

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
имени Н.Н.ЗУБОВА**

**(ГОИН)**



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

---

**STATE OCEANOGRAPHIC INSTITUTE**

**(SOI)**



**MARINE WATER POLLUTION**

**ANNUAL REPORT**

**2017**

**Editor Alexander Korshenko**

**“Nauka”  
Moscow 2018**

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

---

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

**(ГОИН)**



**КАЧЕСТВО МОРСКИХ ВОД  
ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ  
ПОКАЗАТЕЛЯМ**

**Е Ж Е Г О Д Н И К**

**2017**

Редактор Коршенко А.Н.

**Москва 2018**

## АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2017 приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами прибрежных районов морей Российской Федерации в 2017 г. Ежегодник содержит информацию о результатах наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, проводимых 16 химическими лабораториями региональных подразделений Росгидромета, включая Северо-Западный филиал ФГБУ "НПО "Тайфун" Росгидромета (г. Санкт-Петербург), институтов Российской Академии Наук и других специализированных организаций. Работа по подготовке Ежегодника выполнена в лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета (ЛМЗ ГОИН, г. Москва, [www.oceanography.ru](http://www.oceanography.ru), раздел «Загрязнение морей»).

Ежегодник содержит средние и максимальные за год или сезон значения отдельных гидролого-гидрохимических показателей морских вод контролируемых прибрежных районов, а также характеристику уровня загрязнения вод и донных отложений тяжелыми металлами и широким спектром органических веществ природного и антропогенного происхождения. Для контролируемых акваторий в целом или их локальных участков дана оценка состояния вод по отдельным параметрам с помощью их кратности значению ПДК, по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ и/или с использованием иных критериев. Для отдельных районов с достаточной длительностью рядов накопленной информации выявлены многолетние тренды концентрации загрязняющих веществ в морской среде или характеристиках качества вод.

Ежегодник-2017 предназначен для федеральных и региональных органов власти, администраторов практической природоохранной деятельности и участников хозяйственно-производственной деятельности на шельфе морей, для широкой российской и международной общественности, ученых-экологов. Оценка текущего гидрохимического состояния и уровня загрязнения акваторий, а также выявленные по данным многолетнего мониторинга тенденции могут быть использованы в научных исследованиях или при планировании хозяйственных и/или природоохранных мероприятий.

Ссылка для цитирования:

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2017. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2018, 220 с.

**ISBN 978-5-9500646-4-7**

© Коршенко А.Н.

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

### **ABSTRACT**

The Annual Report 2017 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2017. The Annual Report summarizes routine observation data on the quality of the seawaters and bottom sediments conducted by 16 regional chemical laboratories and North-Western Branch of NPO “Typhoon” (St.Petersburg) of the Roshydromet. For some regions additional information used from different national and international sources.

The Report contains annual and/or seasonal/monthly averages and maximum values of individual hydrochemical parameters of the seawaters for 2017. It also describes the level of pollution of waters and bottom sediments with a wide spectrum of natural and synthetic substances. Water quality assessments based on the concentration of individual pollutants compared with the MAC and on the complex Index of Water Pollution (IWP). Interannual variations and long-term trends of parameters were identified where possible.

The Annual Report 2017 is intended for use by federal and regional administration bodies, environment protection and offshore industry managers, Russian and international public and ecologists. Assessments of the current state and of the long-term changes of the marine environmental pollution could be used in researches and for planning of environment protection activities.

This Annual Report 2017 was compiled at the Marine Pollution Monitoring Laboratory of the N.N.Zybov’s State Oceanographic Institute of Roshydromet (SOI, Kropotkinsky Lane 6, 119034 Moscow, Russia, [www.oceanography.ru](http://www.oceanography.ru), Chapter “Marine pollution”).

For bibliographic purposes, this document shall be cited as:

Marine Water Pollution. Annual Report 2017. – Editor Alexander Korshenko, Moscow, “Nauka”, 2018, 220 p.

**ISBN 978-5-9500646-4-7**

© Korshenko A.N.

© State Oceanographic Institute (SOI)

## ВВЕДЕНИЕ

История регулярных государственных наблюдений на морях СССР началась в 1959 г., когда Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров (ГУГМС) начало издавать серию приказов по организации постоянной (вековой) сети береговых гидрометеорологических станций и гидрологических разрезов в открытых частях морей. Итогом стало появление в 1961 г. сводного Положения про эти станции и разрезы, закрепленные для наблюдений над вековым ходом элементов гидрологического режима морей. В Положении приводится перечень «вековых» станций, их положение на карте и перечисляются контролируемые элементы гидрологического режима, в число которых включены не только стандартные параметры (уровень моря и ледовый режим,  $T^{\circ}C$ ,  $S\%$ , цвет и прозрачность воды, содержание кислорода, рН, щелочность), но и концентрация биогенных элементов и радиоактивность. Были установлена частота и горизонты отбора проб, а также определено опубликование раз в 5-10 лет серии материалов из 4 каталогов по уровню моря, температуре и солености, ледовом покрове и гидрохимия морей. Параллельно с гидрологическим направлением по определению климатических характеристик окраинных морей, развивалась идея о необходимости контроля качества морской среды, вследствие чего Постановлением Совета Министров СССР от 30 сентября 1963 г. было поручено Главному управлению гидрометеорологической службы организовать проведение систематических исследований химического состава загрязнителей морских вод, омывающих берега Советского Союза. В соответствии с этим в 1964-1965 гг. органами Гидрометслужбы под научно-методическим руководством Государственного океанографического института (ГОИН) были проведены рекогносцировочные обследования химического состава морских прибрежных вод, а с 1966 г. осуществляются систематические наблюдения за загрязнением морской среды. Начиная с этого года результаты наблюдений, полученные в ходе выполнения программы мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морских вод, публикуются в «Обзоре...», а потом в «Ежегоднике качества морских вод по гидрохимическим показателям» (Приложение 1). Со временем менялась и добавлялась научно-методическая база проведения наблюдений, оформленная в Руководящих Документах и Методиках по выполнению отбора, обработке и химическому анализу проб. Перед распадом СССР научно-исследовательский флот Госкомгидромета состоял из 47 судов неограниченного плавания и нескольких сотен маломерных судов. В 1993 г. количество станций контроля морской среды ОГСНК достигло 649. После этого происходило постепенное сокращение флота и программ наблюдений. Текущее состояние программы гидрохимических наблюдений на морях РФ подробно описано в разделе «Характеристика системы наблюдений». В настоящее время государственная наблюдательная сеть формируется на основании Положения о ГСН

(2003) и включает 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). Результаты работы сети мониторинга представлены в обобщенном виде в «Ежегодниках». Кроме этого в это издание, по-возможности, включаются результаты исследований и наблюдений других организаций и научно-исследовательских институтов Росгидромета и Российской Академии Наук, данные международного обмена информацией, интернет-ресурсов, а также материалы отдельных экспедиционных морских исследований государственных и негосударственных организаций.

В настоящем Ежегоднике приведена характеристика гидрохимического режима и уровня загрязненности открытых, прибрежных и эстуарных районов морей России в 2017 г. Основой для составления Ежегодника явились исходные постанционные данные и отчетные материалы 16 химических лабораторий территориальных управлений Росгидромета. Данные были получены в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, которые представляются в ГОИН на основании нормативных документов Росгидромета (Приказ №156, 2000). К материалам сети относятся региональные выпуски «Ежегодника качества морских вод по гидрохимическим показателям», содержащие обобщенные результаты наблюдений в отдельных районах контроля, «Ежегодные гидрохимические данные о качестве морских вод» (ЕГД) с исходными постанционными гидрохимическими данными и концентрацией загрязняющих веществ, а также обзоры организационно-технического состояния морских химических лабораторий Росгидромета. Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ "НПО "Тайфун" Росгидромета (г. Санкт-Петербург). Ежегодник-2017 подготовлен в Лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета (ЛМЗ ГОИН, г. Москва) под общей редакцией А.Н. Коршенко (адрес: 119034 Москва, Кропоткинский пер. 6, ГОИН, [www.oceanography.ru](http://www.oceanography.ru); раздел «Загрязнение морей»).

## **А. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ**

### **А.1. Станции мониторинга**

Наблюдения за состоянием морской среды в прибрежных районах морей России регулярно проводятся на станциях государственной

службы наблюдения и контроля загрязнения объектов природной среды (станции ГСН). По составу и частоте наблюдений станции ГСН разделяются на три категории:

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

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

Станции III категории предназначены для получения систематической информации о фоновых уровнях загрязнения с целью изучения их сезонной и межгодовой изменчивости, а также для определения элементов баланса химических веществ. Они располагаются на акваториях моря, где отмечаются более низкие уровни загрязнения или в относительно чистых водах. Наблюдения выполняются один раз в сезон по полной программе. Фоновые наблюдения осуществляются в районах, куда загрязняющие вещества (ЗВ) могут попасть только вследствие их глобального распространения, а также в промежуточных районах, куда ЗВ поступают вследствие региональных миграционных процессов.

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

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

По полной программе пробы отбирают один раз в месяц. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных

углеводородов (НУ), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, хлорорганических пестицидов (ХОП), тяжелых металлов (ТМ) и специфических для данного района ЗВ; отдельных показателей морской среды – концентрации растворенного в воде кислорода ( $O_2$ ), сероводорода ( $H_2S$ ), ионов водорода (рН), щелочности (Alk), нитритного азота (N- $NO_2$ ), нитратного азота (N- $NO_3$ ), аммонийного азота (N- $NH_4$ ), общего азота (Ntotal), фосфатного фосфора (P- $PO_4$ ), общего фосфора (Ptotal), кремния (Si- $SiO_3$ ), а также элементов гидрометеорологического режима - солености воды ( $S\%$ ), температуры воды и воздуха ( $T^{\circ}C$ ), скорости и направления течений и ветра, прозрачности по диску Секки и цветности воды, концентрации взвешенных веществ и другие параметры.

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

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

Химический анализ проб воды и донных отложений производится в соответствии с методами, изложенными в разработанных в ГОИН руководящих документах: «Руководство по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243-92, 1993) и «Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси» (РД 52.10.556-95, 1996). В настоящее время методические основы проведения химического анализа элементов и содинений в морской среде постоянно обновляются. В последние несколько лет в ФГБУ «ГОИН» был разработан и одобрен к применению на сети комплект из 23 РД, включающий в себя методики измерения всех основных гидрохимических показателей морской воды и целого ряда загрязняющих веществ в морской воде и донных отложениях (Приложение 3). В комплект также входит РД, регламентирующий выполнение внутреннего лабораторного контроля сетевыми морскими подразделениями и РД, устанавливающий требования к компетентности осуществляющей мониторинг морской среды химической лаборатории. Все методики измерений основаны на последних достижениях аналитической химии, предусматривают использование высокоточного современного оборудования, соответствуют новым требованиям к

содержанию и представлению результатов, рассчитаны на специалистов с достаточно высокой степенью квалификации.

В тексте и таблицах настоящего Ежегодника уровень загрязненности морских вод и донных отложений характеризуется концентрацией отдельного химического соединения (ингредиента) в принятых для него единицах измерения, а также значением, кратным предельно допустимой концентрации (ПДК) этого загрязнителя в морской воде (табл. А.1). «ПДК 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>	0,5 (0,4 в пересчете на N*)	500/389	
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,9 при 13-34‰	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>	0,05 олиготрофные водоемы	50/17	
		PO <sub>4</sub>	0,15 мезотрофные	150/50	
		PO <sub>4</sub>	0,2 эвтрофные	200/67	

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, О – 16, Р – 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.

<i>Металлы</i>					
Алюминий (4)	33	Al	для пресных вод - 0,04	40	
Барий (4)	93	Ba	2,0 при 12-18‰	2 000	
		Ba	для пресных вод - 0,74	740	
Ванадий (3)	141	V	для пресных вод - 0,001	1	
Железо (2)	344	Fe	0,05	50	
		Fe	для пресных вод – 0,1	100	
Кадмий (2)	386	Cd	0,01	10	
		Cd	для пресных вод – 0,005	5	
Кальций (4э)	393	Ca	610 при 12-18‰		
		Ca	для пресных вод – 180,0		
Кобальт (3)	412	Co	0,005	5	
		Co	для пресных вод – 0,01	10	
Марганец двухвалентный (4)	496	Mn <sup>2+</sup>	0,05	50	
		Mn <sup>2+</sup>	для пресных вод – 0,01	10	
Медь (3)	501	Cu	0,005	5	
		Cu	для пресных вод – 0,001	1	
Молибден (2)	556	Mo	-	-	
		Mo	для пресных вод – 0,001	1	
Мышьяк (3)	569	As	0,01	10	
		As	для пресных вод – 0,05	50	
Никель (3)	671	Ni	0,01	10	
		Ni	для пресных вод – 0,01	10	
Олово (4)	642	Sn	-		
		Sn	для пресных вод – 0,112	112	
Ртуть (1)	743	Hg	0,0001	0,1	
		Hg	для пресных вод - 0,00001	0,01	
Свинец (3)	749	Pb	0,01	10	
		Pb	для пресных вод – 0,006	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	0,05	50	
		Zn	для пресных вод – 0,01	10	
<i>Органические загрязняющие вещества</i>					
Синтетические поверхностно- активные вещества	648	Detergents	0,1	100	

(СПАВ), (4)					
		Detergents	для пресных вод – 0,5	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	0,0001	0,1	
		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Br	морские воды 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>7</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), <i>гербицид</i>	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), <i>инсектицид</i>	295	C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> OC <sub>15</sub>	0,00001	0,01	10
Пропанид/пропанил (2), <i>гербицид</i>	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> OC <sub>12</sub>	0,0001	0,1	100
Фозалон (1), <i>пестицид</i>	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), <i>фунгицид</i>	399		0,00007	0,07	70
Метатион/метилнитрофос/сумитион (1), <i>инсектицид</i>	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> OC <sub>1</sub>	0,0001	0,1	100
Циклогексан (3)	1006	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	0,01	10	
<b>Общие показатели</b>					
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 <sup>0</sup> 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.

\*\*\* Хлорорганические и фосфорорганические пестициды (ХОП, ФОП): 1) ДДТ и его метаболиты; 2) восемь стереоизомеров гексахлорциклогексана (гексохлоран, 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 $\leq 0,25$
Чистые	<b>II</b>	$0,25 < \text{ИЗВ} \leq 0,75$
Умеренно загрязненные	<b>III</b>	$0,75 < \text{ИЗВ} \leq 1,25$
Загрязненные	<b>IV</b>	$1,25 < \text{ИЗВ} \leq 1,75$
Грязные	<b>V</b>	$1,75 < \text{ИЗВ} \leq 3,00$
Очень грязные	<b>VI</b>	$3,00 < \text{ИЗВ} \leq 5,00$
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:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \div 4$$

где  $C_i$  – концентрация трех наиболее значительных загрязнителей, среднее содержание которых в воде исследуемой акватории в наибольшей степени превышало ПДК. Четвертым обязательным параметром является содержание растворенного в воде кислорода, для которого значение в формуле рассчитывается делением норматива (табл. А.3) на реальное содержание.

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

Содержание растворенного кислорода $C$ , мг/л	Норматив, мг/л
$6 \leq C$	6
$5 \leq C < 6$	12
$4 \leq C < 5$	20
$3 \leq C < 4$	30
$2 \leq C < 3$	40
$1 \leq C < 2$	50
$C < 1$	60

Поскольку утвержденная методика из-за повышенного внимания к гипоксическим условиям скорее описывает экологическую приемимость 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 =  $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Это позволит более точно оценивать загрязнение вод и использовать ИЗВ для сравнительного анализа разных акваторий.

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

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

- максимальное разовое содержание, превышающее ПДК для нормируемых веществ 1-2 класса опасности в 5 и более раз; для веществ 3-4 класса опасности – в 50 раз и более. Содержание веществ в морских водах сопоставляется с наиболее «жесткими» ПДК в ряду одноименных показателей. Для веществ, на которые нормативными документами предусмотрено полное отсутствие их в воде водных объектов, в качестве ПДК условно принимается значение  $0,01 \text{ мкг}/\text{л}$ ;
- появление запаха вод интенсивностью более 4 баллов, не свойственного воде ранее;
- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более  $1/3$  поверхности водного объекта при его обозримой площади до  $6 \text{ км}^2$ ;

- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади 2 км<sup>2</sup> и более при его обозримой площади более 6 км<sup>2</sup>;
- снижение содержания растворенного кислорода до значения 2 мг/л и менее;
- увеличение биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) свыше 40 мг О<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>5</sub>) – от 10 до 40 мгО<sub>2</sub>/л, снижение концентрации растворенного кислорода до значений от 3 до 2 мг/л;
- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) от 1/4 до 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 км<sup>2</sup>;
- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади от 1 до 2 км<sup>2</sup> при его обозримой 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	$2 < C \leq 3$ мг/л	< 2,00 мг/л
Азот аммонийный	$\geq 29,00$ мг/л	$\geq 145,00$ мг/л
Азот нитритный	$\geq 0,80$ мг/л	$\geq 4,00$ мг/л
Азот нитратный	$\geq 400$ мг/л	$\geq 2000$ мг/л
Фосфаты (для эвтрофных)	$\geq 2,0$ мг/л	$\geq 10,0$ мг/л

водоемов)		
Фосфаты (для мезотрофных водоемов)	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 7,5$ мг/л
Нефтепродукты	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 2,50$ мг/л
СПАВ	$\geq 1,00$ мг/л	$\geq 5,00$ мг/л
ДДТ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
ГХЦГ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Фенолы	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Медь	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Марганец	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Свинец (морская вода)	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Свинец (пресная вода)	$\geq 0,018$ мг/л	$\geq 0,030$ мг/л
Ртуть (морская вода)	$\geq 0,3$ мкг/л	$\geq 0,5$ мкг/л
Ртуть (пресная вода)	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Кадмий	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л

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

Обязательный перечень показателей и ингредиентов для расчета комплексных оценок качества пресных вод содержит 15 позиций: 1. Растворенный в воде кислород, 2. БПК<sub>5</sub> (по O<sub>2</sub>), 3. ХПК, 4. Фенолы, 5. Нефтепродукты, 6. Нитрит-ионы (NO<sub>2</sub>), 7. Нитрат-ионы (NO<sub>3</sub>), 8. Аммоний-ион (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 9. Железо общее, 10. Медь (Cu<sup>2+</sup>), 11. Цинк (Zn<sup>2+</sup>), 12. Никель (Ni<sup>2+</sup>), 13. Марганец (Mn<sup>2+</sup>), 14. Хлориды, 15. Сульфаты (РД 2002). В морских водах обычно не измеряют 2, 3, 14 и 15 позиции, зато очень распространено измерение концентрации общего азота и фосфора, фосфатов, СПАВ и ртути, часто необходимых для расчетов баланса биогенных элементов или являющимися характерными загрязнителями отдельных участков моря.

Кроме индекса ИЗВ для оценки уровня качества морских вод, по аналогии с расчетами показателей пресных вод (РД 2002), могут использоваться три дополнительных критерия загрязненности вод:

1) **комплексности** - отношение числа веществ, содержание которых превышает норму, к общему числу нормируемых ингредиентов, определяемых на исследуемой акватории; 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 закреплённых 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, принятых 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, Warner H., van Dokkum R., 2002).

Загрязняющие вещества	ДК	Загрязняющие вещества	ДК
Кадмий, мкг/г	0,8	Сумма 10 ПАУ, нг/г	1000
Ртуть, мкг/г	0,3	Бенз(а)пирен, нг/г	25
Медь, мкг/г	35	Бензол, нг/г	50
Никель, мкг/г	35	Толуол, нг/г	50
Свинец, мкг/г	85	Ксилол, нг/г	50
Цинк, мкг/г	140	Этилбензол, нг/г	50
Хром, мкг/г	100	Сумма ДДТ, ДДД и ДДЭ, нг/г	2,5
Мышьяк, мкг/г	29	$\gamma$ -ГХЦГ (линдан) ( $\gamma$ -НСН, lindane), нг/г	0,05
Кобальт, мкг/г	20	Сумма 6 ПХБ, нг/г	20
Молибден, мкг/г	10	Хлорбензолы, нг/г	-

Олово, мкг/г	20	Хлорфенолы, нг/г	-
Барий, мкг/г	200	НУ (ТРНs), мкг/г	50

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

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

Элемент	Коеф. пересчета мкМ в мкг/дм <sup>3</sup>	Элемент	Коеф. 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 контролируруемыми реками, от неконтролируемых территорий и от точечных источников, осуществляющих прямой сброс сточных вод в море. В настоящем Ежегоднике по каждому контролируемому району моря приведены, по возможности, на основе таблиц статистической отчетности 2ТП-Водхоз сведения о точечных источниках, расположенных на водосборах рек; об объеме поступающих в море с берега сточных вод и степени их очистки; а также о поступлении отдельных видов ЗВ со сточными и речными водами. Данные о нагрузках от диффузных источников, расположенных на водосборах рек, о фоновых нагрузках с водотоком от неконтролируемых территорий и удержании загрязняющих веществ в эстуарных районах, как правило, отсутствуют. Дополнительными источниками загрязнения морских акваторий является судоходство, инженерные работы на шельфе, атмосферный перенос и выпадение различных веществ (atmospheric deposition). По сферам деятельности

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

На Федеральном уровне основным органом государственной власти в области использования и охраны окружающей среды является Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России, [www.mnr.gov.ru](http://www.mnr.gov.ru)), одной из функций которого является мониторинг окружающей природной среды, ее загрязнения. В части осуществления государственного мониторинга водных объектов Минприроды России устанавливает требования к проведению наблюдений за состоянием окружающей природной среды и ее загрязнением, сбору, обработке, хранению и распространению информации о состоянии окружающей природной среды и ее загрязнении, а также к получению информационной продукции. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации осуществляет координацию и контроль деятельности подведомственных ему Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Федерального агентства водных ресурсов и Федерального агентства по недропользованию. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 "Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды" и прилагаемому к нему "Положению о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды" Росгидромет осуществляет формирование и обеспечение функционирования государственной наблюдательной сети, в том числе организацию и прекращение деятельности стационарных и подвижных пунктов наблюдений, включая судовые экспедиционные исследования, определение их местоположения и осуществляет государственный мониторинг водных объектов. Вся первичная информация о результатах мониторинга вод и их загрязненности направляется в институты Росгидромета, а также в Единый государственный фонд данных (ЕГФД), Росводресурсы и Минприроды России для хранения, обработки и подготовки информационной продукции.

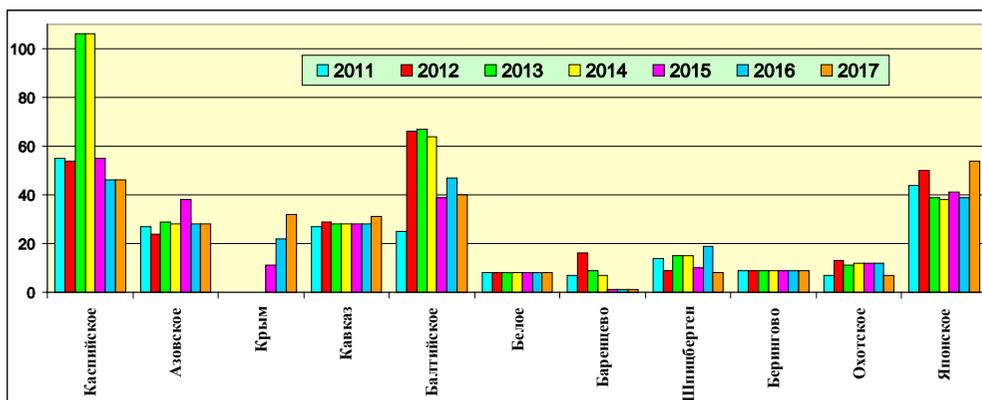
### **А.3. Мониторинг морской среды в 2017 г.**

В 2017 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской воды и донных отложений осуществлялись 16

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

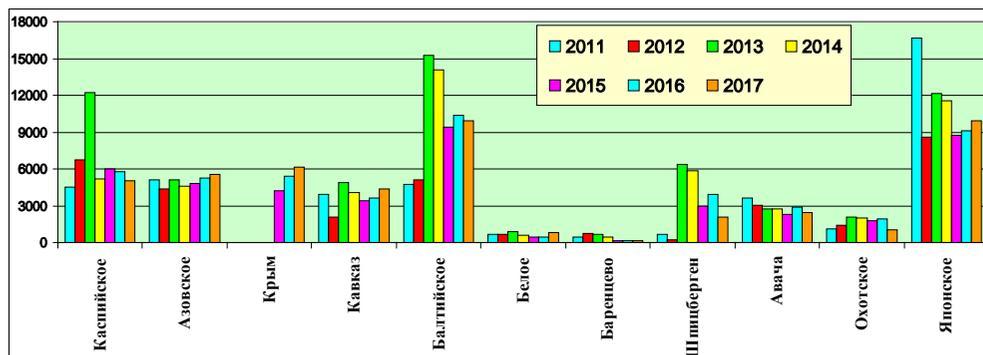


**Рис. А1.** Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2017 г.



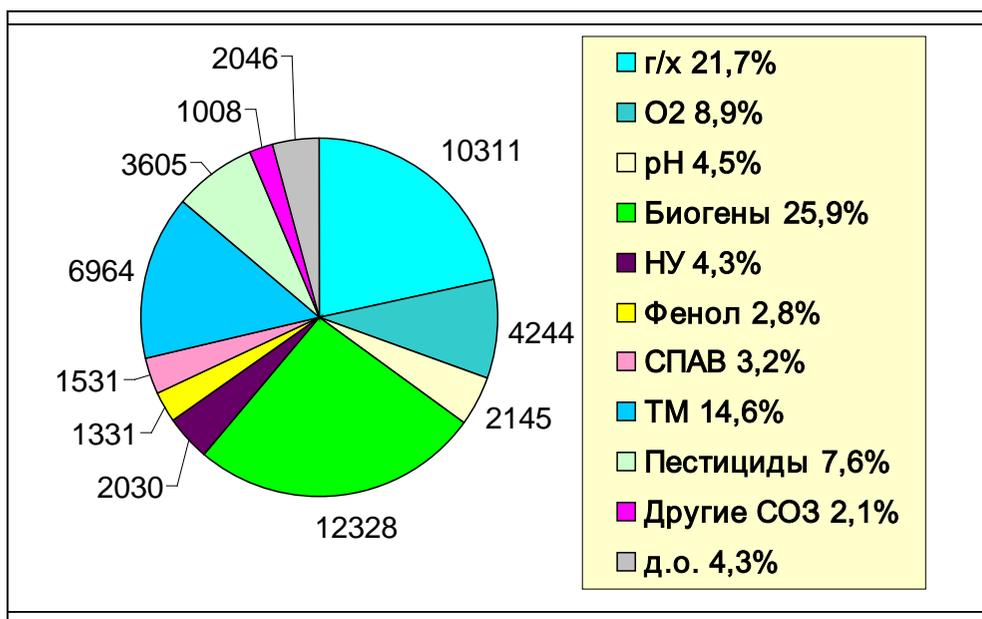
**Рис. А.2.** Количество станций мониторинга морской среды на морях РФ в 2017 г.

Всего в 2017 г. было отобрано и проанализировано 2162 пробы морской воды и 160 проб донных отложений, из которых 100 приходится на залив Петра Великого Японского моря. Суммарное количество выполненных химических анализов составило в морской воде 47543 измерений; в донных отложениях - 2046, из которых 2016 было выполнено на шельфе о. Сахалин и в заливе Петра Великого. Общее количество параметров контроля состояния морской среды в воде и донных отложениях включает 68 отдельных анализов и определений. Это гидрологические параметры, стандартная гидрохимия, концентрация биогенных элементов (азот, фосфор и кремний) и загрязняющих веществ. В рамках программы мониторинга последняя группа обычно включает определение концентрации суммарного содержания нефтяных углеводородов, определяемых методом инфракрасной спектрофотометрии, фенолов, СПАВ, от 1 до 12 тяжелых металлов (ТМ), а также стойких органических загрязнителей (СОЗ). К последним относят главным образом хлорорганические пестициды (ДДТ и его метаболиты, ГХЦГ и его изомеры), хлорбензол, а также существенно реже другие хлорированные углеводороды, фосфорорганические пестициды, ПАУ и ПХБ. Среди органических загрязняющих веществ отдельные ингредиенты ПАУ, хлорфенолов или конгенеры ПХБ не учитывались в общем количестве наблюдаемых параметров. Как правило, из общего списка контролируемых в морской среде параметров наблюдения в локальных районах выполнялись только по стандартной гидрохимии и очень ограниченному списку загрязняющих веществ, набор которых является приоритетным для акватории и аналитические возможности лаборатории позволяют его идентифицировать. Количество выполненных анализов в 2017 г. традиционно существенно различалось в разных морях (рис. А.3).



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

Государственный мониторинг морских вод в 2017 г. главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидролого-гидрохимических параметров (10311 анализов из общего количества 47543), а также изменение концентрации биогенных веществ (12328 анализов) и растворенного в воде кислорода (4244), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов тяжелых металлов (6964) и стойких органических загрязнителей, включая пестициды (3054 анализов). При анализе этих классов веществ в одной пробе морской воды обычно анализируется до 11 разных металлов и большое количество различных органических веществ. В частности, хроматографический анализ пестицидов обычно включает 6 ингредиентов из групп ГХЦГ и ДДТ (линдан и 2 конгенера, ДДТ и 2 метаболита), однако дополнительно могут определяться еще несколько хлор- или фосфорорганических соединений. При анализе содержания ПХБ может быть выявлено до 20 и более индивидуальных веществ-конгенов. Вследствие этого общее количество выполненных анализов по металлам и СОЗ выглядит повышенным при сравнении с другими группами веществ. На всех контролируемых участках акватории морей обязательно выполнялось определение содержания нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектроскопии. В целом структура выполненных анализов очень устойчивая от года к году и изменяется очень незначительно. В первую очередь это определяется неизменностью программ государственных наблюдений морской среды, которые заказываются химическим лабораториям производственным заданием.



**Рис. А.4.** Структура и количество анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы государственного мониторинга морской среды в 2017 г.

г/х – гидрологические и стандартные гидрохимические параметры; O<sub>2</sub> – концентрация растворенного в воде кислорода; pH – концентрация ионов водорода; Биогены – соединения азота, фосфора и кремния; НУ – сумма нефтяных углеводородов; Фенол – сумма фенолов; СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества; ТМ – тяжелые металлы; Пестициды – хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ; Другие СОЗ – другие стойкие органические загрязнители (хлор- и фосфорорганические пестициды, гербициды, полихлорированные бифенилы ПХБ, полициклические ароматические углеводороды ПАУ, хлорфенолы); д.о. – донные отложения.

## Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

Ильзова Ф.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 (Бухарицин П.П., 1996).

С территории России в Каспий впадают реки Волга, Терек, Сулак и Самур; последняя является пограничной рекой с Азербайджанской

Республикой. Сток р. Волги, в среднем равный  $255 \text{ км}^3$  в год, составляет примерно 80% поверхностного стока в море. Каспий является солоноватоводным водоемом. Соленость на большей части акватории моря составляет 12,6-13,2‰; средняя равна 12,66‰. На севере диапазон значительно шире и укладывается в границы 1-8‰. Прилегающая к территории России мелководная акватория значительно опреснена речным стоком. Даже на удалении от устья Волги у побережья Среднего Каспия в районе г. Махачкала средняя соленость равна 10,44‰. Распределение солености по вертикали относительно равномерное. Конвективное перемешивание хорошо развито осенью и зимой вследствие охлаждения поверхностных вод и их осолонения при ледообразовании. В Среднем Каспии глубина конвекции достигает 200 м, в южном Каспии - 80-100 м (Косарев А.Н., 1975).

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

доходит до 35 см, а период от 8-10 минут до нескольких часов (Крицкий С.К., 1975).

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

Бассейн Каспийского моря и особенно территория по берегам р. Волги отличаются высокой степенью промышленного и сельскохозяйственного освоения. Западное побережье Каспийского моря освоено лучше, чем восточное. Здесь на южном берегу Апшеронского полуострова расположен крупнейший на Каспийском море порт и самый большой на Кавказе город Баку, с площадью 2130 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 Туркменистана. Опыт освоения нефтегазоносных месторождений на морской акватории показывает, что даже при нормативном режиме добычи нефти каждая буровая установка является источником множества загрязнений, в которые входят твердые, жидкие и газообразные компоненты. В среднем при освоении морских месторождений в водную среду поступает от одной скважины от 30 до 120 тонн нефти в год (Тарасова Р.А. и др., 2008).

### **1.3. Мониторинг вод Северного Каспия**

В период с 30 марта по 20 октября 2017 г. на трех разрезах западной и центральной части мелководного Северного Каспия наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод были проведены на 9 станциях вековых разрезов III и IIIa Астраханским ЦГМС в конце марта-начале апреля, июле и октябре, а также на четырех станциях IV разреза Дагестанским ЦГМС в конце мае и начале сентября (рис. 1.1). Всего было отобрано 69 проб из водной толщи на станциях с

глубинами 4,0-25,0 м. Пробы воды были отобраны из поверхностного и придонного слоев, а на разрезе IV также из промежуточного. В береговой стационарной лаборатории были определены стандартные гидрохимические параметры и концентрация загрязняющих веществ – нефтяных углеводородов (ИКС-метод), фенолов, СПАВ и тяжелых металлов: железа, марганца, цинка, никеля, хрома, меди, свинца, кобальта, кадмия и ртути. На IV разрезе в воде определялись только НУ и фенолы. При оценке качества вод по биогенным веществам в водах района принималось, что они могут быть в целом охарактеризованы как мезотрофные.

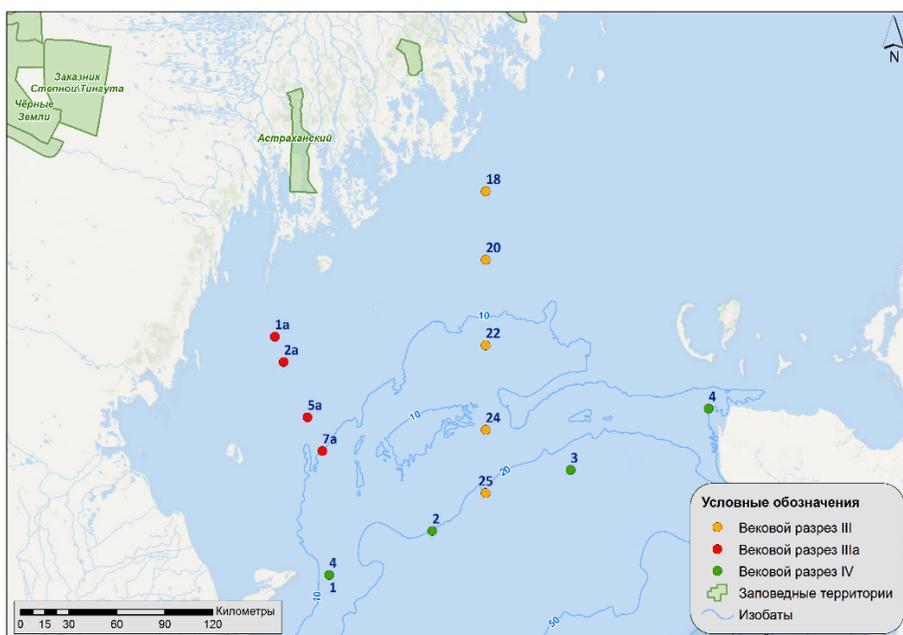


Рис. 1.1. Станции отбора проб на акватории Северного Каспия в 2017 г.

### 1.3.1. Вековой разрез III

Температура воды в период исследований в 26 отобранных пробах была в диапазоне от  $5,1^{\circ}\text{C}$  (4 апреля) до  $26,2^{\circ}\text{C}$  (19 июля), что соответствует обычному годовому ходу температуры. Значения **солености** изменялись от 6,71‰ на ст. №18 31 марта до 13,07‰ в южной части разреза (ст. №24) на горизонте 11 м 24 октября. Как и в предыдущие годы, в марте соленость в северной части разреза, в большей мере подверженной влиянию стока Волги, была заметно выше, чем в южной удаленной от дельты части. Значения водородного

показателя рН находились в пределах 7,44-8,25, при среднем значении 8,05 (табл. 1.1), что немного ниже 2016 г.

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

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

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

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

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

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

Кислородный режим морских вод в районе разреза III в 2017 г. по сравнению с 2015-2016 гг. немного улучшился, средняя годовая концентрация растворенного кислорода составила 10,77 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная - 7,13 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (табл. 1.1, 1.2). Она наблюдалась в июле в поверхностном слое при температуре 25,0<sup>o</sup>С и солености 11,20‰ и соответствовала степени насыщения 92,2%.

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

### 1.3.2. Вековой разрез Ша

В 2017 г. наблюдения на разрезе Ша выполнялись на 4 станциях, примыкающих к устью Волги, 1-2 апреля, 25 июля и 19-22 октября.

**Температура** воды в период исследований была в диапазоне 6,0-26,4<sup>0</sup>С; соленость 2,72-9,35‰, при средней 6,14‰. Значения меньше 5‰ были отмечены на ст.№1 и 2 в июле и ст.№1 в октябре как на поверхности, так и в придонном слое. Соленость выше 10‰ в 2017г. не наблюдалась.

Значения **водородного показателя рН** находились в пределах 7,41-8,90, при среднем значении 8,03 (табл. 1.1). Среднее значение рН оказалось заметно ниже, чем в 2016г., но это, вероятно, связано с тем, что в 2017г. наблюдения проводились не только летом, но и в октябре, когда в условиях более низкой интенсивности фотосинтеза возрастает концентрация в воде углекислого газа и рН обычно уменьшается.

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

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

Средняя концентрация фенолов находилась на уровне ПДК, причем за последние годы она заметно понизилась. В 2017 г. среднее содержание СПАВ оставалось гораздо меньше ПДК (табл. 1.2) несмотря на то, что рассматриваемый разрез находится под существенным влиянием стока Волги. Средняя концентрация многих металлов была выше норматива (железа (4,4 ПДК), кобальта (4,0 ПДК), никеля (3,6 ПДК), меди (1,4 ПДК)), как и на всей акватории Северного Каспия (табл. 1.3).

Значение индекса загрязненности вод (ИЗВ) на разрезе Ша составило 1,65, что соответствует IV классу вод, «загрязнённые» (табл. 1.4). Как и для разреза III, расчет производился по средней концентрации НУ, фенолов и СПАВ и кислорода, без учета металлов. При учете средней концентрации НУ, железа и меди ИЗВ будет существенно выше и воды в западной части мелководья Северного Каспия будут оцениваться V классом, «грязные». Для учета естественных для морских вод элементов или веществ, в частности

металлов, необходима разработка локальных нормативов ПДК и определение не связанных с хозяйственной деятельностью фоновых концентраций таких веществ.

Анализ многолетней динамики ИЗВ за период 2010-2017 гг. на разрезах III и IIIa показал рост индекса приблизительно с одинаковой скоростью, равной 0,08 единиц в год. При этом многолетние изменения ИЗВ на обоих разрезах обусловлены преимущественно увеличением средней средней годовой концентрации нефтяных углеводородов, у чем было сказано выше.

### 1.3.3. Разрез IV

В 2017 г. гидрохимические съёмки проводились на 4 станциях в мае и сентябре. Было отобрано 21 проба в поверхностном, промежуточном и придонном слоях. Диапазон изменчивости значений **температуры** воды составил 12,1-20,0<sup>0</sup>С, солёности 7,84-11,24‰, в среднем 9,81‰, водородного показателя рН 7,73-8,79.

Концентрация биогенных веществ на границе Северного мелководья и Центрального Каспия в целом была в пределах естественных межгодовых изменений (табл. 1.1). Среднее содержание неорганического **фосфора не превышала 0,4 ПДК<sup>1</sup>**, но это в несколько раз меньше наблюдавшегося по всему Северному Каспию до начала столетия. Концентрация аммонийного азота оставалась в пределах норматива, но за последние годы отмечен ее рост от менее 0,1 ПДК до около 0,7 ПДК.

В части **загрязняющих веществ** превышение норматива на разрезе IV было отмечено только для фенолов (средняя концентрация 2,8 ПДК, максимальная - 4 ПДК), тогда как средняя концентрации нефтяных углеводородов не превышала 1 ПДК, что в 4-5 раз ниже, чем в Северном Каспии (табл.1.2). Концентрация металлов не определялась.

Кислородный режим в 2017 г. оставался в пределах установленного норматива, случаев дефицита кислорода отмечено не было. Однако за последние годы отмечалось уменьшение концентрация кислорода – как средней годовой (от 8,95 мг/дм<sup>3</sup> в 2015г. до 7,90 мг/дм<sup>3</sup> в 2017г.), так и минимальной (от 7,25 мг/дм<sup>3</sup> в 2015г. до 7,06 в 2017г., табл. 1.2).

В целом, воды открытого моря на границе между Северным и Средним Каспием оцениваются как «загрязненные» (класс IV, табл. 1.4), хотя уровень загрязнения здесь был несколько ниже, чем на более северных акваториях (ИЗВ 1,31 по сравнению с 1,57- 1,65 на разрезах III и IIIa). При этом и в этой части моря отмечался рост ИЗВ за последние

---

<sup>1</sup> ПДК минерального фосфора принятой 50 мкгN/дм<sup>3</sup> для Северного Каспия как мезотрофного водоема принята равной принятой 50 мкгN/дм<sup>3</sup>

три года – с 0,98 в 2015г. до 1,31 в 2017г., что означало переход качества морских вод из класса «умеренно загрязненные» в класс «загрязненные».

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

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

Параметр	Вековой разрез III			Вековой разрез IIIa		
	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.
Fe	290 5,8 ПДК	160 3,2 ПДК	540 10,8 ПДК	220 4,4 ПДК	20 0,4 ПДК	450 9,0 ПДК
Cu	7,1 1,4 ПДК	2,9 0,6 ПДК	15,3 3,1 ПДК	6,9 1,4 ПДК	2,4 0,5 ПДК	12,8 2,6 ПДК
Zn	94,4 1,9 ПДК	12,3 0,2 ПДК	404,9 8,1 ПДК	100,3 2,0 ПДК	11,5 0,2 ПДК	432,9 8,7 ПДК
Ni	41,0 4,1 ПДК	18,4 1,8 ПДК	85,2 8,5 ПДК	35,7 3,5 ПДК	9,6 1,0 ПДК	89,3 8,9 ПДК
Co	48,6 9,7 ПДК	1,7 0,3 ПДК	95,6 19,1 ПДК	20,3 4,0 ПДК	1,2 0,2 ПДК	63,5 12,7 ПДК
Cd	0,86	0,03	2,68	0,19	0,02	1,23

	0,09 ПДК	<0,01 ПДК	0,3 ПДК	0,02 ПДК	<0,01 ПДК	0,1 ПДК
Pb	26,1 2,6 ПДК	1,8 0,2.ПДК	124,1 12,4 ПДК	10,0 1,0 ПДК	1,9 0,2 ПДК	56,3 5,6 ПДК
Mn	5,2 0,1 ПДК	2,5 0,05 ПДК	13,5 0,3 ПДК	6,8 0,14 ПДК	0,8 0,02 ПДК	33,4 0,67 ПДК
Hg	0,02 0,2 ПДК	0,01 0,1 ПДК	0,06 0,6 ПДК	0,02 0,2 ПДК	0,00 0,0 ПДК	0,06 0,6 ПДК

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

Высока была пространственная неоднородность концентрации металлов в водах Северного Каспия. В табл. 1.5 приведены оценки их изменчивости, описываемой средней разностью максимума и минимума концентрации каждого металла на двух разрезах, отнесенной к средней концентрации этого металла на акватории. Из данных таблицы следует, что размах колебаний концентрации превышал ее средние значения в 1,6 – 9,3 раза. Это означает, что для поля концентрации загрязняющих веществ характерна пятнистая структура, причем линейные размеры пятен составляют несколько километров или первых десятков километров. При этом наименьшая пространственная изменчивость была характерна для железа и меди, а наибольшая – для кадмия.

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

Fe	Cu	Zn	Ni	Co	Cd	Pb	Mn	Hg
156	164	417	193	250	934	506	344	250

*Примечание.* Под относительной изменчивостью понимается отношение средней разности максимума и минимума концентрации каждого металла к средней концентрации этого металла.

#### 1.4. Состояние вод Дагестанского побережья

Наблюдения за гидрохимическим состоянием и загрязнением морских вод Дагестанского взморья в 2017 г. были выполнены Дагестанским ЦГМС в районе Лопатина (24 пробы на 4 станциях в апреле, июле и сентябре), г. Махачкала (68 пробы на 8 станциях в апреле, июне, сентябре и октябре), Каспийска (30 проб на станциях в июне и сентябре, Избербаша (27 проб на 3 станциях в июне и сентябре), Дербента (12 проб на 2 станциях в июне и сентябре) и на устьевых взморьях рек Терек (40 проб на 5 станциях в сентябре и октябре), Сулак (40 проб на 5 станциях в сентябре и октябре) и Самур (12 проб на 2 станциях в июне и сентябре, рис. 1.2). Станции расположены вблизи берега на мелководье, их глубина варьирует от 3,3 до 22,0 м.



Рис. 1.2. Станции отбора проб на Дагестанском взморье в 2017 г.

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

Каких-либо закономерностей в пространственном распределении концентрации соединений **азота** ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , общего азота) не обнаружено. Средняя концентрация **аммонийного азота**, хотя и немного превышала показатели 2016г., колебалась от одного района к другому в пределах 0,61 - 0,84 ПДК. При этом в северной части Дагестанского взморья (Лопатин и взморье Терека) обнаружен рост средней концентрации  $\text{NH}_4$  от 0,3 ПДК в 2015г. до 0,7-0,8 ПДК в 2017г.

Среди загрязняющих веществ приоритетными на этом участке прибрежных вод оставались **фенолы**: их средние значения варьировали от 4,2 ПДК у Лопатина до 2,9 ПДК у Избербаша, максимальные значения достигали у Дербента 5-6 ПДК (табл. 1.2). Заметно меньший вклад в общее загрязнение вносили **нефтяные углеводороды** - их среднее содержание не превышало 1,0 ПДК, даже в районе такого крупного порта, как Махачкала. Другие загрязняющие вещества (металлы, СПАВ) не определялись.

**Кислородный режим** в водах Дагестанского побережья был в пределах нормы – минимальная концентрация растворенного кислорода составила  $7,00 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  (табл. 1.1, 1.2), что заметно выше норматива, а его средняя концентрация изменялась от района к району в пределах от 7,77 до  $8,88 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Отметим, что в 2017г. отбор проб на участке Каспийск – взморье р. Самур проводился только в июне и сентябре, т.е. при относительно высокой температуре воды, что сказывалось на средних значениях концентрации растворенного кислорода в сторону ее занижения.

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

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

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

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

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

Район	Загрязняющее вещество	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. разрез III	НУ	0,12	2,4	0,17	<b>4</b>	0,23	<b>5</b>
		0,61	12	0,30	6	0,37	7
	Фенолы	1,5	1,5	1,2	<b>1,2</b>	0,9	<b>0,9</b>
		3,0	3,0	2,0	2,0	2	2
	СПАВ	28,5	0,3	23,3	0,23	23,5	0,23
		69	0,7	42	0,42	30	0,30
	Азот аммонийный	99	0,3	41,7	0,1	14,2	<0,1
		13	<0,1	102	0,26	54	0,1
	Fe	121,0	<b>2,4</b>	180	<b>3,0</b>	290	<b>5,6</b>
		200	4	530	10,6	540	<b>11</b>
	Cu	15,9	<b>3</b>	8,31	<b>1,7</b>	7,1	<b>1,4</b>
		47,3	<b>9</b>	23,6	<b>4,7</b>	15,3	<b>3,1</b>

	Zn	129,0	<b>2,6</b>	23,84	0,5	94,4	<b>1,9</b>
		307,2	6	97,0	1,9	404,9	<b>8,1</b>
	Ni	50,7	5	16,1	<b>1,6</b>	41,0	<b>4,1</b>
		186,5	19	39,5	3,95	85,2	<b>8,5</b>
	Кислород	10,04		10,47		10,77	
	мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,55		7,32		7,13	
2. разрез Ша	НУ	0,093	1,9	0,16	<b>3,20</b>	<b>0,24</b>	<b>4,8</b>
		0,26	5	0,32	6,40	0,44	8,8
	Фенолы мкг/л	1,75	1,8	2	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
		4	4	3	3,0	2,0	2,0
	СПАВ мкг/л	31,7	0,3	29	0,29	24,1	0,24
		57	0,6	47	0,47	30	0,3
	Азот	8,5	<0,1	54,2	0,14	23,4	<0,1
	аммонийный	66	0,2	471	1,21	57,3	0,1
	Fe	163,5	3	170	<b>3,4</b>	<b>220</b>	<b>4,4</b>
		270	5	260	5,2	450	8,2
	Cu	17,6	4	8,0	<b>1,60</b>	<b>6,9</b>	<b>1,36</b>
		64,6	13	41,4	8,28	12,8	2,5
	Zn	100,2	2,0	20,2	0,40	100,3	2,0
		314,5	6	86,8	1,74	432,9	8,7
	Кислород	9,80		10,15		10,70	
	мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,39		6,17		7,39	
3. Разрез IV	НУ	0,040	0,8	0,038	0,76	0,049	1,0
		0,06	1,2	0,06	1,2	0,07	<b>1,4</b>
	Фенолы	2,18	2,2	2,4	2,4	2,8	<b>2,8</b>
		4,0	4	4	4,0	4	<b>4</b>
	СПАВ	-	-	-	-		
		-	-	-	-		
	Азот	11,7	<0,1	184,7	0,47	267,5	0,68
	аммонийный	16,0	<0,1	344	0,88	374	0,96
	Fe	-		-	-		
		-		-	-		
	Cu	-		-	-		
		-		-	-		
	Zn	-		-	-		
		-		-	-		
	Кислород	8,95		8,91		7,92	
	мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,25		7,82		7,06	
1. Лопатин	НУ	0,039	0,8	0,041	0,84	0,05	1,0
		0,06	1,2	0,07	1,4	0,07	1,4

	Фенолы	2,2	2,2	2,7	<b>2,7</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>
		4,0	4,0	6,0	6,0	5,0	5,0
	СПАВ	-		-	-		
		-		-	-		
	Азот	118,8	0,3	318,2	0,82	316,1	0,81
	аммонийный	211	0,5	799	2,05	398	1,02
	Cu	-		-	-		
		-		-	-		
	Zn	-		-	-		
		-		-	-		
	Кислород	9,59		8,78		8,71	0,69
	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,63		7,17		6,81	
2. Взморье	НУ	0,045	0,9	0,048	0,96	0,046	0,92
р. Терек		0,06	1,2	0,08	1,6	0,07	1,4
	Фенолы	3,1	3,1	4,1	<b>4,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,3</b>
		5	5	7	7	5	5
	СПАВ	-		-			
		-		-			
	Азот	117,2	0,3	239,8	0,61	275,4	0,71
	аммонийный	256	0,7	378	0,97	389	1,0
	Cu	-		-	-		
		-		-	-		
	Zn	-		-	-		
		-		-	-		
	Кислород	9,73		8,81		8,72	
	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,40		7,37		7,00	
3. Взморье	НУ	0,044	0,9	0,048	0,96	0,050	1,0
р. Сулак		0,07	1,4	0,08	<b>1,4</b>	<b>0,07</b>	<b>1,4</b>
	Фенолы	2,7	2,7	3,5	3,5	2,97	2,97
		4,0	4	8,0	8,0	5,0	5,0
	СПАВ	-		-	-		
		-		-	-		
	Азот	107,3	0,3	250,3	0,64	298,7	0,77
	аммонийный	195	0,5	463	1,19	418	1,1
	Cu	-		-	-		
		-		-	-		
	Zn	-		-	-		
		-		-	-		
	Кислород	9,65		8,70		8,70	

	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,53		7,17		7,00	
4. Махачкала	НУ	0,045	0,9	0,048	0,96	0,048	0,96
		0,06	1,2	0,09	1,8	0,08	1,6
	Фенолы	2,6	2,6	3,4	<b>3,4</b>	<b>3,3</b>	<b>3,3</b>
		4,0	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	СПАВ	-		-	-		
		-		-	-		
	Азот	171,1	0,4	212,4	0,54	329,0	0,85
	аммонийный	390	1,0	428	1,10	390	1,0
	Кислород	10,18		8,91		8,88	0,68
	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,79		7,11		7,07	
5. Каспийск	НУ	0,044	0,9	0,037	0,74	0,048	0,96
		0,06	1,2	0,07	1,4	0,07	1,4
	Фенолы	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5
		4,0	4,0	5,0	5,0	6,0	6,0
	СПАВ	-		-	-		
		-		-	-		
	Азот	130,3	0,3	208,1	0,53	260,1	0,67
	аммонийный	292	0,8	404	1,03	291	0,77
	Кислород	10,2		9,17		8,07	0,74
	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,42		7,51		7,31	
6. Избербаш	НУ	0,044	0,9	0,037	0,74	0,046	0,92
		0,06	1,2	0,06	1,2	0,08	1,6
	Фенолы	2,7	2,7	3,0	<b>3,0</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>
		5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0
	СПАВ	-		-	-		
		-		-	-		
	Азот	141,3	0,4	218,0	0,74	230,1	0,59
	аммонийный	330	0,8	396	1,01	291	0,75
	Кислород	10,05		9,57		8,19	0,73
	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,78		7,53		7,43	
7. Дербент	НУ	0,043		0,042	0,84	0,048	0,96
		0,06	1,2	0,06	1,20	0,06	1,2
	Фенолы	2,5	2,5	3,0	<b>3,0</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>
		4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
	СПАВ	-		-	-		
		-		-	-		
	Азот	118,9	0,3	223,7	0,56	219,2	0,56
	аммонийный	318	0,8	352	0,91	297	0,76
	Сu	-		-	-		

		-		-	-		
	Zn	-		-	-		
		-		-	-		
	Кислород	9,94		8,94		8,12	
	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,71		7,78		6,82	
8. Взморье	НУ	0,043	0,9	0,041	0,98	0,05	1,0
р. Самур		0,06	1,2	0,05	1,0	0,06	1,2
	Фенолы	2,8	2,8	2,7	<b>2,7</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>
		4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
	СПАВ	-		-	-		
		-		-	-		
	Азот	143,9	0,4	223,3	0,57	217,8	0,56
	аммонийный	290	0,7	351	0,90	297	0,76
	Кислород	10,05		8,91		8,23	
	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,07		7,29		7,41	

Примечания:

1. Концентрация С\* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного азота, меди и цинка – 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. Для распресненных вод Северного и Среднего Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389 мкг/дм<sup>3</sup>.

