. снизилось и составило 50,3 нг/г (20 ДК), в 2015 г. — 112,6 нг/г или 45 ДК. Альдрин в апреле был зафиксирован на одной станции (№208 на выходе из залива), в пробах донных осадков, отобранных в октябре, альдрин отмечался повсеместно в концентрации от 0,1 до 0,4 нг/г.

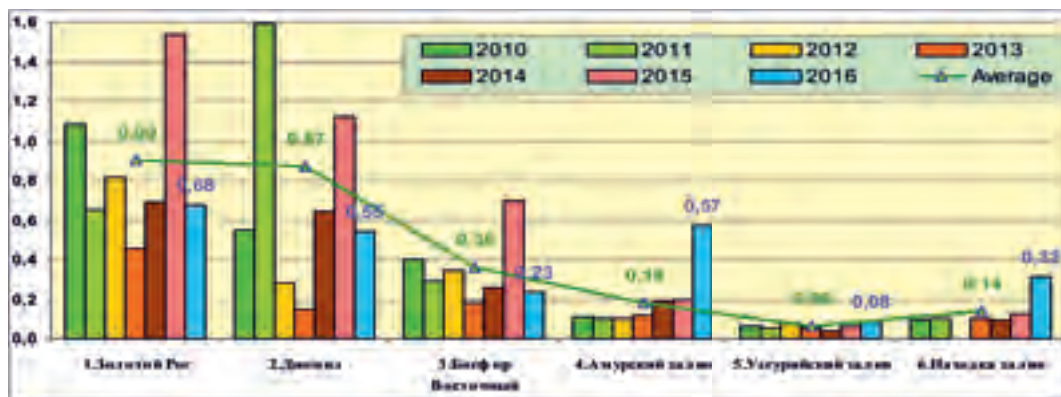
Среднегодовая концентрация ПХБ в донных отложениях Уссурийского залива повысилась по сравнению с 2015 г. в 1,1 раза и составила 17,97 нг/г при диапазоне 5,6–92,2 нг/г. Наиболее загрязнены донные отложения в районе ст. №100, именно в этом районе отмечен абсолютный максимум — 92,2 нг/г (4,6 ДК). Следует отметить, что в 2016 г., как в 2015 г.,

максимальная концентрация ХОП группы ДДТ, альдрина и ПХБ была отмечены на одной и той же станции (№ 100) вблизи Владивостока.

В 2016 г. средняя концентрация всех определяемых в донных отложениях Уссурийского залива **металлов** была ниже 1 ДК (табл. 11.11). По сравнению с 2015 г. снизилось среднее содержание кадмия, хрома, марганца и железа. Максимальная концентрация всех металлов, кроме кадмия и никеля, не превышала ДК. Максимальная концентрация кадмия составила 1,75 ДК (ст. № 103 в октябре), никеля 1,6 ДК (ст. № 112 в октябре).

**Таблица 11.11.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Уссурийского залива в 2010/2011/2012/ 2013/2014/2015/2016 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg			
Средняя	9,4/ 9,2/ 8,9/ 7,9/ 6,74/ 11,4/ 9,43	15,8/ 17,4/ 12,3/ 12,9/ 10,4/ 11,8/ 11,2	0,06/ 0,07/ 0,10/ 0,60/ 0,34/ 1,5/ 0,7	3,4/ 3,1/ 2,1/ 3,4/ 2,7/ 4,6/ 3,8	5,4/ 7,4/ 5,9/ 10,8/ 6,1/ 8,6/ 10,4	30,9/ 43/ 49,2/ 41,3/ 37,2/ 37,9/ 37,6	72,7/ 92/ 92,9/ 93,6/ 42,0/ 104,6/ 77,8	15926/ 14231/ 16786/ 18000/ 14483/ 14045/ 13246	12,2/ 13,4/ 16,7/ 12,6/ 17,2/ 37,7/ 13,7	0,06/ 0,05/ 0,08/ 0,05/ 0,04/ 0,065/ 0,08			
	Максимальная	34,0/ 48,0/ 40,0/ 23,0/ 24,0/ 40,0/ 27,0	50,0/ 91,0/ 44,0/ 27,0/ 30,0/ 45,0/ 33,0	0,4/ 0,5/ 0,5/ 1,1/ 0,7/ 2,4/ 1,4	9,9/ 6,7/ 5,4/ 9,0/ 5,6/ 24,0/ 7,4	14,0/ 16,0/ 13,0/ 21,0/ 13,0/ 27,0/ 55,0	71,0/ 151/ 193/ 109/ 66/ 101/ 82,0	186/ 209/ 164/ 228/ 194/ 201/ 228	32115/ 31886/ 32529/ 39543/ 27776/ 33553/ 25019	24,0/ 32/ 30/ 38/ 28/ 64/ 35	0,21/ 0,39/ 0,31/ 0,16/ 0,08/ 0,34/ 0,23		
		ДК сред.	0,3/ 0,3/ 0,25/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,3	0,2/ 0,2/ 0,14/ 0,15/ 0,1/ 0,13/ 0,13	<0,1/ <0,1/ 0,13/ 0,75/ 0,4/ <b>1,9</b> / 0,9	0,2/ 0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,13/ 0,2/ 0,2	0,2/ 0,2/ 0,17/ 0,3/ 0,2/ 0,24/ 0,3	0,2/ 0,3/ 0,35/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,3	-	-	0,1/ 0,1/ 0,17/ 0,13/ 0,17/ 0,38/ 0,14	0,2/ 0,2/ 0,26/ 0,17/ 0,13/ 0,22/ 0,3	
			ДК макс.	0,97/ <b>1,4</b> / <b>1,14</b> / 0,7/ 0,7/ <b>1,1</b> / 0,8	0,6/ <b>1,1</b> / 0,5/ 0,3/ 0,4/ 0,5/ 0,4	0,5/ 0,6/ 0,6/ <b>1,4</b> / 0,9/ <b>3,0</b> / <b>1,75</b>	0,5/ 0,3/ 0,3/ 0,45/ 0,3/ <b>1,2</b> / 0,4	0,8/ 0,6/ 0,37/ 0,6/ 0,65/ 0,77/ <b>1,6</b>	0,5/ <b>1,1</b> / <b>1,38</b> / 0,8/ 0,5/ 0,7/ 0,6	-	-	0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,28/ 0,6/ 0,4	0,7/ <b>1,3</b> / <b>1,0</b> / 0,53/ 0,27/ <b>1,1</b> / 0,8



**Рис. 11.12.** Средняя концентрация ртути (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов залива Петра Великого в 2010–2016 гг.

В 2016 г. содержание ртути в донных отложениях залива изменялось от 0,01 до 0,23 мкг/г, составив в среднем 0,065 мкг/г (0,22 ДК). Средний уровень загрязненности донных отложений в Уссурийском заливе был наименьшим по сравнению с другими районами залива Петра Великого (рис. 11.12). В последние семь лет осадки в Уссурийском заливе были наименее загрязненными среди всех контролируемых районов залива. За все время наблюдений только в трех пробах значения превышали принятый норматив 0,3 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум — 0,39 мкг/г в 2011 г. Особенно показательным является сравнение значений с экстремально загрязненными осадками бухты Золотой Рог и пролива Босфор Восточный, прилегающими к кварталам города Владивостока.

### 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 прочие. На берегу залива расположен город Находка. В заливе находятся 4 порта, 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 2016 г. в мае, июне и сентябре на 12 станциях было отобрано 108 проб воды, а также в мае и сентябре 24 пробы донных отложений (рис. 11.13). В эти месяцы **температура** воды изменялась в пределах 1,350–19,520 °С, составив в среднем 12,640 °С. Соленость варьировала от 15,950‰ в мае на ст. № 18 в устье р. Партизанская до 33,650‰ на ст. № 35 на выходе из залива. Среднегодовое значение составило 31,219‰. Значения рН изменялись от 7,77 до 8,53; в среднем — 8,26. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 0,6–92,0 мг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в сентябре на ст. № 14. Средняя величина повысилась с 4,65 до 5,93 мг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое значение биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) в 2016 г. повысилось по сравнению с предыдущим годом с 2,22 до 2,63 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Максимум (6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 2 ПДК) зарегистрирован в июле в поверхностном слое на ст. № 7 в вершине залива. Прозрачность воды бухты не более 6 м.



Рис. 11.13. Станции отбора проб в заливе Находка в 2016 г.

Содержание **НУ** в водах залива в период наблюдений изменялось в диапазоне 0,00–1,07 мг/дм<sup>3</sup> (21 ПДК), составив в среднем 0,095 мг/дм<sup>3</sup> (1,9 ПДК), что почти в 4,8 раза больше значения 2015 г. (табл. 11.1). Максимальная концентрация — 21 ПДК — была зафиксирована в мае на ст. №1 в бухте Находка. В период проведения работ в 70,8% проб концентрация НУ была выше ПДК. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности залива Находка в 2016 г. случаев значительного покрытия видимой водной поверхности пятнами нефтепродуктов (50% и выше) не наблюдалось. Концентрация фенолов изменялась в пределах 0,2–1,6 мкг/дм<sup>3</sup>, а среднегодовое содержание составило 0,7 ПДК. Максимальная концентрация (1,6 ПДК) была зарегистрирована в поверхностном слое в сентябре на ст. №36 в бухте Новицкого. В 2016 г. в заливе Находка, как и остальных районах залива Петра Великого, резко повысился уровень загрязненности морских вод АПАВ (рис. 11.5). Концентрация детергентов изменялась в диапазоне 26–402 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание составило 191 мкг/дм<sup>3</sup> (1,9 ПДК), что в 4 раза выше прошлого года. Максимальная концентрация отмечалась дважды в июле в центральной части залива Находка на станциях № 12 и 14.

