

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды (Росгидромет)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КАСПИЙСКИЙ МОРСКОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР»
(ФГБУ «КаспМНИЦ»)

**ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ О СОСТОЯНИИ И ЗАГРЯЗНЕНИИ МОРСКОЙ
СРЕДЫ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ ЗА 2020 Г.**



Астрахань, 2021

РЕФЕРАТ

Отчет 63 с., 1 кн., 4 рис., 25 табл., 37 источн., 0 прил.

РОССИЙСКИЙ СЕКТОР НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ, КАСПИЙСКОЕ МОРЕ, СЕВЕРНЫЙ КАСПИЙ, СРЕДНИЙ КАСПИЙ, Р. ВОЛГА, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, СТОК ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД, ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ.

Предметом исследований являются сток загрязняющих веществ р. Волги, состояние и уровень загрязнения морской среды российского сектора Каспийского моря в 2020 г. Исследования выполнены на основе данных наблюдений на гидрологическом посту Верхнелебяжье, на вековых разрезах государственной наблюдательной сети Росгидрпомета на акватории Северного Каспия и данных Единого государственного фонда данных по результатам производственного экологического мониторинга на Северном и Среднем Каспии.

Цель работы – оценка стока загрязняющих веществ, поступающих в Каспийское море, анализ современного состояния и изменения уровня загрязнения морской среды российского сектора недропользования Каспийского моря за 2020 г.

Для определения качества водоемов по комплексу гидрохимических показателей (ингредиентов) использовались методы, рекомендованные Росгидрометом – РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений» [1].

Результатом работы является бюллетень о состоянии и загрязнении морской среды российского сектора Каспийского моря за 2020 г., в котором представлена комплексная оценка стока загрязняющих веществ р. Волги в Каспийское море и уровня загрязнения морской среды в 2020 году.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	12
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	17
3 ОЦЕНКА СТОКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ Р. ВОЛГИ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ В 2020 ГОДУ.....	28
4 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ.....	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	60

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями

Акватория	– водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ [2].
Вековой океанографический разрез	– вертикальное сечение океана (моря), отражающее его структуру по распределению какого-либо элемента: температуры, солености, плотности, содержанию кислорода, скорости течения, биомассы планктона и т. п. Выполняется регулярно в течение многих лет [3].
Водоем	– водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием [4].
Водоток	– водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности [4].
Гидрологический пост	– пункты стационарных гидрологических наблюдений, прикрепленные к гидрологическим станциям, производят стандартные, т. е. регламентированные, наблюдения за основными элементами гидрологического режима [5].
Гидрологический режим	– совокупность закономерно повторяющихся изменений состояния водного объекта, присущих ему и отличающих его от других водных объектов [4].
Государственный экологический мониторинг	– (государственный мониторинг окружающей среды) – комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды [6].
Загрязняющие вещества	– вещества или смеси веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду [6].

Загрязнение водных объектов	– сброс или поступление иным способом в водные объекты (поверхностные и подземные), а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество вод, ограничивают их использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов; антропогенное привнесение в водную экосистему различных загрязняющих веществ, воздействие которых на живые организмы превышает природный уровень, вызывая их угнетение, деградацию и гибель [7].
Качество воды	– характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования [4].
Качество окружающей среды	– состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью [6].
Кратность загрязнения	– характеристика загрязнения вод, определяющаяся кратностью превышения ПДК [8].
Межень	– фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня, и возникающая вследствие уменьшения питания реки [4].
Объем стока	– объем воды, стекающий с водосбора за какой-либо интервал времени [4].
Половодье	– фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды, и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников [9].
Производственный экологический мониторинг	Осуществляемый в рамках производственного экологического контроля мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды, включающий долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценку и прогноз состояния окружающей среды, ее загрязнения на территориях субъектов хозяйственной и иной деятельности (организаций)

	и в пределах их воздействия на окружающую среду [10].
Сток речной	– сток, происходящий по речной сети [9].
Устойчивость загрязнения	– характеристика загрязнения вод, выражающаяся в процентах, определяющая количество проб, в которых обнаружено достижение или превышение ПДК [11].

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчёте о НИР применяют следующие сокращения и обозначения

ААС	– атомно-абсорбционная спектроскопия
АПАВ	– анионные поверхностно-активные вещества
АЦГМС	– Астраханский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»
БПК ₅	– биологическое потребление кислорода (5 суток)
БС	– Балтийская система
ВМО	– Всемирная метеорологическая организация
ВР	– вековой разрез
ВО	– водный объект
г.	– год
ГЖХ	– газожидкостная хроматография
ГНС	– государственная наблюдательная сеть
ГОИН	– Государственный океанографический институт
г/п	– гидрологический пост
ГХ	– газовая хроматография
ГХИ	– Гидрохимический институт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Д	– денситометрия
ДДД	– дихлордифенилдихлорэтан
ДДЭ	– дихлордифенилдихлорэтилен
ДК	– допустимая концентрация
ДО	– донные отложения
ДДТ	– дихлордифенилтрихлорэтан
ЕГФД	– Единый государственный фонд данных
Ед. изм.	– единица измерения
ЗВ	– загрязняющее вещество
ИВА	– инверсионная вольтамперометрия

ИЗВ	– индекс загрязненности вод
ИК	– инфракрасная спектроскопия
КаспМНИЦ	– ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»
км	– километр
куб. м.	– кубический метр
КХА	– количественный химический анализ
м	– метр
МКД	– морской край дельты
МО	– Мировой океан
не изм.	– не измерялось
НУ	– нефтяные углеводороды
П	– патенциометрия
ПАУ	– полиароматические углеводороды
ПДК	– предельно допустимая концентрация
Пов.	– поверхность
ПХБ	– полихлорированные бифенилы
ПЭМ	– производственный экологический мониторинг
р.	– река
РСНП	– российский сектор недропользования
Рыб. хоз.	– рыбохозяйственное назначение
СКО	– среднее квадратическое отклонение
СПАВ	– синтетические поверхностно-активные вещества
Ср. знач.	– среднее значение
ТМ	– тяжелые металлы
УВ	– углеводороды
УГМС	– Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Ф	– фотометрия
ХОП	– хлорорганические пестициды
Kv	– коэффициент вариации
0	– ниже предела обнаружения
α -, β -, γ -ГХЦГ	– изомеры гексахлорциклогексана

ВВЕДЕНИЕ

Своеобразие Каспийского моря – замкнутость, расположение во внутренней области Евразии – обуславливают высокую зависимость режима водоема от воздействия внешних факторов, прежде всего от речного стока и испарения. Влияние стока прямо или косвенно сказывается на всех компонентах экосистемы моря. Уникальной чертой Каспийского моря является его эндемичность и высокая биопродуктивность. В современный период экосистема Каспия испытывает значительную антропогенную нагрузку, в том числе от загрязнения из источников, располагающихся на суше в водосборном бассейне реки Волги.

Сток главной реки бассейна моря – Волги, обеспечивающей до 80 % стока речных вод в Каспийское море, подвержен ежегодным и значительным изменениям. Они связаны как с естественными колебаниями гидрометеорологических условий в бассейне, так и с проблемой зарегулирования стока и антропогенным воздействием [12].

Колебания гидрологического режима и стока р. Волги влекут за собой изменения среды обитания морской биоты, а иногда и ухудшение условий жизни и воспроизводства морских организмов, особенно в высокопродуктивном Северном Каспии. Высокий уровень изменчивости гидрологических и гидрохимических условий Каспийского моря требует регулярных наблюдений за его природным режимом и оценки динамики происходящих изменений. Без такого контроля невозможно долгосрочное прогнозирование состояния моря и связанных с ним перспектив хозяйственного использования [12].

Охрана целостности и стабильности экосистемы Каспийского моря регулируется на государственном и международном уровне. Однако сложная система бассейна Каспийского моря имеет комплекс экологических проблем, требующих детального рассмотрения. Многообразие источников загрязнения акватории от антропогенных до природных делает разработку природоохранных мер сложной и междисциплинарной задачей [13].

Целью данной работы является определение характеристик гидрохимического режима и уровня загрязнения морской среды РСНП Каспийского моря в 2020 г. при различных природных условиях и степени воздействия антропогенной нагрузки, оценка стока ЗВ, поступающих в морскую экосистему.

Настоящий отчет содержит результаты исследований по теме 4.6.1 «Оценка долгосрочных тенденций изменения состояния и уровня загрязнения морей Российской Федерации по гидрохимическим и гидробиологическим показателям на основе данных

государственного мониторинга».

Основу отчета составляют материалы экспедиционных, научных и производственных работ, проведенных на акватории Каспийского моря Северо-Кавказским УГМС, ГОИН, КаспМНИЦ, АЦГМС и результаты ПЭМ.

Бюллетень содержит средние и максимальные за сезон значения отдельных гидрохимических показателей морских вод контролируемых районов, а также характеристику уровня загрязнения вод и донных отложений тяжелыми металлами и широким спектром веществ антропогенного и природного происхождения. Для контролируемых акваторий дана оценка состояния вод по отдельным и комплексным параметрам. Представлены характеристики пространственно-временной изменчивости концентраций ЗВ и ориентировочная оценка стока некоторых токсикантов в Каспийское море.

Выполнена комплексная оценка экологического состояния и уровня загрязнения акватории РСНП Каспийского моря в 2020 году, проведен анализ стока ЗВ р. Волги.

Результаты исследований предназначены для федеральных и региональных органов власти, администраторов практической природоохранной деятельности и участников хозяйственно-производственной деятельности на шельфе морей, для широкой российской и международной общественности. Оценка текущего гидрохимического состояния и уровня загрязнения акваторий, а также выявленные тенденции могут быть использованы в научных исследованиях и при планировании хозяйственных и природоохранных мероприятий [14].

Основным результатом исследований является опубликованный на сайте ФГБУ «КаспМНИЦ» «Ежегодный бюллетень о состоянии и загрязнении морской среды российского сектора Каспийского моря за 2020 г.».

Бюллетень состоит из четырех частей. В первой дана характеристика объекта исследования. Во второй – описаны материалы исследований и методы оценки качества вод и донных отложений, рекомендованные Росгидрометом, приведено количество экспедиционных работ. Третья глава посвящена оценке стока ЗВ в Каспийское море в 2020 году. В четвертой части проведен анализ загрязнения морской среды РСНП Каспийского моря за 2020 год.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Каспийское море – самый большой изолированный бессточный водоем, с неоднородным рельефом дна, сложными условиями формирования процессов циркуляции воды и осадкообразования. Для Каспийского моря характерны изменчивый солевой режим, высокое насыщение поверхностных вод кислородом за счет интенсивного развития фотосинтетических процессов и образование дефицита кислорода в придонном слое при стратификации водной толщи и расходе кислорода на минерализацию органических остатков. Значительное содержание биогенных веществ и ускоренная их оборачиваемость определяют высокую биологическую продуктивность водоёма [15, 16, 17].

Для Каспийского моря характерны многолетние колебания уровня моря. Уровень Каспия в 2017 г. составил - 27,99 м БС, в 2018 г. – - 28,03 м БС, на пике сезонного хода в июле 2019 г. уровень Каспийского моря (пост Баку) был более чем на 20 см ниже отметки июля предыдущего года. Но темпы его последующего сезонного снижения были несколько меньше, чем в аналогичный период прошлого года. В результате уровень моря в декабре 2019 г. оказался примерно на 15 см ниже, чем в декабре 2018 г. Основной причиной такого резкого снижения уровня стал низкий сток р. Волги в 2019 г. (205 куб. км в вершине дельты), который был существенно ниже нормы (238 куб. км). 2019 год вошел в ряд экстремально маловодных лет, хотя и не побил рекордов 1996 (176 куб. км) и 2015 гг. (182 куб. км). Данные о десятилетних колебаниях уровня моря представлены в таблице 1 [18].

Таблица 1 – Уровень Каспийского моря в 2010-2019 гг.

Год	Уровень моря, м БС
2010	-27,25
2011	-27,50
2012	-27,55
2013	-27,62
2014	-27,69
2015	-27,98
2016	-27,99
2017	-27,99
2018	-28,03
2019	-28,20

Основные источники загрязнения Каспийского моря – речной сток и сточные воды промышленных предприятий, сельского хозяйства, коммунального и водного хозяйства, строительство и эксплуатация буровых платформ. Антропогенное влияние изменило

структуру экосистемы моря. В современный период происходит изменение физических и химических свойств воды. Море загрязнено широким спектром токсических веществ техногенного происхождения и нефтяными углеводородами. В воде и донных отложениях Каспийского моря присутствуют пестициды, поверхностные активные вещества, ртуть, свинец, кадмий, медь, мышьяк, фенол и др. Наблюдается повышение уровня биопродуктивности, изменение видового состава биологических сообществ и нарушение устойчивости трофических связей [15, 19, 20].

Расчет по многолетним наблюдениям показывает, что бассейн р. Волги определяет основную часть поверхностного притока к морю (до 86 %) (таблица 2).

В настоящее время регион Волжского бассейна продолжает оставаться одним из наиболее напряженных по экологической обстановке в России, и, несмотря на снижение антропогенной нагрузки за последнее десятилетие, качество волжской воды остается неудовлетворительным [21]. Основной объем загрязняющих веществ (до 90 % от общего) поступает в Каспийское море с речным стоком. Это соотношение прослеживается почти по всем приоритетным ЗВ (НУ, фенолы, СПАВ, органические вещества, металлы и др.) [22-23].

Таблица 2 – Среднемноголетние объемы стока основных водных артерий Северного Каспия

ВО	Объем стока, км ³	%	Период наблюдений
р. Кура	14,2	5,1	1946-2018
р. Урал	8,1	2,9	1936-2017
р. Аликазган	5,2	1,9	1965-2019
р. Терек	6,4	2,3	1965-2019
р. Сулак	4,8	1,7	1976-2019
р. Волга	242,2	86,2	1961-2019
Всего	280,97		

Анализ объемов сточных вод за 27 лет (таблица 3) показывает устойчивую тенденцию к снижению количества сбросов загрязненных вод, а также демонстрирует прямую зависимость снижения сбросов в Каспийский бассейн от снижения сбросов в р. Волгу.

Наиболее высокий уровень сбросов в бассейн р. Волги регистрировался в 1993 г. и составил 10,2 млрд м³, в это же время отмечен наибольший сток ЗВ в Каспий. С этого момента наблюдается планомерное снижение сброса загрязненных сточных вод (рисунок 1) [24, 25].

