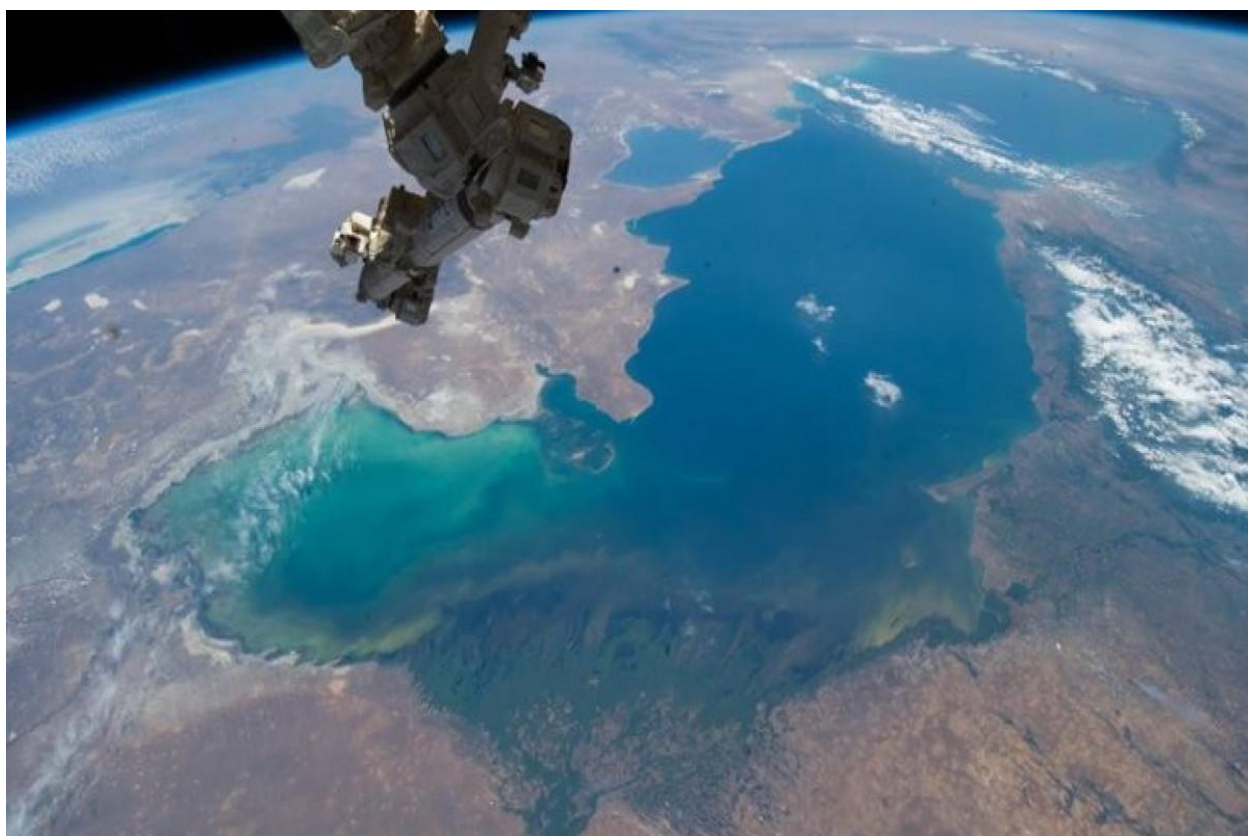


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КАСПИЙСКИЙ МОРСКОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР»
(ФГБУ «КаспМНИЦ»)

Оценка долговременных тенденций изменения состояния и уровня загрязнения морей
Российской Федерации по гидрохимическим и гидробиологическим показателям на
основе данных государственного мониторинга
ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ О СОСТОЯНИИ И ЗАГРЯЗНЕНИИ МОРСКОЙ СРЕДЫ
РОССИЙСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ ЗА 2021 Г.



РЕФЕРАТ

Отчет 75 с., 1 кн., 14 рис., 21 табл., 38 источн., 0 прил.

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 российской части Каспийского моря в 2021 г. Исследования выполнены на основе данных наблюдений на гидрологическом посту Верхнелебяжье, на вековых разрезах государственной наблюдательной сети Росгидромета 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 2021 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 2021 г., в котором представлена комплексная оценка стока загрязняющих веществ р. Волги в Каспийское море и уровня загрязнения морской среды в 2021 году.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА.....	13
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	23
3 ОЦЕНКА СТОКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ Р. ВОЛГИ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ В 2021 ГОДУ.....	26
4 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ В 2021 Г.....	28
5 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕГО КАСПИЯ В 2021 Г.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	72

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

АПAB	– анионные поверхностно-активные вещества
БВ	– биогенные вещества
БПК ₅	– биологическое потребление кислорода (5 суток)
ВОВ	– взвешенное органическое вещество
г.	– год
ГОИН	– Государственный океанографический институт
ГОСТ	– Государственный стандарт
г/п	– гидрологический пост
ГФДГЭМ	– Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)
ГХЦГ	– гексахлорциклогексан
ДДТ	– дихлордифенилтрихлорэтан
ДДЭ	– дихлордифенилдихлорэтилен
ДК	– допустимая концентрация
дно	– придонный горизонт
ДО	– донные отложения
ЕГФД	– Единый государственный фонд данных
Ед. изм.	– единица измерения
ЗВ	– загрязняющее вещество
ИЗВ	– индекс загрязненности вод
КаспМНИЦ	– ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»
км	– километр
КХА	– количественный химический анализ
м	– метр
мин	– минеральный
МПР	– Министерство природных ресурсов и экологии
НУ	– нефтяные углеводороды
о.	– остров
общ	– общий

орг	– органический
ПАУ	– полиароматические углеводороды
ПДК	– предельно допустимая концентрация
пов.	– поверхность
ПХБ	– полихлорированные бифенилы
ПЭМ	– производственный экологический мониторинг
р.	– река
РД	– Руководящий документ
РОВ	– растворенное органическое вещество
Росгидромет	– Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
СПАВ	– синтетические поверхностно-активные вещества
Ср. знач.	– среднее значение
ТМ	– тяжелые металлы
тыс. т	– тысяч тонн
ХОП	– хлорорганические пестициды
ФГБУ	– Федеральное государственное бюджетное учреждение
ФЗ	– Федеральный закон
0	– ниже предела обнаружения
α -, β -, γ -ГХЦГ	– изомеры гексахлорциклогексана

ВВЕДЕНИЕ

Каспийское море – самый большой изолированный бессточный водоем, с неоднородным рельефом дна, расположенный на границе зон умеренных и субтропических широт, со сложными условиями формирования процессов циркуляции воды и осадкообразования. Большая протяженность Каспия в меридиональном направлении, сложность орографии западного и южного побережий определяют многообразие местных особенностей. Акватория моря представляет собой субмеридиональный прогиб, наложенный на части Восточно-Европейской (Русской) докембрийской и Скифско-Туранской эпигерцинской платформ. Глубины российской части моря изменяются от 5-25 м в Северном Каспии и достигают 600 м в Среднем Каспии. Замкнутость и расположение во внутренней области Евразии обуславливают высокую зависимость режима Каспийского моря от воздействия внешних факторов, прежде всего от речного стока и испарения. Влияние стока прямо или косвенно сказывается на всех компонентах экосистемы моря.

Другим важным фактором формирования гидрохимического режима является трансформация химического состава воды на геохимическом барьере «река-море» и высокая активность «живого вещества» [12-19].

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. Кислородный режим характеризуется значительной сезонной и межгодовой изменчивостью, определяемой в основном гидролого-гидрохимическими и биологическими особенностями процессов, протекающих в водоеме. В Каспийском море в последние годы, относительно прошлого века, отмечено значительное сокращение площадей с гипоксией в придонных слоях воды, что объясняется изменившимися гидрологическими условиями и перестройкой вертикальной циркуляции вод.

Значительное содержание биогенных веществ и ускоренная их оборачиваемость определяют высокую биологическую продуктивность водоёма. Вследствие формирования на акватории Северного Каспия различных условий протекания биохимических процессов концентрация водородных ионов может изменяться в пределах 8-9 единиц. Биогены, в свою очередь, определяют трофический статус акватории Каспийского моря [12-19].

В условиях наращивания темпов добычи сырья на континентальном шельфе исключительную актуальность имеет эффективное экологическое планирование,

усовершенствование нормативно-правовой базы, организация системы комплексной оценки окружающей среды. Первостепенное значение при этом играет мониторинг и экологический контроль на всех организационных уровнях. В Каспийском море хорошо развито рыболовство, рекреация и морские грузоперевозки, большое значение имеет Каспий как резерв биологического разнообразия [20, 21].

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 [22].

Целью данной работы является определение характеристик гидрохимического режима и уровня загрязнения морской среды российской части Каспийского моря в 2021 г. при различных природных условиях и степени воздействия антропогенной нагрузки, оценка стока загрязняющих веществ (ЗВ), поступающих в морскую экосистему.

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

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 (ТМ) 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 российской части Каспийского моря в 2021 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 [23].

Основным результатом исследований является опубликованный на сайте ФГБУ «КаспМНИЦ» «Ежегодный бюллетень о состоянии и загрязнении морской среды российского сектора Каспийского моря за 2021 г.».

Бюллетень состоит из четырех частей. В первой главе приводится описание нормативно-правовой основы экологического мониторинга. 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 2021 году. В четвертой и пятой части проведен анализ загрязнения морской среды российской части Каспийского моря за 2021 год.

1 НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Широкий спектр воздействия антропогенной деятельности на окружающую среду и наличие тесных биологических связей между природными компонентами, когда изменения одного из них неизбежно влекут изменения следующего, обуславливает необходимость комплексного подхода и наблюдения за всеми компонентами окружающей среды. Охрана окружающей среды является комплексной задачей и должна осуществляться на всех уровнях управления. Эффективность исполнения данной задачи во многом зависит от взаимодействия сетей наблюдения различного уровня и сопоставимости данных мониторинга. Собираемые данные должны давать полное представление и информировать обо всех происходящих природных процессах. Достаточность мониторинга обеспечивается объемом проводимых исследований (количественный аспект) и правильностью выбора пунктов, маршрутов или точек мониторинга (качественный аспект).

Система мониторинга окружающей среды в Российской Федерации имеет трехуровневую структуру (3 подсистемы):

- государственный экологический мониторинг;
- территориальный экологический мониторинг;
- локальный (производственный) экологический мониторинг.

Система экологического мониторинга состояния и загрязнения морской среды закреплена на законодательном уровне и основывается на положениях федеральных законов, постановлений Правительства РФ, приказов министерств и ведомств, государственных стандартов [6, 24-29].

Законодательством довольно подробно описаны принципы и основы экологического мониторинга на каждом уровне. Однако значительным недостатком нормативно-правовой базы является отсутствие норм регламентирующих взаимосвязь уровней мониторинга и их взаимодействие.

Организация системы мониторинга окружающей природной среды в России должна обеспечивать взаимодействие государственных и частных (производственных) наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы экологического мониторинга.

В соответствии с Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» мониторингом окружающей среды (экологическим мониторингом) называется комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и

прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. В свою очередь, государственным мониторингом окружающей среды (государственным экологическим мониторингом) называется мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов РФ в соответствии с их компетенцией.

В соответствии с законодательством государственный мониторинг осуществляется на основе государственной системы наблюдений, включающей в себя государственную наблюдательную сеть и территориальные системы наблюдений за состоянием окружающей среды. Формирование и функционирование государственной наблюдательной сети обеспечивает Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) через систему стационарных и подвижных пунктов наблюдений, постов, станций, лабораторий, средств наблюдений авиакосмического и морского базирования. Территориальные системы наблюдений за состоянием окружающей среды создаются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в установленном порядке [28].

Таким образом, при осуществлении мониторинга поверхностных водных объектов Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды осуществляет (федеральный уровень мониторинга):

- регулярные наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов в части количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации, континентального шельфа и исключительной экономической зоны Российской Федерации на базе государственной наблюдательной сети;
- оценку и прогнозирование изменений состояния поверхностных вод;
- сбор, обработку, обобщение и хранение сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами;
- предоставление федеральным органам исполнительной власти, органам государственной власти субъектов Российской Федерации данных мониторинга поверхностных вод.

Органы исполнительной власти субъектов РФ (территориальный уровень) при осуществлении мониторинга проводят:

- регулярные наблюдения за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей;
- сбор, обработку и обобщение указанной информации.

Производственный экологический мониторинг (локальный уровень) включает в себя:

- систематическую регистрацию и контроль количественных и качественных показателей компонентов окружающей природной среды в местах размещения источников вредного воздействия и районах их возможного распространения;
- контроль выполнения и эффективности принятых рекомендаций по сохранению и восстановлению состояния окружающей природной среды.

В существующей системе мониторинга в России особое место занимает именно производственный экологический мониторинг в силу возложенных государством на природопользователей природоохранных обязанностей [29].

Целью производственного экологического мониторинга (ПЭМ) являются долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей среды, её загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния окружающей среды, её загрязнения на территориях субъектов хозяйственной и иной деятельности (организаций) и в пределах их воздействия на окружающую среду. Основные положения ПЭМ описаны в нормативных документах:

- ГОСТ Р 56059-2014 «Производственный экологический мониторинг. Общие положения»;
- ГОСТ Р 56063-2014 «Производственный экологический мониторинг. Требования к программам производственного экологического мониторинга».

Положением о государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), утвержденным постановлением Правительства РФ от 09.08.2013 № 681, введена единая федеральная информационная система, обеспечивающая сбор, обработку и анализ данных мониторинга – Единый государственный фонд данных (ЕГФД) [30].

Росгидромет формирует ЕГФД в части результатов государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, в том числе внутренних морских вод и территориального моря России. Федеральные и региональные органы исполнительной власти, уполномоченные в сфере ведения мониторинга окружающей среды, предоставляют в ЕГФД информацию в рамках своей компетенции. Росгидромет, в целях формирования государственного фонда, предоставляет информацию в части государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, государственного мониторинга внутренних морских вод и территориального моря России и т.д. Федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти

субъектов Российской Федерации предоставляют фонду информацию в рамках своей компетенции, в частности о результатах регионального государственного экологического надзора и производственного контроля в области охраны окружающей среды.

Государственный фонд содержит:

- данные, содержащиеся в базах данных подсистем единой системы мониторинга;
- результаты производственного контроля в области охраны окружающей среды;
- данные государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Природопользователи, осуществляющие хозяйственную деятельность в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений, обязаны создавать локальные сети наблюдений в рамках ПЭМ. ПЭМ в районах разведки и разработки морских нефтегазоносных месторождений, который по сути и является локальным уровнем экологического мониторинга, включает в себя фоновый мониторинг, импактный мониторинг и мониторинг аварийных разливов нефти. ПЭМ служит целям выявления возможного загрязнения и оценки воздействия его на состояние морской среды и других компонентов экосистемы [30].

Локальный уровень наблюдений занимает особое место в системе мониторинга, так как включает в себя фоновый и импактный мониторинг, к тому же законодательством предъявляются высокие требования к лицам, осуществляющим недропользование на морском шельфе.

Производственный экологический мониторинг включает ряд категорий наблюдений:

- регулярные наблюдения в пунктах контроля и контрольных площадках;
- оперативные наблюдения (в местах обнаруженного загрязнения или аварийного разлива);
- специальные наблюдения (в связи с увеличением значимости какого-либо техногенного воздействия или при обнаружении сверхнормативного загрязнения природных сред в процессе мониторинга).

В целях формирования полной картины вероятного негативного воздействия и предупреждения чрезмерной антропогенной нагрузки на экосистемы данные государственной наблюдательной сети, территориальных и локальных систем наблюдений за загрязнением окружающей среды должны быть объединены.

Согласованное функционирование государственной системы мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды и локальных систем наблюдений обеспечивается путем координации программ мониторинга, обмена данными между

государственной и локальными системами и использованием полученных данных для целей государственного и производственного экологического мониторинга.

Проведение наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды регламентируется программами мониторинга, которые утверждают количество и расположение пунктов наблюдений, перечень наблюдаемых параметров, сроки и периодичность наблюдений. Программы мониторинга формируются с учетом включения гидрометеорологических, гидробиологических, гидрохимических наблюдений и др. Различные виды мониторинга (спутниковый мониторинг; гидробиологический мониторинг; гидрохимический мониторинг; геоэкологический мониторинг; геодинамический мониторинг, инженерные изыскания; методы статистической и математической обработки данных) осуществляются в соответствии с нормативно-техническими документами, устанавливающими правила и порядок проведения наблюдений.