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

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
<b>Северный Каспий</b>							
1. III разрез	1,20	III	1,35	IV	1,57	IV	НУ 4,60; СПАВ 0,23; фенолы 0,9; О <sub>2</sub> 0,56
2. Ша разрез	1,14	III	1,52	IV	1,65	IV	НУ 4,8; СПАВ 0,24; фенолы 1,0; О <sub>2</sub> 0,56
3. Разрез IV	0,98	III	1,07	III	1,3 1	IV	НУ 1,0; NH <sub>4</sub> 0,68; фенолы 2,8; О <sub>2</sub> 0,76
<b>Дагестанское побережье</b>							
1. Лопатин	0,98	III	1,2 6	IV	1,7 1	IV	НУ 1,0; NH <sub>4</sub> 0,85; фенолы 4,3; О <sub>2</sub> 0,69
2. Взморье р. Терек	1,23	III	1,5 9	IV	1,4 0	IV	НУ 0,92; NH <sub>4</sub> 0,71; фенолы 3,3; О <sub>2</sub> 0,69

3. Взморье р.Сулак	1,12	III	1,4 7	IV	1,3 6	IV	НУ 1,0; NH <sub>4</sub> 0,77; фенолы 2,97; O <sub>2</sub> 0,69
4. Махачкала	1,13	III	1,4 4	IV	1,4 5	IV	НУ 0,96; NH <sub>4</sub> 0,85; фенолы 3,3 ; O <sub>2</sub> 0,68
5. Каспийск	1,08	III	1,2 3	III	1,4 7	IV	НУ 0,74; NH <sub>4</sub> 0,67; фенолы 3,5; O <sub>2</sub> 0,74
6. Избербаш	1,14	III	1,2 7	IV	1,2 9	IV	НУ 0,92; NH <sub>4</sub> 0,59; фенолы 2,9; O <sub>2</sub> 0,73
7. Дербент	1,07	III	1,2 7	IV	1,4 9	IV	НУ 0,96; NH <sub>4</sub> 0,56; фенолы 3,7; O <sub>2</sub> 0,74
8. Взморье р.Самур	1,15	III	1,2 3	III	1,3 7	IV	НУ 1,0; NH <sub>4</sub> 0,56; фенолы 3,2; O <sub>2</sub> 0,73

## Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

Хорошенькая Е.А., Сулименко Е.А., Дербичева Т.И., Кобец С.В.,  
Алексеенко А.И., Крутов А.Н., Коршенко А.Н., Погожева М.П.,  
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:  $47^{\circ}17'$  с.ш. и  $39^{\circ}49'$  в.д. на северо-востоке в вершине Таганрогского залива,  $39^{\circ}18'$  в.д. на западе (Арабатский залив) и на юге Керченского пролива ( $45^{\circ}17'$  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<sup>0</sup>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<sup>0</sup>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 непериодические сгонно-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 ветра 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<sup>o</sup>C и достигает 32,0-32,5<sup>o</sup>C у берегов. Зимой она имеет нулевые и близкие к ним значения почти во всем море. Многолетняя среднегодовая температура воды на поверхности моря равна 11<sup>o</sup>C. Распределение температуры по вертикали неодинаково в разные сезоны. Осенью и зимой она приблизительно на 1<sup>o</sup>C повышается с глубиной, весной и летом картина прямо противоположная (Азовское море, 1962).

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

В море ежегодно образуются льды. Море начинает замерзать в конце ноября, очищение ото льда происходит в марте-апреле. Быстрая и частая смена зимней погоды влечет за собой крайнюю неустойчивость ледовых условий, а лед может превращаться из неподвижного в дрейфующий и обратно. Максимального развития и наибольшей толщины (20-60 см в средние зимы и 80-90 см в суровые) лед достигает в феврале. По средним многолетним данным льды занимают 29% общей площади моря (Боровская Р.В. и др., 2008).

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

В 2017 г. гидрохимические наблюдения выполнялись Донской устьевой станцией (ДУС) на трех станциях в устьях рукавов Мёртвый Донец (9р), Переволока (12р) и Песчаный (13р), (рис. 2.1). Пробы отбирались из поверхностного и придонного слоев воды в период с мая по октябрь. Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы. На месте отбора проб определялась величина водородного показателя (рН) и производилась фиксация проб на кислород, аммонийный азот и ртуть, а

также экстракция нефтепродуктов четыреххлористым углеродом и пестицидов гексаном. Завершение определения содержания нефтяных углеводородов, выполненных с применением ИКС-метода, а также растворенных в воде соединений ртути с применением атомно-абсорбционного метода и хлорорганических пестицидов (газожидкостная хроматография) производилось в лаборатории Ростовского ЦГМС. В тот же период в устьевой области реки и восточной части залива было отобрано 12 проб донных отложений, в которых была определена концентрация нефтяных углеводородов.



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

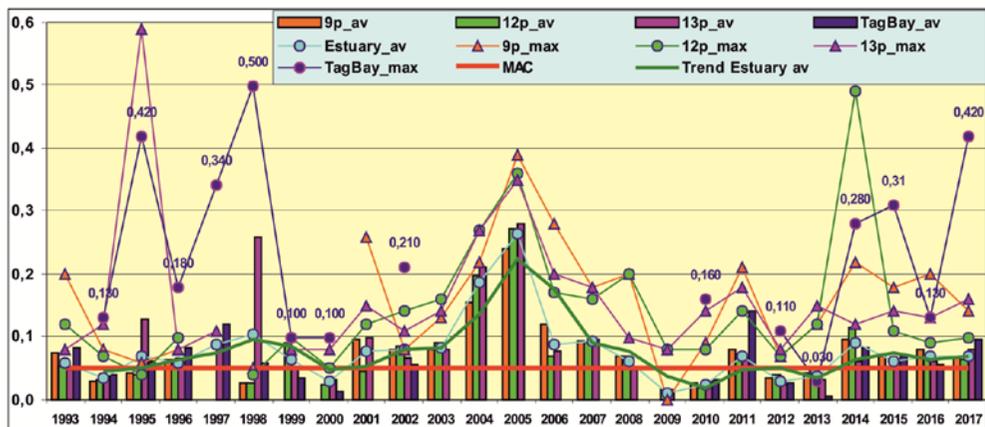
## 2.3. Загрязнение вод

### 2.3.1. Устьевая область реки Дон.

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

Несмотря на предпринимаемые меры по сокращению загрязнения речного стока, на станциях контроля в дельте р. Дон, здесь по-прежнему наблюдаются превышения концентрации **нефтяных углеводородов**. Так в отчетном году среднегодовая концентрация в устье рукава Песчаный в 1,6 раза превысила ПДК и составила 0,08 мг/дм<sup>3</sup>, рукаве Мертвый Донец в 1,4 раза превысила ПДК 0,07 мг/дм<sup>3</sup>, а в устье рукава Переволока в 1,2 раза превысила ПДК (0,06 мг/дм<sup>3</sup>). При этом в 62% отобранных проб концентрация превышала ПДК. Максимальное значение концентрации нефтяных углеводородов (3,2 ПДК) отмечено в июне в придонном слое протоки Песчаный. Степень загрязнения донных отложений рукавов дельты нефтяными углеводородами изменялась от 0,05 мг/г до 0,11 мг/г (1,0-2,2 ДК). Максимальная

концентрация была зафиксирована на станции в устье рукава Переволока в июле.



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

Среднегодовая концентраций нитритного азота превышала установленный норматив (ПДК) в 1,3 раза и составила  $31,5 \text{ мг/дм}^3$ , максимальная концентрация превышала установленный норматив в 4,5 раза ( $108,8 \text{ мг/дм}^3$ ). Среднегодовая концентрация аммонийного азота составила 0,2 ПДК ( $84,7 \text{ мг/дм}^3$ ) и достигала 0,6 ПДК в придонном слое в июле на горизонте 7 м в придонном слое на станции в устье рукава Песчаный. Среднегодовая концентрация СПАВ составила  $14 \text{ мкг/дм}^3$ , а максимальная, зафиксированная в поверхностном слое на станции в устье рукава Переволока в октябре составила  $140 \text{ мкг/дм}^3$  или 1,4 ПДК.

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

Во всех устьях рукавов дельты р. Дон обнаружена растворенная ртуть в концентрации от  $0,01 \text{ мг/дм}^3$  (1,0 ПДК) в устье рукавов Мертвый донец и Песчаный и  $0,029 \text{ мг/дм}^3$  (2,9 ПДК) в устье рукава

Протока Хлорорганические **пестициды** групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды обнаружены не были

Среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** в водах рукавов р. Дон составила 6,49 мг/дм<sup>3</sup> и изменялась от 77 до 154% насыщения в придонном слое рукава Мертвый Донец 24 мая и в поверхностном слое на той же станции 18 октября.

Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод, а именно по нефтяным углеводородам, ртути, нитритам и растворенному кислороду. В отчетном году качество воды в устьях рукавов р. Дон ухудшилось по сравнению с предыдущим годом. Значение ИЗВ составило 1,13, что позволяет отнести воды к категории «умеренно загрязненные» (табл. 2.2).

### 2.3.2. Таганрогский залив

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

**Нефтяные углеводороды** являются одним из наиболее существенных загрязнителей вод Таганрогского залива. Концентрация НУ изменялась в диапазоне от величины менее предела обнаружения применяемого метода анализа ( $DL=0,02$  мг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе до 0,42 мг/дм<sup>3</sup> (8,4 ПДК), что более чем в 3 раза превосходит показатель прошлого года (2,6 ПДК). При этом повторяемость проб с превышением 1 ПДК составила 53%. Среднегодовое значение концентрации (0,0995 мг/дм<sup>3</sup>) почти в 2 раза больше прошлогоднего значения (0,056 мг/дм<sup>3</sup>), а максимальное значение концентрации (0,42 мг/дм<sup>3</sup>) превзошло прошлогоднее значение (0,13 мг/дм<sup>3</sup>) более чем в три раза (рис. 2.2). Концентрация СПАВ не превышала ПДК и изменялась в пределах от аналитического нуля до 38 мкг/дм<sup>3</sup>, среднегодовая концентрация составила 6,5 мкг/дм<sup>3</sup>. Растворенная ртуть в концентрации от 1 до 3,2 ПДК была обнаружена в 4 пробах из 6 проб

только в поверхностном слое вод Таганрогского залива в сентябре и октябре.

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

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

За отчетный год в водах залива концентрация растворенной ртути изменялась от предела определения применяемого метода химического анализа ( $0,001 \text{ мкг/дм}^3$ ) до  $0,032 \text{ мкг/дм}^3$  (3,2 ПДК). Среднегодовая концентрация составила  $0,014 \text{ мкг/дм}^3$  (1,4 ПДК).

Концентрация растворенного **кислорода** в водах залива изменялась в исследуемый период в диапазоне  $4,19\text{-}13,06 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ , составив в среднем  $9,33 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Минимальное значение было зафиксировано 28

августа ст. №6 на глубине 3 м, при этом насыщение воды кислородом составило 50%. Уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям. В целом содержание растворенного кислорода опускалось ниже допустимого предела только в трех пробах у дна на ст. №6, 10 и 14.

Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод, а именно по нефтяным углеводородам, ртути, нитритам и растворенному кислороду. В целом по индексу ИЗВ (1,33) воды Таганрогского залива в 2017 г. можно отнести к категории «загрязненные».

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

Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
<b>Устьевая область реки Дон</b>						
НУ	0,06	<b>1,2</b>	0,07	<b>1,4</b>	0,07	<b>1,4</b>
	0,18	<b>4</b>	0,2	<b>4</b>	0,16	<b>3</b>
СПАВ	1,8	<0,1	9,25	<0,1	14	<0,1
	16	0,2	39	0,4	140	1,4
Ртуть	0,008	0,8	0,004	0,4	0,004	0,4
	0,02	<b>2,0</b>	0,018	<b>2,0</b>	0,029	<b>2,9</b>
Азот аммонийный	92,1	0,2	137	0,3	85	0,2
	182	0,4	289	0,6	240	0,6
Нитриты	23,0	1,0	30,0	<b>1,2</b>	31,5	<b>1,3</b>
	52,0	<b>2,2</b>	52,0	<b>2,2</b>	108,8	<b>5</b>
Фосфор общий	184		134		113	
	308		246		197	
Растворенный кислород	8,58	1,4	7,83	1,3	6,49	1,1
	5,93	1,0	6,87	1,1	4,32	<b>0,7</b>
% насыщения	96		112		101	
	73		75		77	
<b>Таганрогский залив</b>						
НУ	0,07	<b>1,4</b>	0,06	<b>1,1</b>	0,095	<b>1,9</b>
	0,31	<b>6</b>	0,13	<b>2,6</b>	0,42	<b>8</b>
СПАВ	16,4	0,2	5,1	<0,1	7	<0,1
	66	0,7	33	0,3	38	0,4
Ртуть	0,013	0,1	0,005	<0,1	0,014	<b>1,4</b>
	0,02	0,2	0,02	0,2	0,032	<b>3</b>
Азот аммонийный	18,2	<0,1	50,5	0,1	33,9	<0,1

	74	0,2	156	0,4	78,1	0,2
Нитриты	12,5	0,5	17,2	0,7	14,8	0,6
	49	<b>2,0</b>	114	<b>5</b>	40,2	<b>1,6</b>
Фосфор общий	87,1		53,4		48,1	
	227		119		91,3	
Растворенный кислород	9,04		9,24		9,33	
	5,13	<b>0,86</b>	5,89	<b>0,98</b>	4,19	<b>0,70</b>
% насыщения	102		107		104	
	55		68		50	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С\*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; СПАВ и ртуть 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 использованы значения ПДК для пресных вод.

**Таблица 2.2.** Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2014-2017 гг.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание приоритетных ЗВ в 2016 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	0,85	III	0,86	III	1,13	III	НУ 1,4; NO <sub>2</sub> 1,3; O <sub>2</sub> 0,7
Таганрогский залив	0,96	III	0,66	II	1,33	IV	НУ 1,9; NO <sub>2</sub> 0,6; Hg 1,4; O <sub>2</sub> 1,43

#### 2.4. Загрязнение донных отложений

Как было указано выше, в устьевой области р. Дон с апреля по октябрь одновременно с отбором проб воды было отобрано 12 проб донных отложений. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от 0,05 мг/г до 0,11 мг/г. Максимум отмечен в июле в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 80 мкг/г (1,6 ДК).

В Таганрогском заливе на ст. №4,5,6 было отобрано 18 проб донных отложений, в которых было определено содержание НУ. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась в диапазоне от 3 до 140 мкг/г (max

2,8 ДК), а средняя концентрация равнялась 71,7 мкг/г (1,4 ДК), что незначительно отличается от значений прошлого года (1,3 ДК). В целом межгодовые вариации содержания НУ в осадках залива можно рассматривать как незначительные.

## **2.5. Устьевое взморье и дельта р. Кубань**

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

В 2017 г. в дельте реки Кубань и на ее устьевом взморье в Темрюкском заливе мониторинг водной среды осуществлялся Устьевой ГМС Кубанская («У Кубанская», г. Темрюк). В порту Темрюка (ст. №1) наблюдения проводились в течение всего года, пробы воды отбирались ежедекадно. В Темрюкском заливе (ст. №1), на устьевом взморье рукавов Кубань (ст. №2, 4, 10, 12, 15, 16, 18). Протока (ст. №29, 31), в устьевой области (ст. №8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у) и в низовьях дельты Кубани – гирла лиманов (ст. №5у, 6у) - всего на 18 станциях (рис. 2.3) пробы отбирались один раз в месяц в апреле, июне, августе и октябре. Обор проб воды производили с борта маломерных катеров из поверхностного и придонного слоев. Анализ морской воды на определение гидрохимических параметров, концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ выполнялся в Лаборатории мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) «У Кубанская». Анализы производились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 243). В пресных водах дельты Кубани определение концентрации веществ выполнялось согласно разработанным в ГХИ РД 52.24-95, 2005, 2006 и «Руководства по химическому анализу поверхностных вод суши», Л., Гидрометеиздат, 1977 г. Определение содержания хлорорганических (группа ДДТ) и фосфорорганических пестицидов, а также растворенной ртути в отобранных пробах воды производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.



**Рис. 2.3.** Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2017 г. Районы: 1 - дельта Кубани; 2 - порт Темрюк; 3 - взморье Кубани; 4 - взморье Протоки; 5 - протоки лиманов.

### **2.5.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива**

**Низовья дельты реки Кубань – район 1.** Отбор проб был произведен в двух точках, расположенных устья рукава Протока у пос. Ачуево (ст. №5у) и 500 м выше по течению от устья Петрушина рукава (ст. №бу). В устьях обоих рукавов Кубани вода была практически пресная – соленость не превышала 0,32‰ за исключением одной пробы, отобранной 6 августа на станции №бу в Петрушином рукаве. В этой пробе была зафиксирована соленость, характерная для вод взморья – 6,76‰ (табл. 2.3). За период 1990–1996 гг.- средняя за период соленость составила 0,22‰, за 2000–2006 - 0,60‰, за 2007-2011 - 0,28‰ и за 2012–2017 гг.- 0,65‰ при средней за период наблюдений солености 0,44‰. Среднее значение хлорности за последние 5 лет составило 0,24‰, а весь период наблюдений - 0,12‰. Наибольшее значение показателя, зафиксированное в 2017 г. составило 3,67‰. В пробах воды, отобранных на ст. №5у и №бу показатель рН изменялся в пределах 7,85-8,45; щелочность изменялась от 1,632 мг-экв/дм<sup>3</sup> до 2,417 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **нефтяных углеводородов** на обеих станциях изменялась от значений ниже предела обнаружения применяемого метода (0,02 мг/дм<sup>3</sup>) до максимальной 0,08 мкг/дм<sup>3</sup> (1,6 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое Петрушина рукава в июне (табл. 2.4). Среднегодовая концентрация НУ в Петрушином рукаве, оказалась несколько выше, чем в прошлом году и составила 0.06 мкг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК). В рукаве Протока максимальная концентрация составила 0,07 мг/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК), а средняя 0,04 мг/дм<sup>3</sup> (0,8 ПДК). Средняя по обоим рукавам концентрация составила 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (1,0 ПДК). В течение всего года во всех отобранных пробах концентрация **СПАВ** была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>). Хлорорганических пестицидов  $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и его изомеров обнаружено не было.

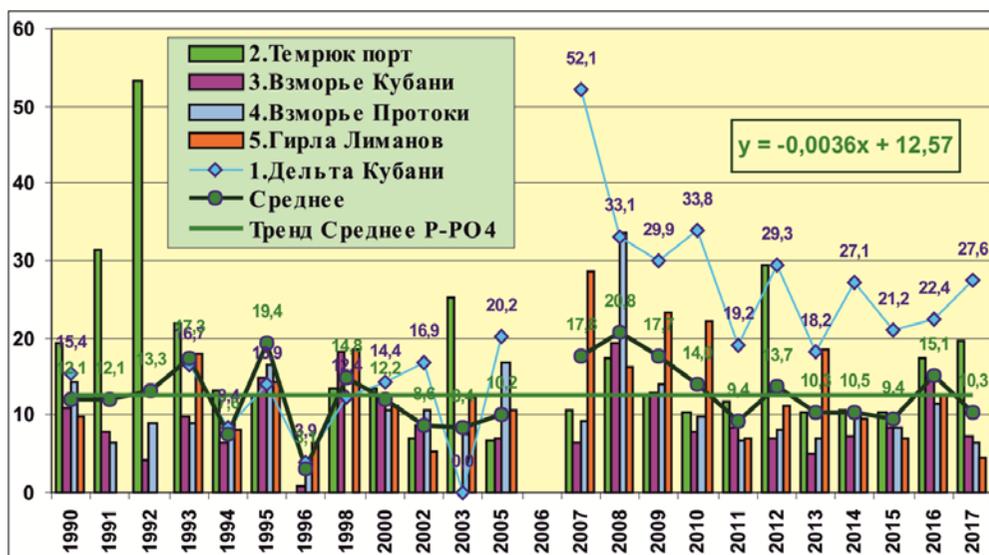
**Таблица 2.3.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2017 г.

Район	Т°С	Sal. ‰	O <sub>2</sub> * мг/д м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> % *	pH	PO <sub>4</sub>	P <sub>общ</sub>	N O <sub>2</sub> з	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	Si
1. Низовья дельты реки Кубань – район 1	18,8	0,82	8,3 4	89	8,1 4	22, 0	39, 0	23, 0	753 0	170	-	1910
	28,0	6,76	6,8 3	80	8,4 5	44, 0	55, 0	47, 0	111 0	260	-	2500
2. Порт Темрюк – район 2	13,6	12,4	9,2 0	92	8,3 2	17, 8	45, 8	12, 3	226	192	967	356
	29,8	13,4	3,7 0	49	8,6	81 0	90, 0	34, 0	550	520	1900	810
3. Взморье реки Кубань – район 3	18,8	10,7 0	8,1 9	91	8,2	15, 0	37, 0	14, 0	324	157	1076	603
	29,4	14,0 3	1,7 1	23	8,7	120	160	38, 0	129 0	510	2450	2350
4. Взморье рукава Протока – район 4	18,7	11,2 1	8,2 1	92	8,2	12, 0	31, 0	15, 0	323	155	871	504
	28,8	13,1 5	3,5 0	47	8,6	39, 0	64, 0	28, 0	730	280	1370	1490
5. Гирла лиманов – район 5	20,2	4,43	8,2 6	93	8,5	13, 0	29, 0	14, 0	319	225	-	1766
	20,8	14,2 1	5,2 2	60	8,9	79, 0	88, 0	40, 0	800	630	-	3500

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

Концентрация ионов **аммония** в устьях обоих рукавов р. Среднегодовая концентрация **нитратов** в Петрушином рукаве составила 769 мг/дм<sup>3</sup> (198 ПДК), а в рукаве Протока 723 мг/дм<sup>3</sup> (18 ПДК).

Среднегодовая концентрация **фосфатов** концентрации в Петрушином рукаве составила 18 мг/дм<sup>3</sup>, а в рукаве Протока 31 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2.4). Концентрация общего фосфора в Петрушином рукаве составила 37 мг/дм<sup>3</sup> (0,3 ПДК), а в рукаве Протока 44 мг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация силикатов в Петрушином рукаве составила 1843 мг/дм<sup>3</sup>, а в рукаве Протока 2045 мг/дм<sup>3</sup>. Их наибольшее содержание (2200 мг/дм<sup>3</sup>) было зафиксировано в Петрушином рукаве 2 августа.



**Рис. 2.4.** Динамика среднегодовой концентрации фосфатов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 1990-2017 гг.

Насыщение речных вод растворенным **кислородом** в обоих рукавах было хорошим и не опускалось ниже 6,83 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> или 1,14 ПДК, а средняя годовая концентрация в Петрушином рукаве составила 8,37 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК), а в рукаве Протока 8,29 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК). Минимальное насыщение составило 80% и было зафиксировано в Петрушином рукаве у дна 6 июня. Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (1,05) 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).

**Порт Темрюк – район 2.** В 2017 г, отбор проб осуществлялся на одной станции в середине канала порта напротив затона Чирчик ежемесячно с января по декабрь. Температура, соленость, рН, растворенный кислород и нефтяные углеводороды контролировались ежедекадно. Измерение щелочности и анализы на содержание сероводорода, кремния, аммония, нитритов, нитратов и общего азота, фосфатов и общего фосфора, СПАВ и ртути производились один раз в месяц. 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 2006 г. наблюдается постепенное увеличение солености во всем районе устьевой области реки Кубань (рис, 2,6). Температура воды в течение 2017 года изменялась от 0<sup>o</sup>C (22 декабря) до 29,8<sup>o</sup>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/дм<sup>3</sup>, а средняя за год составила 2,3276 мг-экв/дм<sup>3</sup>; показатель рН изменялся в пределах от 7,75 до 8,60, среднегодовое значение составило 8,28.

Тенденция снижения солености, отмеченная в конце 90-х годов (1990-1996 гг. - средняя за период соленость составила 8,92 ‰) прошлого столетия - начала нового (2000-2006 гг.- средняя за период соленость составила 7,90 ‰), сменилась подъемом начавшимся в период с 2007г, (2007-2011 гг.- средняя за период соленость составила 9,58 ‰). За период с 2012 по 2017 гг. средняя соленость составила 11,49 ‰.

В пяти из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация **НУ** была ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение составило 0,17 мг/дм<sup>3</sup> (3,4 ПДК) и было отмечено 2 февраля на поверхности канала (табл., 2,4). Средняя концентрация НУ составила 0,04 мг/дм<sup>3</sup> (0,80 ПДК). Из 24 проанализированных проб концентрация **СПАВ** была выше предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 17 случаях. Максимум составил 33 мкг/дм<sup>3</sup>, что в пределах точности определения совпадает с прошлогодним значением (34 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая концентрация составила – 11 мкг/дм<sup>3</sup>. 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 нг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК). В 36

отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев пробах сероводород обнаружен не был. В 4 из 12 отобранных проб была обнаружена растворенная ртуть в концентрации 0,01-0,02 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1-0,2 ПДК); среднегодовая составила 0,0044 мкг/дм<sup>3</sup> (0,04 ПДК).

Концентрация биогенных веществ в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного **азота** изменялось от 0,3 до 1,3 ПДК (110-520 мкг/дм<sup>3</sup>), Максимум зафиксирован 1 августа у дна на глубине 5 м, Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 193 мкг/дм<sup>3</sup> (0,5 ПДК). Диапазон концентрации нитритов изменился не значительно по сравнению с прошлым годом (1-23 мкг/дм<sup>3</sup> или 0,04-0,96 ПДК в 2017 г.) и составил 3 - 34 мкг/дм<sup>3</sup> или 0,12 - 1,4 ПДК. Максимум отмечен 1 августа на поверхности. Средняя годовая концентрация составила 12 мкг/дм<sup>3</sup> или 0,5 ПДК, что несколько больше, чем в прошлом году (9,5 мкг/дм<sup>3</sup> или 0,4 ПДК). Содержание нитратов изменялась в пределах 24-550 мкг/дм<sup>3</sup> или тысячных долей ПДК. Наибольшая величина зафиксирована 4 октября на поверхности. Средняя годовая концентрация нитратов составила 226 мкг/дм<sup>3</sup>, что почти в 2 раза больше, чем в прошлом году (132 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах 470–1900 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация составила 967 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,4 раза больше, чем в прошлом году (698 мкг/дм<sup>3</sup>), но меньше, чем в позапрошлом, 2015 г. (1061 мкг/дм<sup>3</sup>). В предыдущие 2014 и 2013 гг. среднегодовая концентрация общего азота составляла 1003 мкг/дм<sup>3</sup> и 1129 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. Таким образом, среднегодовая концентрация общего азота за последние 5 лет составила 972 мкг/дм<sup>3</sup>.

Наибольшее содержание **фосфатов** (81 мкг/дм<sup>3</sup>) было отмечено 1 сентября в придонном слое на глубине 5 м. При этом средняя годовая концентрация составила 17,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация общего фосфора изменялась в пределах 22 мкг/дм<sup>3</sup>-90 мкг/дм<sup>3</sup>, а средняя равнялась 46,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация **силикатов** изменялась от 810 мкг/дм<sup>3</sup> в сентябре до 46 мкг/дм<sup>3</sup> в конце года в декабре. Средняя годовая концентрация силикатов составила 357 мкг/дм<sup>3</sup>.

Для определения концентрации растворенного **кислорода** всего было отобрано 72 пробы воды. В 7 из них, отобранных как с поверхности, так и у дна, в июне-сентябре, концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива (6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Наименьшее содержание кислорода (4,39 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> - 49 % насыщения или 0,73 ПДК) зафиксировано 15 июля у дна при температуре воды 25,5<sup>0</sup>С. Среднегодовая концентрация составила 9,20 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,53 ПДК). В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 49%-150%. В 2017 г, воды акватории канала порта Темрюк по

ИЗВ (0,68), рассчитанному по средней концентрации НУ, PO<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 несколько ухудшилось (табл. 2.5).

**Взморье реки Кубань – район 3.** В 2017 г наблюдения проводились на 7 станциях в апреле, июне, августе и октябре. **Соленость** вод взморья Кубани изменялась в диапазоне 0,32-14,03 ‰. Минимальная соленость была отмечена 4 июня у дна в море на траверзе гирла Соловьевское Курчанского лимана, в 4,4 км от устья. Максимум зафиксирован 4 октября в море в рукаве Среднем в 600 м от устья р. Кубань в поверхностном слое. Средняя соленость воды на взморье Кубани составила 10,70 ‰. Хлорность изменялась от 0,60-7,70‰. Температура воды на взморье Кубани изменялась в течение года от 8,5<sup>0</sup>С 4 апреля на станциях №4, 10 и 16 у дна до 29,4<sup>0</sup>С 2 августа у поверхности на траверзе гирла Соловьевское Курчанского лимана. 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 р. Кубань у рукава Средний. 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 2017 г. концентрация **НУ** изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) 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.). В 2017 г. концентрация НУ превышала ПДК в 15 случаях из 57 (26%). Средняя годовая концентрация за последние 5 лет стабилизировалась около 0,034 мг/дм<sup>3</sup> [0,038; 0,028; 0,032; 0,034 и 0,032].

Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации 100 и более мг/дм<sup>3</sup> (1 ПДК) не наблюдалось за последние 18 лет с 1995 г. В 2017 г. средняя годовая концентрация составила 1,3 мг/дм<sup>3</sup>, а максимум составил 11 мкг/дм<sup>3</sup> (0,11 ПДК). В двух пробах из девяти проанализированных была обнаружена растворенная ртуть с концентрацией 0,01 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК). Хлорорганические (γ-ГХЦГ, α-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганические (ФОС: метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестициды в водах взморья обнаружены не были.

Концентрация аммонийного **азота** на взморье Кубани изменялась в диапазоне от 78 мкг/дм<sup>3</sup> до 510 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был отмечен 2 августа у дна июня на поверхности на траверзе гирла Соловьевское Курчанского лимана в 4,4 км от устья от гирла Соловьевского. Средняя

годовая концентрация составила 0,4 ПДК (157 мкг/дм<sup>3</sup>), что несколько меньше прошлогоднего значения (194 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация **нитритов** изменялась от 2 мкг/дм<sup>3</sup> до 38 мкг/дм<sup>3</sup>, что почти в 2 раза больше прошлогодней величины (18 мкг/дм<sup>3</sup>). Средняя годовая концентрация составила 13,7 мкг/дм<sup>3</sup> (0,55 ПДК), что более чем в 2 раза превосходит прошлогоднее значение (6,46 мкг/дм<sup>3</sup> - 0,26 ПДК).

Содержание **нитратов** изменялась от 68 мкг/дм<sup>3</sup> до 1290 мкг/дм<sup>3</sup> (0,14 ПДК); среднегодовая величина составила 324 мкг/дм<sup>3</sup>, что почти в 2 раза выше прошлогодней величины (154 мкг/дм<sup>3</sup>). Также как и в случае с нитритами, за последние 5 лет отмечена тенденция роста концентрации нитратов [200; 217; 216; 154; 324].

Содержание общего азота изменялось в пределах от 360 мкг/дм<sup>3</sup> до 2450 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация составила 1075 мкг/дм<sup>3</sup>, что более чем 3 раза больше прошлогодней величины (254 мкг/дм<sup>3</sup>). За последние 5 лет (2012 - 2017 гг.) отмечается тенденция роста концентрации нитритов (рис. 2.8), [5,46; 15,03; 11,55; 6,46; 13,73;], нитратов [200; 217; 216; 154; 324;] и снижение концентрации общего азота [1113; 861; 845; 253; 1075].

Концентрация **фосфора** фосфатов в течение года изменялась от значений менее предела обнаружения использованного метода химического анализа (2 мкг/дм<sup>3</sup>, 12 проб из 56) до 120 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был зафиксирован на поверхности в 600 м от устья рукава Средний 2 августа и составлял 2,4 ПДК для мезотрофных водоемов. Среднегодовая величина составила 15 мкг/дм<sup>3</sup> (0,3 ПДК). Концентрация **силикатов** в водах взморья Кубани изменялась в пределах от 99 мкг/дм<sup>3</sup> до 2350 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был зафиксирован на поверхности в 600 м от устья рукава Средний 2 августа. Средняя годовая концентрация (603 мкг/дм<sup>3</sup>) была несколько меньше прошлогодней (724 мкг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация растворенного **кислорода** изменялась от 1,71 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 12,65 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, Минимальные значения концентрации растворенного кислорода были отмечены у дна на всех станциях 2 августа/ Так на станции 2 значение составило 1,71 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, на станции 15 у дна - 1,81 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а на поверхности - 5,50 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, на станции 10 - 1,89 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, на станции 12 - 2,24 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, на станции 16 - 2,40 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, на станции 4 - 4,53 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация составила 8,19 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. По индексу загрязненности ИЗВ (0,57) воды взморья Кубани в 2017 г., также как и в прошлом году, относятся ко II классу, «чистые». Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и растворенного кислорода.

**Взморье рукава Протока – район 4.** В 2017 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. 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<sup>0</sup>С на глубине 10 м у дна в апреле до 28,8<sup>0</sup>С на поверхности в августе. Показатель рН 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 мг-экв/дм<sup>3</sup> в октябре у дна; средняя 2,324 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 0,8 до 1,8 м.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в 2017 г. изменялась от предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) в 3 пробах, как у поверхности, так и у дна до 0,06 мг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК). Наибольшее значение было отмечено 6 июня в 4,4 км от устья рукава Протока на поверхности залива. Средняя за год концентрация составила 0,030 мг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК), что несколько больше, чем в прошлом году (0,027 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание **СПАВ** во всех отобранных пробах, кроме одной, отобранной 5 апреля, в которой было обнаружено содержание СПАВ в концентрации 10 мкг/дм<sup>3</sup>, было ниже предела определения применяемого метода (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>). Хлорорганические ( $\gamma$ -ГХЦГ,  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганические (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестициды в водах взморья Протоки обнаружены не были. 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 2017 г. изменялась от 120 до 280 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение зафиксировано в 3 августа у дна, Среднегодовая концентрация составила 155 мкг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК), что меньше значения прошлого года (212 мкг/дм<sup>3</sup> - 0,5 ПДК). Содержание **нитритов** изменялось в пределах 0,2–1,12 ПДК (5-28 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая концентрация составила 0,6 ПДК (15,0 мкг/дм<sup>3</sup>), Концентрация нитратов изменялась в диапазоне 120-730 мкг/дм<sup>3</sup>. Наибольшее значение (0,08 ПДК) зафиксировано 3 октября на поверхности в 4,4 км от устья рукава Протока. Среднегодовая концентрация составила 323 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание общего азота в 8 проанализированных пробах изменялось от 500 мкг/дм<sup>3</sup> до 1370 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание общего азота составило 871 мкг/дм<sup>3</sup>. В последние 5 лет зафиксирована тенденция

уменьшения концентрации нитритов и нитратов и тенденция повышения концентрации аммонийного и общего азота.

Концентрация **фосфатов** в 12 отобранных в 2017 г. пробах изменялась от предела обнаружения применяемого метода ( $DL=2,0 \text{ мг/дм}^3$ ) в 3 пробах до  $39 \text{ мкг/дм}^3$  (0,78 ПДК), средняя за год составила  $12,0 \text{ мкг/дм}^3$  (0,24 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось от  $24,0 \text{ мкг/дм}^3$  до  $64,0 \text{ мкг/дм}^3$ . Среднегодовая концентрация составила  $31 \text{ мкг/дм}^3$ . Концентрация кремния изменялась 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, чем в прошлом году ( $759 \text{ мкг/дм}^3$ ).

Содержание растворенного в воде **кислорода** на взморье Протоки в 2017 г. изменялось от  $3,50 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (0,58 ПДК) до  $11,15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (1,86 ПДК). Концентрации ниже нормы ( $3,50 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  - 47%,  $4,19 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  - 56% и  $5,84 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  - 79%) были зафиксированы как у дна, так и на поверхности обеих станций 3 августа. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода составила  $8,21 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (1,37 ПДК). Сероводород на взморье Протоки в 8 отобранных в июле и августе пробах обнаружен не был, В 2017 г. по **ИЗВ** (0,49) воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые») и качество воды несколько улучшилось по сравнению с предыдущим годом. Расчет выполнен по средней концентрации  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$  и растворенного кислорода.

### **Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) – район 5.**

Наблюдения в устьевой области реки в 2017 г. были выполнены на 6 станциях, расположенных в море на расстоянии 500 м от гирл Пересыпское (Ахтанизовский лиман), Соловьевское (Курчанский лиман), Куликовское (Куликовский лиман), Сладковское (Сладкий лиман), Зозулиевское (Зозулиевский лиман) и Горькое (Горький лиман). Пробы воды отбирались в апреле, июне, августе и октябре. Всего было 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‰ с соленостью 14,21‰, характерной для морских вод, Средняя за год соленость составила 4,543‰. Низкие значения солености характерны для станций 9у, 11у и 17у, зафиксированных 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 гирлях лиманов изменялась от 8,7<sup>0</sup>С в апреле до 28,8<sup>0</sup>С в августе. Показатель рН в течение отчетного года был достаточно стабильным: изменения были в пределах 8,10-8,90. Максимальное значение показателя отмечено в 1 августа в 500 м от устья гирля 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 ( $DL=0,02$  мг/дм<sup>3</sup>) в 3 из 30 отобранных проб. Максимум (0,08 мг/дм<sup>3</sup> - 1,6 ПДК) был отмечен 1 августа на поверхности в 500 м от устья гирля Пересыпское Ахтанизовского лимана. Средняя величина за отчетный год составила 0,030 мг/дм<sup>3</sup> (0,60 ПДК) и была близкой к прошлогодней (0,032 мг/дм<sup>3</sup>). В 20 пробах из 30 содержание **СПАВ** было ниже предела обнаружения применяемого метода ( $DL=10$  мг/дм<sup>3</sup>). Максимальное зафиксированное значение (12 мг/дм<sup>3</sup>) не изменилось и осталось равным прошлогоднему; среднегодовая величина составила 4,0 мг/дм<sup>3</sup> (0,04 ПДК). Концентрация **фосфатов** в 12 отобранных в 2017 г. пробах изменялась от 2 мг/дм<sup>3</sup> до 381 мг/дм<sup>3</sup> (7,62 ПДК), средняя за год составила 13,0 мг/дм<sup>3</sup> (0,26 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось от 6,0 мг/дм<sup>3</sup> до 88,0 мг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация составила 29 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация **кремния** изменялась в диапазоне 130-3500 мг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен 14 июня на поверхности в 500 м от устья гирля Зозулиевское. Среднегодовая концентрация составила 1766 мг/дм<sup>3</sup>. В 2017 г, хлорорганические пестициды  $\gamma$ -ГХЦГ,  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ в водах взморья обнаружены не были. Последний раз пестициды были здесь зарегистрированы в 1995 г.

Концентрация аммонийного **азота** в устьевой области р, Кубань изменялась от 97 мг/дм<sup>3</sup> до 630 мг/дм<sup>3</sup>, среднегодовая составила 225 мг/дм<sup>3</sup> (0,58 ПДК), что несколько больше, чем в прошлом году (0,60 ПДК). Концентрация нитритов изменялась от аналитического нуля в двух пробах воды до 40 мг/дм<sup>3</sup>, среднегодовая 14,0 мг/дм<sup>3</sup> - 0,56 ПДК, что несколько больше, чем в 2015 г. (0,32 ПДК). Концентрация нитратов в 2017 г. изменялась в пределах от 34 мг/дм<sup>3</sup> до 800 мг/дм<sup>3</sup>, при этом среднегодовая составила 319 мг/дм<sup>3</sup> (2015 г. - 148 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание **фосфатов** изменялось от 2 мг/дм<sup>3</sup> до 75 мг/дм<sup>3</sup> (3,0 ПДК); среднегодовая величина 13,0 мг/дм<sup>3</sup> (0,52 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось в диапазоне 6-88 мг/дм<sup>3</sup>; максимум был зафиксирован 8 апреля в 500 м от устья гирля Куликовское.

Содержание растворенного в воде **кислорода** в прилегающих к устьям лиманов участкам устьевой области р. Кубань в 2017 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> - 1,38 ПДК) оказалось меньше прошлогоднего (8,51 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> - 1,42 ПДК). 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 насыщение составило 93%. Наличие сероводорода в 16 проанализированных пробах не обнаружено. В 2017 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.

**Таблица 2.4.** Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2013-2015 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1, Дельта реки Кубань район (станции №№ 5у, 6у)	НУ	0,041	0,82	0,05	1,0		
		0,07	<b>1,4</b>	0,08	<b>1,6</b>		
	СПАВ	0		0			
		0		0			
	Аммоний	115	0,2	171	0,4		
		180	0,4	260	0,7		
	Фосфаты	21,2	0,4	22,0	0,4		
		54,0	<b>1,1</b>	24,5	0,5		
	Растворенный кислород	8,49		8,34			
		6,49		6,83			
% насыщения	94		89				
	79		80				
2, Темрюкский залив: п. Темрюк район (станция № 1)	НУ	0,044	0,9	0,04	0,8		
		0,24	<b>5</b>	0,17	<b>3,4</b>		
	СПАВ	9,5	<0,1	11	0,1		
		34	0,3	33	0,3		
	Ртуть	0,0057	<0,1	0,0044	<0,1		
		0,02	0,2	0,02	0,2		
	Аммоний	161	0,4	193	0,5		
		300	0,8	520	1,3		
	Растворенный кислород	9,06		9,20			
		4,39	<b>0,73</b>	4,39	<b>0,73</b>		

	% насыщения	91		92			
		57		49			
3, Темрюкский залив: взморье р. Кубань район (станции №№ 2, 4, 10, 12, 16, 16, 18)	НУ	0,033	0,7	0,032	0,6		
		0,11	<b>2,2</b>	0,09	<b>1,8</b>		
	СПАВ	2,2	<0,1	1,3	<0,1		
		13	0,1	11	0,1		
	Ртуть	0,0006	<0,1	0,004	0,4		
		0,005	<0,1	0,01	0,1		
	Аммоний	194	0,5	157	0,4		
		1020	<b>2,6</b>	510	<b>1,3</b>		
	Растворенный кислород	8,39		8,19			
		4,92	<b>0,82</b>	1,71	<b>0,3</b>		
% насыщения	95		92				
	58		49				
4, Темрюкский залив: взморье рукав Протока район (станции №№ 29, 31)	НУ	0,026	0,5	0,030	0,6		
		0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>		
	СПАВ	0		0			
		0		10	0,1		
	Ртуть	0,0028	<0,1	0			
		0,011	0,1	0			
	Аммоний	212	0,5	155	0,4		
		920	<b>2,4</b>	280	0,7		
	Растворенный кислород	8,49		8,21			
		6,47		3,50	<b>0,6</b>		
% насыщения	95		92				
	78		47				
5, Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов район (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 12у, 18у)	НУ	0,036	0,7	0,030	0,6		
		0,23	<b>4,6</b>	0,08	<b>1,6</b>		
	СПАВ	2,0	<0,1	4,0	<0,1		
		12,0	0,1	12,0	0,1		
	Аммоний	154	0,4	225	0,6		
		310	0,8	630	<b>1,6</b>		
	Растворенный кислород	8,51		8,26			
		3,19	<b>0,53</b>	5,22	<b>0,9</b>		
	% насыщения	89		93			
		74		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 ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ), и фосфорорганических (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестицидов не превышала предела обнаружения использованного метода анализа.

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

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
<b>Дельта реки Кубань</b>							
1. Дельта – район 1	0,65	II	0,88	III			НУ 1,3; NO <sub>2</sub> 1,0; PO <sub>4</sub> 0,5; O <sub>2</sub> 0,72
<b>Темрюкский залив</b>							
2. Порт Темрюк – район 2	0,60	II	0,68	II			НУ 0,80; NO <sub>2</sub> 0,50; PO <sub>4</sub> 0,70; O <sub>2</sub> 0,65
3. Взморье рукава Кубань – район 3	0,57	II	0,57	II			НУ 0,60; NH <sub>4</sub> 0,40; NO <sub>2</sub> 0,55; O <sub>2</sub> 0,73
4. Взморье рукава Протока – район 4	0,55	II	0,49	II			НУ 0,60; NH <sub>4</sub> 0,40; PO <sub>4</sub> 0,24; O <sub>2</sub> 0,73
<b>Устьевая область реки Кубань – гирла лиманов</b>							
5. Гирла лиманов – район 5	0,54	II	0,62	II			НУ 0,60; NH <sub>4</sub> 0,58; NO <sub>2</sub> 0,56; O <sub>2</sub> 0,73

**Заключение.** Анализ характерных показателей загрязнения вод показал, что по основным загрязняющим веществам, таким как нефтяные углеводороды, аммоний и нитраты, воды Азовского моря в 2017 г. остаются стабильно загрязненными, в то время как соленость имеет тенденцию к возрастанию, а загрязнение вод СПАВ и хлорорганическими пестицидами можно считать незначительным.

Загрязнение устьевой области р. Дон и Таганрогского залива, как и в предыдущие годы, характеризуется повышенным, по сравнению с нормативами, содержанием нефтяных углеводородов, аммонийным азотом и нитратами. Основным источником поступления загрязняющих

веществ является сток р. Дон. Качество вод стока р. Дон по показателю ИЗВ (0,86) относится к умеренно загрязненным. Качество вод Таганрогского залива, оцененное по показателю ИЗВ (0,64) остается стабильным и позволяет отнести воды Таганрогского залива к чистым.

Качество вод дельты р. Кубань - район 1 характеризуется повышенным содержанием нефтяных углеводородов. По показателю ИЗВ (0,88) качество вод дельты оценивается как умеренно загрязненные. Воды Темрюкского залива - район 2 (ИЗВ = 0,68), Темрюкского залива на взморье р, Кубань – район 3 (ИЗВ = 0,57), взморья рукава Протока – район 4 (ИЗВ = 0,49) и гирл лиманов – район 5 (ИЗВ = 0,62) оцениваются как чистые.

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

В 2017 г. мониторинг состояния морских вод в северной узости Керченского пролива проводился МГС «Опасное» на разрезе между портами Крым и Кавказ (рис. 2.5) с апреля по октябрь.

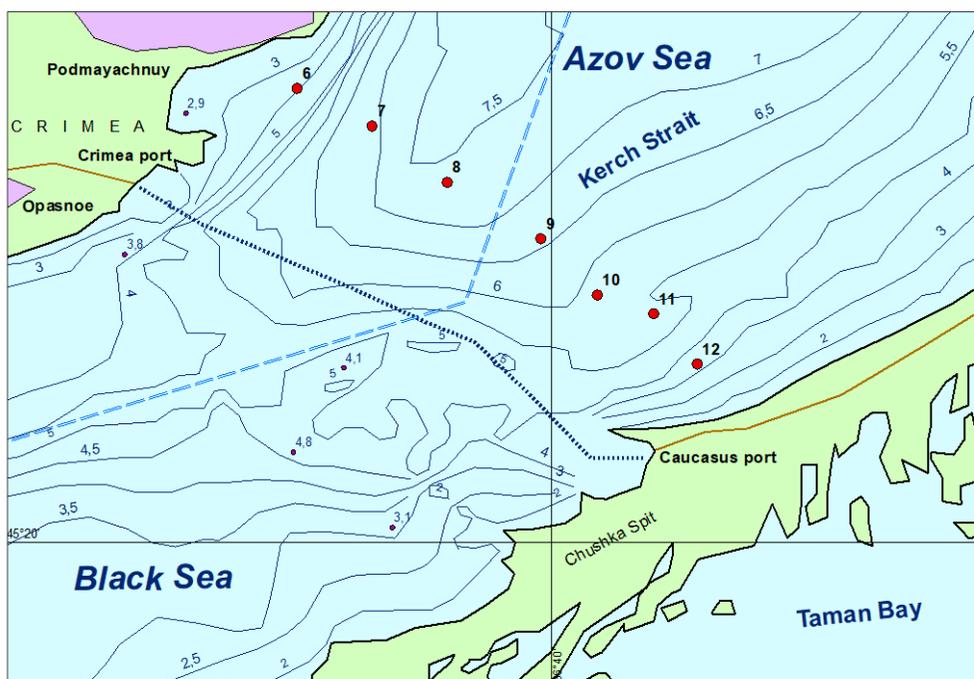


Рис. 2.5. Станции мониторинга (№№6-9) в северной узости Керченского пролива в 2017 г.

Загрязнение вод пролива НУ в среднем было ниже ПДК (рис. 2.6). По максимальным значениям превышение ПДК фиксировалось ежемесячно. Максимальное нефтяное загрязнение поверхностных вод

наблюдалось в июле (0,12 мг/л), придонных вод – в сентябре (0,16 мг/л). Повторяемость концентрации НУ, равных и превышающих ПДК, снизилась до 38% от общего количества определений (в 2016 г. – 59%).

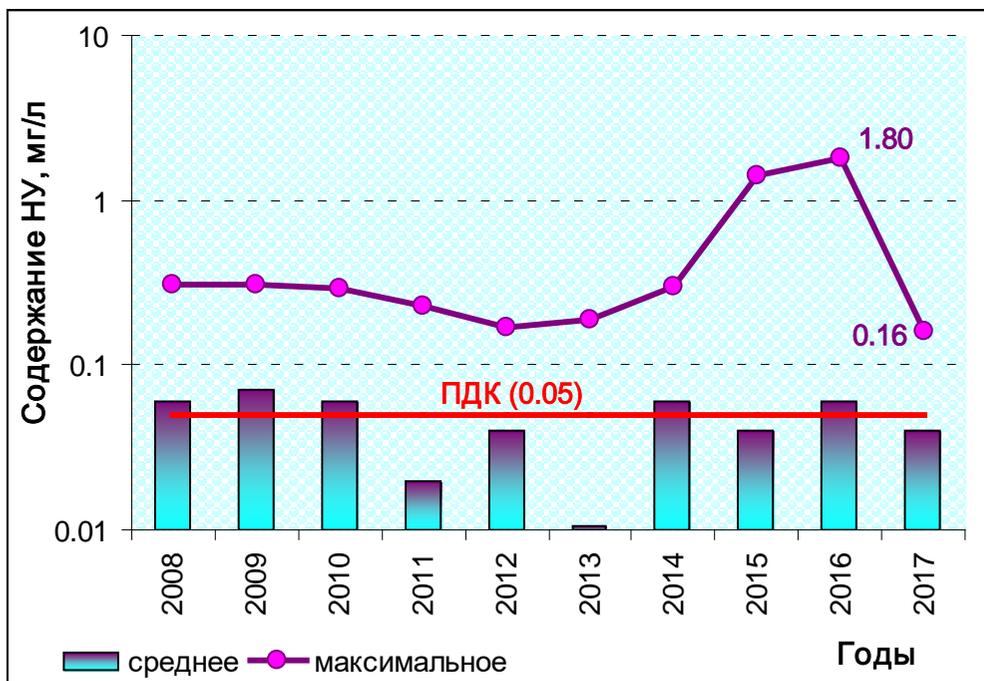


Рис. 2.6. Межгодовое изменение содержания нефтепродуктов в водах Керченского пролива

Содержание **СПАВ** не превышало 25 мкг/л. Присутствие **фенолов (сумма)**, как и в предыдущем году, не зафиксировано. Из **ХОП** в 2017 г. в водах пролива  $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ГПХ не обнаружены. Присутствие ДДД, ДДЭ и альдрина отмечалось в следовых концентрациях. Загрязнение вод ДДТ отмечено в 48% проанализированных проб, в том числе в 25% проб содержали концентрации, превышающие 1 нг/л. Максимальное загрязнение достигало 5,6 нг/л. Загрязнения вод **ПХБ** не зафиксировано.