Среднегодовое содержание большинства тяжелых **металлов** в водах залива Находка в 2016 г. не превышало 1 ПДК. По сравнению с 2015 г. изменения в средних показателях незначительные: примерно в 1,5 раза (в пределах 1 ПДК) повысилось содержание соединений железа (табл. 11.12). Максимальная концентрация превышена или равна ПДК по меди, никелю, цинку, железу и ртути. Следует отметить, что повышенное содержание никеля в морской воде не отмечалось с 2010 г.; также в 2016 г. среднее содержание никеля было выше обычных значений.

**Таблица 11.12.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах залива Находка в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016 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/	0,1/	0,3/	0,006/	0,3/	8,7/	0,07/	6,0/	0,51/	0,17/
	0,7/	0,1/	0,2/	0,002/	0,2/	5,2/	0,11/	4,9/	0,55/	0,05/
	1,0/	0,1/	0,3/	0,000/	0,3/	8,0/	5,6/	35,5/	0,80/	0,01/
	0,5/	0,1/	0,09/	0,000/	0,3/	5,7/	3,0/	18,0/	0,5/	0,00/
	1,3/	0,3/	0,3/	0,000/	0,7/	15,3/	7,8/	48,5/	1,5/	0,05/
	0,6/	0,09/	0,19/	-	0,4/	9,7/	3,7/	24,2/	-	0,04/
	1,1	0,5	0,4	-	1,0	10,7	2,7	36,6	-	0,03
Максимальная	1,5/	0,3/	1,4/	0,1/	0,18/	78/	1,2/	121/	8,4/	1,42/
	1,9/	0,8/	2,0/	0,1/	0,8/	24/	4,1/	37/	1,9/	0,18/
	10,0/	0,4/	1,9/	0,2/	1,6/	49/	38,0/	437/	7,5/	0,23/
	1,4/	0,4/	0,5/	0,0/	0,7/	109/	23,0/	43/	1,2/	0,00/
	3,0/	1,6/	3,8/	0,0/	3,0/	137/	60,0/	387/	20,0/	0,60/
	1,8/	0,6/	1,1/	-	2,3/	53,0/	19,0	170/	-	0,15/
	5,1	2,7	5,2	-	42,0	55,0	17,0	112	-	0,13
ПДК сред.	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,3/	<0,1/	0,1/	<0,1/	<b>1,7/</b>
	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1	0,5/
	0,2/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,16/	0,1/	0,7/	<0,1/	0,1/
	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,1/	<0,1/	0,36/	<0,1/	<0,1/
	0,3/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,3/	0,16/	<b>0,97/</b>	<0,1/	0,5/
	0,1/	<0,1/	<0,1/	-	<0,1/	0,19/	<0,1/	0,48/	-	0,4/
	0,2	<0,1	<0,1	-	0,1	0,2	<0,1	0,7	-	0,3
ПДК макс.	0,3/	<0,1/	0,1/	<0,1/	<0,1/	0,3/	<0,1/	2,4/	0,12/	<b>14,2/</b>
	0,4/	<0,1/	0,2/	<0,1/	<0,1/	0,1/	<0,1/	0,7/	<0,1/	<b>1,8/</b>
	<b>2,0/</b>	<0,1/	0,2/	<0,1/	0,16/	<b>1,0/</b>	0,76/	<b>8,7/</b>	0,1/	<b>2,3/</b>
	0,3/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<b>2,2/</b>	0,5/	0,86/	<0,1/	<0,1/
	0,6/	0,16/	0,4/	<0,1/	0,3/	<b>2,7/</b>	<b>1,2/</b>	<b>7,7/</b>	0,30/	<b>6,0/</b>
	0,36/	<0,1/	0,1/	-	0,2/	<b>1,06/</b>	0,4/	<b>3,4/</b>	-	<b>1,5/</b>
	<b>1</b>	0,3	0,5	-	<b>4,2</b>	<b>1,1</b>	0,3	<b>2,2</b>	-	<b>1,3</b>

Концентрация аммонийного **азота** в водах залива изменялась в диапазоне от 22 до 295 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 65,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум отмечен в вершине залива Наход-



ка на ст. №7 в поверхностном слое в июле. Среднегодовое содержание аммонийного азота по сравнению с 2015 г. практически не изменилось. Концентрация нитритов изменялась в диапазоне 0,2–6,9 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем — 1,4 мкг/дм<sup>3</sup>; по сравнению с 2015 г. среднегодовое содержание нитритов снизилось в 1,2 раза. Максимум был отмечен в мае дважды: на ст. №2 в бухте Находка и на ст. №7 в поверхностном слое. Концентрация нитратов изменялась в диапазоне 0,7–206,0 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем — 19,4 мкг/дм<sup>3</sup>; по сравнению с 2015 г. (12,9 мкг/дм<sup>3</sup>) среднее содержание нитратов повысилось в 1,5 раза; максимум был зафиксирован в мае на ст. №7 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация органического азота практически не изменилась по сравнению с 2015 г. (718 мкг/дм<sup>3</sup>) и составила 738 мкг/дм<sup>3</sup> при диапазоне значений 273–4392 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего азота (786,2 мкг/дм<sup>3</sup>) также осталось на прошлогоднем уровне — 797 мкг/дм<sup>3</sup>; диапазон значений — 377–4436 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание общего и органического азота зарегистрировано в сентябре на ст. №18 в поверхностном слое.

Содержание **фосфатов** в заливе Находка изменялось в пределах 0,9–21,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем за период наблюдений 7,38 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с 2015 г. среднее содержание фосфатов снизилось в 1,2 раза (в 2015 г. — 9,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальная концентрация (21,0 мкг/дм<sup>3</sup>) была зарегистрирована в мае в центральной части залива в районе о. Лисий на ст. №152 в придонном слое. Концентрация общего фосфора изменялась от 12 до 38,0 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание повысилось почти в 1,5 раза и составило 22,6 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г. — 15,5 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре в бухте Находка на ст. №2 в придонном слое. Концентрация органического фосфора была в диапазоне 1,0–31,0 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание повысилось в 2,3 раза и составило 15 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2015 г. — 6,4 мкг/дм<sup>3</sup>).

Среднегодовая концентрация **кремния** в воде залива Находка в 2016 г. повысилась с 284 до 336 мкг/дм<sup>3</sup>, диапазон составил 44–2540 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был зафиксирован в мае в вершине залива в зоне реки Партизанская на ст. №17 на поверхности.

Кислородный режим в 2016 г. был в пределах нормы. Среднее содержание растворенного **кислорода** в водах залива Находка составило 10,44 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (118,6% насыщения). Минимальная концентрация кислорода (6,01 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 77% насыщения) была отмечена в сентябре в бухте Находка на ст. №1 в придонном слое на глубине 8 м. По значению расчетного индекса **ИЗВ** в период наблюдений в 2016 г. (1,32) качество вод в заливе Находка резко ухудшилось по сравнению с 2015 г. (0,61) и соответствовало IV классу («загрязненные»). Традиционно приоритетными загрязняющими веществами были детергенты, нефтяные углеводороды, фенолы, а из металлов железо и ртуть. Если в предыдущие годы отдельные акватории залива Находка существенно различались по уровню загрязненности, то в 2015–2016 гг. различия были незначительные. Традиционно в бухте Находка качество вод значительно хуже, чем в центральной части залива Находка и бухтах Врангеля и Козьмина.

В заливе Находка в мае и сентябре 2016 г. было отобрано 24 пробы **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов в целом по заливу варьировало в очень широком диапазоне от 20 до 1550 мкг/г сухого грунта (0,4–31 ДК), в среднем 306 мкг/г (6 ДК). Максимальное значение зарегистрировано в мае на ст. №1. Уровень загрязнения осадков НУ 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 загрязненности нефтяными углеводородами донных отложений залива Находка показывает незначительную межгодовую изменчивость и относительно невысокий уровень (рис. 11.14). По сравнению с наиболее загрязненными участками вблизи Владивостока, особенно в бухте Золотой Рог, средняя величина для донных отложений залива на один-полтора порядка меньше. Именно рост загрязненности нефтяными углеводородами донных осадков

в бухтах Золотой Рог (в среднем 208 ДК) и Диомид (129 ДК) в последние три года определяет очень высокий уровень содержания НУ в целом на всей акватории залива Петра Великого.

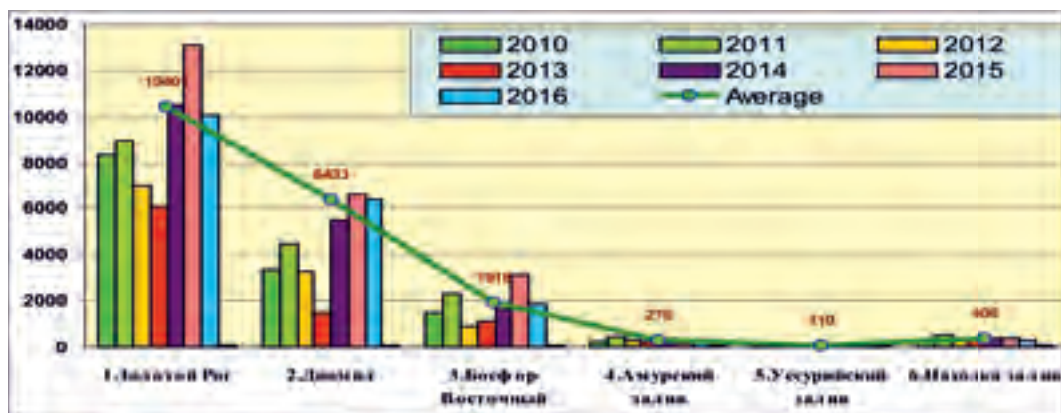
**Таблица 11.13.** Минимальная, максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях различных участков залива Находка в 2016 г.