Согласованное функционирование государственной системы наблюдений, являющейся частью Единой системы государственного экологического мониторинга, и локальных систем наблюдений обеспечивается посредством координации программ мониторинга, обмена данными между государственной и локальными системами наблюдений и использования этих данных для целей государственного и производственного экологического мониторинга.

Сопоставимость данных обеспечивается за счет единой нормативно-технической базы, использования единых методов и средств измерений, единых методов оценки состояния и загрязнения окружающей среды, единого научно-методологического руководства государственной и локальными системами наблюдений.

Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды разработана «Концепция совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды с учетом конкретизации задач федерального, регионального и локального уровней на 2017-2025 гг.» [29]. В рамках данного направления разработан руководящий документ «Методические указания по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений». Наряду с требованиями к организации и проведению наблюдений при различных видах ПЭМ руководящий документ содержит указания по оценке состояния и загрязнения морской среды. С учетом специфических задач ПЭМ он также содержит указания по выявлению и оценке воздействия нефтегазодобывающей деятельности на состояние и загрязнение морской среды. Для проведения фоновых ПЭМ привлекаются территориальные организации

Росгидромета, с которыми также согласовывается программа мониторинга. Документ направлен на заполнение существующих законодательных пробелов и гармонизацию требований к локальным (производственным) сетям экологического мониторинга. Главная задача, которая решалась при разработке документа – обеспечить взаимодействие сетей наблюдения различного уровня и сопоставимость данных мониторинга.

Организации государственного экологического мониторинга целиком посвящена глава 10 ФЗ от 10.01.2002 [6]. Согласно ст. 63 [6], государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации в целях наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе за состоянием окружающей среды в районах расположения источников антропогенного воздействия и воздействием этих источников на окружающую среду, а также в целях обеспечения потребностей государства, юридических и физических лиц в достоверной информации, необходимой для предотвращения и (или) уменьшения неблагоприятных последствий изменения состояния окружающей среды.

Порядок организации и осуществления государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга) устанавливается уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти.

Информация о состоянии окружающей среды, ее изменении, полученная при осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга), используется органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления для разработки прогнозов социально-экономического развития и принятия соответствующих решений, разработки федеральных программ в области экологического развития Российской Федерации, целевых программ в области охраны окружающей среды субъектов Российской Федерации и мероприятий по охране окружающей среды. Порядок предоставления информации о состоянии окружающей среды регулируется законодательством [6].

Постановление Правительства РФ от 09.08.2013 № 681 «О государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)» закладывает основы государственного мониторинга окружающей среды как единой системы, состоящей из 15 подсистем, с указанием федеральных органов исполнительной власти, ответственных за

формирование и функционирование наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы мониторинга. В части ведения государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, государственного мониторинга атмосферного воздуха, государственного мониторинга внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации, государственного мониторинга исключительной экономической зоны Российской Федерации, государственного мониторинга континентального шельфа Российской Федерации, государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации и государственного экологического мониторинга уникальной экологической системы озера Байкал таким органом является Росгидромет. В части государственного мониторинга объектов животного мира и государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания ответственным является Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации; в части государственного мониторинга состояния недр – Федеральное агентство по недропользованию; в части государственного мониторинга водных объектов – Федеральное агентство водных ресурсов с участием Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Федерального агентства по недропользованию; в части государственного мониторинга водных биологических ресурсов – Федеральное агентство по рыболовству.

В государственном мониторинге также предусмотрено участие органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации.

Общая координация работ по организации и функционированию единой системы мониторинга осуществляется Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Это Постановление [30] также предусматривает создание Государственного фонда данных государственного экологического мониторинга (ГФДГЭМ), что осуществляется Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, являющимся государственным оператором государственного фонда, с участием Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии, Федерального агентства лесного хозяйства, Федерального агентства по рыболовству, Федерального агентства водных ресурсов и Федерального агентства по недропользованию.

Государственный фонд является федеральной информационной системой,

обеспечивающей сбор, обработку и анализ данных, а также включающей в себя:

- данные, содержащиеся в базах данных подсистем единой системы мониторинга;
- результаты производственного контроля в области охраны окружающей среды и государственного экологического надзора;
- данные государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Наиболее четко связь локального (объектного) мониторинга как части государственного мониторинга прописана в «Положении о порядке осуществления государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации», утвержденном Приказом МПР от 21.05.2001 № 433. Входящая в мониторинг состояния недр подсистема мониторинга геологической среды континентального шельфа предназначена, помимо прочего, для оценки «влияния разработки месторождений полезных ископаемых на шельфе на другие компоненты окружающей природной среды (морские воды, биоту и др.)». Условия, объемы и виды мониторинга определяются в процессе получения участков недр в недропользование.

В «Положении о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 06.06.2013 № 477, ответственный федеральный орган власти – Росгидромет – учитывает при формировании государственной системы наблюдений пункты и системы наблюдений за состоянием окружающей среды в районах расположения объектов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду и владельцы которых в соответствии с федеральными законами осуществляют мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды в зоне воздействия этих объектов.

Более детально место локальных систем в системе государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды прописано в «Концепции совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды с учетом конкретизации задач федерального, регионального и локального уровней на 2017-2025 годы» (далее – Концепция), утвержденной Приказом Росгидромета от 02.02.2017 № 23. В Концепции указывается, что проведение наблюдений в соответствии с законодательством предусматривается осуществлять в составе выполняемого предприятиями производственного экологического контроля. Основной целью локальной системы наблюдений является оценка загрязнения окружающей среды, обусловленного воздействием выбросов и сбросов загрязняющих веществ объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

В Концепции в качестве одной из основных целей предусмотрено

совершенствование государственного регулирования деятельности в сфере осуществления мониторинга загрязнения окружающей среды, в том числе в части определения требований к формированию и функционированию систем наблюдений, форматам, содержанию и срокам предоставления информации.

Концепция предусматривает, что подготовка соответствующих нормативных актов с требованиями по формированию и функционированию систем наблюдений и реализуемых ими программ наблюдений будет осуществляться с учетом принятых международным сообществом документов в данной сфере, а также проверенных в ходе многолетнего использования положений руководящих документов и государственных стандартов.

При подготовке нормативных актов с требованиями к форматам и содержанию информации о загрязнении окружающей среды и срокам ее представления в ЕГФД и создаваемый ГФДГЭМ также предусматривается учитывать международные документы по вопросам предоставления данной информации в международные организации. Концепцией предусматривается интеграция информационных ресурсов, получаемых государственной наблюдательной сетью, территориальными и локальными системами наблюдений, в составе мероприятий по созданию ГФДГЭМ.

Непосредственными результатами реализации данной Концепции к 2025 году должны стать, помимо прочего:

- исключение дублирования работ, выполняемых государственной наблюдательной сетью, территориальными и локальными системами наблюдений;
- организация и функционирование локальных систем наблюдений мониторинга загрязнения окружающей среды в 100 % районов расположения объектов с высоким риском загрязнения окружающей среды, исходя из специфики выбросов и сбросов ЗВ, в том числе по специфическим (маркерным) веществам.

Производство наблюдений на наблюдательных сетях, независимо от их принадлежности, относится к области гидрометеорологии и смежным с ней областям, деятельность в этих областях относится к лицензируемым видам деятельности. Лицензии на данный вид деятельности, согласно Постановлению Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1845, выдаются Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). В Положении, утвержденном этим Постановлением, устанавливаются требования к получателям лицензий и контроль за их исполнением. В Приказе Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июля 2020 г. № 509 устанавливаются требования к сбору, обработке, хранению и распространению информации о состоянии окружающей среды и ее загрязнении, а также к получению

информационной продукции.

В соответствии со ст. 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [6] требования к содержанию программы производственного экологического контроля с учетом категорий объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, форме отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля и методические рекомендации по ее заполнению, а также порядок и сроки представления указанного отчета должны быть установлены приказами МПР. Положения ст. 67 Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [6] о программе Производственного экологического контроля детализированы в Приложении 1 «Требования к содержанию программы производственного экологического контроля» к Приказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 28.02.2018 № 74 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля».

Согласно ст. 9 этого приложения раздел программы экологического контроля «Сведения о периодичности и методах осуществления производственного экологического контроля, местах отбора проб и методиках (методах) измерений» должен содержать:

- подраздел «Производственный контроль в области охраны атмосферного воздуха»;
- подраздел «Производственный контроль в области охраны и использования водных объектов»;
- подраздел «Производственный контроль в области обращения с отходами».

Подраздел «Производственный контроль в области охраны и использования водных объектов» должен содержать, помимо прочего, программу ведения регулярных наблюдений за водным объектом и его водоохранной зоной, разработанную в соответствии с типовой формой решения о предоставлении водного объекта в пользование, принимаемого Федеральным агентством водных ресурсов, его территориальным органом, органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органом местного самоуправления, утвержденной приказом МПР от 14 марта 2007 № 56.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

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 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 Лебяжье.

Оценка стока ЗВ р. Волги в Каспийское море выполнена на основе данных наблюдений на г/п Верхнелебяжье (рисунок 1). Г/п Верхнелебяжье расположен в вершине дельты р. Волги, в месте отделения от основного русла левого крупного дельтового рукава – Бузана, в 50 км выше г. Астрахань [12].

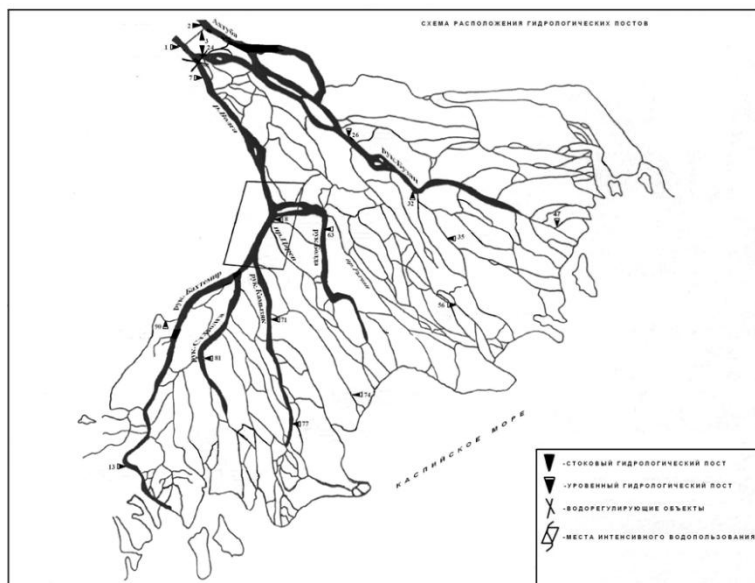


Рисунок 1 – Схема расположения гидрологических постов на р. Волге

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);
- средний за рассматриваемый период сток воды (W), рассчитанный на основании данных наблюдений за расходами воды в вершине дельты (потери воды в дельте не учитывали).

Расчет стока растворенных загрязняющих веществ (P_i) проводили по формуле:

$$P_i = C_i * W,$$

где W – объем стока воды из устьевой области р. Волги в вершине дельты, км³,

C_i – средняя концентрация ЗВ в воде устьевой области, мг/дм³.

Оценка состояния и загрязнения морской среды Каспийского моря проводилась на основании ЕГФД, с использованием данных ПЭМ, проводимого нефтедобывающими компаниями в российской части Каспийского моря (рисунок 2). Мониторинговые исследования районов нефтегазодобычи (рисунок 3) проводятся в соответствии с утвержденными программами ПЭМ в весенний период половодья и в летне-осенний период меженных значений уровней воды.

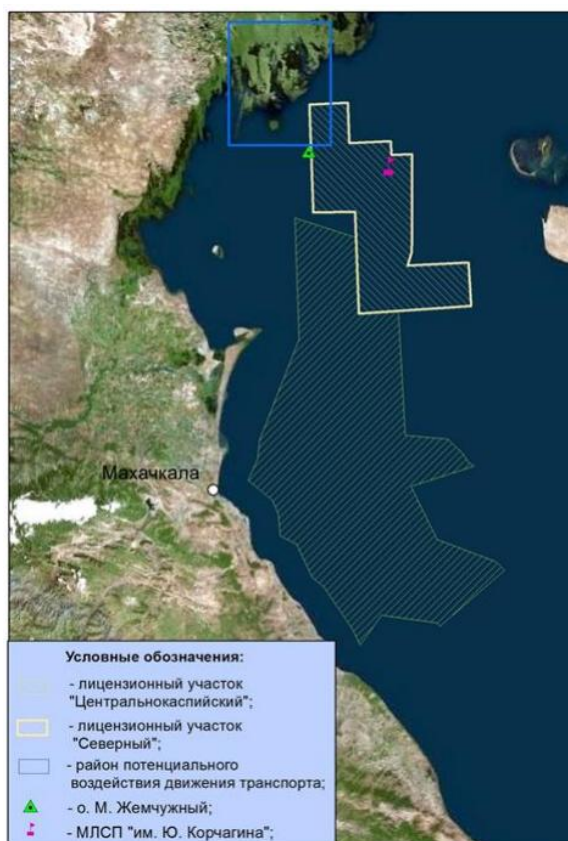


Рисунок 2 – Комплексная схематичная карта района проведения мониторинга в 2021 г.

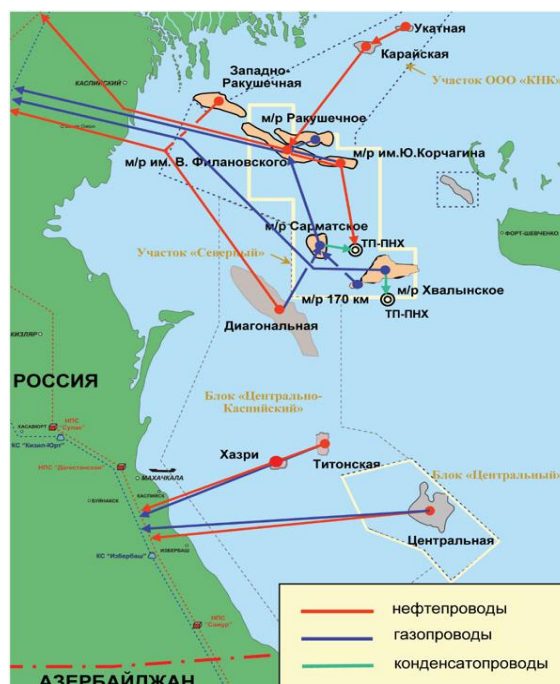


Рисунок 3 – Районы нефтегазодобычи в Каспийском море

Гидрохимические и геохимические исследования в Северном Каспии проводились на 34 станциях мониторинга, в Среднем Каспии – на 25 станциях. Оценке было подвергнуто 43 гидрохимических показателя и 35 геохимических показателя.

Для оценки состояния экосистемы Каспийского моря использовались рекомендуемые Росгидрометом методики, в том числе определение качества воды по комплексному показателю индекса загрязненности вод (ИЗВ) и определение качества ДО по канадским стандартам и содержанию нефтяных углеводородов (НУ) (таблица 1, 2) [1].

Таблица 1 – Оценка качества морских вод с использованием ИЗВ

Класс качества морских вод		Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые	I	$\text{ИЗВ} \leq 0,25$
Чистые	II	$0,25 < \text{ИЗВ} \leq 0,75$
Умеренно загрязненные	III	$0,75 < \text{ИЗВ} \leq 1,25$
Загрязненные	IV	$1,25 < \text{ИЗВ} \leq 1,75$
Грязные	V	$1,75 < \text{ИЗВ} \leq 3,00$
Очень грязные	VI	$3,00 < \text{ИЗВ} \leq 5,00$
Чрезвычайно грязные	VII	$\text{ИЗВ} > 5,00$

Таблица 2 – Оценка качества донных отложений по содержанию в них НУ

Класс качества донных отложений		Диапазон концентраций НУ, мг/кг
Очень чистые	I	$10 < C_{\text{НУ}} \leq 15$
Чистые	II	$15 < C_{\text{НУ}} \leq 50$
Загрязненные	III	$50 < C_{\text{НУ}} \leq 200$
Грязные	IV	$200 < C_{\text{НУ}} \leq 500$
Очень грязные	V	$C_{\text{НУ}} > 500$

3 ОЦЕНКА СТОКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ Р. ВОЛГИ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ В 2021 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 российской части Каспийского моря в результате водообмена между западной и восточной частями Северного Каспия, значительная доля ЗВ переносится течениями. Существуют источники загрязнения и на морской акватории, прежде всего это морской транспорт.

Оценка стока ЗВ Волги в Каспийское море (таблица 3) выполнена на основе данных наблюдений на г/п Верхнелебязье. Водный годовой сток по гидропосту Верхнелебязье в 2021 г. составил 208,3 км³, что значительно ниже среднеклиматической нормы (240 км³), в 2020 г. этот показатель составил 279,8 км³.