Концентрация общего **азота** изменялась в диапазоне 50-1020 мкг/л. Среднее содержание в слое поверхность-дно (380 мкг/л) было минимальным за последние 5 лет. Содержание минерального азота оставалось на уровне предыдущих лет, максимальные концентрации нитритного, нитратного и аммонийного азота в 2017 г. не превышали 17, 31 и 100 мкг/л соответственно.

Содержание фосфатного **фосфора** не превышало 10 мкг/л. Концентрация общего фосфора изменялась от 10 до 51 мкг/л и только 11-14 сентября в придонных водах возросла до 67-125 мкг/л. Среднее за год содержание (24 мкг/л) снизилось до уровня 2008-2015 гг.

Концентрация **кремния** изменялась от 50-80 до 640-680 мкг/л. Среднее содержание в слое поверхность-дно составило 260 мкг/л.

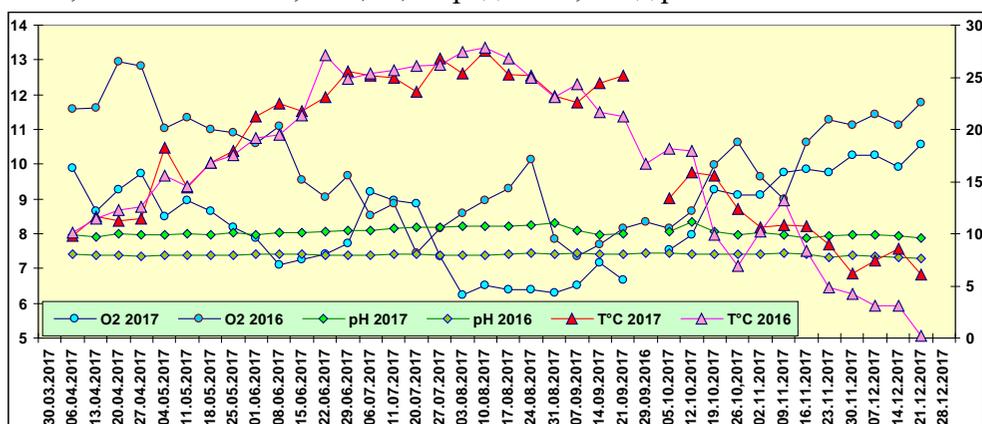
Аэрация вод пролива в слое поверхность-дно была достаточной. Дефицит **растворенного кислорода** не превышал 18-22% насыщения. По абсолютным значениям концентрация его в августе снижалась до 5,66-5,97 мг/л, в остальной период изменялась от 6,92 до 11,10 мг/л. Среднегодовое содержание растворенного кислорода составило 8,22 мг/л (100% насыщения).

## 2.7. Керченский пролив. Еженедельная станция проекта ЭМБЛАС

В Керченском проливе в рамках финансируемого Программой Развития Организации Объединенных Наций (UNDP) и Европейским Сообществом (ЕС) международного проекта ЭМБЛАС «Усовершенствование методов экологического мониторинга Черного моря» (№88460: Improving Environmental Monitoring in the Black Sea, Phase 2 - EMBLAS-II) на одной станции юго-западнее о. Тузла ближе к крымскому берегу пробы воды и планктона отбирались еженедельно в течение всего года в безледный период с 6 апреля до 21 декабря 2017 г., всего было сделано 37 отборов проб. Были определены стандартные гидрохимические параметры и концентрация в воде различных загрязняющих веществ, определен видовой состав, численность и биомасса фитопланктона и мезозoopланктона.

В течение времени мониторинга основные параметры морской среды поверхностного слоя вод Керченского пролива не выходили за пределы межгодовых естественных климатических колебаний. При весенне-летнем прогреве наблюдался постепенный подъем температуры от 9,8<sup>o</sup>C до максимума 27,5<sup>o</sup>C, который был зафиксирован 10 августа (рис. 1). Резкое охлаждение в начале октября продолжалось постепенным понижением до 6,1<sup>o</sup>C в конце года. В целом ход сезонной кривой был очень близким к прошлогоднему, за исключением начала зимы, когда в 2016 г. поверхность выхолаживалась до нулевых значений. Концентрация растворенного в воде кислорода закономерно снижалась с ростом температуры, достигая наиболее низких значений в августе; диапазон значений 6,25-10,58, в среднем 8,36 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. При этом дефицита кислорода в поверхностном слое вод Керченского пролива не наблюдалось, поскольку минимальное содержание О<sub>2</sub> было выше норматива даже в наиболее неблагоприятном месяце августе.

Кислородный режим в оба исследованных года значительно отличался. В 2016 году общее содержание кислорода было существенно выше, среднее значение  $9,90 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Если весной и в первом летнем месяце, а также осенью кривые снижения и повышения содержания кислорода были синхронными, хотя и на разном уровне, то летом в июле-августе локальные пики не совпадали. В прошлом году повышение содержания кислорода, возможно связанное с цветением фитопланктона, было отмечено в июле, а в 2017 г. этот период сместился на август. Значения рН в течение года в водах пролива, как и в прошлом году, были стабильными в очень узком диапазоне (7,87-8,33, в среднем 8,05 ед.рН). При этом общий уровень концентрации ионов водорода был заметно ниже, чем в 2016 г.: 7,68-8,18, в среднем 7,98 ед.рН.



**Рис. 1.** Сезонная динамика температуры ( $T^{\circ}\text{C}$ ), концентрации ионов водорода (ед.рН) и растворенного в воде кислорода ( $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ ) на станции высокочастотного мониторинга в поверхностном слое вод в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

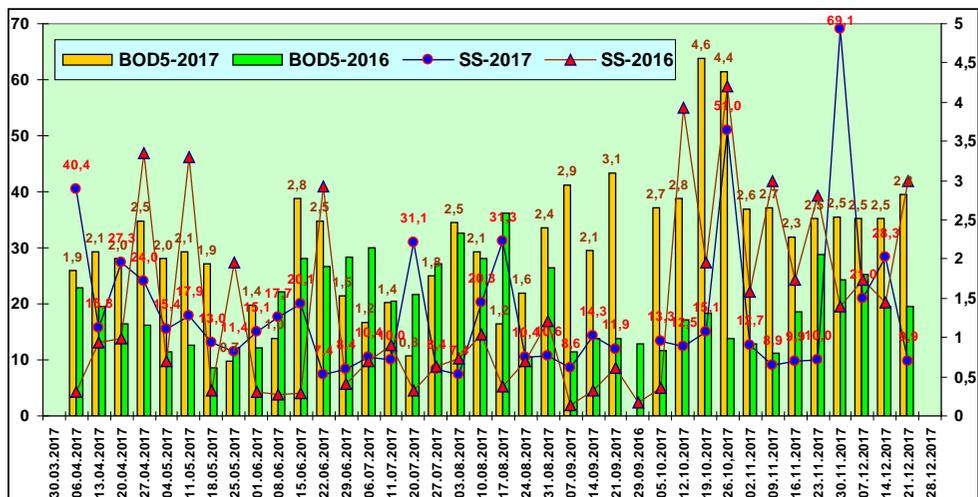
На еженедельной станции юго-западнее о. Тузла в 2017 г. **соленость** изменялась в относительно узком диапазоне 13,74-17,92‰, в среднем 16,23‰ (рис. 2). В предшествующий год границы изменений солености были очень близкими, а разница между экстремумами составляла всего около 4,5‰: 13,47-17,90‰, в среднем 15,92‰. Существенным отличием между двумя рассматриваемыми годами является распределение преобладающих значений солености по сезонам года. В 2017 г. в первой половине года до конца июля соленость вод на станции была существенно ниже предыдущего года (в среднем 15,71‰ против 16,66‰), тогда как во второй половине все поменялось наоборот (16,62‰ против 15,36‰). По данным рутинного мониторинга на четырех станциях в северной узости пролива между портами Крым и Кавказ, намного севернее острова Тузла и ближе к водам Азовского

моря, соленость в 2017 г. изменялась в очень широком диапазоне 13,58-18,21‰. При этом средняя величина была существенно, на 1,14‰ в 2017 г. и 1,34‰ в 2016 г., ниже значений на еженедельной станции на юге пролива - 15,09‰ и в 2016 г. – 14,58‰.

**Рис. 2.** Сезонная динамика солености (‰) в поверхностном слое вод на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

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

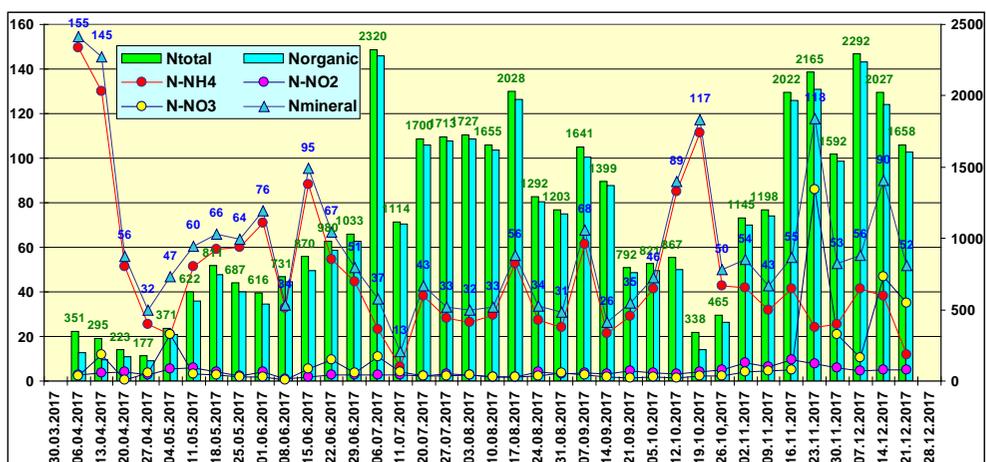
было связано с общим снижением температуры воды и замедлением бактериального разложения органического вещества. Общая щелочность воды практически не изменялась в течение года, пределы изменения 3,20-3,30, средняя 3,22 ммоль/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 3.** Динамика содержания органических веществ по БПК<sub>5</sub> (BOD<sub>5</sub> мг/дм<sup>3</sup>, правая шкала) и взвешенных веществ (Suspended Solids мг/дм<sup>3</sup>, левая шкала) в прибрежных водах на станции еженедельного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

Как и в прошлом году, в соотношении различных форм азота в поверхностном слое вод южной части Керченского пролива в 2017 г. органический азот полностью преобладал над всеми остальными ингредиентами, составляя в среднем 94,9% от суммарного содержания азота (рис. 4, правая шкала). Диапазон органического азота 145-2283, в среднем 1101 мкг/дм<sup>3</sup>; общего азота 177-2320 и 1161 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. В отличие от прошлого года не наблюдалось экстремально высоких значений до 4-7 тыс.мкг/дм<sup>3</sup>, которые были зафиксированы в июне-июле 2016 г., однако остальные величины и их сезонный ход вполне совпадали (рис. 5). С конца апреля начинался постепенный рост органического азота до наибольшего уровня в конце июля-первой половине августа, затем октябрьский спад в 3-4 раза и повторный подъем в ноябре-декабре. В 2016 г. спад начался существенно раньше – в первой половине августа. Характерным является синхронное увеличение доли неорганического азота в весенний и осенний периоды снижения содержания органического азота. Среди минеральных форм азота безусловно доминировал аммонийный азот. Диапазон его концентрации 6,22-149,33, в среднем

47,06 мкг/дм<sup>3</sup>, что почти совпадает с прошлогодней величиной 52,15 мкг/дм<sup>3</sup>. Минимум отмечен в середине июля, а максимум в начале апреля. Нитриты не играли существенной роли в балансе азота (0,92-9,32; в среднем 3,94 мкг/дм<sup>3</sup>), а нитраты почти отсутствовали в воде в течение всего года (0,40-11,90/3,98 мкг/дм<sup>3</sup>) до середины ноября, когда их содержание возросло на порядок (10,68-86,11/39,87 мкг/дм<sup>3</sup>). Отношение органического азота к сумме минеральных форм в течение периода исследования варьировало от 1-2 в апреле и октябре до максимума 84, зафиксированного 11 июля. В целом сезонные изменения этого показателя свидетельствуют о хорошо выраженных двух пиках повышенного содержания органического азота в водах Керченского пролива – июльском с постепенным затуханием в конце сентября и слабее выраженным в ноябре-декабре (рис. 6). В 2016 г. наблюдалась аналогичная тенденция, однако во все сезоны возникали однедельные вспышки повышенной концентрации органического азота по отношению к минеральному.



**Рис. 4.** Динамика содержания различных форм азота (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2017 г.

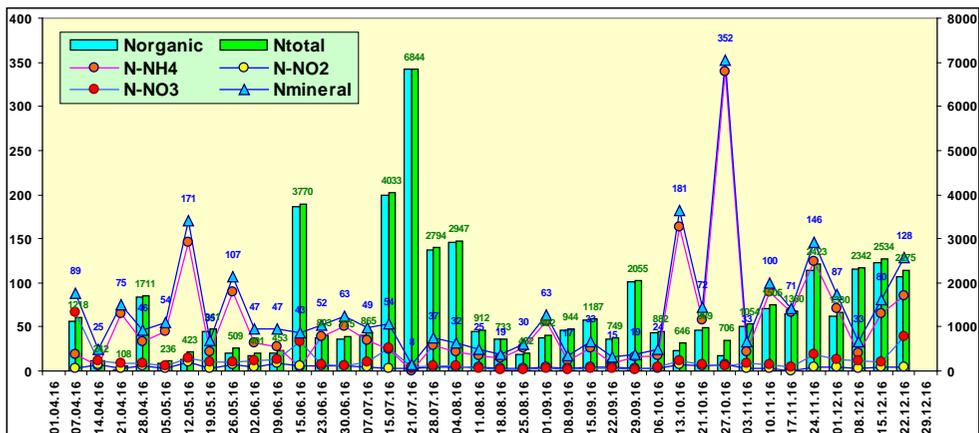


Рис. 5. Динамика содержания различных форм азота (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г.

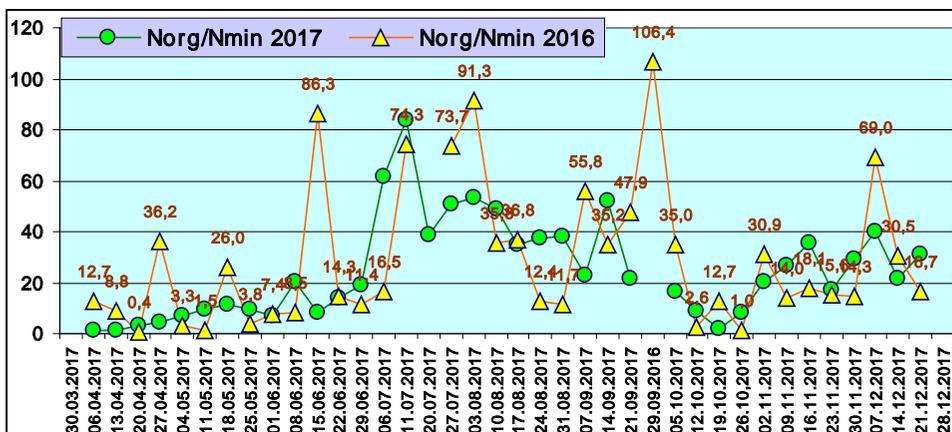


Рис. 6. Сезонные изменения отношения концентрации органического азота к сумме минеральных форм в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг. Экстремальное значение 892,5, наблюдавшееся 20 июля 2016 г. вынесено за рамки графика.

Концентрация **фосфатов** в водах пролива в течение всего периода наблюдений в 2017 г. была очень низкой: 2,59-12,73 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 6,70 мкг/дм<sup>3</sup> (0,13 ПДК для мезотрофных водоемов); максимум отмечен 18 мая (рис. 7). И средняя, и максимальная величина была меньше прошлогодних значений – 15,03/82,66 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание органического фосфора было примерно в четыре раза больше, диапазон значений 25,49-87,81/19,42-220,13 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 45,59/63,20 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с прошлым годом средняя снизилась в 1,4 раза, а максимальная в 2,5 раза. Содержание общего фосфора (29,41-97,22/52,28 мкг/дм<sup>3</sup>) практически весь период наблюдений с апреля по

декабрь 2017 г. в основном определялось уровнем органического фосфора, его доля составляла 77,1-95,8%, в среднем 86,9% (рис. 8). В прошлом году доля органики в балансе фосфора была существенно ниже (58,9-100%, в среднем 80,1%), при этом перепады значений неделя от недели в целом были значительно больше.

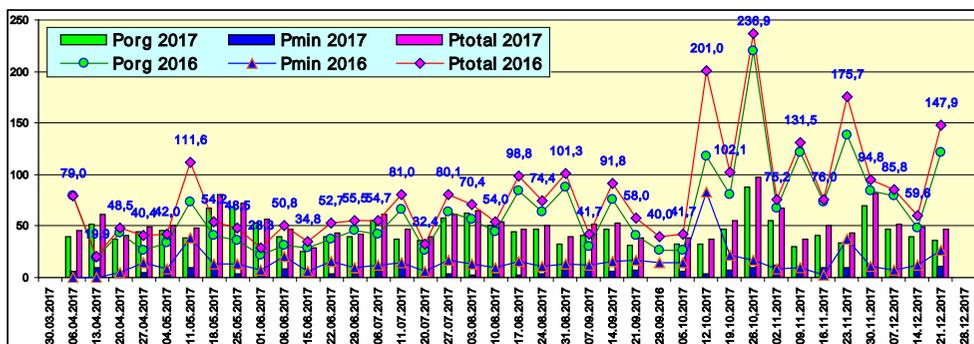


Рис. 7. Динамика содержания различных форм фосфора (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

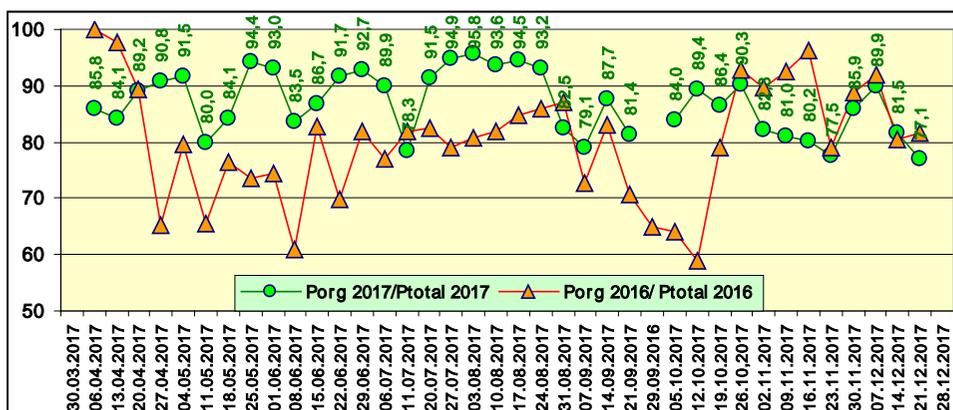


Рис. 8. Сезонная изменчивость отношения органического азота к общему (%) в водах южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

Отношение минеральных соединений азота и фосфора в 2017 г. составило в среднем 10,7, что в 1,6 раза выше прошлогоднего значения 6,7 (рис. 9). Как и в прошлом году, средняя величина была существенно меньше обоснованного Редфилдом стехиометрического соотношения для морской среды 16N:1P. Вероятно, такое нарушение классической для морской среды пропорции было связано с недостатком неорганического азота для развития фитопланктона в водах Керченского пролива. Однако, в отличие от 2016 г., в течение всего безледного времени года весной, летом и осенью были зафиксированы отдельные одно-двухнедельные периоды повышенного значения

соотношения Редфилда. Практически во всех таких случаях в проходящей по заливу через точку еженедельной станции воде было повышенным суммарное содержание минеральных форм азота при относительно постоянной и в целом невысокой концентрации фосфатов (рис. 10).

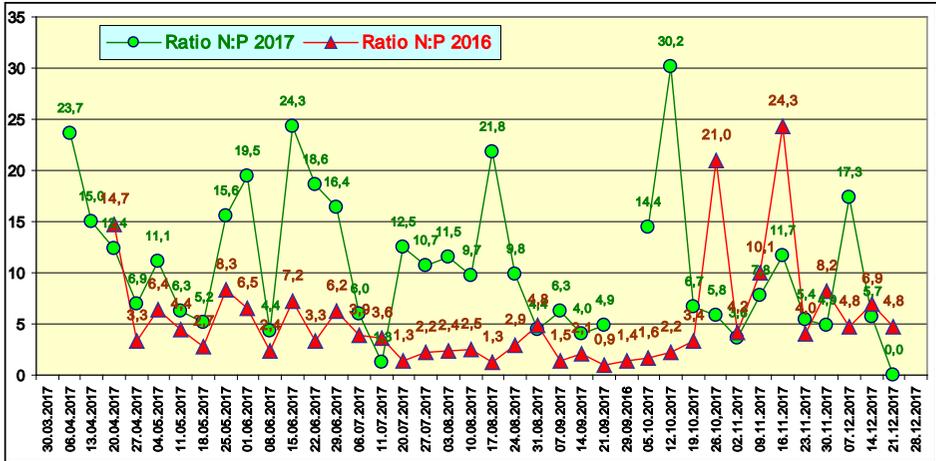


Рис. 9. Динамика отношения концентрации минеральных форм азота и фосфора в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

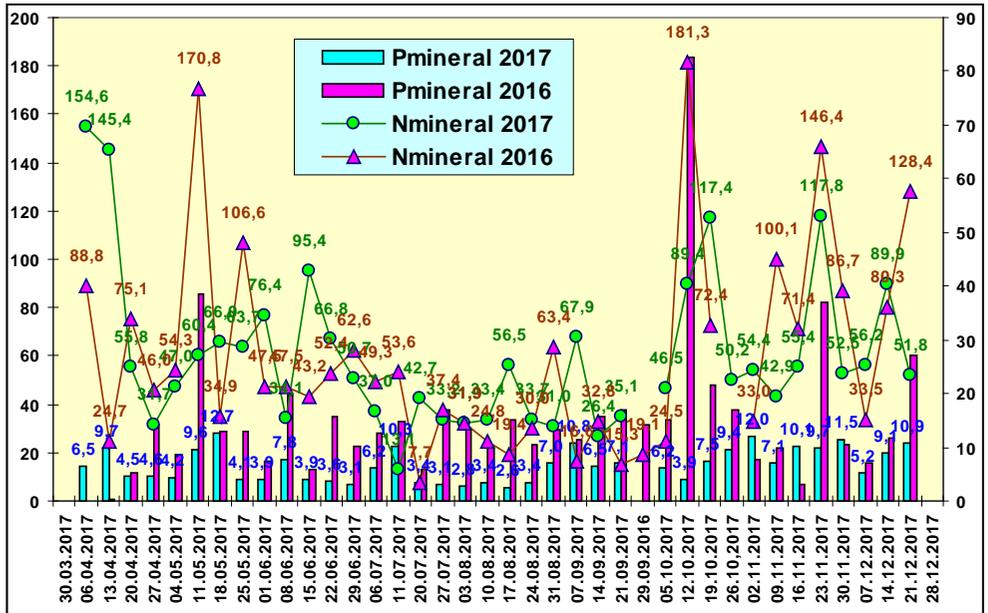
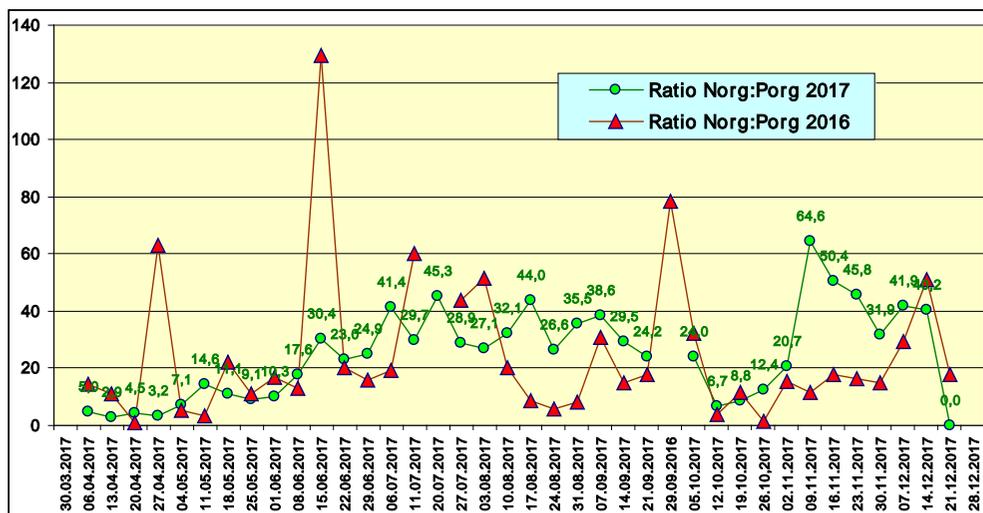


Рис. 10. Концентрация минеральных форм азота и фосфора ( $\text{мкг/дм}^3$ ) на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

В 2017 г. отношение органических форм азота и фосфора равномерно повышалось с апреля до сентября, потом наблюдался спад в октябре и новый подъем в ноябре-декабре (рис. 11). Такие сезонные изменения существенно отличались от динамики предыдущего года, когда наблюдались резкие пики и спады в течение одной недели. При этом среднегодовые значения были очень близкими – 25,4 и 24,6.



**Рис. 11.** Отношение органического азота и фосфора на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

Как и в прошлом году, концентрация **силикатов** в водах южной части пролива на станции еженедельного мониторинга была невысокой: 24-411, в среднем 217 мкг/дм<sup>3</sup>; в 2016 г. диапазон был таким же 27-418, однако средняя величина была меньше - 164 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 12). В течение двух последних лет наблюдалось постепенное повышение содержания кремниевой кислоты с марта по декабрь, однако в летний период года часто происходили резкие перепады от повышенных значений к очень низким за 1-2 недели. В последний год такой скачок наблюдался только однажды в середине августа.

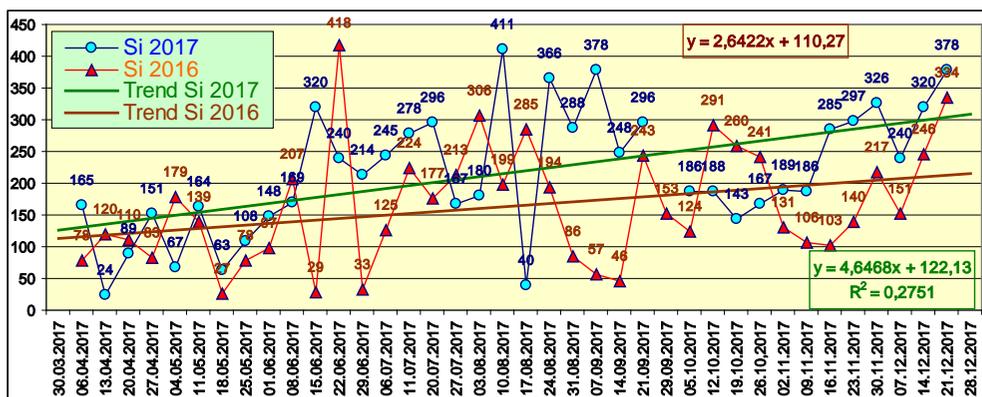
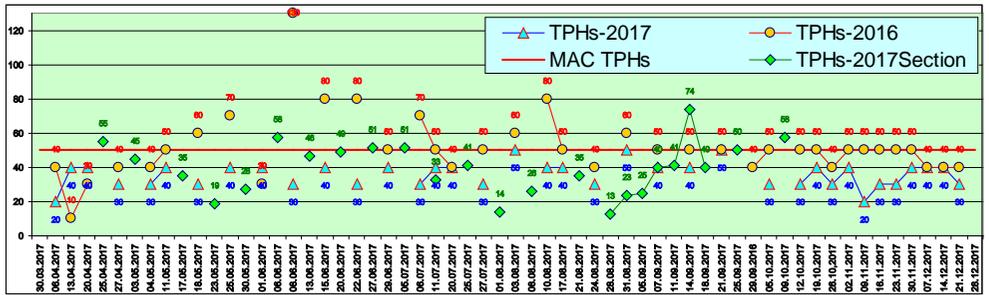


Рис. 12. Концентрация силикатов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) на станции еженедельного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг.

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

углеводородов в среднем около 0,5-2,0 ПДК как в районе северной узости пролива, так и южнее о. Тузла.



**Рис. 13.** Концентрация нефтяных углеводородов (мкг/дм<sup>3</sup>) на станции еженедельного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016-2017 гг. и средняя концентрация НУ на разрезе между портами Крым-Кавказ в 2017 г.

## Глава 3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

Коршенко А.Н., Погожева М.П., Мезенцева И.В., Вареник А.В.,  
Парфенова В.А., Протащик Л.А., Брайко О.И., Панченко А.В.,  
Любимцев А.Л.

### 3.1. Общая характеристика

Черное море располагается между Восточной Европой и Малой Азией и вытянуто в широтном направлении: длина 1150 км, наибольшая ширина 580 км, наименьшая от мыса Сарыч до южного побережья – 263 км. Мелководным Керченским проливом оно соединяется с Азовским морем. Проливом Босфор длиной 75 км, наименьшей глубиной 53 м и шириной 700 м в наибольшей узости – с Мраморным морем, и далее через пролив Дарданеллы – с Эгейским и Средиземным морями. Близкий к современному уровень моря установился 5-6 тысяч лет назад, когда произошло последнее соединение со Средиземным морем. Площадь моря составляет 423 тыс. км<sup>2</sup>, средняя глубина около 1315 м, наибольшая – 2210 м. На западе и северо-западе моря берега низкие, на востоке к морю вплотную подступают горы Кавказа, на юге и севере – гористые районы Малой Азии и невысокие горы Крыма. Береговая линия изрезана слабо. В северо-западной части есть несколько глубоко вдающихся в море заливов, возникших в результате затопления речных долин (Бургасский, Днестровский и Днепро-Бугский лиманы), а также многочисленные солоноватоводные 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<sup>0</sup>С) среднюю температуру воды. Зимой средняя температура воды на поверхности в открытом море составляет 6-8<sup>0</sup>С, однако на северо-западе и к югу от Керченского пролива опускается до 0,5<sup>0</sup>С и даже «минус» 0,5<sup>0</sup>С. Летом на всей акватории моря поверхностные воды прогревается до 25<sup>0</sup>С и более до глубины 15-30 м. Глубже сезонного термоклина температура понижается примерно до слоя 75-100 м, где располагаются холодные промежуточные воды с постоянной в течение всего года температурой 7-8<sup>0</sup>С. Ниже температура с глубиной очень

медленно повышается из-за геотермического притока тепла от дна и на глубине 2 км достигает  $9,2^{\circ}\text{C}$ .

По особенностям формирования и характеристикам воды моря подразделяют на поверхностные с соленостью до 18‰, промежуточные и глубинные. Циркуляция поверхностных вод моря циклоническая. Выделяются два крупных центральных круговорота в восточной и западной частях моря. Скорость течения увеличивается от 10 см/с в центре до 25 см/с на периферии этих круговоротов. С глубиной скорости течений быстро затухают до глубин порядка 100 м.

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

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

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

Район **Кавказского побережья РФ** расположен между  $43^{\circ}23'$ – $45^{\circ}12'$  с.ш. и  $40^{\circ}00'$ – $36^{\circ}36'$  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  $15^{\circ}$ – $20^{\circ}$ . Склон сильно расчленен каньонами, часть которых приурочена к устьям рек, и осложнен грядами и возвышенностями, основания которых распространяются до глубин 1400-1800 м.

Кавказское побережье и прилегающие районы моря отличаются наименьшими скоростями ветра в течение всего года. Это объясняется влиянием горных хребтов Северного Кавказа, расположенных здесь почти параллельно берегу. Динамика вод в прибрежной зоне,

ограниченной кромкой шельфа, обуславливается взаимодействием центрального циклонического общечерноморского течения (ОЧТ) и локальными потоками. Последние весьма изменчивы, часто носят вихревой характер и во многом зависят от орографии дна и других местных условий; ОЧТ приурочено к материковому склону шириной 40-80 км и имеет струйный характер со скоростью на поверхности 0,4-0,5 м/с. Границы между зонами течений условны, особенно при развитой синоптической изменчивости ОЧТ. Повторяемость таких ситуаций велика весной и осенью при общем ослаблении циркуляции вод. Нисходящие движения преобладают в прибрежной зоне и в течениях с северной составляющей скорости.

Сезонные колебания температуры воды определяется гелиофизическими факторами и локальными характеристиками акватории (морфология дна и берегов, объем, циркуляция вод и структура гидрологических полей). Минимальная среднемесячная температура поверхностного слоя воды в прибрежной зоне на всех станциях наблюдается в феврале и составляет 6,2-8,6<sup>0</sup>С. В марте начинается прогрев прибрежной акватории, особенно на мелководных участках. К апрелю поверхностная температура выравнивается и становится близка к 10-11<sup>0</sup>С. В мае-июне продолжается быстрый прогрев вод. Максимум температуры наблюдается в августе и составляет 23,5-24,9<sup>0</sup>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 приглублых областях. Ледообразование в районе обычно не происходит.

Сезонный ход солености поверхностного слоя прибрежных вод обуславливается изменением соотношения речного стока и общей циркуляции. Годовой речной сток малых рек Кавказа составляет примерно 7,17 км<sup>3</sup>. Прибрежные воды от Анапы до Сочи относятся к району с относительно пониженной соленостью во все сезоны года. Особенно заметно локальное понижение солености на юге района, в месте впадения в море рек Мзымта и Сочи. От этого участка по направлению к северу соленость повышается. Минимум в сезонном ходе приходится на март-апрель на всех участках района и меняется от 16,39‰ (Сочи) до 17,99‰ (Анапа). Летом наблюдается незначительное повышение солености вод прибрежья, максимум обычно отмечается в октябре-ноябре в диапазоне от 16,92‰ (Сочи) до 18,26‰ (Анапа).

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

В 2017 г. мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод у Крымских берегов Чёрного моря проводился: на акватории Севастопольской бухты (ФГБУ «СО ГОИН») в июне, июле и октябре, на взморье Севастополя в мае-июне и октябре-ноябре; на акватории порта Ялта (МГ «Ялта») с января по декабрь; в северной узости Керченского пролива (МГС «Опасное») с апреля по октябрь. В мае, июне и сентябре проводилось исследование качества поверхностных вод озера Донузлав (СО ГОИН). Работа по исследованию гидрохимических характеристик и уровня загрязнения вод Севастопольских бухт и района взморья района была выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (научный проект 17-05-41101 РГО\_a).

#### 3.2.1. Озеро Донузлав

В мае, июне и сентябре 2017 г. соленость поверхностных вод по площади о. Донузлав изменялась от 2,21 до 26,24‰, в среднем составив 15,71‰. Среднее значение водородного показателя составило 8,17 ед. рН. при диапазоне зафиксированных величин 7,38-8,66 ед. рН. Максимальная концентрация общего (260 мкг/дм<sup>3</sup>) и фосфатного (120 мкг/дм<sup>3</sup>) фосфора отмечена в сентябре в районе Аблимицкого моста, остальных пробах она не превышала 96 и 33 мкг/л соответственно, а средние за период наблюдений значения составили 36 и 15 мкг/дм<sup>3</sup>. Аэрация вод в целом была избыточной (128-208% насыщения), по абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода изменялась от 10,12 до 15,60 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Однако, 19.09.2017 г. в районе Аблимицкого моста наряду с высоким содержанием общего и минерального фосфора было зафиксировано отсутствие растворенного кислорода (0,03 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) достигло 17,54 млО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, тогда как в мае и июне значение показателя не превышало 8,62 млО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

#### 3.2.2. Севастопольская бухта

Нефтяное загрязнение вод Севастопольской бухты только в июне достигало и превышало ПДК (0,05-0,07 мг/дм<sup>3</sup>, поверхностный горизонт). На взморье г. Севастополя максимальное содержание **НУ** достигало 0,15 и 0,39 мг/дм<sup>3</sup> (3 и 8 ПДК) в придонных водах в мае и 0,20 мг/дм<sup>3</sup> (4 ПДК) в поверхностных водах в июне.

Содержание общего **фосфора** в водах Севастопольской бухты изменялось в пределах 8-28 мкг/дм<sup>3</sup>, в поверхностных и придонных водах на взморье – от 6-8 до 51-37 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Максимальное содержание фосфатного фосфора достигало  $19 \text{ мкг/дм}^3$  в бухте и  $30 \text{ мкг/дм}^3$  на взморье.

Содержание минерального азота было значительно ниже ПДК. Концентрация нитритного азота была ниже предела определения, аммонийного азота не превышала  $42 \text{ мкг/дм}^3$  и только в придонных водах Южной бухты в июле достигла  $130 \text{ мкг/дм}^3$ . Максимальное содержание нитратного азота достигало  $160 \text{ мкг/дм}^3$  в водах акватории Севастопольской бухты и  $81 \text{ мкг/дм}^3$  на взморье.

Концентрация взвешенных веществ на взморье не превышала  $4 \text{ мг/дм}^3$ , в водах Севастопольской бухты изменялась от 2 до  $11 \text{ мг/дм}^3$ .

Морские поверхностные воды в районе г. Севастополя в период наблюдений были хорошо аэрированы. Перенасыщение вод растворенным кислородом достигало 24-28% насыщения. В придонных водах иногда отмечался дефицит растворенного кислорода (до 15-19% насыщения). Абсолютное содержание растворенного кислорода изменялось в диапазонах 6,61-10,25 и 8,49-10,98  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$  в водах бухты и взморья соответственно. Биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) в поверхностных водах варьировало от 0,61 до 3,89  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ , а в придонных 0,04-3,14  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ .

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

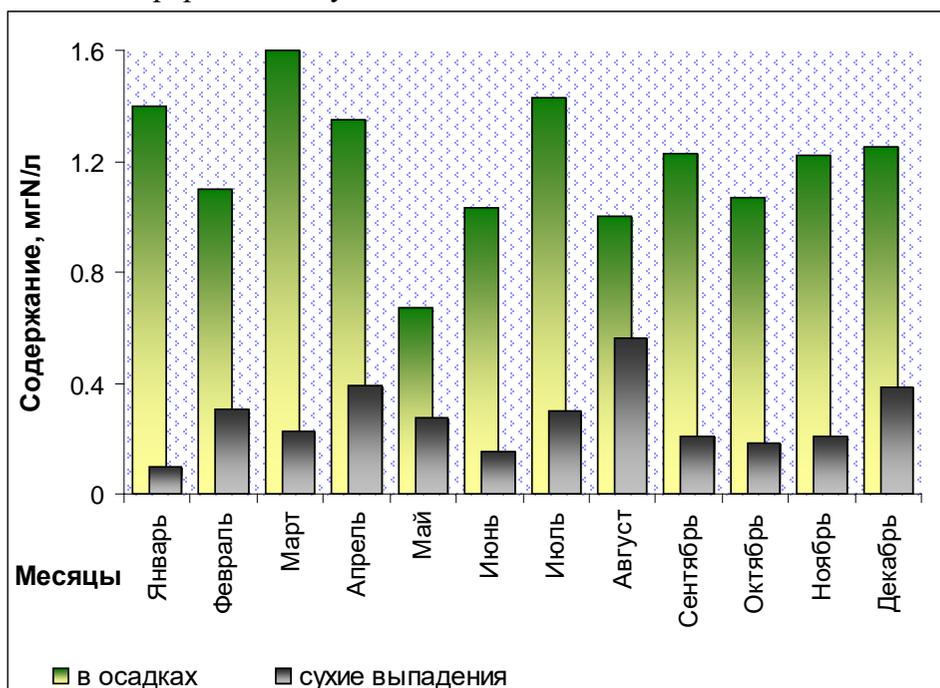
В 2017 г. проводилось аналитическое определение содержания неорганического азота в атмосферных осадках. Отбор проб выполнялся на МГС «Севастополь» (Павловский мыс) в два осадкосборника – закрытый (открывался только во время выпадения осадков) и постоянно открытый. Проанализировано содержание в атмосферных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

Средневзвешенное содержание неорганического азота в атмосферных осадках г. Севастополя составило  $1,19 \text{ мгN/дм}^3$ . Максимальная концентрация в закрытом осадкосборнике ( $5,98 \text{ мгN/дм}^3$ ) была определена в пробе, отобранной 21.01.2017 г., в открытом осадкосборнике ( $6,83 \text{ мгN/дм}^3$ ) – 17.03.2017 г.

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

Во внутригодовом изменении содержания неорганического азота в атмосферных осадках четкого сезонного хода не прослеживается (рис.3.1). Отмечено незначительное снижение концентрации в летние месяцы.

Вклад сухих выпадений в общее содержание неорганического азота в пробах осадков в г. Севастополь оценивался по разнице концентраций в открытом и закрытом осадкосборниках и в среднем составил 24%. Максимальная разница наблюдалась в основном в теплое время года, что, вероятно, связано с накоплением пыли в атмосфере вследствие большого перерыва между выпадением осадков.

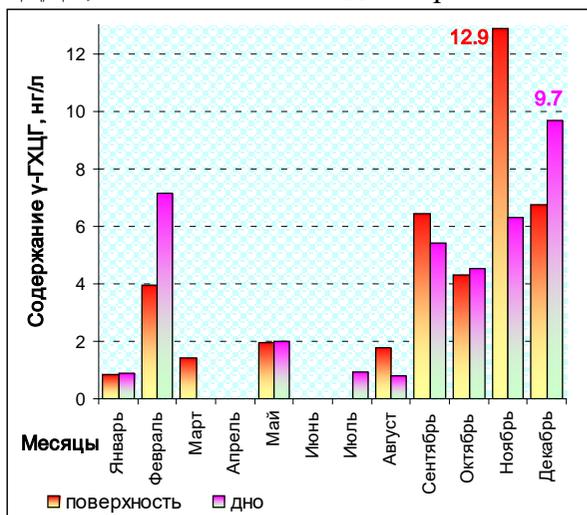


**Рис. 3.1.** Внутригодовое изменение содержания неорганического азота в пробах атмосферных осадков г. Севастополь и вклад сухих выпадений в его общее поступление.

### 3.2.4. Порт Ялта

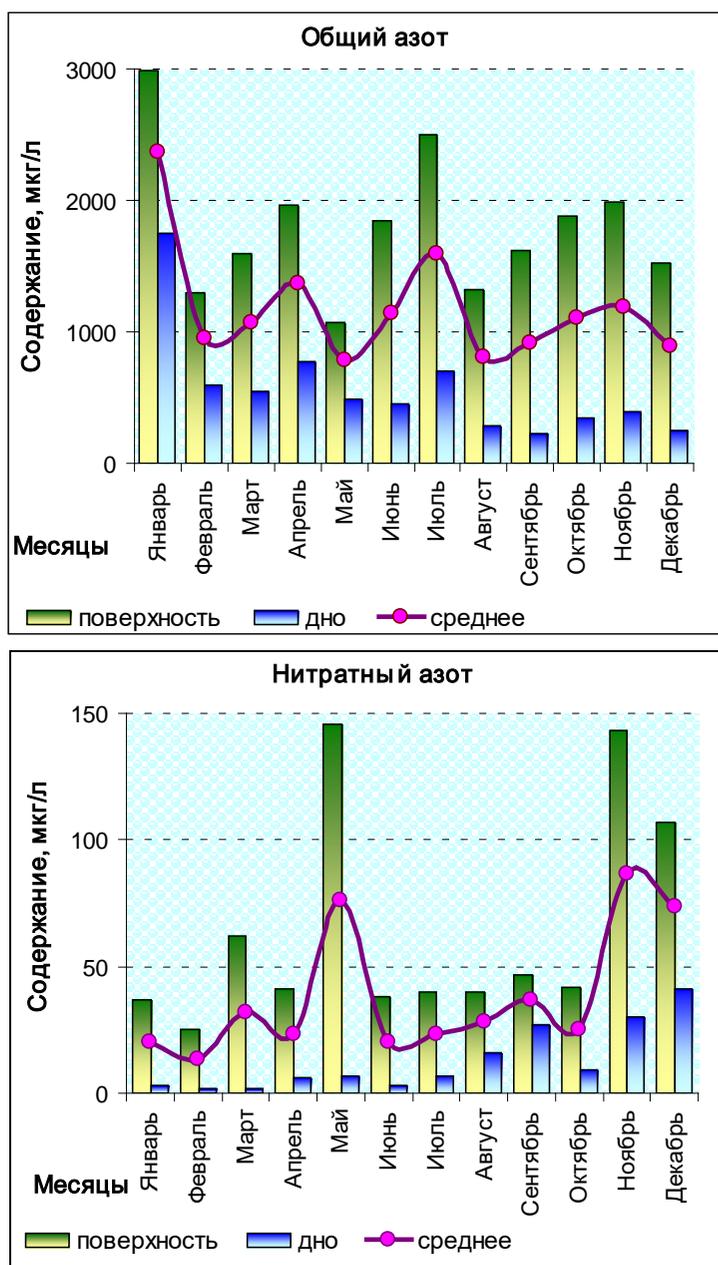
Хотя **нефтяные углеводороды** в водах акватории порта были обнаружены в течение всего года во всех 72 пробах, однако их содержание оставалось очень невысоким. Максимальная концентрация ( $0,03 \text{ мг/дм}^3$ ,  $0,6 \text{ ПДК}$ ) была отмечена в конце февраля в обоих слоях воды (табл. 3.1). Средняя составила  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ . Содержание СПАВ превышало предел обнаружения ( $DL=10 \text{ мкг/дм}^3$ ) только в 9 пробах из 24 и достигало 12 сентября на поверхности  $43 \text{ мкг/дм}^3$ , в среднем  $11 \text{ мкг/дм}^3$ . Загрязнение вод порта фенолами не отмечено.

В водах акватории п. Ялта, как и в предыдущие годы, было обнаружено присутствие **ХОП** ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, альдрин, ДДТ и ГПХ). Линданом ( $\gamma$ -ГХЦГ) были загрязнены 75% отобранных проб, в 25% был обнаружен ГПХ (рис. 3.2). И если максимальная концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и альдрин не превышала  $1 \text{ нг/дм}^3$ , то содержание  $\gamma$ -ГХЦГ в поверхностных и придонных водах достигало 12,9 (ноябрь) и 9,7  $\text{нг/дм}^3$  (декабрь) соответственно, ГПХ – 2,6 (октябрь) и 2,4  $\text{нг/дм}^3$  (декабрь). ДДТ и ДДЭ, а так же ПХБ в водах порта не обнаружены.



**Рис. 3.2** Внутригодовое изменение содержания  $\gamma$ -ГХЦГ в водах акватории порта Ялта.

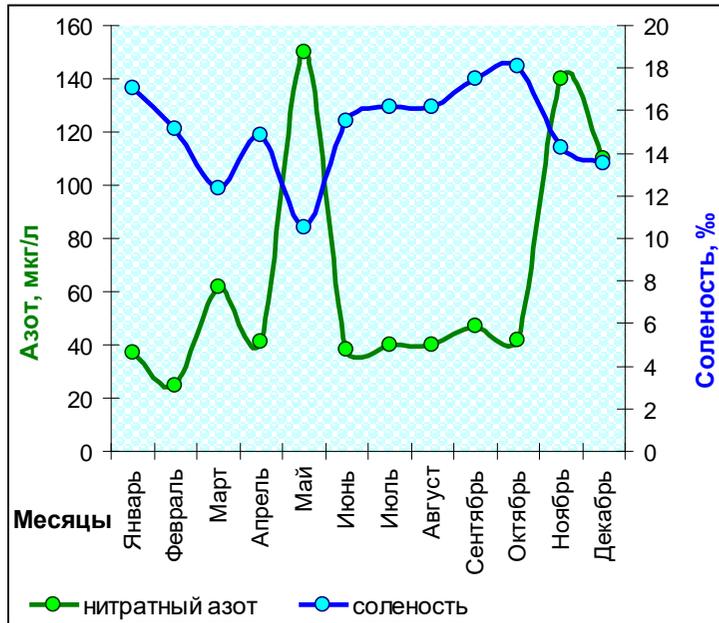
Содержание азота было значительно ниже ПДК. Концентрация общего азота в поверхностных водах изменялась в пределах  $1070\text{-}2990 \text{ мкг/дм}^3$ , в придонных водах – от 220 до  $700 \text{ мкг/дм}^3$  и только в январе достигала  $1750 \text{ мкг/дм}^3$ . Среднегодовое содержание в слое поверхность-дно возросло до  $1190 \text{ мкг/дм}^3$ , что в 1,3 раза выше предыдущего года. Максимальная концентрация аммонийного азота не превышала  $32 \text{ мкг/дм}^3$ , нитритного азота –  $14 \text{ мкг/дм}^3$ . Концентрация нитратного азота изменялась в поверхностных водах в диапазоне от 23 до  $150 \text{ мкг/дм}^3$  (май), у дна от 2 до  $41 \text{ мкг/дм}^3$ . Среднегодовое содержание ( $38 \text{ мкг/дм}^3$ ) было минимальным за последние годы. В целом поверхностные воды содержали азота значительно больше, чем придонные (рис. 3.3). Для общего азота в среднем превышение составило 3 раза, для нитратного азота – 5 раз.



**Рис. 3.3.** Внутригодовое изменение содержания общего и нитратного азота в водах акватории порта Ялта

На терригенный (антропогенный) характер загрязнения указывает обратная корреляционная зависимость ( $R = -0,7$ ) содержания нитратного азота с показателем солёности поверхностных вод (рис. 3.4),

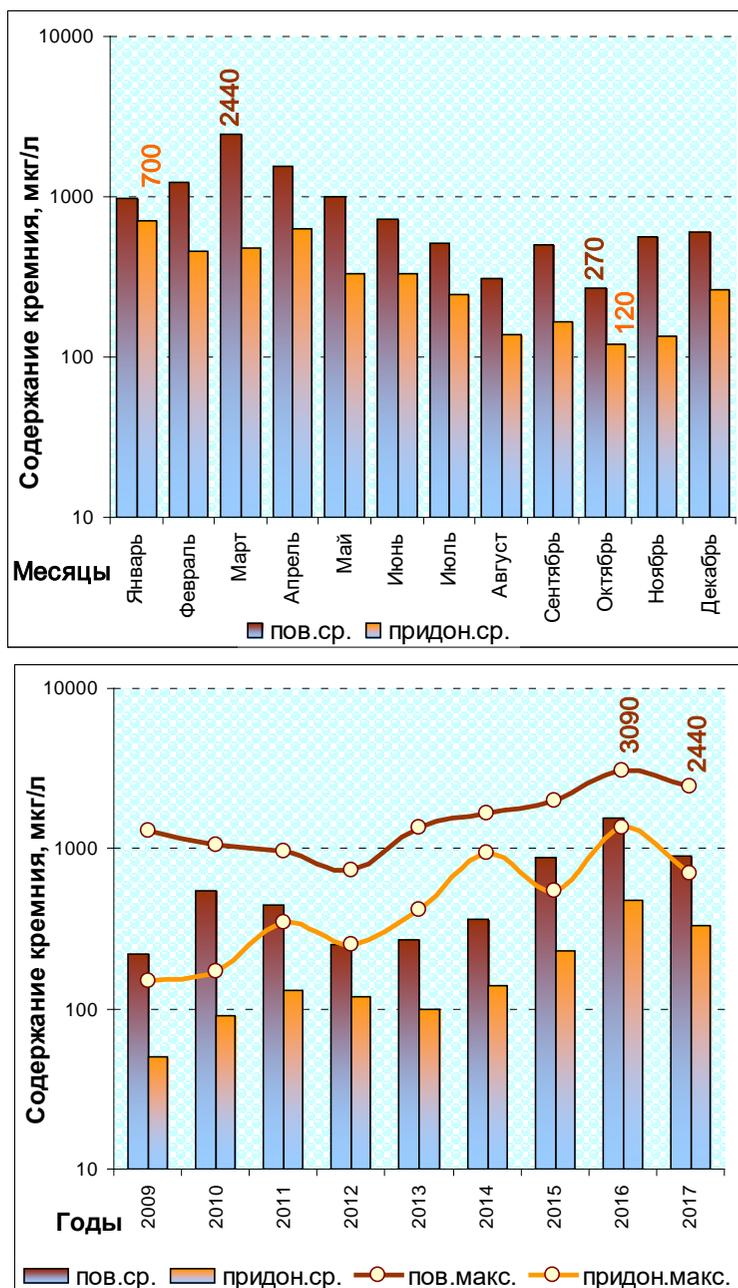
а так же многолетний рост общего содержания азота в поверхностных водах порта на фоне низкого содержания его неорганических форм.