Акватория	Кол-во проб	Min	Max	Средняя
Залив Находка	24	20	1550	306
Открытая часть	16	20	310	94
Бухта Козьино	2	20	140	80
Бухта Врангеля	2	50	220	135
Бухта Находка	4	1200	1550	1355

Содержание фенолов в донных отложениях залива изменялось в пределах 0,7–4,9 мкг/г, среднее значение повысилось по сравнению с 2015 г. в 1,1 раза и составило 2,04 мкг/г. Максимальная концентрация отмечена в мае в вершине залива Находка на ст. № 7. В бухтах Находка и Врангеля, входящих в состав акватории залива Находка, среднегодовая концентрация фенолов составила 2,2 мкг/г и 1,9 мкг/г соответственно.

Содержание **пестицидов**  $\alpha$ -ГХЦГ было ниже предела обнаружения ( $DL=0,1$  нг/г) в 2 пробах из 24. Средняя концентрация составила 0,57 нг/г, а максимум достигал 5,8 нг/г и был зафиксирован в майской пробе из бухты Находка на ст. № 1. Концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ (линдана) равнялась аналитическому нулю в 5 пробах. Среднее содержание (0,3 нг/г) повысилась в 2016 г. с 3 до 6 ДК. Максимальная концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ составила 1,40 нг/г (28 ДК) и была зарегистрирована в сентябре на ст. № 2 в бухте Находка.

В 2016 г. средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ (2 ДК) несколько снизилась по сравнению с 2015 г. (2,6 ДК). Среднее содержание ДДТ в донных отложениях составило 2,1 нг/г, ДДЭ — 1,4 нг/г, ДДД — 1,5 нг/г. Максимальная концентрация всех изомеров группы ДДТ была зафиксирована в сентябре на ст. № 1 в бухте Находка: ДДТ — 12,2 нг/г, ДДЭ — 5,4 нг/г и ДДД — 6,0 нг/г. Содержание альдрина в донных отложениях залива Находка было ниже предела обнаружения в 10 пробах ( $DL=0,1$  нг/г), средняя концентрация составила 0,16 нг/г, максимальное значение (1,1 нг/г) отмечено в сентябре в бухте Находка на ст. № 1. Среднее содержание ПХБ в 2016 г. повысилось по сравнению с 2015 г. с 36,65 нг/г (1,8 ДК) до 41,83 нг/г (2,1 ДК). Максимальная концентрация полихлорбифенилов (212,6 нг/г, 10,6 ДК) была зарегистрирована в сентябре на ст. № 1 в бухте Находка.



**Рис. 11.14.** Многолетняя динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях различных районов залива Петра Великого в 2010–2016 гг.

По сравнению с 2015 г. среднее содержание **кадмия и ртути** в донных отложениях залива Находка повысилось в 1,6 и 2,6 раза соответственно (табл. 11.14). Максимальная концентрация меди, кадмия, цинка и ртути превысила ДК в 3,8, 26,3, 2,2 и 2,25 раза соответственно. Традиционно высокими были показатели по железу, среднее и максимальное содержание которого достигало 19810 и 30611 мкг/г соответственно. Максимальная концентрация практически всех определяемых металлов была зафиксирована в бухте Находка на ст. №1. Исключение составил кадмий: максимум — 26,3 ДК — был отмечен в бухте Врангеля в сентябре 2016 г.

**Таблица 11.14.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях залива Находка в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016 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.	28,4/ 20,4/ 23,4/ 15,7/ 14,6/ 17,4/ 19,05	20,5/ 16,7/ 18,6/ 18,7/ 17,6/ 10,2/ 16,7	0,10/ 0,44/ 0,2/ 0,8/ 0,4/ 1,3/ 2,1	4,4/ 5,6/ 4,1/ 2,7/ 4,8/ 3,2/ 4,8	8,5/ 13,2/ 9,6/ 13,4/ 10,1/ 14,4/ 15,3	80,9/ 75,3/ 83,4/ 72,3/ 60,4/ 70,2/ 71,95	134,1/ 131,0/ 145,2/ 139,8/ 105,8/ 154,0/ 125,7	27136/ 21763/ 26340/ 20935/ 24239/ 22495/ 19810	13,0/ 14,5/ 23,3/ 12,7/ 17,6/ 33,7/ 16,95	0,09/ 0,11/ 0,08/ 0,11/ 0,10/ 0,13/ 0,31
Макс.	227,0/ 175,0/ 177,0/ 71,0/ 54,0/ 65,0/ 132,0	119,0/ 104,0/ 134,0/ 107,0/ 74,0/ 45,0/ 73,0	1,0/ 7,8/ 1,1/ 2,3/ 0,8/ 3,6/ 21,0	9,1/ 15,0/ 7,3/ 6,0/ 7,1/ 5,6/ 8,6	16,0/ 80,0/ 15,0/ 22,0/ 16,0/ 31,0/ 33,0	373,0/ 422,0/ 408,0/ 288,0/ 260,0/ 212,0/ 301,0	225,0/ 245,0/ 232,0/ 345,0/ 137,0/ 251,0/ 260,0	62293/ 46576/ 44018/ 39423/ 35824/ 35049/ 30611	26,0/ 35,0/ 43,0/ 36,0/ 26,0/ 62,0/ 44,0	0,31/ 0,96/ 0,39/ 0,53/ 0,47/ 0,57/ 2,25
ДК сред.	0,8/ 0,6/ 0,7/ 0,4/ 0,4/ 0,5/ 0,5	0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,12/ 0,2	0,1/ 0,6/ 0,25/ <b>1,0</b> / 0,5/ <b>1,6</b> / <b>2,6</b>	0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,14/ 0,2/ 0,16/ 0,2	0,2/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,4	0,6/ 0,5/ 0,6/ 0,5/ 0,4/ 0,5/ 0,5	-	-	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,2	0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ <b>1,03</b>
ДК макс.	<b>6,5</b> / <b>5,0</b> / <b>5,0</b> / <b>2,0</b> / <b>1,5</b> / <b>1,85</b> / <b>3,8</b>	<b>1,4</b> / <b>1,2</b> / <b>1,6</b> / <b>1,3</b> / 0,9/ 0,5/ 0,86	<b>1,3</b> / <b>9,8</b> / <b>1,4</b> / <b>2,9</b> / <b>1,0</b> / <b>4,5</b> / <b>26,3</b>	0,5/ 0,8/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4	0,5/ <b>2,3</b> / 0,4/ 0,6/ 0,5/ 0,9/ 0,9	<b>2,7</b> / <b>3,0</b> / <b>2,9</b> / <b>2,1</b> / <b>1,86</b> / <b>1,5</b> / <b>2,2</b>	-	-	0,3/ 0,4/ 0,43/ 0,36/ 0,3/ 0,6/ 0,4	<b>1,0</b> / <b>3,2</b> / <b>1,3</b> / <b>1,8</b> / <b>1,6</b> / <b>1,9</b> / <b>7,5</b>

### 11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив

Основными источниками загрязнения прибрежной акватории Японского моря на западном шельфе о. Сахалин в районе г. Александровск-Сахалинский являются сбросы загрязненных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Основными загрязнителями являются предприятия коммунально-бытовых служб, нефтебаза и флот из-за неконтролируемого сброса льяльных вод и нефтесодержащего мусора с маломерных судов. В районе г. 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 4,1 °С в мае до 20,2 °С в июле, когда наблюдался наибольший прогрев. Соленость варьировала от 21,17‰ в июне до 32,34‰ в мае, составив в среднем 29,94‰; хлорность была в диапазоне 11,71–17,90‰ (среднее — 16,57‰); рН — диапазон 7,80–8,10 (среднее — 7,94). Щелочность была в пределах 1,820–2,479 мг-экв/дм<sup>3</sup>, в среднем за период наблюдений — 2,302 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что близко к величине прошлого года — 2,09 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

В 2016 г. содержание **НУ** в водах рейда порта г. Александровск изменялось от аналитического нуля в 9 пробах из 30 ( $DL=0,02$  мг/дм<sup>3</sup>) до 0,140 мг/дм<sup>3</sup> (2,8 ПДК). Средняя концентрация в 2016 г. по сравнению с предыдущим годом повысилась с 0,034 мг/дм<sup>3</sup> (0,7 ПДК) до 0,049 (1 ПДК), (табл. 11.1). Максимальная концентрация не изменилась по сравнению с 2015 г. и отмечалась в октябре. Концентрация фенолов в морской воде не превысила 0,5 мкг/дм<sup>3</sup>, т.е. была ниже предела обнаружения действующего метода определения во всех пробах. Уровень загрязненности морских вод СПАВ по сравнению с предыдущим годом был ниже, поскольку детергенты были обнаружены только в двух пробах — 54 и 62 мкг/дм<sup>3</sup>, а среднее значение составило всего 3,8 мкг/дм<sup>3</sup>.

Среднее содержание **меди** в 2016 г. снизилось в 2 раза и составило 0,5 ПДК (2,4 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне концентрации 0,4–12,7 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум (2,5 ПДК) зафиксирован в августе. Концентрация остальных контролируемых металлов (цинк, свинец и кадмий) была невысокой и составила в среднем 5,6; 0,4, и 0,3 мкг/дм<sup>3</sup> (все меньше 0,1 ПДК). Максимальные величины составили: цинк — 28,5 мкг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК в мае) свинец — 3,9 мкг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК в июне) и кадмий — 1,5 мкг/дм<sup>3</sup> (0,15 ПДК в июне).