Таблица 3 – Сток загрязняющих веществ р. Волги (г/п Верхнелебязье) в 2020-2021 гг.

Показатели	2020 г.	2021 г.
1	2	3
Взвешенные вещества, тыс. т	10548,83	6388,86
Азот аммонийный, тыс. т	4,11	1,93
Нитритный азот, тыс. т	2,06	0,60
Нитратный азот, тыс. т	76,69	38,46
Азот суммарный минеральный, тыс. т	82,86	40,99
Фосфор минеральный, тыс. т	10,21	3,57
Кремний, тыс. т	1595,82	3287,12
Железо, тыс. т	30,30	34,37
Медь, тыс. т	0,45	0,46
Цинк, тыс. т	12,65	10,52
Никель, тыс. т	0,57	1,30
Хром общий, тыс. т	0,04	0,06
Свинец, тыс. т	0,05	0,10
Молибден, тыс. т	0,46	0,27
Кобальт, тыс. т	0,10	0,29
Ртуть, т	3,0	3,87
Кадмий, тыс. т	0,26	0,01
Олово, тыс. т	0,09	0,13
Марганец, тыс. т	0,33	0,71
Фенолы, тыс. т	0,33	0,15
НУ, тыс. т	15,41	13,26
АПАВ, тыс. т	11,90	10,86
ДДЭ, тыс. т	0,03	0,29
ДДТ, тыс. т	0,14	0,30
α – ГХЦГ, т	0,11	0,12
γ – ГХЦГ, т	0,22	0,25

Важно отметить, что в 2021 г. наблюдается тенденция к снижению объема стока

взвешенных веществ и биогенов, а также некоторых тяжелых металлов: цинк, молибден и кадмий. Сток фенолов сократился в 2 раза, незначительно упал сток НУ и АПАВ. В 2021 г. до 2 раз увеличился сток кремния, никеля, свинца и марганца, также увеличились значения стока железа и ртути. Сток ДДЭ вырос в 10 раз, а ДДТ – в 2 раза.

4 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Состояние и загрязнение морской среды российской части Северного Каспия по гидрохимическим показателям

Обзор состояния химического загрязнения вод российской части Северного Каспия составлен по данным наблюдений в рамках программы ПЭМ нефтегазодобывающих компаний на Каспии. В 2021 году морские гидрологические и гидрохимические наблюдения, а также наблюдения за загрязнением морской среды проводились 2 раза в год в июне-июле и в октябре на 34 станциях лицензионного участка «Северный». Всего в ходе экспедиций в северо-западной части Северного Каспия в 2021 г. определялось 16 гидрохимических показателей и 27 показателей загрязненности морских вод, данные показатели оценивались согласно нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [27].

Летом 2021 г. температура у поверхности моря колебалась в диапазоне значений 26,12-29,51, в октябре изменялась от 11,61 до 14,49 °С. У дна температура воды составляла 8,8-28,71 °С в июне и 11,83-14,43 °С осенью (таблица 4). Известно, что в период половодья температура и другие гидрологические параметры северо-западной части моря во многом зависят от стока речных вод. В летние месяцы морская вода прогревается и теряет четко выраженную стратификацию, в этот период значительное влияние на гидрологические показатели оказывает водообмен со Средним Каспием [31]. Значительные колебания температуры в придонном горизонте в летний период могли быть вызваны глубоководными течениями из Среднего Каспия. В осенний период (октябрь) отклонение температуры от среднеегоголетней нормы составило +0,4 °С.

Средняя величина солености вод Северного Каспия в поверхностном слое летом 2021 г. составила 8,18 ‰, а в придонном слое – 9,03 ‰. Соленость в октябре 2021 г. у поверхности изменялась в диапазоне 3,52-11,21 ‰ (в среднем составив 10,30 ‰), у дна – 8,47-11,21 ‰ (в среднем 10,70 ‰) (таблица 4). Диапазон значений солености соответствовал среднеегоголетним нормам (таблица 5, 6).

Таблица 4 – Значения показателей состояния и загрязнения вод российской части Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 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	19,01	16,63-20,51	13,36	7,84-17,03	27,68	26,12-29,51	19,79	8,8-28,71	-
Соленость	‰	7,6	3,2-11,2	9,37	4,95-11,51	8,18	0,35-10,52	9,03	0,35-11,51	-
pH	ед. pH	8,50	8,30-8,60	8,43	8,38-8,57	8,4	8,32-8,59	8,38	8,26-8,57	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	10,50	10,20-10,70	9,70	8,02-11,35	5,85	5,52-6,11	5,92	4,37-7,14	> 6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	96,96	13,9-529,2	134,57	10,6-1014,0	28,87	10,18-92,25	16,84	0-95,27	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	8,15	0-29,68	5,71	0-26,27	0,22	0-7,51	0,68	0-6,94	200
Фосфор органический	мкг/дм ³	32,83	7,38-78,17	35,91	4,5-89,34	12,04	0-33,92	12,43	0-44,03	
Фосфор общий	мкг/дм ³	40,98	7,77-94,22	43,63	8,37-96,58	14,38	0-33,92	12,92	0-44,03	
Азот аммонийный	мкг/дм ³	9,3	6,8-12,7	1,82	0-61,8	16,24	0-100,95	31,17	0-113,685	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	1,1	0,75-1,27	1,13	0,54-2,47	0,99	0-2,04	0,81	0-3,15	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	4,3	2,7-5,9	6,67	5,08-9,59	1,24	0-15,7	0,84	0-8,97	-
Азот минеральный	мкг/дм ³	14,7	0-17,87	9,62	0-61,80	18,48	0-104,92	32,82	0-114,77	
Азот органический	мкг/дм ³	428,97	2,84-1226,89	599,38	0,75-3094,29	79,74	47,80-170,5	28,34	6,09-103,92	
Азот общий	мкг/дм ³	430,27	3,1-1244,75	602,52	0,75-3106,35	24,75	0,83-71,96	90,18	53,72-205,0	
РОВ	мг/дм ³	2,14	1,08-3,33	2,13	1,14-3,22	2,141	1,64-2,92	2,0	1,18-2,69	
ВОВ	мг/дм ³	5,11	0,8-13,4	3,84	0,1-17,6	2,145	0-10,60	2,04	0-9,20	
межень										
Температура	°С	15,76	14,01-17,69	16,14	14,35-17,94	13,20	11,61-14,49	13,24	11,83-14,43	-
Соленость	‰	9,76	3,65-11,34	10,82	8,73-11,34	10,30	3,52-11,21	10,70	8,47-11,21	-
pH	ед. pH	8,57	8,44-8,65	8,56	8,47-8,67	8,50	8,46-8,52	8,49	8,47-8,52	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	13,95	12,87-14,90	13,53	11,75-14,87	9,44	8,99-10,52	6,54	6,22-7,24	> 6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	38,13	11,0-117,2	48,52	13,5-131,6	29,31	0-97,0	32,45	0-93,70	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	13,25	5,04-69,41	7,71	5,04-20,26	0	0	0	0	200
Фосфор органический	мкг/дм ³	14,84	3,55-48,97	15,24	0-54,5	6,97	0-17,57	5,67	0-13,9	P org
Фосфор общий	мкг/дм ³	22,15	6,72-88,59	18,27	5,69-54,5	6,97	0-17,57	5,67	0-13,9	
Азот аммонийный	мкг/дм ³	8,30	0-128,4	3,87	15,08-66,8	50,10	0-195,20	79,30	0-241,0	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	1,34	0,53-3,53	1,82	0,6-3,92	0,85	0-4,56	0,95	0-4,67	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	1,03	0-11,01	0,24	0-7,37	5,13	0-40,11	4,52	0-27,83	-

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Азот минеральный	мкг/дм ³	10,67	0-140,01	5,93	0-67,47	56,09	0-203,38	84,82	0-241,0	
Азот органический	мкг/дм ³	197,98	8,91-1955,2	196,67	10,43-1609,01	62,19	4,6-156,6	65,89	6,9-151,1	
Азот общий	мкг/дм ³	207,70	8,91-1955,2	200,90	11,97-1610,05	140,88	76,2-237,9	162,08	82,1-316,9	
РОВ	мг/дм ³	1,99	1,67-2,67	1,755	1,02-2,54	1,88	0,75-2,73	0,72	0-3,0	
ВОВ	мг/дм ³	1,39	0,1-4,3	1,179412	0,1-4,8	1,1	0-6,86	1,85	0,45-3,06	

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

Таблица 5 – Среднемноголетние данные температуры воды 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 6 – 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 2021 г. находились в пределах от 8,26 ед. рН летом в придонном горизонте до 8,59 ед. рН в тот же период в поверхностном слое. Средняя величина в период половодья у поверхности составила 8,40 ед. рН, у дна – 8,38 ед. рН (таблица 4). Значения рН в октябре изменялись незначительно и оставались на уровне 8,4-8,78, 46-8,52 ед. рН. Изменчивость данного показателя была низкой в течение всего периода и соответствовала многолетним диапазонам, однако наибольшие колебания регистрировались в июне. Значения 2021 г. мало отличались от значений 2020 г. Вертикальная изменчивость этого показателя была также выражена слабо.

Уровень содержания кислорода в 2021 году в поверхностном горизонте в период половодья снизился относительно предыдущего года почти в 2 раза и изменялся в диапазоне 5,5-6,1 мгО₂/л (таблица 4). Среднее его содержание (5,85 мгО₂/л) составило 1,1 ПДК, что ниже среднемноголетнего значения (2010-2020 гг.) в 1,6 раз. Экстремально низкое значение кислорода находилось на уровне 4,37 мгО₂/л в придонном горизонте, диапазон значений находился в пределах многолетней изменчивости. Осенью 2021 г. кислородный режим моря был удовлетворительным (таблица 4), содержание кислорода ниже предела допустимой концентрации не опускалось. Средние концентрации составили в поверхностном и придонном соответственно 9,44 и 6,54 мг/л. Отмечается, что в июне-июле 2021 г. уровень растворенного кислорода ниже, чем в 2020 г. Вероятно, это обусловлено более низкой интенсивностью фотосинтетических процессов в условиях снижения биогенного стока. 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.

На волжский сток приходится 80 % ежегодного прихода биогенных веществ в море. Под биогенным стоком подразумевается сброс р. Волги в Северный Каспий

главнейших биогенных элементов: азота, кремния и фосфора.

Соединения фосфора в силу высокой реактивности являются наиболее важным гидрохимическим компонентом, характеризующим биологическую продуктивность моря, именно они в первую очередь потребляются фитопланктоном для обеспечения жизнедеятельности и фотосинтеза. Минерализация фосфорсодержащих соединений происходит быстрее, чем минерализация других биогенов. Значительное количество фосфатов поступает с речным стоком, который обычно богат биогенными веществами [32]. На сезонное содержание фосфатов оказывает влияние несколько факторов: сток фосфатов в море, потребление фосфатов фитопланктоном, интенсивность обмена между донными отложениями и водной массой. Значительное количество фосфатов выносится в Каспий Волгой. В Мировом океане в период интенсивного развития фитопланктона наблюдается повышенное потребление органики, однако у этого процесса есть и лимитирующие факторы. С увеличением температуры летом 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].

Содержание минерального фосфора в период половодья 2021 г., по сравнению с 2020 г., снизилось в среднем в поверхностном горизонте в 8 раз, а в придонном – в 5 раз, в межень 2021 г. значения фосфатного фосфора не превышали предела обнаружения аналитического метода. Средняя величина в период половодья составила 0,22 мкг/л в поверхностном слое и 0,68 мкг/л в придонном (таблица 4, рисунок 4).

Концентрация общего фосфора снизилась в толще воды в 3 раза относительно прошлого года. В половодье в поверхностных водах его количество в среднем составляло 14,38 мкг/л, в придонных – 12,92 мкг/л, колебания составили 0-44,03 мкг/л. В межень экстремальные значения $P_{\text{общ}}$ колебались от 0 до 17,57 мкг/л, при средних значениях 6,97 и 5,67 мкг/л в поверхностном и придонном горизонте соответственно. В осенний период количество $P_{\text{общ}}$ в толще воды снижается (таблица 4, рисунок 4).

Уровень органического фосфора был рассчитан как разница общего и минерального фосфора [33]. В 2021 г. его значения снизились более чем в два раза. Следует отметить, что в 2020 году отмечалось незначительное повышение $P_{\text{орг}}$ в придонном слое, в 2021 г. вертикальное распределение органического фосфора было равномерным. В целом для морской среды характерно наибольшее содержание $P_{\text{орг}}$ в поверхностном горизонте, с глубиной его количество обычно убывает [33]. Из-за накопления остатков планктона и разложения органики на дне могут регистрироваться повышенные значения органического фосфора, однако такое распределение этого

показателя по вертикали не является характерным (таблица 4, рисунок 4).

Наблюдения подтверждают выводы ранее проведенных исследований [33]: содержание органического фосфора, возрастающее в начале вегетации только в верхних слоях, постепенно с течением времени распространяется на слои, лежащие глубже. Это связано с увеличивающимся поступлением отмершей органики. Более низкая температура в нижних слоях в свою очередь способствует накоплению в них органического вещества в силу замедления минерализации. Со снижением температуры содержание органического вещества в толще воды выравнивается и одновременно снижается, так как в холодное время года процессы распада органики преобладают над процессами синтеза.

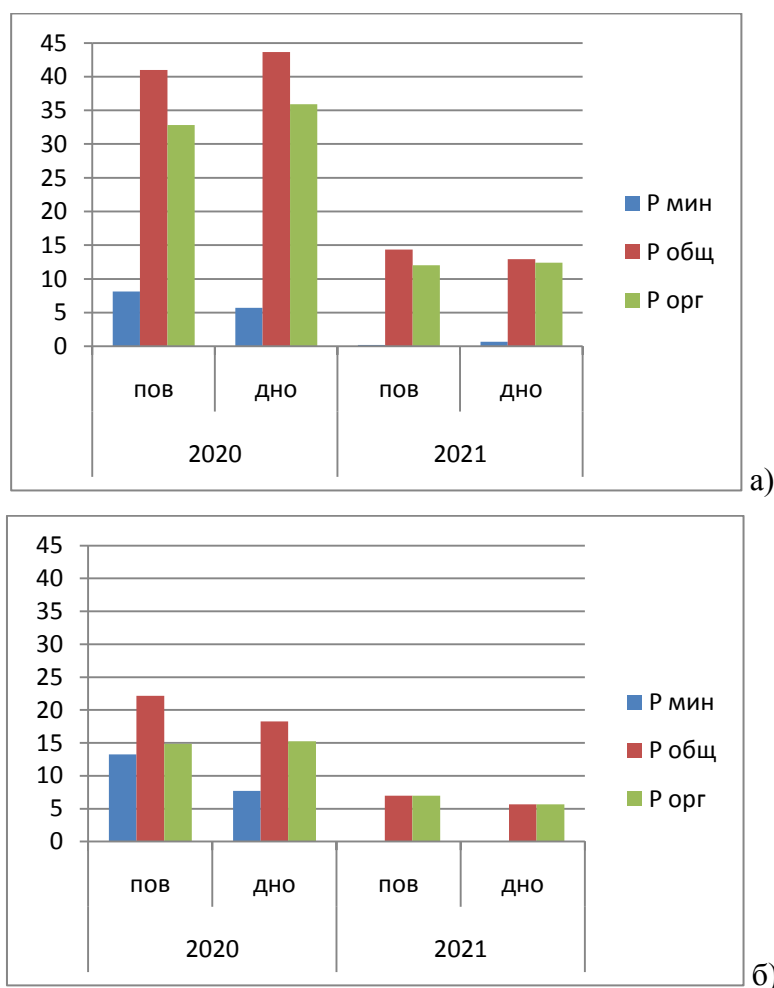


Рисунок 4 – Соединения фосфора в воде Северного Каспия 2020-2021 гг., в период половодья (а), в период межени (б)

Соединения азота являются трудноминерализуемыми органическими соединениями. Процессы нитрификации во многом зависят от температуры окружающей среды. Нормальное распределение соединений азота в толще воды весьма неравномерно, на мелководье с глубиной содержание азота убывает с различной интенсивностью, самые высокие концентрации обнаружены в поверхностных горизонтах мелководных

прибрежных районов, самые низкие – в глубоких слоях океана [33].

При высокой степени восстановления азот существует либо в форме аммония, либо аминных соединений, а при высокой степени окисления – в форме ионов нитратов. При образовании молекул белка атомы азота соединяются с другими элементами. Концентрация азота может стать лимитирующим фактором, хотя в природных водах лимитирующим биогенным элементом наиболее часто становится фосфор. Органические азотсодержащие соединения синтезируются растениями и микроорганизмами и используются затем животными [32].