**Рис. 3.4.** Внутригодовое изменение содержания нитратного азота и солености поверхностных вод акватории порта Ялта

Концентрация общего **фосфора** варьировала в пределах 5-45 мкг/дм<sup>3</sup>, фосфатного фосфора – 2-35 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее за год содержание общего и минерального фосфора в слое поверхность-дно возросло до 15 и 9 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно и было максимальным за последние годы.

Концентрация **кремния** в поверхностных водах с февраля по апрель достигала 1240-2440 мкг/дм<sup>3</sup>, в дальнейшем снижаясь до 310 (август) и 270 мкг/дм<sup>3</sup> (октябрь). В придонных водах в январе она составила 700 мкг/дм<sup>3</sup>, а во втором полугодии не превышала 260 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание (620 мкг/дм<sup>3</sup>) остается высоким (рис. 3.5).



**Рис. 3.5.** Сезонное и межгодовое изменение содержания кремния в водах акватории порта Ялта.

Водородный показатель изменялся в узком диапазоне 8,13-8,48 при допустимом диапазоне 6,5-8,5 ед.рН. Аэрация вод в целом по-прежнему была недостаточной. Относительное содержание растворенного кислорода на поверхностном горизонте изменялось в пределах 80-111%

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

**Таблица 3.1.** Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2015-2017 гг.

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

	Аммонийный азот	0		0		0	
		20,6	<0,1	14,9	<0,1	19,6	<0,1
	Растворенный кислород	43,0	<0,1	42	<0,1	32	<0,1
		8,76		8,59		8,88	
	НУ	6,42		5,74	<b>0,96</b>	6,19	
		0,084		-		0,066	<b>1,3</b>
Севастопольская бухта и взморье	СПАВ	0,31		-		0,39	<b>8</b>
		46,0	0,5	-		-	
	Аммонийный азот	82,0	0,8	-		-	
		6,1	<0,1	28,0	<0,1	13,1	<0,1
	Нитритный азот	22,9	<0,1	131	<0,1	134,0	<0,1
		1,09	<0,1	0,68	<0,1	1,61	<0,1
	Растворенный кислород	2,8	0,1	2,7	0,1	4,2	0,2
		10,09		8,00		9,30	
		9,04		5,88	<b>0,98</b>	7,25	

### 3.2.5. Качество черноморских вод у берегов Крыма

Результаты расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ), полученные на основе осредненных за сопоставимые периоды наблюдений и приведенных к ПДК величин концентрации приоритетных для каждого из районов мониторинга загрязняющих веществ и растворенного в воде кислорода, позволяют сравнить качество вод различных участков побережья Крыма. В 2017 г. воды всех районов мониторинга классифицировались как «чистые» (табл. 3.2).

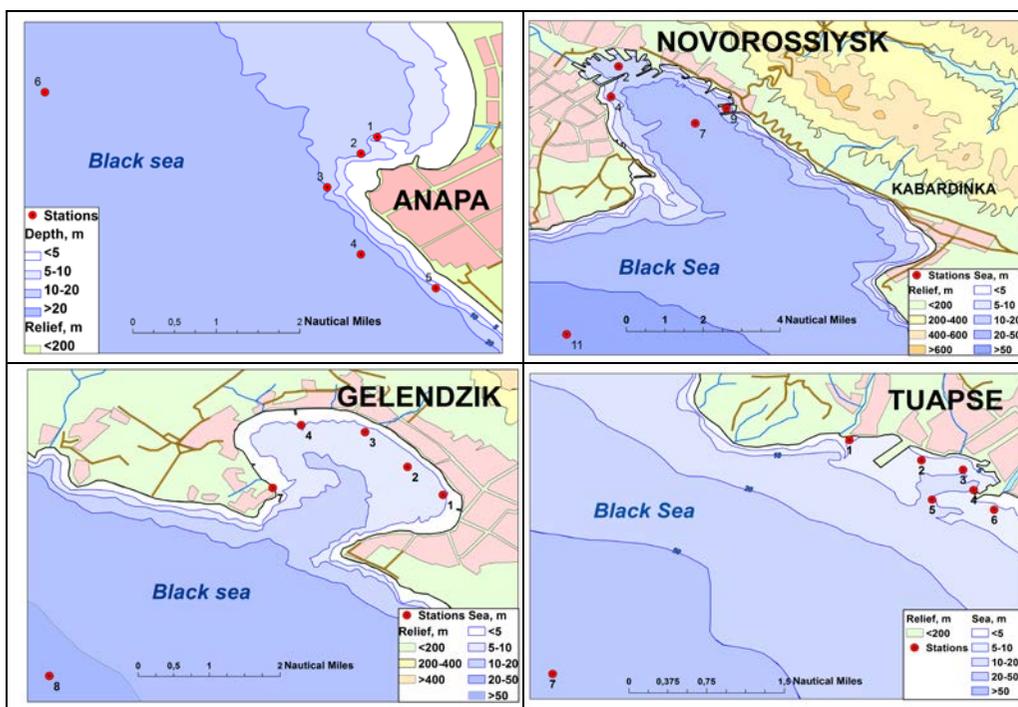
**Таблица 3.2.** Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2015-2017 гг. по индексу загрязненности вод ИЗВ.

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

### 3.3. 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. 3.6). На станции штормовой информации №2 в порту Туапсе отбор проб проводили каждые десять дней. Пробы воды отбирались из приповерхностного слоя на прибрежных станциях с использованием маломерного НИС «Росгидромет-17» (проект NS18 RGM, длина 18 м, грузоподъемность 3,5 т). В состав наблюдений входило определение стандартных гидролого-гидрохимических параметров (температура, соленость S‰, хлорность, водородный показатель pH, растворенный кислород O<sub>2</sub> методом Винклера, щелочность Alk), концентрация биогенных элементов (фосфатов PO<sub>4</sub>, аммонийного азота, нитритов NO<sub>2</sub> и силикатов SiO<sub>3</sub>) и загрязняющих веществ - НУ, СПАВ 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.



**Рис. 3.6.** Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2017 г. (ГМБ Туапсе).

**Анапа.** В 2017 г. в районе г. Анапа исследования проводилась на 6 станциях с глубинами 6–31 м. Всего в течение года почти в каждый месяц было отобрано и проанализировано из поверхностного слоя 27

проб воды. В период наблюдений соленость изменялась от 16,40 до 18,30‰. Максимальная соленость была отмечена в апреле, минимальная – в июле. Средняя за год величина солености была немного ниже прошлогодней и составила 17,34‰, хлорность изменялась в пределах от 9,08 до 10,13‰. Температура воды варьировала от 8,3°C в январе до 24,9°C в конце июля. Значение водородного показателя pH изменялось в диапазоне 8,05–8,51, общей щелочности – 2,736–3,997 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В целом гидролого-гидрохимические параметры находились в пределах естественных межгодовых колебаний (табл. 3.3).

**Таблица 3.3.** Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья России в 2017 г.

Район	S, ‰	Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> *, 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	17,336/	2,736/	9,72/	8,42/	11,2/	166/	20,70/	1,01/
	18,30	2,997	8,35	8,51	44,4	416	142,30	3,86
Новорос- сийск	17,486/	2,786/	9,54/	8,37/	19,7/	174/	26,50/	1,47/
	18,16	2,938	8,35	8,50	48,0	299	218,50	4,00
Геленджик	17,265/	2,741/	10,12/	8,45/	10,0/	150/	25,21/	1,01/
	18,07	2,955	8,50	8,59	38,9	381	239,70	4,40
Туапсе	16,818/	2,737/	9,41/	8,39/	23,0/	185/	6,68/	1,57/
	18,43	3,064	7,17	8,54	128,7	660	78,80	4,73

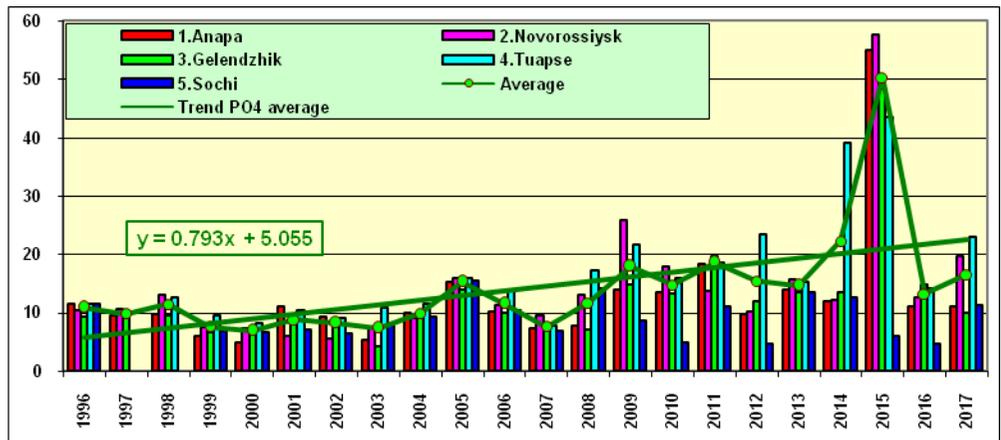
O<sub>2</sub>\* - средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.

В течение года содержание минерального фосфора варьировало от аналитического нуля до 44,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Для прибрежной акватории г. Анапы средняя концентрация неорганического фосфора осталась практически на таком же уровне, что и в прошлом году, в то время как для других районах северной части Кавказского побережья среднегодовая концентрация минерального фосфора оказалась выше, чем в 2016 г. (рис. 3.7). Больше всего средняя концентрация фосфатов выросла в районах Туапсе и Цемесской бухты Новороссийска (с 12,5 до 19,7 мкг/дм<sup>3</sup> для Новороссийска и с 14,3 до 23,0 мкг/дм<sup>3</sup> для Туапсе). Максимальная концентрация фосфатов в районе г. Анапы оказалась ниже прошлогодней и составила 44,4 мкг/дм<sup>3</sup>, что ниже величины ПДК (рис. 3.8). Также ниже уровня ПДК оказались величина максимальной концентрации фосфатов в прибрежных акваториях Новороссийска и Геленджика - 48,0 и 38,9 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. По сравнению с 2016 г. существенно до примерно 2,5 ПДК выросла максимальная

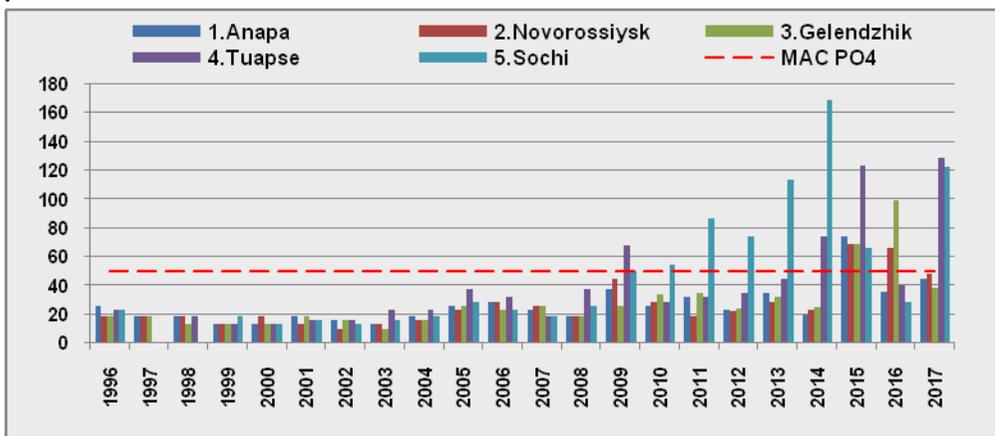
концентрация минерального фосфора в прибрежных районах у Сочи (с 28,3 до 122,8 мкг/дм<sup>3</sup>) и Туапсе (с 40,7 до 128,7 мкг/дм<sup>3</sup>).

Анализ многолетних данных позволяет выявить тенденцию повышения содержания фосфатов в прибрежных водах (рис. 3.7). До некоторой степени это обусловлено значительным (в 3–4 раза) скачком значений у Анапы, Новороссийска и Геленджика в 2015 г. Спад в следующем году продолжился увеличением среднегодовой и максимальной концентрации в 2017 г., что соответствует многолетней тенденции накопления минерального фосфора в прибрежной акватории северной части Кавказского побережья.

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



**Рис. 3.7.** Средняя концентрация неорганического фосфора P-PO<sub>4</sub> (фосфаты, мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996-2017 гг.



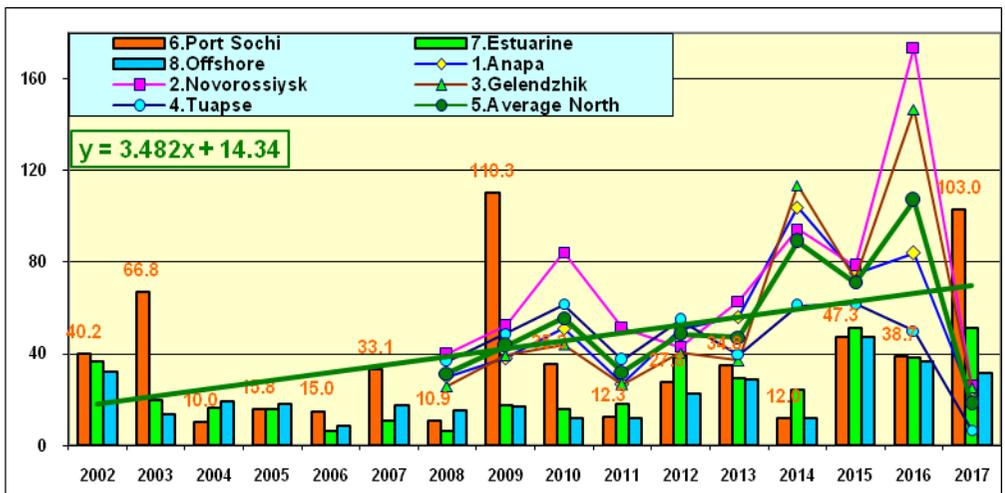
**Рис. 3.8.** Максимальная концентрация неорганического фосфора P-PO<sub>4</sub> (фосфаты, мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996-2017 гг.

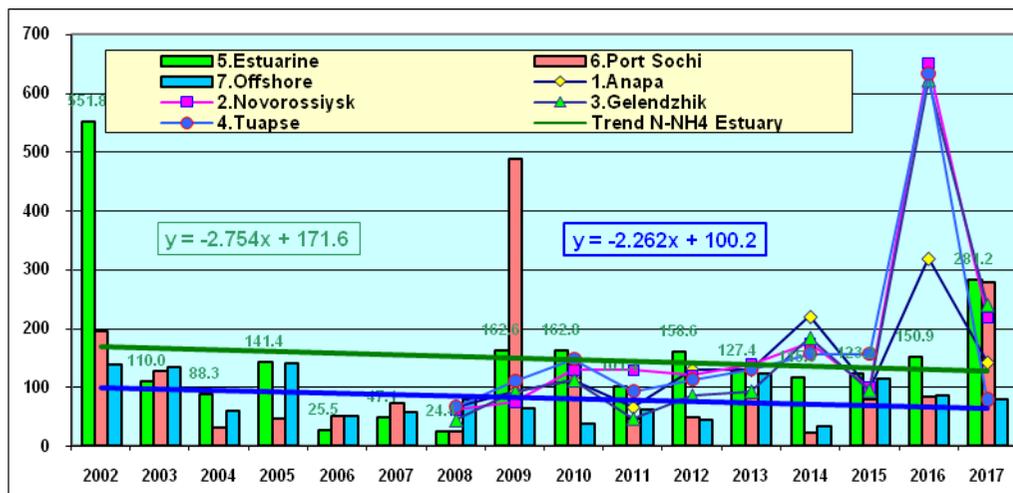
В исследуемой акватории вблизи г. Анапа нефтяные углеводороды были обнаружены в 24 пробах из 27 (DL=0,02 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация НУ превышала ПДК только в одной пробе, отобранной 25 января (0,054 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая величина изменилась незначительно по сравнению с предыдущим годом и составила 0,014 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание детергентов во всех 27 проанализированных пробах было ниже предела обнаружения (DL=100 мкг/дм<sup>3</sup>). Из трех проанализированных проб на содержание ртути в двух ее концентрация была практически одинаковой и составила 0,011 и 0,010 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК), а в третьей пробе было ниже предела обнаружения (DL=1 нг/дм<sup>3</sup>). Концентрация железа варьировала от 20 до 53 мкг/дм<sup>3</sup>, со средним содержанием, равным 27,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание железа выше норматива было обнаружено только в одной пробе и составило 1,06 ПДК. Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм<sup>3</sup>) во всех пробах.

Кислородный режим был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода в воде не обнаружен. Концентрация кислорода изменялась в пределах от 8,35 до 11,05 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем составляя 9,73 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было в пределах 85,3–116,8% от насыщения и в среднем было несколько ниже, чем в трех предыдущих годах (107,06% – в 2014 году, 107,20% – 2015, 107,42% – 2016 и 102,09% – 2017). Индекс ИЗВ (0,49, II класс, «чистые») увеличился по сравнению с прошлым и позапрошлым годом почти в полтора раза (табл. 3.4). В расчет индекса, в отличие от прошлого года, вошла величина БПК<sub>5</sub>. Из расчета индекса было

исключено содержание нитритов из-за их очень низкой концентрации в воде. Содержание трех других параметров расчета – нефтяных углеводов, железа и кислорода – изменилось несущественно.

**Новороссийск.** В 2017 г. на 4 станциях в Цемесской бухте с глубинами от 7 до 13 м и одной в открытом море на изобате 55 м в течение года было отобрано 23 пробы воды из поверхностного слоя. Температура варьировала от 9,0 до 25,3<sup>0</sup>С и в среднем составила 16,0<sup>0</sup>С, что на 2,6<sup>0</sup>С ниже, чем в прошлом году. Соленость изменялась в диапазоне от 16,13‰ до 18,16‰, среднегодовая величина составила 17,49‰ (на 0,3‰ меньше, чем в 2016 г.). Наименьшая соленость была отмечена 27 июля, наибольшая – 2 марта. Водородный показатель рН варьировал в пределах от 8,00 до 8,50 и в среднем составил 8,37 ед.рН. Значения общей щелочности (2,600–2,938 мг-экв/дм<sup>3</sup>) были в пределах обычной сезонной и межгодовой изменчивости. Концентрация минерального фосфора варьировала от аналитического нуля до 48,00 мкг/дм<sup>3</sup> и в среднем составила 19,73 мкг/дм<sup>3</sup>, что почти в полтора раза выше прошлогоднего значения, но практически в три раза меньше позапрошлогоднего (табл. 3.3). Содержание аммонийного азота изменялось в пределах от аналитического нуля до 218,50 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с прошлым годом средняя величина аммонийного азота уменьшилась в 6,6 раза (с 173,70 мкг/дм<sup>3</sup> в 2016 г. до 26,50 мкг/дм<sup>3</sup> в 2017 г.), а максимальная величина – почти в три раза (с 650,70 мкг/дм<sup>3</sup> в 2016 г. до 218,5 мкг/дм<sup>3</sup> в 2017 г.), (рис. 3.9). Средние значения аммония в водах Цемесской бухты, Геленджикской бухты и в районе Туапсе были ниже, чем в районе Адлера и Сочи, что было впервые за все время наблюдений.





**Рис. 3.9.** Средняя (сверху) и максимальная (снизу) концентрация аммонийного азота N-NH<sub>4</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2017 гг.

Концентрация нитритов варьировала в диапазоне от аналитического нуля (DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup>, 6 проб) до 4,0 мкг/дм<sup>3</sup>; в среднем 1,5 мкг/дм<sup>3</sup>, что практически полностью соответствует прошлогоднему среднегодовому значению. В течение последних двух десятилетий среднее содержание нитритов постепенно снижалось на всех контролируемых участках Кавказского побережья (рис. 3.10). И хотя в 2017 г. среднегодовая величина нитритного азота была выше, чем в прошлом году, общая тенденция осталась прежней. Максимальные значения в северной части побережья снижались в последние десятилетия даже быстрее, чем средняя концентрация, хотя и наблюдается значительная межгодовая изменчивость. На юге в районе Сочи-Адлер максимальное содержание нитритов, наоборот, очень резко возросло за период с 2014 по 2016 гг. до абсолютного максимума 40,6 мкг/дм<sup>3</sup>, который был зафиксирован 14 августа 2016 г. в устье реки Сочи на поверхности. В 2017 г. максимальная концентрация в районе Сочи снизилась до 12,1 мкг/дм<sup>3</sup>, но тем ни менее осталась выше, чем в других районах Кавказского побережья. Диапазон значений силикатов в Цемесской бухте составил 32,4–298,5 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен летом 8 июня в точке, удаленной на пять миль от берега. Средняя за год концентрация кремния выросла по сравнению с 2016 г. с 155,5 до 173,7 мкг/дм<sup>3</sup>.

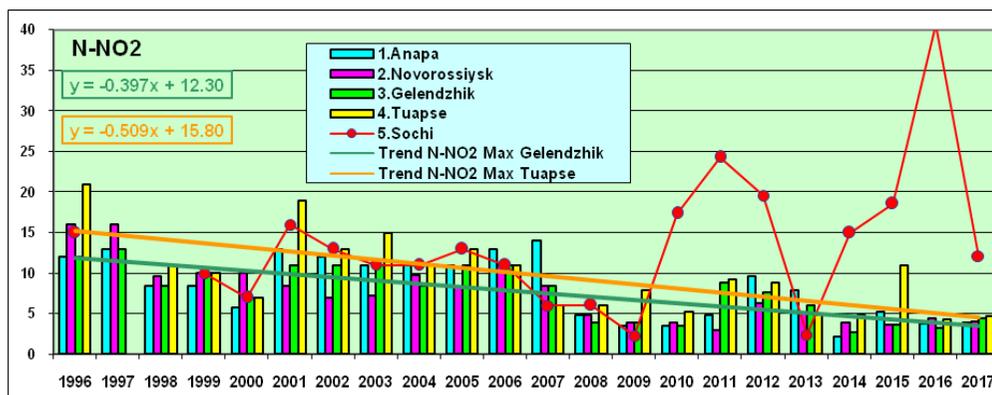
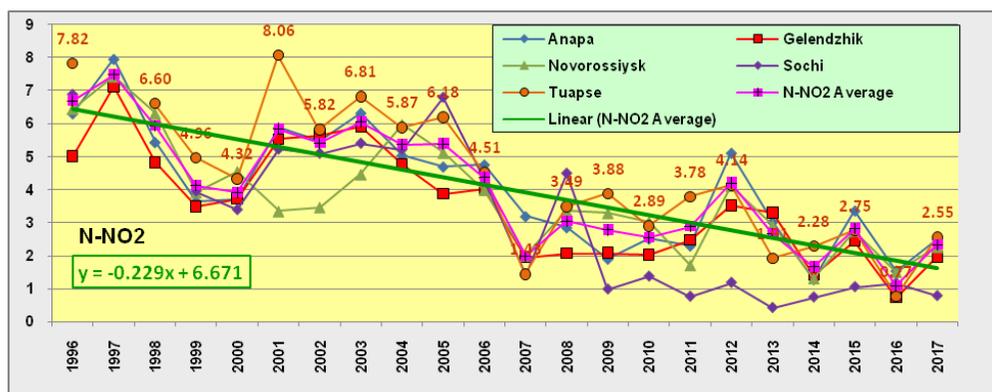


Рис. 3.10. Средняя (сверху) и максимальная (снизу) концентрация нитритного азота N-NO<sub>2</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 1996–2017 гг.

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

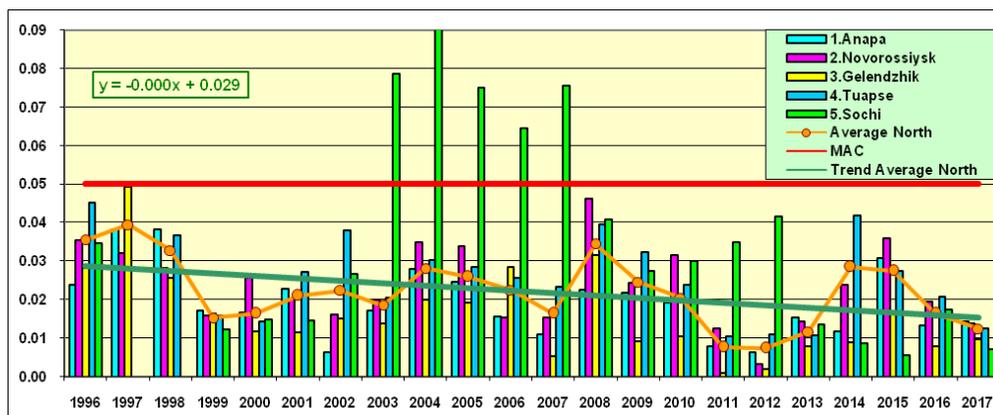
Содержание растворенной ртути в трех проанализированных пробах было ниже предела обнаружения (DL=0,010 мкг/дм<sup>3</sup>). В семи пробах была определена концентрация железа; в одной она была ниже предела обнаружения (DL=20 мкг/дм<sup>3</sup>), а в остальных достигала 36 мкг/дм<sup>3</sup>, в

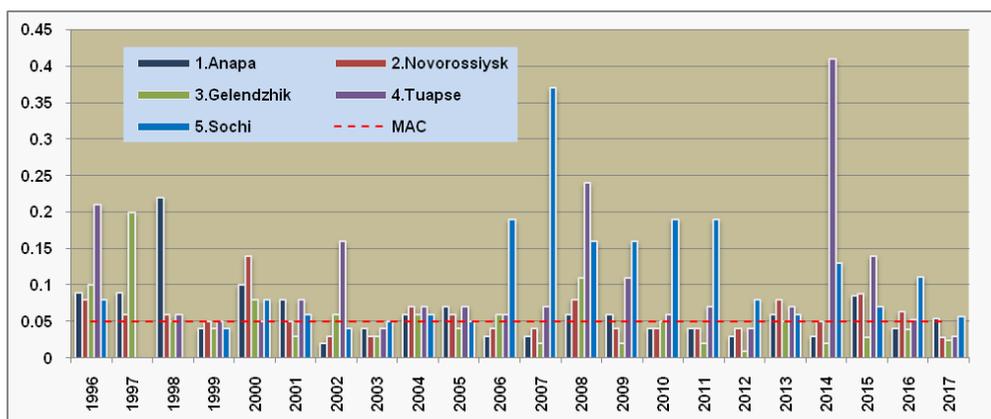
среднем 25,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ - и  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм<sup>3</sup>) во всех пробах. В семи пробах была определена концентрация легко окисляемых растворенных органических веществ по БПК<sub>5</sub>. Их содержание варьировало от аналитического нуля до 2,26 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в среднем 1,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Кислородный режим вод района во все сезоны был в пределах нормы, диапазон концентрации растворенного в воде кислорода составил 8,35–10,74 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 9,54 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс ИЗВ (0,46) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, БПК<sub>5</sub>, железа и кислорода.

**Геленджик.** В Геленджикской бухте на 5 станциях с глубинами 3–6 м и одной с глубиной 60 м (ст. №8) в течение всего года было отобрано 27 проб воды из приповерхностного слоя. Минимальная соленость (16,40‰) была отмечена 27 июля на близкой к берегу ст. №1, расположенной внутри бухты, а максимальная – 2 марта на ст. №8, удаленной от берега на пять миль (18,07‰). Значения рН изменялись в диапазоне 8,21–8,59 ед. рН. Наименьшая величина рН была зафиксирована 19 октября на ст. №1, наибольшие – 6 апреля во время единовременной съемки на станциях внутри Геленджикской бухты (8,57–8,59 ед. рН). Величина общей щелочности варьировала от 2,552 до 2,955 мг-экв/дм<sup>3</sup>, наименьшая величина была зафиксирована 14 декабря, наибольшая – 25 января. На глубоководной станции № 8 в открытом море в семи проанализированных пробах содержание взвешенных веществ изменялось в пределах 0,95–1,70 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,30 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация нитритов, аммонийного азота и минерального фосфора была значительно ниже ПДК (табл. 3.3). Концентрация силикатов изменялась от аналитического нуля до 380,5 мкг/дм<sup>3</sup> (ПДК=368 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация фосфатов варьировала от аналитического нуля (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) в десяти пробах до 38,91 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем – 10,03 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения в 22 пробах, наиболее высокие значения (до 239,7 мкг/дм<sup>3</sup>) были отмечены в январе, среднее содержание за год – 25,21 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 5,8 раз меньше, чем в 2016 г. Концентрация нитритов была в диапазоне 0 (13 проб) – 4,4 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее – 1,02 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение было зафиксировано 8 июня на глубоководной станции.

В 27 отобранных пробах содержание НУ изменялось от аналитического нуля в трех пробах до 0,024 мг/дм<sup>3</sup>. Три пробы с минимальным содержанием НУ были отобраны на глубоководной станции в период с 24 апреля по 28 июня. Максимальная величина была

зафиксирована 25 января на ст. №4. Среднее содержание НУ за год составило 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, что почти совпадает с прошлогодним значением (рис. 3.11). Хотя в среднем за весь период наблюдений средняя концентрация НУ показывает незначительный тренд снижения уровня нефтяного загрязнения вод, однако значения практически во всех районах существенно изменялись от года к году. В целом на акватории всего Кавказского побережья наблюдается значительная вариабельность среднегодовых величин и существенный уровень различия между районами контроля. Среднегодовая величина превышала ПДК только в районе Большого Сочи в середине первой декады столетия, а в остальных районах контроля обычно была в пределах 0,4–0,7 ПДК. Максимальная среднегодовая величина за весь период наблюдения поднималась существенно выше ПДК преимущественно в районе прибрежных вод Туасе и Сочи (до 8,2 ПДК в 2014 г. в Туапсе и до 7,4 ПДК в 2007 г. в Сочи). С 2014 г. можно отметить снижение средней и максимальной величины НУ на акватории Кавказского побережья в большей степени за счет вклада прибрежных вод Туапсе. В этот период среднегодовая концентрация в акватории Туапсе уменьшилась в три раза, а максимальная – в 14,6 раза.





**Рис. 3.11.** Средняя (сверху) и максимальная (снизу) концентрация нефтяных углеводородов ( $\text{мг/дм}^3$ ) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996-2017 гг.

Концентрация СПАВ во всех пробах была ниже предела обнаружения ( $\text{DL}=0,10 \text{ мкг/дм}^3$ ). Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан), ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения ( $0,002\text{--}0,02 \text{ нг/дм}^3$ ) во всех пробах. Концентрация растворенной ртути в трех проанализированных пробах была ниже предела обнаружения ( $\text{DL}=0,010 \text{ мкг/дм}^3$ ). В одной пробе из семи концентрация железа была ниже предела обнаружения ( $\text{DL}=20 \text{ мкг/дм}^3$ ), а в остальных достигала  $41 \text{ мкг/дм}^3$ , в среднем –  $28,7 \text{ мкг/дм}^3$ . Содержание растворенного в воде кислорода изменялось в пределах  $8,50\text{--}13,68 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ , средняя –  $10,12 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Процентное содержание растворенного кислорода изменялось от  $87,0\%$  до  $134,1\%$ . Низкое значение индекса ИЗВ ( $0,41$ ) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, железа,  $\text{БПК}_5$  и средней концентрации растворенного в воде кислорода.

### 3.4. Прибрежная зона района Сочи – Адлер

В 2017 г. Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды (ЛМЗС) специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (СЦГМС ЧАМ, г. Сочи) в прибрежной зоне Сочи – Адлер были проведены 4 гидрохимические съемки в марте, апреле, сентябре и ноябре. Наблюдения проводились с борта арендованного малого судна по 23 показателям (гидрология 11, биогенные элементы 7, ТМ 3, НУ, СПАВ) на 8 станциях, расположенных на участке от устья реки Сочи до устья реки Мзымта (рис. 3.12). В районе г. Сочи одна станция находится в центральной части акватории порта (I), вторая в устье реки Сочи и

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

---

**Рис. 3.12.** Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи – Адлер в 2017 г. Станция VIII расположена на траверзе р. Мзымта в 2 морских милях от берега.

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

азота, фосфатов и общего фосфора, силикатов. На борту судна производилась экстракция нефтяных углеводородов четырёххлористым углеродом и СПАВ хлороформом, консервация проб на определение металлов – свинца, ртути, железа. Последующий химический анализ отобранных проб проводился в стационарной лаборатории ЛМЗС СЦГМС ЧАМ. Всего в 2017 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 7,8<sup>0</sup>С на горизонте 44 м в двух милях от эстуария реки Сочи 22 марта и 26 апреля до 26,4<sup>0</sup>С на мористой станции на траверзе устья реки Мзымты 20 сентября. Средняя температура по району составила 13,95<sup>0</sup>С. Среднее значение солености на 2,345‰ было выше прошлогоднего и составило 18,365‰; минимальное значение (8,697‰) было зафиксировано весной 26 апреля в устье реки Хоста; еще в одной пробе в эстуарном районе реки Сочи, отобранной в апреле, значение было ниже 13‰ и составило 10,379‰. Максимальная соленость (19,762‰) закономерно была отмечена на глубине 50 м на траверзе Мзымты 15 ноября; еще в 82 пробах она была выше 17‰ (табл. 3.5). Диапазон значений рН (7,72–8,47 ед.рН) был несколько уже прошлогоднего (7,74–8,86 ед.рН в 2016 г.). Среднее значение (8,16 ед.рН) было меньше прошлогоднего (8,30 ед.рН). Значения щелочности изменялись в пределах 2,178–3,216 мг-экв/дм<sup>3</sup>, средняя величина составила 2,896 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Диапазон значений электропроводности – 8,75–32,10 мСм/см. Содержание взвешенных веществ в водах района изменялось в течение года в пределах 0,0–22,9 мг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. – 0,4–21,4 мг/дм<sup>3</sup>; в 2015 г. – 0,1–15,8 мг/дм<sup>3</sup>; 2014 – 0–5,9; 2013 – 0,1–7,7; 2012 – 0,14–14,3; 2011 – 0,5–37,9 мг/дм<sup>3</sup>), два наибольших значения (22,9 и 19,4 мг/дм<sup>3</sup> – 1,9 и 2,3 ПДК) были отмечены 26 апреля в устье Сочи в поверхностном и придонном слое; средняя концентрация ВВ – 2,178 мг/дм<sup>3</sup> несколько ниже прошлогоднего уровня – 2,65 мг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 3.5.** Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья в районе Сочи-Адлер в 2017 г.

Район	S, ‰	Alk	O <sub>2</sub> *	pH	Ptotal	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Ntotal
порт	18,659/	2,810/	8,03/	8,08/	46,4/	17,8/	915/	103,0/	0,9/	32,3/	382/
Сочи	19,252	2,931	6,70	8,27	104,8	83,3	1440	278,5	2,2	100,9	565
Эстуарии рек	17,490/	2,884	8,17/	8,12/	28,0/	13,8/	1514/	51,0/	1,0/	36,9/	378/
	19,507	/3,13	6,50	8,40	124,8	<b>122,8</b>	<b>9540</b>	281,2	12,1	271,5	701

		4									
Открытые воды	18,899/ 19,762	2,917/ 3,216	8,28/ 6,00	8,20/ 8,47	24,9/ 181,6	6,1/ 23,6	755/ 1452	31,9/ 79,6	0,5/ 2,4	15,6/ 45,9	325/ 524
Суммарно район	18,365/ 19,762	2,896/ 3,216	8,22/ 6,00	8,16/ 8,47	29,2/ 181,6	11,4/ <b>122,8</b>	1154/ <b>9540</b>	50,3/ 281,2	0,8/ 12,1	28,3/ 271,5	359/ 701

Alk – мг-экв/дм<sup>3</sup>; O<sub>2</sub> – мгO<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. Максимальные значения фосфатов и силикатов в устьях рек превышали ПДК.

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

Концентрация нитритного азота изменялась от значений ниже предела обнаружения DL=0,1 мкг/дм<sup>3</sup> в 30 пробах из 64 до 12,1 мкг/дм<sup>3</sup> (0,5 ПДК) на поверхности в устьевой области реки Сочи 20 сентября; остальные значимые величины были меньше 3,53 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация по всем станциям составила 0,78 мкг/дм<sup>3</sup>, что в полтора раза меньше прошлогодней (1,16 мкг/дм<sup>3</sup>); в поверхностном слое составила 0,89, а в подповерхностном столбе воды до дна – 0,86 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация нитритного азота в последние восемь лет устойчиво держится в районе 1 мкг/дм<sup>3</sup> после многократного снижения в 2006 г. (рис. 3.10). Наибольшие величины показывают очень большие межгодовые колебания, а максимум в нынешнем столетии был отмечен в 2016 г.

Концентрация нитратов изменялась от аналитического нуля (четыре пробы, отобранные в осенний период) до 271,5 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхности в приустьевом районе реки Сочи 26 апреля; в среднем 28,34 мкг/дм<sup>3</sup> (три тысячных ПДК), что в 1,45 раза больше прошлогоднего. В последние полтора десятилетия на всех участках акватории Большого Сочи среднегодовое содержание нитратов резко и почти синхронно изменялось в основном в пределах 10–25 мкг/дм<sup>3</sup>; при этом различается

общий незначительный тренд на понижение (рис. 3.13). Содержание общего азота изменялось от 169,8 мкг/дм<sup>3</sup> в придонном горизонте акватории порта Сочи до 701,1 мкг/дм<sup>3</sup> 26 апреля в эстуарном районе Мзымты, составив в среднем 358,8 мкг/дм<sup>3</sup> (уменьшение на 45%); максимальная концентрация на 9,4 % выше прошлогодней (635,4 мкг/дм<sup>3</sup>). Существенных различий между слоями не отмечено: в поверхностном слое среднегодовая концентрация по всем станциям составила 370,2 мкг/дм<sup>3</sup>; а в подстилающих водах – 347,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание суммарного азота в порту Сочи 382 мкг/дм<sup>3</sup> (2016 – 241; 2015 – 466; 2014 – 345; 2013 – 220), в эстуариях рек 378 мкг/дм<sup>3</sup> (221, 157, 286; 192) и в открытом море 325 мкг/дм<sup>3</sup> (163, 193, 198; 225).

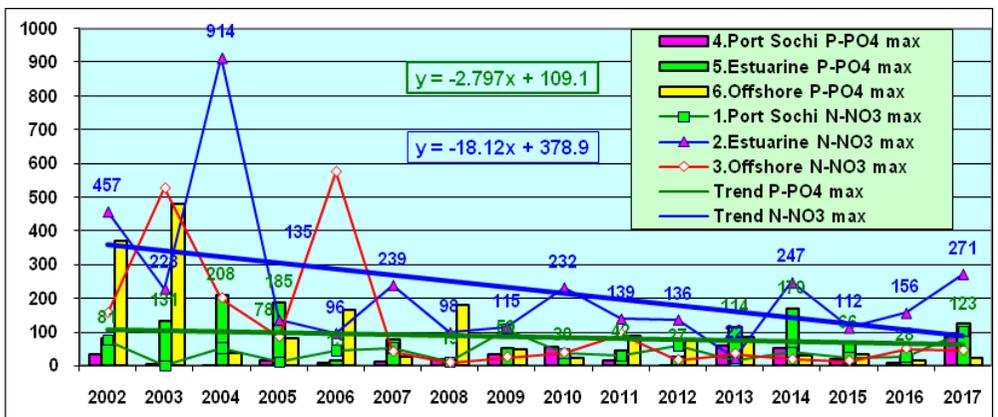
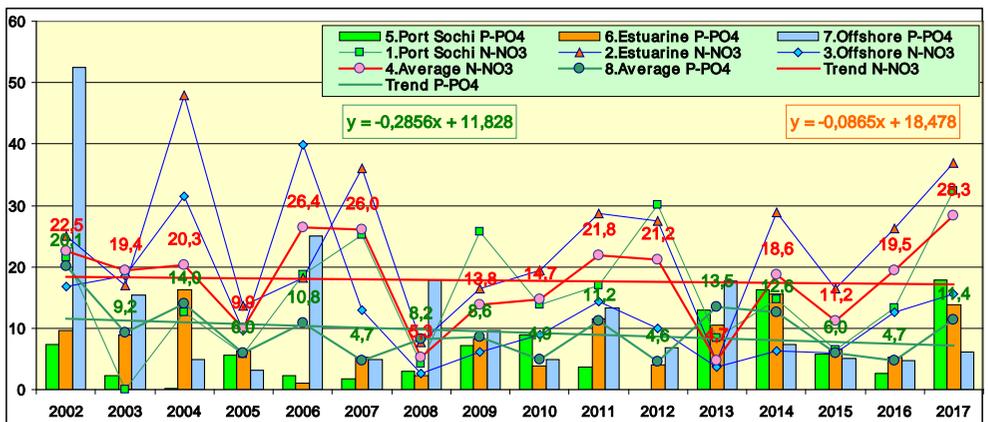


Рис. 3.13. Средняя (сверху) и максимальная (снизу) концентрация нитратов N-NO<sub>3</sub> и P-PO<sub>4</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2002-2017 гг.

Концентрация **фосфатов** изменялась от аналитического нуля в 20 пробах из 64 проанализированных до максимума 122,8 мкг/дм<sup>3</sup>, зафиксированного 26 апреля в придонном горизонте эстуарного района

Сочи. Средняя за год концентрация по всем станциям составила  $11,4 \text{ мкг/дм}^3$  (2016 – 4,7; 2015 – 6,0; 2014 – 12,6; 2013 – 13,5); различия между слоями (у поверхности  $6,1 \text{ мкг/дм}^3$ , глубже –  $15,9 \text{ мкг/дм}^3$ ) в основном обусловлены двумя высокими концентрациями в придонных горизонтах устья Сочи и Хосты ( $122,8$  и  $106,8 \text{ мкг/дм}^3$  соответственно). Средняя концентрация фосфатов наибольшей была в акватории порта Сочи ( $17,8 \text{ мкг/дм}^3$ ), несколько меньше – в эстуарных районах рек ( $13,8 \text{ мкг/дм}^3$ ) и меньше всего – в открытом море ( $6,1 \text{ мкг/дм}^3$ ). Содержание общего фосфора (64 пробы) изменялось от 4,9 до  $181,6 \text{ мкг/дм}^3$ . Минимальная величина была зафиксирована в придонном горизонте в устье р. Мзымты в конце марта, максимальная – в открытом море в двух милях от берега на траверзе устья реки Сочи на поверхности. Среднее значение составило  $29,2 \text{ мкг/дм}^3$ , что в 2,2 раза выше прошлогоднего значения и соответствует уровню 2013–2015 гг. Существенных различий по вертикали не наблюдалось – в поверхностном слое вод района среднее значение составило  $28,4 \text{ мкг/дм}^3$ , а в подстилающих водах –  $29,9 \text{ мкг/дм}^3$ .

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

В 2017 г. в прибрежных водах между Адлером и Сочи уровень содержания **нефтяных углеводородов** изменялся в диапазоне от аналитического нуля (69% – 44 пробы из 69) до  $57 \text{ мкг/дм}^3$  (1,14 ПДК), (табл. 3.6). В прошлом году всего три пробы из 64 имели содержание нефтяных углеводородов, равное аналитическому нулю (4,7%), в отличие от 72% в позапрошлом году. Среднегодовая величина составила  $10 \text{ мкг/дм}^3$ , что в 1,7 раза меньше, чем в 2016 г. Максимальная величина была почти в два раза меньше прошлогодней и была зафиксирована 22 марта в придонном слое на глубине 6 м в устье реки Хоста. Средняя концентрация НУ в поверхностных и глубинных водах отличалась незначительно (9 и  $10 \text{ мкг/дм}^3$  соответственно). Воды акватории порта Сочи в периоды наблюдений были наиболее

загрязненными НУ (в среднем  $18 \text{ мкг/дм}^3$ ), немного меньше было отмечено в эстуарных участках (11), а наименьшим было их содержание на удалении 2 морские мили от берега (6). В целом на всей акватории прибрежного района Большого Сочи содержание нефтяных углеводородов постепенно снижается за последние полтора десятилетия до уровня, предшествовавшего 2003 г.

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

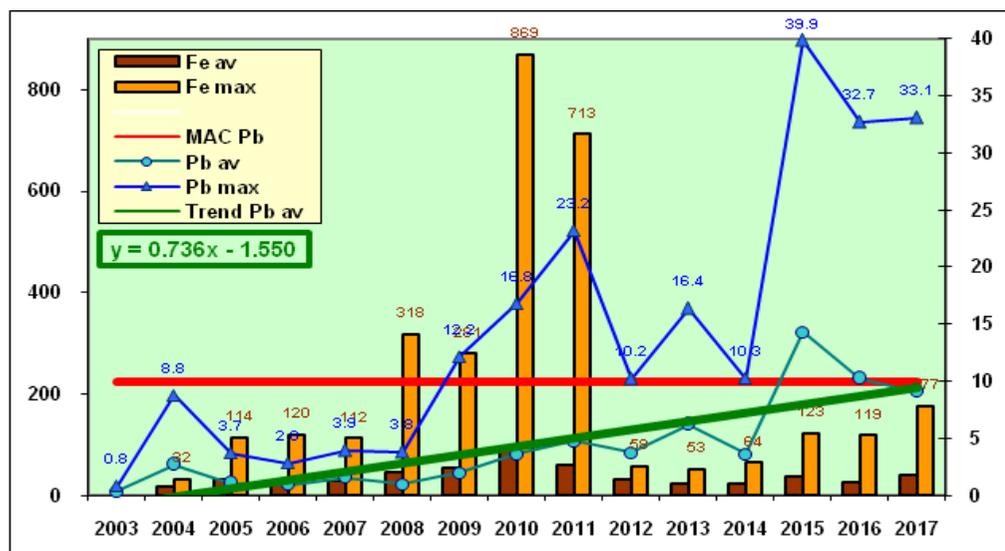
Концентрация определяемых по **БПК<sub>5</sub>** легко окисляемых органических веществ составила  $0,00\text{--}3,20 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ; максимум ( $1,1 \text{ ПДК}$ ) был отмечен 20 сентября в двух милях от берега на траверзе реки Хоста у дна при температуре воды  $13,8^\circ\text{C}$  и солености  $19,1\%$ ; среднее значение по всему району составило  $1,54 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  ( $0,5 \text{ ПДК}$ ). Различия между мористыми участками, эстуарными и акваторией порта Сочи незначительные – средние  $1,73$ ;  $1,49$  и  $1,24 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  соответственно. Распределение органических веществ в столбе воды было относительно равномерным – в среднем  $1,61 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  в поверхностном слое и  $1,48 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  глубже.

**Hg.** Концентрация растворенной в морской воде ртути была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа ( $DL=0,01 \text{ мкг/дм}^3$ ) 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  $0,0042 \text{ мкг/дм}^3$ .

**Pb.** Содержание свинца в прибрежных водах района Сочи-Адлер было в диапазоне  $1,1\text{--}33,1 \text{ мкг/дм}^3$ ; среднегодовая концентрация уменьшилась незначительно по сравнению с предыдущим годом до  $9,06 \text{ мкг/дм}^3$  (в 2016 г. –  $10,2 \text{ мкг/дм}^3$ ). Максимальное значение ( $3,3 \text{ ПДК}$ ) осталось на том же уровне, что и в прошлом году, и было зафиксировано в апреле в акватории порта Сочи на поверхности. Всего в 18 пробах из 64 (28%) концентрация свинца была выше норматива, что на 13% ниже, чем в прошлом году. В целом в последние полтора десятилетия наблюдается повышение и средних, и экстремальных

значений содержания свинца в водах района (рис. 3.14). В 2015–2016 гг. средняя концентрация превышала ПДК, в 2017 – составила 0,9 ПДК.

**Fe.** Концентрация железа в прибрежных водах между устьями рек Мзымта и Сочи изменялась в диапазоне 3,0–177,0 мкг/дм<sup>3</sup>; средняя величина 38,6 мкг/дм<sup>3</sup>. В 18 пробах из 64 (28%) значения превышали ПДК, преимущественно за счет съемки, проведенной 22 марта по всей исследуемой акватории. Максимум (3,5 ПДК) был зафиксирован в устье реки Сочи в придонном слое 15 ноября. Среднегодовая концентрация железа в акватории порта Сочи составила 44,6; в эстуарных районах 43,2, а мористее 30,5 мкг/дм<sup>3</sup>. Средние значения в поверхностном и придонном слоях воды составили соответственно 36,5 и 40,8 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. В последние 13 лет был зафиксирован четырехлетний период 2008-2011 гг. очень высоких максимальных значений концентрации железа (281–869 мкг/дм<sup>3</sup>), до и после которого экстремум обычно был в пределах 1-2,5 ПДК. За исключением этого четырехлетнего интервала существенных межгодовых изменений ни максимальных, ни средних величин содержания железа в водах района Большого Сочи не отмечено.



**Рис. 3.14.** Средняя и максимальная концентрация железа и свинца (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003-2017 гг.

В 2017 г. **кислородный** режим вод исследуемого района между устьями рек Мзымта и Сочи немного отличался от предыдущего года. Минимальная концентрация кислорода понизилась на 0,68 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 6,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (51% насыщения, ПДК=1) и была отмечена в двух милях от берега на траверсе устья реки Хоста 15 ноября на горизонте 25 м при

температуре воды 16,0°C. Средняя величина по всем пробам практически осталась на прежнем уровне и составила 8,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Вертикальное перемешивание вод до дна или до нижнего горизонта отбора проб на мористых станциях (57 м) было достаточным, чтобы различий между поверхностным и подстилающими слоями не наблюдалось: средняя на поверхности – 8,28 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а в более глубоких слоях – 8,18 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что практически полностью соответствует данным прошлого года. Среднее по всем станциям и горизонтам насыщение воды кислородом в 2017 г. понизилось на 22% и составило 70,4%, диапазон 51–90%.

### **3.5. Проект ЭМБЛАС: Экспедиционные исследования в районе Адлер-Сочи 15 ноября 2017 г.**

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

Во время проведения экспедиционных исследований 15 ноября 2017 г. **температура** воды поверхностного слоя была относительно высокой для этого сезона и изменялась в диапазоне 15,3-16,0°C, среднее значение в поверхностном слое 15,7°C, глубже опускалась до 11,8°C на глубине 58 м. Соленость варьировала в узком диапазоне 17,98-19,76‰; в порту Сочи она составляла 18,23‰ как на поверхности, так и у дна. Наиболее распресненным был участок в устье реки Сочи (17,98‰ и 18,11‰), а высокие значения закономерно отмечены на глубинах 25-50 м на удаленных от берега станциях VI и VIII (рис. 3.14). Хлорность вод района в пробах составляла 9,96-10,94‰, в среднем 10,29‰; щелочность 2,178-3,149 мг-экв/дм<sup>3</sup> (средняя 2,820 мг-экв/дм<sup>3</sup>);

концентрация ионов водорода рН 8,09-8,47 (8,317 ед.рН); электропроводность 173,5-345,3/287,6 мСм/см. Существенных закономерностей распределения этих параметров на исследованной акватории не отмечено. Количество взвешенных веществ изменялось незначительно от значений ниже предела обнаружения в воде на горизонтах 25 м и 50 м на ст. №VIII, до 3,0 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,25 мг/дм<sup>3</sup>. Очевидно, что повышенное содержание ВВ было вблизи берега на станциях II, IV, V и VII (в среднем 1,48 мг/дм<sup>3</sup>), а на удаленных от берега ст. III, VI и VIII было на треть меньше (0,96 мг/дм<sup>3</sup>). Кислородный режим вод района в пределах нормы, только в одном случае на ст. №VI на глубине 25 м концентрация кислорода опускалась до 6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а в остальных пробах достигала 8,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на глубине 50 м (ст. №VIII); в среднем 7,38 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Разницы в содержании растворенного кислорода на поверхности и подстилающих водах не было – 7,40 и 7,36 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> соответственно. Среднее насыщение вод кислородом составило 63,1%, диапазон от 51% до 68%. Количество легко окисляемого растворенного органического вещества, определяемое по БПК<sub>5</sub>, изменялось от 0,6 и 0,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в порту Сочи до 3,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на глубине 57 м в двух милях от берега на траверзе реки Хоста. Практически все гидрологические и гидрохимические характеристики свидетельствуют об отсутствии существенной вертикальной стратификации вод в прибрежных водах районат в рассматриваемый период.