Концентрация аммонийного **азота** изменялась от значений ниже предела обнаружения ( $DL=20$  мкг/дм<sup>3</sup>) до 36 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 3,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Нитритов — от аналитического нуля ( $DL=0,5$  мкг/дм<sup>3</sup>) в 13 пробах из 30 обработанных до 3,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 0,90 мкг/дм<sup>3</sup>, что практически равнозначно прошлогоднему (0,83 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание нитратов изменялось от нулевых значений ниже 5 мкг/дм<sup>3</sup> в 9 пробах до 511 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был отмечен 11 октября, а следующее значение составляло всего 139 мкг/дм<sup>3</sup> в мае. Среднее содержание (35,6 мкг/дм<sup>3</sup>) немного понизилось с 53,5 мкг/дм<sup>3</sup> в 2015 г.

В течение периода наблюдений в 18 пробах содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения  $DL=5$  мкг/дм<sup>3</sup>, в основном в период с июля по октябрь. Среднее содержание фосфатов в 2016 г. составило 2,6 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимум составил 8,0 мкг/дм<sup>3</sup> в четырех пробах в мае, июне и октябре. Диапазон концентрации кремния составил 146–963 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя концентрация — 403 мкг/дм<sup>3</sup>; хотя максимум отмечен в июне, однако среднемесячная величина была наибольшей осенью: 465, 530, 271, 291, 190 и 670 мкг/дм<sup>3</sup> с мая по октябрь соответственно.

**Кислородный** режим в водах Татарского пролива соответствовал многолетней норме: диапазон изменчивости составил 7,60–10,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в среднем — 8,86 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. По значению индекса **ИЗВ** (0,64) в 2016 г. воды Татарского пролива соответствовали II классу качества, «чистые» (табл. 11.5). По сравнению с 2015 г. качество вод практически не изменилось.

**Таблица 11.15.** Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ (мкг/г) в донных отложениях Татарского пролива у г. Александровск-Сахалинский в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ДК	С*	ДК		
Татарский пролив: г. Александровск- Сахалинский	НУ	14	0,3	11,6	0,23	7,8	0,16
		56	1,1	36	0,7	37	0,7
	Фенолы	0,1		0,29		0,07	
		0,5		1,29		0,52	
	Медь	21,7	0,6	0,89	<0,1	0,58	<0,1
		108,3	3,1	3,1	<0,1	3,1	<0,1
Цинк	13,8	<0,1	2,54	<0,1	16,5	0,1	
	46,9	0,33	5,2	<0,1	221	1,6	
Кадмий	0,060	0,08	0,09	0,11	0,17	0,2	
	0,460	0,57	0,55	0,63	1,90	2,4	
Свинец	5,8	<0,1	0,97	<0,1	5,9	<0,1	
	13,6	0,16	3,1	<0,1	130,0	1,5	

В пробах **донных отложений**, отобранных ежемесячно с мая по октябрь, содержание нефтяных углеводородов была ниже предела обнаружения ( $DL=5$  мкг/г) в десяти из 30 проанализированных, максимум достигал 37 мкг/г (0,7 ДК), а среднее значение (7,8 мкг/г) было немного ниже прошлогоднего (11,6 мкг/г сухого грунта), (табл. 11.15). Содержание фенолов в донных отложениях в 19 пробах не превысило уровня чувствительности метода определения ( $DL=0,05$  мкг/г); в остальных пробах изменялось в диапазоне 0,07–0,52 мкг/г, составив в среднем 0,07 мкг/г. И среднее, и максимальное содержание металлов, кроме меди, очень сильно возросло по сравнению с 2015 г. и превышало норматив. Концентрации меди практически соответствовала прошлогодней.

## 11.10. Выводы

В отличие от нескольких предыдущих лет в 2016 г. качество вод различных участков залива Петра Великого по комплексному расчетному индексу ИЗВ резко ухудшилось (рис. 11.14). И если индекс загрязненности вод в бухте Золотой Рог вернулся на уровень предыдущей пятилетки, то в остальных заливах резко возрос до наихудших величин десятилетия конца прошлого столетия. Линейный тренд качества вод наиболее загрязненного участка залива Петра Великого — бухты Золотой Рог, демонстрирует в целом незначительное повышение за последние три десятилетия, что свидетельствует о постепенном ухудшении экологической ситуации вод около Владивостока несмотря на существенную межгодовую вариабельность. Повышение индекса ИЗВ в 2,5 раза в этой бухте было 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 ( $2,73$  мг $O_2$ /дм $^3$ ) вернулось к уровню 2014 г., которое характеризуется как «высокое загрязнение». Из шести проб с концентрацией растворенного кислорода меньше норматива пять были отобраны из поверхностного и придонного слоев в вершине бухты Золотой Рог в мае, августе и октябре, и только одна у дна на глубине 28 м на выходе в пролив Босфор Восточный. Роста загрязненности вод бухты металлами в целом отмечено не было.

В заливах ухудшение качества вод в целом также произошло за счет органических веществ — среднего содержания НУ, АПАВ и легко окисляемой органики по БПК $_5$ . В больших

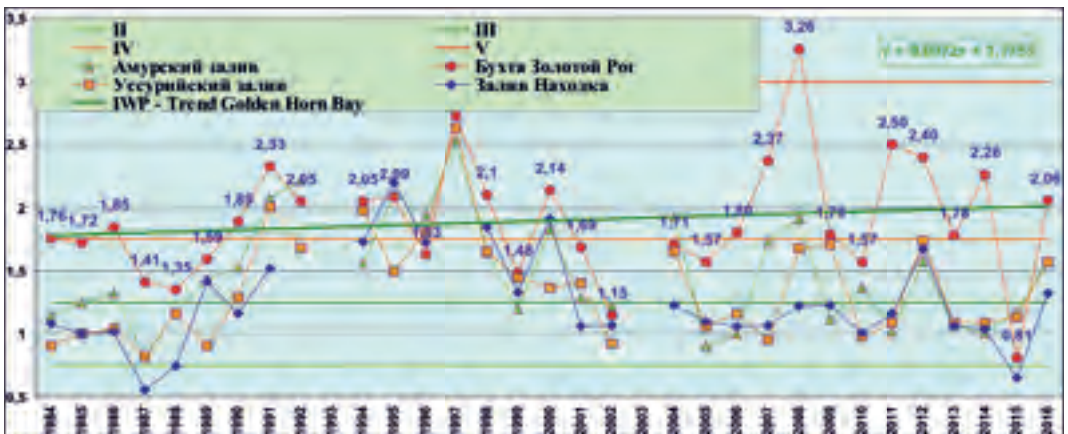


Рис. 11.15. Многолетняя динамика индекса загрязненности вод ИЗВ в различных районах залива Петра Великого в 1984–2016 гг.

заливах Амурском и Уссурийском, а также в проливе Босфор Восточный, омывающих с трех сторон Владивосток, уровень загрязненности увеличился и воды оцениваются IV классом, «загрязненные». В заливе Находка традиционно самой загрязненной была бухта Находка, хотя и в других участках залива произошло снижение качества вод.

Приоритетными загрязняющими веществами в водах залива Петра Великого в 2016 г. традиционно были нефтяные углеводороды (максимальная концентрация в 2016 г. составила 35,6 ПДК в бухте Золотой Рог), фенолы (мах 3,1 ПДК в Уссурийском заливе), детергенты (4,5 ПДК в Уссурийском заливе), растворенное органическое вещество по БПК<sub>5</sub> (4,7 ПДК в бухте Улисс), железо (10,8 ПДК в Амурском заливе), медь (4,4 ПДК в Уссурийском заливе), ртуть (2,8 ПДК в бухте Улисс), никель (4,2 ПДК в заливе Находка), марганец (2,0 ПДК в Амурском заливе), кадмий (3,1 ПДК в Амурском заливе) и цинк (1,6 ПДК в Амурском заливе). Наибольшая концентрация свинца не превышала норматив. Максимальное содержание в 2016 г. аммонийного азота (1192 мкг/дм<sup>3</sup>, бухта Золотой Рог) составляло половину норматива и было отмечено в кутовой части бухты Золотой Рог 18 октября на поверхности. Здесь же 4 августа в одной пробе была зафиксирована наибольшая концентрация нитритов (79 мкг/дм<sup>3</sup>, 3,3 ПДК) и фосфатов (305 мкг/дм<sup>3</sup>, 6,1 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 у г. Александровск-Сахалинский оцениваются как чистые, а содержание приоритетных загрязняющих веществ значительно ниже наблюдаемых в заливе Петра Великого.

Загрязнение донных отложений в различных районах залива Петра Великого существенно отличалось. Особенно высокой концентрация различных загрязняющих веществ была в бухтах Золотой Рог, Диомид и в ближайших к г. Владивостоку районах Амурского и Уссурийского заливов. В 2016 г. в бухте Золотой Рог содержание нефтяных углеводородов в осадках было чрезвычайно высоким (рис. 11.13), средняя величина существенно превышала значения в других районах и составляла 202 ДК, а максимальное значение превышало допустимый уровень концентрации в 444 раз и отмечено в центре бухты на глубине 18 м. Превышение допустимого уровня концентрации отмечалось в 100% проб. Средняя концентрация хлорорганических пестицидов была примерно одинаковой на отдельных участках залива Петра Великого и не повысилась по сравнению с предыдущим годом (рис. 11.9). Содержание ДДТ и его метаболитов в бухте Золотой Рог повысилось в 1,4 раза, а в бухте Диомид — в 5 раз (рис. 11.4). Наименее загрязненными оставались осадки в заливах Уссурийском и Находка. В целом уровень содержания пестицидов в донных отложениях залива Петра Великого существенно варьирует год от года, однако общей тенденции к снижению не наблюдается. Также значительной пространственной и временной изменчивостью отличалось распределение других органических ЗВ и тяжелых металлов. В 2016 г. в районах вокруг Владивостока средняя концентрация ртути в донных отложениях немного снизилась, однако существенно возросла в заливах Амурском и Находка (рис. 11.11).