Аммонийный азот – первый промежуточный продукт трансформации органического азота – в максимальных концентрациях присутствует только в слое фотосинтеза. Наибольшие концентрации характерны для высокопродуктивных районов [34, 35]. Концентрация аммонийного азота в 2021 г., по сравнению с предыдущим годом, значительно возросла, в период половодья в поверхностном слое в 2 раза, в придонном слое в 15,5 раз. Диапазон колебаний составил от 0 до 113,69 мкг/л (таблица 4, рисунок 5). Осенью количество аммонийного азота в поверхностном горизонте увеличилось в 6,3 раза, в придонном – в 20 раз. NH_4^+ демонстрировал значительную изменчивость: от 0 до 241,0 мкг/л, при этом в придонном слое изменчивость данного показателя была значительно выше.

Нитриты – продукт окисления аммонийного азота, в максимальных концентрациях присутствуют в верхнем слое скачка плотности. Концентрация нитритного азота зависит от концентрации нестойкого ОВ и содержания аммонийного азота. Нитриты являются промежуточной формой окисления азота при минерализации органического вещества, не устойчивы, и поэтому их содержание в море незначительно и часто падает ниже предела обнаружения аналитическим методом. Содержание нитритов в период половодья 2021 г. оставалось на уровне 2020 г., осенью отмечено незначительное снижение NO_3^- . Нитриты обладают значительной сезонной изменчивостью (таблица 4, рисунок 5).

Нитраты – последняя фаза минерализации азота, наряду с фосфором являются лимитирующим фактором развития фитопланктона. В половодье 2021 г. количество нитратов у поверхности колебалось от 0 до 15,7 мкг/л в поверхностном горизонте и от 0 до 8,97 мкг/л в придонном слое, в среднем концентрация NO_4 сократилась в 4-6 раз. В осенний период диапазон колебаний нитратов в поверхностном слое составил 0-40,11 мкг/л, а в придонном – 0-27,83 мкг/л, что в среднем превышает показатели прошлого года в 5 раз. 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 [33].

Концентрация минерального азота в 2021 г., по сравнению с 2020 г., резко возросла, что, вероятно, было обусловлено более высокими величинами температуры воды, и, соответственно, более высокой скоростью окисления. В период половодья концентрация N минерального составила значение в 3,2 раза превышающее значение прошлого года. Осенью минеральный азот увеличился почти в 14 раз (таблица 4, рисунок 5).

Динамика уровня содержания органического и общего азота имела ярко выраженный тренд на снижение. В половодье органический азот снизился в поверхностном слое в 5 раз, в придонном горизонте – почти в 21 раз. Количество общего азота сократилось у поверхности в 17 раз, а у дна – в 6,7 раз. Максимальные значения в 2020 г. достигали 3106 мкг/л, крайние колебания N_{общ} в 2021 г. составляли 0,83-205,0 мкг/л в толще воды. Та же динамика характерна и для осеннего периода 2021 г. Средние концентрации органического азота в толще воды снизились втрое, а общего азота – почти в 1,5 раза. Кроме того, распределение концентраций по исследуемой акватории в октябре было равномерным, показатели изменчивости были значительно ниже, чем в июне.

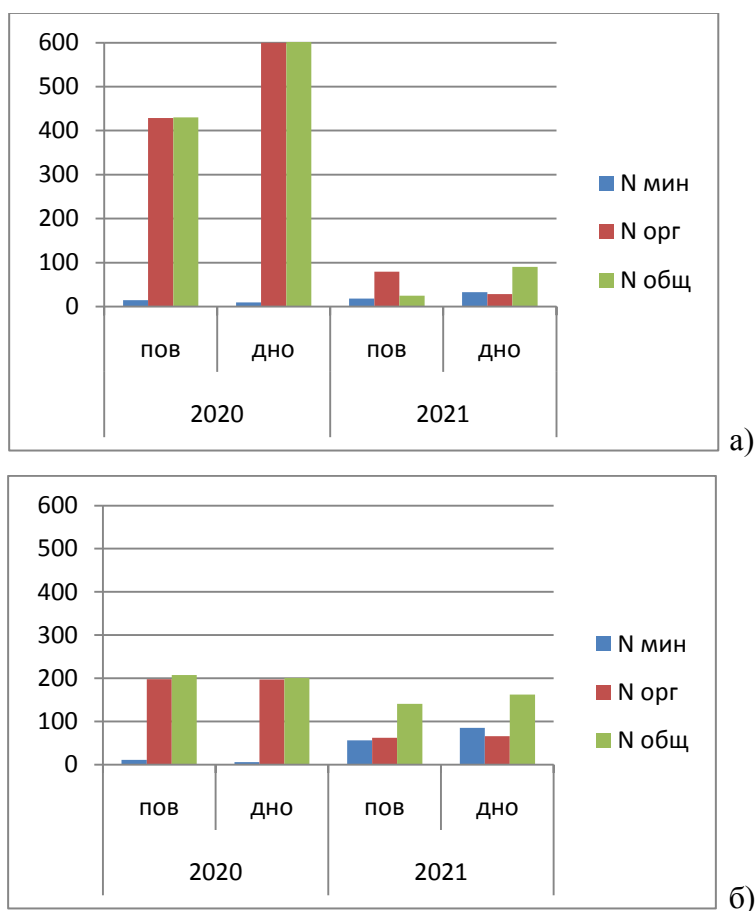


Рисунок 5 – Соединения азота в водах Северного Каспия 2020-2021 гг. в период половодья (а), в период межени (б)

Биогенные вещества (БВ), особенно минеральные соединения, являются основой питания фитопланктона. Значимость органических соединений азота и фосфора очевидна, хотя они утилизируются фитопланктоном избирательно и в меньшей степени [36].

Известно, что P:N в морской воде составляет 1:15 и примерно отражает стехеометрический состав фитопланктона. Диспропорция «нормального» соотношения может вызвать ухудшение развития фитопланктона и, в конечном итоге, продуцентов следующих порядков.

До зарегулирования стока р. Волги в море сохранялось соотношение общего Р и N 1:21 – 1:24. В современных условиях обнаруживается нарушение азотно-фосфорного баланса в пользу азотсодержащих соединений:

$R_{мин}:P_{орг} 1:8,6 - 1:12,4;$

$N_{мин}:N_{орг} 1:2,1 - 1:3,2;$

$R_{общ}:N_{общ} 1:21 - 1:32;$

$R_{мин}:N_{мин} 1:42 - 1:82,$

что может лимитировать продуцирование фитопланктоном органического вещества [36].

В 2021 г., по сравнению с 2020 г., нарушение азотно-фосфорного баланса в пользу азотсодержащих соединений усугубилось (таблица 7), что отразилось на показателях взвешенного органического вещества (ВОВ), которые сократились практически вдвое в период половодья.

Таблица 7 – Биогенные вещества в водах Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Параметр	2020		2021	
	пов	дно	пов	дно
$R_{мин}:P_{орг}$	1:4,0	1:6,3	1:50,0	1:18,2
$N_{мин}:N_{орг}$	1:33,3	1:62,5	1:4,3	1:0,9
$R_{общ}:N_{общ}$	1:10	1:14,3	1:1,7	1:7,1
$R_{мин}:N_{мин}$	1:1,8	1:1,7	1:100	1:50,0

Кроме того, данное соотношение минерального азота к фосфору в 2021 г. (рисунок 6) обеспечило условия для развития зеленых водорослей.

Высокие показатели содержания азота на акватории в 2021 г. могут объясняться низким уровнем его потребления в виду ограниченного содержания фосфора, который в свою очередь лимитирует использование азота фитопланктоном. Следствием такого баланса биогенов является пониженное содержание кислорода в воде.

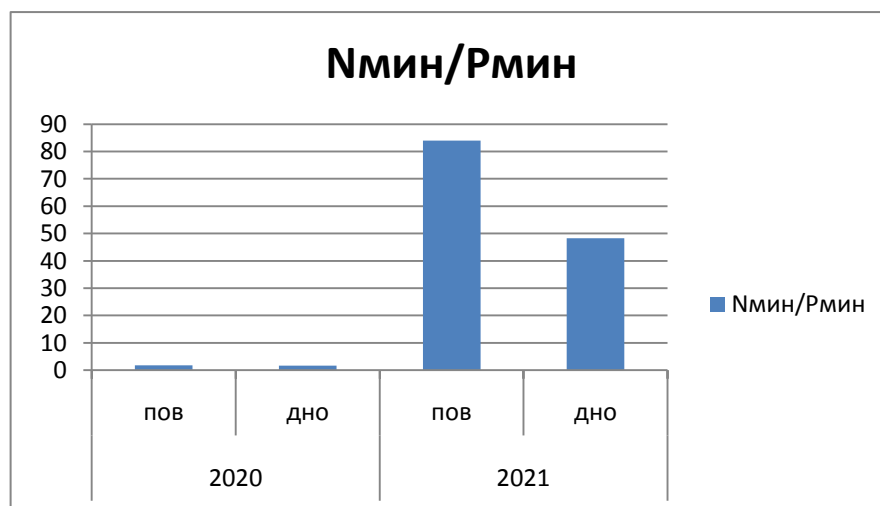
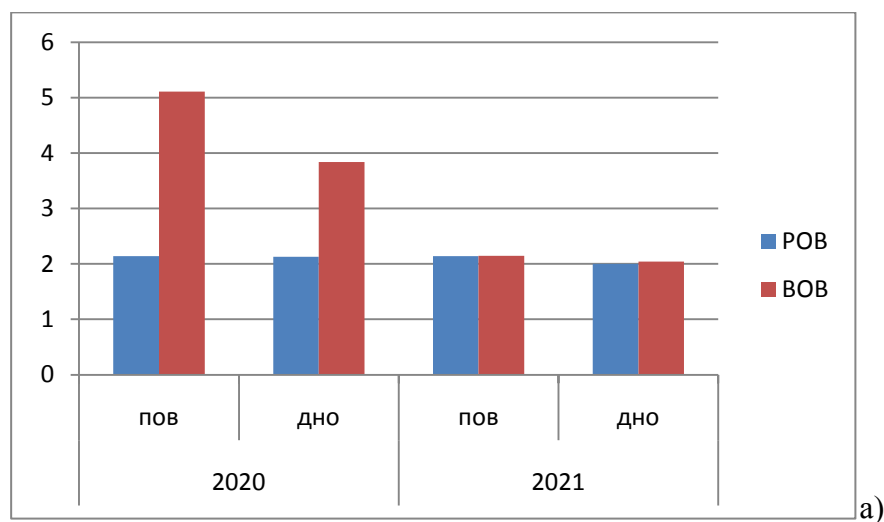


Рисунок 6 – Соотношение Р_{мин}:N_{мин} в водах Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Общее содержание растворенного и взвешенного органического вещества в водах российской части Северного Каспия представлено на рисунке 7. Если в 2020 году в период половодья преобладало ВОВ, а в межень – РОВ, весной 2021 г. количество РОВ и ВОВ в толще воды находилось на одном уровне. В осенний период у поверхности преобладало РОВ, а в придонном горизонте – ВОВ (рисунок 7).



а)

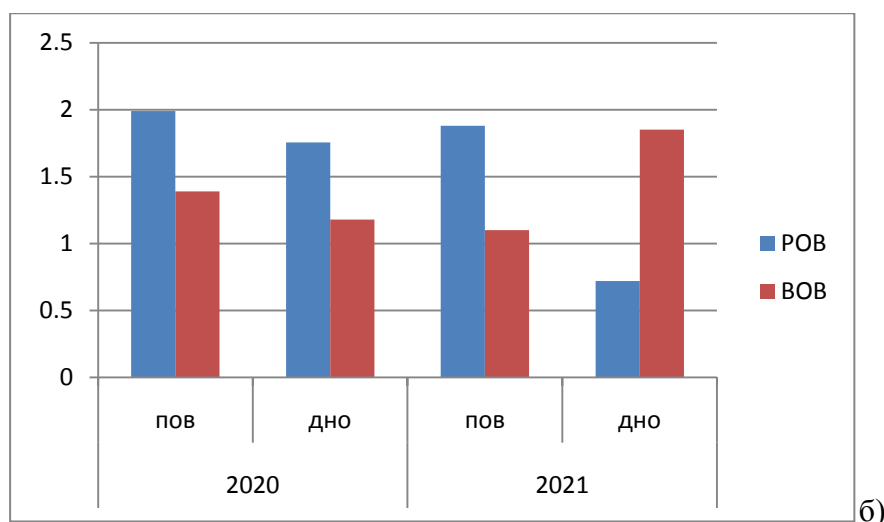


Рисунок 7 – Растворенное и взвешенное органическое вещество в водах российской части Северного Каспия в 2020-2021 гг., в период половодья (а), в период межени (б)

Сезонный ход концентрации кремния характеризовался снижением от весны к лету, что было обусловлено выеданием кремния диатомовыми водорослями (таблица 4).

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2021 г. уровень биологического потребления кислорода был удовлетворительным. В сравнении с 2020 г. абсолютный максимум БПК₅ в 2021 г. незначительно снизился, как и средние значения, которые были ниже ПДК (таблица 8).

Традиционно основным источником загрязнения морских вод НУ считается речной сток, который в 2021 г. заметно сократился. Содержание НУ в 2021 г. в период половодья изменялось от 0,005 до 0,03 мг/л. При этом средние значения в поверхностном и придонном слое, по данным ПЭМ, не превышало ПДК. В период летне-осенней межени содержание НУ было незначительно ниже и изменялось от 0,005 до 0,02 мг/л. В сравнении с 2020 г. концентрации НУ в толще воды снизились. Концентрации НУ в 2021 г. не превышали многолетнюю изменчивость [22].

Таблица 8 – Значения ЗВ в водах российской части Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 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	1,69	1,18-2,62	1,91	1,09-2,82	1,42	1,06-2,31	1,10	0-2,09	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	12,03	2,9-43,1	9,11	1,90-26,6	12,04	2,9-43,1	9,11	1,9-26,6	10
НУ	мг/дм ³	0,08	0,04-0,17	0,006	0-0,011	0,01	0,005-0,03	0,004	0-0,019	0,05
СПАВ	мг/дм ³	0,07	0,05-0,09	0	0	0,11	0,01-0,011	0,004	0-0,12	0,1
Железо	мг/дм ³	0,11	0,08-0,16	0,004	0,001-0,01	0	0	0	0	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,002	0,002-0,002	0,005	0,002-0,02	0,007	0,005-0,009	0,001	0-0,01	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,06	0,05-0,07	0,003	0,001-0,014	0,002	0,001-0,006	0,001	0-0,004	0,05
Никель	мг/дм ³	0,0023	0,0017-0,0035	0,003	0,002-0,004	0,001	0,0007-0,003	0,0007	0,001-0,002	0,01
Медь	мг/дм ³	0,003	0,002-0,005	0,002	0,001-0,004	0,0008	0,0007-0,0008	0,0001	0-0,001	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,0025	0,0021-0,003	0,0004	0,0002-0,001	0	0	0	0	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0,0006	0,0003-0,0008	0	0	0	0	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,01	0-0,05	0,01	0-0,08	0,07	0,04-0,1	0,06	0-0,1	0,1
Барий	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Бенз(а)пирен	мкг/дм ³	0,00003	0-0,0002	0	0	0	0	0,0002	0-0,003	0,01
Нафталин	мкг/дм ³	0,03	0-0,09	0,04	0-0,14	0,01	0-0,2	0,01	0-0,06	4
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,057	0-0,16	0,07	0-0,23	0,05	0-0,2	0,04	0-0,13	-
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	-
ΣПХБ	мкг/дм ³	0,01	0,006-0,013	0,0013	0-0,022	0,0003	0-0,006	0,0004	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

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
межень										
БПК ₅	мг/дм ³	1,72	1,06-3,49	1,73	1,1-2,48	0,76	0-1,61	0,79	0-1,81	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	3,65	1,6-10,75	3,22	1,1-8,8	3,65	1,6-10,75	3,21	1,1-8,8	10
НУ	мг/дм ³	0,007	0,005-0,015	0,006	0,005-0,009	0,01	0,005-0,02	0,01	0,005-0,02	0,05
СПАВ	мг/дм ³	0,02	0-0,12	0,11	0,1-0,11	0,006	0-0,12	0,006	0-0,1	0,1
Железо	мг/дм ³	0,004	0,002-0,01	0,004	0,001-0,008	0	0	0	0	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,004	0,002-0,008	0,004	0,002-0,008	0,001	0-0,006	0,006	0,005-0,007	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,003	0,005-0,013	0,003	0,001-0,001	0,002	0,001-0,005	0,002	0-0,005	0,05
Никель	мг/дм ³	0,003	0,002-0,004	0,002	0,0016-0,004	0,002	0,001-0,003	0,002	0,001-0,003	0,01
Медь	мг/дм ³	0,001	0,001-0,003	0,001	0,001-0,002	0,0001	0-0,001	0,0007	0,0006-0,0009	0,005
Свинец	мг/дм ³	0	0	0,0002	0,0002-0,0003	0,0001	0-0,001	0,0001	0-0,001	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0	0	0	0	0,00001	0-0,0003	0,0001	0-0,0002	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,01	0-0,06	0,01	0-0,06	0,1	0-0,1	0,1	0,04-0,1	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	0,0012	0,001-0,0014	0,01
Нафталин	мкг/дм ³	0,01	0-0,06	0,01	0-0,04	0,009	0-0,05	0,03	0,02-0,04	4
ΣПАУ	мкг/дм ³	0,03	0-0,103	0,03	0-0,082	0,02	0-0,08	0,02	0-0,09	-
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
ΣГХЦГ	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
ΣДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	-
ΣПХБ	мкг/дм ³	0,007	0,005-0,013	0,006	0,005-0,008	0,001	0-0,009	0,005	0-0,006	-
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

По нашим наблюдениям (данные ПЭМ на участках «Северо-Каспийская площадь» и «Западно-ракушечное месторождение» за 2010-2020 гг.), в зоне аллохтонного формирования донных отложений органическим материалом (акватория Северного Каспия с глубинами до 5 м на западе и до 4 м на востоке) [37] содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях зависит от стока р. Волги (рисунок 8).