**Оценка вод района Сочи-Адлер.** В 2017 г. уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи вырос по сравнению с предыдущим годом, но остался ниже 2015 г. По расчетному комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ в 2017 г. (0,73) воды относятся к классу «чистые» (табл. 3.10). Средняя концентрация большинства нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. В то же время максимальная концентрация в отдельных пробах превышала ПДК для нефтяных углеводородов (до 1,14 ПДК), железа (3,5 ПДК), свинца (3,3 ПДК), взвешенных веществ (2,3 ПДК), СПАВ (5,4 ПДК). Наибольшее содержание легкоокисляемого органического вещества, определяемого по БПК<sub>5</sub>, составляло 1,1 ПДК. Растворенная ртуть в водах района выявлена не была. В 2017 г. воды акватории порта Сочи («умеренно-загрязненные») были наиболее загрязненными по сравнению с эстуарными участками рек Сочи, Хоста и Мзымта и открытыми морскими водами («чистые»). Значительных отличий в составе загрязняющих веществ отмечено не было – свинец, железо, БПК<sub>5</sub> и органические вещества. Индекс комплексности загрязненности вод всей

акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 58%, поскольку 7 параметров из 12 нормируемых превышали ПДК (БПК<sub>5</sub>, РО<sub>4</sub>, СПАВ, Fe, Pb, НУ и ВВ). Воды района характеризуются единичной повторяемостью превышения ПДК (менее 10%) по нефтяным углеводородам (1,6%, одна проба из 64), взвешенным веществам (5,7%, пять проб из 88), БПК<sub>5</sub> (3,1%, две пробы из 64), СПАВ (3,1%, две пробы из 64), минеральному фосфору (4,7%, три пробы из 64) и устойчивой по железу (28,1%, 18 проб из 64) и свинцу (28,1%, 18 проб из 64). Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением был средним (2–10 раз) для РО<sub>4</sub>, ВВ, СПАВ, Fe и Pb, а для БПК<sub>5</sub> и НУ – низким (1–2 раз). В последние несколько лет существенных изменений качества морских вод отмечено не было. Общий уровень загрязнения незначительный, а воды характеризовались как «чистые» и «умеренно загрязненные». Некоторое локальное ухудшение почти полностью определялось свинцом. Состояние вод района в многолетней динамике оценивается как стабильное.

**Таблица 3.6.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2015-2017 гг.

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

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С\*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; аммонийного и нитритного азота, СПАВ, 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.

**Таблица 3.4.** Оценка качества вод Кавказского побережья Черного моря в 2015-2017 гг.

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

## 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

Луковская А.А., Фомина Л.Б., 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°C, у берегов — ниже 0°C; летом температура воды повышается до 18–20°C. Вертикальное распределение температуры характеризуется ее незначительным понижением до 20–30 м, скачкообразным понижением до 60–70 м и затем некоторым повышением ко дну. Холодный промежуточный слой сохраняется круглый год. Атмосферные осадки в Балтийском бассейне в целом составляют 400–800 мм/год, при этом в открытом море количество осадков наименьшее. В годовом ходе максимум осадков приходится на июль-август, минимум на январь-март.

**Гидрология.** Специфической чертой гидрологической структуры Балтики является двойной скачок плотности. Временный верхний слой образуется за счет распреснения и часто совпадает с сезонным термоклином. Постоянный нижний галоклин с очень высокими градиентами солености формируется как вертикальная граница между верхними распресненными водами и глубинными морскими, периодически поступающими в Балтику из пролива Скагеррак через Датские проливы. Вследствие этой особенности обычно выделяют три водные массы: 1) поверхностную с соленостью 7–8‰, она покрывает всю южную и центральную части моря, на севере и в заливах соленость существенно ниже, температура изменяется в широком пределе от нуля до 20°C; 2) придонную с соленостью 10–21‰ и температурой от 4,5 до 12°C, она занимает впадины в открытых районах моря; 3) переходная (2–6°C, соленость 8–10‰) залегает между поверхностной и придонной водными массами и образуется в результате их смешения. Вертикальное перемешивание водной толщи охватывает слой от поверхности до глубины 50–60 м за счет термической и соленостной конвекции и ограничивается снизу постоянным галоклином. Горизонтальная циркуляция носит циклонический характер. Скорость постоянных течений 3–4 см/с, иногда достигает 10–15 см/с. Направление дрейфовых течений определяется преобладающими ветрами. Глубинная циркуляция также имеет циклонический характер и в значительной степени зависит от поступления соленых вод Северного моря. Приливы небольшие — от 0,04 до 0,1 м, имеют полусуточные и суточные ритмы. Под влиянием ветров и резкой разницы давления повышение уровня в вершинах заливов может достигать 1,5–3 м, вызывая наводнения, например в Невской губе. Максимальная высота ветровых волн достигает 4–6 м. Хорошо выражены сгонно-нагонные колебания уровня моря, которые могут достигать 2 м. Наблюдаются также сейшеобразные колебания уровня до 1–2 и даже 3–4 м. В отдельных районах море

покрывается льдом. Ледообразование начинается в начале ноября. В суровые зимы толщина неподвижного льда может достигать 1 м, а толщина плавучих льдов — 40–60 см. В мае море обычно очищается ото льда.

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

В 2017 г. наблюдения в восточной части Финского залива и Невской губе были выполнены ФГБУ «Северо-Западное УГМС» на 40 станциях: в том числе в Невской губе:

в акватории МТП (1 станция ГСН – I-ой категории),

в открытой части губы (17 станций ГСН II-ой категории),

в курортной зоне губы (4 станции ГСН II-ой категории),

в районе пос.Ольгино (1 станция),

в курортном районе мелководной зоны (2 станции ГСН II-ой категории);

в восточной части Финского залива за пределами КЗС:

мелководная зона (МЗ) (6 станций ГСН III-ой категории),

в Лужская губа (2 станции ГСН III-ой категории),

в Копорская губа (2 станции ГСН III-ой категории),

глубоководный район (5 станций ГСН III-ой категории).

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, нефтяные углеводороды, фенолы, СПАВ и хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ.

Вышеперечисленные показатели определялись в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243-92). Биохимическое потребление кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) определялось по «Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после пяти дней инкубации (БПК<sub>полн</sub>) в поверхностных, пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных вод» (РД 52.24.420 – 2006). Химические анализы выполнялись в Аналитической лаборатории СПб ЦГМС-Р, аккредитованной на техническую компетентность Росстандартом и зарегистрированной в государственном реестре за номером РОСС RU.0007.510422. Содержание нефтепродуктов определялось ИК-фотометрическим методом; фенола – хроматография; СПАВ – (для Невской губы) методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов – газохроматографическим методом; металлов – методом атомно-абсорбционной спектроскопии фильтрованных проб воды.



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

### 4.3. Характеристика гидрометеорологических условий

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

Количество осадков в течение летних месяцев (июль, август) достигало  $1,5-2,0$  месячных норм. Наиболее сухим оказался май, с дефицитом осадков до 30% по сравнению с нормой для этого месяца. Годовое количество выпавших осадков на прибрежных станциях акватории составило от 647 мм по ГМС Кронштадт (на 7% выше нормы) до максимального у северного берега восточной части Финского залива (ГМС Озерки) 933 мм (143% от нормы). 2017 г. стал четвертым в ряду самых дождливых лет, после рекордного 2016 года.

Средний годовой уровень моря в 2017 г. по всей рассматриваемой акватории был выше средних многолетних значений на 11-14 см, в вершине Невской губы на 17 см. На протяжении большей части 2017 г. значения средних месячных уровней превышали средние многолетние величины. Наибольшие положительные отклонения средних месячных

значений уровня от средних многолетних отмечались в апреле (27-31 см), ноябре (22-27 см) и в декабре (28-33 см). Отрицательные отклонения средних месячных значений уровня от средних многолетних отмечались в феврале и сентябре и по всей акватории находились в пределах от -5 до -11 см.

Температура воды в навигационный период в восточной части Финского залива и Невской губе, как обычно, следовала за внутригодовым ходом температуры воздуха, что является характерным для климата умеренных широт. В целом за год пониженный фон солености был характерен для всей рассматриваемой акватории. В целом за год средняя температура воды по акватории восточной части Финского залива, Выборгского залива и Невской губы находилась в пределах 7,3-7,7<sup>0</sup>С, что близко к норме. Как обычно наименьшая прозрачность воды в 2017 г. наблюдалась в Невской губе, наибольшая – в открытых районах восточной части Финского залива.

Процессы ледообразования зимой 2016-2017 гг. происходили по типу мягкой зимы. Характерной особенностью минувшей зимы было раннее устойчивое появление льда на акватории Финского залива. Средняя температура воздуха за зиму 2016-2017 г. составила -1,1<sup>0</sup>С при норме -6,4<sup>0</sup>С. Сумма градусо-дней мороза составила 312,1<sup>0</sup>С при норме 775<sup>0</sup>С, что характеризует зиму как мягкую.

#### **4.4. Центральная часть Невской губы**

В Невской губе в 2017 г. гидрохимические съемки проводились в феврале со льда и в период с мая по октябрь (навигационный период) ежемесячно. Отбор проб осуществлялся с поверхностного, промежуточного и придонного горизонтов. За весь период наблюдений на 17 станциях было отобрано 230 проб. Оценка качества вод Невской губы проводилась по 32 показателям, при этом использовались применяемые к поверхностным водам суши нормативы (ПДК). Значения солености в слое поверхность-дно изменялись в пределах от 0,05 до 2,1‰ (табл. 4.1). Величина водородного показателя рН была в диапазоне 6,75-7,96, в среднем – 7,20. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,468 ммоль/дм<sup>3</sup> до 0,98 ммоль/дм<sup>3</sup> в начале февраля в придонном слое. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в 5 пробах. 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 3,6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Кислородный режим в Невской губе был удовлетворительным, случаев дефицита кислорода в течение всего года отмечено не было. Содержание кислорода

соответствовало установленной норме и изменялось в пределах от 6,67 до 14,38 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в всем столбе воды.

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

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	13,15/ 20,93	11,67/ 21,12	12,68/ 20,77	14,1/ 22,23	12,97/ 19,42	12,91/ 20,89
Соленость (‰)	НД	НД	НД	0,09/ 2,07	0,08/ 2,1	0,09/ 2,09
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,13/ 15,58	10,43/ 14,03	10,08/ 14,16	9,83/ 13,95	9,99/ 14,38	10,09/ 14,42
Кислород (%)	94,7/ 113,3	94,5/ 119,4	91,3/ 124,0	94,1/ 120,3	93,56/ 117,5	93,63/ 118,90
рН	7,54/ 8,5	7,44/ 8,32	7,41/ 7,99	7,44/ 7,98	7,20/ 7,96	7,41/ 8,15
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,56/ 0,95	0,55/ 0,99	0,52/ 0,78	0,54/ 0,98	0,55/ 1,47	0,54/ 1,03
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	1,47/ 4,97	1,71/ 7,2	1,51/ 3,2	1,49/ 4,2	1,40/ 3,6	1,52/ 4,63

**Биогенные вещества.** Значения концентрации аммонийного азота не превышала предел обнаружения (DL=10 мкгN/дм<sup>3</sup>) в 67 пробах, а в остальных достигала 556 мкгN/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и 550 мкгN/дм<sup>3</sup> в придонном. Наибольшее содержание аммонийного азота наблюдалось в июле на ст.12 в северной части губы. Средняя концентрация аммонийного азота была минимальной за последние пять лет. Концентрация нитритов была в диапазоне 2,4-41 мкгN/дм<sup>3</sup>; средняя (10,40 мкгN/дм<sup>3</sup>, 0,43 ПДК для мезотрофных водоемов), что является максимальным значением за последние 5 лет. В 2017 г. концентрация азота нитратов в водах Невской губы изменялась в пределах 75-820 мкгN/дм<sup>3</sup>; и максимальная, и средняя величины были выше уровня предыдущих лет. Содержание общего азота была в диапазоне 351-1499 мкгN/дм<sup>3</sup>, что соответствуют уровню предыдущих лет. Содержание фосфора фосфатов было ниже предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) в 134 пробах из 230; максимум был отмечен в придонном слое в июле на ст.12 и достигал 41 мкгP/дм<sup>3</sup>. Средняя величина была на уровне значений предыдущей пятилетки (табл. 4.2). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне от аналитического нуля (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) до максимального значения 52 мкгP/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в придонном слое на ст.12. Средняя

величина (9,82 мкгР/дм<sup>3</sup>) превысила значение среднего содержания за последние 5 лет (8,80 мкгР/дм<sup>3</sup>).

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

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	60,63/ 320,0	78,87/ 870,0	71,60/ 580,0	78,35/ 550,0	55,94/ 556,0	69,08/ 575,20	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	6,30/ 77,3	7,10/ 80,0	9,06/ 80,5	10,89/ 64,0	10,40/ 41	8,75/ 68,56	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	238,46/ 550,0	215,85/ 690,0	216,26/ 710,0	245,75/ 916,0	259,45/ 820	235,15/ 737,20	9032
Общий азот N <sub>total</sub> мкгР/дм <sup>3</sup>	692,43/ 1490	699,69/ 1950,0	612,39/ 1300,0	661,89/ 1315,0	689,45/ 1499	671,17/ 1510,8	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub> мкгР/дм <sup>3</sup>	3,86/ 49,0	2,88/ 64,0	2,5/ 28,0	5,3/ 35,0	4,48/ 41	3,80/ 43,40	50
Общий фосфор P <sub>total</sub> мкгР/дм <sup>3</sup>	9,01/ 66,0	7,16/ 79,0	6,56/ 43,1	11,47/ 58,0	9,82/ 52	8,80/ 59,62	

**Органические загрязняющие вещества.** Из 227 отобранных в 2017 г. проб только в 5 пробах было отмечено присутствие нефтяных углеводородов в концентрации равной уровню чувствительности метода химического анализа (DL=0,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Очевидно, воды Центральной части Невской губы не являются загрязненными нефтяными углеводородами. В 151 случае из 187 значения концентрации СПАВ были ниже предела определения (DL=0,1 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание данного показателя находилось в пределах от минимально определяемых величин до 0,059 мг/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и до 0,02 мг/дм<sup>3</sup> в придонном слое. Содержание детергентов находилось в пределах от минимально определяемых величин до 59 мкг/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое, и до 21 мкг/дм<sup>3</sup> в придонном слое. Содержание фенолов выше предела обнаружения было отмечено в единственном случае (0,7 мкг/дм<sup>3</sup>), зафиксированном в августе в придонном слое на ст. №25. Во всех отобранных пробах воды из центральной части Невской губы значения концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела обнаружения.

**Металлы.** Воды центральной части Невской губы загрязнены металлами. Концентрация меди превышала ПДК (1 мкг/дм<sup>3</sup>) в 99%

пробах (табл. 4.3). Максимальные концентрации были зафиксированы: в поверхностном слое на ст. №2 в июне (5,9 мкг/дм<sup>3</sup>), в придонном слое на ст. №42, в феврале – 9,5 мкг/дм<sup>3</sup>.

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

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	2,49/ 12,7	2,39/ 10,0	3,59/ 28,0	4,24/ 40,0	2,83/ 9,5	3,11/ 20,04	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	11,97/ 84,0	9,77/ 62,0	11,09/ 65,0	11,04/ 59,0	8,33/ 30,8	10,44/ 60,16	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	7,57/ 75,0	6,37/ 37,0	12,32/ 189,0	7,56/ 53,3	6,54/ 212,0	8,07/ 113,26	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	46,56/ 330,0	103,66/ 303,0	68,85/ 358,0	73,02/ 330,33	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	20,71/ 78,0	16,31/ 58,0	23,25/ 47,0	20,09/ 61,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	2,17/ 9,7	0,97/ 4,6	0,66/ 4,2	0,86/ 8,9	0,43/ 2,2	1,02/ 5,92	6

Предельно допустимый уровень по содержанию цинка (10 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 26% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в придонном слое в феврале на ст. 42 – 30,8 мкг/дм<sup>3</sup>, что соответствует уровню 3,1 ПДК. Концентрации марганца превышали ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 14% проб. В поверхностном горизонте содержание марганца находилось в диапазоне от минимально определяемых величин до 177 мкг/дм<sup>3</sup> (ст.15, октябрь) в придонном – до 212 мкг/дм<sup>3</sup> (ст.16, сентябрь). Предельно допустимый уровень по содержанию железа общего (100 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 13% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в поверхностном горизонте в мае на ст. 42 – 358 мкг/дм<sup>3</sup>, что соответствует уровню 3,6 ПДК. Предельно допустимый уровень по содержанию алюминия (40 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 5% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в поверхностном горизонте в октябре на ст.30 – 47 мкг/дм<sup>3</sup>, что соответствует уровню 1,2 ПДК. Содержание свинца в водах Невской губы в течение 2017 г. находилось в пределах нормы (6 мкг/дм<sup>3</sup>). Диапазон концентрации находился в пределах от минимально определяемой величины до 2,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание никеля и кобальта не превышало установленного норматива.

#### 4.5. Северный Курортный район Невской губы

В 2017 г. наблюдения в Северном Курортном районе выполнялись на ст. №12а в полном объеме ежемесячно в период с мая по октябрь. Отбор всех шести проб осуществлялся с поверхностного горизонта. Значения солености изменялись в пределах от 0,06 до 0,07‰. Кислородный режим в районе в течение всего года был удовлетворительным. Содержание кислорода абсолютного соответствовало установленной норме ( $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ) и изменялось в пределах от 9,16 до  $13,05 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  (табл. 4.4). Величина водородного показателя рН была в диапазоне 6,42-8,17, в среднем – 7,34. Величина водородного показателя рН в 2017 г. в водах района была минимальной за пятилетний период. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,612 до  $0,769 \text{ ммоль}/\text{дм}^3$  в начале августа. Концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышала установленную норму ( $2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ) в четырех пробах из шести. Максимальное содержание органических веществ по БПК<sub>5</sub> ( $4,2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ) наблюдалось в мае.

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

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°C)	16,23/ 20,70	14,97/ 25,2	14,27/ 19,30	14,73/ 19,80	14,65/ 20,6	14,97/ 21,21
Соленость (‰)	НД	НД	НД	0,08/ 0,11	0,06/ 0,07	0,07/ 0,09
Кислород ( $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ )	10,21/ 11,63	11,06/ 13,33	10,66/ 11,78	11,43/ 14,08	11,00/ 13,05	10,87/ 12,77
Кислород (%)	103,18/ 129,0	108,67/ 134,8	103,62/ 122,7	112,73/ 153,9	108,18/ 132,2	107,28/ 134,52
рН	7,93/ 9,40	8,07/ 9,38	7,53/ 8,35	7,52/ 8,69	7,34/ 8,17	7,68/ 8,80
Щелочность ( $\text{ммоль}/\text{дм}^3$ )	0,66/ 0,79	0,63/ 0,71	0,57/ 0,61	0,71/ 1,05	0,67/ 0,77	0,65/ 0,79
БПК <sub>5</sub> ( $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ )	3,06/ 7,72	2,55/ 3,1	2,95/ 5,9	4,12/ 7,6	2,88/ 4,2	3,11/ 5,70

**Биогенные вещества.** В 2017 году в водах Северного курортного района содержание азота аммонийного, превышающего ПДК, не было зафиксировано. Максимальное значение концентрации  $178 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  было отмечено в августе, что ниже уровня ПДК ( $389 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$ ). Значение концентрации азота нитритного превысила уровень ПДК

(24 мкгN/дм<sup>3</sup>) в двух пробах, максимум был зафиксирован в августе - 60 мкгN/дм<sup>3</sup> (2,5 ПДК). Содержание азота нитратного, превышающих ПДК(9032 мкгN/дм<sup>3</sup>), не было зафиксировано, максимальное значение (592 мкгN/дм<sup>3</sup>) было отмечено в августе. В 2017 г. содержание фосфора фосфатов было выше предела обнаружения (DL=5,0 мкгP/дм<sup>3</sup>) в четырех случаях из шести. Максимальное значение 9,7 мкгP/дм<sup>3</sup> было отмечено в августе. Средняя величина (4,71 мкгP/дм<sup>3</sup>) была существенно ниже прошлогоднего значения (табл. 4.5). Величина максимальной концентрации фосфора общего составила 23 мкгP/дм<sup>3</sup> (май).

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

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

### Органические загрязняющие вещества.

Концентраций нефтяных углеводородов и фенола в водах района в 2017 г. выше предела обнаружения методик зафиксировано не было. Превышений по содержанию СПАВ в водах северного курортного района Невской губы в 2017 году также отмечено не было (ПДК=0,1 мг/дм<sup>3</sup>). Диапазон концентраций находился в пределах от минимально определяемой величины до 0,023 мг/дм<sup>3</sup>, максимум наблюдался в августе. Во всех отобранных пробах концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** В 2017г. воды северного курортного района Невской губы были загрязнены металлами. Значения концентрации меди

превышали ПДК (1 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех 6 отобранных пробах; диапазон 2,4-8,4 мкг/дм<sup>3</sup> (более 8 ПДК), максимум зафиксирован в августе (табл. 4.6). Содержание цинка превышало ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 4 отобранных пробах из шести, максимум наблюдался в сентябре – 28,7 мкг/дм<sup>3</sup>. В одной пробе содержание марганца было выше предельно допустимого уровня (10 мкг/дм<sup>3</sup>) – 16,9 мкг/дм<sup>3</sup> (сентябрь). Содержание железа общего превысило ПДК (100 мкг/дм<sup>3</sup>) в двух пробах. Диапазон концентрации находился в пределах от 52 до 201 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация была зафиксирована в октябре. Содержание алюминия превысило ПДК (40 мкг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе. Диапазон значений концентраций находился в пределах от 13 до 64 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация была зафиксирована в мае. Содержание свинца, кадмия, никеля и кобальта не превышало установленной ПДК.

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

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

#### 4.6. Южный Курортный район Невской губы

В 2017 г. наблюдения в Южном Курортном районе выполнялись на ст. №11а,14а,17а в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь. Отбор всех 18 проб осуществлялся с поверхностного горизонта. Содержание кислорода абсолютного соответствовало нормативу во всех отобранных пробах. Диапазон концентраций находился в пределах от 8,25 до 13,35 мг/дм<sup>3</sup>. Соленость изменялась в диапазоне 0,06-0,11‰, максимум отмечен в июне (табл. 4.7). Величина водородного показателя рН находилась в пределах от 6,69 до 8,23, в среднем за период наблюдений — 7,50. Значения щелочности варьировали в интервале от 0,75 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 3,20 ммоль/дм<sup>3</sup>,

зафиксированного в начале мая. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) только в 10 пробах из 18. Диапазон значений 0,2-6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (максимум 2,0 ПДК, май). Насыщение вод кислородом меньше допустимого предела (менее 70%) в 2017 году в водах южного курортного района зафиксировано не было. Перенасыщение вод кислородом (более 100%) было зафиксировано в 10 пробах. Максимум был отмечен в июне на ст.14а – 143%.

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

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	15,03/ 21,1	14,56/ 24,1	14,96/ 19,0	15,30/ 21,0	15,54/ 19,6	15,08/ 20,96
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	0,11/ 0,41	0,08/ 0,11	0,10/ 0,26
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	9,93/ 14,05	10,24/ 13,52	10,21/ 11,70	9,74/ 11,93	10,27/ 13,35	10,08/ 12,91
Кислород (%)	97,12/ 157,6	99,55/ 148,1	100,7/ 112,4	96,7/ 119,0	102,82/ 143,0	99,38/ 136,02
рН	7,76/ 8,49	7,71/ 9,67	7,48/ 8,38	7,64/ 8,68	7,50/ 8,23	7,62/ 8,69
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	1,21/ 2,46	1,06/ 1,52	0,87/ 1,57	1,18/ 2,90	1,34/ 3,2	1,13/ 2,33
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,47/ 5,1	2,97/ 5,2	2,78/ 5,0	2,37/ 6,4	2,76/ 6,0	2,67/ 5,54

**Биогенные вещества.** В 2017 году в водах Южного курортного района содержание азота аммонийного не превышало уровень ПДК (389 мкг/дм<sup>3</sup>). Диапазон концентраций изменялся в пределах от минимально определяемой величины до 265 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в июне на ст.11а в июне. Значения концентрации азота нитритного не превышали допустимый уровень (24 мкг/дм<sup>3</sup>). Диапазон значений концентраций изменялся в пределах от 2,4 до 21 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в июне на ст.11а. Содержание в пробах азота нитратного не превышали ПДК (9032 мкг/дм<sup>3</sup>), максимальная концентрация показателя составила 467 мкг/дм<sup>3</sup> и наблюдалась в сентябре на ст.11а. Содержание фосфатов по фосфору не превышало установленных ПДК (50 мкг/дм<sup>3</sup>), диапазон концентраций находился в пределах от минимально определяемых величин до 57 мкг/дм<sup>3</sup> (июнь,

ст.17а). Значение максимального содержания фосфора общего составило 89 мкг/дм<sup>3</sup> и также наблюдалась на ст.17а в июне.

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

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

**Органические загрязняющие вещества.** В 2017 г. нефтяные углеводороды были обнаружены в двух пробах из 18 в концентрации равной уровню чувствительности использованного метода химического анализа (DL=0,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Превышений норматива по содержанию СПАВ в водах южного курортного района отмечено не было, максимум составил 0,023 мг/дм<sup>3</sup> (август, ст.17а). Во всех отобранных пробах значения концентрации фенолов и хлорорганических пестицидов были ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** В 2017 г. воды Южного курортного района Невской губы были загрязнены металлами. Значения концентрации меди превышали норматив (ПДК=1 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех отобранных в районе пробах. Диапазон концентраций находился в пределах от 2,3 мкг/дм<sup>3</sup> до 8,1 мкг/дм<sup>3</sup> (ст.14а, июнь). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка (ПДК=10 мкг/дм<sup>3</sup>) в водах района был превышен в 5 пробах. Максимальная концентрация составила 18,7 мкг/дм<sup>3</sup> и наблюдалась в июне на ст.14а, при средней концентрации 8,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание марганца превышало предельно допустимый уровень (ПДК=10 мкг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе, диапазон концентраций находился в пределах от минимально определяемой величины до 146 мкг/дм<sup>3</sup>(ст.11а, сентябрь), при средней концентрации 10,67 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание железа общего

превышало предельно допустимый уровень (ПДК=100 мкг/дм<sup>3</sup>) в 3 пробах, диапазон концентраций находился в пределах от минимально определяемой величины до 159 мкг/дм<sup>3</sup> (ст.17а, октябрь). Содержание свинца, кадмия, никеля, кобальта и алюминия, не превышали уровень ПДК.

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

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5		ПДК
Сu, мкг/дм <sup>3</sup>	2,72/ 3,6	3,06/ 5,2	4,21/ 9,4	4,59/ 9,8	3,92/ 8,1	3,70/ 7,22	3,66/ 7,2	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	7,79/ 32,0	9,03/ 20,0	10,6/ 29,0	14,33/ 26,2	8,4/ 18,7	10,03/ 25,18	10,44/ 27,2	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	6,46/ 14,0	5,66/ 20,0	6,25/ 33,0	5,33/ 18,0	10,67/ 146	6,87/ 46,20	6,61/ 20,8	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	45,3/ 93,0	154,5/ 604,0	52,78/ 159	84,19/ 285,3	99,9/ 352,3	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	34,0/ 106,0	34,69/ 87,0	18,94/ 35	29,21/ 76,0	34,35/ 96,5	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	2,12/ 8,4	0,44/ 2,0	0,78/ 2,0	0,95/ 4,3	0,11/ 2	0,88/ 3,74	1,58/ 5,0	6

#### 4.7. Морской торговый порт (МТП)

В 2017 г. наблюдения в районе Морского торгового порта выполнялись на ст. №5 в полном объеме ежемесячно в течении всего года. Отбор всех 18 проб осуществлялся с поверхностного и придонного горизонтов (глубина 11-12 м.). На акватории Морского торгового порта значения солености изменялись в пределах от 0,06 до 0,10‰ во всей водной толще. Содержание кислорода абсолютного соответствовало установленной норме (6 мг/дм<sup>3</sup>) в течение всего года и изменялось в пределах от 8,27 до 13,75 мг/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и в пределах от 8,07 до 10,36 мг/дм<sup>3</sup> в придонном слое. Величина водородного показателя рН находилась в пределах от 6,71 до 7,42, в среднем за период наблюдений — 7,11. За пятилетний период можно отметить тенденцию к снижению величины водородного показателя. Значения щелочности варьировали в интервале от 0,51 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 0,78 ммоль/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в феврале. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> не превышало установленный норматив (3мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Диапазон значений 1,0-2,90 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (максимум - январь, поверхность). Случаев дефицита

кислорода (менее 70%) в 2017 году на акватории Морского торгового порта зафиксировано не было. Максимальное насыщение вод кислородом наблюдалось в мае в поверхностном горизонте (98,6 %). Перенасыщение вод кислородом (более 100%) зафиксировано не было.

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

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	8,25/ 20,66	7,44/ 18,16	8,69/ 18,49	9,27/ 21,32	9,77/ 18,95	8,68/ 19,52
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	0,08/ 0,15	0,07/ 0,10	0,08/ 0,13
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,79/ 14,06	11,06/ 13,52	10,62/ 13,58	10,59/ 13,72	10,52/ 13,75	10,72/ 13,73
Кислород (%)	88,52/ 100,4	89,47/ 95,7	88,20/ 101,0	88,46/ 106,5	89,94/ 98,6	88,92/ 100,44
рН	7,50/ 7,79	7,48/ 7,76	7,43/ 7,79	7,42/ 7,86	7,11/ 7,42	7,39/ 7,72
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,64/ 0,92	0,59/ 0,71	0,57/ 0,70	0,61/ 0,72	0,61/ 0,78	0,60/ 0,77
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	1,96/ 4,19	1,61/ 3,3	1,47/ 3,4	1,79/ 3,8	1,52/ 2,9	1,67/ 3,52

**Биогенные вещества.** В 2017 году по данным наблюдения в водах Морского Торгового Порта содержание азота аммонийного не превышало уровень ПДК (389 мкг/дм<sup>3</sup>). В поверхностном горизонте наибольшая концентрация составила 119 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном – 120 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальное содержание азота аммонийного наблюдалось в на дне сентябре. Концентрация азота нитритного превысила предельно допустимый уровень (24 мкг/дм<sup>3</sup>) в двух пробах. Диапазон значений концентраций изменялся в пределах от 3,5 до 45 мкг/дм<sup>3</sup>, (при среднем 130,85 мкг/дм<sup>3</sup>) максимум был зафиксирован в июне в придонном слое. Превышающих ПДК (9000 мкг/дм<sup>3</sup>) концентраций азота нитратного отмечено не было. Максимальные концентрации составили: в поверхностном горизонте — 449 мкг/дм<sup>3</sup> (январь), в придонном горизонте – 344 мкг/дм<sup>3</sup> (сентябрь). Значения концентраций азота нитратного стали минимальными за последние пять лет. Содержание фосфатов по фосфору не превышало установленной нормы (ПДК=50 мкг/дм<sup>3</sup>). Диапазон концентраций данного показателя изменялся в пределах от минимально определяемых величин до 13 мкг/дм<sup>3</sup> (январь) в поверхностном горизонте и до 10 мкг/дм<sup>3</sup> (июль) в

придонном горизонте. Максимальная концентрация фосфора общего составила 25 мкг/дм<sup>3</sup> (январь, поверхностный горизонт).

**Таблица 4.11.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Морского торгового порта в 2013-2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	191,70/ 520,0	167,13/ 490,0	151,91/ 390,0	114,43/ 305,0	76,47/ 120,0	140,33/ 365,0	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	11,20/ 42,0	13,14/ 78,0	13,81/ 46,0	11,28/ 53,0	13,85/ 45,0	12,66/ 52,80	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	303,04/ 570,0	287,39/ 420,0	273,64/ 770,0	300,29/ 460,0	271,29/ 449,0	287,13/ 533,80	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	957,83/ 2000,0	793,04/ 1140,0	740,91/ 1370,0	730,33/ 1149,0	686,18/ 865,0	781,66/ 1304,80	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub>	9,8/ 40,0	4,31/ 14,0	6,77/ 13,0	7,27/ 15,0	5,84/ 13,0	6,80/ 19,0	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	15,90/ 56,0	9,57/ 19,0	11,72/ 22,0	12,91/ 29,0	11,92/ 25,0	12,40 30,20	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2017г. нефтяные углеводороды были обнаружены в трех пробах из 18 в концентрации равной уровню чувствительности использованного метода химического анализа (DL=0,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Превышения норматива (0,10 мг/дм<sup>3</sup>) по содержанию СПАВ<sub>2</sub> в акватории МТП в 2017 году не отмечалось, единственная значимая концентрация составила 0,012 мг/дм<sup>3</sup> (октябрь, поверхностный горизонт). Во всех отобранных пробах концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** Значения концентрации меди превышали ПДК (1 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех отобранных пробах. В слое поверхность-дно ее содержание изменялось в пределах от 2,1 мкг/дм<sup>3</sup> до 11,7 мкг/дм<sup>3</sup> (январь, поверхностный горизонт), при средней концентрации 3,68 мкг/дм<sup>3</sup> (3,7 ПДК). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка (10 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 53% проб. Максимальная концентрация наблюдалась в ноябре в поверхностном горизонте и составила 51,9 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация цинка за весь период наблюдений

составила 16,85 мкг/дм<sup>3</sup> (1,7 ПДК). Концентрация марганца превышала ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 7 пробах из 18. Максимальная концентрация наблюдалась в июле в поверхностном горизонте и составила 107 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание железа общего превышало предельно допустимый уровень (100 мкг/дм<sup>3</sup>) в 47% проб. Диапазон концентрации от 42 до 452 мкг/дм<sup>3</sup> в феврале в поверхностном горизонте, при средней концентрации 117,59 мкг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК). Концентрация алюминия превышала предельно допустимую (40 мкг/дм<sup>3</sup>) в 5 пробах. Максимальная концентрация наблюдалась в сентябре в придонном горизонте и составила 59 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание свинца, кадмия, никеля, кобальта и алюминия, не превышали уровень ПДК. Содержание свинца стало минимальным за последние пять лет.

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

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Сu, мкг/дм <sup>3</sup>	3,38/ 9,80	3,08/ 4,10	3,70/ 7,80	3,83/ 7,80	3,68/ 11,7	3,53/ 8,24	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	17,75/ 78,0	11,62/ 25,0	11,57/ 37,0	11,66/ 37,0	16,85/ 51,9	13,89/ 45,78	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	13,60/ 60,0	10,83/ 30,0	11,20/ 61,0	10,60/ 61,0	14,01/ 107,0	12,05/ 63,80	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	96,27/ 460,0	112,09/ 238,0	117,59/ 452,0	108,65/ 383,33	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	25,7/ 77,0	27,7/ 68,0	33,11/ 59,0	28,84/ 68,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	4,18/ 9,0	2,04/ 6,4	1,71/ 11,0	1,79/ 12,2	0,86/ 2,6	2,12/ 8,24	6

#### 4.8. Северная станция аэрации

В 2017 г. на северной станции аэрации (С2) наблюдения проводились в феврале и с мая по октябрь. Пробы воды отбирались на поверхности и у дна на глубине 3 метра. За весь период наблюдений было отобрано 14 проб. Значения солености практически не изменялись и находились в пределах от 0,06 до 0,07‰ во всей водной толще (табл. 4.13). Содержание растворенного кислорода во всех пробах воды, отобранных с поверхностного и придонного горизонта, было в пределах нормы (норма: зимой — 4 мг/дм<sup>3</sup>, летом — 6 мг/дм<sup>3</sup>). Диапазон изменений составил 8,46 – 13,49 мг/дм<sup>3</sup> на поверхности и 8,50 – 13,39 мг/дм<sup>3</sup> у дна. Максимальные значения на двух горизонтах были

зафиксированы в феврале. Случаев дефицита кислорода (менее 70%) в 2017 году на акватории Морского торгового порта зафиксировано не было. Максимальное насыщение вод кислородом наблюдалось в июне в поверхностном горизонте (96,4%). Величина водородного показателя рН находилась в пределах от 6,77 до 7,58, в среднем за период наблюдений — 7,23. Значения щелочности варьировали в интервале от 0,52 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 0,64 ммоль/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в июле на поверхности и на дне. Из 15 проанализированных проб воды в 9 содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышали нормативную величину (2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Наибольшие значения были зафиксированы: в поверхностном горизонте (2,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в сентябре, в придонном горизонте (3,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в октябре

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

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	12,84/ 20,60	11,61/ 19,99	12,39/ 17,96	14,14/ 21,76	12,30/ 18,69	12,66/ 19,80
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07
Кислород (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	9,99/ 13,95	10,14/ 13,32	10,16/ 13,75	9,73/ 13,82	9,84/ 13,49	9,97/ 13,67
Кислород (%)	92,09/ 112,1	91,39/ 100,9	92,97/ 102,70	92,33/ 105,5	90,21/ 96,4	91,80/ 103,52
рН	7,29/ 7,54	7,42/ 7,72	7,35/ 7,65	7,42/ 7,70	7,23/ 7,58	7,34/ 7,64
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,57/ 0,61	0,53/ 0,69	0,54/ 0,61	0,55/ 0,64	0,56/ 0,61	0,55/ 0,63
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,19/ 4,33	2,57/ 4,80	2,11/ 2,70	2,44/ 5,40	2,14/ 3,9	2,29/ 4,23

**Биогенные вещества.** Концентрации аммонийного азота в 2017 г. превысили уровень ПДК (ПДК=389 мкг/дм<sup>3</sup>) в 6 пробах из 14 отобранных. Диапазон концентрации в поверхностном горизонте составил 106–680 мкгN/дм<sup>3</sup>, в придонном горизонте – 228–688 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.14). Максимальное содержание было зарегистрировано в сентябре, как в поверхностном, так и в придонном горизонте. Среднее значение азота аммонийного во всем столбе воды стало максимальным за пятилетний период — 374,0 мкгN/дм<sup>3</sup>. Концентрации азота нитритного превысили предельно допустимый уровень (ПДК=20

мкг/дм<sup>3</sup>) в 11 пробах из 14 отобранных. Диапазон концентраций в поверхностном слое составил 4,9 – 42 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое – 12 – 68 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальные концентрации были зафиксированы: в поверхностном горизонте в октябре, в придонном горизонте - в июне. В 2017 г. средняя концентрация азота нитритного превысила минимум 2016 г., но была меньше всех остальных величин за пятилетний период, как в поверхностном, так и в придонном горизонте. В пробах воды, отобранных в районе Северной станции аэрации, концентрации азота нитратного не превышали ПДК (ПДК=9032 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация в воде азота нитратного (в слое поверхность – дно) изменялись в диапазоне 227 – 841 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрации фосфора фосфатного в слое воды (поверхность - дно), изменялись в диапазоне от минимально определяемого значения (менее 5 мкг/дм<sup>3</sup>) до 25 мкг/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 11,51 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальные концентрации ингредиента были зафиксированы: в поверхностном горизонте (25 мкг/дм<sup>3</sup>) в июне-июле, в придонном горизонте (21 мкг/дм<sup>3</sup>) в сентябре. Годовой ход общего фосфора практически идентичен годовому ходу фосфора фосфатного. Диапазон концентраций фосфора общего для обоих горизонтов составил 8,2 – 32 мкг/дм<sup>3</sup>.

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

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

**Органические загрязняющие вещества.** В 2017г. во всех пробах воды, отобранных на ст. №С2, концентрации нефтепродуктов были ниже предела чувствительности метода определения (0,04 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание фенола выше предела обнаружения (<0,0005 мг/дм<sup>3</sup>) было зафиксировано в 2 пробах из 14 и составило 0,0006 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация СПАВ находилась в диапазоне от аналитического нуля до максимума (18 мкг/дм<sup>3</sup>) в августе в поверхностном слое. Во всех отобранных пробах концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** Концентрация меди превышала предельно допустимый уровень во всех отобранных пробах. Содержание в воде меди изменялось в диапазоне от 1,2 до 4,3 мкг/дм<sup>3</sup> (до 4,3 ПДК). Максимум был зарегистрирован в августе в поверхностном горизонте. Средняя концентрация во всем столбе воды (2,71 мкг/дм<sup>3</sup>) была ниже значений предыдущих лет, за исключением минимума 2013 года. Во всех пробах содержание цинка было выше предела чувствительности метода определения и изменялось в диапазоне 4,4 – 14,2 мкг/дм<sup>3</sup>. В 6 пробах из 14 концентрации были выше ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение, превысившее ПДК в 1,4 раза, было получено в пробе, отобранной в сентябре в поверхностном горизонте. Концентрации марганца изменялись в диапазоне от минимально определяемой величины (менее 1,0 мкг/дм<sup>3</sup>) до 41,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Уровень ПДК был превышен в 4 пробах из 14 проб отобранных в данном районе. Максимальная концентрация ингредиента, превысившая ПДК в 4,2 раза, была зафиксирована в июле в поверхностном горизонте. В 10 из 14 проб концентрации свинца были ниже предела обнаружения (2,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Случаев превышения ПДК по данному показателю зафиксировано не было. Все значимые концентрации составили 2,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание железа общего выше уровня ПДК было зафиксировано в 3 пробах из 14. Диапазон концентраций ингредиента составил 60-145 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение наблюдалось в сентябре в придонном горизонте. Во всех пробах содержание алюминия было ниже ПДК (40 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация алюминия изменялась в диапазоне от 13 до 28 мкг/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в сентябре на поверхности и в придонном слое.

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

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК

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

## Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

Красавина А.С., Косевич Н.И.

### 5.1. Общая характеристика

Белое море относится к внутренним морям Северного Ледовитого океана, располагаясь на северной окраине Восточно-Европейской платформы. На севере соединяется с Баренцевым морем проливами Горло и Воронка; границей между морями считается линия, проведённая от мыса Святой Нос (Кольский полуостров) до мыса Канин Нос (полуостров Канин). Площадь моря составляет 90,8 тыс.км<sup>2</sup> (вместе с многочисленными мелкими островами, среди которых наиболее известны Соловецкие острова), объём воды 4,4 тыс.км<sup>3</sup> (Лоция, 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 (Лоция, 1995). Северо-западные берега высокие и скалистые, юго-восточные - пологие и низкие; длина сильно изрезанной береговой линии не менее 2000 км (в скандинавской мифологии Белое море известно под названием «Гандвик», а также как «Väu of Serpents» из-за изогнутой береговой линии). Белое море представляет собой сравнительно неглубокий водоём. Рельеф дна сложный. Большая отмель в южной части моря с глубинами до 50 м в Двинском и Онежском заливах переходит в склон, а потом во впадину в центральной части моря с глубинами 100-200 м. В северо-западной части Бассейна моря и юго-восточной части Кандалакшского залива наблюдаются глубины свыше 250 м; для Горла моря характерны глубины свыше 50 м. Средняя глубина моря 67 м, а максимальная глубина 340 м. Центральную часть моря занимает замкнутая котловина, отделяемая от Баренцева моря порогом с малыми глубинами, препятствующими обмену глубинными водами. Донные осадки на

мелководье и в Горле состоят из гравия, гальки, песка и иногда ракушечника, а в центре моря дно покрыто мелкозернистым глинистым илом коричневого цвета.

Климатический режим региона Белого моря можно охарактеризовать как переходный от морского к континентальному; по условиям образования он принадлежит к атлантико-арктической зоне умеренного пояса (Гидрометеорология..., 1991; Филатов, 2007). В летний период поверхностные воды заливов и центральной части моря прогреваются до  $15\text{--}16^{\circ}\text{C}$ , а в Онежском заливе и Горле не выше  $9^{\circ}\text{C}$ . Зимой температура поверхностных вод понижается до  $-1,3\text{...}-1,7^{\circ}\text{C}$  в центре и на севере моря, а в заливах — до  $-0,5\text{...}-0,7^{\circ}\text{C}$ . Горизонтальное распределение температуры воды на поверхности моря характеризуется большим разнообразием и значительной сезонной изменчивостью. Зимой близкая к поверхностной температура наблюдается в слое до 30–45 м глубины. Глубже, в образовавшемся вследствие летнего прогрева теплом промежуточном слое, температура несколько повышается до горизонта 75–100 м, а затем снова понижается. С глубины около 130–140 м и до дна она постоянная в течение всего года и составляет  $+1,4^{\circ}\text{C}$ . Весной поверхность моря прогревается до глубин примерно 20 м, а далее следует резкое понижение температуры до  $0^{\circ}\text{C}$  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 (Луция, 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.ascp.ru/>), Северодвинск (185 075 человек), Онега (19 706), Беломорск (10 052), Кандалакша (32 592), нефтяной порт Витино в нескольких км к югу от Кандалакши (грузооборот – 2,3 млн.т), Кемь (11 775 чел.) и Мезень - город (3325 чел.) и порт (27 тыс.тонн), расположенный на берегах реки Мезени в 45 км 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 5 предприятий (табл. 5.1). Наиболее крупные из них - ООО «Кандалакшаводоканал-3», Княжегубский рыболовный завод ФГБУ «Мурмансрыбвод», АО «Апатитыводоканал». В 2015 г. в залив сброшено 7,8 млн.м<sup>3</sup> сточных вод, что на 0,5 млн.м<sup>3</sup> меньше 2014 г. (8,3 млн.м<sup>3</sup>). Уменьшение объясняется снижением объема водопотребления и сокращением объема сброса сточных вод. Объем загрязненных сточных вод без очистки составил 3,4 млн. м<sup>3</sup> (44%). При этом в воды Кандалакшского залива поступило: органических веществ (по БПКполн) – 74,7 т, взвешенных веществ – 57,3 т, нефтепродуктов 0,6 т.

### 5.3. Двинский залив

В 2017 г. В Двинском заливе Белого моря наблюдения за загрязнением морских вод проводились на семи станциях ГСН (рис. 5.1). За отчетный период были выполнены две гидрохимической съёмки 13-15 июля и 21-22 октября 2017 г. Во время съёмки контролировались следующие показатели качества воды: температура, соленость, рН, содержание растворенного кислорода, процентное насыщение вод кислородом, содержание кремния, фосфатов, общего фосфора, азота нитритного, азота нитратного, азота аммонийного, нефтяных углеводородов и хлорорганических пестицидов ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ, ДДЭ). Всего отобрано и проанализировано 54 пробы из поверхностного и придонного слоёв на мелководных станциях и дополнительно со стандартных гидрологических горизонтов на глубоководных станциях.

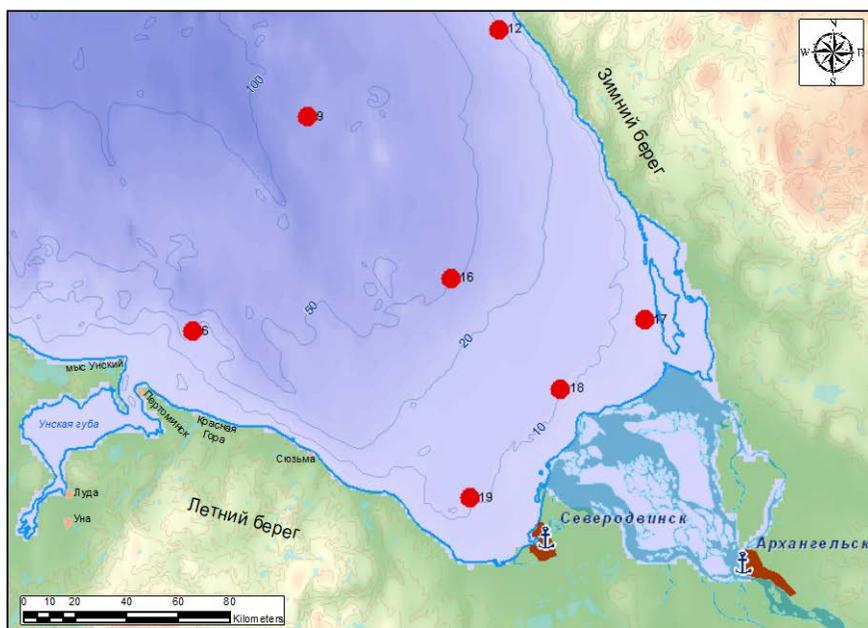
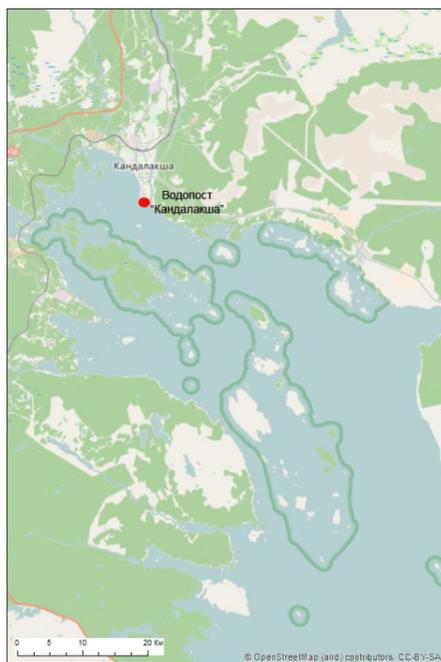


Рис. 5.1. Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2017 г.

### 5.4. Кандалакшский залив

На водпосту II категории "Кандалакша", расположенном на территории Кандалакшского морского торгового порта (рис. 5.2), регулярные наблюдения проводились 6 раз в год с марта по октябрь. Анализ шести отобранных проб морской воды выполнялся по 29 показателям.



**Рис. 5.2.** Схема расположения станций наблюдения ГСН в Кандалакшском заливе.

**Таблица 5.3.** Оценка качества вод порта Кандалакша в Кандалакшском заливе Белого моря в 2015-2017 гг.

Район моря	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Кандалакша	0,85	III	0,62	II	0,68	II	НУ 0,24; Cu 1,04; Fe 0,83; O <sub>2</sub> 0,60

## 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 – крайнее 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<sup>0</sup>С, летом на юге 8-9<sup>0</sup>С, в центральной части 3-5<sup>0</sup>С, на севере 0<sup>0</sup>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<sup>0</sup>С). В слое 50-100 м температура повышается до -1<sup>0</sup>С, а затем ко дну - до +1<sup>0</sup>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 повышенной температурой и соленостью; поверхностные арктические воды с пониженной температурой и соленостью; прибрежные воды, поступающие из Белого моря, Норвежского моря и с материковым стоком. Последние характеризуются летом высокой температурой и низкой соленостью, а зимой низкими температурой, и соленостью.

Общий характер поверхностной циркуляции циклонический. Приливы полусуточные, достигают высоты 6,1 м и вызываются

главным образом атлантической приливной волной. Хорошо выражены стонно-нагонные колебания уровня моря у Кольского побережья (до 3 м) и у Шпицбергена (порядка 1 м).

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

Баренцево море ледовитое, но никогда полностью не замерзает. Наблюдаются льды местного происхождения. Ледообразование начинается в сентябре, а к концу лета ото льда очищается все море за исключением районов, прилегающих к Новой Земле, Земле Франца-Иосифа и Шпицбергену. Мощность ледяного покрова не превышает 1 м. Припай в море развит слабо, преобладают плавучие льды, в том числе айсберги. Ледовитость Баренцева моря изменяется от года к году, что связано с различной интенсивностью Нордкапского течения, характером крупномасштабной атмосферной циркуляции, общим потеплением или похолоданием Арктики в целом (Арктическая энциклопедия, 2017).