**Таблица 11.1.** Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря в 2014–2016 гг.

Район	Ингредиент	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Бухта Золотой Рог	НУ	0,089	<b>1,8</b>	0,05	<b>1,0</b>	0,21	<b>4,10</b>
		1,02	<b>20</b>	0,26	<b>5,2</b>	1,78	<b>35,6</b>
	Фенолы	2,9	<b>2,9</b>	0,8	0,8	0,8	0,8
		14,0	<b>14</b>	2,2	<b>2,2</b>	1,8	<b>1,8</b>
	АПВ	85	0,9	41	0,4	198	<b>2,0</b>
		208	<b>2,1</b>	88	0,9	430	<b>4,3</b>

<b>1. Бухта Золотой Рог</b>	Аммонийный азот	223 2270	0,1 <b>1,0</b>	151 836	<0,1 0,4	235 1192	0,1 0,5
	Медь	1,6 4,9	0,3 <b>1,0</b>	1,6 6,1	0,3 <b>1,2</b>	1,8 4,7	0,4 0,9
	Железо	35,0 181	0,7 <b>4</b>	33,9 99,0	0,7 <b>2,0</b>	24,7 47	0,5 0,94
	Цинк	22,7 100,0	0,5 <b>2,0</b>	19,1 61,0	0,4 <b>1,2</b>	9,1 23,0	0,18 0,5
	Свинец	0,59 7,9	<0,1 0,8	0,2 2,1	<0,1 0,2	0,6 2,3	<0,1 0,2
	Марганец	10,9 103,0	0,2 <b>2,1</b>	5,7 33,0	0,1 0,7	6,0 36,0	0,1 0,7
	Кадмий	0,2 2,2	<0,1 0,2	0,2 0,7	<0,1 <0,1	1,3 16	0,1 <b>1,6</b>
	Ртуть	0,023 0,34	0,2 <b>3,4</b>	0,03 <b>0,09</b>	0,3 0,9	0,041 0,16	0,4 <b>1,6</b>
	БПК <sub>5</sub>	-	-	2,25 7,00	0,8 <b>2,3</b>	4,16 13,0	<b>1,4</b> <b>4</b>
	Взвешенные вещества	7,2 31,2	0,7 <b>3</b>	7,8 45,4	0,8 <b>5</b>	6,4 20,5	0,6 <b>2,1</b>
	Кислород	8,31 2,99	<b>0,50</b>	8,75 4,52	<b>0,75</b>	7,65 2,73	<b>0,46</b>
	<b>2. Бухта Диомид</b>	НУ	0,066 0,24	<b>1,4</b> <b>5</b>	0,06 0,10	<b>1,2</b> <b>2,0</b>	0,095 0,23
Фенолы		2,7 5,3	<b>2,7</b> <b>5</b>	1,1 2,7	<b>1,1</b> <b>2,7</b>	1,0 2,7	<b>1,0</b> <b>2,7</b>
АПАВ		82 138	0,8 <b>1,4</b>	54 130	0,5 <b>1,3</b>	232 347	<b>2,3</b> <b>3,5</b>
Аммонийный азот		116,6 392,0	<0,1 0,17	149,7 358,0	<0,1 0,15	92,7 173	<0,1 <0,1
Медь		1,8 3,7	0,36 0,74	1,3 2,9	0,3 0,6	1,5 2,3	0,3 0,5
Железо		30,2 41,0	0,6 0,8	29,5 59,0	0,6 <b>1,2</b>	22,6 55,0	0,4 <b>1,1</b>
Цинк		13,2 20,0	0,26 0,4	14,3 52,0	0,3 <b>1,0</b>	8,1 17,0	0,2 0,3
Свинец		0,4 1,0	<0,1 0,1	0,1 0,3	<0,1 <0,1	0,8 2,2	<0,1 0,2
Марганец		4,8 8,5	<0,1 0,17	4,3 12,0	<0,1 0,24	16,5 87	0,3 <b>1,7</b>
Кадмий		0,1 0,3	<0,1 <0,1	0,1 0,2	<0,1 <0,1	0,82 2,5	<0,1 0,3
Ртуть		0,047 0,49	0,5 <b>5</b>	0,02 0,04	0,2 0,4	0,035 0,07	0,35 0,7
БПК <sub>5</sub>		-	-	2,00 4,00	0,7 <b>1,3</b>	4,17 10,00	<b>1,4</b> <b>3</b>
Кислород		9,18 5,52	<b>0,92</b>	9,8 7,5		8,38 6,82	
<b>3. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс</b>		НУ	0,062 0,37	<b>1,2</b> <b>7</b>	0,03 0,07	0,6 <b>1,4</b>	0,10 0,43
	Фенолы	1,9 5,3	<b>1,9</b> <b>5</b>	0,6 1,7	0,6 <b>1,7</b>	0,77 1,5	0,8 <b>1,5</b>
	АПАВ	86 159	0,86 <b>1,6</b>	30 67	0,3 0,7	201 387	<b>2,0</b> <b>4</b>
	Аммонийный азот	81,0 361,0	<0,1 0,2	56,6 116,0	<0,1 <0,1	82 163	<0,1 <0,1

3. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс	Медь	1,4 3,7	0,3 0,7	3,1 55,0	0,6 <b>11,0</b>	1,9 3,3	0,4 0,7
	Железо	26,6 91,0	0,5 <b>1,8</b>	27,0 45,0	0,5 0,9	27,0 81,0	0,5 <b>1,6</b>
	Цинк	11,8 38,0	0,2 0,8	30,6 301,0	0,6 6	9,6 27,0	0,2 0,5
	Свинец	0,3 1,0	<0,1 0,1	0,1 0,5	<0,1 <0,1	0,6 2,9	<0,1 0,3
	Марганец	5,3 31,0	0,1 0,6	3,8 13,0	<0,1 0,3	5,0 23,0	0,1 0,5
	Кадмий	0,1 0,4	<0,1 <0,1	0,2 0,4	<0,1 <0,1	0,8 6,6	<0,1 0,7
	Ртуть	0,027 0,40	0,3 <b>4</b>	0,02 0,05	0,2 0,5	0,041 0,28	0,4 <b>2,8</b>
	БПК <sub>5</sub>	-	-	1,32 3,00	0,4 <b>1,0</b>	3,25 14,00	1,1 <b>5</b>
	Кислород	9,06 4,74	<b>0,79</b>	9,42 5,26	<b>0,88</b>	8,93 6,82	
4. Амурский залив	НУ	0,037 0,16	0,7 <b>3</b>	0,02 0,05	0,4 <b>1,0</b>	0,132 1,46	<b>2,6</b> <b>29</b>
	Фенолы	1,8 4,9	<b>1,8</b> <b>5</b>	1,0 3,1	<b>1,0</b> <b>3</b>	0,95 2,8	<b>1,0</b> <b>2,8</b>
	АПВ	83 798	0,8 <b>8</b>	66 229	0,7 <b>2,3</b>	160 360	<b>1,6</b> <b>4</b>
	Аммонийный азот	65,0 254,0	<0,1 0,1	69,8 229,0	<0,1 0,1	59,1 338	<0,1 0,1
	Медь	1,9 6,1	0,4 <b>1,2</b>	1,0 1,7	0,2 0,3	1,3 5,8	0,3 <b>1,2</b>
	Железо	31,8 216,0	0,6 <b>4</b>	116,7 1870	<b>2,3</b> <b>37</b>	74,9 539	<b>1,5</b> <b>11</b>
	Цинк	15,0 61,0	0,3 <b>1,2</b>	11,1 31,0	0,2 0,6	15,8 80	0,3 <b>1,6</b>
	Свинец	0,3 2,0	<0,1 0,2	0,2 0,8	<0,1 <0,1	2,3 9,1	0,2 0,9
	Марганец	4,0 25,0	<0,1 0,5	15,3 174	0,3 <b>3</b>	10,9 103	0,2 <b>2,1</b>
	Кадмий	0,3 1,0	<0,1 0,1	0,2 0,9	<0,1 0,1	1,2 31,0	0,1 <b>3,1</b>
	Ртуть	0,014 0,06	0,14 0,6	0,036 0,08	0,4 0,8	0,030 0,06	0,3 0,6
	БПК <sub>5</sub>	-	-	2,18 5,00	0,7 <b>1,7</b>	2,21 7,00	0,7 <b>2,3</b>
	Взвешенные вещества	5,8 17,7	0,6 <b>1,8</b>	15,8 145,0	<b>1,6</b> <b>15</b>	7,8 92,2	0,8 <b>9</b>
	Кислород	8,64 3,22	<b>0,54</b>	8,59 4,46	<b>0,74</b>	10,34 6,93	
5. Уссурийский залив	НУ	0,045 0,16	0,9 <b>3</b>	0,03 0,10	0,7 <b>2,0</b>	0,113 0,8	<b>2,3</b> <b>16</b>
	Фенолы	1,6 3,1	1,6 <b>3</b>	0,9 2,6	0,9 <b>2,6</b>	1,0 3,1	<b>1,0</b> <b>3</b>
	АПВ	70 117	0,7 <b>1,2</b>	41 122	0,4 <b>1,2</b>	180 447	<b>1,8</b> <b>4,47</b>
	Аммонийный азот	80,1 222,0	<0,1 <0,1	52,8 135,0	<0,1 <0,1	82,6 204	<0,1 <0,1