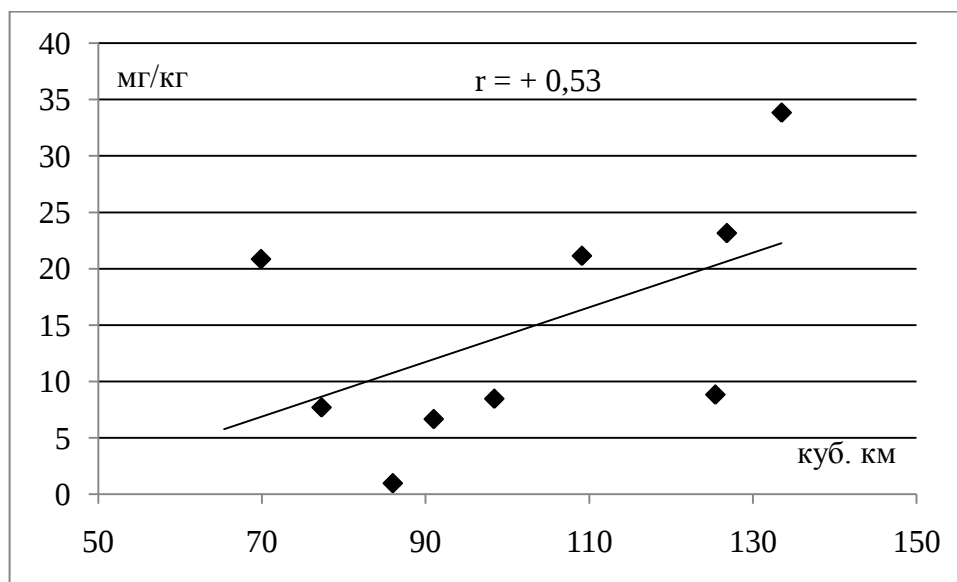


Рисунок 8 – Содержание НУ в ДО (мг/кг) в области аллохтонного формирования донных отложений органическим материалом в зависимости от объема стока р. Волги за II квартал (куб. км) в 2010-2020 гг.

В 2021 г. снижение стока р. Волги за II квартал по сравнению с 2020 г. (96,4 куб. км по сравнению с 133,5 куб. км) обусловило уменьшение содержания НУ в ДО в области аллохтонного формирования донных отложений органическим материалом.

В поверхностном горизонте акватории российской части Северного Каспия в июне 2021 г. были выявлены СПАВ, концентрация которых не превышала ПДК и колебалась в диапазоне 0,01-0,011 мг/л. В придонном горизонте изменчивость СПАВ была выше, поверхностно-активные вещества имели крайние значения от 0 до 0,12 мг/л, в среднем составив 0,004 мг/л. Осенью в поверхностном слое содержание СПАВ изменялось от аналитического нуля до 1,2 ПДК, в среднем не превышая ПДК (0,006 мг/л). В придонном горизонте в осенний период среднее количество было на том же уровне.

В 2021 г. значения железа по поверхностному и придонному горизонту Северного Каспия, по данным ПЭМ, предоставленным ООО «Лукойл-Нижневожскнефть», не превышали порога обнаружения аналитическим методом. Также следовые значения, не превышающие предела чувствительности метода КХА, были обнаружены для свинца, кадмия и бария.

В июне 2021 г. в поверхностном и придонном слое определялось среднее количество марганца, которое составило соответственно 0,007 мг/л и 0,001 мг/л. По сравнению с аналогичным периодом предшествующего года, концентрация Мп у поверхности на локальных участках увеличилась в 3-4,5 раза, у дна она снизилась почти в 5 раз, при этом абсолютные значения марганца с глубиной снижались. В осенний период содержание марганца в толще воды имело обратную динамику. В поверхностном горизонте крайние значения Мп составляли 0-0,006 мг/л, при средней величине 0,004 мг/л (в 4 раза ниже уровня 2020 г.), в придонном слое изменчивость концентрации была значительно ниже, а среднее значение – выше в 6 раз.

Минимальное значение цинка в летний период в поверхностном слое акватории составило 0,001 мг/л, а максимальное – 0,006 мг/л. В придонном горизонте концентрация цинка была незначительно ниже, среднее количество этого металла было на уровне 0,001 мг/л, экстремальные значения изменялись от 0 до 0,004 мг/л. Осенью содержание цинка в толще воды было равномерным. Концентрация цинка осталась на уровне летних показателей. По сравнению с 2020 г., количество цинка в воде значительно снизилось. В Каспийское море поступление 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 2021 г., по сравнению с 2020 г., средняя концентрация никеля снизилась в поверхностном горизонте в 2 раза, а в придонном – в 3 раза, и была равна соответственно 0,001 и 0,0007 мг/л. В октябре средние значения в толще воды достигали 0,002 мг/л. В 2021 г. превышений установленного норматива никелем не регистрировалось.

Содержание меди весной 2021 г. в воде поверхностного слоя в среднем составило 0,0008 мг/л, в придонном слое – 0,0001 мг/л. В осенние месяцы максимальные концентрации меди регистрировались у дна и были равны 0,001 мг/л, что в 2-3 раза ниже показателей 2020 г.

Сезонный ход концентрации ртути в 2021 г. был следующим: в период половодья в поверхностном горизонте максимальные концентрации достигали уровня ПДК, средняя величина составила 0,07 мкг/л, что в 7 раз выше прошлогоднего показателя. Вертикальная изменчивость концентраций была невысокой, максимум вырос в 10 раз. В осенний период диапазон концентрации ртути колебался от аналитического нуля до 0,1 мкг/л.

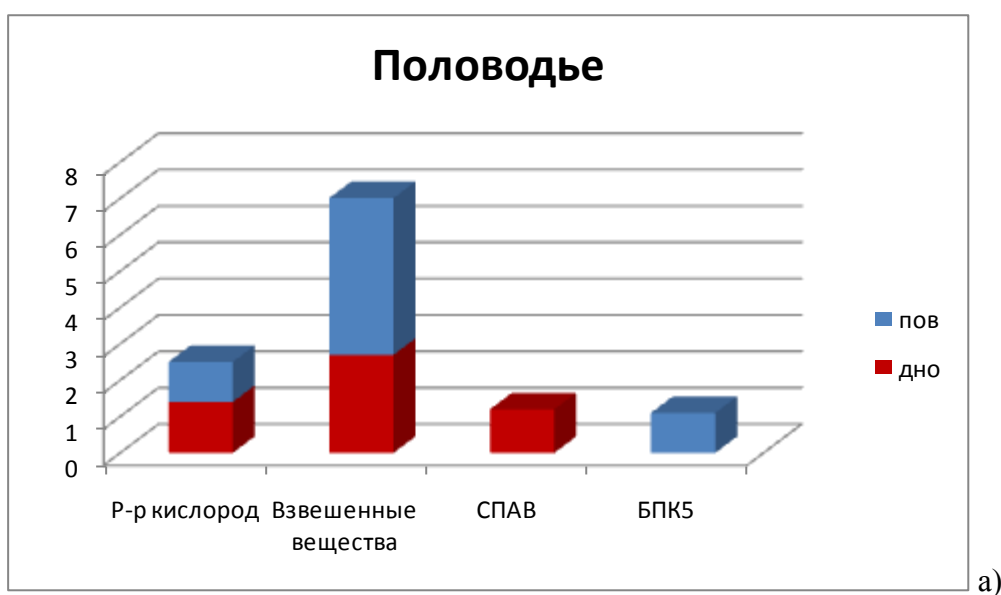
Летом и осенью 2021 г. проводился анализ на содержание в воде полиароматических углеводородов (ПАУ), из числа которых в рыбохозяйственных водоемах нормируются бенз(а)пирен и нафталин. Количество бенз(а)пирена заметно

снизилось по сравнению с предыдущим годом, в поверхностном горизонте не превышало нижнего предела обнаружения метода КХА в течение всего периода наблюдений. Количество бенз(а)пирена у дна весной колебалось от 0 до 0,003 мкг/л, осенью – от 0,001 до 0,0014 мкг/л, что значительно ниже ПДК. В период половодья средний показатель содержания нафталина снизился как в поверхностном, так и в придонном горизонте в 3-4 раза. Максимальные концентрации достигали в поверхностном и придонном горизонте 0,2 и 0,06 мкг/л. В осенний период наблюдалось повышение концентрации нафталина в придонном горизонте. Общее количество ПАУ в 2021 г. относительно предыдущего года практически не изменилось. Только в период половодья отмечено двукратное снижение концентрации.

Изучение качественного и количественного состава хлорорганических пестицидов (ХОП) в воде северо-западной части Каспия в 2021 г. показало, что среди пестицидов были выявлены только пестициды группы полихлорированных бифенилов (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 0-0,006 мкг/л, в придонном – 0-0,009 мкг/л. В период летне-осенней межени диапазон колебаний Σ ПХБ мало отличался от предыдущего этапа.

В 2021 г. уровень концентрации бензола и толуола был ниже предела обнаружения аналитического метода.

В толще воды в период половодья нарушение нормативов ПДК было зарегистрировано для 3 показателей: растворенного кислорода, взвешенных веществ и СПАВ. Осенью превышение ПДК было зарегистрировано только для СПАВ (рисунок 9).



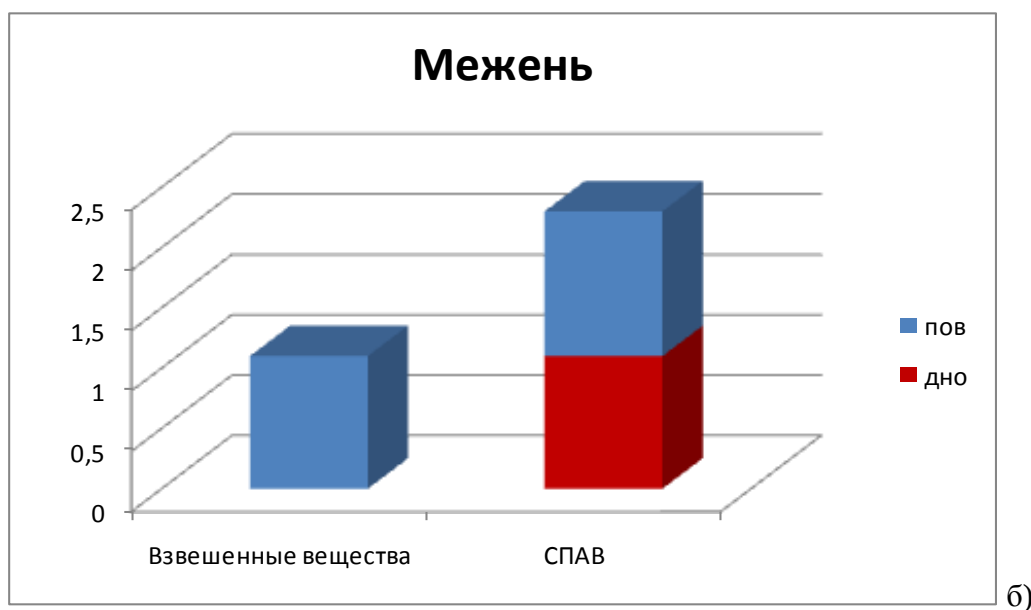


Рисунок 9 – Превышения нормативов ПДК в водах Северного Каспия 2020-2021 гг. в период половодья (а) и межени (б).

При этом повторяемость низкой концентрации кислорода в половодье достигала 91 % у поверхности и 64 % у дна. Повторяемость превышения норматива по взвешенным веществам составила 38-44 %, а СПАВ – 3 %.

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент варируемости концентраций наблюдался у нитритного и органического азота, соединений фосфора, ПАУ, ПХБ, ТМ, а также у НУ и СПАВ в период половодья. Следует отметить, что высокие показатели изменчивости могут свидетельствовать об антропогенной природе происхождения загрязнения (таблица 9).

Таблица 9 – Изменчивость концентраций ЗВ в Северном Каспии в 2021 г.

ЗВ	Половодье		Межень	
	пов	дно	пов	дно
1	2	3	4	5
Растворенный кислород	0,02	0,10	0,04	0,03
БПК ₅	0,21	0,65	0,87	0,83
рН	0,01	0,01	0,00	0,00
Аммонийный азот	0,07	0,08	0,05	0,05
Нитритный азот	2,05	1,26	1,13	0,84
Нитратный азот	0,47	0,81	1,15	1,25
Органический азот	2,67	2,81	1,63	1,19
Общий азот	0,38	0,39	0,51	0,40
Кремний	0,73	0,76	0,33	0,50
Минеральный фосфор	1,95	1,35	0,78	0,64
Органический фосфор	5,83	2,81	0	0
Общий фосфор	0,70	0,86	0	0,77
НУ	0,69	0,81	0,57	0,77

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
СПАВ	1,21	0,98	0,44	0,40
Взвешенные вещества	0,05	5,83	4,08	4,06
РОВ	0,71	0,65	0,54	0,60
ВОВ	0,12	0,17	0,27	1,10
Нафталин	0,97	0,98	1,22	0,30
Аценафтен	2,09	2,14	0,00	0,25
Фенантрен	0,50	0,56	0,99	0,54
Антрацен	0,27	0,63	1,60	0,45
ΣПАУ	0,98	5,01	3,19	0,02
ΣПХБ	0,78	0,93	1,08	0,97
Цинк	4,08	4,23	2,52	0,07
Медь	0,84	0,94	0,61	0,68
Никель	0,14	3,31	2,01	0,13
Марганец	0,00	0,00	5,83	5,83
Ртуть	3,37	2,48	2,00	0,10

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 2021 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 2021 г. делает целесообразной раздельную оценку загрязненности слоев (рисунок 10).

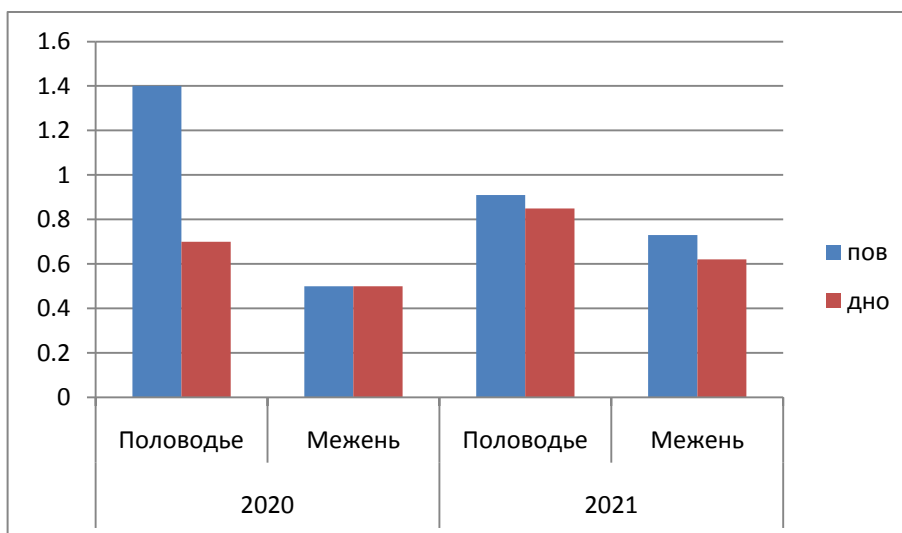


Рисунок 10 – ИЗВ акватории Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году

использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, ртути и БПК₅. Поверхностный и придонный горизонты Северного Каспия в период половодья, согласно значениям ИЗВ, составившим 0,91 и 0,85 ед. соответственно, оценивались как «умеренно загрязненные» (III класс качества вод). В период летне-осенней межени качество морской среды в поверхностном и придонном горизонтах было практически одинаковым, значение ИЗВ составило 0,6-0,7 ед., что характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). В 2020 г. в период весеннего половодья комплексный показатель (ИЗВ = 1,4) позволил оценить воды Северного Каспия как «загрязненные» (IV класс качества вод). В период летне-осенней межени 2020 г. качество морской среды не изменилось, значение ИЗВ было равно 0,5 ед.