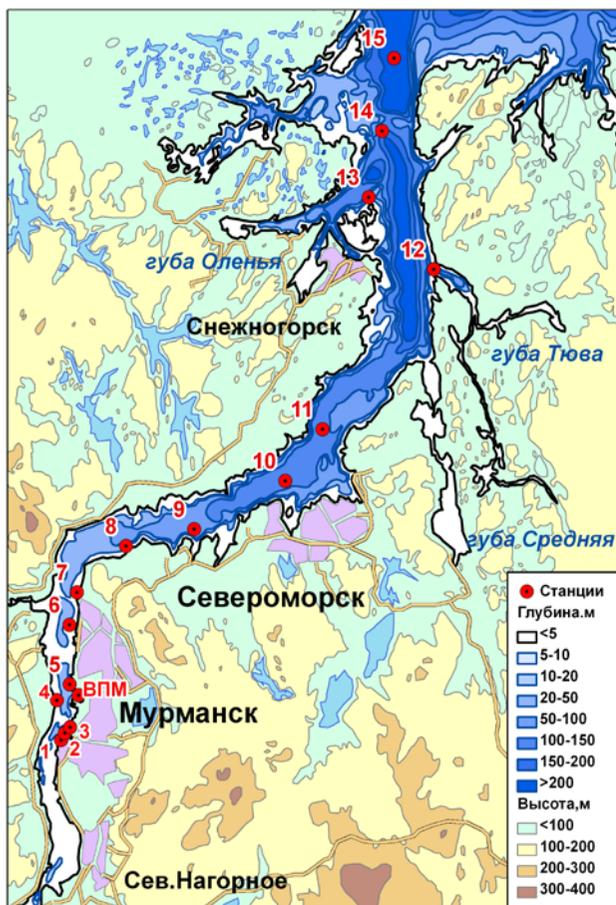
## **6.2. Источники поступления загрязняющих веществ**

Антропогенное загрязнение Баренцева моря в основном происходит вследствие выноса загрязняющих веществ в результате водообмена из губ и заливов, куда производят сброс промышленных и муниципальных сточных вод предприятия и коммунальные организации Мурманской области. Имеет значение также перенос ЗВ морскими течениями из сопредельных морей. В Кольский залив осуществляется сброс производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод муниципальными организациями, флотами и береговыми предприятиями различных ведомств, расположенными на его берегах. Основными сбрасывающими сточные воды предприятиями являются: ГОУП «Мурманскводоканал», МУП «Североморскводоканал», АО «Главное управление жилищно-коммунального хозяйства, ОАО «Мурманский морской рыбный порт». В 2017 году в Кольский залив Баренцева моря сброшено  $38,5 \text{ млн. м}^3$  сточных вод, что на  $2 \text{ млн. м}^3$  больше, чем в 2016 г. ( $36,5 \text{ млн. м}^3$ ). Объем загрязненных сточных вод без очистки составил  $32,2 \text{ млн. м}^3$  (84 %). Со сточными водами в Кольский залив поступило  $288,3 \text{ т}$  легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>полн</sub>),  $430,7 \text{ т}$  взвешенных веществ,  $5,8 \text{ т}$  нефтепродуктов,  $13,2 \text{ т}$  железа,  $14,5 \text{ т}$  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 (дампинг), прямой сброс, аварийные ситуации. В настоящее время вследствие предполагаемого освоения нефтяных месторождений в Баренцевом и Карском морях может существенно увеличиться поступление нефтепродуктов как при эксплуатации месторождений, так и в процессе их транспортировки и перегрузки. Для северных морей разработка нефтяных месторождений представляет особую опасность, что связано с низкими темпами химического, биохимического и микробиологического окисления нефтепродуктов вследствие низких температур воды и воздуха.

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

В период с января по ноябрь 2017 г. (1 раз в два месяца) 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 были выполнены определения следующих показателей: температура, соленость, рН, щелочность, концентрация растворенного кислорода, органических веществ по БПК<sub>5</sub>, взвешенных веществ, фосфатов, соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот), силикатов, нефтяных углеводородов, детергентов, металлов (меди, никеля, марганца, свинца, хрома, железа, кадмия и ртути) и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ.

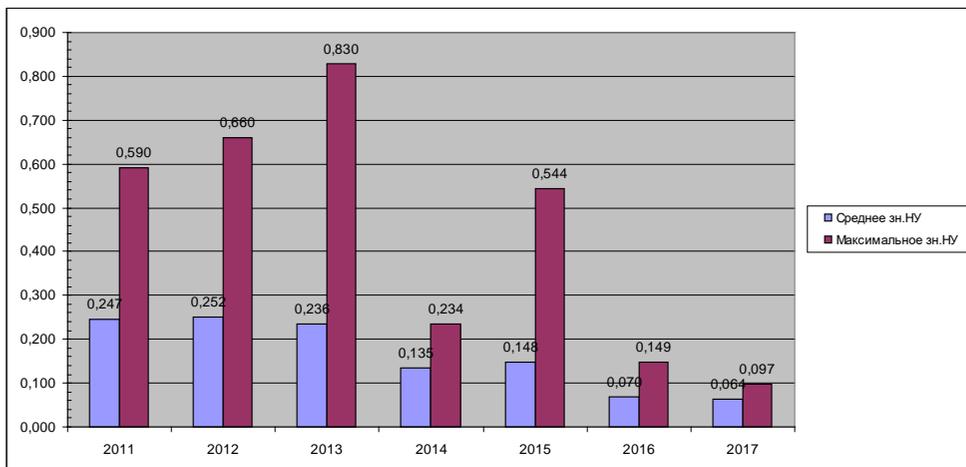


**Рис. 6.1.** Станции гидрохимического мониторинга в Кольском заливе Баренцева моря.

Температура за весь период наблюдений варьировала в пределах от 2 до 10<sup>0</sup>С. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 10,28-25,91‰, минимум отмечен в ноябре, а максимум в январе. Величина рН изменялась в диапазоне 7,66-8,04; максимум наблюдался в марте. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в диапазоне 0,00-1,35 мг-экв/дм<sup>3</sup>; среднегодовая 0,93 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту г. Мурманск в течение 2017 г. изменялось в диапазоне от 0,031 до 0,097 мг/дм<sup>3</sup> (максимальное значение отмечено в сентябре и составляет 1,9 ПДК, что в 1,5 раза ниже прошлогоднего максимального значения). Среднее за год содержание НУ составило 0,064 мг/дм<sup>3</sup>, что меньше прошлогоднего, однако превышает ПДК в 1,2 раза. В целом средняя

концентрация нефтяных углеводородов в водах порта была наименьшей за последние 7 лет (рис. 6.2).



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

Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода **БПК<sub>5</sub>** было невысоким и варьировало в пределах от аналитического нуля до 2,8 (0,9 ПДК); в среднем 0,63 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Содержание взвешенных частиц и АПАВ в воде было ниже предела обнаружения использованного метода определения во всех пробах. В 2017 г. ГХЦГ и ДДТ не было обнаружено, фенолы не определялись.

Загрязнение тяжелыми **металлами** в 2017 г. осталось примерно на том же уровне по сравнению с 2016 г. (таб. 6.1). По меди, кадмию, марганцу и железу показатели стали меньше. В пробах не был обнаружен никель, но был отмечен свинец, в двух пробах в концентрации 4,4 и 5 мкг/дм<sup>3</sup>, при том, что в 2016 г. он не обнаруживался. Превышение ПДК и по средним, и по максимальным значениям отмечено для меди, по максимальным значениям – по железу, но уже с меньшим по сравнению с 2016 г. превышением. Отметим, что в период с 2012 по 2017 гг. содержание железа уменьшилось в 10-15 раз. Содержание в воде ртути в целом было на уровне прошлого года: в одной пробе составило 0,012 мкг/дм<sup>3</sup>, в остальных пробах ртуть не отмечена.

Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась от аналитического нуля в одной июльской пробе до 1010,0 в марте, в среднем 246,8 мкг/дм<sup>3</sup> (0,11 ПДК); нитритный азот изменялся в пределах 2,31-5,49, в среднем 4,1 мкг/дм<sup>3</sup> (0,17 ПДК); нитраты в пределах 11,2-

71,0, в среднем 32,9 мкг/дм<sup>3</sup>; силикаты в пределах 1508-2607 при среднем значении 2043 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание фосфатов в водах вблизи водпоста в течение всего года изменялось в узком диапазоне от 20 до 47 мкг/дм<sup>3</sup> (0,4–1,0 ПДК). Вместе с тем, в марте было отмечено очень высокое содержание фосфатов – 1435 мкг/дм<sup>3</sup> (29 ПДК). Высокие значения неоднократно встречались в течение последнего десятилетия (рис.6.3). В целом район водпоста чрезвычайно загрязнен фосфатами, поскольку в других частях акватории Кольского залива их среднесезонная концентрация была существенно меньше – в Северном колене 6 мкг/дм<sup>3</sup>, Среднем колене без водпоста 7 мкг/дм<sup>3</sup> и Южном колене 8 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимум 18; 43 и 21 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.

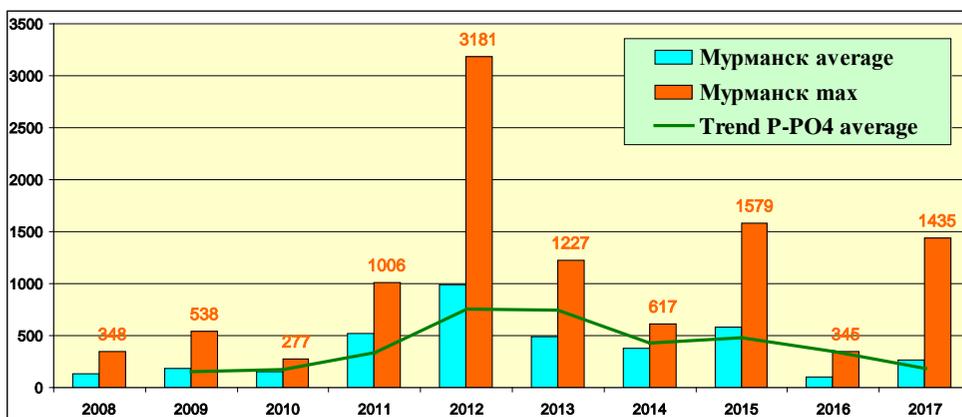


Рис. 6.3 Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO<sub>4</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008-2017 гг.

В районе расположения водпоста кислородный режим морских вод в среднем за год был удовлетворительным: среднегодовая концентрация кислорода составляла 8,44 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Вместе с тем, в одной пробе концентрация кислорода составила 5,10 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что заметно ниже норматива. Процент насыщения вод кислородом варьировал в диапазоне 42,1-94,0%.

По индексу загрязненности вод **ИЗВ** (0,93) качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск несколько улучшилось по сравнению с прошлогодним уровнем (0,95) и оценивается III классом, «умеренно загрязненные» (табл. 6.3). Концентрация нефтяных углеводородов в 2017 г. в среднегодовом значении превышает ПДК, но меньше, чем в 2016г. и существенно меньше, чем в предыдущие годы. Средняя концентрация меди превысила норматив в 1,2 раза. а

содержание железа уменьшилось и в среднем не превысило ПДК. Отметим, что содержание кислорода по сравнению с 2016 г. снизилось: 8,4 против 10,12 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Сочетание этих факторов определило ИЗВ примерно на уровне прошлогоднего значения.

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

Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
НУ	0,148	<b>3,0</b>	0,07	<b>1,4</b>	0,064	<b>1,2</b>
	0,544	<b>11</b>	0,15	<b>3</b>	0,097	<b>1,9</b>
СПАВ	16,0	0,2	0	0	0	0
	32	0,3	0	0	0	0
Фенолы (сумма)	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Медь	4,6	0,9	5,3	<b>1,1</b>	5,8	<b>1,2</b>
	5,0	1,0	8,1	<b>1,6</b>	7,3	<b>1,5</b>
Никель	3,3	0,3	1,4	0,1	0	0
	9,2	0,9	8,4	0,8	0	0
Свинец	1,7	0,2	0	0	1,57	0,2
	5,6	0,6	0	0	5,0	0,5
Ртуть	0	-	0	0	0	0
	0	-	0,01	0,1	0,012	0,1
Кадмий	0,2	< 0,1	0,3	<0,1	0,09	<0,1
	0,6	< 0,1	0,6	<0,1	0,15	<0,1
Марганец	10,9	0,2	10,8	0,2	5,45	0,1
	21,9	0,4	15,3	0,3	7,9	0,16
Железо	60	<b>1,2</b>	38	0,8	32,5	0,6
	155	<b>3</b>	65	<b>1,3</b>	55,0	<b>1,1</b>
γ-ГХЦГ (линдан)	0,18	< 0,1	0,3	<0,1	0	0
	0,6	< 0,1	0,6	<0,1	0	0
α-ГХЦГ	0,33	< 0,1	0,5	<0,1	0	0
	0,9	< 0,1	1,3	0,1	0	0
β-ГХЦГ	0,70	< 0,1	0	0	0	0
	2,4	0,2	0	0	0	0
ДДТ	0	-	4,1	0,4	0	0
	0	-	7,0	0,7	0	0
ДДД	0	-	0	0	0	0
	0	-	0	0	0	0
ДДЭ	0	-	0	0	0	0
	0	-	0	0	0	0
Азот	532	0,2	374	0,2	246,8	0,1

аммонийный	1113	0,5	1115	0,5	1010	0,45
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,8	0,3	0,8	0,3	0,63	0,2
	2,70	0,9	2,3	0,8	2,8	0,9
Растворенный кислород	9,43		10,12		8,4	
	6,21		9,34		5,1	

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>.

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.

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

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

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

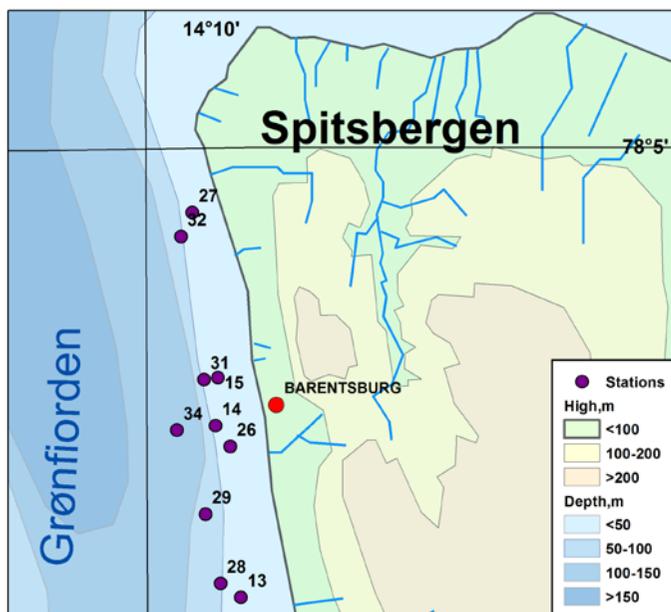
Район моря	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
торговый порт, г. Мурманск	1,43	VI	0,95	III	0,93	III	НУ 1,2; Cu 1,2; Fe 0,6; O <sub>2</sub> 0,71

## 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

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

### 7.1. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген

В 2017 г. 20 апреля и в течение июля в прибрежных водах поселка Баренцбург на акватории залива Гренфьорд (архипелаг Шпицберген, Гренландское море) Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» на 8 станциях с глубинами от 15 до 102 м был выполнен отбор 20 проб морской воды из поверхностного и придонного слоев (рис. 7.1). В состав определений вошли основные гидролого-гидрохимические показатели (водородный показатель (рН), электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал (Еh), общая щелочность, растворенный кислород, БПК<sub>5</sub>, концентрация биогенных элементов - нитритов, нитратов, аммония, общего азота, фосфатов, общего фосфора, кремнекислоты, концентрации взвешенных в воде веществ, а также уровень содержания в воде суммарных нефтяных углеводородов (НУ), СПАВ, индивидуальных фенолов (алкил-, хлор- и нитрофенолов), неполярных алифатических углеводородов (НАУ), летучих ароматических углеводородов (ЛАУ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), 10 тяжелых металлов и мышьяка, хлорорганических соединений (ХОС) и ПХБ. Каждая проба воды анализировалась на содержание примерно ста показателей.





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

## Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

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

Рис. 8.1. Морья 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

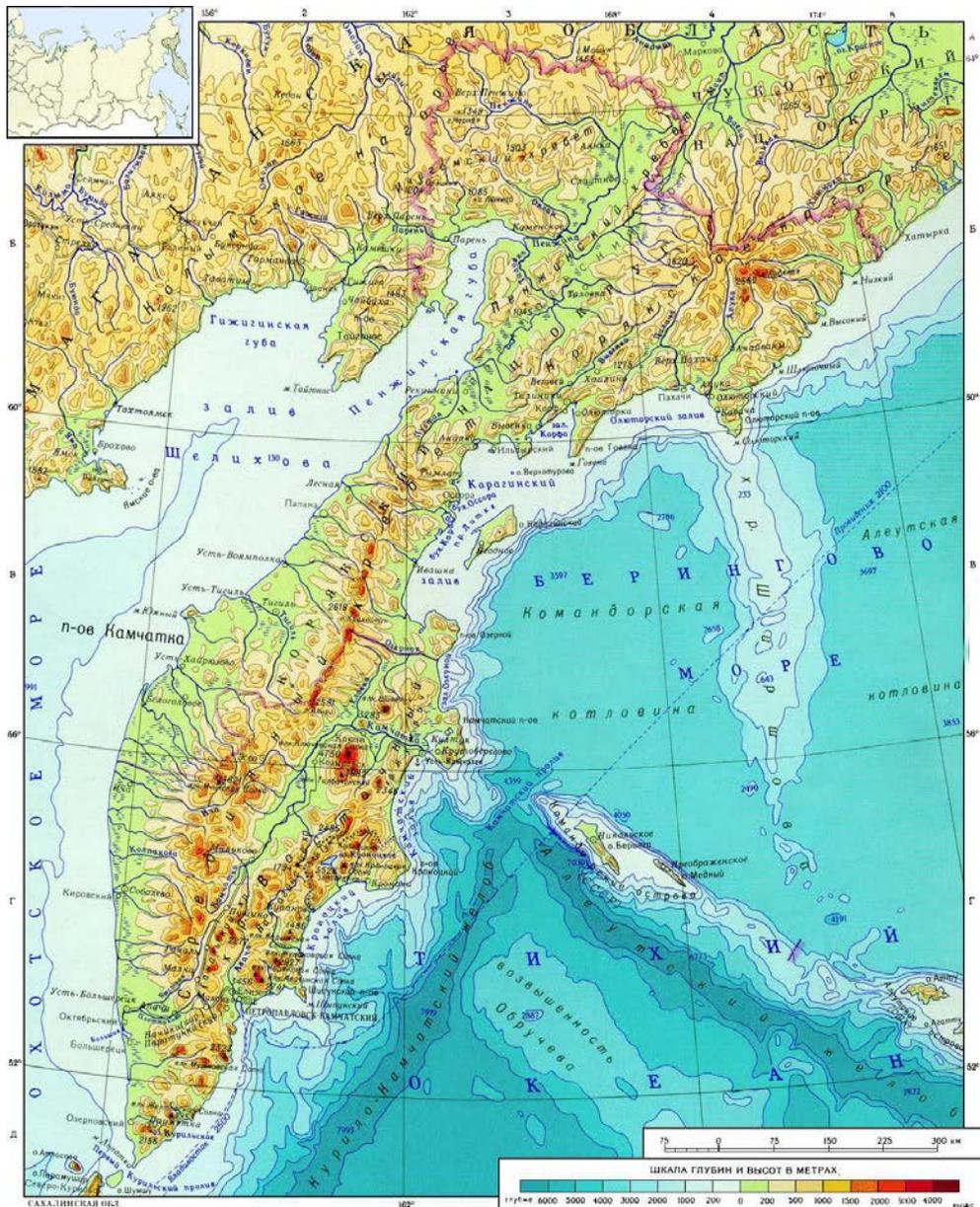


Рис. 9.1. Распределение глубин вокруг полуострова Камчатка.

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**

Авачинская губа является водоемом первой категории рыбохозяйственного значения и наряду с этим служит естественным приемником всех производственных и хозяйственно-бытовых стоков города Петропавловска-Камчатского и других населенных пунктов, расположенных на ее берегах. Основными источниками загрязнения прибрежных морских вод являются предприятия судоремонтной и рыбообрабатывающей промышленности, суда рыболовецкого и транспортного флотов. Немалый вклад в загрязнение вод Авачинской губы вносят и реки, несущие в своих водах большое количество загрязняющих веществ, поступающих туда с полей, ферм и от населенных пунктов, расположенных по их берегам. Сведения о количественном и качественном составе сточных вод, сбрасываемых в исследуемую акваторию предприятиями, предоставленные Отделом водных ресурсов по Камчатскому краю Амурского БВУ, помещены в таблицу 1.4. В 2017 г. в Авачинскую губу ими было сброшено 38,4 млн.м<sup>3</sup> сточных вод, из них загрязненных без очистки 5,7 млн.м<sup>3</sup>, недостаточно очищенных 0,9 млн.м<sup>3</sup>, нормативно очищенных 5,0 млн.м<sup>3</sup>, нормативно чистых – 26,8 млн.м<sup>3</sup>. Общий объем производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, по сравнению с 2016 г., уменьшился на 6%. Несмотря на это, увеличилось количество ряда сбрасываемых веществ (СПАВ, взвешенные вещества, азот общий, фосфаты (по фосфору)) на фоне снижения присутствия других компонентов (нефть и нефтепродукты, сульфаты и хлориды) (таблица 9.2).

С водой рек Авача и Паратунка в отчетном году в Авачинскую губу поступило: фенолов – 0,016 тыс.тонн, нефтепродуктов – 0,658 тыс.тонн, детергентов – 0,020 тыс.тонн, взвешенных веществ – 67,58 тыс.тонн,

неорганических соединений азота и фосфора – 2,902 тыс.тонн. Расход воды в реках Авача и Паратунка, по сравнению с прошлым годом, увеличился на 20 и 47 % соответственно. В отличие от 2016 г. количество загрязняющих веществ, поступающих в бухту с речным стоком, изменилось следующим образом: снизилось содержание детергентов и фенолов на 64 и 30 % соответственно, взвешенных веществ и биогенных элементов увеличилось на 85% и 45% соответственно, а поступление нефтепродуктов осталось без изменений (таблица 9.1).

**Таблица 9.1.** Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2017 г.

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

**Таблица 9.2.** Объем сточных вод и основные загрязняющие вещества, поступившие от отдельных предприятий в Авачинскую губу в 2017 г.

Предприятие	Отведено в поверхностный ВО, всего тыс.куб.м.	без очистки	Недостаточно очищенной	Нормативно чистой	нормативно-очищенной /Всего	Взвешенные вещества, т	Азот общий; т	Нефть и нефтепродукты, т	ОП-10 36, СПАВ, диалкилфеноловых эфиров полиэтиленгликоля ;т	Фосфа (по Р),
ОАО "Петропавловск-Камчатский морской торговый порт"	12,32	12,32				0,604	0,241	0,005	0,009924	0,19
АО "ПСРЗ"	163,90	6,90		157,00		0,192	0,026	0	0,000383	0,00
ООО "Жестяно-баночная фабрика и Ко"	131,55	0,00	131,55			14,53	0,467	0,01	0,019053	0,14
ООО "Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод"	78,03	0,00	78,30			2,576	0,196	0,022	0,00051	8,48
ООО "Экология"	2,00		2,00			29,25	0,005	0,001	0,000863	0,00
ЗАО "Судоремсервис"	483,72	0,00	283,72	200,00		7,219	2,019	0,011	0,042882	0,42
Рыболовецкий колхоз им. В. И. Ленина	171,98	0,00	171,98			0,85	0,21	0,014	0,011219	0,48
	8,01		8,01				0,008	0,001	0,001658	0,00

ООО "Аквафиш"	8,93	0,00	8,93			0,591	0,238	0	0,00955	0,22
Краевое государственное унитарное предприятие "Камчатский водоканал"	4959,10				4959,10	138,4	93,69	0,42	0,64054	38,0
	3640,47	3640,47				716,7	135,3	4,93	9,16227	47,0
ООО "УКР"	254,40	254,40				0,814	0,063	0,003	0,015391	0,0
ООО "Камчатгралфлот"	24,91					0,663	0,014	0	0,000249	0,19
ОАО Камчатскэнерго"	26394,36	71,56	29,80	26293,00		0,26	0,07	0	0,000001	0,0

## 9.2. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2017 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 138 проб морской воды. Программой работ предусматривалось определение стандартных гидрохимических показателей (рН, растворенный кислород, щелочность, кремний, фосфор минеральный и общий, нитриты, нитраты и аммонийный азот), концентрации загрязняющих веществ (фенолы, детергенты и нефтепродукты) и элементов гидрометеорологического режима (хлорность, соленость, концентрация взвешенных веществ мг/дм<sup>3</sup>, температура воды и воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, облачность и волнение). В течение отчетного года на пяти морских гидрометеорологических станциях проводились визуальные наблюдения за загрязнением водной поверхности прилегающих районов моря нефтяной пленкой.

Работы проводились силами специалистов ЦМС на арендуемом судне - катере "РУМ 45-63".

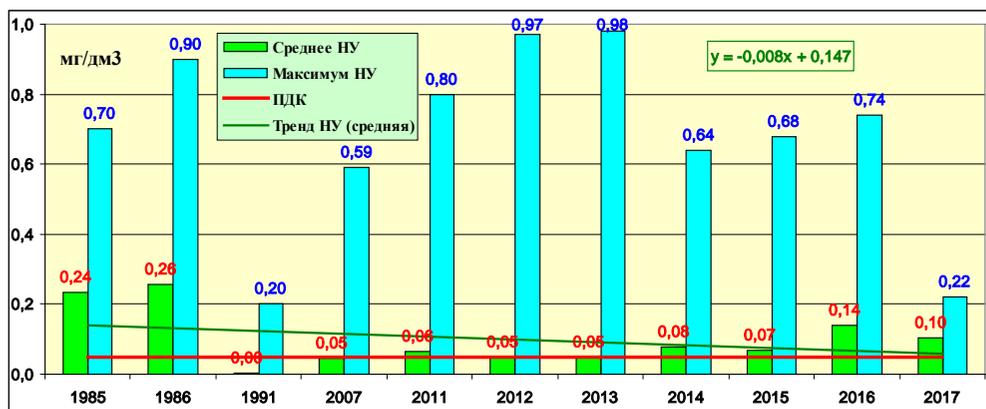


**Рис. 9.2.** Схема расположения станций мониторинга морских вод в Авачинской губе в 2017 г.

**Соленость** в водах Авачинской губы изменялась в очень широком диапазоне от 2,76 до 32,73‰. Значения ниже 10‰ были зафиксированы в 14 пробах, отобранных из поверхностного слоя с июня по август по всей акватории губы, включая эстуарные районы рек и бухты Моховая и Крашенинникова. В подповерхностных водах на глубине 10 м соленость не опускалась ниже 29,83‰. В придонном слое она изменялась в диапазоне 26,83-32,73‰. Значения хлорности изменялись в диапазоне 1,53-18,12‰, составив в среднем для всей толщи 14,56‰. Средняя для поверхностного слоя – 9,96‰; промежуточного – 17,35‰ и придонного – 17,61‰. Температура морской воды изменялась от 2,04<sup>0</sup>С в центре Авачинской губы (ст. №2) на глубине 26 м 25 мая до 18,42<sup>0</sup>С на поверхности в районе морского порта в конце июля. В течение отчетного периода показатели температуры в толще вод изменялись в диапазоне 2,5-9,7<sup>0</sup>С; на поверхности в пределах от 4,07 до 18,97<sup>0</sup>С; в придонном слое 2,04-8,37<sup>0</sup>С. Значения рН были в диапазоне 7,51-8,51. Мутность воды варьировала в диапазоне от 13,0 (в устьевой зоне реки Паратунка) до 137,0 мг/дм<sup>3</sup> (выход из Авачинской губы); среднегодовой показатель такой же как в прошлом году (72,0 мг/дм<sup>3</sup>).

Наибольшее количество растворенных **нефтяных углеводородов**, как правило, наблюдалось в районах сброса сточных вод судоремонтных заводов, транспортных предприятий и в местах стоянки судов. Распространению НУ на всю акваторию губы способствовали приливо-отливные, сгонно-нагонные явления и течения, поэтому их повышенная концентрация фиксировалась практически повсеместно на различных горизонтах. Поступив в морскую среду, часть нефтяных углеводородов распределялась в виде пленки, отдельные пятна которой ежедневно при отсутствии льда фиксировались наблюдателями на станции МГ-1 Петропавловск-Камчатский. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в водах Авачинской губы составило 2,0 ПДК против 2,8 ПДК зарегистрированных в 2016 г. В районе ПСРМЗ и в бухтах Моховой и Раковой, в среднем по толще, зафиксировано наибольшее содержание нефтепродуктов – 2,2 ПДК. Годовой максимум определен 8 августа на придонном горизонте акватории Петропавловского судоремонтного завода (станция № 49) – 4,4 ПДК. Впервые за последний пятилетний период во всех отобранных пробах концентрации нефтепродуктов были выше пороговых. 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.



**Рис. 9.3.** Динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в водах Авачинской губы в 1985-2017 гг.

В 2017 г. визуальные наблюдения за нефтяной пленкой на поверхности прилегающих морских акваторий проводились на 5 гидрометеорологических станциях ФГБУ Камчатское УГМС»: МГ-1 Петропавловск-Камчатский, ОГМС Никольское, МГ-2 Озерная, МГ-2 Петропавловский Маяк, МГ-2 Оссора. В бухте Оссора (побережье Берингова моря) нефтяная пленка отсутствовала. На ОГМС Никольское (Алеутские острова, Тихий океан) у пирса, в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов с марта по декабрь (с максимальной повторяемостью до 15 дней в ноябре) отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка слабой интенсивности, с покрытием 10 % видимой акватории, наблюдалась с 19 марта по 12 октября. В мае отмечено наибольшее количество дней с загрязнением – 26, а с июня по октябрь пятна нефтепродуктов фиксировались в течение 3 – 10 дней ежемесячно. С июня по август визуальные наблюдения за загрязненностью прибрежной части моря нефтепродуктами зачастую были невозможны из-за туманов и 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 19 марта по 22 октября отмечалась

нефтяная пленка слабой интенсивности (1 балл) с покрытием 10% видимой части морской акватории. В остальные месяцы нефтяная плёнка отсутствовала. Регистрировалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности (1 балл): в июне и августе – практически весь месяц (28 дней), май – 20 дней, сентябрь – 16 дней, оставшиеся месяцы, в которых наблюдалось загрязнение нефтепродуктами, составляли от 14 до 2 дней.

**Фенолы** являются распространенным загрязняющим веществом в Авачинской губе. Они образуются при биохимическом распаде, трансформации органического вещества и поступают в морскую среду с речными водами, стоками промышленных предприятий и коммунальных объектов. Среднегодовое значение фенолов в 2017 г. составило 2 ПДК. Частота обнаружения их повышенных величин достигла 63%. Ежемесячно, в целом по толще вод, концентрации фенолов регистрировались от 1 до 4 ПДК. В целом по толще наиболее загрязнены фенолами в 2017 г. были Морской порт, бухта Крашенинникова, выход из Авачинской губы и бухта Раковая – 3 ПДК. Максимальное значение наблюдалось в октябре в поверхностном горизонте в районе Морского порта – 22 ПДК. На протяжении последних пяти лет величины фенолов оставались стабильно повышенными (на уровне 2–4 ПДК).

**Детергенты** поступают в Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками в составе моющих и чистящих средств, а также с речной водой, поэтому их наибольшие концентрации наблюдаются в прибрежных водах восточной части губы и в районах впадения рек. Главным фактором, понижающим количество детергентов в морской воде, являются процессы биохимического окисления. В течение последних пяти лет средние по толще вод концентрации детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы не превышали допустимой нормы. По сравнению с 2016 г. произошло снижение указанного ингредиента с 0,9 до 0,6 ПДК, в частности, благодаря уменьшению поступления с речным стоком. За отчетный период на всех станциях контроля, где производится определение АСПАВ, наблюдались их повышенные концентрации всего в 8% от общего количества отобранных проб. Наиболее загрязненными детергентами морские воды оказались в октябре, когда их концентрация по толще вод составила 0,9 ПДК, с частотой обнаружения их повышенных величин – 35%. Также в указанном месяце зарегистрировано их максимальное значение (3,0 ПДК) на придонном уровне центральной части Авачинской губы.

**Биогенные элементы.** Одним из главных биогенных элементов, определяющих продуктивность водоема, является **фосфор**. В

природных водах он находится в составе как органических, так и неорганических соединений, поступающих в морскую среду с речным и поверхностным стоком, промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами и при минерализации органических остатков. Потребление фосфора фитопланктоном и другими водными организмами способствует понижению его содержания в морской воде. По сравнению с 2016 г. присутствие фосфатов и фосфора общего увеличилось на 41 и 20 % соответственно, прослеживается взаимосвязь и с речным стоком. Средние концентрации фосфора минерального в Авачинской губе в целом по толще вод изменялись от 25,24 мкг/дм<sup>3</sup> до 50,05 мкг/дм<sup>3</sup>, а фосфора общего – от 36,12 мкг/дм<sup>3</sup> до 74,48 мкг/дм<sup>3</sup> (июль и октябрь соответственно). Летом, в период активного фотосинтеза, содержание фосфора в морской воде снижается за счет наибольшего его потребления планктоном и другими морскими организмами. Осенью процессы регенерации преобладают над процессами потребления и концентрации фосфора в морской воде достигают наибольших значений. С глубиной концентрации фосфатов и фосфора общего возрастают, что объясняется поступлением с поверхности губы и накоплением в придонном слое взвесей, содержащих фосфор, и дальнейшей их минерализацией. На поверхности и в придонном слое Авачинской губы наибольшее количество фосфатов фиксировалось в центральной части губы – 15,64 и 79,99 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно (в среднем за год), максимум на дне 100,98 мкг/дм<sup>3</sup>. В районе ПСРМЗ (станция № 49) отмечена наибольшая разовая концентрация общего фосфора (в октябре на придонном горизонте) и средняя по толще вод – 147,37 и 59,37 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Содержание **нитритов** в водах Авачинской губы в отчетном периоде, по сравнению с прошлым годом, в среднем по толще увеличилось в 3,6 раза и составило 9,0 мкг/дм<sup>3</sup> (0,5 ПДК). Превышение нормы отмечалось только в сентябре на придонном горизонте практически на всех станциях. Значения колебались от 18,8 до 145,9 мкг/дм<sup>3</sup> (0,9-7,3 ПДК), в целом же по толще – 1,5 ПДК, максимум обнаружен в центральной части Авачинской губы.

Источником поступления **кремния** в поверхностные воды являются процессы химического выветривания и растворения минералов, содержащих этот элемент. Существенное его количество поступает в морскую среду в результате отмирания водных растений. По сравнению с 2016 г. среднегодовая концентрация кремния в целом по толще увеличилась на 26% (1615 мкг/дм<sup>3</sup>). В Авачинскую губу основная часть соединений кремния поступает с речным стоком, поэтому наибольшее его содержание в текущем году (4216 мкг/дм<sup>3</sup>) зарегистрировано на поверхностном горизонте в приустьевой зоне реки Авача. Связь с

речным стоком проявляется и в том, что количество кремния уменьшается по мере удаления от районов впадения рек Авача и Паратунка, то есть к выходу из губы. По сравнению с поверхностным слоем, количество кремния с глубиной, как правило, снижается, что связано со слабым ветровым перемешиванием и летней стратификацией водных масс. С началом осенне-зимней конвекции эта разница сглаживается.

**Кислородный режим** Авачинской губы в целом за период наблюдений составил 95% по всей толще вод, 118% в поверхностном слое и 76% на придонном горизонте, при норме 70%. Среднемесячная концентрация по толще вод была максимальной в июне – 11,15 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что соответствует насыщению 106%. В дальнейшем, с прогревом водных масс и увеличением потребления кислорода на процессы биохимического окисления, содержание растворенного кислорода постепенно уменьшалось до 8,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (85%) в сентябре. С началом процесса осенне-зимней конвекции разница в его концентрациях на придонном и поверхностном горизонтах уменьшается. Характерным для Авачинской губы является постоянное перенасыщение кислородом поверхностного горизонта вследствие интенсивно протекающих процессов фотосинтеза и его дефицитом в придонных слоях воды, где он расходуется на окисление органических донных отложений. Наименьшая концентрация кислорода на глубине наблюдается в центральной части губы, где в силу ее чашеобразного строения образуется устойчивая застойная зона, так в 2017 г. кислородный минимум здесь зафиксирован в августе – 3,42 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Также дефицит отмечался на придонном горизонте у входа в бухту Крашенинникова, район мыса Сигнального и в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка.

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

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,067	<b>1,3</b>	0,14	<b>2,8</b>	0,10	<b>2,0</b>
		0,68	<b>14</b>	0,74	<b>15</b>	0,22	<b>4</b>
	Фенолы	2,1	<b>2,1</b>	3,3	<b>3</b>	2,4	2,4
		10	<b>10</b>	21	<b>21</b>	22	22
	СПАВ	77	0,8	88	0,9	60	0,6
		210	<b>2,1</b>	370	<b>4</b>	300	<b>3,0</b>
Азот	82,2	<0,1	61,0	<0,1	62	<0,1	

	аммонийный	496	0,2	372	0,2	261	0,1
	Растворенный кислород	9,94		9,55		9,81	
		2,96	<b>0,49</b>	2,37	<b>0,40</b>	3,42	<b>0,57</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>.

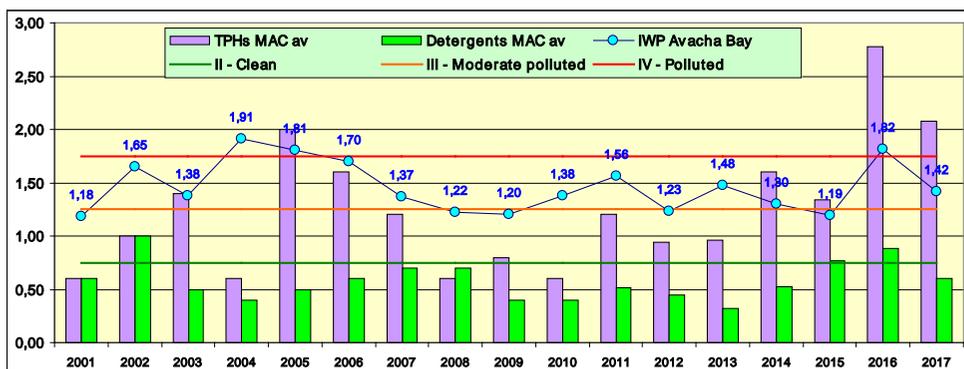
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

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

С 2013 по 2015 г. наблюдалась относительная стабилизация состояния вод Авачинской губы с небольшими межгодовыми вариациями и тенденцией к уменьшению уровня загрязнения, однако в 2016 г. 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 воде был присвоен V класс качества - «грязные» (табл. 9.4, рис. 9.4). В 2017 г. ИЗВ составил 1,43, воды Авачинской губы относятся к IV классу качества – «загрязнённые» (рис. 9.4).

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

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



**Рис. 9.4.** Динамика Индекса Загрязненности Вод (IWP) и ПДК нефтяных углеводородов (TPHs MAC) и СПАВ (Detergents MAC) в водах Авачинской губы Камчатки в 2001-2017 гг.

## Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

Артамонова Е.М., Щербаков К.А.

### 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 крайним морям смешанного материково-океанского типа. При большой протяженности береговая линия изрезана относительно слабо. Вместе с тем она образует несколько крупных заливов (Анива, Терпения, Сахалинский, Академии, Тугурский, Аян, Шелихова) и губ (Удская, Тауйская, Гижигинская и Пенжинская), (Залогин Б.С., Косарев А.Н., 1999). Проливами Невельского, Татарским и Лаперуза оно сообщается с Японским морем, Курильскими проливами - с Тихим океаном.

Проливы Невельского и Лаперузы сравнительно узки и мелководны. Ширина пролива Невельского всего около 7 км. Ширина пролива Лаперуза – 43-186 км, глубина - 53-118 м. Суммарная ширина Курильских проливов около 500 км, а максимальная глубина самого глубокого из них – пролива Буссоль – превышает 2300 м. Таким образом, возможность водообмена между Японским и Охотским морями несравненно меньшая, чем между Охотским морем и Тихим океаном (Залогин Б.С., Косарев А.Н., 1999).

Рельеф дна северной части представляет собой материковую отмель (22% поверхности моря). Большая часть (70%) находится в пределах материкового склона (от 200 до 1500 м); остальная 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<sup>0</sup>-1,7<sup>0</sup>С. Летом прогревается только верхний слой толщиной в несколько десятков метров, под которым сохраняется холодный промежуточный слой с температурой -1,7<sup>0</sup>С. Толщина этого слоя составляет от

нескольких десятков метров в юго-восточной части моря до 500-900 м в северо-западной и западной частях. Сезонное изменение температуры охватывает слой до горизонта 200-300 м. В южной части моря высокая температура воды на поверхности наблюдается на пути движения тихоокеанских вод с юго-востока на северо-запад. Зимой в районе Курильских островов температура воды на поверхности в среднем составляет примерно  $3,5^{\circ}\text{C}$ , а летом -  $7-14^{\circ}\text{C}$ ; с глубиной температура понижается до  $1,5-2,5^{\circ}\text{C}$  на горизонте 400 м.

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  $600 \text{ км}^3/\text{год}$ , при этом около 65% дает Амур. Другие сравнительно крупные реки — Пенжина, Охота, Уда, Большая (на Камчатке) — приносят в море значительно меньше пресной воды. Она поступает главным образом весной и в начале лета. В это время наиболее ощутимо влияние материкового стока, в основном в прибрежной зоне, вблизи устьевых областей крупных рек (Добровольский 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>).

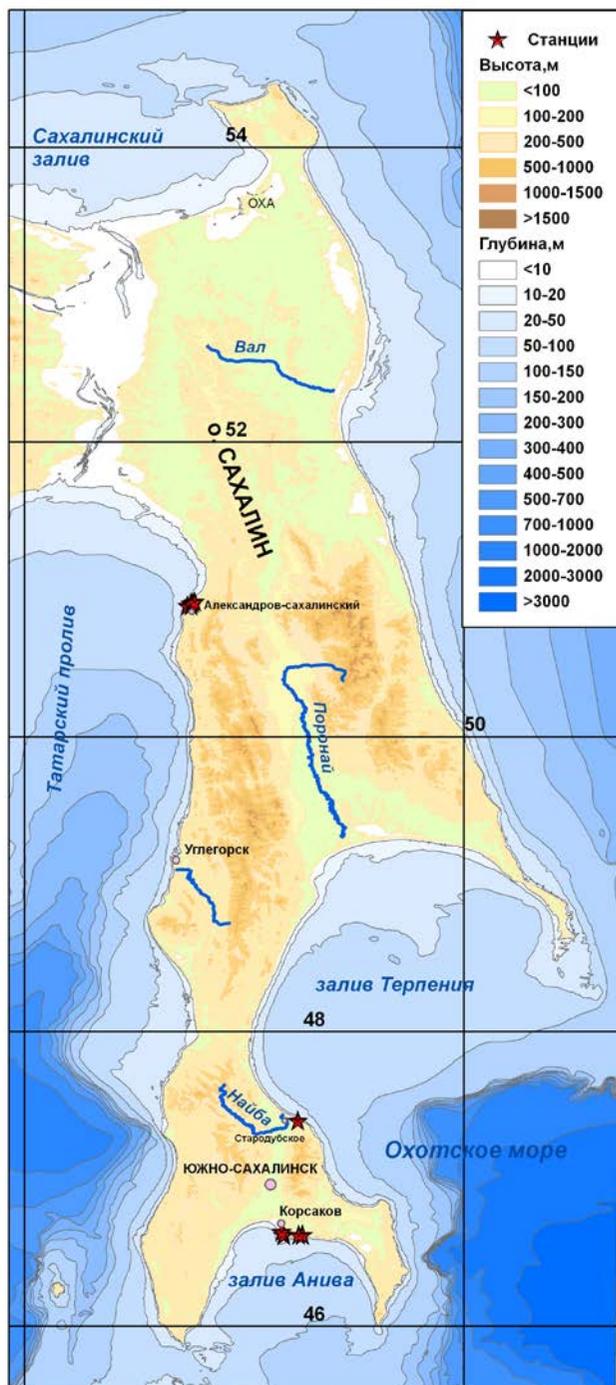
## **10.2. Загрязнение Охотского моря**

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 рыболовецким 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 2017 г. наблюдения за состоянием морской среды выполнялись ежемесячно в безледовый период с мая по октябрь Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск) на акватории Охотского моря в районе п. Стародубское (одна станция, 6 проб); в заливе Анива в районе п. Пригородное (три станции, 18 проб) и п. Корсаков (три станции, 18 проб); а также на акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский (5 станций, 30 проб), (рис. 10.1). Анализ проб морской воды выполнялся в лаборатории мониторинга загрязнения морских и поверхностных вод суши (ЛМЗМПВС, г. Южно-Сахалинск) и аналитической лаборатории, расположенной в г. Александровск-Сахалинский. Анализ 60 проб донных отложений выполнялся в ЛМЗМПВС. В пробах морской воды определялись: гидрохимические показатели (рН, соленость; хлорность, растворенный кислород, щелочность, фосфор минеральный, кремний, азот нитритный, азот нитратный и азот аммонийный); загрязняющие вещества (нефтепродукты, фенолы, АПАВ, медь, цинк, кадмий, свинец). В донных отложениях определялись концентрации нефтепродуктов, фенолов, меди, цинка, кадмия и свинца.



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

### 10.3.1. Район поселка Стародубское

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

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

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

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

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

Загрязнение **донных отложений** нефтяными углеводородами в шельфовой зоне о. Сахалин в районе пос. Стародубское в среднем повысилось в два раза по сравнению с предыдущим годом, максимум

достигал 4,6 ДК. И средняя, и максимальная концентрация фенолов снизилась примерно на порядок по сравнению с предыдущими годами, поскольку в четырех пробах из шести их содержание были ниже предела обнаружения  $DL=0,05$  мкг/дм<sup>3</sup>. В целом средний уровень загрязненности донных осадков в 2017 г. в районе поселка незначительно изменился по сравнению с 2016 г.

### **10.3.2. Залив Анива. Район п. Корсаков**

В исследуемой акватории концентрация растворенного в воде кислорода отличались заметной изменчивостью. Наибольшая концентрация фиксировалась в мае и июне. Наибольшая среднемесячная концентрация составляла - 12,20 мг/дм<sup>3</sup>. Наименьшее среднемесячное значение концентрации растворенного в воде кислорода отмечалось в сентябре – 6,53 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание биогенных веществ в 2017 году оставалось в пределах среднемноголетних значений. Самые высокие концентрации азота аммонийного наблюдались в сентябре – 408,0 мкг/дм<sup>3</sup>; азота нитритного – в сентябре: 64,34 мкг/дм<sup>3</sup>; азота нитратного – в июне: 721,00 мкг/дм<sup>3</sup>.

В сравнении с 2016 г. среднегодовые концентрации нефтепродуктов в 2017 г. уменьшились. Самая высокая концентрация их наблюдалась в мае и составляла 0,066 мг/дм<sup>3</sup>.

Для тяжелых металлов (меди, кадмия, свинца, цинка) наблюдалась стабильность концентраций. По сравнению с 2016 годом концентрации всех определяемых металлов немного снизились.

Таким образом, качество морской воды в 2017 г. в целом не ухудшилось. Все измеряемые показатели имели значения, соответствующие среднемноголетним данным.

**Донные отложения.** По сравнению с 2016 г. существенных изменений в загрязнении донных отложений не выявлено (кроме нефтепродуктов и меди). Максимальная концентрация нефтепродуктов составила 324 мкг/г и наблюдалась в июле, а меди – 105,6 мкг/г и наблюдалась в августе. Концентрации тяжелых металлов: цинка, свинца и кадмия, а также фенолов оставались в пределах среднемноголетних значений.

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

В течение всего периода мониторинга концентрации растворенного кислорода оставались в норме. Наибольшие концентрации наблюдались в мае и августе – 9,13 мг/дм<sup>3</sup> и 9,18 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Самые низкие концентрации растворенного в воде кислорода фиксировались с июля по сентябрь. В эти месяцы концентрация растворенного кислорода не превысила 8,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрации азота аммонийного, нитритов и нитратов соответствовали значениям, характерным для прибрежных акваторий залива Анива. Наибольшие концентрации азота аммонийного наблюдались в сентябре – 310,0 мкг/дм<sup>3</sup>; азота нитритного – в сентябре: 24,87 мкг/дм<sup>3</sup>, а азота нитратного – в июне: 233,00 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с 2016 годом резких изменений в концентрациях биогенных веществ не наблюдалось.

Уровень содержания загрязняющих веществ был невысоким. Так, концентрации нефтепродуктов во все периоды наблюдения были ниже ПДК. Среднегодовая концентрация нефтепродуктов составила 0,021 мг/дм<sup>3</sup>.

Фенолы в 2017 году не обнаружены. Все измеренные значения были на уровне аналитического нуля. Среднегодовая концентрация АПАВ за период мониторинга составила 0,021 мг/дм<sup>3</sup>.

Среднегодовые концентрации тяжелых металлов по сравнению с 2016 годом сравнительно не изменились. Немного выросли концентрации свинца и меди. В целом, качество морской воды в прибрежной акватории залива Анива в районе п. Пригородное не ухудшилось и оставалось достаточно стабильным, без аномальных концентраций загрязняющих веществ.

**Донные отложения.** Концентрации нефтепродуктов изменялись в диапазоне от 5 до 61 мкг/г. По сравнению с 2016 годом среднегодовая концентрация нефтепродуктов увеличилась в 1,25 раза. Если в 2016 году среднегодовое значение составило 12 мкг/г, то в 2017 году – 15 мкг/г.

Концентрации фенолов в донных отложениях варьировали в пределах <0,05-0,40 мкг/г. Среднегодовая концентрация в 2017 году была чуть выше среднегодового значения 2016 года и составила 0,24 мкг/г.

В 2017 году наблюдалось незначительное повышение концентрации тяжелых металлов (меди и кадмия) в донных отложениях по сравнению с 2016 годом. Так, среднегодовая концентрация меди в 2017 году в 2,2 раза выше аналогичного значения 2016 года, а среднегодовая концентрация кадмия – в 2 раза выше по сравнению с 2016 годом. Цинк и свинец в донных отложениях исследуемой акватории определялись ниже предела обнаружения методики. Если оценивать тенденцию изменчивости содержания тяжелых металлов в период 2015-2017 гг., то накопления тяжелых металлов в донных отложениях варьируются от года к году, однако находятся в пределах среднемноголетних значений.