5. Уссурийский залив	Медь	1,1 2,4	0,22 0,5	0,9 2,5	0,2 0,5	1,74 22,0	0,6 4	
	Железо	58,3 275,0	<b>1,2</b> <b>6</b>	112,7 505,0	<b>2,3</b> <b>10</b>	53,0 377,0	<b>1,1</b> <b>8</b>	
	Цинк	12,6 50,0	0,25 <b>1,0</b>	10,4 55,0	0,2 <b>1,1</b>	12,5 53,0	0,3 <b>1,1</b>	
	Свинец	0,3 1,4	<0,1 0,1	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,6 2,8	<0,1 0,3	
	Марганец	12,3 91,0	0,2 <b>1,8</b>	8,1 75,0	0,2 <b>1,5</b>	3,2 21,0	<0,1 0,4	
	Кадмий	0,2 0,9	<0,1 <0,1	0,2 1,5	<0,1 0,2	1,0 12,0	0,1 <b>1,2</b>	
	Ртуть	0,033 0,20	0,3 <b>2,0</b>	0,03 0,09	0,3 0,9	0,045 0,17	0,5 <b>1,7</b>	
	БПК <sub>5</sub>	-	-	2,38 8,00	0,8 <b>2,7</b>	1,66 5,00	0,6 <b>1,7</b>	
	Взвешенные вещества	4,67 16,7	0,5 <b>1,7</b>	4,2 11,3	0,4 <b>1,1</b>	4,3 12,6	0,4 <b>1,2</b>	
	Кислород	9,14 6,27		9,18 4,54	<b>0,76</b>	10,81 6,02		
	6. Залив Находка (с бухтами)	НУ	0,044 0,14	0,9 <b>2,8</b>	0,02 0,13	0,4 <b>2,6</b>	0,095 1,07	1,9 <b>7,4</b>
Фенолы		1,6 7,8	<b>1,6</b> <b>8</b>	0,9 4,1	0,9 <b>4</b>	0,7 1,6	0,7 <b>1,6</b>	
АП АВ		69 117	0,7 <b>1,2</b>	47 132	0,5 <b>1,3</b>	191 402	<b>1,9</b> <b>4</b>	
Аммонийный азот		75,2 804,0	<0,1 0,4	61,5 151,0	<0,1 <0,1	65,3 295,0	<0,1 0,1	
Медь		1,3 3,0	0,3 0,6	0,6 1,8	0,1 0,4	1,1 5,1	0,2 <b>1,0</b>	
Кадмий		0,3 3,8	<0,1 0,4	0,2 1,1	<0,1 0,1	0,35 5,2	<0,1 0,5	
Железо		48,5 387	0,97 <b>8</b>	48,8 2380	0,98 <b>48</b>	36,6 112,0	0,7 <b>2,2</b>	
Цинк		15,3 137,0	0,3 <b>2,7</b>	9,7 53,0	0,2 <b>1,0</b>	10,7 55,0	0,2 <b>1,1</b>	
Свинец		0,3 1,6	<0,1 0,2	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,52 2,7	<0,1 0,3	
Марганец		7,8 60,0	0,2 <b>1,2</b>	3,7 19,0	<0,1 0,4	2,7 17,0	<0,1 0,3	
Ртуть		0,054 0,6	0,5 <b>6,0</b>	0,043 0,15	0,4 <b>1,5</b>	0,027 0,13	0,3 <b>1,3</b>	
БПК <sub>5</sub>		-	-	2,21 6,00	0,7 <b>2,0</b>	2,63 6,00	0,9 <b>2,0</b>	
Взвешенные вещества		5,74 21,2	0,6 <b>2,1</b>	4,65 11,3	0,5 <b>1,1</b>	5,93 92,0	0,6 <b>9</b>	
Кислород		8,95 5,86	<b>0,97</b>	9,74 5,83	<b>0,97</b>	10,44 6,02		
Татарский пролив: г. Александровск-Сахалинский		НУ	0,030 0,110	0,6 <b>2,2</b>	0,034 0,14	0,7 <b>2,8</b>	0,049 0,14	<b>1,0</b> <b>2,8</b>
		Фенолы	0,0 0,0		0,1 0,8	0,1 0,8	0 0	
	СП АВ	20,6 54,0	0,2 0,5	12 45	0,1 0,5	3,8 61	<0,1 0,6	

Татарский пролив: г. Александровск- Сахалинский	Кадмий	<0,3 0,9	<0,1 <0,1	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,3 1,5	<0,1 0,2
	Медь	2,5 8,7	0,5 <b>1,7</b>	5,1 13,2	<b>1,0</b> <b>2,6</b>	2,4 12,7	0,5 <b>2,5</b>
	Цинк	3,6 24	<0,1 0,5	12,2 86,6	0,2 <b>1,7</b>	5,6 28,5	0,1 0,6
	Свинец	1,1 8,5	0,1 0,4	1,1 8,5	0,1 0,8	0,4 3,9	<0,1 0,4
	Аммонийный азот*	10,9 40,0	<0,1 <0,1	10 47	<0,1 <0,1	3,0 36	<0,1 <0,1
	БПК <sub>5</sub>	-	-	-	-	1,18 2,5	0,4 0,8
	Кислород	8,7 7,6		7,9 6,6		8,86 7,6	

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. 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 11.3.** Оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря в 2014–2016 гг.

Район	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Содержание ЗВ в 2016 г. (ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Бухта Золотой Рог	2,26	V	0,81	III	2,06	V	НУ 4,10; АПАВ 1,98; БПК <sub>5</sub> 1,39; O <sub>2</sub> 0,78
2. Бухта Диомид	1,37	IV	0,86	III	1,58	IV	НУ 1,90; БПК <sub>5</sub> 1,39; АПАВ 2,32; O <sub>2</sub> 0,72
3. Пролив Босфор Восточный	1,17	III	0,62	II	1,44	IV	НУ 2,00; АПАВ 2,01; БПК <sub>5</sub> 1,08; O <sub>2</sub> 0,67
4. Амурский залив	1,01	III	1,18	III	1,58	IV	НУ 2,64; АПАВ 1,60; Fe 1,50; O <sub>2</sub> 0,58
5. Уссурийский залив	1,09	III	1,13	III	1,57	IV	НУ 2,26; АПАВ 1,78; БПК <sub>5</sub> 1,67; O <sub>2</sub> 0,55
6. Залив Находка (с бухтами)	1,04	III	0,61	II	1,32	III	НУ 1,90; АПАВ 1,91; БПК <sub>5</sub> 0,88; O <sub>2</sub> 0,57
6.1. Бухта Находка	1,41	IV	0,76	III	1,69	IV	НУ 3,22; АПАВ 1,98; БПК <sub>5</sub> 0,97; O <sub>2</sub> 0,59
6.2. Бухта Козьмина	0,88	III	0,63	II	-	-	
6.3. Бухта Врангеля	1,11	III	0,61	II	1,38	IV	НУ 1,82; БПК <sub>5</sub> 0,89; АПАВ 2,25; O <sub>2</sub> 0,57
Татарский пролив: Александровск-Сахалинский	0,49	II	0,68	II	0,64	II	НУ 1,00; Cu 0,48; БПК <sub>5</sub> 0,39; O <sub>2</sub> 0,68

## Литература

1. РД 243. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243–92. ред. С. Г. Орадовский, СПб, Гидрометеоздат, 1993, 264 с.
2. РД 556. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси. РД 52.10.556–95. ред. С. Г. Орадовский, М, Гидрометеоздат, 1996, 50 с.
3. Положение о государственной наблюдательной сети. РД 52.04.567–2003.
4. 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.
5. ПДК 1999. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.— Утвержден приказом Председателя Государственного Комитета Российской Федерации по рыболовству Н. А. Ермакова №96 от 28 апреля 1999 г.— Москва, Изд-во ВНИРО, 1999, 304 с.
6. МР 1988. Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям.— Москва, Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988, 9 с.
7. 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.
8. 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.
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. 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. Тарасова Р. А., Макарова Е. Н., Татарников В. О., Монахов С. К. «О происхождении загрязняющих веществ в водах Северного Каспия». — Вестник АГТУ, №6, 2008, с. 208–211.
15. 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.
16. 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.
17. Азовское море: Справочник по гидрометеорологии, 1962, Л., Гидрометеоздат, 856 с.
18. Боровская Р. В., Ломакин П. Д., Панов Д. Б., Спиридонова Е. О. Современное состояние ледовых условий в Азовском море и Керченском проливе на базе спутниковой информации.— Препринт, Севастополь, НАН України, МГИ, 2008, 42 с.
19. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши.— Л., Гидрометеоздат, 1977.
20. Oil spill accident in the Kerch Strait in November 2007.— Edited by Alexander Korshenko, Yuriy Ilyin, Violeta Velikova. Black Sea Commission Publications 2011, Moscow, Publishing House «Nauka», 288 p.
21. Directive 2008/105/EC.— Official Journal of the European Union, 24.12.2008, 14 p.
22. Суховой В. Ф. Моря Мирового океана.— Л., Гидрометеоздат, 1986, 288 с.
23. Mee L., Jeftic L. AoA Region: Black Sea.— UNEP, 2010, 9 p.
24. Гидрометеорология и гидрохимия морей России, т. 3, 1992.
25. РД 52.24.420, 2006. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после пяти дней инкубации (БПК<sub>5полн</sub>) в поверхностных, пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных вод.

26. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. — Под ред. Б. Х. Глуховского. — Л.: Гидрометеиздат, 1991, 240 с.
27. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биопродуктивности. — Под ред. Б. М. Затучной, Д. Е. Гершановича. — Л.: Гидрометеиздат, 1991, 192 с.
28. Лоция Белого моря. — СПб: Главное Управление Навигации и Океанографии Министерства обороны Российской Федерации, 2006, 411 с.
29. Филатов Н. Н., Тержевик А. Ю. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007, 349 с.
30. Арктическая энциклопедия — Москва, «Паулсен», т. 1, 2017, 688 с.
31. Баренцево море, т. 1, вып. 1 — Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1990, 280 с.
32. Иванов Г. И. Источники нефтяного загрязнения западно-арктического шельфа России // Материалы международной конференции «Нефть и газ арктического шельфа — 2004», ЗАО «Севморнефтегаз» (<https://helion-ltd.ru/sources-of-oil-pollution/>).
33. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. — Издательство Московского университета, 1982.
34. Залогин Б. С., Косарев А. Н. Моря. — М.: Мысль, 1999.
35. Моря СССР, Охотское море, 1992.
36. <http://geographyofrussia.com>

**Авторы, владельцы материалов и организации,  
принимаящие участие в подготовке Ежегодника-2016**

**Каспийское море**

- 1). Астраханский ЦГМС, (АстрЦГМС, г. Астрахань), Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ): Ильзова Ф. Ш., Конотопова Е. А., Баранникова Е. Н., Калужная Т. В., Утебадиева 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). ФГУ «Азовинформцентр» (г. Таганрог): Миронова Н. А., Фень О. Н., Бендерская Н. С., Васильева Ю. В., Сашенко Н. В., Бычкова С. А.