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении экологической нагрузки на экосистему в 2021 г., кроме того, выраженная стратификация вод в 2020 г. ярко демонстрирует вклад волжского стока в загрязнение моря.

Состояние и загрязнение донных отложений российской части Северного Каспия по геохимическим показателям

В рамках мониторинга акватории российской части в 2021 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 мм и менее). В результате количественного анализа проб было установлено, что в донных осадках преобладает мелкий песок [38], содержание которого весной в среднем достигало 34,99 %, а осенью – 27,80 %, максимальные значения, регистрируемые на южных станциях, достигали 80-90 %. Второе место по встречаемости занимают более крупные фракции (мелкая и средняя ракушка), весной и осенью их доля в среднем составляла от 10-15 % (таблица 10).

В поровых водах грунтов российской части Северного Каспия определялось содержание основных биогенов (таблица 11). В сравнении с 2020 г., в 2021 году в половодье отмечается увеличение концентрации минерального кремния в 1,5 раз, в период летне-осенней межени содержание минерального кремния относительно 2020 г. сократилось также в 1,5 раз.

Сезонный ход фосфатов в 2021 г. имел идентичный тренд и резко отличался от динамики в предыдущем году. Весной 2021 г. среднее значение фосфатов увеличилось вдвое относительно того же периода 2020 г., а осенью 2021 г. фосфора минерального в

поровых водах ДО было 2 раза меньше, чем осенью 2020 г., кроме того, к октябрю фосфор имел тенденцию к накоплению в ДО. Концентрация общего фосфора, также как и минерального, осенью имела тенденцию к накоплению, среднее его содержание в половодье, по сравнению с прошлым годом, увеличилось вдвое.

Таблица 10 – Содержание фракций (мм) в донных отложениях Северного Каспия (%) в 2021 г.

Показатели	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05 и менее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Половодье								
Среднее значение	4,36	5,37	14,88	9,71	14,77	6,48	34,99	9,73
Минимум	0,38	0,64	1,44	0,48	0,66	0,23	0,93	1,45
Максимум	15,29	19,87	55,73	37,6	76,28	42,93	81,93	22,21
Межень								
Среднее значение	6,84	7,57	15,52	8,85	12,43	5,72	27,80	15,27
Минимум	0,22	0,17	0,97	0,51	0,14	0,35	0,94	1,03
Максимум	26,76	35,53	39,85	34,46	61,54	41,12	89,2	84,94

Количество аммонийного азота в период половодья снизилось в 1,3 раза, а в межень незначительно возросло. Содержание нитритного азота, напротив, весной увеличилось в 2 раза, а осенью сократилось втрое, при этом изменчивость концентрации в июне была выше, чем в октябре и значительно ниже, чем в 2020 г. Концентрация нитратов в июне колебалась от 39,47 до 420,8 мкг/л, в октябре крайние значения составили 18,64-78,04 мкг/л. Динамика общего азота в половодье 2021 г. демонстрировала тренд на снижение концентрации, а осенью – к накоплению азота в ДО.

Таблица 11 – Содержание основных биогенов в поровых водах донных отложений Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 год			
		половодье		межень		половодье		межень	
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон
Кремний минеральный	мкг/л	906,0	262,3-1466,5	836,5	14,6-228,9	1398,7	191,6-2413,0	551,45	118,9-1481,0
Фосфор минеральный	мкг/л	163,3	47,1-391,2	722,0	24,5-3792,0	281,78	57,09-1007,0	476,26	78,69-1982,0
Фосфор общий	мкг/л	311,8	82,1-775,1	1396,3	236,0-5459,0	537,38	147,6-1937,8	1393,26	731,2-2718,0
Азот аммонийный	мкг/л	1738,7	735,7-4567,0	283,3	13,3-969,9	1358,57	431,2-2911,8	301,0	102,4-528,6
Азот нитритный	мкг/л	17,1	0,4-43,3	69,2	1,6-1046,1	48,01	17,21-190,26	22,2	9,31-59,12
Азот нитратный	мкг/л	31,1	9,0-68,9	638,8	6,8-3246,0	87,68	39,47-420,8	42,4	18,64-78,04
Азот общий	мкг/л	3376,4	1789,0-7963,0	1136,4	146,6-2888,9	2864,45	1011,7-5639,0	1377,34	936,2-2014,0

В 2021 г. в ДО определялись основные ЗВ (таблица 12). Концентрация НУ в ДО в июне колебалась от 6,0 до 20,0 мг/кг, по сравнению с 2020 г., в среднем увеличилась в 4,5 раза, а осенью – в 21 раз, при крайних значениях 5,0-16,0 мг/кг. Содержание СПАВ в ДО в период половодья возросло незначительно, а в межень период достигало в среднем 2,78 мг/кг.

В период половодья на фоне сужения диапазона колебаний концентраций нафталина снизилась и его средняя концентрация. Регистрировались единичные случаи превышения допустимой концентрации (ДК) в 1,2 раза. Значения бенз(а)пирена в 2021 г. снизились ниже предела обнаружения аналитическим методом. Содержание аценафтена в 2021 г. колебалось от 6,3 до 19 мкг/кг, что составило от 1,1 до 3,2 ДК. Содержание фенантрена колебалось в пределах 8,2-14,0 мг/кг, что значительно ниже установленного норматива. Общее содержание ПАУ относительно предыдущего года снизилось.

По сравнению с аналогичными периодами 2020 г., летом и осенью отчетного года загрязненность ДО Северного Каспия ТМ значительно снизилась. Снижающийся тренд имели такие металлы, как железо, кадмий и ртуть. Концентрация никеля, меди и свинца в ДО оставались на прежнем уровне, а содержание цинка увеличилось в 2 раза.

Нарушения нормативов ТМ в ДО не регистрировалось, ДК для железа не установлена, однако содержание Fe не превышало диапазона многолетних колебаний [1].

В ДО определялось количество пестицидов. Среди всех групп ХОП были выявлены только β -ГХЦГ, содержание которых в среднем составило 0,01 мкг/кг (таблица 12).

Таблица 12 – Содержание загрязняющих веществ в ДО Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 год				ДК
		половодье		межень		половодье		межень		
		ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
НУ	мг/кг	1,80	0-10,0	0,39	0-6,0	9,2	6-20	8,25	5,0-16,0	50
Фенолы	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
АПАВ	мг/кг	2,86	0,4-11,9	0	0	3,0	0-11,9	2,78	0,40-9,20	-
Железо	мг/кг	4511,8	1200-21900	4191,18	600-9900	4272,1	920-8020,0	3529,41	600,0-9800,0	-
Марганец	мг/кг	157,86	30,0-410,0	14,94	3-37,0	129,41	40,0-310,0	125,29	30,0-310,0	-
Цинк	мг/кг	29,54	4,6-84,7	18,76	4,8-136,6	60,19	3,48-239,0	35,0	5,40-134,50	124
Никель	мг/кг	7,68	4,8-42,1	6,51	2,4-12,1	6,0	1,30-10,26	4,87	1,60-8,80	35
Медь	мг/кг	5,45	3,9-22,5	4,75	3,2-6,9	3,64	2,17-5,50	4,12	2,90-10,0	18,7
Свинец	мг/кг	6,61	4,6-12,3	6,17	3,5-12,0	5,25	1,60-8,70	6,59	1,60-9,40	30,2
Кадмий	мг/кг	0,035	0-1,2	0	0	0	0	0	0	0,7
Ртуть	мг/кг	0,005	0-0,032	0,009	0-0,003	0,003	0-0,03	0,001	0-0,03	0,13

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Барий	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	160
Нафталин	мкг/кг	8,20	0-46,0	1,82	0-62,0	6,26	0-41,0	1,41	0-26,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	1,42	1,0-3,0	0,64	0-2,2	0	0	0	0	88,8
Аценафтен	мкг/кг	11,86	0-30,0	7,72	0-19,0	11,09	6,3-19,0	9,73	6,0-16,0	5,87
Фенантрен	мкг/кг	10,58	0-24,0	7,22	0-17,0	10,86	8,2-14,0	11,05	6,6-18,0	86,7
Антрацен	мкг/кг	1,85	0-4,1	1,98	0-5,8	1,69	1,0-3,4	1,47	1,0-3,2	46,1
ΣПАУ	мкг/кг	45,99	9,8-160,6	30,73	1,4-118,3	36,7	0-77,4	28,96	8,40-54,70	-
α-ГХЦГ	мкг/кг	0,021	0-0,7	0	0	0	0	0	0	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0,31	0-2,52	0	0	0,01	0-0,43	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	10
ΣГХЦГ	мкг/кг	0,33	0-2,52	0	0	0,01	0-0,43	0	0	0,32
ДДЭ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	1,22
ДДД	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	2,07
ДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	1,11
ΣДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
ΣПХБ	мг/кг	0	0	0	0	-	-	0,24	0,01-0,77	21,5

В соответствии с РД 52.15.880-2019 оценка качества ДО по содержанию в них НУ проводится по принятой международной шкале [1]. В 2021 г. содержание НУ в ДО достигало 20 мг/кг, что позволяет отнести донные осадки ко II классу качества ДО «чистые» ($15 \leq C \leq 50$).

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

5 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Состояние морской среды российской части Среднего Каспия по гидрохимическим показателям

Обзор гидрохимических условий и динамики загрязнения вод российской части Среднего Каспия составлен по данным наблюдений в рамках программ ПЭМ нефтегазодобывающих компаний. В 2021 г. экспедиционные работы на акватории Среднего Каспия проводились в июне и октябре.

Всего в ходе наблюдений в западной части Среднего Каспия в 2021 г. определялось 43 гидрохимических показателя состояния и загрязненности морских вод на 25 станциях ПЭМ. Данные показатели оценивались согласно нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [27].

В июне 2021 г. температура у поверхности моря колебалась в диапазоне значений от 23,86 до 27,21 °С. У дна температура воды составляла 6,1-27,01 °С. В октябре 2021 г. температура в поверхностном слое Среднего Каспия в среднем составил 14,10 °С, а в придонном слое – 12,29 °С (таблица 13). Таким образом, летом температура у поверхности воды была выше, чем в придонном слое на 3,4 °С, а осенью – на 2,2 °С, что свидетельствует о более интенсивном прогревании нижних слоев и перемешивании водных масс Среднего Каспия в 2021 г. по сравнению с 2020 г. В летний период средняя температура в толще воды Среднего Каспия (19,5 °С) была ниже среднемноголетней нормы на 1 градус и находилась в пределах многолетней изменчивости, а в меженный период 2021 г. средняя температура в толще воды была равна 13,2 °С, что также ниже среднемноголетней нормы (таблица 14).

Соленость вод Среднего Каспия соответствовала диапазону среднемноголетних значений (таблица 15). Изменчивость показателей солености в период половодья, по сравнению с 2020 г., возросла.

Величины pH у поверхности в течение 2021 г. находились в пределах 8,29-8,58 ед. pH, у дна колебались от 7,91 до 8,55 ед. pH. Экстремальные значения были зарегистрированы в июне в придонном горизонте. Средняя величина в период половодья у поверхности составила 8,36 ед. pH, у дна – 8,26 ед. pH (таблица 13). Средние значения водородного показателя осенью были на уровне 8,51 и 8,33 ед. pH в поверхностном и придонном слое соответственно. Колебания значений данного параметра связано с жизнедеятельностью фитопланктона и уровнем фотосинтеза.

Таблица 13 – Значения показателей состояния и загрязнения вод российской части Среднего Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 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	16,3	13,0-19,7	8,9	6,1-17,2	25,96	23,86-27,21	11,68	6,15-27,01	-
Соленость	‰	10,1	7,6-11,3	11,3	9,6-11,6	10,36	5,35-11,5	10,88	6,71-11,57	-
pH	ед. pH	8,32	8,2-8,4	8,2	7,6-8,5	8,36	8,29-8,58	8,26	7,91-8,45	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	9,7	9,1-10,2	8,3	0,3-10,4	6,0	5,64-6,25	5,04	0-7,25	> 6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	14,6	0-147,9	182,8	0-988,9	24,9	12,6-37,2	100,7	0-767,8	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	9,7	0-85,9	14,3	0-66,7	0,54	0-13,43	3,40	0-42,08	200
Фосфор общий	мкг/дм ³	37,74	8,9-93,88	47,22	9,98-97,3	12,76	0-35,28	14,39	0-61,01	
Фосфор органический	мкг/дм ³	31,01	0,82-87,44	40,63	16,19-88,34	11,72	0-34,2	9,23	0-36,89	
Азот аммонийный	мкг/дм ³	0	0	0	0	12,05	0-67,9	28,15	0-140,1	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	0,33	0-3,01	0,25	0-1,41	0,58	0-2,8	0,92	0-4,99	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	0,4	0-5,6	8,2	0-35,4	0,73	0-6,68	2,13	0-10,1	-
Азот минеральный	мкг/дм ³	0,73	0-5,63	8,45	0-35,42	13,36	0-68,82	31,2	0-140,0	
Азот органический	мкг/дм ³	441,48	1,57-1515,39	412,08	1,75-2203,43	19,55	5,26-59,41	32,85	4,75-84,82	
Азот общий	мкг/дм ³	442,25	1,57-1518,4	420,54	3,08-2208,7	70,72	47,87-124,85	95,12	57,01-222,95	
РОВ	мг/дм ³	1,66	0,83-3,74	1,52	0,85-2,64	1,96	1,53-3,0	1,69	1,28-2,15	
ВОВ	мг/дм ³	7,34	0,2-38,8	7,28	1,4-19,7	1,67	0,45-4,50	2,39	0,15-17,4	
межень										
	ед. изм.	пов.		дно		пов.		дно		
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	
Температура	°С	17,8	15,4-19,3	13,2	6,2-18,9	14,10	12,57-14,75	12,29	8,29-15,45	-
Соленость	‰	10,3	5,8-11,5	11,0	8,6-11,5	10,60	7,91-11,27	10,99	8,94-12,29	-
pH	ед. pH	8,4	8,1-8,65	8,3	7,8-8,63	8,51	8,48-8,55	8,33	7,87-8,55	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	9,8	8,9-11,8	6,4	0-10,1	6,41	6,26-6,88	4,78	0-6,84	> 6

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кремний минеральный	мкг/дм ³	93,6	0-323,8	197,1	11,6-547,6	25,04	0-98,4	241,85	12-1197,5	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	9,06	0-42,6	14,5	0-86,2	0,32	0-8,1	4,37	0-29,12	200
Фосфор общий	мкг/дм ³	28,62	5,18-67,85	37,93	5,56-154,15	4,40	0-13,05	25,34	5,62-171,2	
Фосфор органический	мкг/дм ³	18,79	2,27-52,66	21,14	3,24-54,81	4,72	0-13,05	6,30	0-22,30	
Азот аммонийный	мкг/дм ³	25,7	0-443,9	33,8	0-164,6	26,62	0-147,50	97,48	54,8-188,7	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	2,8	0-15,31	1,4	0-8,8	1,89	0-6,85	1,72	0,5-6,35	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	9,1	0-36,82	9,6	0-55,9	3,57	0-12,44	8,97	5,2-16,9	-
Азот минеральный	мкг/дм ³	37,6	0-443,9	44,8	0-174,0	32,08	0-148,2	88,78	0-190,2	
Азот органический	мкг/дм ³	347,94	16,43-1958,64	149,51	5,29-1017,58	88,48	24,92-171,7	118,97	28,33-219,3	
Азот общий	мкг/дм ³	385,48	25,29-2022,15	194,21	12,92-1084,2	152,05	80,43-304,8	223,71	87,75-353,6	
РОВ	мг/дм ³	2,02	1,46-2,54	1,65	1,19-2,26	1,53	0,96-2,28	1,65	0,99-2,35	
ВОВ	мг/дм ³	1,62	0-4,10	1,19	0-4,30	0,74	0,05-1,92	0,86	0,15-3,61	