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

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
пос. Стародубское	НУ	0,014	0,3	0,014	0,3	0,018	0,4
		0,052	<b>1,0</b>	0,052	<b>1,0</b>	0,043	0,9
(6 проб в 2017 г.)	Фенолы	0,1	0,1	0,1	0,1	0	
		0,6	0,6	0,6	0,6	0	
	СПАВ	3	<0,1	0,003	<0,1	28	0,3
		20	0,2	0,02	<0,1	46	0,5
	Кадмий	0,00	<0,1	0,00	<0,1	0,07	<0,1
		0,0	<0,1	0,0	<0,1	0,4	<0,1
	Медь	13,9	<b>2,8</b>	13,9	<b>2,8</b>	5,4	<b>1,1</b>
		49	<b>9,8</b>	49	<b>9,8</b>	7,3	<b>1,5</b>
	Цинк	9,4	0,2	9,4	0,2	2,7	<0,1
		32,9	0,7	32,9	0,7	10,3	0,2
	Свинец	1,1	0,1	1,1	0,1	1,6	0,2
		2,3	0,2	2,3	0,2	3,4	0,3
	Аммонийный азот*	58	<0,1	58	<0,1	82	0,2
		156	<0,1	156	<0,1	348	0,9
	БПК <sub>5</sub>	3,2	<b>1,0</b>	3,2	<b>1,0</b>	1,7	0,6
		4,3	<b>1,4</b>	4,3	<b>1,4</b>	5,1	<b>1,7</b>
	Кислород	9,9		9,9		9,58	
		8,0		8,0		7,90	
Залив Анива: порт	НУ	0,024	0,5	0,024	0,5	0,02	0,4
		0,085	<b>1,7</b>	0,085	<b>1,7</b>	0,07	<b>1,4</b>
г. Корсакова	Фенолы	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
		3,1	<b>3,1</b>	3,1	<b>3,1</b>	2,3	<b>2,3</b>
(18 проб в 2017 г.)	СПАВ	20,5	0,2	20,5	0,2	21	0,21
		72	0,7	72	0,7	60	0,6
	Кадмий	0,3	<0,1	0,3	<0,1	0	0
		1,9	0,2	1,9	0,2	0	0
	Медь	8,5	<b>1,7</b>	8,5	<b>1,7</b>	5,5	1,1
		28,8	<b>5,8</b>	28,8	<b>5,8</b>	16,3	<b>3,26</b>
	Цинк	13,0	0,3	13,0	0,3	5,2	0,1
		69,0	1,4	69,0	1,4	21,2	0,4
	Свинец	1,2	0,1	1,2	0,1	0,9	0,09
		4,4	0,4	4,4	0,4	3,5	0,35
	Аммонийный азот**	82	<0,1	82	<0,1	73,6	0,19
		222	0,1	222	0,1	408	<b>1,05</b>
	БПК <sub>5</sub>	4,1	1,4	4,1	1,4	2,5	0,83
		21,0	7,0	21,0	7,0	8,1	<b>2,7</b>

	Кислород	8,52 7,37		8,52 7,37		8,1 6,53	
Залив Анива: район пос.	НУ	0,012 0,064	0,2 <b>1,3</b>	0,012 0,064	0,2 <b>1,3</b>	0,004 0,03	0,08 0,6
Пригородное	Фенолы	0,2 3,1	0,2 <b>3,1</b>	0,2 3,1	0,2 <b>3,1</b>	0,3 3,0	0,3 <b>3</b>
(18 проб в 2017 г.)	СПАВ	15 74	0,2 0,7	15 74	0,2 0,7	12 30	0,12 0,3
	Кадмий	0,1 1,0	<0,1 0,1	0,1 1,0	<0,1 0,1	0,06 0,7	0,01 0,07
	Медь	6,0 16,2	<b>1,2</b> <b>3,2</b>	6,0 16,2	<b>1,2</b> <b>3,2</b>	5,5 20,2	<b>1,1</b> <b>4,04</b>
	Цинк	8,9 41,7	0,2 0,8	8,9 41,7	0,2 0,8	3,7 7,8	0,07 0,16
	Свинец	0,8 2,3	<0,1 0,2	0,8 2,3	<0,1 0,2	0,72 2,3	0,07 0,23
	Аммонийн ый азот*	22 57	<0,1 <0,1	22 57	<0,1 <0,1	52,1 310	0,13 0,8
	БПК <sub>5</sub>	1,8 5,2	0,6 <b>1,7</b>	1,8 5,2	0,6 <b>1,7</b>	1,6 4,3	0,53 <b>1,43</b>
	Кислород	8,5 6,8		8,5 6,8		7,86 5,03	
Александровск-	НУ	0,034 0,14	0,7 <b>2,8</b>	0,034 0,14	0,7 <b>2,8</b>	0,07 0,17	<b>1,4</b> <b>3,4</b>
Сахалинский	Фенолы	0,1 0,8	0,1 0,8	0,1 0,8	0,1 0,8	0 0	0 0
(30 проб в 2017 г.)	СПАВ	12 45	0,1 0,5	12 45	0,1 0,5	12 30	0,12 0,3
	Кадмий	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0 0	0 0
	Медь	5,1 13,2	<b>1,0</b> <b>2,6</b>	5,1 13,2	<b>1,0</b> <b>2,6</b>	6,4 22,8	<b>1,28</b> <b>4,56</b>
	Цинк	12,2 86,6	0,2 <b>1,7</b>	12,2 86,6	0,2 <b>1,7</b>	4,5 22,2	0,09 0,44
	Свинец	1,1 8,5	0,1 0,8	1,1 8,5	0,1 0,8	0,2 1,1	0,02 0,11
	Аммонийн ый азот*	10 47	<0,1 <0,1	10 47	<0,1 <0,1	2,48 37,3	0,01 0,1
	БПК <sub>5</sub>	-	-	-	-	1,3 3,4	0,43 <b>1,13</b>
	Кислород	7,9 6,6		7,9 6,6		8,51 7,1	
<b>Донные отложения</b>							

пос. Стародубское	НУ	49,3	1,0	48,8	1,0	99	<b>2,0</b>
		98	<b>2,0</b>	106	<b>2,1</b>	228	<b>4,6</b>
(6 проб в 2017 г.)	Фенолы	0,4		0,27		0,035	
		1,1		1,08		0,14	
	Медь	6,1	0,2	2,2	<0,1	4,05	0,1
		10,2	0,3	4,8	0,1	5,9	0,2
	Цинк	5,1	<0,1	0		10,5	<0,1
		7,9	<0,1	0		17,9	0,1
	Кадмий	0,008	<0,1	0		0,1	0,1
		0,05	<0,1	0		0,37	0,5
	Свинец	4,7	<0,1	1,6	<0,1	1,5	<0,1
		11,8	0,1	5,0	<0,1	2,4	<0,1
порт г. Корсакова	НУ	99,6	<b>2,0</b>	123	2,0	190,83	<b>3,8</b>
		330	<b>6,6</b>			324	<b>6,5</b>
(6 проб в 2017 г.)	Фенолы	0,21		0,91		0,1	
		0,91				0,17	
	Медь	28,7	0,8	11,5	0,3	45,1	<b>1,3</b>
		158,0	<b>4,5</b>	40,6	<b>1,2</b>	105,6	<b>3</b>
	Цинк	23,2	0,2	55,1	0,4	62,5	0,4
		92,0	0,7	167,0	<b>1,2</b>	109,4	0,8
	Кадмий	0,04	0,1	1,20	<b>1,5</b>	0,39	0,5
		0,33	0,4	6,80	<b>8,5</b>	1,17	<b>1,5</b>
	Свинец	23,6	0,3	5,1	<0,1	8,3	0,1
		110,0	<b>1,3</b>	13,3	0,2	17,9	0,2
пос. Пригородно е	НУ	21,1	0,4	6,5	0,1	15	0,3
		104	<b>2,1</b>	34	0,6	61	<b>1,2</b>
(18 проб в 2017 г.)	Фенолы	0,22		0,16		0,1	
		0,86		0,86		0,4	
	Медь	11,8	0,3	2,5	<0,1	5,8	0,2
		46,9	<b>1,3</b>	18,0	0,5	10,2	0,3
	Цинк	7,2	<0,1	0		11,9	0,1
		28,6	0,2	0		19,5	0,1
	Кадмий	0,03	<0,1	0		0,06	0,1
		0,32	0,4	0		0,11	0,1
	Свинец	2,8	<0,1	0,7	<0,1	2,1	0
		10,4	0,1	8,2	0,1	3,3	0

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С\*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и БПК<sub>5</sub> приведена в мг/дм<sup>3</sup>; СПАВ, фенолов, металлов и аммонийного азота в мкг/дм<sup>3</sup>. В донных отложениях концентрация НУ, фенолов и металлов приведена в мкг/г. Для донных отложений допустимый уровень концентрации ингредиента (ДК) приведен в табл. А.5.

2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.
3. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целых.
4. Аммонийный азот\* - использовано значение ПДК в пересчете на азот.

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

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Содержание ЗВ в 2017 г. (ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
поселок Стародубское	1,19	III	1,11	III	0,68	II	СПАВ 0,46; БПК <sub>5</sub> 0,57; Cu 1,07; O <sub>2</sub> 0,63
порт Корсаков	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	0,88	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	0,93	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

#### 10.3.4. Визуальные наблюдения

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

## Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

Подкопаева В.В., Исакова Л.В., Матвейчук И.Г., Коршенко А.Н.

### 11.1. Общая характеристика

Японское море - полузамкнутое море Тихого океана. Проливами Татарским, Невельского и Лаперуза оно соединяется с Охотским морем, проливом Цугару (Сангарским) - с Тихим океаном, а Корейским проливом - с Восточно-Китайским и Желтым морями. Площадь моря составляет 1062 тыс.км<sup>2</sup>, объем воды - 1715 тыс.км<sup>3</sup>, средняя глубина – 1750 м, наибольшая – 3720 м. Берега преимущественно гористые. Рельеф северной части (к северу от 44°с.ш.) представляет собой широкий желоб, постепенно сужающийся к северу. Центральная часть (между 40° и 44°с.ш.) находится в пределах глубокой замкнутой котловины. В южной части моря (к югу от 40°с.ш.) на подводном склоне Корейского п-ва между хребтами прослеживаются широкие подводные долины. Климат муссонный, резко выражен зимний муссон.

Температура воды на поверхности зимой изменяется от 0°С на севере до 12°С на юге, летом - от 17°С до 26°С соответственно. Изменчивость температуры по вертикали наиболее значительна в юго-восточной части моря, разность в среднем составляет 22°С. Зимой разность уменьшается до 10°С. В северной и в северо-западной частях моря зимой разность температур невелика (не превышает 1°С), а летом возрастает с северо-запада на юго-восток от 12°С до 22°С. В северной части моря сезонные изменения температуры отсутствуют уже на глубине 100-150 м, в южной и восточной частях они прослеживаются до глубины 200-250 м.

Соленость в западной части на поверхности составляет 32-33‰, а в центральной и восточной – 34,0-34,8‰. Зимой в связи с интенсивным охлаждением вод северо-западной части моря и района побережья Приморья интенсивно развивается вертикальная циркуляция, глубина распространения которой достигает 3000 м. Основной приток вод происходит через Корейский пролив - около 97% общего годового количества поступающей воды. Зимой устойчивый северо-западный муссон препятствует поступлению вод в море через пролив, вызывая ослабление циркуляции вод.

В Японском море наблюдается циклонический круговорот с центром в северо-западной части моря. Выделяют три водные массы: тихоокеанская и японская в поверхностной зоне и японская в глубинной. По происхождению все водные массы представляют собой результат трансформации поступающих в море тихоокеанских вод. Для моря характерны приливы всех основных видов: полусуточные, суточные и смешанные. Максимальные приливные колебания уровня

моря (до 2,3-2,8 м) наблюдаются в Татарском проливе. Во время зимнего муссона в результате сгонно-нагонных колебаний у западных берегов Японии уровень может повышаться на 20-25 см, а у материкового берега на столько же понижаться. Летом наблюдается обратное явление.

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

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

### **11.2. Источники загрязнения**

Прибрежные районы залива Петра Великого Японского моря являются одним из самых густонаселенных мест Дальнего Востока. Хозяйственная деятельность приводит к интенсивному антропогенному воздействию на акваторию залива и бухты вдоль береговой полосы. Основными загрязнителями морских вод являются промышленные (предприятия электроэнергетики, судостроительной, химической и угольной промышленности, машиностроения и металлообработки, а также торговый, военный, рыболовецкий и маломерный флот) и муниципальные (коммунальные сбросы жилых массивов) сточные воды, речной и ливневый сток, сброс твердых отходов и мусора в море (marine litter). Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны залива вносят реки. Наибольшая нагрузка по загрязняющим веществам приходится на бассейн рек Японского моря. В реки бассейна Японского моря сбрасывается 326,92 млн.м<sup>3</sup>/год сточных вод, имеющих загрязняющие вещества. В реки бассейна р. Уссури - 28,04 млн. м<sup>3</sup>/год сточных вод, имеющих загрязняющие вещества.

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

Основные источники загрязнения залива Петра Великого

расположены в городах Владивосток, Находка, Уссурийск, Дальнегорск и Большой Камень. Нефтяное загрязнение прибрежной зоны моря происходит за счет сброса балластных и льяльных вод с судов в связи с отсутствием береговых нефтесборных сооружений или недостаточной их мощностью.

Дополнительную нагрузку на морскую среду оказывает масштабное строительство различных объектов и трубопроводных систем сибирско-тихоокеанского региона. Поступающие в морскую среду загрязняющие вещества антропогенного происхождения, адсорбируясь на мелкодисперсных иловых частицах, в основной массе оседают на дно в местах осадконакопления и могут полностью или на длительный срок выйти из оборота элементов в морской среде. Однако при определенных гидрометеорологических условиях загрязненные донные отложения могут взмучиваться и становиться источником вторичного загрязнения морских вод. Такое же негативное влияние оказывают дноуглубительные, строительные, взрывные работы и дампинг грунта.

Отдельные районы залива Петра Великого испытывают неравномерную антропогенную нагрузку. Бухты Золотой Рог и Диомид наиболее интенсивно подвергается влиянию городских стоков г. Владивостока. На их акваторию поступают сточные воды городской канализации; негативное воздействие оказывают городские порты и судоремонтные заводы, маломерный и крупнотоннажный флот. В течение последних 50 лет в бухту Золотой Рог сливались стоки с различными нефтепродуктами, вследствие чего на дне бухты образовался осадочный «нефтебитумный» слой, который местами достигает толщины 0,7-1,5 м.

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

В 2017 г. гидрохимические исследования Японского моря проводились лабораторией мониторинга загрязнения вод и почв Приморского Центра по мониторингу окружающей среды Приморского УГМС (г. Владивосток) с апреля по октябрь в прибрежных акваториях (в шести районах) залива Петра Великого на 39 стандартных станциях. На 6 станциях 1 категории в Амурском заливе и бухтах Золотой Рог и Диомид наблюдения не проводятся с 1993 года. Отбор проб проводился в бухтах Золотой Рог и Диомид и в проливе Босфор Восточный на катере Nimbus ФГБУ «Приморское УГМС», а в заливах Находка, Амурский и Уссурийский на э/с «Атлас» ДВНИГМИ.

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 апреле и сентябре; в Уссурийском заливе - (9 ст.) в апреле, июле и октябре; в заливе Находка - (12 ст.) в мае, июле и сентябре. Донные отложения и пробы на гранулометрический состав отбирались два раза в год – весной и осенью. Работы осуществлялись в рамках программы Государственной системы наблюдений (ГСН).

Оценка степени загрязнения донных отложений выполняется на основе соответствия уровней содержания загрязняющих веществ по критериям экологической оценки загрязнённости грунтов по Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95 (таблица III).

### **11.3. Бухта Золотой Рог**



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

Бухта Золотой Рог — длинная узкая бухта к северу от пролива Босфор Восточный Японского моря, по берегам которой расположен город Владивосток. Удобное место стоянки судов. Здесь расположены торговый и рыбный порты, судоремонтные предприятия, а также части Тихоокеанского флота. Через бухту проложен вантовый Золотой мост. Площадь поверхности — 4,44 км<sup>2</sup>. Бухта Золотой Рог, защищенная от всех ветров, кроме штормовых и волнения, вдаётся в северный берег пролива Босфор Восточный между мысом Тигровый (43°06' с. ш. 131°53' в. д.) и находящимся в 1,2 морской мили к востоку-северо-востоку (ENE) от него мысом Голдобина. С северо-запада бухта ограничена полуостровом Шкота. Северо-западный берег бухты Золотой Рог холмистый, в южной части обрывистый и на всем протяжении приглубый. Северный, южный и восточный берега бухты возвышенны, кое-где обрывисты и окаймлены узкой низкой прибрежной полосой, искусственно выровненной и местами расширенной для портовых сооружений. Берег вершины бухты низкий; к нему выходит долина, по которой протекает речка Объяснения. Берега бухты Золотой Рог почти на всем протяжении укреплены стенками, оборудованы причалами и пирсами. Глубины во входе в бухту Золотой

Рог 20—27 м. Далее к вершине бухты они постепенно уменьшаются. Грунты в бухте илистые.

Летом в бухте Золотой Рог преобладают южные и юго-восточные ветра, 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 ветра бывают продолжительными и достигают скорости 6-8 м/с и более. Весной и летом скорость ветра несколько меньше, чем зимой. Туманы в бухте Золотой Рог наблюдаются с апреля по август. Наиболее часто они бывают в июне—июле. Как правило, туманы появляются при юго-восточных ветрах, которые приносят их со стороны Уссурийского залива. При 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 2017 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории бухты Золотой Рог проводились в мае, августе и октябре на 5 станциях ГСН (рис. 11.1).

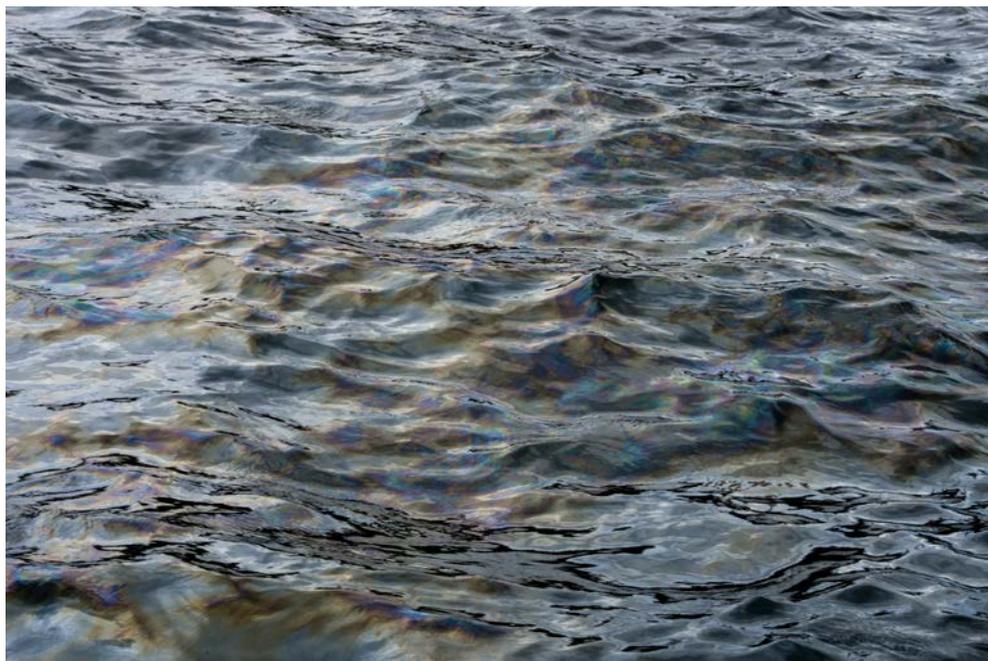


**Рис. 11.1.** Схема расположения станций мониторинга в бухтах Золотой Рог и Диомид в 2017 г.

В 39 пробах воды из бухты Золотой Рог в 2017 г. значения **температуры** морской воды изменялись в период наблюдений от 5,10<sup>0</sup>С (в октябре на станции № 12 на выходе из бухты) до 24,70<sup>0</sup>С (в августе в вершине бухты на станции № 1). Среднегодовое значение температуры воды составило 15,15<sup>0</sup>С. Соленость в 2017 г. изменялась в поверхностном слое от 20,18‰ в августе до 33,04‰ в октябре, в придонном слое – от 21,71‰ в августе до 33,650‰ в октябре. Среднегодовой показатель солености в 2017 г. составил 31,089‰. Значения водородного показателя рН в поверхностном горизонте изменялись от 7,91 (станция №1 в октябре) до 8,24 (станция №11 в августе), в придонном горизонте – от 7,74 (станция №1 в августе) до 8,15 (станция №12 в мае); среднегодовое значение составило 8,09. Средняя концентрация взвешенных частиц составила 6,9 мг/дм<sup>3</sup>, максимум – 14,3 мг/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК) - зафиксирован в мае на станции № 14 в придонном слое. Среднее за 2017 год значение БПК<sub>5</sub> составило 2,64 мг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК). По сравнению с 2016 годом отмечено снижение в 1,6 раза (в 2016 г. - 4,16 мг/дм<sup>3</sup>). Максимальные значения зарегистрированы в августе на станции №1 и №7 в поверхностном слое, превысив ПДК в 3,3 раза. Прозрачность воды бухты не более 5 метров.

В 2017 г. уровень загрязненности вод бухты Золотой Рог **нефтяными углеводородами** (НУ) изменился по сравнению с 2016 г. незначительно: снизился с 4,1 ПДК до 3,6 ПДК. Концентрация НУ превысила ПДК в 79,5% проб (для сравнения: в 2016 г. концентрация НУ превышала установленный норматив в 84,6% проб). В период проведения наблюдений концентрации НУ изменялись в диапазоне 0,02 – 0,51 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация НУ (10 ПДК – уровень ВЗ) зарегистрирована в мае в поверхностном горизонте на станции № 7.

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 (фото 1). В мае плёнка в 91–100% наблюдалась в районе ст. №1, №7, №11, №12 и №14. В августе на ст. №7 наблюдалась нефтяная пленка покрытием 81-90%, интенсивностью 2 балла и густотой 9 балла, на станции №1 наблюдалась пленка покрытием 70-80%, интенсивностью 2 балла и густотой 8 балла, на станции №12 наблюдалась пленка покрытием 61-70%, интенсивностью 1 балла и густотой 7 балла. Пленка покрытием 51-60%, интенсивностью 1 балла и густотой 6 балла, наблюдалась на станции №11, так же в августе.



**Фото 1.** Нефтяная пленка после разлива нефти в период отбора проб в Бухте Золотой Рог.

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

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

В 2017 г. среднегодовая концентрация почти всех определяемых тяжелых **металлов** в водах бухты Золотой Рог не превышала норматива (табл. 11.1), исключение составило железо, среднее содержание которого составило в водах бухты 1,1 ПДК. Максимальные значения

превысили ПДК по цинку (2,2 ПДК), железу (4,3 ПДК) и ртути (1,0 ПДК). Максимальная концентрация ртути обнаружена в октябре в придонном слое на станции №7; максимальная концентрация цинка - в мае в поверхностном слое на станции №7; максимальная концентрация железа - в мае в поверхностном слое на ст. №11.

**Таблица 11.1.** Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах бухты Золотой Рог в 2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

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

Концентрация аммонийного азота в толще вод бухты Золотой Рог изменялась в диапазоне 19 - 1002 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в мае на ст. №1. По сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание азота аммонийного снизилось в 1,4 раза и составило 163,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще воды снизилась с 10,43 до 6,3 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная – 1,8 ПДК (35,0 мкг/дм<sup>3</sup>) - отмечена в мае в вершине бухты вблизи устья реки Обьяснение на ст. №1. Среднее содержание нитратов снизилось с 46,83 до 32,09 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация (142 мкг/дм<sup>3</sup>) зафиксирована

в мае в поверхностном слое на ст. №1. Значения общего азота в бухте Золотой Рог изменялись в пределах 759-2774 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация снизилась с 1190,6 до 1090,4 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация зарегистрирована в мае на ст. №1. Среднегодовая концентрация органического азота составила 882 мкг/дм<sup>3</sup>, значения варьировали в диапазоне 113–1703 мкг/дм<sup>3</sup>.

В 2017 г. среднегодовая концентрация минерального (**фосфатов**) и общего фосфора составила 36,2 и 42,9 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно; максимальные – 136 мкг/дм<sup>3</sup> и 164 мкг/дм<sup>3</sup> - были отмечены в мае на ст. №1 в вершине бухты. По сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание минерального фосфора снизилось в 1,5 раза, а среднегодовое содержание общего фосфора осталось на уровне 2016 г.

Среднегодовое содержание кремния в бухте Золотой Рог незначительно снизилось по сравнению с уровнем 2016 г.: с 590 мкг/дм<sup>3</sup> до 500,4 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация (1714 мкг/дм<sup>3</sup>) была зафиксирована в августе на станции №1.

Содержание растворенного в воде **кислорода** в течение периода наблюдений изменялось в пределах от 3,84 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 9,57 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (51,7-122,3 насыщения), в среднем за год содержание растворенного кислорода составило 7,60 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (90,4% насыщения). В теплое время года в августе и октябре кислородный режим в водах бухты ухудшался. В этот период было отмечено 6 случаев, когда концентрация растворенного кислорода была ниже 6 мг/дм<sup>3</sup>. Абсолютный минимум был зафиксирован в августе 2017 г. на ст. №1 в поверхностном слое – 3,84 мг/дм<sup>3</sup>, что ниже норматива в 1,6 раза.

В 2017 г. качество вод бухты Золотой Рог по ИЗВ не изменилось по сравнению с 2016 г. (рис. 11.2), а в абсолютном выражении и ухудшилось: индекс изменился с 2,06 до 2,20 «грязные». 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 августа - октября шесть раз снижалось ниже норматива (табл. А.4).

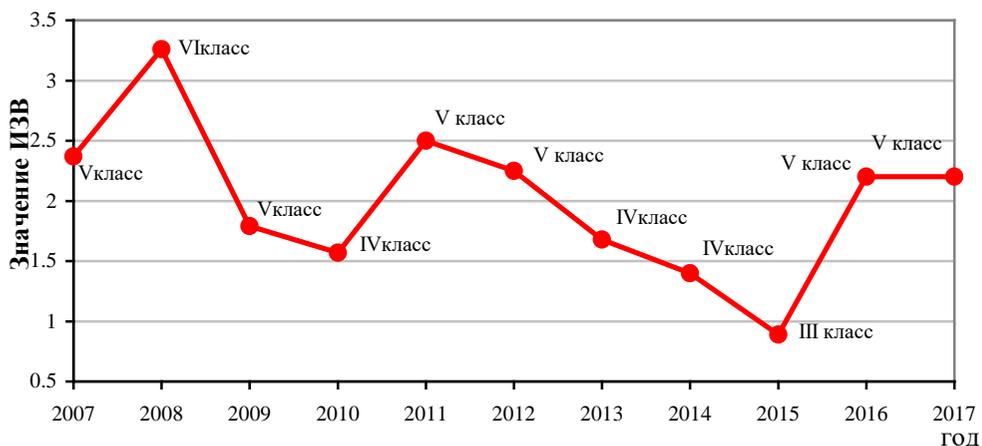


Рис. 11.2. Динамика ИЗВ бухты Золотой Рог в 2007–2017 годах.

В бухте Золотой Рог в мае и октябре 2017 г. было отобрано 10 проб **донных отложений**. В бухте Золотой Рог почти на всех станциях почвы илистые, с сильным запахом и маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов. Содержание нефтяных углеводородов в пробах изменялось в пределах 3560-29900 мкг/г, составив в среднем 12860 мкг/г. Среднегодовое содержание НУ по сравнению с 2016 г. повысилось в 1,3 раза. В 2005 – 1440 мкг/г; 2006 - 12850; 2007 - 15830; 2008 - 4900; 2009 - 8150; 2010 - 8350; 2011 – 8930, 2012 - 6966, 2013 – 6136, 2014 -10524 мкг/г, 2015 - 13089 мкг/г, 2016 – 10080 мкг/г. Средняя величина превышала допустимый уровень концентрации (ДК) почти в 258 раз (табл. А.5). Максимальное значение (598 ДК) было отмечено в мае в районе ст. №7 (центральный район бухты, станция расположена вблизи строящейся гостиницы). Эта станция из года в год является самой загрязнённой НУ, в 2017 году на этой станции средняя концентрация нефтепродуктов в донных отложениях составила 519 ДК (25950 мкг/г сухого остатка). Превышение допустимого уровня концентраций отмечалось в 100% проб.

Содержание **фенолов** изменялось в пределах 2,6 – 6,7 мкг/г; в среднем – 4,6 мкг/г 5,0 мкг/г; в 2016 г. этот показатель составил 5,0 мкг/г. Максимум отмечен в октябре на ст. №7 в центральной части бухты Золотой Рог.

В 2017 г. в ходе определения уровня загрязненности донных отложений бухты Золотой Рог **пестицидами** было обнаружено, что концентрация **α-ГХЦГ** в пробах изменялась в диапазоне от 0,8 до 5,7 нг/г сухого вещества; в среднем – 2,8 нг/г, что в 4 раза больше, чем в 2016 году. Концентрация **γ-ГХЦГ** изменялась в диапазоне 1,0-6,6 нг/г; в среднем составила 3,8 нг/г (76 ДК); по сравнению с 2016 г. среднее

содержание  $\gamma$ -ГХЦГ повысилось более, чем в 6 раз. Максимальные концентрации и  $\alpha$ -ГХЦГ, и  $\gamma$ -ГХЦГ были зафиксированы в вершине бухты на ст. №1 и составили 5,7 нг/г и 6,6 нг/г (132 ДК) соответственно.

Средняя и максимальная концентрация **ХОП** группы ДДТ составила: ДДТ – 12,3 и 63,4 нг/г; ДДЭ – 15,8 и 48,9 нг/г; ДДД – 16,9 и 83,7 нг/г. Среднее содержание ДДТ повысилось более, чем в 5 раз по сравнению с 2016 г.; среднее содержание ДДЭ – в 2 раза; среднее содержание ДДД снизилось в 2 раза. Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ в донных отложениях бухты Золотой Рог не изменилась по сравнению с 2016 г. и составила 45 нг/г или 18 ДК, (в 2015 г. этот показатель составил 12,7 ДК); максимальная – 196 нг/г (78 ДК).

Анализ состояния загрязнения донных осадков различных акваторий залива Петра Великого пестицидами группы ДДТ свидетельствует о том, что наибольшие значения во все годы были зафиксированы в бухтах Золотой Рог и Диомид, расположенных в пределах Владивостока и в наибольшей степени подверженных загрязнению (рис. 11.3), а также в проливе Босфор Восточный. В остальных районах залива Петра Великого уровень загрязненности донных осадков пестицидами группы ДДТ существенно ниже. Следует отметить значительное многократное превышение максимальных значений в отдельных пробах на всех участках залива над среднегодовыми величинами. Почти всегда годовой экстремум фиксировался в бухте Золотой Рог.

Среднегодовая концентрация полихлорбифенилов (**ПХБ**) в донных отложениях бухты Золотой Рог составила в 2017 г. 605,6 нг/г (30,3 ДК), (в 2016 г. - 357,5 нг/г (17,9 ДК), в 2015 г. – 19,7 ДК); диапазон значений в 2017 г. - 240,2-1109,8 нг/г (85,5 ДК). Наиболее загрязнены ПХБ донные отложения в районе ст. №7 практически в центре города Владивосток.

Среднегодовая концентрация **альдрина** в донных отложениях бухты Золотой Рог составила 5,9 нг/г с.о., по сравнению с 2016 г. рост в 2,9 раза. В период наблюдений концентрации варьировали от 1,40 до 25,60 нг/г с.о. Максимальная концентрация наблюдалась в октябре на ст. № 22.

В 2017 г. в донных отложениях бухты Золотой Рог среднегодовые концентрации меди, свинца, кадмия, хрома и ртути увеличились в 1,3 – 2,3 раза, концентрации остальных металлов остались на уровне 2016 г. (табл. 11.2). Средняя концентрация кобальта, никеля и хрома была ниже уровня допустимой концентрации. Среднегодовая концентрация меди превысила ДК в 4 раза, концентрация кадмия – в 3,5 раза, свинца – в 2 раза, концентрация цинка – в 2,7 раза и ртути – в 3,7 раза. Среднегодовые концентрации остальных металлов не превысили

допустимого уровня концентрации. Максимальные концентрации свинца и ртути зарегистрированы в мае на ст. №7, расположенной вблизи строительства гостиницы, они превысила ДК в 4 и 7 раз. Там же в октябре отмечены максимальные концентрации меди, цинка и кадмия, превысившие ДК в 12 раз, 6 раз и 11,6 раз соответственно.

**Таблица 11.2.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2011/2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg			
Сред.	122,3/ 128,0/ 132,8/ 131,4/ 149,9/ 89,8/ 145,8	155,9/ 118,4/ 142,2/ 121,2/ 195,3/ 92,4/ 168,1	1,5/ 1,6/ 1,9/ 1,8/ 3,7/ 1,9/ 2,8	5,3/ 5,3/ 4,5/ 3,4/ 6,1/ 4,1/ 4,2	12,3/ 12,8/ 15,2/ 13,4/ 20,9/ 11,5/ 12,6	321/ 335/ 339,4/ 299,3/ 380,5/ 285,3/ 382,7	177/ 227/ 189,8/ 93,0/ 199,5/ 199,6/ 185,4	29632/ 33106/ 32871/ 27872/ 28742/ 25609/ 25024	39,7/ 41,6/ 39,4/ 37,9/ 76,0/ 37,6/ 16,6	0,6/ 0,8/ 0,4/ 0,6/ 1,5/ 0,6/ 1,0			
	Макс.	249/ 275/ 242/ 310/ 280,0/ 161,0/ 416	340/ 265/ 368/ 273/ 439/ 181/ 351	3,5/ 3,9/ 3,7/ 3,9/ 6,2/ 3,6/ 9,3	7,7/ 7,2/ 5,8/ 6,1/ 14,0/ 6,8/ 6,0	19/ 15/ 20/ 21/ 32,0/ 18,0/ 16	603/ 559/ 612/ 678/ 611,0/ 441/ 832	357/ 458/ 388/ 207/ 321,0/ 522,0/ 294,0	51076/ 35317/ 35957/ 34982/ 35161/ 30735/ 27690	58/ 59/ 68/ 59/ 130,0/ 87,0/ 25	1,7/ 1,3/ 1,8/ 1,2/ 5,2/ 1,8/ 2,		
		ДК* сред.	<b>3,5/ 3,7/ 3,8/ 3,7/ 4,3/ 2,6/ 4,1</b>	<b>1,8/ 1,4/ 1,7/ 1,4/ 2,3/ 1,1/ 2</b>	<b>1,9/ 2,0/ 2,4/ 2,3/ 4,6/ 2,4/ 3,5</b>	0,3/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,2	0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,6/ 0,3/ 0,36	<b>2,3/ 2,4/ 2,4/ 2,1/ 2,7/ 2,0/ 2,7</b>	- - - - - - -	- - - - - - -	0,4/ 0,4/ 0,39/ 0,38/ 0,76/ 0,4/ 0,17	<b>2,2/ 2,7/ 1,5/ 2,3/ 5,1/ 2,3/ 3,</b>	
			ДК max.	<b>7,1/ 7,9/ 6,9/ 8,9/ 8,0/ 4,6/ 11,9</b>	<b>4,0/ 3,1/ 4,3/ 3,2/ 5,2/ 2,1/ 4,1</b>	<b>4,4/ 4,9/ 4,6/ 4,9/ 7,75/ 4,5/ 11,6</b>	0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,7/ 0,3/ 0,3	0,5/ 0,4/ 0,6/ 0,6/ 0,9/ 0,5/ 0,46	<b>4,3/ 4,0/ 4,4/ 4,8/ 4,4/ 3,1/ 5,9</b>	- - - - - - -	- - - - - - -	0,6/ 0,6/ 0,68/ 0,6/ 1,3/ 0,9/ 0,25	<b>5,9/ 4,0/ 6,1/ 4,0/ 17, 6,1/ 7,</b>

\* выделенные значения выше ДК.

Как и в прошлом году, максимальные концентрации НУ, фенолов, всех пестицидов и тяжелых металлов в донных осадках отмечены в районе ст. №7 в центре Владивостока (вблизи строительства гостиницы).

#### 11.4. Бухта Диомид

**Бухта Диомид**— бухта северного берега залива Петра Великого в городе Владивостоке, расположена между мысом Голдобина и мысом Абросимова полуострова Черкавского.

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

В 2017 году гидрохимические наблюдения за состоянием загрязнения акватории бухты Диомид проводились в мае, августе и октябре на одной станции (№ 22) ГСН (рис.11.1), всего отобрано 6 проб воды и 2 пробы грунта.

Среднегодовой показатель **температуры** воды в бухте Диомид составил 15,97°C. Значения температуры в поверхностном горизонте изменялись от 13,7°C до 24,0°C, в придонном горизонте – от 10,0°C до 22,2°C. Значения солености изменялись от 16,890‰ в августе на поверхности до 33,140‰ в октябре на глубине 12 м; среднее значение солености составило 29,625‰. Значения pH изменялись от 8,05 в августе до 8,24 в августе, в среднем - 8,150. Содержание взвешенных частиц изменялось в диапазоне от 3,8 мг/дм<sup>3</sup> до 13,2 мг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК), максимум отмечен в августе на поверхности; средняя величина составила 7,33 мг/дм<sup>3</sup>. В 2017 г. показатель биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) снизился по сравнению с 2016 г. с 4,17 до 2,83 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК); максимальное значение – 5,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (2,4 ПДК) зарегистрировано в августе по всей толще. Прозрачность воды бухты не более 3 м.

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

По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Диомид в мае и ноябре покрытие нефтяной пленкой

составило более 91%, с густотой 10 баллов и интенсивностью 4 и 2 балла соответственно. В августе покрытие нефтяной пленкой составила 51-60%, с густотой 6 баллов и интенсивностью 1 балл.

Концентрация **фенолов** изменялась в пределах 0,5-1,7 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание составило 0,9 ПДК; максимум зафиксирован в мае в поверхностном горизонте - 1,7 ПДК. Уровень загрязненности морских вод фенолами не изменился по сравнению с прошлым годом.

Концентрация **АПАВ** в шести пробах воды, отобранных для анализа, варьировала в диапазоне 1-3,1 ПДК (310 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая величина - 2,4 ПДК – практически не изменилась по сравнению с 2016 г. Максимальная концентрация превысила ПДК в 3,1 раза и наблюдалась в октябре в поверхностном горизонте.

В 2017 г. среднегодовая концентрация **тяжелых металлов** в водах бухты не превышала норматива. Максимальная концентрация железа превысила ПДК в 2 раза и была отмечена в октябре на горизонте 12 м.

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

В период проведения работ концентрация **фосфатов** была в диапазоне 13,0-33,0 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в октябре; средняя концентрация - 23,17 мкг/дм<sup>3</sup>; Концентрация общего фосфора изменялась в диапазоне 16,0-38,0 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в октябре. Среднее содержание – 26,7 мкг/дм<sup>3</sup> повысилось по сравнению с 2016 г. в 1,8 раза. Среднегодовая концентрация органического фосфора составила 3,5 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с прошлым годом концентрация фосфатов незначительно снизилась: с 25 до 23 мкг/дм<sup>3</sup>, общего фосфора - напротив, повысилась почти в 2 раза.

Содержание **кремния** изменялось в пределах 209-1114 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем за год 463 мкг/дм<sup>3</sup>, что практически соответствует значению 2016 г. (405 мкг/дм<sup>3</sup>); максимум зафиксирован в августе на поверхностном горизонте. В последние три года отмечено неуклонное увеличение содержания кремния в водах бухты Диомид: среднегодовое

содержание в 2014 г. было 187,6, в 2015 г. - 289,2, в 2016 г. - 405 мкг/дм<sup>3</sup>, в 2017 г. - 463 мкг/дм<sup>3</sup>.

Среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** составила 7,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (94% насыщения). Минимальное значение (5,61 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> или 77,5,0% насыщения) было отмечено в августе.

По индексу загрязненности вод **ИЗВ** (2,20 – V класс, «грязные») качество вод бухты Диомид ухудшилось по сравнению с 2016 г. (1,58, IV класс, "загрязненные") за счет повышения уровня загрязненности вод НУ.

В 2017 г. в бухте Диомид в мае и октябре было отобрано две пробы **донных отложений**. В майской пробе содержание нефтяных углеводородов составило 13850 мкг/г, в октябрьской – 8350 мкг/г сухого вещества; среднее – 11100 (222 ДК). Максимальная концентрация составила 277 ДК. По сравнению с 2016 г. среднее содержание увеличилось в 1,7 раза. В последние 10 лет уровень загрязненности донных отложений бухты Диомид НУ имеет тренд к повышению. Среднегодовая концентрация НУ в донных отложениях бухты Диомид составила в 2005 – 310 мкг/г; 2006 - 5380; 2007 - 5340; 2008 - 2790, 2009 - 6660; 2010 - 3300; 2011 – 4470 мкг/г; 2012 – 2860 мкг/г. С 2013 г. уровень загрязненности донных отложений измеряется в ДК (допустимая концентрация). В 2013 г. она составила 29,2 ДК, в 2014 г. - 110 ДК, 2015 -132 ДК, в 2016 – 129 ДК. Превышение допустимого уровня концентраций наблюдалось в 100% проб.

Содержание **фенолов** в майской и октябрьской пробах составило 2,7 и 3,8 мкг/г соответственно, среднее – 3,3 мкг/г, что в 1,7 раза ниже уровня 2016 г. (5,45 мкг/г).

В 2017 г. содержание **α-ГХЦГ** в донных отложениях бухты Диомид составило в двух пробах 8,8 и 3,6 нг/г, в среднем – 6,2 0,78 нг/г; это почти в 8 раза больше прошлогоднего значения (0,78 нг/г). Концентрация **γ-ГХЦГ** в мае составила 2,9 нг/г, в октябре - 46,9 нг/г (938 ДК), среднее содержание – 24,9 (498 ДК), что выше уровня 2016 г. в 62 раза.

Концентрация **ДДТ** в осадках залива составила: в мае 6,4 нг/г, в октябре 10,8 нг/г; в среднем – 8,6 нг/г (в 2016 г. - 12,1). Концентрация **ДДЭ** – 7,9 и 40,6 нг/г; в среднем – 24,3 нг/г (в 2016 г. - 24,2). Концентрация **ДДД** – 5,5 т 53,1 нг/г; в среднем – 29,3 нг/г (в 2016 г. - 70,8). В бухте Диомид в 2017 году суммарная концентрация пестицидов **группы ДДТ** составила 53,69 нг/г с.о (21,5 ДК), (в 2016 г. - 42,8 ДК). По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности донных отложений бухты Диомид пестицидами группы ДДТ снизился в 2 раза.

Средняя концентрация **ПХБ** составила 828,5 нг/г (41,4 ДК), что ниже уровня прошлого года (64,8 ДК) в 1,5 раза. Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях составила 15,9 нг/г с.о.

Загрязнение донных отложений бухты Диомид тяжелыми **металлами** было традиционно высоким (табл. 11.5). Ниже принятого норматива ДК было среднее содержание кобальта и хрома. Для всех остальных металлов ДК была многократно превышена. По сравнению с 2016 г. повысилось среднее содержание меди, кадмия, никеля, ртути. Особенно резко возросло среднее содержание меди – в 2 раза и ртути – в 2,3 раза (табл. 11.3). Среднее содержание свинца и цинка снизилось в 1,6 раза. А уровень загрязненности донных отложений хромом вернулся к показателям 2014-2-15 гг., когда среднее содержание его было меньше 1 ДК.

**Таблица 11.3.** Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Диомид в 2011/2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

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

	31,4/ 42	5,7/ 2,9	5,25/ 6	1,1/ 0,55	1,4/ 3,9	18,8/ 12,2			4,7/ 0,7
--	-------------	-------------	------------	--------------	-------------	---------------	--	--	-------------

\* выделенные значения выше ДК.

### 11.5. Пролив Босфор Восточный (включая бухту Улисс)

**Босфóр Востóчный** — пролив в заливе Петра Великого Японского моря, соединяет Амурский и Уссурийский заливы и отделяет полуостров Муравьёва-Амурского от островов Русского и Елены. Глубины в средней части пролива Босфор Восточный 26—38 м. По мере приближения к западному проходу пролива они постепенно увеличиваются до 50 м, а к восточному — до 42 м. Грунт в проливе Босфор Восточный преимущественно ил и песок.

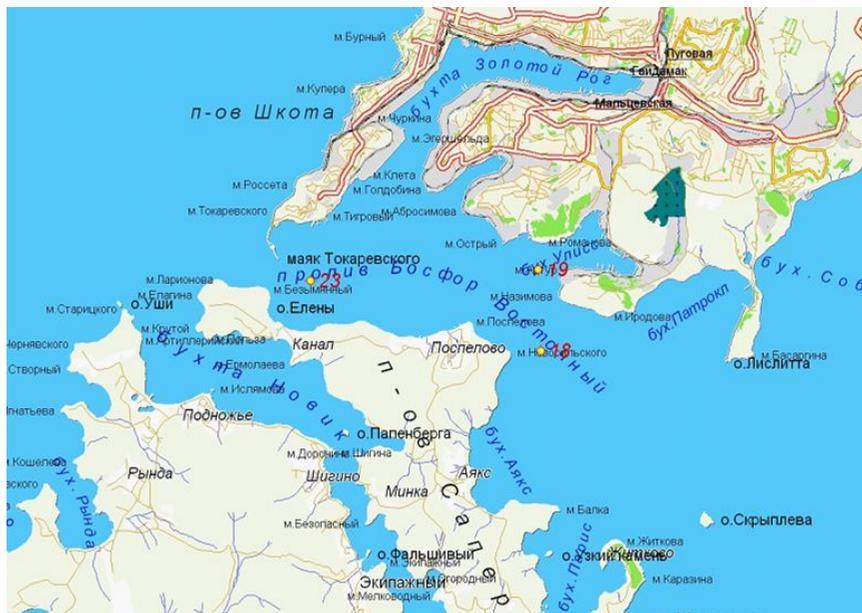
Крупная зыбь, заходящая в пролив Босфор Восточный при свежих юго-восточных и восточных ветрах, делает якорную стоянку в нем спокойной. В проливе Босфор Восточный выставляются швартовные бочки. В проливе Босфор Восточный действуют постоянные поверхностные течения, идущие из Амурского залива в Уссурийский 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 ледакольные работы.

В 2017 г. наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод и донных отложений в проливе Босфор Восточный (ст. №18,23) и бухте Улисс (ст. №19) проводились на трех станциях в мае, августе и октябре (рис. 11.3).

В период наблюдений минимальная **температура** воды была зафиксирована в октябре на ст. № 18 в придонном слое и составила 3,70°C, максимальная – в августе в бухте Улисс на ст. № 19 в поверхностном горизонте – 23,50°C; среднегодовое значение составило 13,16°C. Значения **солености** изменялись от 9,46‰ в августе на ст. №23 в поверхностном слое до 33,75‰ в октябре на ст. № 19 в придонном слое. Среднегодовой показатель солености в 2017 г. составил 30,24‰. Значения **pH** изменялись от 7,74 в августе на ст. № 19 в поверхностном слое до 8,20 в мае на ст. № 23 в поверхностном слое; среднее значение pH составило 7,74. Концентрация **взвешенных частиц** в воде была в диапазоне от 2,4 мг/дм<sup>3</sup> в мае на ст. №18 до 15 мг/дм<sup>3</sup> в мае на ст. №23 в придонном слое (1,5 ПДК); средняя величина - 7,27 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее за

2017 г. значение биохимического потребления кислорода за пять суток (**БПК<sub>5</sub>**) составило 2,37 (1,1 ПДК); по сравнению с 2016 г. оно снизилось в 2,3 раза (с 3,25 до 2,37 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение **БПК<sub>5</sub>** превысило ПДК в 3,3 раза, и было зафиксировано на станция №19 в поверхностном слое.

Прозрачность воды пролива не более 6 м.



**Рис. 11.3.** Схема расположения станций мониторинга в проливе Босфор Восточный и бухте Улисс в 2017 г.

Концентрация **НУ** в морской воде в 2017 г. изменялась в диапазоне 0,01-0,53 мг/дм<sup>3</sup> (10,6 ПДК); среднее содержание НУ в проливе Босфор Восточный составило 0,22 мкг/дм<sup>3</sup> (4,4 ПДК), повышение по сравнению с 2016 г. в 2,2 раза. Максимальная концентрация была отмечена в августе на ст. №19 (бухта Улисс) в придонном горизонте. Превышение ПДК отмечено в 88,9% проб, (для сравнения: в 2016 г. – в 59,3% проб).

По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод пролива Босфор Восточный в мае на всех станциях было зафиксировано покрытие нефтяной пленкой видимой водной поверхности более 91%, с густотой в 10 баллов. В августе в бухте Улисс было зафиксировано покрытие видимой водной поверхности нефтепродуктами на 51-60%, с густотой 6 баллов и интенсивностью 6 баллов.

Концентрация **фенолов** в пробах воды в 2017 г. варьировала от 0,4 до 1,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание не изменилось по сравнению с

2016 г. и составило 0,8 ПДК. Максимум отмечен в августе в районе мыса Безымянный (вблизи о. Елены) на ст. №23 в придонном слое. Превышение ПДК отмечено в 25,9% проб.

Концентрация анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в морских водах изменялась в пределах 128-638 мкг/дм<sup>3</sup> (6,4 ПДК). Среднее содержание АПАВ в 2017 г. повысилось по сравнению с 2016 г. с 2 до 3 ПДК. Максимальное значение (6,4 ПДК) было отмечено в октябре на ст. №19 (бухта Улисс) в придонном горизонте.

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

**Таблица 11.4.** Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах пролива Босфор Восточный в 2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

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

	0,7/ <b>11,0/</b> 0,66/ <b>1,0</b>	0,1/ <0,1/ 0,3/ <0,1	<0,1/ <0,1/ 0,66/ 0,4	<0,1/ -	0,3/ 0,65/ 0,1/ 0,3	0,8/ <b>6,0/</b> 0,5/ <b>1,8</b>	0,6/ 0,26/ 0,5/ 0,9	<b>1,8/</b> 0,9/ <b>1,6/</b> <b>3,1</b>	<0,1/ -	<b>4,0/</b> 0,5/ <b>2,8/</b> <b>1</b>
--	---	-------------------------------	--------------------------------	------------	------------------------------	---	------------------------------	--	------------	--

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

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

Концентрация кремния изменялась от 175 до 3456 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум зарегистрирован в августе на ст. №23 в поверхностном слое; средняя концентрация составила 714,5 мкг/дм<sup>3</sup>, что выше прошлогоднего значения в 1,5 раза (476,33 мкг/дм<sup>3</sup>).

В 2017 г. среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный снизилось по сравнению с 2016 г. с 8,65 до 7,85 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (89,3% насыщения). Минимальное значение было зарегистрировано в августе на ст. №23 - 4,77 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (57,5% насыщения), что ниже норматива в 1,3 раза. Третий год подряд наблюдается устойчивый тренд к ухудшению кислородного режима.

По **ИЗВ** (2,30; V класс, «грязные») качество вод пролива Босфор Восточный в 2017 г. существенно ухудшилось. Приоритетными ЗВ в этом районе являются нефтяные углеводороды, АПАВ, железо, и ртуть. Ухудшение кислородного режима также существенно влияет на качество вод.

В проливе Босфор Восточный в 2016 г в мае и октябре было отобрано шесть проб **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 1330 – 3540 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 2523 мкг/г (50,5 ДК). По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности повысился в 1,4 раза. Максимальная концентрация в 2017 г. превысила ДК в 71 раз и была зафиксирована в бухте Улисс в октябре; в 2016 г. максимум составил 57 ДК. В предыдущие годы средняя концентрация составила: в 2005 – 120; 2006 – 820; 2007 – 2560; 2008 – 1780; 2009 – 2690, 2010 – 1510, 2011 – 2343, 2012 - 902, 2013 – 1050, в 2014 – 1625, в 2015 - 3107 мкг/г сухого остатка. В 2017 г. превышение допустимого уровня концентраций наблюдалось в 100% проб.

В 2017 г. уровень загрязненности донных отложений пролива **фенолами** повысился по сравнению с уровнем 2016 г. с 3,47 до 4,9 мкг/г, при диапазоне концентрации 2,9-4,9 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано в мае на станции № 23.

Содержание **пестицидов** группы ГХЦГ в донных отложениях пролива в период проведения работ находилось в следующих пределах: α-ГХЦГ - 0,3-2,8 нг/г сухого остатка, составив в среднем 0,9 нг/г; γ-ГХЦГ - 0,24-3,00 нг/г, составив в среднем 1,30 нг/г (26 ДК) 0,41 нг/г (8 ДК). По сравнению с 2016 г. среднее содержание α-ГХЦГ практически не изменилось. Среднее содержание γ-ГХЦГ повысилось в 3,6 раза: с 8 до 26 ДК, максимум γ-ГХЦГ зафиксирован в октябре на ст. №18 – 60 ДК.

Концентрация ДДТ была в диапазоне 1,1–3,6 нг/г сухого остатка (в среднем 2,2 нг/г); ДДЭ - 0,0-13,4 нг/г (5,0 нг/г); ДДД - 0,3-2,1 нг/г (1,4 нг/г). Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило в 2017 г. 8,6 нг/г (3,4 ДК), а максимальное достигало 19,10

нг/г (7,6 ДК). По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности донных отложений пестицидами группы ДДТ не изменился.

Концентрация **ПХБ** в донных отложениях изменялась от 34,4 до 206,4 нг/г, составив в среднем 120,7 нг/г (6 ДК); в 2015 г. было 12 ДК. Максимальная концентрация была зафиксирована на ст. №19 (бухта Улисс). Наиболее сильно загрязнены полициклическими хлорированными бифенилами донные отложения в бухте Улисс. Именно в этом районе зафиксировано максимальное значение - более 10 ДК. Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях пролива Босфор Восточный составила 0,3 нг/г. Максимальная – 0,9 нг/г - отмечена в мае на ст. №19 (бухта Улисс).