**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., Борисов И. В., Конокова Ю. Е., Калижникова Н. А.
- 2). Гидрометеорологическое бюро Туапсе (г. Туапсе): Панченко А. В., Костенко Т. М., Джелали Н. С., Балакирева А. С.
- 3). Комплексная лаборатория наблюдений за загрязнением природной среды Морской гидрометеорологической станции «Опасное» (КЛНЗПС МГ Опасное, г. Керчь): Головненко С. И., Алексеенко А. И.
- 4). Лаборатория мониторинга загрязнения природной среды Морской гидрометеорологической станции Ялта (ЛМЗС МГ Ялта, г. Ялта): Парфенова В. А., Протащик Л. А., Брайко О. И.
- 5). Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И. В., Вареник А. В.
- 6). Отдел биогеохимии моря (ОБМ) Морского гидрофизического института РАН (МГИ, г. Севастополь): Коновалов С. К., Видничук А. В., Медведев Е. В., Козловская О. Н.

**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): Луковская А. А., Ипатов С. В.

**Белое море**

- 1). ФГБУ «Северное УГМС», Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС) ФГБУ «Северное УГМС», информационно-аналитический отдел (г. Архангельск): Красавина А. С.
- 2). ФГБУ «Мурманское УГМС» Чаус О. М., Центр мониторинга загрязнения окружающей среды (г. Мурманск): Устинова А. А., Украинская К. В.

**Баренцево море**

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

**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., Мельникова А. В., Лебедева Е. В., Ишонин М. И.

### **Охотское море**

- 1). Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр мониторинга загрязнения окружающей среды (ЦМС ФГБУ «Сахалинское УГМС», г. Южно-Сахалинск): Шулятьева Л. В., Мельникова Т. М., Золотухин Е. Г.

### **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): Шулятьева Л. В., Мельникова Т. М., Золотухин Е. Г.

## СПИСОК опубликованных Ежегодников

- Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей СССР за 1966 г.— А. С. Пахомова, Н. А. Афанасьева, А. К. Величкович, 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. Величкович, 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. Величкович, 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. Величкович, Е. П. Кириллова, А. С. Пахомова, Н. А. Соловьева, Т. А. Бакум, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1971, 64 с.
- Обзор состояния загрязнения южной морей СССР в 1970 г.— Под ред. д-ра.геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1971.
- Обзор состояния загрязненности дальневосточных морей СССР в 1970 г.— А. С. Пахомова, С. К. Ревина, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1971, 87 с.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1972 г.— Под ред. д-ра геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1973.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1973 г.— Под ред. д-ра геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1974.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1974 г.— Под ред. д-ра геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1975.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1975 г.— Под ред. д-ра геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1976.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1976 г.— Н. А. Родионов, Н. А. Афанасьева, Н. С. Езжалкина, Т. А. Бакум, А. Н. Зубакина, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1977, 120 с.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1977 г.— Под ред. д-ра геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1978.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1978 г.— Под ред. д-ра геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1979.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1979 г.— Под ред. д-ра геогр.наук А. И. Симонова.— М., 1980.
- Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1980 г.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Бакум, Т. А. Иноземцева, Н. А. Казакова, И. Г. Матвейчук, Н. А. Родионов, Е. Г. Седова, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1981, 166 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1981 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Бакум, Н. С. Гейдарова, Т. А. Иноземцева, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, Н. А. Родионов, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1982, 149 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1982 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Бакум, Н. С. Гейдарова, Т. А. Иноземцева, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, Н. А. Родионов, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1983, 132 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1984 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Бакум, Б. М. Затучная, Т. А. Иноземцева, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, В. М. Пищальник, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1985, 149 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1985 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Бакум, Н. С. Гейдарова, Б. М. Затучная, Т. А. Иноземцева, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, В. М. Пищальник, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1986, 177 с.

- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1986 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Бакум, Н. С. Гейдарова, Т. А. Иноземцева, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1987, 132 с.
- Обзор состояния химического загрязнения вод отдельных районов Мирового океана за период 1986–1988 гг.— В. А. Михайлов, В. И. Михайлов, И. Г. Орлова, И. А. Писарева, Е. А. Собченко, А. В. Ткалин, под ред. А. И. Симонова и И. Г. Орловой.— Москва, 1989, 143 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1987 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Бакум, Н. С. Гейдарова, Т. А. Иноземцева, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1988, 179 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1988 год.— Н. А. Афанасьева, Н. С. Гейдарова, Т. А. Иванова, Т. А. Иноземцева, Ю. С. Лукьянов, под ред. А. И. Симонова.— Москва, 1989, 208 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1989 год.— Н. А. Афанасьева, Н. С. Гейдарова, Т. А. Иванова, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, И. А. Писарева, О. А. Симонова, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1990, 279 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1990 год.— Н. А. Афанасьева, Н. С. Гейдарова, Т. А. Иванова, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, И. А. Писарева, О. А. Симонова, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1991, 277 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1991 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Иванова, Г. К. Ильинская, Ю. С. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, И. Г. Матвейчук, Ю. Ю. Фомин, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1992, 347 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1992 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Иванова, Г. К. Ильинская, Ю. С. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, И. Г. Матвейчук, Ю. Ю. Фомин, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1996, 247 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1993 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Иванова, Г. К. Ильинская, Ю. С. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, И. Г. Матвейчук, Ю. Ю. Фомин, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1996, 230 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1994 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Иванова, Г. К. Ильинская, Ю. С. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, И. Г. Матвейчук, Ю. Ю. Фомин, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1996, 126 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1995 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Иванова, Г. К. Ильинская, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, О. А. Симонова, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1996, 261 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1996 год.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Иванова, Г. К. Ильинская, Ю. С. Лукьянов, И. Г. Матвейчук, О. А. Симонова, под ред. С. В. Кирьянова.— Москва, 1997, 110 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 1999.— Н. А. Афанасьева, Т. А. Иванова, И. Г. Матвейчук, под ред. А. Н. Коршенко.— Санкт-Петербург, Гидрометеониздат, 2001, 80 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2000.— Н. А. Афанасьева, И. Г. Матвейчук, И. Я. Агарова, Т. И. Плотникова, В. П. Лучков, под ред. А. Н. Коршенко, Санкт-Петербург.— Гидрометеониздат, 2002, 114 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2002.— И. Г. Матвейчук, Т. И. Плотникова, В. П. Лучков, под ред. А. Н. Коршенко.— Санкт-Петербург, Гидрометеониздат, 2005, 127 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2003.— А. Н. Коршенко, И. Г. Матвейчук, Т. И. Плотникова, В. П. Лучков.— М, Метеоагентство Росгидромета, 2005, 111 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2004.— А. Н. Коршенко, И. Г. Матвейчук, Т. И. Плотникова, В. П. Лучков, В. С. 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, «Артифлекс», 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, «Артифлекс», 2010, 174 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2010. — Под ред. Коршенко А. Н., Обнинск, «Артифлекс», 2011, 196 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2011. — Под ред. Коршенко А. Н., Обнинск, «Артифлекс», 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.

# 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 2016 . . . . .	16
<b>Chapter 1. Caspian Sea</b>	
1.1. General information . . . . .	19
1.2. Discharge of the pollutants . . . . .	21
1.3. Water conditions of the Northern Caspian . . . . .	21
1.3.1. Century transect III . . . . .	22
1.3.2. Century transect IIIa . . . . .	24
1.3.3. Transect IV . . . . .	26
1.3.4. Spatial heterogeneity of the pollutants distribution . . . . .	27
1.4. Waters conditions of the Dagestan coastal area . . . . .	29
<b>Chapter 2. Azov Sea</b>	
2.1. General information . . . . .	40
2.2. Taganrog Bay . . . . .	41
2.2.1. Monitoring system of the Don estuarine region and Taganrog Bay . . . . .	42
2.2.2. Water pollution of the Don estuarine region and Taganrog Bay . . . . .	42
2.2.3. Bottom sediments pollution . . . . .	47
2.3. Marine estuarine area and Delta of the Kuban River. . . . .	47
2.3.1. Monitoring system of the Kuban River estuarine area . . . . .	47
2.3.2. Pollution of the Kuban Delta and Temruk Bay. . . . .	48
2.4. Water pollution of the Taganrog Bay (AzovMorInformCenter) . . . . .	58
2.4.1. Eastern and Central parts of the Taganrog Bay. . . . .	59
2.4.2. Western part of the Taganrog Bay . . . . .	62
2.4.3. Open part of the Azov Sea . . . . .	64
2.4.4. Temruk Bay of the Azov Sea . . . . .	65
2.4.5. Kerch Strait . . . . .	66
2.5. Monitoring of the Kerch Strait (MHS Opasnoe). . . . .	67
2.6. EMBLAS Project: Expedition in the Kerch Strait at 6–7 August 2016 . . . . .	70
2.7. EMBLAS Project: Weekly station in the Kerch Strait . . . . .	79
<b>Chapter 3. Black Sea</b>	
3.1. General information . . . . .	84
3.2. Expeditions in the open sea. . . . .	86
3.3. Marine water pollution of the Crimean coast of the Black Sea . . . . .	89
3.3.1. Marine water condition near Sevastopol . . . . .	89
3.3.2. Pollution of atmospheric deposits (Sevastopol) . . . . .	92
3.3.3. Yalta port . . . . .	93
3.3.4. Water quality near Crimea coast . . . . .	96
3.4. Pollution of the coastal waters in Anapa-Tuapse area . . . . .	98