Таблица 14 – Среднемноголетние данные температуры воды, °С

Гидрологический пост	Июнь (ср.знач/диапазон)		Октябрь (ср.знач/диапазон)		Год (ср.знач/диапазон)	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
Махачкала	20,1/17,6-22,8	20,5/16,2-24,2	15,4/12,2-17,9	16,5/14,3-18,8	12,5/10,6-14,1	13,1/11,4-14,1
Дербент	20,8/17,8-22,9	21,1/17,6-23,6	15,9/13,5-18,1	17,2/13,9-19,3	13,3/12,3-14,7	13,9/12,4-14,7
Изберг	20,7/17,6-22,9	21,4/18,1-24,1	16,2/13,9-18,4	16,7/14,1-19,0	13,1/11,8-14,5	13,7/12,3-14,5

Таблица 15 – Среднемноголетние данные солености, ‰

Гидрологический пост	Июнь (ср.знач/диапазон)		Октябрь (ср.знач/диапазон)		Год (ср.знач/диапазон)	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
Махачкала	10,3/8,0-11,7	10,0/7,2-11,9	10,3/7,0-12,5	9,6/6,3-12,2	10,1/9,3-11,3	9,7/7,8-11,2
Дербент	11,9/10,4-13,6	11,1/10,4-11,7	11,7/10,5-13,1	10,9/10,1-11,8	11,8/10,9-13,2	11,0/10,4-11,4
Изберг	11,2/8,7-12,7	10,2/8,0-11,9	11,5/9,3-12,8	10,2/8,1-11,8	11,4/9,3-12,4	10,1/8,7-11,0

Сезонный ход концентрации растворенного кислорода в 2021 г. был следующим. В поверхностном горизонте в июне крайние значения O_2 колебались в диапазоне 5,64-6,25 мг O_2 /л, при среднем значении 6,0 мг O_2 /л, экстремальное значение составило 1,1 ПДК. Содержание кислорода у поверхности снизилось относительно прошлого года в 1,6 раз. В придонном горизонте уровень кислорода изменялся в пределах от аналитического нуля до 7,25, среднее значение составило 5,04 мг O_2 /л, что ниже ПДК в 1,2 раза. Экстремально низкие значения кислорода (0-0,34 мг O_2 /л) были зарегистрированы на глубинах 70,3 м, 380 м, 530 м, 550 м. В межень 2021 г. в поверхностном слое воды нарушений норматива ПДК не выявлено, концентрация изменялась в диапазоне 6,26-6,88 мг O_2 /л. В придонном слое средняя величина O_2 была в 1,3 раза ниже ПДК. Экстремально низкие значения O_2 регистрировались на больших глубинах (от 398 до 608 м). Содержание растворенного кислорода осенью 2021 г. было значительно ниже показателей 2020 г.

На элементное содержание вод Среднего Каспия значительное влияние оказывает водообмен как с Северным Каспием, так и с Южным [22]. 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. Как указано выше (Глава 4) в Северном Каспии в 2021 г. наблюдалось снижение концентрации биогенных элементов, по сравнению с 2020 г.

В 2021 г. содержание кремния в июне в поверхностном горизонте изменялось от 12,6 до 37,2 мкг/л, в среднем составив 24,9 мкг/л, в придонном горизонте крайние значения регистрировались в диапазоне 0-767,8 мкг/л (таблица 16). Количество кремния в

осенний период колебалось от 0 до 98,4 мкг/л, а в придонном – от 12,0 до 1197,5 мкг/л. Изменчивость концентрации кремния в октябре была значительно выше, чем в июне. Относительно 2020 г. количество кремния в воде в июне увеличилось, а в октябре снизилось.

Средняя концентрация минерального фосфора в июне 2021 г. у поверхности составила 0,54 мкг/л, изменяясь в пределах от аналитического нуля до 13,43 мкг/л, у дна – 3,40 мкг/л, при колебаниях от 0 до 42,08 мкг/л (таблица 16). Количество $P_{\text{мин}}$ сократилось в среднем у поверхности в 17 раз, а у дна в 4 раза. Максимум был зарегистрирован в придонном горизонте на глубине 19,8 м.

В осенний период в поверхностном горизонте уровень $P_{\text{мин}}$ сократился в 28 раз, концентрация фосфатов была диапазоне 0-8,1 мкг/л. В придонном горизонте средняя концентрация минерального фосфора достигала 4,37 мкг/л, в аналогичный период 2020 г. она была в 3 раза выше. В целом динамика минерального фосфора в Среднем Каспии повторяет динамику фосфатов в северо-каспийских водах.

Концентрация общего фосфора в Среднем Каспии в июне равномерно снизилась в толще воды в 3 раза относительно прошлого года, повторяя динамику этого компонента в северной части моря. В межень экстремальные значения $P_{\text{общ}}$ у поверхности колебались от 0 до 13,05 мкг/л, при среднем значении 4,40 мкг/л. В придонном горизонте концентрация этого элемента, по сравнению с 2020 г., изменилась незначительно, а максимальное значение 2021 г. было выше максимума 2020 г. В осенний период количество $P_{\text{общ}}$ в толще воды снижается (рисунок 11).

Уровень органического фосфора был рассчитан как разница общего и минерального фосфора [33]. В 2021 г. в летний период значения $P_{\text{орг}}$ снизились в 2-4 раза, а в межень – в 3,5-5 раз, по сравнению с 2020 г. Следует отметить, что в июне количество фосфора с глубиной закономерно снижалось, а осенью 2021 года отмечалось незначительное повышение $P_{\text{орг}}$ в придонном слое. У дна отмечается значительное накопление органического фосфора в октябре.

Концентрация аммонийного азота в июне у поверхности (0-67,9 мкг/л) была более чем в два раза ниже концентрации в придонном горизонте (0-140,1 мкг/л), средние показатели были равны соответственно 12,05 и 28,15 мкг/л (таблица 12). Осенью ион аммония в поверхностном горизонте демонстрировал значительную изменчивость: от аналитического нуля до 147,5 мкг/л, среднее значение достигало 26,62 мкг/л. В придонном слое среднее количество NH_4^+ было значительно выше, чем в поверхностном горизонте и по сравнению с показателями прошлого года.

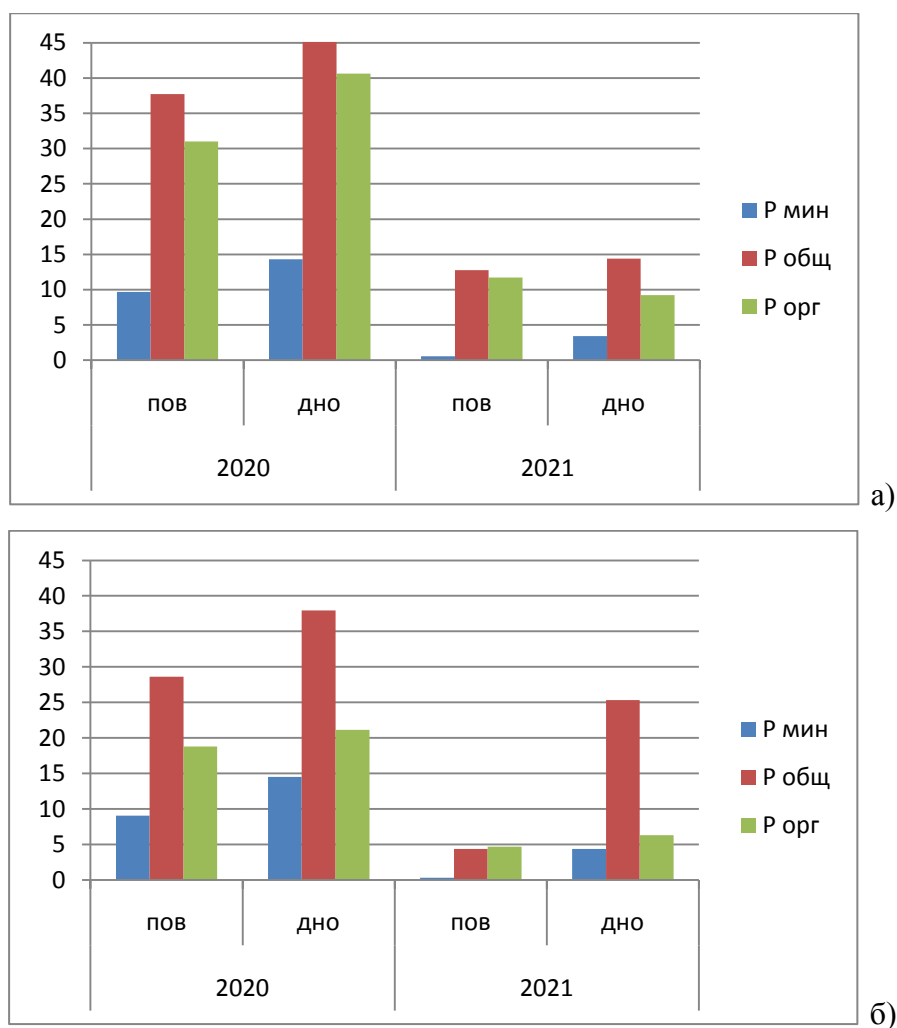


Рисунок 11 – Соединения фосфора в водах Среднего Каспия в 2020-2021 гг. в период половодья (а), в период межени (б)

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 июне 2021 г. изменялось от 0 до 2,8 мкг/л, в среднем составив 0,58 мкг/л. В придонном – от 0 до 4,99 мкг/л, при среднем значении 0,92 мкг/л (таблица 12). В осенний период 2021 г. у поверхности нитритов было больше в 3,3 раза, их количество колебалось от 0 до 6,85 мкг/л, в придонном – от 0 до 6,35 мкг/л.

В июне 2021 г. нитраты характеризовались значительной изменчивостью, концентрация их колебалась от 0 до 6,68 мкг/л в поверхностном горизонте и от 0 до 10,1 мкг/л в придонном слое. Концентраций, превышающих ПДК, отмечено не было (таблица 12). В осенний период диапазон колебаний нитратов в поверхностном слое составил 0-12,44 мкг/л, а в придонном – 0-16,9 мкг/л. Важно отметить снижение концентрации нитратов в придонном слое относительно 2020 г. более чем в 3 раза.

Рассчитанные значения минерального азота показывают значительное возрастание

окисленных форм N в 2021 г., наиболее резкое увеличение регистрируется у дна. В период половодья средняя концентрация N минерального в поверхностном горизонте составила значение, в 18 раз превышающее значение прошлого года, а в придонном – в 3,7 раз. Осенью содержание минерального азота в придонном горизонте в среднем увеличилось в 2,4 раза.

Динамика уровня содержания органического и общего азота в поверхностном слое повторяла картину, наблюдавшуюся в Северном Каспии, и имела тренд на снижение: в июне органический азот снизился в 23 раза относительно предыдущего года, количество общего азота сократилось в 6 раз. По сравнению с 2020 г., в придонном слое уровень $N_{орг}$ снизился в июне в 12,5 раз, в осенний период разница концентраций была незначительной. Средние значения общего азота относительно 2020 г. в придонном слое в июне снизились в несколько раз, а осенью увеличились в 1,1 раз. Снизился и показатель изменчивости концентраций соединений азота в воде.

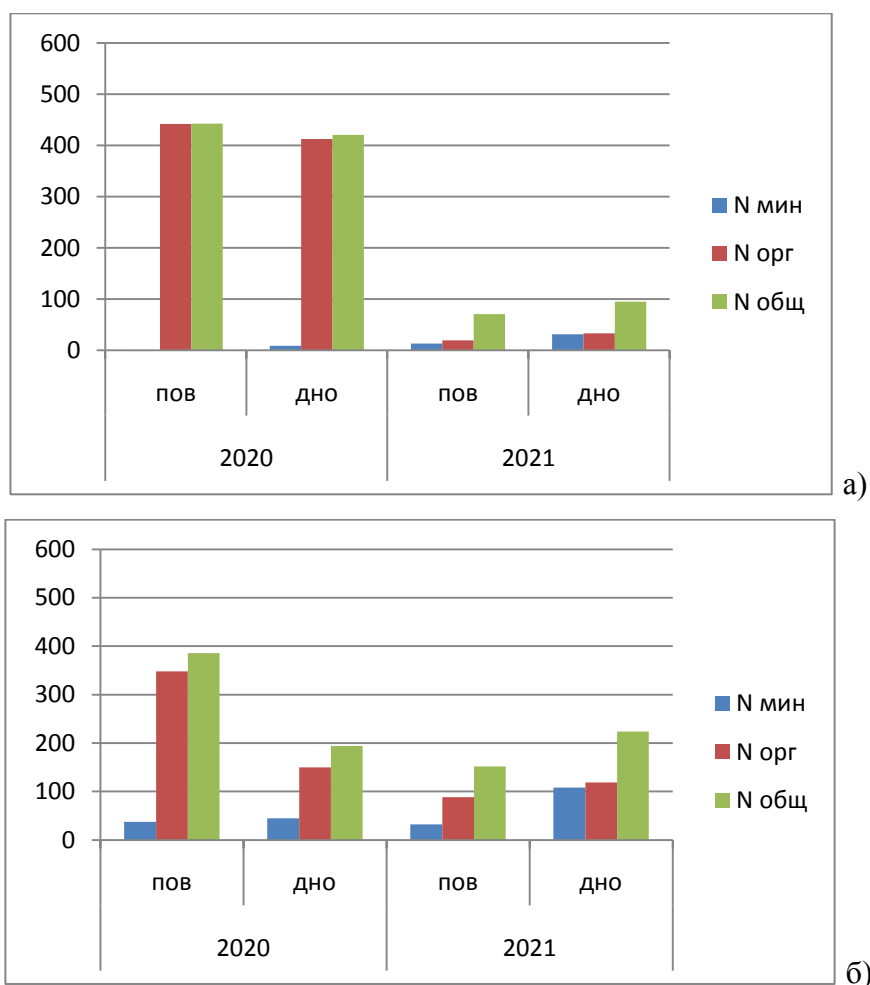


Рисунок 12 – Соединения азота в водах Среднего Каспия в 2020-2021 гг. в период половодья (а), в период межени (б)

Следует отметить, что содержание в воде РОВ в 2021 г. было незначительно

меньше, чем в 2020 г. А количество BOB сократилось в период половодья в 3,5 раза, а в осенний период в 2 раза (рисунок 13).

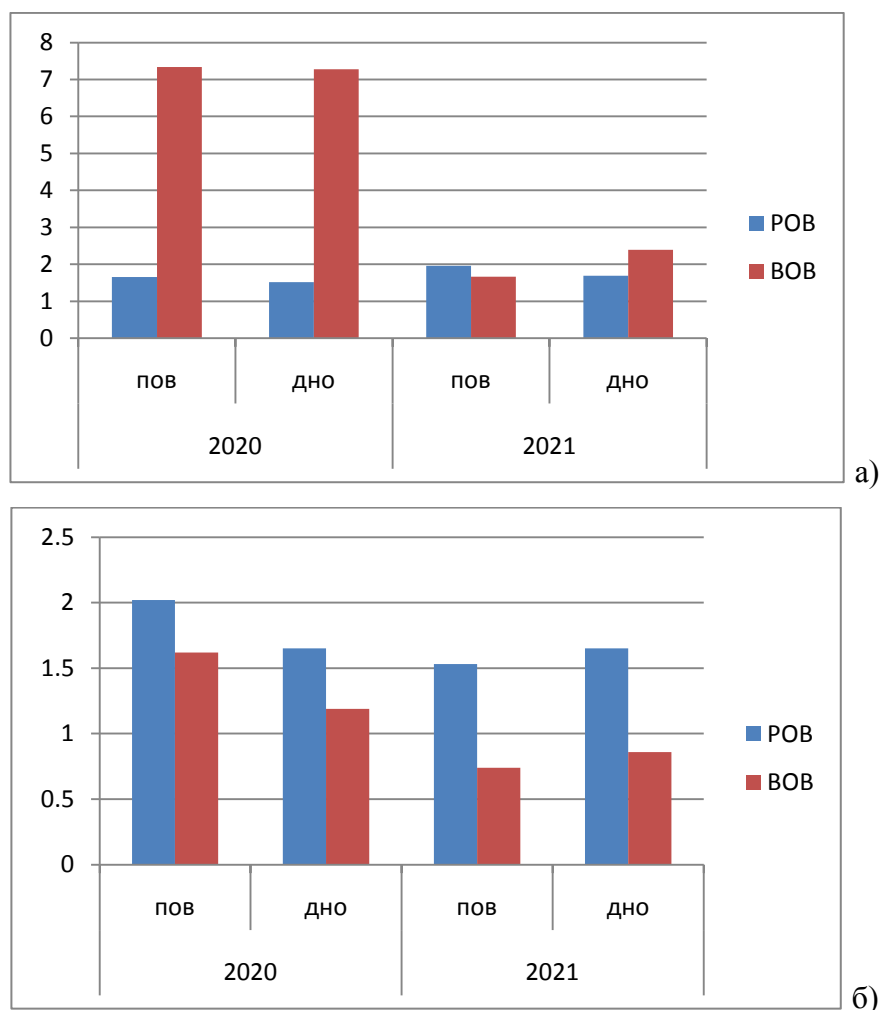


Рисунок 13 – Органическое вещество в водах Среднего Каспия 2020-2021 гг.