Таблица 3 – Объем сброса загрязненных сточных вод по бассейнам р. Волги и Каспийского моря 1993-2019 гг. (по данным Росводресурсов)

Год	Бассейн Каспийского моря (млрд м ³)	В том числе бассейн р. Волги (млрд м ³)
1993	12,1	10,2
1994	11,0	9,6
1995	10,4	9,2
1996	9,8	8,7
1997	9,8	8,7
1998	9,5	8,6
1999	9,1	8,4
2000	9,2	8,3
2001	8,9	8,1
2002	9,2	8,5
2003	8,4	7,7
2004	8,3	7,6
2005	8,0	7,3
2006	7,8	7,2
2007	7,4	6,8
2008	7,5	6,7
2009	6,8	6,1
2010	7,3	6,4
2011	7,1	6,2
2012	7,0	6,2
2013	6,9	6,2
2014	6,4	5,6
2015	6,3	5,5
2016	6,1	5,3
2017	5,9	5,1
2018	5,8	5,0
2019	5,2	4,7

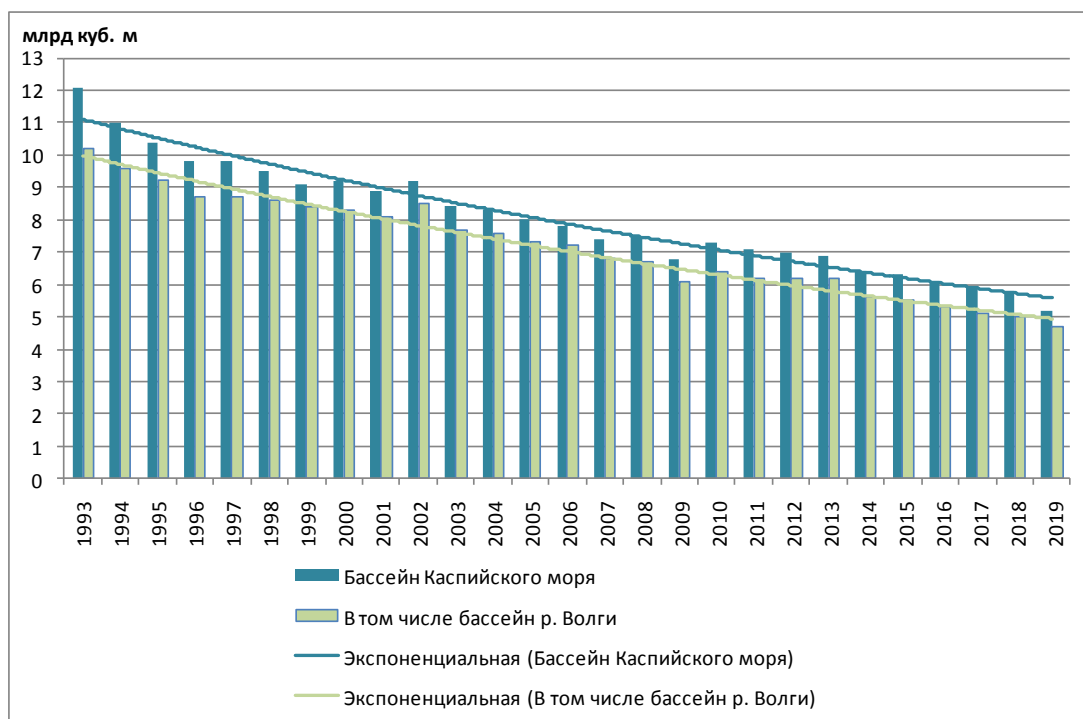


Рисунок 1 – Многолетняя динамика объема сбросов загрязненных сточных вод по бассейнам р. Волги и Каспийского моря, по данным Росводресурсов (1993-2019 гг.)

Анализ данных многолетних наблюдений Росгидромета за объемом стока воды по основным рукавам р. Волги показал, что распределение стока между западной и восточной частями дельты происходит крайне неравномерно (таблица 4). Основная масса вод проходит по западной части [14].

Таблица 4 – Среднемноголетние объемы стока воды из дельты р. Волги в Каспийское море по данным режимных наблюдений Росгидромета за период 1982-2017 гг.

Показатель	Зоны	Квартал			
		I	II	III	IV
Объем стока воды (км ³)	Вершина	42,1	105,4	74,7	50,2
	Средняя зона Восточная часть	15,4	35,7	25,6	16,4
	Средняя зона Западная часть	26,7	69,7	49,1	33,8

Сток ЗВ в Каспийское море также распределяется неравномерно. Рассчитанные показатели указывают на то, что и основной сток загрязняющих веществ регистрируется в западной части дельты (таблица 5).

Таблица 5 – Сток ЗВ из дельты р. Волги в Каспийское море по данным режимных наблюдений Росгидромета за период 1982-2017 гг.

Показатели	Вершина	Средняя зона		
		Восточная часть	Западная часть	Всего
НУ (тыс.тонн/год)	54,8	20,0	40,3	60,3
Фенолы (тыс.тонн/год)	0,724	0,238	0,477	0,715
СПАВ (тыс.тонн/год)	11,7	3,31	6,62	9,93
Железо (тыс.тонн/год)	68,1	17,2	36,4	53,6
Цинк (тонн/год)	6578,8	2471,4	4371,3	6842,6
Медь (тонн/год)	1649,9	560,4	1067,2	1627,7
Марганец (тонн/год)	1006,9	324,5	676,2	1000,7
Никель (тонн/год)	2261,1	807,9	1767,8	2162,6
Хром (тонн/год)	344,2	110,1	206,5	317,0
Кобальт (тонн/год)	96,82	16,17	34,39	50,56
Свинец (тонн/год)	406,0	105,6	268,0	373,5
Кадмий (тонн/год)	36,8	5,26	9,74	15,0
Молибден (тонн/год)	185,12	55,0	90,92	145,92
Ртуть (тонн/год)	6,70	2,02	5,98	8,00
Олово (тонн/год)	848,25	253,28	497,63	750,91
α-ГХЦГ (тонн/год)	0,272	0,110	0,180	0,290
γ-ГХЦГ (тонн/год)	0,420	0,198	0,249	0,447
ДДТ (тонн/год)	1,291	0,496	0,745	1,214
ДДЭ (тонн/год)	0,272	0,093	0,180	0,273

Кроме того, разница между массой ЗВ, поступающей в вершину дельты (г/п Верхнелебяжье) и массой, зарегистрированной в водотоках на выходе из дельты, говорит, с одной стороны, о наличии источников загрязнения некоторыми ЗВ на отрезке вершина дельты – средняя зона, а с другой стороны, о фильтрации и самоочищении воды.

Таким образом, данные таблицы 5 указывают на наличие в дельте локальных

источников загрязнения НУ, цинком, ртутью и ГХЦГ. Снижение концентрации других ЗВ по направлению к морю свидетельствует об очищении воды.

Антропогенные факторы являются основным источником поступления ЗВ в водотоки дельты Волги. Объекты промышленного и сельскохозяйственного производства, расположенные вдоль берегов, оказывают значительное воздействие на состояние и загрязнение волжских вод. Ориентировочные оценки стока ЗВ в Каспийское море приведены в главе 3.

Каспийское море богато месторождениями нефти и газа, поэтому изучение загрязнения моря НУ является одним из наиболее приоритетных направлений мониторинга Каспия.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Естественный фон – это физические, химические и иные показатели, характеризующие неизмененную человеком природную среду, отражающие уровень относительно постоянного (в пределах естественных многолетних отклонений) влияния того или иного природного фактора, и позволяющие давать количественную оценку эффектам воздействия человека на окружающую среду и отдельные ее компоненты.

Существует понятие антропогенного фона, которое подразумевает концентрацию веществ в окружающей среде в результате воздействия деятельности человека (концентрация химических веществ в окружающей среде, характерная для конкретного участка без привязки к какому-либо конкретному источнику). Здесь можно рассматривать историческую антропогенную деятельность, эффект диффузии, осаждение веществ из атмосферы, сток загрязняющих веществ с речным стоком и т. д. Либо, в случае рассмотрения отдельного антропогенного источника загрязнения, воздействие на окружающую среду антропогенных источников, расположенных в зоне действия рассматриваемого объекта [26].

Согласно рекомендациям по применению действующих нормативно-методических документов по определению фоновой концентрации загрязняющих веществ, данным Государственным океанографическим институтом (ГОИН), являющимся методическим центром Российской Федерации в области мониторинга загрязнения морей, рассматриваемые нормы по санитарно-химическим, физико-химическим и радиологическим показателям поверхностных вод могут быть применены в качестве обязательных требований к составу и свойствам морской воды в контрольных пунктах и местах водопользования населения [27].

В настоящее время ГОИН рекомендует в качестве фоновой концентрации вещества принимать статистически обоснованную верхнюю доверительную границу возможных средних значений концентрации этого вещества, рассчитанную по результатам гидрохимических наблюдений для наиболее неблагоприятного в отношении качества морской воды периода (сезона) в годовом цикле.

При расчете фоновой концентрации вещества в морских водах используются данные регулярных наблюдений (мониторинга) в выбранном районе не менее чем за один год – при ежемесячной, ежедекадной частоте отбора проб морских вод, но не менее чем за пятилетний период – при четырехразовом отборе проб морских вод в течение года. По рекомендациям Росгидромета, для расчета фоновой концентрации выбираются станции

(точки) систематических наблюдений (мониторинга), расположенные на морской акватории вне зоны влияния действующих выпусков сточных вод, одиночных или совокупных, на расстоянии более 5 км, по рекомендациям Минприроды России [28, 29].

На основании вышеизложенного определение фоновой концентрации разбивается на два понятия. Согласно первому, фоновая концентрация является показателем глобального (общего) загрязнения, а согласно второму – показателем локального (точечного, местного) загрязнения [30]. Поэтому существуют расхождения в способах ее определения. Фоновая концентрация как показатель глобального (общего) загрязнения приравнивается к минимальной концентрации ЗВ, свойственной данной местности, для этого в качестве «фоновой концентрации» используют данные мониторинга состояния заповедных территорий. Тогда как при оценке локального загрязнения фоновая концентрация приравнивается почти к максимальным значениям содержания ЗВ в окружающей среде, поступающих из всех известных источников.

Основным источником информации о загрязнении природных водных объектов на территории Российской Федерации являются режимные наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши и морской воды, осуществляемые оперативно-производственными подразделениями Росгидромета, в рамках государственного мониторинга состояния поверхностных вод.

Исследования выполнены на основе данных наблюдений на г/п Верхнелебязье, на вековых разрезах государственной наблюдательной сети Росгидромета на акватории Северного Каспия и данных ЕГФД по результатам ПЭМ на Северном и Среднем Каспии. Для ориентировочной оценки качества водной среды использованы средние за рассматриваемый период гидрохимические показатели и концентрации ЗВ.

Исследование стока ЗВ с волжскими водами в Северный Каспий основано на многолетних данных о годовом водном стоке по основному руслу р. Волги у с. Верхнее Лебязье.

Оценка стока ЗВ р. Волги в Каспийское море выполнена на основе данных наблюдений на г/п Верхнелебязье (рисунок 2). Г/п Верхнелебязье расположен в вершине современной дельты р. Волги, в месте отделения от основного русла левого крупного дельтового рукава – Бузана, в 50 км выше г. Астрахань.

Для ориентировочной оценки стока растворенных ЗВ в Каспийское море использованы следующие данные:

- средняя за рассматриваемый период концентрация загрязняющих веществ (C_i) в водах средней зоны дельты (в связи с отсутствием данных по нижней зоне);

Продолжение таблицы 6

1	2	3		4
2020	21	48° 56'	45° 03'	6,6
	22	48° 56'	44° 53'	11,0
	Разрез IIIa ГНС			
	2	47° 48'	44° 49'	6,1
	5	47° 56'	44° 36'	6,3
	7	48° 01'	44° 28'	8,7

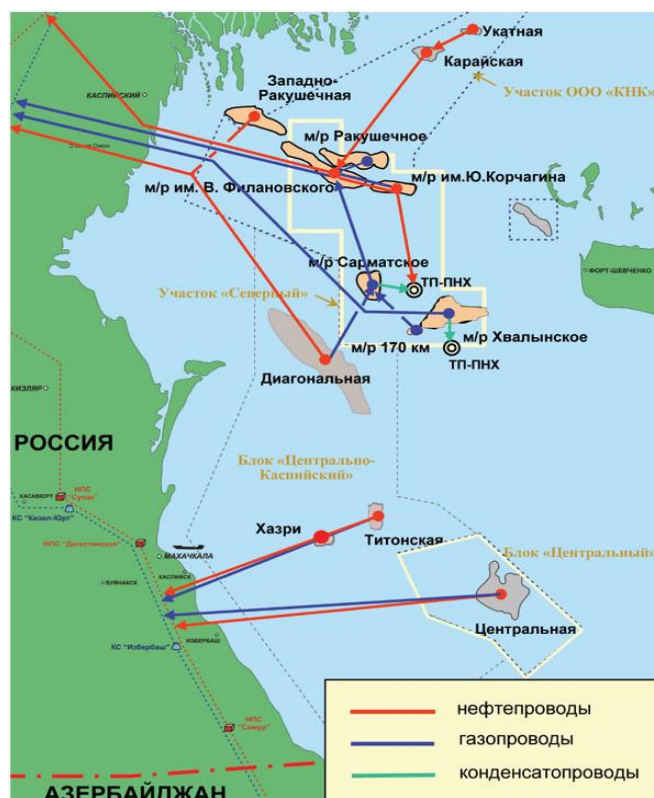


Рисунок 4 – Районы нефтегазодобычи в Каспийском море

Для определения количественных гидрохимических характеристик исследуемых ВО использовались рекомендованные Росгидрометом методики (таблица 7, 8). В таблице 8 приведено краткое описание методов КХА поверхностных вод. Для гидрохимического анализа состава морских вод Росгидромет рекомендует использовать методы, описанные в таблице 9.

Для оценки сезонной изменчивости анализировались данные о концентрациях ЗВ на г/п Верхенелебязье и на ВР ГНС, полученные в период весенней (2 квартал) и осенней (4 квартал) навигации. С учетом особенностей гидрологического режима 2-й квартал можно считать половодьем, а 4-й квартал – осенней меженью.

Всего в рамках мониторинга состояния и загрязнения РСНП Каспийского моря было проведено 472 наблюдения за гидрологическими условиями, отобрано 243 пробы воды для проведения КХА по 34 показателям, отобрано 118 проб ДО для определения гранулометрического и геохимического состава грунтов.