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

**Таблица 11.5.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

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

	0,9/ <b>1,2/</b> <b>1,6/</b> 0,9/ <b>1</b>	0,5/ 0,8/ 0,9/ 0,5/ 0,5	0,6/ 0,75/ <b>2,7/</b> <b>1,2/</b> <b>2,5</b>	0,16/ 0,13/ 0,4/ 0,3/ 0,2	0,4/ 0,4/ 0,6/ 0,4/ 0,4	0,9/ 0,9/ 0,97/ 0,8/ 0,9			0,3/ 0,3/ 0,67/ 0,3/ 0,13	0,6/ <b>0,9/</b> <b>2,3/</b> 0,8/ <b>1,6</b>
ДК max	<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>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/ 0,7	<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> <b>9,25</b>	0,2/ <b>1,7/</b> 0,3/ 0,18/ 0,15/ 0,7/ 0,55/ 0,2	0,6/ 0,6/ 0,4/ 0,5/ 0,6/ 0,8/ 0,5/ 0,45	<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> <b>1</b>	-	-	0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,85/ 0,4/ 0,15	<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> <b>3,8</b>

### 11.6. Амурский залив

Аму́рский залив — внутренний залив у северо-западного берега залива Петра Великого (Японское море). Длина около 65 километров, ширина от 9 до 20 километров, глубина до 50 метров. Площадь поверхности — 966 км<sup>2</sup>. Амурский залив среди других акваторий Приморского края наиболее глубоко вдаётся в сушу и отличается значительной изрезанностью береговой линии. От открытого моря он отгорожен полуостровом Муравьёва - Амурского и протяжённой цепью островов архипелага Евгении. Вследствие относительно континентального климата, в заливе наблюдается наиболее раннее образование льда. Ледяной покров в заливе Угловом и бухте Новик появляется уже в конце ноября, а сходит только в конце марта — начале апреля. Тем не менее, уже в мае вода в этих заливах прогревается до +14°С. Прочный припай, позволяющий безопасно передвигаться по льду, образуется в феврале и покрывает северную часть залива полностью. Максимальная 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 2017 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Амурского залива проводились в апреле и сентябре на 9 станциях. Всего было отобрано 50 проб воды и 18 проб донных отложений (рис. 11.4).

В период наблюдений **температура** воды изменялась от 2,250<sup>0</sup>С в апреле на ст. №24 в придонном слое до 22,180<sup>0</sup>С в сентябре на ст. №24 на поверхности, составив в среднем для всей толщи 11,780<sup>0</sup>С. Соленость варьировала от 22,51‰ в сентябре на ст. №12 в поверхностном слое до 33,96‰ в апреле на ст. №37 в придонном слое, составив в среднем 31,71‰. Значения рН изменялись от 7,33 в сентябре на ст. №12 до 8,36 в апреле на ст. №39; среднее - 8,04. Среднегодовое содержание взвешенных веществ снизилось по сравнению с прошлым годом в 1,2 раза и составило 6,43 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание взвешенных веществ 14,6 (1,5 ПДК) было зафиксировано в сентябре на станции № 52 (устье реки Барабашевка). Среднее за 2017 г. значение биохимического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> незначительно повысилось по сравнению с 2016 г. (2,21 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и составило в 2017 г. 2,68 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК). Максимальное значение зарегистрировано в апреле на станциях № 28 и 12 – и превысило ПДК в 4,3 раза (9,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Прозрачность воды залива не более 5 м.



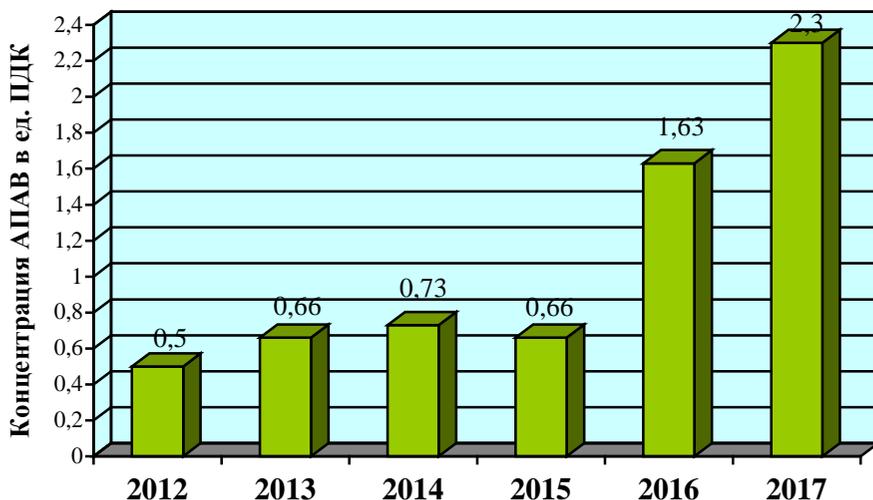
Рис. 11.4. Станции отбора проб в Амурском заливе в 2017 г.

В период проведения наблюдений концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Амурского залива изменялась от  $0,00 \text{ мг/дм}^3$  до  $0,29 \text{ мг/дм}^3$  (6 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в сентябре на ст. №12 в придонном слое (горизонт 4 м). Среднегодовая концентрация ( $0,07 \text{ мг/дм}^3$ , 1,4 ПДК) снизилась по сравнению с 2016 г. в 1,9 раза. Концентрация НУ превысила ПДК в 47,9% проб воды.

По визуальным наблюдениям, на видимой водной поверхности Амурского залива в сентябре на станции №28 было зафиксировано покрытие пятнами нефтепродуктов 51-60% с густотой и интенсивностью в 6 баллов. В остальные периоды нефтяной плёнки с покрытием поверхности воды более 50% не наблюдалось. Сильнее других районов загрязнены воды вблизи г. Владивосток.

Уровень загрязненности морских вод **фенолами** не изменился по сравнению с 2015-2016 гг. и составил в среднем 1 ПДК. Диапазон значений -  $0,3-2,0 \text{ мкг/дм}^3$ ; максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре в прибрежных водах на ст. №24 на горизонте 10 м вблизи г. Владивосток. В 54,4% случаев концентрация фенолов в пробах превышала ПДК.

Концентрация **АПАВ** в водах Амурского залива в 2017 г. изменялась от 26 до 659 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 234,9 мкг/дм<sup>3</sup> (2,3 ПДК). Максимальная концентрация (6,6 ПДК) была зафиксирована в сентябре на ст. № 12 в придонном слое. По сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание детергентов возросло в 1,5 раза (рис. 11.5)



**Рис. 11.5.** Изменения среднегодовых концентраций АПАВ в воде Амурского залива в 2012–2017 гг.

Средние показатели по всем определяемым в морской воде **металлам** не превысили предельно допустимых значений (табл. 11.6). Максимальные концентрации марганца и железа превысили ПДК в 3 и 2,4 раза соответственно. Максимальное содержание марганца было отмечено в сентябре на ст. №12 в придонном слое, железа – в апреле на ст. №328 в поверхностном слое. Максимальные концентрации других металлов не превысили предельно-допустимых значений.

**Таблица 11.6.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Амурского залива в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
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/

	1,25	0,23	0,34		0,72	11,0	12,7	40,1		0,02
Макс.	6,0/	0,7/	6,0/	0,1/	1,3/	145/	1,9/	64/	0,8/	0,49/
	3,4/	0,9/	2,9/	0,1/	1,0/	119/	1,8/	64/	2,3/	0,28/
	4,6/	1,2/	29,0/	0/	5,4/	353/	62,0	535/	26,0/	0,02/
	1,5/	0,6/	1,2/	0/	1,0/	160/	14,0/	1085/	1,7/	0,01/
	6,1/	2,0/	1,0/	0/	43,0/	61/	25,0/	216/	5,1/	0,06/
	1,9/	0,8/	0,9/	-	1,5/	31/	1740/	1870/	-	0,08/
	5,8/	9,1/	31/	-	3,7/	80/	103/	539/	-	0,06/
	3,6	1,0	1,5		1,6	33	160	119		0,04
ПДК сред.	0,2/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,2/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,8/
	0,2/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,7/
	0,18/	<0,1/	0,1/	<0,1/	<0,1/	0,2/	<0,1/	<b>1,6/</b>	<0,1/	<0,1/
	0,12/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,15/	<0,1/	0,66/	<0,1/	<0,1/
	0,4/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,2/	0,3/	<0,1/	0,6/	<0,1/	0,1/
	0,2/	<0,1/	<0,1/	-	<0,1/	0,2/	0,3/	<b>2,3/</b>	-	0,35/
	0,3/	0,2/	0,12		<0,1	0,3/	<0,2/	<b>1,5/</b>		0,3/
	0,25	<0,1	<0,1		<0,1	0,2	0,25	0,8		0,2
ПДК max.	<b>1,2/</b>	<0,1/	0,6/	<0,1/	0,1/	<b>2,9/</b>	<0,1/	<b>1,3/</b>	<0,1/	<b>4,9/</b>
	0,7/	<0,1	0,3/	<0,1/	0,1/	<b>2,4/</b>	<0,1/	<b>1,3/</b>	<0,1	<b>2,8/</b>
	0,9/	0,12/	<b>2,9/</b>	<0,1/	0,5/	<b>7,0/</b>	<b>1,2/</b>	<b>10,7/</b>	0,4	0,2/
	0,3/	<0,1/	0,12/	<0,1/	0,1/	<b>3,2/</b>	0,3/	<b>21,7/</b>	<0,1	0,1/
	<b>1,2/</b>	0,2/	0,1/	<0,1/	<b>4,3/</b>	<b>1,2/</b>	0,5/	<b>4,3/</b>	<0,1/	0,6/
	0,4/	<0,1/	<0,1/	-	0,15/	0,6/	<b>34,8/</b>	<b>37,4/</b>	-	0,8/
	<b>1,2/</b>	0,9	<b>3,1/</b>		0,4/	<b>1,6/</b>	<b>2,1/</b>	<b>10,8/</b>		0,6/
	0,7		0,15		0,16	0,7	<b>3</b>	<b>2,4</b>		0,4

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

Среднее содержание **фосфатов** в водах Амурского залива повысилось по сравнению с 2016 г. с 12,5 до 14,4 мкг/дм<sup>3</sup>; концентрации изменялись в диапазоне от 5,9 до 98,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение отмечено в сентябре на ст. №16 в придонном слое. Концентрация общего фосфора в Амурском заливе изменялась в диапазоне 13,0-

111,0 мг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание общего фосфора повысилось с 22,76 до 25,33 мг/дм<sup>3</sup>. Максимум был отмечен на той же станции и в то же время. Среднее содержание органического фосфора снизилось с 10 до 5,8 мг/дм<sup>3</sup>, при диапазоне концентраций 1,0–15,2 мг/дм<sup>3</sup>.

Средняя концентрация **кремния** в водах Амурского залива снизилась в 2,2 раза: с 1343,4 до 599,45 мг/дм<sup>3</sup>; максимум составил 2230 6154 мг/дм<sup>3</sup> и был отмечен в сентябре на ст. №12 в поверхностном слое.

Содержание растворенного **кислорода** в Амурском заливе изменялось в диапазоне 4,02-11,92 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, среднее составило 8,59 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (93,7% насыщения). Минимальное значение растворенного кислорода было отмечено в сентябре на ст. №16 – 4,02 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что ниже норматива в 1,5 раза. В сентябре практически на всех станциях в придонном слое концентрация растворенного кислорода была ниже норматива. В сентябре среднемесячная концентрация кислорода составила 6,44 мг/дм<sup>3</sup> (83,7% насыщения).

Воды Амурского залива в 2017 г. по расчетному индексу **ИЗВ** (1,02) соответствовали IV классу и оценивались как «загрязненные». Качество вод не изменилось по сравнению с 2016 г. Приоритетными загрязняющими веществами в заливе являются нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты, соединения железа и марганца, существенно влияет на ИЗВ состояние кислородного режима.

В 2017 г. отбор проб **донных отложений** в Амурском заливе проводился в апреле и сентябре. Среднее содержание НУ в 2017 г. составило 200 мг/г (4 ДК), что несколько значений прошлого года (4,8 ДК). Концентрация нефтяных углеводородов в пробах изменялась в диапазоне 30-990 мг/г сухого грунта. Максимальная концентрация (около 20 ДК) отмечена в сентябре на ст. №24 в прибрежной зоне вблизи Владивостока. В 2014-2016 гг. максимальное загрязнение донных отложений НУ было отмечено в этом же районе. Превышение допустимого уровня отмечено в 66,7% проанализированных проб.

Содержание фенолов изменялось в пределах от 1,9 до 9,0 мг/г, максимум был отмечен в сентябре на ст. №28. Среднегодовой показатель загрязненности донных отложений фенолами повысился с 2,99 мг/г в 2016 г. до 5,1 мг/г в 2017 г.

**Хлорорганические соединения.** В период проведения работ концентрация α-ГХЦГ в донных отложениях Амурского залива изменялась от 0,1 до 1,4 нг/г, средняя концентрация составила 0,60 нг/г, что в 2,5 раза больше, чем в 2016 г. Максимальная концентрация была зафиксирована в апреле на станции №24 (район Спортивной гавани).

Концентрация γ-ГХЦГ (линдан) изменялась в диапазоне 0,2-4,2 нг/г,

а среднее содержание составило 1,0 нг/г (20 ДК), что в 5 раз больше, чем в 2017 г. (4 ДК). Максимальная концентрация зарегистрирована в сентябре на станции №12 и составила 4,2 нг/г сухого остатка (84 ДК). По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности донных отложений линданом повысился в среднем в 5 раз.

В 2017 г. среднее содержание ДДТ повысилось по сравнению с 2016 г. с 0,79 до 5,6 нг/г; ДДЭ – 0,97 до 2,00; ДДД – с 1,07 до 3,4 нг/г. Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ повысилось в 2017 в 3,9 раза: с 2,84 до 11,01 нг/г (4,4 ДК).

Среднегодовая концентрация ПХБ в донных отложениях Амурского залива снизилась по сравнению с прошлым годом с 30,8 до 18,9 нг/г (<1 ДК). Концентрации ПХБ варьировались от 2,4 до 109,4 нг/г с.о., максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре на станции №24. Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях Амурского залива составила 0,1 нг/г с.о.

В 2017 г. среднегодовая концентрация всех тяжелых металлов в донных отложениях Амурского залива не превышала допустимого уровня (табл. 11.7). По сравнению с 2016 г. изменения были незначительны. Практически не изменилось среднее содержание меди, кобальта, свинца, никеля, цинка. Снизилось среднее содержание кадмия - с 1,4 до 0,9 ДК, хрома - с 0,2 до 0,16 ДК и ртути – с 1,9 до 0,57 ДК. Максимальная концентрация ртути превысила ДК в 2,6 раза и была зафиксирована в мае на ст. №18. Максимальная концентрация кадмия превысила ДК в 2 раза. По-прежнему донные отложения Амурского залива очень сильно загрязнены соединениями железа. Максимальные величины содержания других металлов в осадках залива были в 2017 г. в пределах допустимых норм.

**Таблица 11.7.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Амурского залива в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg	
Сред.	15,9/ 21,5/ 12,7/ 13,1/ 13,4/ 16,2/ 11,98/ 13,7	15,3/ 14,5/ 13,9/ 10,7/ 12,4/ 16,1/ 11,45/ 12,6	0,4/ 0,2/ 0,3/ 0,9/ 0,4/ 1,66/ 1,11/ 0,7	5,6/ 12,7/ 4,2/ 5,1/ 3,6/ 3,7/ 4,86/ 6,1	14,2/ 11,6/ 11,1/ 14,7/ 17,5/ 18,4/ 17,43/ 12,6	67/ 64,6/ 85,6/ 63,1/ 63,4/ 68,5/ 61,5/ 60,8	125,5/ 120,4/ 108,7/ 116,1/ 166,3/ 151,4/ 122,5	27966/ 22876/ 25763/ 30441/ 30364/ 25825/ 23076	21,1/ 17,3/ 21,6/ 18,3/ 27,2/ 54,0/ 22,9/ 16,1	0,1/ 0,10/ 0,10/ 0,12/ 0,19/ 0,20/ 0,57/ 0,1	
	Макс.	55,0/ 261,0/ 27,0/	44,0/ 40,0/ 28,0/	1,5/ 0,8/ 0,7/	10,0/ 38,0/ 6,4/	27,0/ 21,0/ 18,0/	132/ 115/ 437/	274/ 249/ 179/	70595/ 44311/ 39040/	34,0/ 39,0/ 39,0/	0,3/ 0,37/ 0,25/

	42,0/ 32,0/ 34,0/ 24,0/ 24,0	24,0/ 28,0/ 51,0/ 28,0/ 35,0	1,6/ 0,6/ 4,6/ 2,2/ 2,0	8,3/ 5,8/ 16,0/ 7,4/ 13,0	24,0/ 27,0/ 40,0/ 26,0/ 22,0	140/ 105/ 124/ 99,0/ 125,0	177/ 261/ 341/ 294	54655/ 46272/ 38839/ 38331	36,0/ 37,0/ 71,0/ 42,0/ 26,0	0,29/ 0,42/ 0,93/ 2,32/ 0,77
ДК сред.	0,5/ 0,6/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,5/ 0,3/ 0,4	0,2/ 0,2/ 0,16/ 0,13/ 0,15/ 0,2/ 0,13/ 0,15	0,5/ 0,3/ 0,4/ <b>1,1</b> / 0,5/ <b>2,1</b> / <b>1,4</b> / 0,88	0,3/ 0,6/ 0,2/ 0,25/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,3	0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,5/ 0,5/ 0,5/ 0,4	0,5/ 0,5/ 0,6/ 0,45/ 0,47/ 0,5/ 0,4/ 0,4	-	-	0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,5/ 0,23/ 0,16	0,4/ 0,3/ 0,33/ 0,40/ 0,30/ 0,60/ <b>1,9</b> / 0,5
ДК max.	<b>1,6</b> / <b>7,5</b> / 0,8/ <b>1,2</b> / 0,9/ <b>1,0</b> / 0,7/ 0,7	0,5/ 0,5/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,6/ 0,3/ 0,4	<b>1,9</b> / <b>1,0</b> / <b>1,0</b> / <b>2,0</b> / 0,8/ <b>5,75</b> / <b>2,75</b> / <b>2</b>	0,5/ <b>1,9</b> / 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,8/ 0,4/ 0,65	0,8/ 0,6/ 0,5/ 0,7/ 0,77/ <b>1,1</b> / 0,7/ 0,6	0,9/ 0,8/ <b>3,1</b> / <b>1,0</b> / 0,8/ 0,9/ 0,7/ 0,9	-	-	0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,7/ 0,4/ 0,26	<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> / <b>2,6</b>

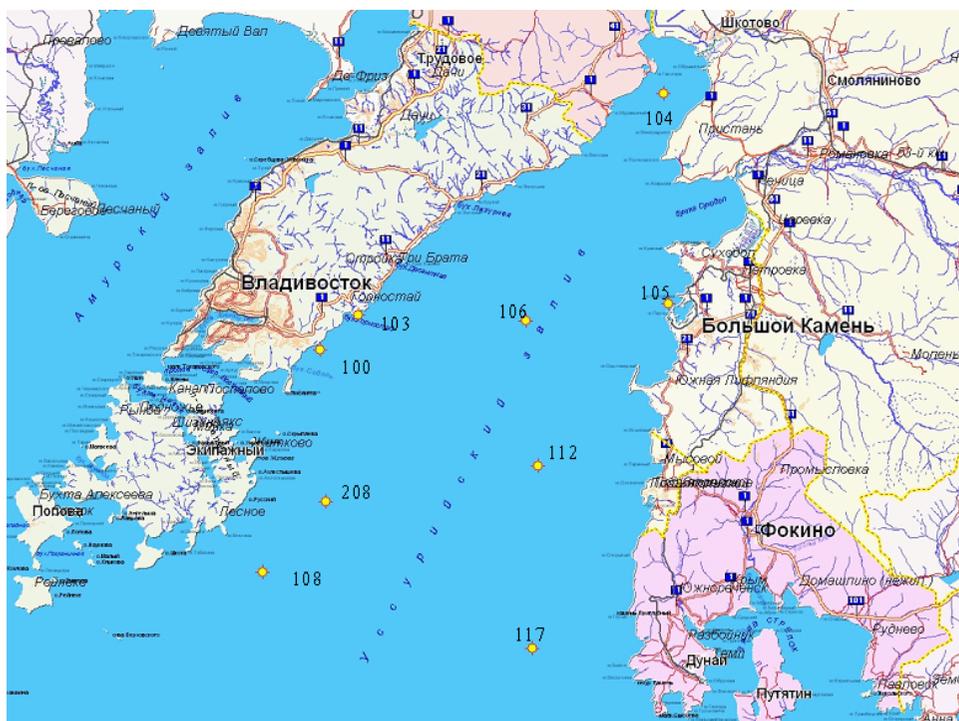
### 11.7. Уссурийский залив

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

В 2017 г. гидрохимические наблюдения за состоянием загрязнения акватории Уссурийского залива проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях ГСН (рис. 11.6). Всего было отобрано 84 пробы воды и 18 проб донных отложений.

В период проведения работ температура воды изменялась от 0,70°С в апреле в центральной части залива в придонном слое до 21,06°С в июле в вершине залива в поверхностном слое. Среднее значение составило 9,54°С. Значения солёности изменялись от 30,94‰ в июле в

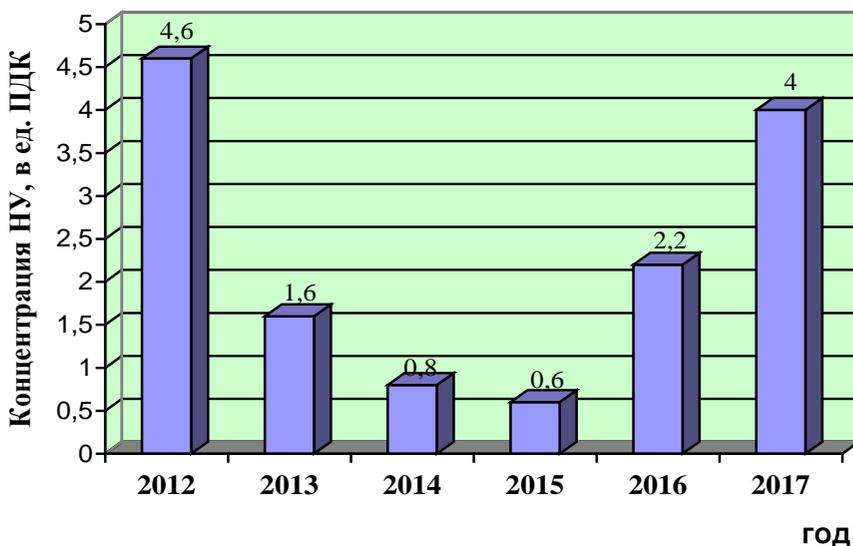
вершине залива на ст. №104 в поверхностном слое до 34,280‰ в октябре на ст. № 108 в придонном слое; средний показатель составил 33,376‰. Значения рН изменялись от 7,36 до 8,36, в среднем - 8,18. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,1-12,1 мг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 4,26 мг/дм<sup>3</sup>; максимальное значение (1,2 ПДК) зарегистрировано в апреле на станции № 104 в придонном слое. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> повысилось по сравнению с прошлым годом в 1,13 раза и составило 1,87 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>; 2016 г. - 1,66 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение - 5,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (2,4 ПДК) - было зарегистрировано трижды в июле в разных районах залива на станциях №№ 100, 106 и 112. Прозрачность воды бухты не более 6 м.



**Рис. 11.6.** Станции отбора проб в Уссурийском заливе в 2017 г.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Уссурийского залива изменялась от 0,01 до 0,68 мг/дм<sup>3</sup> (13,6 ПДК); максимальное значение было зафиксировано в июле на станции № 208 в придонном слое. В июле 2017 г. в Уссурийском заливе, зафиксирована аномально высокая средняя концентрация нефтяных углеводородов за последние 5 лет: 0,47 мг/дм<sup>3</sup> (более 9 ПДК). Среднегодовая концентрация НУ в

2017 г. повысилась по сравнению с 2016 г. в 1,8 раза и составила 4 ПДК (0,20 мг/дм<sup>3</sup>), (рис. 11.7). Концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 69,4% проб.



**Рис. 11.7.** Изменение среднегодовых концентраций нефтяных углеводородов в воде Уссурийского залива в 2012 – 2017 гг.

Концентрация **фенолов** в пробах изменялись от 0,1 до 1,6 мг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация составила 0,66 мг/дм<sup>3</sup> (0,7 ПДК). Среднегодовой уровень загрязненности морских вод фенолами снизился по сравнению с 2016 г. в 1,4 раза и составил 0,7 ПДК. Максимальные концентрации фенолов в морской воде были зафиксированы в июле на ст. № 112 в поверхностном и придонном горизонтах. Превышение ПДК наблюдалось в 11,1% проб (2010 г. - 51,4 %, 2011 г. - 40,3 %, 2012 г. - 51,4 %, 2013 г. - 56,9 %, 2014 г. – 86,2%, 2015 г. - 37,5 %; 2016 – 25%).

Уровень загрязненности вод залива **АПАВ** также повысился по сравнению с 2016 г. и составил в среднем 245 мг/дм<sup>3</sup> (2,4 ПДК). Минимальная концентрация составила 38 мг/дм<sup>3</sup>, максимальная - 752 мг/дм<sup>3</sup>, (7,5 ПДК) – отмечена в октябре в поверхностном слое на ст. №108.

Воды Уссурийского залива относительно других прибрежных районов меньше загрязнены тяжелыми металлами. Среднее содержание большинства определяемых металлов было ниже 0,1 ПДК; среднее содержание меди составило 0,2 ПДК, ртути – 0,2 ПДК (табл. 11.8). Среднегодовая концентрация железа составила в 2017 г. 1,6 ПДК, максимум по железу превысил ПДК в 6 раз. Эта концентрация

зафиксирована в октябре на ст. №100 в придонном слое. Максимальная концентрация никеля превысила ПДК в 1,5 раза и была отмечена в октябре на ст. №208 в придонном слое. Максимальные концентрации остальных определяемых тяжелых металлов в 2-17 г. не превысили 1 ПДК.

**Таблица 11.8.** Средние и максимальные концентрации тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Уссурийского залива в 2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016/2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg	
Сред.	1,0/ 0,6/	0,1/ 0,04/	1,6/ 0,4/	0,15/ 0/	0,3/ 0,3/	15,0/ 7,4/	0,1/ 0,5/	3,3/ 4,1/	0,2/ 0,4/	0,06/ 0,05/	
	1,0/ 0,5/	0,2/ 0,1/	0,2/ 0,2/	0/	0,3/ 0,5/	8,1/ 4,4/	6,8/ 2,4/	43,3/ 39,8/	0,7/ 0,4/	0,00/ 0,00/	
	1,1/ 0,85/	0,3/ 0,13/	0,2/ 0,2/	0/	0,6/ 1,07/	12,6/ 10,4/	12,3/ 8,08/	58,3/ 112,7/	0,9/ -	0,033/ 0,03/	
	1,74/ 0,93	0,61/ 0,32	1,02/ 0,27	-	0,66/ 0,7	12,5/ 9,1	3,2/ 3,7	53/ 78	-	0,045/ 0,02	
	Макс.	2,2/ 1,6/	1,3/ 0,6/	10,0/ 11,0/	6,4/ 0/	1,7/ 0,9/	378/ 94/	0,9/ 3,9/	39/ 16/	1,7/ 1,7/	0,33/ 0,27/
		8,0/ 1,9/	1,9/ 0,6/	3,2/ 0,5/	0,1/ 0/	3,8/ 1,9/	91,0/ 10,0/	35/ 30/	309/ 569/	1,5/ 8,7/	0,04/ 0,01/
		2,4/ 2,5/	1,4/ 0,6/	0,9/ 1,5/	0/	4,1/ 24/	50,0/ 55/	91,0/ 75/	275/ 505/	6,2/ -	0,20/ 0,09/
		22,0/ 3,1	2,8/ 4,2	12,0/ 1,2	-	2,0/ 15	53/ 26	21/ 12	377/ 290	-	0,17/ 0,09
ПДК сред.		0,2/ 0,1/	<0,1/ <0,1/	0,2/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	0,3/ 0,1/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	0,6/ 0,5/
		0,2/ 0,1/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	0,16/ <0,1	0,14/ <0,1/	0,87/ 0,79/	<0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/
		0,2/ 0,17/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ -	<0,1/ 0,1/	0,25/ 0,2/	0,2/ 0,16/	<b>1,2/</b> <b>2,25/</b>	<0,1/ -	0,3/ 0,3/
	0,3/ 0,2	<0,1/ <0,1	0,1/ <0,1	-	<0,1/ <0,1	0,25/ 0,18	<0,1/ <0,1	<b>1/</b> <b>1,6</b>	-	0,45/ 0,2	
	ПДК max.	0,4/ 0,3/	0,1/ <0,1/	<b>1,0/</b> <b>1,1/</b>	<b>1,3/</b> <0,1/	0,2/ <0,1/	<b>7,6/</b> <b>1,9/</b>	<0,1/ <0,1/	0,8/ 0,3/	<0,1/ <0,1/	<b>3,3/</b> <b>2,7/</b>
		<b>1,6/</b> 0,4/	0,2/ <0,1/	0,3/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	0,38/ 0,19/	<b>1,8/</b> 0,2	0,7/ 0,6/	<b>6,2/</b> <b>11,4/</b>	<0,1/ 0,1	0,4/ 0,1/
0,5/ 0,5/		0,1/ <0,1/	0,1/ 0,15/	<0,1/ -	0,4/ <b>2,4/</b>	<b>1,0/</b> <b>1,1/</b>	<b>1,8/</b> <b>1,5/</b>	<b>5,5/</b> <b>10/</b>	<0,1/ -	<b>2,0/</b> 0,9/	
<b>4,4/</b> 0,6		0,3/ 0,4	<b>1,2/</b> 0,1	-	0,2/ <b>1,5</b>	<b>1/</b> 0,5	0,4/ 0,2	<b>7,5/</b> <b>6</b>	-	<b>1,7/</b> 0,9	

Содержание биогенных элементов в водах Уссурийского залива в 2017 г. в целом соответствовало многолетней изменчивости. Средняя за год концентрация аммонийного азота не превысила 0,1 ПДК и составила 73,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Значения изменялись в пределах 4-502 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст. №117 на 10-метровом горизонте. Среднее содержание нитритов повысилось в 1,5 раза и составило 1,9 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. - 1,3 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне значений 0,4-9,4 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум зарегистрирован в июле в вершине залива на ст. №104 в поверхностном слое. Среднее содержание нитратов практически не изменилось и составило 14,3 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. - 15,4 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне значений 1,2-119 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в октябре на ст. №117 в придонном слое. Среднегодовое содержание общего азота возросло с 714 до 983 мкг/дм<sup>3</sup> (в 1,4 раза). Диапазон концентрации общего азота в 2017 г. составил 571-2090 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в апреле на ст. №104 на 6-метровом горизонте. Среднегодовая концентрация органического азота повысилась с 613 до 886 мкг/дм<sup>3</sup> (в 1,4 раза); концентрация в пробах изменялась от 35 до 2032 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание **фосфатов** в водах Уссурийского залива изменялось от 5,6 мкг/дм<sup>3</sup> до 38,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 12,9 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,7 раза больше, чем в 2016 году. Максимум зарегистрирован в октябре на ст. №106 в придонном слое. Среднегодовая концентрация органического фосфора составила 6,0 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,4 раза меньше, чем в 2016 г. при диапазоне значений от 1,0 до 28,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего фосфора по сравнению предыдущим годом незначительно снизилось и составило в 2017 г. 19,05 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. - 21,9 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне концентраций от 11,0 до 44,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальные концентрации общего фосфора были отмечены дважды: в июле на ст. №104 на поверхности и в октябре на ст. №106 в придонном слое.

Средняя концентрация **кремния** в воде снизилась с 255,3 мкг/дм<sup>3</sup> в 2016 г. до 190,06 мкг/дм<sup>3</sup> в 2017 г., диапазон значений 11-1425 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в июле на ст. №104 в поверхностном слое.

Среднегодовое содержание растворенного **кислорода** в водах Уссурийского залива соответствовало среднемуголетнему и составило 10,27 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (109,5% насыщения). Минимальное содержание кислорода (6,39 мг/дм<sup>3</sup> – 68% насыщения), зарегистрированное в июле на ст. №100 в придонном слое, не выходит за пределы допустимой концентрации.

Качество вод Уссурийского залива в 2017 г. по **ИЗВ** (2,30 – V класс, «грязные») ухудшилось по сравнению с 2016 г. (IV класс). В значительной степени качество вод определяется высоким содержанием

железа. К числу приоритетных загрязняющих веществ также относятся нефтяные углеводороды, фенолы и детергенты. В 2017 году уровень загрязненности вод Уссурийского залива НУ и АПАВ повысился в 1,8 и 1,3 раза.

Работы по определению состояния загрязнения **донных отложений** Уссурийского залива в 2017 г. проводились в апреле и октябре, всего было отобрано 18 проб. Содержание НУ в пробах донных отложений изменялось от 30 до 180 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 90 мкг/г (1,8 ДК). Максимум (3,6 ДК) отмечен в октябре на ст. №106. По сравнению с 2016 г. в среднем уровень загрязненности донных отложений НУ повысился с 1,4 до 1,8 ДК, концентрация достигала или превышала норматив в 83,3%.

Концентрация фенолов в пробах донных отложений была в диапазоне 1,9-12,7 мкг/г, составив в среднем 4,6 мкг/г. В 2017 г. среднее содержание фенолов в донных отложениях Уссурийского залива повысилось по сравнению с 2016 (1,5 мкг/г) в 3 раза. Максимальное значение зарегистрировано в октябре на ст. № 106.

Концентрации  $\alpha$ -ГХЦГ в 2017 г. изменялись в пределах от 0,0 до 4,8 нг/г сухого осадка, среднее значение (0,6 нг/г) не изменилось по сравнению с 2016 г.; максимальная концентрация была зафиксирована в октябре на станции №100 (вблизи Владивостока). Содержание  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан) в 2017 г. колебалось в диапазоне 0,0-2,4 нг/г (48 ДК), составив в среднем 0,8 нг/г (16 ДК); по сравнению с 2016 г. практически не изменилось (2016 г. - 15,8 ДК). Максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст. №106.

Концентрации ДДТ в донных отложениях Уссурийского залива были в пределах 0,3–54,9 нг/г, в среднем – 6,4 нг/г. Содержание ДДЭ изменялось в диапазоне 0,2–11,0 нг/г, составив в среднем – 1,3 нг/г. Содержание ДДД изменялось в диапазоне 0,3–39,8, в среднем - 5,3 нг/г.

Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ в 2017 г. составила 13,0 нг/г (5 ДК). По сравнению с 2016 г. отмечено повышение этого показателя в 2 раза; (в 2015 г. он составил 3,7 ДК, в 2016 г. – 2,6 ДК). По сравнению с 2016 г. максимальное суммарное значение пестицидов группы ДДТ в 2017 г. повысилось в 1,9 раза и составило 96,7 нг/г (38,7 ДК), (в 2015 г. - 45 ДК, в 2016 г. – 20 ДК).

Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях залива составила 0,1 нг/г с.о. В период наблюдений концентрации варьировали от 0,0 до 0,2 нг/г с.о.

Среднегодовая концентрация суммы ПХБ в донных отложениях Уссурийского залива снизилась по сравнению с 2016 г. в 2,3 раза и составила 7,9 нг/г при диапазоне 1,2–47,8 нг/г. Наиболее загрязнены

донные отложения в районе ст. №100 (вблизи Владивостока), именно в этом районе отмечен максимум – 2,4 ДК.

В 2017 г. средняя концентрация всех определяемых в донных отложениях Уссурийского залива **металлов** была ниже 1 ДК (табл. 11.9). По сравнению с 2016 г. снизилось среднее содержание никеля, цинка, хрома. Несколько повысилось среднее содержание меди, марганца, железа и ртути. Максимальные концентрации металлов (кроме меди, кадмия и ртути) не превысили ДК. Максимальная концентрация меди составила 1,66 ДК на ст. №106 в октябре, кадмия – 2,6 ДК на ст. №112 в апреле, ртути – 1,6 ДК на ст. № 103 в октябре.

**Таблица 11.9.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Уссурийского залива в 2010/2011/2012/ 2013/2014/2015/2016/2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Сред.	9,4/	15,8/	0,06/	3,4/	5,4/	30,9/	72,7/	15926/	12,2/	0,06/
	9,2/	17,4/	0,07/	3,1/	7,4/	43/	92/	14231/	13,4/	0,05/
	8,9/	12,3/	0,10/	2,1/	5,9/	49,2/	92,9/	16786/	16,7/	0,08/
	7,9/	12,9/	0,60/	3,4/	10,8/	41,3/	93,6/	18000/	12,6/	0,05/
	6,74/	10,4/	0,34/	2,7/	6,1/	37,2/	42,0/	14483/	17,2/	0,04/
	11,4/	11,8/	1,5/	4,6/	8,6/	37,9/	104,6/	14045/	37,7/	0,065/
	9,43/	11,2/	0,7/	3,8/	10,4/	37,6/	77,8/	13246/	13,7/	0,08/
	12,5	12,0	0,6	3,8	7,9	18,0	89,9	18147	9,5	0,10
Макс.	34,0/	50,0/	0,4/	9,9/	14,0/	71,0/	186/	32115/	24,0/	0,21/
	48,0/	91,0/	0,5/	6,7/	16,0/	151/	209/	31886/	32/	0,39/
	40,0/	44,0/	0,5/	5,4/	13,0/	193/	164/	32529/	30/	0,31/
	23,0/	27,0/	1,1/	9,0/	21,0/	109/	228/	39543/	38/	0,16/
	24,0/	30,0/	0,7/	5,6/	13,0/	66/	194/	27776/	28/	0,08/
	40,0/	45,0/	2,4/	24,0/	27,0/	101/	201/	33553/	64/	0,34/
	27,0/	33,0/	1,4/	7,4/	55,0/	82,0/	228/	25019/	35/	0,23/
	58,0	59,0	2,1	6,9	12,0	52,0	180	27398	18	0,48
ДК сред.	0,3/	0,2/	<0,1/	0,2/	0,2/	0,2/	-	-	0,1/	0,2/
	0,3/	0,2/	<0,1/	0,2/	0,2/	0,3/			0,1/	0,2/
	0,25/	0,14/	0,13/	0,1/	0,17/	0,35/			0,17/	0,26/
	0,2/	0,15/	0,75/	0,2/	0,3/	0,3/			0,13/	0,17/
	0,2/	0,1/	0,4/	0,13/	0,2/	0,3/			0,17/	0,13/
	0,3/	0,13/	<b>1,9/</b>	0,2/	0,24/	0,3/			0,38/	0,22/
	0,3/	0,13/	0,9/	0,2/	0,3/	0,3/			0,14/	0,26/
	0,4	0,14	0,75	0,2	0,2	0,13			0,095	0,3
ДК max.	0,97/	0,6/	0,5/	0,5/	0,8/	0,5/	-	-	0,2/	0,7/
	<b>1,4/</b>	<b>1,1/</b>	0,6/	0,3/	0,6/	<b>1,1/</b>			0,3/	<b>1,3/</b>
	<b>1,14/</b>	0,5/	0,6/	0,3/	0,37/	<b>1,38/</b>			0,3/	<b>1,0/</b>
	0,7/	0,3/	<b>1,4/</b>	0,45/	0,6/	0,8/			0,4/	0,53/
	0,7/	0,4/	0,9/	0,3/	0,65/	0,5/			0,28/	0,27/

	<b>1,1/</b>	0,5/	<b>3,0/</b>	<b>1,2/</b>	0,77/	0,7/			0,6/	<b>1,1/</b>
	0,8/	0,4/	<b>1,75/</b>	0,4/	<b>1,6/</b>	0,6/			0,4/	0,8/
	<b>1,66</b>	0,7	<b>2,6</b>	0,35	0,3	0,4			0,2	<b>1,6</b>

### 11.8. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив

Основными источниками загрязнения прибрежной акватории Японского моря в районе п. Александровск по-прежнему являются сбросы загрязненных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Основными загрязнителями являются предприятия коммунально-бытовых служб, нефтебаза, морские суда и другие.

В 2017 году кислородный режим в исследуемой акватории был в пределах нормы. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода была в пределах 8,46 мг/дм<sup>3</sup>. Как видно из таблицы 5, наименьшие концентрации кислорода отмечались в октябре. Наибольшие концентрации растворенного кислорода наблюдались в мае и составляли 10,58 мг/дм<sup>3</sup>. В целом, в течение года концентрация растворенного кислорода изменялась от 7,10 до 10,58 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрации биогенных элементов за исследуемый период были в пределах среднегодовых значений. Так, максимальная концентрация азота аммонийного наблюдалась в мае и составила 37,3 мкг/дм<sup>3</sup>, что значительно ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Концентрация нитритов в течение всего периода мониторинга оставалась в пределах среднегодовых значений. Только в октябре нитриты превысили 3,0 мкг/дм<sup>3</sup> и составили – 7,56 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2017 г. наблюдалось повышение концентрации нитратов в мае и составило 287,89 мкг/дм<sup>3</sup>.

Из всех загрязняющих веществ наибольшее значение имеют нефтяные углеводороды. Среднегодовой уровень их содержания в прибрежной акватории п. Александровск был 0,076 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует 1,5 ПДК. Максимальная среднегодовая концентрация нефтепродуктов достигала 0,116 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует 2,3 ПДК. По сравнению с 2016 годом среднегодовая концентрация нефтепродуктов несколько снизилась.

Концентрации металлов в течение исследуемого периода изменялись в достаточно широком диапазоне. Так, среднегодовая концентрация меди варьировали в пределах от 3,3 до 9,5 мкг/дм<sup>3</sup> (минимум- в мае, максимум – в июле); концентрация цинка – в пределах от 2,1 – 6,8 мкг/дм<sup>3</sup> (минимум- в октябре, максимум – в июне); концентрация свинца – в пределах от 0,4 до 1,0 мкг/дм<sup>3</sup>; концентрация кадмия за весь 2017 год была меньше 0,3 мкг/дм<sup>3</sup>.

По сравнению с 2015-2016 г.г. качество морской воды в прибрежной акватории Японского моря в районе п. Александровск не ухудшилось.

Концентрации основных загрязняющих веществ были в пределах среднесуточных значений.

**Донные отложения.** По сравнению с предыдущим в 2017 году наблюдалась следующие тенденции: увеличение среднегодовой концентрации нефтепродуктов в 1,2 раза; уровень содержания фенолов снизился и был достаточно низким. Концентрации фенолов в донных отложениях варьировали в пределах от 0,05 до 0,28 мкг/г. В 2017 году среднегодовые концентрации металлов увеличились по цинку и меди. Так наибольшая концентрация цинка в 2017 году отмечалась в мае и составила 144 мкг/г. Наибольшая концентрация меди - в октябре и составила 7,8 мкг/г. Среднегодовая концентрация свинца и кадмия в 2017 году меньше, чем среднегодовые значения, измеренные в 2016 году.

## Литература

1. РД 243. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243-92. ред. С.Г.Орадовский, СПб, Гидрометеиздат, 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, Гидрометеиздат, 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. Бухарицин П.П. Гидрологические процессы в Северном Каспии. - Москва, ИВП РАН, 1996, 62 с.
11. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. – Москва, МГУ, 1975, 272 с.

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

13. 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.

14. Отчет CASPINFO [http://www.caspinfo.ru/news/zips/Timur05\\_02](http://www.caspinfo.ru/news/zips/Timur05_02)

15. Ilyin I., O.Rozovskaya, O.Travnikov, M.Varygina, W.Aas, and H.T.Uggerud [2013], Heavy Metal Transboundary Pollution of the Environment, EMEP Status Report 2/2013, ([http://www.msceast.org/reports/2\\_2013.pdf](http://www.msceast.org/reports/2_2013.pdf))

16. Gusev A., V.Shatalov, O.Rozovskaya, V.Sokovykh, N.Vulykh, W. Aas, K. Breivik, A.A.Katsogiannis [2013], Persistent Organic Pollutants in the Environment, EMEP Status Report 3/2013, ([http://www.msceast.org/reports/3\\_2013.pdf](http://www.msceast.org/reports/3_2013.pdf))

17. 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.

18. Репетин Л.Н. Климатические изменения ветрового режима северного побережья Черного моря. - Тез. Докл. На II междуна. Конф. посвящ. 75-летию ОГЭУ «Наволокишине природне середовище-2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки», Одесса, 26-28.09.2007 г., с. 173.

19. Азовское море: Справочник по гидрометеорологии, 1962, Л., Гидрометеиздат, 856 с.

20. Боровская Р.В., Ломакин П.Д., Панов Д.Б., Спиридонова Е.О. Современное состояние ледовых условий в Азовском море и Керченском проливе на базе спутниковой информации. - Препринт, Севастополь, НАН Украины, МГИ, 2008, 42 с.

21. Сухой В.Ф. Моря Мирового океана. - Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.

22. Mee L., Jeftic L. AoA Region: Black Sea. - UNEP, 2010, 9 p.

23. Доклад о состоянии вод черноморского региона в 2011 году, БДЧР, 2011. (на болг.яз.)

[http://www.bsbd.org/UserFiles/File/godishen%20doklad%20za%20sastoianieto%20na%20vodite%202011\\_12.09.pdf](http://www.bsbd.org/UserFiles/File/godishen%20doklad%20za%20sastoianieto%20na%20vodite%202011_12.09.pdf)

24. Ежегодник Национального статистического института, 2011. (на болг.яз.) <http://www.nsi.bg/census2011/pagebg2.php?p2=175&sp2=190> Постановление о стандартах качества окружающей среды, (Наредба СКОС), Министерство окружающей среды, 2010 (на болг.яз.) <http://www3.moew.government.bg/?show=top&cid=84&lang=bg>

25. Konovalov S.K., Ereemeev V.N. Monitoring of the Black Sea biogeochemical properties: major features and changes. - In: Earth Systems Change over Eastern Europe, Eds. P.Ya.Groisman, V.I.Lyalko, Kyiv, Akadempriodyka, 2012, p. 363-385.

26. Моисеенко О.Г., Коновалов С.К., Козловская О.Н. Внутригодовые и многолетние изменения карбонатной системы аэробной зоны Черного моря. - Морской гидрофизический журнал, 2010, №6, с. 42-57,

27. Коновалов С.К., Овсяный Е.И. Исследование влияния грязевых вулканов на содержание сероводорода и кремниевой кислоты в Черном море. - Морской Гидрофизический Журнал, 1998, №6, с. 72-78.

28. Коновалов С.К., Еремеев В.Н. Региональные особенности, устойчивость и эволюция биогеохимической структуры вод Черного моря. - Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Черного моря, ред. Еремеев В.Н., Коновалов С.К. ISBN: 978-966-02-6508-0, Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012, с.273-299.

29. Долотов В.В., С.К. Коновалов, А.С. Романов, О.Г. Моисеенко, Е.И. Овсяный, С.В. Алемов, Ю.Л. Внуков. Биогеохимический потенциал как основа для районирования морской среды Севастопольской бухты. - Морские ресурсы прибрежной зоны Украины, ред. Гожик П.Ф., Иванов В.А., Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012, с. 206-222.

30. Konovalov S., V. Vladymyrov, V. Dolotov, A. Sergeeva, Yu. Goryachkin, Yu. Vnukov, O. Moiseenko, S. Alyemov, N. Orekhova, L. Zharova. Coastal Management Tools and Databases for the Sevastopol Bay (Crimea). - Proceedings of the Tenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Ed. E. Özhan, MEDCOAST 11, 25-29 October 2011, Rhodes, Greece, MEDCOAST, Mediterranean Coastal Foundation, Dalyan, Muğla, Turkey, 2011, vol. 1, p. 145-156.

31. Петренко О.А., Жугайло С.С., Авдеева Т.М., Загайная О.Б. Результаты исследований нефтяного загрязнения Керченского пролива в 2010-2011 гг. - Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане, Керчь, ЮгНИРО, 2012, с. 152-156.

32. Троценко Б.Г., Жугайло С.С., Себах Л.К., Евченко О.В., Заремба Н.Б., Загайный Н.А. Оценка влияния изменчивости гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров на биопродуктивность Керченского пролива. - Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане, Керчь, ЮгНИРО, 2012, с. 86-97.

33. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. - Издательство Московского университета, 1982, с.
34. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. - М.: Мысль, 1999, с.
35. <http://geographyofrussia.com> (загрязнение)
35. Арктическая энциклопедия - Москва, «Паулсен», т. 1, 2017, 688 с.
36. Баренцево море, т 1, вып. 1 - Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1990, 280 с.
37. 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/>).

СПИСОК  
опубликованных Ежегодников

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

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

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

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

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

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

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1976 год. – Н.А.Родионов, Н.А.Афанасьева, Н.С.Езжалкина, Т.А.Бакум, А.Н.Зубакина, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1977, 120 с.

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

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

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

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

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

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

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

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1987 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1988, 179 с.

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

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

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

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1991 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянов, М.В.Кудряшенко, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кириянова. - 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.Кириянова. - 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.Кириянова. - 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.Кириянова. - 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.Кириянова. - 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.Кириянова. - Москва, 1997, 110 с.

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

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2000. – Н.А.Афанасьева, И.Г.Матвейчук, И.Я.Агарова, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, под ред. А.Н.Коршенко, Санкт-Петербург. - Гидрометеиздат, 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, Гидрометеиздат, 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.Кириянов. – М, Метеоагентство Росгидромета, 2006, 200 с.

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

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

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2007. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Панова А.И., Иванов Д.Б., Кириянов 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 «ФОП», 2009, 192 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2009. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Кирьянов В.С., Крутов А.Н., Кочетков В.В. – Обнинск, «Артифекс», 2010, 174 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2010. – Под ред. Коршенко А.Н., Обнинск, «Артифекс», 2011, 196 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2011. – Под ред. Коршенко А.Н., Обнинск, «Артифекс», 2012, 196 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2012. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2013, 200 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2013. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2014, 208 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2014. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2015, 156 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2016, 184 с.

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

[http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=282](http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=282)

1. - **РД 52.10.728-2010**. Основные требования к компетентности лабораторий при проведении мониторинга состояния и загрязнения морской среды.
2. - **РД 52.10.735-2018**. Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Водородный показатель (рН)").
3. - **РД 52.10.736-2010**. Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Растворенный кислород").
4. - **РД 52.10.737-2010**. Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах в присутствии сероводорода. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Растворенный кислород в присутствии сероводорода").
5. - **РД 52.10.738-2010**. Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Фосфаты").
6. - **РД 52.10.739-2010**. Массовая концентрация общего фосфора в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Общий фосфор").
7. - **РД 52.10.740-2010**. Массовая концентрация азота нитритного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Нитриты").
8. - **РД 52.10.742-2018**. Объемная доля сероводорода в морской воде. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Сероводород")
9. - **РД 52.10.743-2010**. Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Общая щелочность").
10. - **РД 52.10.744-2010**. Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдокремневой кислоты (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Кремний").
11. - **РД 52.10.745-2010**. Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после

восстановления в кадмиевом редукторе (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Нитраты").

12. - **РД 52.10.772-2013**. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Аммонийный азот").

13. - **РД 52.10.773-2013**. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Несслера.

14. - **РД 52.10.774-2013**. Массовая доля ртути в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

15. - **РД 52.10.775-2013**. Массовая доля металлов в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела "Следовые элементы (железо, марганец, хром, никель)").

16. - **РД 52.10.777-2012**. Внутренний контроль качества информации о состоянии и загрязнении морской среды.

17. - **РД 52.10.778-2013**. Массовая концентрация растворенных форм железа, марганца и хрома в пробах морской воды. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

18. - **РД 52.10.779-2013**. Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии.

19. - **РД 52.10.803-2013**. Массовая доля нефтяных углеводородов в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 7).

20. - **РД 52.10.804-2013**. Массовая доля анионных синтетических поверхностно-активных веществ в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии в режиме электротермической атомизации (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 6).

21. - **РД 52.10.805-2013**. Массовая концентрация общего азота в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия.

22. - **РД 52.10.806-2013**. Массовая концентрация хлоридов в пробах распресненных морских вод. Методика измерений аргентометрическим методом.

23. - **РД 52.10.807-2013**. Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в морских водах. Методика измерений экстракционно-фотометрическим методом с метиленовым голубым (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 6).

**Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2017.** – под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2017, 220 с.

**ISBN 978-5-9500646-4-7**

© Коршенко А.Н.

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

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

Тираж 400 экз. Зак. №

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

ISBN 978-5-9500646-4-7



9 785950 064647