3.5. Coastal area of Adler-Sochi . . . . .	105
<b>Chapter 4. Baltic Sea</b>	
4.1. General information . . . . .	112
4.2. Monitoring systems in the eastern part of the Gulf of Finland and Neva Bay.. . . .	113
4.3. Hydrometeorological conditions . . . . .	114
4.4.1. Central part of the Neva Bay. . . . .	115
4.4.2. Northern resort of the Neva Bay.. . . .	117
4.4.3. Southern resort of the Neva Bay . . . . .	120
4.4.4. Marine Trade Port (MTP) . . . . .	122
4.4.5. Northern WWT plant. . . . .	125
4.5.1. Resort area in the shallow-water Eastern part of the Finnish Gulf . . . . .	127
4.5.2. Shallow-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf . . . . .	130
4.5.3. Deep-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf . . . . .	132
4.5.4. Koporsky Bay . . . . .	134
4.5.5. Luzsky Bay . . . . .	136
4.5.6. Vyborg Bay . . . . .	138
4.5.7. Vyborg Port . . . . .	140
<b>Chapter 5. White Sea</b>	
5.1. General information . . . . .	143
5.2. Sources of pollution . . . . .	144
5.3. Dvina Bay . . . . .	145
5.4. Kandalaksha Bay . . . . .	147
<b>Chapter 6. Barents Sea</b>	
6.1. General information . . . . .	150
6.2. Sources of pollution . . . . .	151
6.3. Water pollution of the Kolsky Bay . . . . .	151
<b>Chapter 7. Greenland Sea (Spitsbergen)</b>	
7.1. Expeditions in Spitsbergen archipelago waters . . . . .	156
7.2. Hydrochemical parameters . . . . .	156
7.3. Pollution . . . . .	157
<b>Chapter 8. Arctic Seas</b>	160
<b>Chapter 9. Kamchatka shelf (Pacific ocean)</b>	
9.1. General information . . . . .	161
9.2. Sources of pollution . . . . .	161
9.3. Water pollution in the Avacha Bay . . . . .	162
<b>Chapter 10. Okhotsk Sea</b>	
10.1. General information . . . . .	169
10.2. Sources of pollution . . . . .	170
10.3. Pollution of the Sakhalin shelf . . . . .	171
10.3.1. Area of village Starodubskoe . . . . .	172
10.3.2. Aniva Bay. Area near port Korsakov . . . . .	173
10.3.3. Aniva Bay. Area near village Prigorodnoe . . . . .	175
<b>Chapter 11. Japan Sea</b>	
11.1. General information . . . . .	180
11.2. Sources of pollution . . . . .	181
11.3. Golden Horn Bay . . . . .	184
11.4. Diomedea Bay . . . . .	189

11.5. The Eastern Bosphorus Strait and Ulyss Bight . . . . .	193
11.6. Amur Bay . . . . .	197
11.7. Ussuri Bay . . . . .	202
11.8. Nakhodka Bay . . . . .	207
11.9. Western shelf of the Sakhalin Island. The Tatarsky Strait . . . . .	211
11.10. Conclusions . . . . .	213
<b>Literature cited</b> . . . . .	219
<i>Annex 1.</i> The authors and owners of the data . . . . .	221
<i>Annex 2.</i> The list of the published Annual Repots . . . . .	223
<b>CONTENTS</b> . . . . .	226
<b>CONTENTS (Russ)</b> . . . . .	229

# 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 2016 г. . . . .	16
<b>Глава 1. Каспийское море</b>	
1.1. Общая характеристика . . . . .	19
1.2. Поступление загрязняющих веществ .. . . .	21
1.3. Состояние вод Северного Каспия . . . . .	21
1.3.1. Вековой разрез III. . . . .	22
1.3.2. Вековой разрез IIIa . . . . .	24
1.3.3. Разрез IV . . . . .	26
1.3.4. Пространственная неоднородность распределения загрязняющих веществ . . . . .	27
1.4. Состояние вод Дагестанского побережья . . . . .	29
<b>Глава 2. Азовское море</b>	
2.1. Общая характеристика . . . . .	40
2.2. Таганрогский залив . . . . .	41
2.2.1. Система мониторинга устьевой области р. Дон и Таганрогского залива . . . . .	42
2.2.2. Загрязнение вод устьевой области р. Дон и Таганрогского залива . . . . .	42
2.2.3. Загрязнение донных отложений . . . . .	47
2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань . . . . .	47
2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань . . . . .	47
2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива . . . . .	48
2.4. Загрязнение вод Таганрогского залива («Азовморинформцентр») . . . . .	58
2.4.1. Восточная и центральная часть Таганрогского залива . . . . .	59
2.4.2. Западная часть Таганрогского залива . . . . .	62
2.4.3. Открытая центральная часть Азовского моря . . . . .	64
2.4.4. Темрюкский залив Азовского моря . . . . .	65
2.4.5. Керченский пролив . . . . .	66
2.5. Мониторинг Керченского пролива (МГС «Опасное») . . . . .	67
2.6. Проект ЭМБЛАС: Экспедиционные исследования в Керченском проливе 6–7 августа 2016 г. . . . .	70
2.7. Проект ЭМБЛАС: Еженедельная станция в Керченском проливе . . . . .	79
<b>Глава 3. Черное море</b>	
3.1. Общая характеристика . . . . .	84
3.2. Экспедиционные исследования открытой части моря . . . . .	86
3.3. Загрязнение морских вод у Крымских берегов Чёрного моря . . . . .	89
3.3.1. Состояние морских вод у Севастополя . . . . .	89
3.3.2. Загрязнение атмосферных выпадений (г. Севастополь) . . . . .	92
3.3.3. Порт Ялта . . . . .	93
3.3.4. Качество черноморских вод у берегов Крыма . . . . .	96

3.4. Загрязнение прибрежных вод Анапа-Туапсе . . . . .	98
3.5. Прибрежная зона района Сочи — Адлер . . . . .	105
<b>Глава 4. Балтийское море</b>	
4.1. Общая характеристика . . . . .	112
4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы . . . . .	113
4.3. Характеристика гидрометеорологических условий . . . . .	114
4.4.1. Центральная часть Невской губы . . . . .	115
4.4.2. Северный Курортный район Невской губы . . . . .	117
4.4.3 Южный Курортный район Невской губы . . . . .	120
4.4.4. Акватория Морского торгового порта (МТП). . . . .	122
4.4.5. Северная станция аэрации . . . . .	125
4.5.1. Курортный район мелководной зоны восточной части Финского залива. . . . .	127
4.5.2. Мелководная зона восточной части Финского залива . . . . .	130
4.5.3. Глубоководная зона Восточной части Финского залива . . . . .	132
4.5.4. Копорская губа . . . . .	134
4.5.5. Лужская губа . . . . .	136
4.5.6. Выборгский залив . . . . .	138
4.5.7. Акватория Выборгского порта . . . . .	140
<b>Глава 5. Белое море</b>	
5.1. Общая характеристика . . . . .	143
5.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . . .	144
5.3. Двинский залив . . . . .	145
5.4. Кандалакшский залив . . . . .	147
<b>Глава 6. Баренцево море</b>	
6.1. Общая характеристика . . . . .	150
6.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . . .	151
6.3. Загрязнение вод Кольского залива . . . . .	151
<b>Глава 7. Гренландское море (Шпицберген)</b>	
7.1. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген . . . . .	156
7.2. Гидрохимические показатели . . . . .	156
7.3. Загрязняющие вещества . . . . .	157
<b>Глава 8. Моря Северного ледовитого океана</b>	160
<b>Глава 9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)</b>	
9.1. Общая характеристика . . . . .	161
9.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . . .	161
9.3. Загрязнение вод Авачинской губы . . . . .	162
<b>Глава 10. Охотское море</b>	
10.1. Общая характеристика . . . . .	169
10.2. Загрязнение Охотского моря . . . . .	170
10.3. Загрязнение шельфа о. Сахалин . . . . .	171
10.3.1. Район поселка Стародубское . . . . .	172
10.3.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова . . . . .	173
10.3.3. Залив Анива. Район пос. Пригородное . . . . .	175
<b>Глава 11. Японское море</b>	
11.1. Общая характеристика. . . . .	180
11.2. Источники загрязнения . . . . .	181
11.3. Бухта Золотой Рог . . . . .	184

11.4. Бухта Диомид . . . . .	189
11.5. Пролив Босфор Восточный (включая бухту Улисс) . . . . .	193
11.6. Амурский залив . . . . .	197
11.7. Уссурийский залив . . . . .	202
11.8. Залив Находка . . . . .	207
11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив . . . . .	211
11.10. Выводы . . . . .	213
<b>Литература . . . . .</b>	<b>219</b>
<i>Приложение 1. Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2016 . . . . .</i>	<i>221</i>
<i>Приложение 2. Список опубликованных Ежегодников . . . . .</i>	<i>223</i>
<b>CONTENTS . . . . .</b>	<b>226</b>
<b>СОДЕРЖАНИЕ . . . . .</b>	<b>229</b>

**Качество морских вод по гидрохимическим показателям.**  
Ежегодник 2016. — под ред. Коршенко А. Н., Москва, «Наука»,  
2017, 232 с.

ISBN 978-5-9500646-2-3

© Коршенко А.Н.

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

Формат 70x100 1/16. Условных п.л. 14,5  
Тираж 400 экз. Зак. № 848  
Отпечатано в типографии Издательского Дома «Наука»  
121099 Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-9500646-2-3



9 785950 064623