Таблица 7 – Перечень методик КХА природных поверхностных вод суши, рекомендованных Росгидрометом

Ингредиент	Руководящий документ, №, наименование	Метод КХА	Разработчик	Диапазон измеряемых концентраций
1	2	3	4	5
НУ, углеводороды, смолистые компоненты	1. РД.52.24.476-2007. Массовая концентрация нефтепродуктов в водах. Методика выполнения измерений ИК-фотометрическим методом; 2. РД 52.24.454-2006. Массовая концентрация нефтяных компонентов в водах. Методика выполнения измерений ИК-фотометрическим и люминесцентным методами с использованием тонкослойной хроматографии	ИК	ГХИ	1. 0,04 - 2,00 мг/дм ³ ; 2. 0,05-0,1 мг/дм ³
Летучие фенолы, фенолы	1. РД.52.24.480-2006. Массовая концентрация суммы летучих фенолов в водах. Методика выполнения измерений ускоренным экстракционно-фотометрическим методом без отгонки; 2. РД 52.24.487-2011. Массовая концентрация фенола, алкилфенолов и монохлорфенолов в водах. Методика измерений газохроматографическим методом	1. Ф 2. ГХ	ГХИ	1. 2,0 - 18,0 мкг/дм ³ , св. 18,0-25,0 мкг/дм ³ ; 2. 0,5-20,0 мкг/дм ³
СПАВ	РД 52.24.439-2007. Руководящий документ устанавливает методику выполнения измерений массовой концентрации неионогенных СПАВ, имеющих полиоксиэтиленовые фрагменты в молекуле, а также полиэтиленгликолей (ПЭГ) с молекулярной массой более 400 в пробах природных и очищенных сточных вод в диапазоне от 20 до 500 мкг/дм ³ экстракционно-фотометрическим методом.	Ф	ГХИ	20-500 мкг/дм ³
АПАВ	РД 52.24.368-2006. Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в водах. Методика выполнения измерений экстракционно-фотометрическим методом.	Ф	ГХИ	0,01-0,05 св. 0,05-0,4 мг/дм ³
Железо общее	1. РД 52.24.358-2006. Массовая концентрация железа общего в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с 1,10-фенантролином; 2. РД 52.24.466-2011. Массовая концентрация железа общего в водах. Методика измерений денситометрическим методом с реактивной индикаторной бумагой; 3. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб.	1. Ф 2. Д 3. ААС	ГХИ	1. 0,005-1,0 мг/дм ³ ; 2. 0,05-2,0 мг/дм ³ св. 0,2-0,5 мг/дм ³ ; 3. 10,0 - 200 мкг/дм ³
Цинк	1. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений	1. ААС 2. ИВА 3. Д	ГХИ	1. 2,5 – 20,0 мкг/дм ³ ; 2. 2,0-30,0 мкг/дм ³ 5,0-10,0 мкг/дм ³

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
	методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб; 2. РД 52.24.373-95. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации цинка в поверхностных водах суши инверсионным вольтамперометрическим методом; 3. РД 52.24.464-2011. Массовая концентрация цинка в водах. Методика выполнения измерений денситометрическим методом с реактивной индикаторной бумагой.			св. 10,0-25,0 мкг/дм ³ ; 3. 0,01-0,1 мг/дм ³
Медь	1. РД 52.24.465-2011. Массовая концентрация меди в водах. Методика выполнения измерений денситометрическим методом с реактивной индикаторной бумагой; 2. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб; 3. РД 52.24.435-2008. Массовая концентрация меди в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с 8,8-дихинолилдисульфидом.	1. Д 2. ААС 3. Ф	ГХИ	1. 1,0-10,0 мкг/дм ³ ; 2. 0,6-30,0 мкг/дм ³ ; 3. 1,0-10,0 мкг/дм ³
Марганец	РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб.	ААС	ГХИ	0,4-15,0 мкг/дм ³
Никель	1. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб; 2. РД 52.24.494-95. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации никеля в поверхностных водах суши фотометрическим методом с диметилглиоксимом.	1. ААС 2. Ф	ГХИ	4,0-65,0 мг/дм ³
Хром	1. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб; 2. РД 52.24.428-2009. Массовая концентрация общего хрома и хрома (VI) в водах, методика выполнения измерений инверсионным вольтамперометрическим методом; 3. РД 52.24.446-95 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации хрома (VI) в водах	1. ААС 2. ИВА 3. Ф	ГХИ	1. 0,5-30,0 мкг/дм ³ ; 2. 0,5-8,0 мкг/дм ³ ; 3. 1,0-20,0 мкг/дм ³ св. 20,0-30,0 мкг/дм ³

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
	фотометрическим методом с дифенилкарбазидом.			
Свинец	1. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб; 2. РД 52.24.448-2009. Массовая концентрация свинца в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с гексаоксациклоазохромом.	1. ААС 2. Ф	ГХИ	1. 2,0-30,0 мкг/дм ³ ; 2. 10,0-50,0 мкг/дм ³
Молибден	1. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб; 2. РД 52.24.416-2010. Массовая концентрация молибдена в водах. Методика выполнения измерений инверсионным вольтамперометрическим методом.	1. ААС 2. ИВА	ГХИ	1. 1,4-50,0 мкг/дм ³ ; 2. 0,2-10 мкг/дм ³
Кобальт	РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб.	ААС	ГХИ	2,0-40,0 мкг/дм ³
Ртуть	РД 52.24.479-2008. Массовая концентрация ртути в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции в холодном паре.	ААС	ГХИ	0,02-1,0 мкг/дм ³
Кадмий	РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб.	ААС	ГХИ	0,12-2,0 мкг/дм ³
1. ДДТ, 2. ДДЭ, 3. α-ГХЦГ, 4. γ-ГХЦГ	РД 52.24.412-2009. Массовая концентрация гексахлорбензола, альфа-, бета-, и гамма-ГХЦГ, дикофола, дигидрогептахлора, 4,4-ДДТ, 4,4-ДДЕ, 4,4-ДДД, трифлуралина в водах. Методика выполнения измерений газохроматографическим методом.	ГХ	ГХИ	1. 0,020-0,500 мкг/дм ³ ; 2. 0,005-0,150 мкг/дм ³ ; 3. 0,00 -0,05 мкг/дм ³ ; 4. 0,002-0,0500 мкг/дм ³

Таблица 8 – Перечень методик КХА морской воды, взвесей и донных отложений, рекомендованных Росгидрометом

Руководящий документ, №, наименование	Ингредиент	Метод КХА	Разработчик	Диапазон измеряемых концентраций
1	2	3	4	5
РД 52.10.243-92 Руководство по химическому анализу морских вод, (Заменен на РД 52.10.738-2010 Руководство по химическому анализу морских вод. (В части раздела «Фосфаты» (с. 75–81), РД 52.10.742-2010 «Руководство по химическому анализу морских вод» в части раздела «Сероводород» (С. 59-74)).	Соленость	П	ГОИН	-
	Общая щелочность	П	ГОИН	0,8-4,0 (мг/моль)/л
	рН	П	ГОИН	7,6-8,3 ед. рН
	Фосфаты Общий фосфор Общий и органический фосфор	Ф	ГОИН	5-100 мкг/л 250-500 мкг/л
	Кремний	Ф	ГОИН	10-200 мкг/л св. 200-1000 мкг/дм ³
	Нитриты Нитраты Аммонийный азот	Ф	ГОИН	0,5-2,5 мкг/л 5-25 мкг/л 15-50 мкг/л
	НУ	ИК	ГОИН	0,1-1,0 мкг/л
	Фенолы	ГХ	ГОИН	-
	γ-ГХЦГ α-ГХЦГ ДДТ ДДД ДДЕ	ГЖХ	ГОИН	0,5-50,0 мкг/л 0,4-20,0 мкг/л 3,0-200,0 мкг/л 3,0-24,0 мкг/л 2,0-150,0 мкг/л
	Медь Кадмий Свинец Никель Кобальт Марганец Хром Железо Ртуть	ААС	ГОИН	3,6-5,6 мкг/л 0,1-1,3 мкг/л 0,1-0,6 мкг/л 1,1-2,7 мкг/л 0,1-0,18 мкг/л 0,4-1,0 мкг/л 1,6-3,2 мкг/л 4,0-8,0 мкг/л 0,016-0,12 мкг/л
	АПАВ КПАВ	ААС	ГОИН	1,0-5,0 мкг/л
РД 52.10.183-89 Идентификация нефтяных разливов в море.	НУ	ААС	ГОИН	1,0-5,0 мкг/л
РД 52.10.556-95 Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений	Марганец Железо Хром	ААС	ГОИН	20-200 10 ⁻³ 250-1000 10 ⁻³ 5-10 10 ⁻³ 11-50 10 ⁻³ 10-100 10 ⁻³
	Никель			
	АПАВ КПАВ	ААС	ГОИН	1-30 10 ⁻³ 1-30 10 ⁻³
	НУ	ИК	ГОИН	5-100 10 ⁻³
	Фенолы	ИК	ГОИН	0,5-60 10 ⁻³

Однако при ПЭМ лаборатория, проводящая анализы, может использовать и другие методики, в соответствии со своей областью аккредитации.

В системе Росгидромета для комплексной оценки состояния поверхностных и

морских вод применяются расчетные значения ИЗВ, позволяющие отнести воды исследуемого района к определенному классу чистоты. Методической основой комплексного способа является оценка степени загрязненности воды водного объекта по совокупности ЗВ. В качестве норматива используют ПДК вредных веществ [31-32]. Данный индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных показателей (ингредиентов). Уровень загрязненности воды данного водного объекта определяется через относительную характеристику, рассчитанную по реальным концентрациям совокупности ЗВ и соответствующим им нормативам. В расчет ИЗВ включаются три наиболее значительных загрязнителя и содержание растворенного кислорода, для которого вместо слагаемого $C_i/\text{ПДК}_i$ берется отношение норматива содержания кислорода (6 мг/л) на реальное его содержание в пробе (в мг/л).

В соответствии с РД 52.15.880-2019 [1], в качестве параметров оценки качества морской среды рекомендуется использовать критерии экстремально высокого и высокого загрязнения окружающей среды, утвержденные приказом Росгидромета от 31.10.2000 № 156 [7], и нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения, утвержденные Министерством сельского хозяйства России [31].

Одним из признаков загрязнения акватории является высокая вариабельность концентрации ЗВ. В качестве показателя вариабельности рекомендуется использовать коэффициент вариации K_v , рассчитываемый как частное от деления среднеквадратического отклонения на среднее арифметическое значение пространственного ряда концентраций.

Для оценки загрязненности акватории по отдельным показателям рекомендуется использовать повторяемость концентраций, превышающих ПДК (для воды) или ДК (для ДО). В зависимости от значения повторяемости загрязненность акватории данным ЗВ характеризуется как единичная, неустойчивая, устойчивая или характерная.

Загрязненность акватории отдельными ЗВ рекомендуется оценивать по кратности превышения ПДК или ДК фактической концентрацией.

Загрязненность морских вод оценивается по индикатору комплексности K , который рассчитывается как отношение числа веществ, содержание которых превышает норму, к общему числу нормируемых ингредиентов, определяемых на исследуемой акватории: комплексность загрязненности воды считается незначительной при $K < 10 \%$ и более высокой – при $K > 10 \%$.

Для оценки качества ДО рекомендуется использовать «Голландские листы» и

канадские стандарты до момента установления в Российской Федерации нормативов ДК вредных веществ в ДО водных объектов. Оценка уровня нефтяного загрязнения донных отложений является важным показателем воздействия нефтегазового сектора на морскую среду. Выявлению случаев такого загрязнения должно уделяться особое внимание. Оценка качества донных отложений по содержанию в них нефтяных углеводородов проводится по принятой международной шкале [22, 33].

3 ОЦЕНКА СТОКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ Р. ВОЛГИ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ В 2020 ГОДУ

Одним из источников ЗВ в открытой части Северного Каспия является сток р. Волги, влияние которого распространяется практически на всю западную часть Северного Каспия. Вместе с речными водами в море выносятся большое количество ЗВ, объем которых существенно увеличивается в многоводные годы. Часть ЗВ поступает в акваторию РСНП в результате водообмена между западной и восточной частями Северного Каспия. Существуют источники загрязнения и на морской акватории, прежде всего это морской транспорт.

Оценка стока загрязняющих веществ Волги в Каспийское море (таблица 9) выполнена на основе данных наблюдений на г/п Верхнелебязье. Г/п Верхнелебязье расположен в вершине современной дельты р. Волги, в месте отделения от основного русла р. Волги левого крупного дельтового рукава – Бузана, в 50 км выше г. Астрахань.

Водный годовой сток по гидропосту Верхнелебязье в 2020 г. составил 279,8 км³, что в 1,2 раза выше среднеклиматической нормы (240 км³), в 2019 г. этот показатель составил 227,3 км³.

Таблица 9 – Сток загрязняющих веществ р. Волги (г/п Верхнелебязье) в 2019-2020 гг.

Показатели	Сток в 2019 г.	Сток в 2020 г.
НУ, тыс. т	31,88	15,39
Фенолы, тыс. т	0,23	0,33
СПАВ, тыс. т	14,35	12,03
Железо, тыс. т	29,93	30,22
Цинк, тыс. т	4,56	12,64
Медь, тыс. т	0,95	0,45
Марганец, тыс. т	2,03	0,33
Никель, тыс. т	1,65	0,57
Олово, тыс. т	1,09	0,10
Хром, т	307,5	41,97
Свинец, т	715,5	47,57
Ртуть, т	2,05	2,80
Кадмий, т	50,23	260,22
ДДТ, т	0,51	0,03
ДДЭ, т	0,31	0,14
α-ГХЦГ, т	0,54	0,11
γ-ГХЦГ, т	0,31	0,22

Таковы объемы ЗВ, поступивших в Каспий с речным стоком в 2020 г., которые в свою очередь составляют до 85-90 % всех загрязнителей Каспия.

Важно отметить, что в 2020 г. наблюдается тенденция к снижению объема стока

большинства ЗВ. Так, в 2020 г. сток НУ и меди снизился в 2 раза, никеля в 3 раза, марганца в 6 раз, хрома и свинца в десятки раз.

Вместе с увеличением объемов стока р. Волги регистрируется повышение объемов стока цинка (в 3 раза) и кадмия (в 5 раз).

4 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Состояние и загрязнение морской среды РСНП Северного Каспия по гидрохимическим показателям

Обзор состояния химического загрязнения вод РСНП Северного Каспия составлен по данным наблюдений, выполненных АЦГМС в период гидрохимических съемок на ВР ГНС III и ГНС IIIa, а также наблюдений в рамках программ ПЭМ. В 2020 году экспедиционные работы Росгидромета на ВР ГНС проводились в апреле, программы ПЭМ подразумевают исследования состояния окружающей среды 2 раза в год: в мае и сентябре-октябре. Всего в ходе наблюдений в западной части Северного Каспия в 2020 г. определялось 34 гидрохимических показателя состояния и загрязненности морских вод (таблица 10, 11), данные показатели оценивались согласно нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [34].

Наблюдения за температурой воды велись на ВР ГНС и на станциях ПЭМ (таблица 10). В апреле 2020 г. температура у поверхности моря колебалась в диапазоне значений от 10,0 до 11,2 °С, в мае изменялась от 16,63 до 20,51 °С. У дна температура воды составляла 7,84-17,03 °С. Сезонный ход температуры отличался от показателей предыдущего года не более чем + 1 °С. В октябре 2020 г. температурный режим в поверхностном слое Северного Каспия в среднем составил 15,76 °С, а в придонном слое – 16,14 °С, что на 2 °С ниже средней температуры в 2019 г. в этот же период. Однако в сравнении со среднемноголетними данными за 30 лет [35] (таблица 11), в 2020 г. в период половодья воды Северного Каспия нагревались медленнее, что в свою очередь может быть связано с высоким половодьем, а в октябре были на 3-4 °С теплее многолетней нормы. Высокий уровень половодья также обеспечил высокую скорость «сбегания» воды и ярко выраженную стратификацию, что в свою очередь отразилось и на температурном режиме.

Средняя величина солёности вод Северного Каспия в поверхностном слое за весенний сезон 2020 г. составила на 6,6 % меньше, чем в прошлом году, а в придонном слое – на 15,7 % больше, что объясняется выраженной стратификацией вод. Солёность в октябре 2020 г. была на 26-31 % выше значений 2019 года. Наблюдался хорошо выраженный сезонный ход солёности. Понижение солёности в весенний период вызвано распространением паводковых вод р. Волги. Диапазон значений солёности соответствовал среднемноголетним нормам РСНП (таблица 10, 12).

Таблица 10 – Значения показателей состояния и загрязнения вод РСНП Северного Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год				2020 год				ПДК
		пов.		дно		пов.		дно		
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
половодье										
Температура	°С	19,0	16,6-20,9	13,2	7,9-17,9	19,01	16,63-20,51	13,36	7,84-17,03	-
Соленость	‰	8,14	3,2-11,5	8,14	3,2-11,5	7,6	3,2-11,2	9,37	4,95-11,51	-
pH	ед. pH	8,47	8,37-8,56	8,46	8,34-8,57	8,50	8,30-8,60	8,43	8,38-8,57	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	10,59	9,87-11,25	10,73	9,95-11,36	10,50	10,20-10,70	9,70	8,02-11,35	> 6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	771,4	314,3-1028,6	761,4	200,0-1228,6	96,96	13,9-529,2	134,57	10,6-1014,0	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	6,90	2,74-12,68	5,58	3,43-12,67	13,8	12,3-15,6	10,79	5,47-26,27	200
Азот аммонийный	мкг/дм ³	3,17	1,08-6,32	2,71	0,36-5,96	9,3	6,8-12,7	1,82	0-61,8	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	1,82	1,45-2,34	1,60	1,29-2,18	1,1	0,75-1,27	1,13	0,54-2,47	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	3,2	1,70-4,60	2,8	1,30-4,20	4,3	2,7-5,9	6,67	5,08-9,59	-
межень										
	ед. изм	пов.		дно		пов.		дно		
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
Температура	°С	18,76	11,2-26,00	18,16	11,1-24,7	15,76	14,01-17,69	16,14	14,35-17,94	-
Соленость	‰	7,71	1,31-12,81	8,20	2,61-12,77	9,76	3,65-11,34	10,82	8,73-11,34	-
pH	ед. pH	8,08	7,42-8,42	8,09	7,25-8,33	8,57	8,44-8,65	8,56	8,47-8,67	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	8,94	7,55-10,70	9,01	7,72-10,67	13,95	12,87-14,90	13,53	11,75-14,87	> 6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	557,1	100,0-957,10	456,4	28,6-914,2	38,13	11,0-117,2	48,52	13,5-131,6	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	7,44	2,74-11,30	6,36	2,39-10,62	13,25	5,04-69,41	7,71	5,04-20,26	200
Азот аммонийный	мкг/дм ³	3,34	0,18-11,73	2,6	0,18-9,36	8,30	0-128,4	3,87	15,08-66,8	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	1,92	0,40-6,85	1,43	0,32-3,71	1,34	0,53-3,53	1,82	0,6-3,92	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	6,99	0,80-30,40	6,73	0,80-27,10	1,03	0-11,01	0,24	0-7,37	-

Таблица 11 – Среднемноголетние данные температуры 1961-1990 гг., °С

Гидрологический пост	Апрель		Май		Октябрь	
	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон
о. Тюлений	12,13	4,0-15,0	18,72	5,0-22,3	12,76	7,60-16,60
о. Искусственный	11,31	4,0-14,3	17,02	5,0-20,50	11,73	6,5-15,5
Лагань (Каспийский)	12,47	4,0-15,70	18,89	5,0-21,30	12,13	7,2-15,9

Таблица 12 – Среднемноголетние данные солености 1961-1990 гг., ‰

Гидрологический пост	Апрель	Май	Октябрь
о. Тюлений	4,19	3,82	4,47
Махачкала	10,35	10,25	10,35

Величины рН в течение 2020 г. находились в пределах 8,3-8,7 ед. рН, средневзвешенная величина в период половодья у поверхности составила 8,5 ед. рН, у дна – 8,4 ед. рН (таблица 10). Значения рН возрастали от апреля (8,3) к маю (8,6), сохраняясь осенью на высоком уровне (8,4-8,7). Наименьшие значения водородного показателя наблюдались в апреле, увеличение данного параметра в теплое время года связано с интенсификацией процессов фотосинтеза. Значения 2020 г. мало отличались от значений 2019 г. Вертикальная изменчивость этого показателя была выражена слабо.

Весной и осенью 2020 г. кислородный режим моря был удовлетворительным (таблица 10), содержание кислорода ниже предела допустимой концентрации не опускалось. Средние концентрации составили весной и осенью соответственно 10,1 и 13,4 мг/л. В апреле количество растворенного кислорода колебалось от 10,2 до 10,7 мг/л в поверхностном слое и 8,02-11,35 мг/л в придонном. В октябре минимальная концентрация у поверхности отмечена на уровне 12,87 мг/л, максимальная соответствовала 14,90 мг/л. В придонном слое максимум зарегистрирован на одной из самых северных станций и составил 14,87 мг/л, а минимум был равен 11,75 мг/л. Отмечается, что весной 2020 г. уровень растворенного кислорода ниже, чем осенью, потому что в апреле уровень биологической продуктивности моря находится на низком уровне из-за недостаточного прогрева водной толщи, а паводковые воды р. Волги несут аллохтонную органику, высокий уровень стока, в свою очередь, обеспечивает условия для формирования выраженной стратификации, которая препятствует газообмену [32]. В осенний период в Северном Каспии благодаря устойчивому температурному режиму протекают процессы фотосинтеза, а разрушение вертикальной стратификации (вызванное ветровыми явлениями) обеспечивает нижние слои вод кислородом. Содержание растворенного кислорода в 2020 г. весной было на 5-9 % ниже, чем в 2019 г., а в осенний период – на 40 % выше.

На волжский сток приходится 80 % ежегодного прихода биогенных веществ в

море. Под биологическим стоком подразумевается сброс р. Волги в Северный Каспий главных биогенных элементов: азота, кремния и фосфора. Фосфаты являются наиболее важным гидрохимическим компонентом, характеризующим биологическую продуктивность моря. Значительное количество фосфатов поступает с речным стоком, который обычно богат биогенными веществами [32].

Содержание фосфатов в течение 2020 г. в среднем в толще воды составило 11,39 мкг/л, находилось в пределах от 5,04 до 69,41 мкг/л (таблица 10). Сезонный ход содержания фосфатов был следующим: средневзвешенная величина в период половодья составила 13,8 мкг/л в поверхностном слое и 10,79 мкг/л в придонном. В период летне-осенней межени в поверхностном слое содержание фосфатов осталось на прежнем уровне, а в придонном незначительно снизилось и составило 7,71 мкг/л.

На сезонное содержание фосфатов оказывает влияние несколько факторов: сток фосфатов в море, потребление фосфатов фитопланктоном, интенсивность обмена между донными отложениями и водной массой. В весенний период, в апреле, значительное количество фосфатов выносится в Каспий Волгой, в этот период наблюдается слабое потребление органики в силу слабого развития фитопланктона. С увеличением температуры летом и осенью растет продуктивность водоема, вместе с ней увеличивается и потребление фосфатов, однако с ростом температуры растут и показатели минерализации фосфора за счет интенсификации процессов разложения [32]. Таким образом, в Северном Каспии выстраивается баланс органического вещества. В 2020 году количество фосфора было в 2 раза выше показателей 2019 года.

Источником кремния в море также служит речной сток, придонные слои могут обогащаться кремнием в процессе обмена с грунтом. В 2020 г. содержание кремния изменялось от 10,6 до 1014,0 мкг/л, в среднем составило 79,55 мкг/л (таблица 10). Количество кремния подвержено сезонным изменениям: в половодье средневзвешенная величина составила у поверхности 96,96 мкг/л и 134,57 мкг/л у дна. В период межени среднее значение кремния достигало 38,13 мкг/л у поверхности и 48,52 мкг/л у дна.

Среди соединений азота самый легко окисляемый ион – это ион аммония, он является первым этапом окисления азотосодержащей органики. Концентрация аммонийного азота весной в поверхностном слое колебалась от 6,8 до 12,7 мкг/л, в среднем достигала 9,3 мкг/л (таблица 10). В придонном горизонте наблюдались значительные колебания содержания иона аммония – от аналитического нуля до 61,8 мкг/л, при среднем значении 1,82 мкг/л. Осенью аммонийный азот в поверхностном горизонте демонстрировал значительную изменчивость: от 0 до 128,4 мкг/л, средневзвешенное значение достигало 8,30 мкг/л. В придонном слое изменчивость

данного показателя была значительно ниже. Концентрация NH_4^+ колебалась от 0 до 66,8 мкг/л.

Нитриты являются промежуточной формой окисления азота при минерализации органического вещества, не устойчивы и поэтому их содержание в море незначительно и часто падает до нулевых значений. Содержание нитритов в поверхностном горизонте в течение половодья 2020 г. изменялось от 0,75 до 1,27 мкг/л, в придонном – от 0,54 до 2,47 мкг/л, при средних значениях 1,10 и 1,13 мкг/л соответственно (таблица 10). В осенний период 2020 г. у поверхности количество нитритов колебалось от 0,53 до 3,53 мкг/л, в придонном от 0,60 до 3,92 мкг/л. Нитриты обладают значительной сезонной изменчивостью.

Нитраты, как и фосфор, лимитируют биологическую продуктивность моря. Из всех форм азота нитраты имеют наибольшее значение, как последняя фаза минерализации азота. Весной 2020 г. количество нитратов колебалось от 2,7 до 5,9 мкг/л в поверхностном горизонте, и от 5,08 до 9,59 мкг/л в придонном слое, концентраций, превышающих ПДК, отмечено не было (таблица 10). В летне-осенний период диапазон колебаний нитратов в поверхностном слое составил 0-11,01 мкг/л, а в придонном – 0-7,37 мкг/л. Наличие нитратов свидетельствует об их пополнении из нижних слоев, т. е. о хорошем водообмене между верхними слоями, где нитраты потребляются, и нижними, где они регенерируются.

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2020 г. уровень биологического потребления кислорода у поверхности не поднимался выше значения 3,49 мг/л (1,7 ПДК) в осенний период, у дна максимум достигал 2,82 (13 ПДК) мг/л в период половодья. Средневзвешенные значения весной составили: в поверхностном горизонте 1,69 мг/л, у дна – 1,91 мг/л, а осенью 1,72 и 1,73 мг/л соответственно. В сравнении с 2019 г. абсолютный максимум БПК₅ в 2020 г. незначительно снизился, а средние значения остались на одном уровне и не превышали ПДК (таблица 13).

Содержание взвешенных веществ в период половодья в поверхностных водах РСНП Северного Каспия колебалось от 2,3 до 43,1 мг/л, при среднем значении 12,03 мг/л (1,2 ПДК). В придонном слое в этот же период количество взвесей составляло от 1,9 до 26,6 мг/л. Максимальное значение весной превышало ПДК в 4 раза. Осенью 2020 г. превышений нормативов взвешенных веществ не зарегистрировано, их средние значения составили 3,65 и 3,22 мг/л в поверхностном и придонном слое соответственно. Важно отметить, что с увеличением стока р. Волги увеличивается и количество взвеси, выносимой в Каспий, в 2020 г., по сравнению с 2019 г., это количество выросло в 3-5 раз (таблица 13).

Таблица 13 – Значения ЗВ в водах РСНП Северного Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год				2020 год				ПДК
		пов.		дно		пов.		дно		
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
половодье										
БПК ₅	мг/дм ³	1,51	0,98-2,33	1,65	0-2,76	1,69	1,18-2,62	1,91	1,09-2,82	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,67	0,50-6,00	1,82	0,50-4,30	12,03	2,9-43,1	9,11	1,90-26,6	10
НУ	мг/дм ³	0,18	0,12-0,23	0,18	0,14-0,21	0,08	0,04-0,17	0,006	0-0,011	0,05
СПАВ	мг/дм ³	0,09	0,08-0,10	0,07	0,06-0,09	0,07	0,05-0,09	0	0	0,1
Железо	мг/дм ³	0,130	0,08-0,21	0,140	0,08-0,24	0,11	0,08-0,16	0,004	0,001-0,01	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,020	0,007-0,023	0,020	0,006-0,036	0,002	0,002-0,002	0,005	0,002-0,02	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,078	0,05-0,12	0,071	0,04-0,1	0,06	0,05-0,07	0,003	0,001-0,014	0,05
Никель	мг/дм ³	0,027	0,014-0,052	0,027	0,012-0,063	0,0023	0,0017-0,0035	0,003	0,002-0,004	0,01
Медь	мг/дм ³	0,005	0,002-0,007	0,005	0,002-0,007	0,003	0,002-0,005	0,002	0,001-0,004	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,006	0,004-0,01	0,006	0,003-0,01	0,0025	0,0021-0,003	0,0004	0,0002-0,001	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0,0013	0,0007-0,003	0,0018	0,001-0,005	0,0006	0,0003-0,0008	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,01	0-0,02	0,01	0,01-0,02	0,01	0-0,05	0,01	0-0,08	0,1
Барий	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Бенз(а)пирен	мкг/дм ³	0,0001	0-0,003	0,0008	0-0,003	0,00003	0-0,0002	0	0	0,01
Нафталин	мкг/дм ³	0,0021	0-0,071	0,0055	0-0,081	0,03	0-0,09	0,04	0-0,14	4
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,025	0-0,11	0,02	0-0,47	0,057	0-0,16	0,07	0-0,23	-
α-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
β-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,02	0,01-0,03	0,02	0,01-0,03	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/дм ³	0,01	0-0,003	0	0-0,03	0	0	0	0	-
ДДЭ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДД	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Σ ПХБ	мкг/дм ³	0,008	0-0,023	0,008	0,006-0,03	0,01	0,006-0,013	0,0013	0-0,022	-
Бензол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Толуол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
межень										
БПК ₅	мг/дм ³	1,98	1,10-3,65	2,02	1,03-4,04	1,72	1,06-3,49	1,73	1,1-2,48	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,41	0,60-4,00	1,22	0,55-3,00	3,65	1,6-10,75	3,22	1,1-8,8	10
НУ	мг/дм ³	0,16	0,08-0,27	0,16	0,08-0,24	0,007	0,005-0,015	0,006	0,005-0,009	0,05
СПАВ	мг/дм ³	0,08	0,06-0,10	0,07	0,05-0,09	0,02	0-0,12	0,11	0,1-0,11	0,1
Железо	мг/дм ³	0,100	0,04-0,19	0,110	0,03-0,19	0,004	0,002-0,01	0,004	0,001-0,008	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,009	0,001-0,06	0,006	0,002-3,70	0,004	0,002-0,008	0,004	0,002-0,008	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,068	0,008-0,25	0,062	0,008-0,22	0,003	0,005-0,013	0,003	0,001-0,001	0,05
Никель	мг/дм ³	0,016	0,007-0,027	0,017	0,002-0,032	0,003	0,002-0,004	0,002	0,0016-0,004	0,01
Медь	мг/дм ³	0,005	0,002-0,012	0,005	0,002-0,02	0,001	0,001-0,003	0,001	0,001-0,002	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,007	0,002-0,016	0,007	0,001-0,02	0	0	0,0002	0,0002-0,0003	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0,0007	0,00003-0,003	0,0008	0,0001-0,002	0	0	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,01	0-0,03	0,01	0-0,02	0,01	0-0,06	0,01	0-0,06	0,1
Барий	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Бенз(а)пирен	мкг/дм ³	0,0001	0-0,005	0,0001	0-0,0016	0	0	0	0	0,01
Нафталин	мкг/дм ³	0,0088	0-0,05	0,0068	0-0,049	0,01	0-0,06	0,01	0-0,04	4
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,018	0-0,1	0,013	0-0,08	0,03	0-0,103	0,03	0-0,082	-
α-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
β-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,002	0-0,03	0,001	0-0,02	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/дм ³	0,002	0-0,03	0,001	0-0,02	0	0	0	0	-
ДДЭ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДД	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Σ ПХБ	мкг/дм ³	0,007	0-0,02	0,009	0,005-0,02	0,007	0,005-0,013	0,006	0,005-0,008	-
Бензол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Толуол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5

Примечание: здесь и далее за «0» (аналитический ноль) принимается значение ниже предела обнаружения аналитического метода

Традиционно основным источником загрязнения морских вод НУ считается речной сток. Содержание НУ в 2020 г. в период половодья изменялось от аналитического нуля до 3,4 ПДК. При этом среднее значение в поверхностном слое превысило ПДК в 1,6 раз, а в придонном горизонте превышений допустимого норматива обнаружено не было. В период летне-осенней межени содержание НУ было значительно ниже и изменялось от 0,005 до 0,015 мг/л. В сравнении с 2019 г. концентрации НУ в толще воды снизились практически в 2 раза. Концентрации НУ в 2020 г. не превышали многолетнюю изменчивость, которая в период 1998-2003 гг. была в диапазоне от следовых количеств до 0,4 мг/л.

В поверхностном горизонте акватории РСНП Северного Каспия весной 2020 г. были выявлены СПАВ, концентрация которых не превышала ПДК и колебалась в диапазоне 0,05-0,09 мг/л. В придонном горизонте СПАВ обнаружены не были. В условиях ярко выраженной стратификации вод весной 2020 г. явно прослеживается тенденция к загрязнению моря СПАВ со стоком р. Волги. Осенью в поверхностном слое содержание СПАВ изменялось от аналитического нуля до 1,2 ПДК, в среднем не превышая ПДК (0,02 мг/л). В придонном горизонте в осенний период среднее количество СПАВ составило 1,1 ПДК. Значительное увеличение концентрации СПАВ с глубиной осенью объясняется осаждением поверхностно-активных веществ со взвесями.

В период половодья значение железа в среднем по поверхностному горизонту Северного Каспия составило 2,2 ПДК, экстремальные значения превышали допустимый уровень в 1,6-3,2 раза. В придонном горизонте среднее содержание железа было в 28 раз ниже, чем в поверхностном. Осенью 2020 г. содержание железа в среднем по акватории составляло 0,004 мг/л и изменялось от 0,001 до 0,01 мг/л, не превышая ПДК. При этом меженные значения железа в 2020 г. были в 25 раз ниже показателей прошлого года. Установлено, что более 95 % железа мигрирует во взвешенном состоянии, в комплексе с глинистыми частицами или в форме золя [36]. Многолетние значения Fe изменялись в пределах от 0,001 до 0,45 мг/л, при этом максимум регистрируется в придонном горизонте, как видно из литературных источников, концентрация железа довольно часто превышала ПДК.

Весной 2020 г. в поверхностном и придонном слое определялось среднее количество марганца, которое составило соответственно 0,002 мг/л и 0,005 мг/л. По сравнению с аналогичным периодом предшествующего года концентрация Мп на разных станциях снизилась в 4-10 раз. В осенний период содержание марганца в поверхностном и придонном горизонте было на одном уровне, экстремальные значения колебались от 0,002 до 0,008 мг/л, что в 1,5-2 раза ниже показателей 2019 г. Многолетние концентрации

марганца в воде колебались от следовых значений до 0,025 мг/л.

Минимальное значение цинка в весенний период в поверхностном слое акватории составило 1,1 ПДК, а максимальное – 1,4 ПДК. В придонном горизонте концентрация цинка была значительно ниже, средневзвешенное количество этого металла было на уровне 0,003 мг/л, экстремальные значения изменялись от 0,001 до 0,01 мг/л. Осенью содержание цинка в толще воды было равномерным. У поверхности регистрировались колебания концентрации в диапазоне 0,005-0,013 мг/л, а у дна – 0,001-0,01 мг/л. Из литературных источников [36] установлено, что цинк является эссенциальным элементом, неотъемлемой частью окружающей среды и участником обменных процессов. По сравнению с 2019 г. количество цинка в воде значительно снизилось. В Каспийское море сток цинка обеспечивается выщелачиванием горных пород, биологической продуктивностью, а также стоком ЗВ р. Волги. Диапазон колебаний концентраций за многолетний период составил значения от следовых значений до 0,095 мг/л.

Весной 2020 г. средняя концентрация никеля была равна 0,002 мг/л у поверхности, а в придонном горизонте – 0,003 мг/л. В сентябре и октябре средние значения достигали: 0,003 мг/л в поверхностном слое и 0,002 мг/л в придонном. В 2020 г. превышений установленного норматива никелем не регистрировалось. Следует отметить, что содержание никеля в 2019 г. было в десять раз выше, чем в 2020 г. В период 1998-2003 гг. и 2012-2014 гг. превышений ПДК не установлено.

Медь обнаруживалась весной 2020 г. в воде поверхностного слоя на уровне 0,003 мг/л, в придонном слое содержание меди достигало 0,002 мг/л, в осенние месяцы средняя концентрация меди составляла 0,001 мг/л, что значительно ниже показателей 2019 г. Исследования многолетнего уровня показали [13], что наибольшая концентрация меди наблюдалась в период 1998-2003 гг. и составила 0,014 мг/л. Медь, как и цинк, является эссенциальным элементом, широко распространенным в Северном Каспии, активно участвует в обменных и окислительно-восстановительных реакциях.

В 2020 г. в водах северо-западной части моря определялось количество свинца. Весной в поверхностном слое среднее содержание этого элемента (0,0025 мг/л) было значительно выше, чем в придонном (0,0004 мг/л). В осенние месяцы картина была противоположной, в поверхностном слое концентрация свинца была ниже предела обнаружения аналитического метода, а в придонном слое достигала в среднем 0,0002 мг/л. Превышений ПДК в 2020 г. не регистрировалось, отмечается значительное снижение содержания свинца относительно 2019 г.

КХА воды Северного Каспия на содержание высокотоксичного в распресненных водах кадмия в 2020 г. показал значительное снижение его концентрации относительно

прошлого года. Весной в поверхностном слое значение этого металла не превышало 0,0008 мг/л, что в 10 раз ниже ПДК. В придонном горизонте весной и осенью кадмий был ниже предела обнаружения аналитического метода.

Сезонный ход концентрации ртути в 2020 г. был следующим: в период половодья в поверхностном горизонте максимальная концентрация была ниже установленного норматива в 2 раза, а средневзвешанная – в 10 раз, в придонном слое содержание данного металла отличалось незначительно; в осенний период диапазон концентрации ртути колебался от аналитического нуля до 0,06 мкг/л.

В 2020 г содержание бария в воде исследуемой акватории не превышало следовых значений, как и в 2019 г.

Весной и осенью 2020 г. проводился анализ на содержание в воде ПАУ, из числа которых в рыбохозяйственных водоемах нормируются бенз(а)пирен и нафталин. Количество бенз(а)пирена заметно снизилось по сравнению с предыдущим годом и не превышало нижнего предела обнаружения метода КХА в течение всего периода наблюдений. Количество нафталина весной колебалось у поверхности от 0 до 0,09 мкг/л, у дна – от 0 до 0,14 мкг/л, что значительно ниже ПДК. В период осенней межени количество нафталина снизилось как в поверхностном, так и в придонном горизонте, максимальные концентрации достигали 0,06 и 0,04 мкг/л соответственно. Общее количество ПАУ в 2020 г. относительно предыдущего года несколько возросло, в период половодья средневзвешенные значения поверхностного слоя достигали 0,057 мкг/л, придонного – 0,073 мкг/л. В осенний период средняя концентрация Σ ПАУ в толще воды составила 0,03 мкг/л.

Изучение качественного и количественного состава ХОП в воде северо-западной части Каспия в 2020 г. показало, что среди пестицидов были выявлены только пестициды группы ПХБ, количество пестицидов группы ГХЦГ и ДДТ было ниже предела обнаружения аналитического метода. В период половодья содержание Σ ПХБ в поверхностном горизонте колебалось в диапазоне 0,006-0,013 мкг/л, в придонном – 0-0,022 мкг/л. В период летне-осенней межени диапазон колебаний Σ ПХБ мало отличался от предыдущего этапа и составил 0,005-0,013 мкг/л.

В 2020 г. уровень концентрации бензола и толуола был ниже предела обнаружения аналитического метода.

Превышение нормативов весной было зарегистрировано для 4 показателей: НУ, железа, цинка и БПК₅. Осенью ПДК превысили только два показателя: БПК₅ и СПАВ.

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент вариабельности концентраций в период половодья наблюдался у кремния, нитритного азота, взвешенных веществ, СПАВ,

цинка, ртути, бенз(а)пирена и нафталина, следует отметить, что высокие показатели изменчивости могут свидетельствовать об антропогенной природе происхождения загрязнения; низкий Kv зарегистрирован у таких показателей, как растворенный кислород, БПК₅ и pH. В межень высокая вариабельность была характерна для фосфатов, нитритов, нитратов, СПАВ, ряда ТМ и ПАУ, низкая – для растворенного кислорода, БПК₅ и pH (таблица 14).

Таблица 14 – Показатели изменчивости концентраций ЗВ в Северном Каспии в 2020 г.

Показатели	Половодье		Межень	
	СКО	Kv	СКО	Kv
pH	0,08	0,01	0,05	0,01
Растворенный кислород	0,43	0,05	0,37	0,03
Кремний минеральный	108,69	1,12	22,26	0,58
Фосфор минеральный	7,13	0,59	17,54	1,32
Азот аммонийный	2,27	0,24	32,13	0,34
Азот нитритный	0,63	1,26	0,97	0,72
Азот нитратный	3,86	0,26	2,96	2,88
БПК ₅	0,41	0,24	0,56	0,32
Взвешенные вещества	8,60	0,71	1,98	0,54
НУ	0,05	0,60	0,001	0,27
СПАВ	0,03	3,28	0,05	1,70
Железо	2,16	0,48	1,70	0,47
Марганец	1,17	0,32	1,62	0,40
Цинк	0,01	0,86	0,001	0,91
Никель	0,54	0,24	0,54	0,20
Медь	0,01	0,56	0,00	0,63
Свинец	0,01	0,40	-	-
Ртуть	0,00	3,29	0,00	1,49
Бенз(а)пирен	0,00	5,83	-	-
Нафталин	0,03	0,81	0,01	0,38
Σ ПАУ	0,04	0,76	0,03	0,99
Σ ПХБ	0,01	0,35	0,01	0,35

По критериям устойчивости и кратности загрязнение морских вод в отчетном году оценивалось как характерное загрязнение низкого и среднего уровня. Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения морских вод в 2020 г. не наблюдалось.

Определение качества воды северо-западной части Каспийского моря по комплексным показателям проводилось в соответствии с рекомендациями Росгидромета с использованием ИЗВ [1].

Значительные различия в содержании гидрохимических компонентов среды в поверхностном и придонном горизонте Северного Каспия в 2020 г. делает целесообразной раздельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, НУ, железа и цинка. Поверхностный слой воды Северного Каспия в период весеннего половодья, согласно значению ИЗВ,

составившему 1,4 ед. оценивался как «загрязненный» (IV класс качества вод). В придонном слое в 2020 г. для расчета индекса загрязненности, помимо растворенного кислорода, было принято использовать БПК₅, взвешенные вещества и медь. Индекс равный 0,7 ед. позволяет отнести воды исследуемой акватории к категории «чистые» (II класс качества вод). В период летне-осенней межени качество морской среды в поверхностном и придонном горизонтах было одинаковым, значение ИЗВ составило 0,5 ед., что характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). В 2019 г. в период весеннего половодья комплексный показатель (ИЗВ = 2,25) позволил оценить воды Северного Каспия как «грязные» (V класс качества вод). В период летне-осенней межени 2019 г. качество морской среды не изменилось, значение ИЗВ было равно 1,99.

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении экологической нагрузки на экосистему, кроме того, выраженная стратификация вод в 2020 г. ярко демонстрирует вклад волжского стока в загрязнение моря.

Состояние и загрязнение донных отложений РСНП Северного Каспия по геохимическим показателям

В рамках мониторинга акватории РСНП в 2020 г. проводились исследования гранулометрического состава ДО. В соответствии с методиками, принятыми программой экологического мониторинга, определялся процентный состав фракций грунтов различной крупности (частицы размером > 10; 10-5, 5-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1; 0,1-0,05; < 0,05 мм). В результате количественного анализа проб было установлено, что в донных осадках преобладает мелкий песок [37], содержание которого весной достигало 41,53 %, а осенью – 35,71 %. Второе место по встречаемости занимают более крупные фракции (крупный песок, мелкая и средняя ракуша), весной и осенью их доля возрастала от 10,52 % до 14,62 %. Мелкодисперсные частицы (алеврит и пелит) в период половодья встречались чаще, чем осенью (таблица 15).

Таблица 15 – Характеристика содержания фракций в донных отложениях (%) в 2020 г.

Показатели	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Половодье									
Среднее значение	3,58	7,25	11,51	6,80	10,52	5,62	41,53	2,68	10,63
Максимум	18,01	38,01	33,7	37,62	61,36	38,92	87,77	10,45	88,58

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Минимум	0,49	1,0	0,35	0,31	0,33	0,14	0,76	0,21	0,18
Межень									
Среднее значение	4,27	6,84	13,14	8,61	14,62	6,43	35,71	2,11	8,51
Максимум	14,29	34,74	43,26	33,93	65,58	44,03	87,66	10,13	55,07
Минимум	0,31	0,5	1,55	0,39	0,36	0,49	0,7	0,1	0,38

В поровых водах грунтов РСНП Северного Каспия определялось содержание основных биогенов (таблица 16). В сравнении с 2019 г., в 2020 году отмечается снижение концентрации минерального кремния: в период половодья в 2,1 раз, в период летне-осенней межени в 1,8 раз. Сезонный ход фосфатов в 2020 г. резко отличался от динамики в предыдущем году. Весной 2020 г. среднее значение фосфатов снизилось в 4 раза относительно того же периода 2019 г., а осенью 2020 г. фосфора минерального в поровых водах ДО было 3,5 раза больше чем осенью 2019 г. Такая же тенденция характерна и для общего количества фосфатов. Количество аммонийного азота резко снизилось: весной более чем в 2 раза, а осенью почти в 7 раз. Содержание нитритного азота, напротив, возросло от аналитического нуля в 2019 г. до 17,1 и 69,2 мкг/л соответственно весной и осенью 2020 г. Концентрация нитратов увеличилась в десятки раз.

Таблица 16 – Содержание основных биогенов в поровых водах донных отложений Северного Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год		2020 год			
				половодье		межень	
		половодье	межень	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон
Кремний минеральный	мкг/л	1906,3	1510,9	906,0	262,3-1466,5	836,5	14,6-228,9
Фосфор минеральный	мкг/л	644,4	205,46	163,3	47,1-391,2	722,0	24,5-3792,0
Фосфор общий	мкг/л	1713,6	659,4	311,8	82,1-775,1	1396,3	236,0-5459,0
Азот аммонийный	мкг/л	3892,5	1859,1	1738,7	735,7-4567,0	283,3	13,3-969,9
Азот нитритный	мкг/л	0	0	17,1	0,4-43,3	69,2	1,6-1046,1
Азот нитратный	мкг/л	3,52	19,2	31,1	9,0-68,9	638,8	6,8-3246,0
Азот общий	мкг/л	10453,6	4689,2	3376,4	1789,0-7963,0	1136,4	146,6-2888,9

Содержание большинства ЗВ в ДО, по данным ПЭМ за 2020 г., имело тенденцию к снижению (таблица 17). Концентрация НУ в ДО весной снизилась в 3 раза, а осенью – в 6 раз. Весной количество нафталина увеличилось в 5 раз, а бенз(а)пирена снизилось в 1,6 раз, осенью концентрация этих веществ была значительно ниже. В период половодья регистрировались единичные случаи превышения ДК нафталина в 1,3 раза, а осенью – в 1,8 раз. Общее количество ПАУ в 2020 г. увеличилось в 1,2-2 раза.

По сравнению с аналогичными периодами 2019 г., весной и осенью отчетного года загрязненность ДО Северного Каспия ТМ значительно снизилась. Значения таких

металлов, как цинк и свинец уменьшились в 2 раза, количество никеля, меди и ртути – в 4-5 раз. В период половодья количество марганца сократилось в 2 раза, а в межень – в 30 раз. Повышение концентрации было характерно для железа: наблюдения выявили двукратное повышение концентрации. ДК для железа не установлена, однако содержание Fe не превышало диапазона многолетних колебаний [13]. Единичные случаи превышения установленных нормативов до 1,7 ДК регистрировались в период половодья у кадмия.

Таблица 17 – Содержание загрязняющих веществ в ДО Северного Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год		2020 год				ДК
				половодье		межень		
		половодье	межень	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	
НУ	мг/кг	5,8	6,0	1,80	0-10,0	0,39	0-6,0	50
Фенолы	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0,05
АПАВ	мг/кг	3,01	0	2,86	0,4-11,9	0	0	-
Железо	мг/кг	2200	2100	4511,8	1200-21900	4191,18	600-9900	-
Марганец	мг/кг	369	448	157,86	30,0-410,0	14,94	3-37,0	-
Цинк	мг/кг	56,70	63,70	29,54	4,6-84,7	18,76	4,8-136,6	124
Никель	мг/кг	34,0	29,3	7,68	4,8-42,1	6,51	2,4-12,1	35
Медь	мг/кг	26,1	21	5,45	3,9-22,5	4,75	3,2-6,9	18,7
Свинец	мг/кг	14,3	11,8	6,61	4,6-12,3	6,17	3,5-12,0	30,2
Кадмий	мг/кг	0	0	0,035	0-1,2	0	0	0,7
Ртуть	мг/кг	0,026	0,025	0,005	0-0,032	0,009	0-0,003	0,13
Барий	мг/кг	0	0	0	0	0	0	160
Нафталин	мкг/кг	42,0	28,8	8,20	0-46,0	1,82	0-62,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	2,24	1,60	1,42	1,0-3,0	0,64	0-2,2	88,8
Σ ПАУ	мкг/кг	25,23	25,10	45,99	9,8-160,6	30,73	1,4-118,3	-
α-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0,021	0-0,7	0	0	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0,31	0-2,52	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	10
Σ ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0,33	0-2,52	0	0	0,32
ДДЭ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	1,22
ДДД	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	2,07
ДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	1,11
Σ ДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	2,5
Σ ПХБ	мг/кг	0,540	1,400	0	0	0	0	21,5

В ДО определялось количество пестицидов. Среди всех групп ХОП были выявлены только α-ГХЦГ и β-ГХЦГ, содержание которых возросло от аналитического нуля в 2019 г. до 0,33 мкг/кг весной 2020 г.

Содержание АПАВ в 2020 г. по сравнению с 2019 г. не изменилось.

В соответствии с РД 52.15.880-2019, оценка качества ДО по содержанию в них НУ проводится по принятой международной шкале [1]. В 2020 г. содержание НУ в ДО достигало 10 мг/кг, что позволяет отнести донные осадки к I классу качества ДО «очень чистые» ($10 \leq C \leq 15$).

Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по международным критериям [1] определялось как удовлетворительное.

Состояние морской среды РСНП Среднего Каспия по гидрохимическим показателям

Обзор состояния химического загрязнения вод РСНП Среднего Каспия составлен по данным наблюдений в рамках программ ПЭМ добывающих компаний. В 2020 г. экспедиционные работы на акватории Среднего Каспия проводились в мае и октябре.

Всего в ходе наблюдений в западной части Среднего Каспия в 2020 г. определялось 34 гидрохимических показателя состояния и загрязненности морских вод, данные показатели оценивались согласно нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [31].

В мае 2020 г. температура у поверхности моря колебалась в диапазоне значений от 13,0 до 19,7 °С. У дна температура воды составляла 6,1-17,2 °С. В октябре 2020 г. температурный режим в поверхностном слое Среднего Каспия в среднем составил 17,8 °С, а в придонном слое – 13,2 °С. Таким образом, весной температура у поверхности воды была выше, чем в придонном слое на 7,4 °С, а осенью – на 5,6 °С, что свидетельствует о более интенсивном прогревании нижних слоев и перемешивании водных масс Среднего Каспия в октябре. В период половодья температура воды Среднего Каспия была ниже среднегодовой нормы (таблица 18) на 2 градуса, а в межень – соответствовала норме.

Таблица 18 – Среднегодовые данные температуры 1961-1990 гг.

Гидрологический пост	Май		Октябрь		Год
	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	
Махачкала	15,2	11,6-17,6	15,3	12,2-17,9	12,5
Дербент	14,9	12,6-16,9	15,9	13,5-18,1	13,3
Изберг	15,2	12,8-17,1	16,1	13,9-18,1	13,1

Сезонный ход солености вод Среднего Каспия соответствовал среднегодовой норме (таблица 19) и мало отличался от показателей прошлого года.

Таблица 19 – Среднегодовые данные солености 1961-1990 гг.

Гидрологический пост	Май	Октябрь	Год
Махачкала	10,3	10,3	10,2
Дербент	12,0	11,9	12,0
Изберг	11,3	11,5	11,4

Величины рН в течение 2020 г. находились в пределах 7,8-8,65 ед. рН экстремальные значения были зарегистрированы в октябре. Средневзвешенная величина в период половодья у поверхности составила 8,32 ед. рН, у дна – 8,2 ед. рН (таблица 20). Средние значения водородного показателя осенью сохранялись на уровне 8,4 и 8,3 ед. рН в поверхностном и придонном слое соответственно. Увеличение данного параметра в теплое время года связано с интенсификацией процессов фотосинтеза. Вертикальная изменчивость этого показателя была выражена слабо.

Весной и осенью 2020 г. средние значения кислорода были выше установленных нормативов. В целом, кислородный режим Среднего Каспия был удовлетворительным (таблица 20). Средние концентрации составили весной и осенью соответственно 9,0 и 8,1 мг/л. Экстремально низкое значение кислорода в мае было зарегистрировано в придонном слое и составило 0,3 мг/л, что ниже ПДК в 6 раз. Осенью минимальное значение кислорода, отмеченное в октябре в придонном горизонте, было ниже предела обнаружения аналитического метода. Вероятно, данное явление вызвано интенсивными процессами разложения органического вещества и значительными глубинами Среднего Каспия. Содержание растворенного кислорода в 2020 г. мало отличалось от показателей 2019 г.

На элементное содержание вод Среднего Каспия значительное влияние оказывает водообмен как с Северным Каспием, так и с Южным [13]. Наиболее биопродуктивной частью моря считается его северная часть, таким образом, состав биогенных элементов в Среднем Каспии в большей степени зависит от содержания биогенов в Северном Каспии.

Фосфаты являются наиболее важным гидрохимическим компонентом, характеризующим биологическую продуктивность моря. Средневзвешенная концентрация минерального фосфора в течение 2020 г. составила 12,0 мкг/л и находилась в пределах от аналитического нуля до 86,2 мкг/л (таблица 20). Максимум был зарегистрирован в осенний период в придонном горизонте. Изменчивость фосфатов может быть вызвана питанием и разложением фитопланктона, различной степенью интенсивности обмена между донными отложениями и водной массой, однако сезонные изменения выражены незначительно.

Источником минерального кремния в Среднем Каспии может служить вынос вещества из Северного, кроме того, воды придонного горизонта могут обогащаться кремнием в процессе обмена с грунтом. В 2020 г. содержание кремния весной изменялось от аналитического нуля до 988,9 мкг/л, в среднем составив 14,6 мкг/л (таблица 20). Количество кремния в осенний период колебалось в диапазоне 0-547,6 мкг/л. Изменчивость концентрации силикатов в мае была значительно выше, чем в октябре.

Концентрация аммонийного азота весной не превышала порога обнаружения аналитического метода (таблица 20). Осенью ион аммония в поверхностном горизонте демонстрировал значительную изменчивость: от аналитического нуля до 443,9 мкг/л, средневзвешенное значение достигало 25,7 мкг/л. В придонном слое изменчивость данного показателя была значительно ниже, а среднее количество NH_4^+ выше, чем в поверхностном горизонте.

Нитриты являются промежуточной формой окисления азота при минерализации органического вещества, не устойчивы, и поэтому их содержание в море незначительно и часто падает до нулевых значений. Содержание нитритов в поверхностном горизонте в течение половодья 2020 г. было низким, изменялось от 0 до 3,01 мкг/л, в придонном – от 0 до 1,41 мкг/л, при средних значениях 0,33 и 0,25 мкг/л соответственно (таблица 20). В осенний период 2020 г. у поверхности нитритов было больше, их количество колебалось от 0 до 15,3 мкг/л, в придонном – от 0 до 8,8 мкг/л.

Из всех форм азота нитраты имеют наибольшее значение, как последняя фаза минерализации азота. Весной 2020 г. нитраты характеризовались значительной изменчивостью, концентрация их колебалась от 0 до 5,6 мкг/л в поверхностном горизонте, и от 0 до 35,4 мкг/л – в придонном слое. Концентраций, превышающих ПДК, отмечено не было (таблица 20). В летне-осенний период диапазон колебаний нитратов в поверхностном слое составил 0-36,8 мкг/л, а в придонном – 0-55,9 мкг/л. Наличие нитратов свидетельствует об интенсивном водообмене в октябре и пополнении NO_2 из нижних слоев.

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2020 г. наибольший уровень биологического потребления кислорода был зарегистрирован в мае, в придонном горизонте, максимум составил 2,7 мг/л (1,3 ПДК), в тот же период было зарегистрировано экстремально-минимальное содержание растворенного кислорода. В октябре БПК₅ достигало наивысших значений в поверхностном горизонте и составило 2,5 мг/л (1,2 ПДК). В сравнении с 2019 г. абсолютный максимум и средние показатели БПК₅ в 2020 г. снизились в 1,3 раза, а средние значения остались на одном уровне и не превышали ПДК (таблица 21).

Таблица 20 – Значения показателей состояния и загрязнения вод РСНП Среднего Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год				2020 год				ПДК
		пов.		дно		пов.		дно		
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
половодье										
Температура	°С	16,1	13,0-20,7	8,8	6,2-17,2	16,3	13,0-19,7	8,9	6,1-17,2	-
Соленость	‰	10,4	6,5-11,5	10,9	5,6-11,5	10,1	7,6-11,3	11,3	9,6-11,6	-
рН	ед. рН	8,4	8,3-8,5	8,3	7,8-8,6	8,32	8,2-8,4	8,2	7,6-8,5	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	9,4	8,83-10,32	7,8	0,22-10,46	9,7	9,1-10,2	8,3	0,3-10,4	> 6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	23,6	10,0-49,2	320,3	0-2199,0	14,6	0-147,9	182,8	0-988,9	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	1,58	0-11,09	9,5	0-78,7	9,7	0-85,9	14,3	0-66,7	200
Азот аммонийный	мкг/дм ³	146,4	0-858,0	157,3	113,3-368,0	0	0	0	0	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	0	0	0	0	0,33	0-3,01	0,25	0-1,41	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	1,24	0-11,06	8,5	0-58,1	0,4	0-5,6	8,2	0-35,4	-
межень										
	ед. изм.	пов.		дно		пов.		дно		
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
Температура	°С	24,7	22,9-26,9	11,1	6,2-24,0	17,8	15,4-19,3	13,2	6,2-18,9	-
Соленость	‰	11,1	9,0-11,5	11,2	9,0-11,5	10,3	5,8-11,5	11,0	8,6-11,5	-
рН	ед. рН	-		-		8,4	8,1-8,65	8,3	7,8-8,63	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	8,28	7,62-8,72	6,5	0,27-8,69	9,8	8,9-11,8	6,4	0-10,1	> 6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	55,9	10,5-212,1	662,8	25,8-2840,0	93,6	0-323,8	197,1	11,6-547,6	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	6,77	0-25,7	31,2	0-115,6	9,06	0-42,6	14,5	0-86,2	200
Азот аммонийный	мкг/дм ³	51,0	0-278,0	68,28	0-176,0	25,7	0-443,9	33,8	0-164,6	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	0	0	0	0	2,8	0-15,31	1,4	0-8,8	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	3,02	0-33,9	9,18	0-75,72	9,1	0-36,82	9,6	0-55,9	-

Таблица 21 – Значения ЗВ в водах РСНП Среднего Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год				2020 год				ПДК
		пов.		дно		пов.		дно		
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
половодье										
БПК ₅	мг/дм ³	1,6	1,1-2,5	1,7	1,0-2,8	1,4	0-2,6	1,1	0-2,72	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,6	0,8-3,0	1,4	0,5-2,2	14,8	1,8-50,0	19,4	2,4-69,1	10
НУ	мг/дм ³	0,01	0,01-0,01	0,005	0-0,009	0,007	0-0,04	0,007	0,005-0,02	0,05
АПАВ	мг/дм ³	0,01	0-0,21	0,01	0-0,22	0,01	0-0,2	0,02	0-0,16	0,1
Железо	мг/дм ³	0,003	0,001-0,02	0,003	0,001-0,01	0,004	0,002-0,01	0,004	0,002-0,01	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,01	0,001-0,06	0,02	0,001-0,2	0,003	0-0,01	0,004	0,003-0,008	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,01	0,005-0,06	0,01	0,005-0,02	0,002	0-0,007	0,003	0,001-0,009	0,05
Никель	мг/дм ³	0,001	0,001-0,002	0,001	0,001-0,002	0,003	0,001-0,003	0,002	0,001-0,003	0,01
Медь	мг/дм ³	0,002	0,001-0,002	0,002	0,001-0,006	0,001	0,0007-0,003	0,001	0,0006-0,002	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,001	0,001-0,002	0,001	0,001-0,002	0,0001	0-0,001	0,0001	0-0,001	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0,0002	0,0001-0,0003	0,0002	0,0001-0,0003	0	0	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,05	0,02-0,14	0,04	0,01-0,2	0,002	0-0,04	0,01	0-0,05	0,1
Барий	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Бенз(а)пирен	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Нафталин	мкг/дм ³	0,001	0-0,02	0,01	0-0,04	0,02	0-0,06	0,02	0-0,1	
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,01	0-0,04	0,02	0-0,08	0,03	0-0,09	0,04	0-0,2	-
α-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
β-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,03	0-0,04	0,007	0-0,08	0	0	0	0	0,01
γ-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/дм ³	0,03	0-0,04	0,007	0-0,008	0	0	0	0	-
ДДЭ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДД	мкг/дм ³	0,03	0-0,07	0,0004	0-0,01	0	0	0	0	0,01
ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0,04	0-0,06	0	0	0	0	0,01
Σ ДДТ	мкг/дм ³	0,003	0-0,07	0,04	0-0,06	0	0	0	0	-

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Σ ПХБ	мкг/дм ³	0,004	0,014	0,005	0-0,016	0,002	0-0,01	0,002	0-0,02	-
Бензол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Толуол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
межень										
БПК ₅	мг/дм ³	1,9	1,0-3,0	1,8	1,2-3,4	1,4	0-2,53	0,6	0-2,3	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,03	0,6-3,3	1,0	0,5-4,6	3,8	1,4-8,5	3,1	0,8-7,2	10
НУ	мг/дм ³	0,004	00-0,01	0,005	0-0,01	0,01	0,003-0,06	0,01	0-0,02	0,05
АПАВ	мг/дм ³	0,01	0-0,2	0,02	0-0,18	0,02	0-0,17	0,01	0-0,02	0,1
Железо	мг/дм ³	0,003	0,001-0,01	0,004	0,001-0,02	0,004	0,001-0,009	0,003	0,001-0,008	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,01	0,002-0,04	0,02	0,001-0,04	0,003	0-0,009	0,003	0-0,006	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,01	0,006-0,02	0,01	0,007-0,03	0,005	0,0006-0,05	0,003	0-0,03	0,05
Никель	мг/дм ³	0,001	0,001-0,002	0,001	0,001-0,003	0,002	0,001-0,004	0,003	0-0,004	0,01
Медь	мг/дм ³	0,002	0,001-0,003	0,002	0,001-0,005	0,0004	0-0,002	0,0003	0-0,001	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,001	0,0005-0,002	0,001	0,0006-0,002	0,001	0-0,006	0,0001	0-0,001	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0,0003	0,0002-0,0005	0,0001	0-0,0004	0	0	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,05	0,04-0,07	0,05	0,04-0,06	0,02	0-0,07	0,01	0-0,06	0,1
Барий	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Бенз(а)пирен	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Нафталин	мкг/дм ³	0,005	0-0,03	0,028	0,02-0,03	0,006	0-0,047	0,006	0-0,04	4
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,01	0-0,05	0,01	0-0,07	0,03	0,002-0,2	0,03	0-0,2	-
α-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
β-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	-
ДДЭ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДД	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Σ ПХБ	мкг/дм ³	0,008	0-0,02	0,006	0-0,02	0,002	0-0,02	0,001	0-0,009	-
Бензол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Толуол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5

Содержание взвешенных веществ в мае в поверхностных водах РСНП Среднего Каспия колебалось от 1,8 до 50,0 мг/л, осредненное содержание взвешенных веществ превышало ПДК в 1,4 раза. В придонном слое в этот же период количество взвесей составляло от 2,4 до 69,1 мг/л, в среднем достигало 1,9 ПДК. Максимальное значение этого показателя весной у поверхности превышало ПДК в 5 раз, у дна – в 7 раз. В октябре превышений ПДК зарегистрировано не было, средние значения взвешенных веществ составили 3,8 и 3,1 мг/л в поверхностном и придонном горизонте соответственно. Важно отметить, что волжский сток оказывает опосредованное воздействие и на состояние экосистемы Среднего Каспия, высокое половодье 2020 года могло стать причиной высокого содержания взвесей в воде (таблица 21).

Содержание НУ в мае 2020 г. изменялось от аналитического нуля до 0,04 мг/л. При этом среднее значение в поверхностном и придонном слое было одинаковым и составляло 0,007 мг/л. В октябре концентрация НУ в поверхностном слое была выше, максимум составлял 1,2 ПДК. В придонном слое превышений установленного норматива не наблюдалось. В сравнении с 2019 г. концентрация НУ в 2020 г. в толще воды незначительно увеличилась (таблица 21).

В водах Среднего Каспия в 2020 г. определялось количество АПАВ. В мае максимальное значение АПАВ у поверхности превышало ПДК в 2 раза, у дна – в 1,6 раз. Минимальные значения были ниже предела обнаружения аналитического метода. Весной средневзвешенная концентрация достигала значения ПДК. Осенью превышение установленного норматива было зарегистрировано в поверхностном слое (1,7 ПДК). Средние концентрации были ниже ПДК в 8-10 раз (таблица 21).

Содержание железа в 2020 г. в толще воды имело низкую изменчивость, значения весной и осенью не отличались как в поверхностном, так и в придонном горизонте. Как и в 2019 г., в 2020 г. средние и максимальные концентрации были в десятки раз ниже ПДК.

Средние значения марганца в 2020 г. весной и осенью были в 3-6 раз ниже прошлогодних концентраций. Содержание марганца колебалось от аналитического нуля до 0,01 мг/л.

Минимальное значение цинка в весенний период в поверхностном слое акватории не превышало предела обнаружения аналитического метода, а максимальное составило 0,007 мг/л. В придонном горизонте средневзвешенное количество этого металла было на уровне 0,003 мг/л, экстремальные значения изменялись от 0,001 до 0,009 мг/л. Осенью содержание цинка в толще воды было выше. У поверхности регистрировались колебания концентрации в диапазоне 0,001-0,05 мг/л, а у дна – 0-0,03 мг/л. По сравнению с 2019 г. количество цинка в воде значительно снизилось.

Весной 2020 г. средняя концентрация никеля достигала 0,003 мг/л у поверхности, а в придонном горизонте – 0,002 мг/л. В октябре средние значения достигали: 0,002 мг/л в поверхностном слое и 0,003 мг/л в придонном. В 2020 г. превышений установленного норматива никелем не регистрировалось. Следует отметить, что содержание никеля в 2020 г. по сравнению с предыдущим этапом выросло в 2-3 раза, превышений ПДК не регистрировалось.

Медь обнаруживалась весной 2020 г. в воде поверхностного и придонного слоя в среднем на уровне 0,001 мг/л, в осенние месяцы средняя концентрация меди достигала 0,0004 и 0,0003 мг/л, в поверхностном и придонном горизонте соответственно, что значительно ниже показателей 2019 года. Исследования многолетнего уровня показали [13], что наибольшая концентрация меди наблюдалась в период 1998-2003 гг. и достигала 0,014 мг/л.

В 2020 г. в водах Среднего Каспия определялось количество свинца. Сезонный ход концентрации свинца показал, что весной и осенью в поверхностном и придонном слое содержание свинца было на одном уровне, максимальная концентрация была в десять раз ниже ПДК, минимальная – ниже предела обнаружения аналитического метода. Превышений ПДК в 2020 г. не регистрировалось, отмечается значительное снижение содержания свинца относительно 2019 г.

КХА воды Среднего Каспия на содержание кадмия показал, что в 2020 г. значение этого ТМ было ниже предела обнаружения аналитического метода.

Сезонный ход концентрации ртути в 2020 г. был следующим: в мае в поверхностном горизонте среднее значение было в 5 раз ниже, чем в придонном. Диапазон колебаний ртути весной в толще воды находился в пределах от аналитического нуля до 0,05 мкг/л. В октябре максимальные концентрации ртути незначительно возросли, а средние показатели остались на прежнем уровне. Следует отметить, что превышений ПДК не зарегистрировано.

В 2020 г. содержание бария в воде Среднего Каспия не превышало следовых значений, как и в 2019 г.

Весной и осенью 2020 г. проводился анализ на содержание в воде ПАУ, из числа которых в рыбохозяйственных водоемах нормируются бенз(а)пирен и нафталин. Количество бенз(а)пирена не превышало порога чувствительности аналитического метода. Значение нафталина в воде заметно увеличилось по сравнению с предыдущим годом. Количество нафталина в мае колебалось у поверхности от 0 до 0,06 мкг/л, у дна – от 0 до 0,1 мкг/л, что значительно ниже ПДК. В период осенней межени содержание нафталина снизилось как в поверхностном, так и в придонном горизонте, максимальные

концентрации составили 0,05 и 0,04 мкг/л соответственно. Общее количество ПАУ в 2020 г. относительно предыдущего года несколько возросло, в весенний период средневзвешенное значение поверхностного слоя достигало 0,03 мкг/л, а в придонном – 0,04 мкг/л. В осенний период средняя концентрация Σ ПАУ в толще воды не изменилась.

Изучение качественного и количественного состава ХОП в воде северо-западной части Каспия в 2020 г. показало, что среди пестицидов были выявлены только пестициды группы ПХБ, количество пестицидов группы ГХЦГ и ДДТ было ниже предела обнаружения аналитического метода. В мае содержание Σ ПХБ в поверхностном горизонте колебалось в диапазоне 0-0,01 мкг/л, в придонном – 0-0,02 мкг/л. В октябре большее количество ПХБ регистрировалось в поверхностном слое.

В 2020 г. уровень концентрации бензола и толуола был ниже предела обнаружения аналитического метода.

Превышение нормативов весной и осенью было зарегистрировано для 3 показателей. В мае – для БПК₅, взвешенных веществ и АПАВ. В октябре ПДК превысили БПК₅, НУ и АПАВ.

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент вариабельности концентраций в весенний период наблюдался у кремния, фосфатов, нитритного азота, взвешенных веществ, НУ, АПАВ, марганца, цинка, свинца, ртути, нафталина, Σ ПАУ и Σ ПХБ. В октябре высокой степенью вариабельности обладали биогены, НУ, АПАВ, цинк, никель, медь, свинец и ртуть, а также нафталин, Σ ПАУ и Σ ПХБ. Следует отметить, что высокие показатели изменчивости могут свидетельствовать об антропогенной природе происхождения загрязнения (таблица 22).

Таблица 22 – Показатели изменчивости концентраций ЗВ в Среднем Каспии в 2020 г.

Показатели	Май		Октябрь	
	СКО	Kv	СКО	Kv
1	2	3	4	5
pH	0,05	0,01	0,11	0,01
Растворенный кислород	0,29	0,03	0,65	0,07
Кремний минеральный	42,17	1,15	96,37	1,03
Фосфор минеральный	20,56	1,19	10,08	1,11
Азот аммонийный	-	-	89,98	3,50
Азот нитритный	0,68	2,06	3,74	1,35
Азот нитратный	0,28	0,05	11,19	1,23
БПК ₅	0,79	0,56	0,77	0,53
Взвешенные вещества	12,47	0,85	2,06	0,55
НУ	0,01	1,04	0,01	1,02
АПАВ	0,05	3,47	0,04	2,84
Железо	2,08	0,48	1,75	0,42
Марганец	2,56	0,83	2,41	0,77
Цинк	-	0,89	0,01	1,74

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5
Никель	-	0,34	0,00	1,32
Медь	0,67	0,26	0,54	0,22
Свинец	-	1,67	0,00	2,63
Ртуть	-	5,00	0,00	1,09
Бенз(а)пирен	-	-	-	-
Нафталин	0,02	1,35	0,01	2,46
ΣПАУ	0,03	1,23	0,04	1,20
ΣПХБ	-	2,38	-	2,38

По критериям устойчивости и кратности загрязнение морских вод в отчетном году оценивалось как неустойчивое загрязнение низкого и среднего уровня. Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения морских вод в 2020 г. не наблюдалось.

Определение качества воды РСНП Среднего Каспия по комплексным показателям проводилось в соответствии с рекомендациями Росгидромета с использованием ИЗВ [1].

Значительные различия в содержании гидрохимических компонентов среды в поверхностном и придонном горизонте в 2020 г. делает целесообразной отдельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в мае отчетного года использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, БПК₅ и меди. Воды поверхностного и придонного слоя Среднего Каспия в весенний период, согласно значениям ИЗВ, составившим 0,8 и 1,0 ед. соответственно, оценивались как «умеренно загрязненные» (III класс качества вод).

В октябре качество морской среды в поверхностном и придонном горизонтах было одинаковым, значение ИЗВ, равное 0,5 ед. характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). В 2019 г. в комплексный показатель (ИЗВ = 0,6) позволил отнести воды РСНП средней части Каспийского моря к той же категории «чистые» (II класс качества вод).

Межгодовая динамика ИЗВ с 2018 г., когда акватория Среднего Каспия также оценивалась как «чистая», говорит о стабильном состоянии экосистемы. Внутригодовая динамика комплексного показателя качества вод свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки.

Состояние и загрязнение донных отложений РСНП Среднего Каспия по геохимическим показателям

В рамках мониторинга акватории РСНП в 2020 г. проводились исследования гранулометрического состава ДО Среднего Каспия. В соответствии с методиками, принятыми программой экологического мониторинга, определялся процентный состав

фракций грунтов различной крупности (частицы размером > 10; 10-5, 5-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1; 0,1-0,05; < 0,05 мм).

В результате количественного анализа проб было установлено, что в донных осадках преобладают мелкие фракции размером <0,05 мм, к которым по классификации [37] относятся к алевритам и пелитам (таблица 23). Содержание этой фракции весной в среднем составляло 34 %, а на отдельных станциях достигало 99,8 %. Осенью содержание алевритов и пелита в осадках колебалось от 0,13 до 99,8 %. Второе место по встречаемости занимают более крупные фракции: в мае 18 % от общего состава ДО составлял мелкий песок, а в октябре 20 % достигала мелкая ракушка. Гранулометрический анализ донных осадков показал, что процентное соотношение фракций весной и осенью практически не отличались, что говорит о постоянстве условий осадкообразования в этой части моря. Преобладание мелких частиц в ДО Среднего Каспия объясняется осаждением крупных в Северном, преимущественно в зоне маргинального фильтра.

Таблица 23 – Характеристика временной изменчивости содержания фракций в донных отложениях (%) в 2020 г.

Показатели	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05
Май									
Среднее значение	8,22	14,43	17,24	3,03	2,53	1,33	18,05	8,68	38,93
Минимум	0,22	0,25	1,05	0,37	0,03	0,03	0,03	0,04	1,74
Максимум	21,90	41,21	44,72	6,64	9,71	4,24	79,96	42,15	99,84
Октябрь									
Среднее значение	7,99	16,25	20,66	4,24	3,07	1,23	17,07	3,66	37,43
Минимум	0,25	1,18	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,13
Максимум	25,49	33,06	54,00	23,13	10,04	3,48	83,05	16,72	99,84

В поровых водах РСНП Среднего Каспия определялось содержание основных биогенов (таблица 24). В сравнении с 2019 г., в 2020 году отмечается снижение концентрации минерального кремния: в весенний период в 6,6 раз, в октябре в 2,1 раз. Сезонный ход фосфатов в отчетном году резко отличался от динамики в предыдущем году. Весной 2020 года среднее значение фосфатов снизилось в 3,8 раза относительно того же периода 2019 г., а осенью 2020 г. фосфора минерального в поровых водах ДО было в 2,4 раза больше, чем осенью 2019 г. Такая же тенденция справедлива и для общего количества фосфатов. Количество аммонийного азота резко снизилось, весной в более чем 2 раза, а осенью почти в 4 раза. Концентрация нитратов весной увеличилась в 10 раз, а осенью изменилась незначительно.

Таблица 24 – Содержание основных биогенов в поровых водах ДО Среднего Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год		2020 год			
				май		октябрь	
		май	октябрь	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон
Кремний минеральный	мкг/л	6440,05	3740,52	979,12	391,2-377,5	1807,12	46,38-4172,5
Фосфор минеральный	мкг/л	615,51	318,06	216,28	46,76-884,6	769,31	48,62-1698,0
Фосфор общий	мкг/л	1631,45	941,84	486,34	49,0-2301,0	3526,97	271,6-7085,0
Азот аммонийный	мкг/л	3051,45	2357,86	1300,62	391,2-371,5	581,46	273,4-1301,5
Азот нитритный	мкг/л	257,50	0	17,07	5,13-46,53	15,29	3,95-34,28
Азот нитратный	мкг/л	3,11	28,01	33,37	7,19-71,1	36,57	9,19-79,17
Азот общий	мкг/л	7756,59	6126,39	3493,58	797,0-9502,0	2190,38	740,2-6238,0

Содержание большинства ЗВ в ДО, по данным ПЭМ за 2020 г., имело тенденцию к снижению. Концентрация НУ в ДО весной снизилась в 1,3 раза, а осенью – в 1,1 раз. Весной количество нафталина уменьшилось в 1,5 раз, а осенью – в 1,8 раз. Средние концентрации при этом составили 1,4 ПДК весной и 1,2 ПДК осенью, регистрировались единичные случаи превышения ПДК в 2 раза. Сезонный ход содержания бенз(а)пирена имел обратную тенденцию, весной значение этого вещества снизилось в 1,8 раз, а осенью увеличилось в 1,7 раз, превышений ПДК не зарегистрировано. Общее количество ПАУ в 2020 г. увеличилось незначительно (таблица 25).

Таблица 25 – Содержание загрязняющих веществ в ДО Среднего Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 год		2020 год				ДК
				май		октябрь		
		май	октябрь	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НУ	мг/кг	12,8	8,1	10,1	5,0-19,0	7,6	5,0-12,0	50
Фенолы	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0,05
АПАВ	мг/кг	9,8	5,1	5,3	0,3-20,6	9,9	1,4-50,3	-
Железо	мг/кг	18916,0	14984,0	13220,0	900,0-35400,0	10220,0	600,0-29000,0	-
Марганец	мг/кг	272,6	292,7	277,2	30,0-1160,0	0,0	0,0-0,1	-
Цинк	мг/кг	52,6	55,5	51,2	12,7-115,7	94,2	8,9-265,4	124
Никель	мг/кг	27,1	25,4	27,4	4,7-76,3	21,7	3,6-75,7	35
Медь	мг/кг	23,6	18,5	26,3	4,0-71,0	21,4	4,0-66,6	18,7
Свинец	мг/кг	12,2	9,3	10,7	5,4-16,0	7,6	2,4-13,3	30,2
Кадмий	мг/кг	1,3	1,3	0,0	0,0-1,0	1,4	1,2-1,6	0,7
Ртуть	мг/кг	0,0	0,0	0,1	0,0-0,1	0,0	0,0-0,1	0,13
Барий	мг/кг	0	0	0	0	0	0	160
Нафталин	мкг/кг	68,8	75,0	45,9	21,0-79,0	40,8	20,0-63,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	4,6	2,2	2,6	1,0-6,0	3,1	1,0-10,0	88,8
Σ ПАУ	мкг/кг	93,9	78,3	100,6	17,0-269,0	83,7	7,0-266,2	-
α-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	10
Σ ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0,32
ДДЭ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	1,22

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДДД	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	2,07
ДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	1,11
Σ ДДТ	мкг/кг	1,6	2,1	0	0	0	0	2,5
Σ ПХБ	мг/кг	12,8	8,1	0,6	0,1-2,2	0,6	0,1-3,1	21,5

По сравнению с аналогичными периодами 2019 г., весной и осенью отчетного года общая загрязненность Среднего Каспия ТМ значительно снизилась. Значение железа в 2020 г. относительно 2019 г. уменьшилось в 1,5 раз. Количество марганца в осенний период 2020 г. опустилось ниже предела обнаружения аналитического метода. Сезонный ход концентрации свинца в среднем за год показал снижение в 1,2 раза (таблица 25).

Повышение концентрации было характерно для цинка: наблюдения выявили двукратное повышение концентрации в осенний период 2020 г. относительно аналогичного периода 2019 г. Также в октябре регистрировались единичные случаи превышения ДК цинка в 2 раза. Отмечено незначительное увеличение концентрации меди, средневзвешенная концентрация в мае при этом составила 1,4 ДК, осенью – 1,1 ДК. Единичные случаи превышения установленных нормативов до 2,2 ДК регистрировались у никеля (таблица 25).

В ДО определялось количество пестицидов. Среди всех групп ХОП была выявлена только группа ПХБ, содержание которой, по сравнению с 2019 г., снизилось в среднем до 10 раз (таблица 25).

В соответствии с РД 52.15.880-2019, оценка качества ДО по содержанию в них НУ проводится по принятой международной шкале [1]. В 2020 г. среднее содержание НУ в ДО достигало 10 мг/кг, что позволяет отнести донные осадки к I классу качества ДО «очень чистые» ($10 \leq C \leq 15$).

Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по международным критериям [1] определялось как удовлетворительное.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2020 г. в северной и средней части РСНП Каспийского моря проводился государственный и производственный экологический мониторинг, включавший наблюдения за состоянием и загрязнением окружающей среды. Данные наблюдения проводились:

- 1) на вековых разрезах ГНС (IIIa ГНС, III ГНС);
- 2) на станциях ПЭМ в Северном Каспии;
- 3) на станциях ПЭМ в Среднем Каспии.

В соответствии с календарным планом работ наблюдения за состоянием и загрязнением окружающей среды на станциях ПЭМ проводились 2 раза в год (в весенний и осенний периоды), мониторинг на станциях ГНС в 2020 г. проводился 1 раз, в апреле. При этом данные наблюдения носили комплексный характер и охватывали следующие компоненты окружающей среды: морские воды и донные отложения.

Район исследования акватории РСНП северо-западной части Каспийского моря подвержен влиянию волжского стока, что отразилось на состоянии и загрязнении морской среды. Вместе с регистрируемым снижением объемов стока таких загрязняющих веществ как НУ, медь, марганец, никель, свинец, отмечается и значительное снижение концентрации этих ЗВ в Северном Каспии. Кроме того, весной, в период половодья, в поверхностном горизонте Северного Каспия концентрация ЗВ была выше, чем в придонном. Данное явление объясняется высоким половодьем 2020 г., которое, в свою очередь, обеспечило ярко выраженную стратификацию водных масс и подтверждает, что основной объем ЗВ в северо-западной части моря обеспечивается стоком р. Волги. Состояние Среднего Каспия в большей степени зависит от водообмена с северной и южной частью моря.

Температурный режим и уровень солености Северного Каспия указывает на ярко выраженную стратификацию вод весной, осенью различия температурных показателей и показателей солености мелководной северной части моря были незначительны. Различия температурного режима Среднего Каспия вызваны естественной сезонной изменчивостью.

Комплексная оценка качества морских вод проводилась в соответствии с РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязненности морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений» по индексу загрязнения вод (ИЗВ), а также по кратности и повторяемости превышения ПДК.

Случаев экстремально-высокого и высокого загрязнения в 2020 году в исследуемых районах не зафиксировано.

В Северном Каспии превышение нормативов весной было зарегистрировано для 4 показателей: НУ, железа, цинка и БПК₅. Осенью ПДК превысили только два показателя: БПК₅ и СПАВ.

По критериям устойчивости и кратности загрязнение морских вод в отчетном году оценивалось как характерное загрязнение низкого и среднего уровня.

Значительные различия в содержании гидрохимических компонентов среды в поверхностном и придонном горизонте Северного Каспия в 2020 г. делает целесообразной раздельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, НУ, железа и цинка. Поверхностный слой воды Северного Каспия в период весеннего половодья, согласно значению ИЗВ, составившему 1,4 ед., оценивались как «загрязненные» (IV класс качества вод). В придонном слое в 2020 г. для расчета индекса загрязненности, помимо растворенного кислорода, было принято использовать БПК₅, взвешенные вещества, и медь. Индекс равный 0,7 ед. позволяет отнести воды исследуемой акватории к категории «чистые» (II класс качества вод). В период летне-осенней межени качество морской среды в поверхностном и придонном горизонтах было одинаковым, значение ИЗВ составило 0,5, что характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). В 2019 г. в период весеннего половодья комплексный показатель (ИЗВ = 2,25) позволил оценить воды Северного Каспия как «грязные» (V класс качества вод). В период летне-осенней межени 2019 г. качество морской среды не изменилось, значение ИЗВ было равно 1,99.

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении экологической нагрузки на экосистему, кроме того, выраженная стратификация вод в 2020 г. ярко демонстрирует вклад волжского стока в загрязнение моря.

В соответствии с РД 52.15.880-2019, ДО Северного Каспия оценивались как «очень чистые». Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию.

Превышение нормативов в Среднем Каспии весной и осенью было зарегистрировано для 3 показателей. В мае для БПК₅, взвешенных веществ и АПАВ. В октябре ПДК превысили БПК₅, НУ и АПАВ.

Загрязнение вод РСНП в Среднем Каспии в отчетном году оценивалось как неустойчивое загрязнение низкого и среднего уровня.

Определение качества воды РСНП Среднего Каспия по комплексным показателям проводилось в соответствии с рекомендациями Росгидромета с использованием ИЗВ.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в мае отчетного года использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, БПК₅ и меди. Воды поверхностного и придонного слоя Среднего Каспия в весенний период, согласно значениям ИЗВ, составившим 0,8 и 1,0 ед. соответственно, оценивались как «умеренно загрязненные» (III класс качества вод).

В октябре качество морской среды в поверхностном и придонном горизонтах было одинаковым, значение ИЗВ, равное 0,5 ед., характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). В 2019 г. комплексный показатель (ИЗВ = 0,6) позволил отнести воды РСНП средней части Каспийского моря к той же категории – «чистые» (II класс качества вод).

Межгодовая динамика ИЗВ с 2018 г., когда акватория Среднего Каспия также оценивалась как «чистая», говорит о стабильном состоянии экосистемы. Внутригодовая динамика комплексного показателя качества вод свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки.

В 2020 г. среднее содержание НУ в ДО позволяет отнести донные осадки к I классу качества ДО «очень чистые». Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на исследуемый район.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений». – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293724/4293724612.pdf> (дата обращения 15.04.2020).
2. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 01.10.2019).
3. Положение о вековых гидрологических наблюдениях на морях, омывающих берега СССР, и в устьях рек, впадающих в них – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007012651> (дата обращения 25.05.2021).
4. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200009357> (дата обращения 25.03.2019).
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках (3-е издание, переработанное и дополненное). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095306> / (дата обращения 04.10.2019).
6. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 10.10.2019).
7. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря / Полонский В.Ф., Михайлов В.Н., Кирьянов С.В. и др.; Отв. ред.: Полонский В.Ф. и др. — Москва: ГЕОС, 1998. – 278 с.
8. Монахова Г.А., Есина О.И., Татарников В.О., Монахов С.К. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 1. – С. 32-37.
9. ГОСТ 19179-73 Государственный стандарт Союза ССР. Гидрология суши. Термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-19179-73> (дата обращения 25.03.2019).
10. ГОСТ Р 56059-2014 Национальный стандарт Российской Федерации. Производственный экологический мониторинг. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111617> (дата обращения 25.05.2021).

11. Монахова Г.А., Есина О.И., Татарников В.О., Монахов С.К. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 1. – С. 32-37.
12. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Каспийское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 359 с.
13. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / Отв. ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – 406 с.
14. Обзор тенденции и динамики загрязнения устьевой области Волги за период 1978-2018 гг. / Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань, 2020. – 121 с.
15. Салманов М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря. – Баку : ПИЦ Исмаил, 1999. – 398 с.
16. Максимова М.П. Сравнительная гидрохимия морей. Влияние гидродинамических процессов на потоки взвешенного вещества в океане // Новые идеи в океанологии. Физика. Химия. Биология. – М. : Наука, 2004. – Т. 1. – С. 168–189.
17. Геоэкологический «портрет» экосистемы Каспийского моря / Л.И. Лобковский, Д.Г. Левченко, А.В. Леонов, А.К. Амбросимов // Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. – М. : Наука, 2005. – С. 263–298.
18. Координационный комитет по гидрометеорологии Каспийского моря. Информационный бюллетень. – URL: <http://www.caspc.com/index.php?razd=bullet&lang=1> (дата обращения 29.05.2020).
19. Абдусаматов А.С., Абдурахманов Г.М., Карпюк М.И. Современное состояние и эколого-экономические перспективы развития рыбного хозяйства в западно-каспийском регионе России. – М.: Наука, 2004. – 497 с.
20. Монахов С.К. Экологический мониторинг Каспийского моря. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2012. 194 с.
21. Волжский бассейн. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы / Под ред. Г.С. Розенберга. – М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации / Центр экологической политики России, 2011. – 104 с.
22. Ильзова Ф.Ш., Поставик П.В., Аляутдинов В.А. Каспийское море // Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2012 / Под ред. А.Н. Коршенко. – М. : Наука, 2013. – С. 16-35.
23. 39. Федеральная служба государственной статистики. Официальный сайт. – URL: <https://www.gks.ru/> (дата обращения 12.03.2020).

24. Динамика многолетней изменчивости стока меди и цинка в Каспийское море (2009–2019 гг.) / Светашёва Д.Р., Островская Е.В., Даирова Д.С., Татарников В.О., Азмухамбетова Д.Х., Радованова И.Г. // Труды ГОИН. – 2020. – С. 154-160.
25. Алексеева Т.А. Проблемы защиты водной среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 5. – С. 21-24.
26. Монахов С.К., Бутаев А.М. Оценка вклада водообмена и внутриводоемных процессов в загрязнение морской среды на лицензионном участке «Лаганский» // Юг-Росии: Экология и развитие. - 2010. – №4. – С. 112-118.
27. Кукса В.И. Южные моря (Аральское, Каспийское, Азовское и Черное) в условиях антропогенного стресса. СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 318 с.
28. Геоэкологические показатели загрязнения морей: методы расчета и применения / С.К. Монахов, О.И. Есина, Г.А. Монахова, В.О. Татарников – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2014. – 82 с.
29. Письмо Росгидромет № 652 от 12.11.2001 года «О понятии фоновая концентрация». – URL: <http://www.kfo.meteorf.ru/assets/files/83/metodicheskoe%20informaczionnoe%20pismo%20po%20voprosam%20nds.pdf/> (дата обращения 03.12.2018).
30. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе / Г.А. Монахова, О.И. Есина, В.О. Татарников, С.К. Монахов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 1. – С. 32-37.
31. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/> (дата обращения 21.09.2019).
32. РД 52.24.643-2002 Руководящий документ. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=777#011640887128576505/> (дата обращения 03.10.2019).
33. Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. Исследование естественных нефте- и газопроявлений на морской поверхности по космическим изображениям // Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. – 2012. – № 9. – С. 272-287.

34. Дадашев Ф.Г., Мамедова П.А., Полетаев А.В. Зональное распределение грязевых вулканов в нефтегазоносных областях // Геология нефти и газа. – 2003. – № 1. – С. 18-20.

35. Доклад 16 сессия Комиссии по климатологии ВМО – URL: <http://meteo.ru/events/97-confs-and-seminars/407-16-sessiya-komissii-po-klimatologii-vmo-kkl-vmo> (дата обращения 25.05.2021).

36. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 271 с.

37. Леонтьев О. К. Краткий курс морской геологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. – 464 с.