В 2021 г., регистрировалось смещение азотно-фосфорного баланса в пользу азотсодержащих соединений (таблица 16). Соотношение минерального азота к фосфору в 2021 г. (рисунок 14) обеспечило условия для развития зеленых водорослей, также как и в Северном Каспии.

Таблица 16 – Соотношения биогенов в водах Среднего Каспия в 2020-2021 гг.

Параметр	2020		2021	
	пов	дно	пов	дно
Рмин:Рорг	1:3,3	1:2,5	1:21,7	1:2,7
Нмин:Норг	1:500	1:47,6	1:1,5	1:1,1
Робщ:Нобщ	1:11,8	1:9,1	1:5,6	1:6,7
Рмин:Нмин	1:0,08	1:0,6	1:25	1:9,1

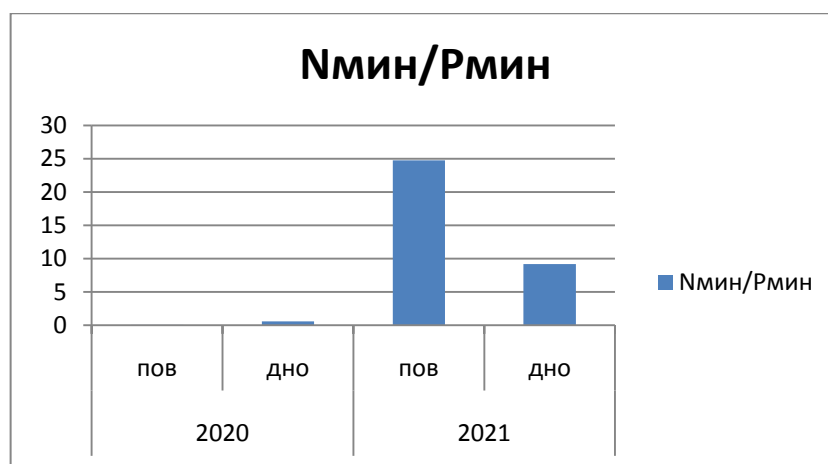


Рисунок 14 – Соотношение минерального азота и минерального фосфора в водах Среднего Каспия в 2020-2021 гг.

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2021 г. наибольший уровень биологического потребления кислорода был зарегистрирован в июне в придонном горизонте, максимум составил 2,02 мг/л, на глубине 30,7 м. Значения БПК₅ за октябрь достигали наивысшего уровня (до 1,88 мг/л) в поверхностном горизонте (таблица 17). Превышений ПДК не регистрировалось, а изменчивость данного показателя в 2021 г. была значительно ниже, чем в 2020 г.

Содержание взвешенных веществ в мае в поверхностных водах российской части 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 изменялось 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, снижение стока в период половодья 2021 года могло стать причиной пониженного содержания взвеси в воде (таблица 17).

Содержание НУ в мае 2021 г. изменялось от 0,005 до 0,02 мг/л. При этом среднее значение в поверхностном слое составляло 0,008 мг/л, в придонном – 0,007 мг/л. В октябре концентрация НУ в поверхностном слое была выше, чем в придонном, максимум составлял 0,025 мг/л. Превышений установленного норматива не наблюдалось. По сравнению с 2020 г., концентрация НУ в половодье 2021 г. не изменилась, в период осенней межени значительно снизилась (таблица 17).

Таблица 17 – Значения ЗВ в водах российской части Среднего Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 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	1,4	0-2,6	1,1	0-2,72	1,31	1,05-1,79	1,40	1,03-2,02	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	14,8	1,8-50,0	19,4	2,4-69,1	14,76	1,8-50,8	19,42	2,4-69,1	10
НУ	мг/дм ³	0,007	0-0,04	0,007	0,005-0,02	0,008	0,005-0,02	0,007	0,005-0,016	0,05
АПАВ	мг/дм ³	0,01	0-0,2	0,02	0-0,16	0,009	0-0,12	0	0	0,1
Железо	мг/дм ³	0,004	0,002-0,01	0,004	0,002-0,01	0	0	0	0	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,003	0-0,01	0,004	0,003-0,008	0,009	0,005-0,02	0,012	0,005-0,03	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,002	0-0,007	0,003	0,001-0,009	0,003	0,001-0,01	0,001	0,0005-0,004	0,05
Никель	мг/дм ³	0,003	0,001-0,003	0,002	0,001-0,003	0,002	0,001-0,003	0,0016	0,001-0,002	0,01
Медь	мг/дм ³	0,001	0,0007-0,003	0,001	0,0006-0,002	0,0009	0,0006-0,001	0,0001	0-0,0008	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,0001	0-0,001	0,0001	0-0,001	0	0	0	0	0,01
Кадмий	мкг/дм ³	0	0	0	0	0,01	0-0,2	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,002	0-0,04	0,01	0-0,05	0,06	0,04-0,08	0,06	0,04-0,09	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	0,02	0-0,06	0,02	0-0,1	0,04	0,02-0,09	0,024	0,022-0,027	
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,03	0-0,09	0,04	0-0,2	0,04	0,01-0,1	0,03	0,01-0,08	-
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	0,01
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	0,002	0-0,01	0,002	0-0,02	0	0	0,0002	0-0,005	-
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 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
межень										
БПК ₅	мг/дм ³	1,4	0-2,53	0,6	0-2,3	1,28	1,01-1,88	1,22	1,05-1,49	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	3,8	1,4-8,5	3,1	0,8-7,2	3,78	1,40-8,50	0,07	0,8-7,2	10
НУ	мг/дм ³	0,01	0,003-0,06	0,01	0-0,02	0,008	0,005-0,025			0,05
АПАВ	мг/дм ³	0,02	0-0,17	0,01	0-0,02	0	0	0	0	0,1
Железо	мг/дм ³	0,004	0,001-0,009	0,003	0,001-0,008	0	0	0	0	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,003	0-0,009	0,003	0-0,006	0,008	0,005-0,02	0,008	0,005-0,01	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,005	0,0006-0,05	0,003	0-0,03	0,003	0,0005-0,008	0,002	0,001-0,004	0,05
Никель	мг/дм ³	0,002	0,001-0,004	0,003	0-0,004	0,002	0,001-0,004	0,002	0,001-0,004	0,01
Медь	мг/дм ³	0,0004	0-0,002	0,0003	0-0,001	0,001	0,0006-0,0012	0,0008	0,0007-0,001	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,001	0-0,006	0,0001	0-0,001	0,00024	0,0002-0,0003	0	0	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,02	0-0,07	0,01	0-0,06	0,05	0,04-0,08	0,05	0,04-0,06	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	0,006	0-0,047	0,006	0-0,04	0,03	0-0,04	0,026	0-0,031	4
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,03	0,002-0,2	0,03	0-0,2	0,02	0-0,07	0,02	0-0,07	-
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	0,002	0-0,02	0,001	0-0,009	0,02	0,01-0,08	0,01	0,005-0,07	-
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

В водах Среднего Каспия в 2021 г. определялось количество АПАВ. В июне максимальное значение АПАВ у поверхности превышало ПДК в 1,2 раза, среднее значение составляло 0,009 мг/л. Минимальные значения были ниже предела обнаружения аналитического метода. Осенью концентрация АПАВ была приравнена к аналитическому нулю (таблица 17).

Динамика концентраций ТМ в 2021 г. была следующей. Содержание железа и бария в Среднем Каспии было ниже предела обнаружения аналитическим методом. Средние значения марганца в июне 2021 г. были в 3-4 раза выше, чем в прошлом году, осенью величины выросли в 2,6 раз относительно прошлогодних концентраций.

Минимальное значение цинка в июне в поверхностном слое акватории составило 0,001 мг/л, а максимальное – 0,01 мг/л. В придонном горизонте среднее количество этого металла было на уровне 0,001 мг/л, экстремальные значения изменялись от 0,0005 до 0,004 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 2020 г., количество цинка в воде снизилось (таблица 17).

В 2021 г. средняя концентрация никеля в июне и октябре находилась на одном уровне у поверхности и у дна (0,002 мг/л). Превышений установленного норматива никелем не регистрировалось. Следует отметить, что содержание никеля в 2021 г., по сравнению с предыдущим годом, не изменилось.

Медь обнаруживалась в летний период 2021 г. в воде поверхностного слоя в среднем на уровне 0,0009 мг/л, в придонном – на уровне 0,0001 мг/л. В осенние месяцы средняя концентрация меди была равна 0,001 и 0,0008 мг/л в поверхностном и придонном горизонте соответственно, что значительно ниже показателей 2020 года. Многолетние исследования показали [13], что наибольшая концентрация меди наблюдалась в период 1998-2003 гг. и достигала 0,014 мг/л.

В 2021 г. в водах Среднего Каспия определялось количество свинца. Сезонный ход концентрации свинца показал, что в июне в поверхностном и придонном слое содержание свинца было на одном уровне – ниже предела обнаружения аналитического метода. Следовые концентрации свинца (0,0002-0,0003 мг/л) были обнаружены только в октябре в поверхностном горизонте. Превышений ПДК в 2021 г. не регистрировалось, отмечается значительное снижение содержания свинца относительно 2020 г.

КХА воды Среднего Каспия на содержание кадмия показал, что в 2021 г. данный металл был обнаружен только в июне в поверхностном горизонте, в осенний период значения этого ТМ были ниже предела обнаружения аналитического метода (таблица 17).

Сезонный ход концентрации ртути в 2021 г. был следующим. В июне в

поверхностном и придонном горизонте среднее значение было одинаковым. Диапазон колебаний ртути летом в толще воды находился в пределах от 0,04 до 0,09 мкг/л. В октябре максимальные концентрации ртути составили 0,08 мкг/л у поверхности и 0,06 мкг/л у дна, а средние показатели остались на прежнем уровне. Следует отметить, что превышений ПДК не зарегистрировано, однако, по сравнению с предыдущим периодом исследований, количество Hg выросло в 5-6 раз.

Летом и осенью 2021 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, как и в прошлом году. В летний период значение нафталина в поверхностном горизонте воды увеличилось, по сравнению с предыдущим годом, почти в 2 раза, в придонном горизонте наблюдалось незначительное снижение концентрации. Количество нафталина в июне колебалось у поверхности от 0,02 до 0,09 мкг/л, у дна – от 0,02 до 0,03 мкг/л, что значительно ниже ПДК. В период осенней межени содержание нафталина увеличилось в среднем в 5 раз как в поверхностном, так и в придонном горизонте, максимальные концентрации составили 0,04 и 0,03 мкг/л соответственно. Общее количество ПАУ в 2021 г. относительно предыдущего года изменилось незначительно, в июне среднее значение поверхностного слоя составило 0,04 мкг/л, а в придонном – 0,03 мкг/л. В осенний период средняя концентрация Σ ПАУ в толще воды составила 0,02 мкг/л (таблица 17).

Изучение качественного и количественного состава ХОП в среднекаспийских водах в 2021 г. показало, что среди пестицидов были выявлены только пестициды группы ПХБ, количество пестицидов группы ГХЦГ и ДДТ было ниже предела обнаружения аналитического метода. В июне содержание Σ ПХБ в придонном горизонте колебалось в диапазоне 0-0,005 мкг/л. В октябре большее количество ПХБ регистрировалось в поверхностном слое (таблица 17).

В 2021 г. уровень концентрации бензола и толуола был ниже предела обнаружения аналитического метода.

Превышение нормативов летом и осенью было зарегистрировано для следующих показателей. В июне – для БПК₅, взвешенных веществ, ртути (в поверхностном горизонте) и меди (в придонном горизонте). В октябре ПДК в толще воды превысили показатели БПК₅, ртуть и никель.

При этом повторяемость результатов анализов с низким уровнем кислорода в июне достигала 40 % у поверхности и 36 % у дна. Повторяемость превышения норматива по взвешенным веществам составила 44 % и 64 % в поверхностном и придонном горизонте

соответственно. АПАВ превышали норматив в 10 % проб, отобранных с поверхности акватории. В октябре экстремально низкий уровень кислорода обнаруживался в 60 % проб придонного горизонта.

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент вариабельности концентраций в летний период наблюдался у АПАВ в поверхностном слое; у нитритного азота в придонном горизонте; у органического азота, соединений кремния и фосфора, взвешенных веществ, цинка, АПАВ и ПАУ в толще воды. В октябре высокой степенью вариабельности обладали нитритный азот, кремний, общий фосфор, ВОВ, ПАУ, цинк и сумма ПХБ. Следует отметить, что высокие показатели изменчивости могут свидетельствовать об антропогенной природе происхождения загрязнения (таблица 18).

Таблица 18 – Изменчивость концентраций ЗВ в Среднем Каспии в 2021 г.

ЗВ	Половодье		Межень	
	пов	дно	пов	дно
Растворенный кислород	0,02	0,45	0,02	0,47
БПК ₅	0,20	0,23	0,24	0,16
рН	0,01	0,02	-	0,03
Аммонийный азот	0,11	0,37	0,41	0,45
Нитритный азот	0,52	0,84	0,90	0,98
Нитратный азот	0,09	0,18	0,27	0,42
Органический азот	0,74	0,76	0,47	0,41
Общий азот	0,28	0,45	0,37	0,34
Кремний	0,70	1,33	0,57	1,55
Фосфатный фосфор	5,00	0,70	5,00	0,48
Общий фосфор	0,57	0,82	0,34	1,62
НУ	0,42	0,45	0,52	0,34
Взвешенные вещества	0,85	0,79	0,55	0,55
РОВ	0,16	0,13	0,23	0,21
ВОВ	0,60	1,39	0,71	0,94
Нафталин	0,61	0,09	0,25	0,18
Аценафтен	0,55	0,65	0,55	0,43
Фенантрен	0,27	0,19	0,28	0,33
Антрацен	0,58	0,71	0,13	-
Хризен	-	0,09	-	-
ΣПАУ	0,64	0,75	0,98	0,98
Цинк	1,0	0,65	0,79	0,79
Медь	0,18	0,00	0,24	0,24
Никель	0,39	0,37	0,41	0,41
Свинец	-	-	0,24	0,28
Марганец	0,50	0,52	0,33	0,33
Ртуть	0,23	0,29	0,38	0,38
ΣПХБ	-	-	1,26	1,18
АПАВ	3,48	-	-	-

По критериям устойчивости и кратности загрязнение морских вод в отчетном году оценивалось как устойчивое загрязнение среднего уровня. Случаев высокого и

экстремально высокого загрязнения морских вод в 2021 г. не наблюдалось.

Определение качества воды российской части недропользования 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 2021 г. делает целесообразной отдельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в июне отчетного года использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, БПК₅ и ртути; для расчета показателя в придонном слое – среднюю величину растворенного кислорода, БПК₅, взвешенных веществ и меди. Воды поверхностного и придонного слоя Среднего Каспия в летний период, согласно значениям ИЗВ, составившим 0,9 и 1,1 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 0,6 ед. характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). Весной и осенью 2020 г. комплексный показатель позволил отнести воды российской части недропользования средней части Каспийского моря к той же категории.

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 период июнь-октябрь.

Состояние и загрязнение донных отложений российской части Среднего Каспия по геохимическим показателям

В рамках мониторинга акватории российской части недропользования в 2021 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 и менее мм).

В донных осадках преобладают мелкие фракции размером < 0,05 мм, которые по классификации [37] относятся к алевритам и пелитам (таблица 19). Содержание этой фракции в июне в среднем составляло 38,30 %, а на отдельных станциях достигало 99,88 %. Осенью содержание алевритов и пелита в осадках колебалось от 4,24 до 99,85 %. Второе место по встречаемости занимают более крупные фракции: в июне до 20 % 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.

Таблица 19 – Содержание фракций (мм) в донных отложениях Среднего Каспия (%) в 2021 г.

Показатели	>10	10÷5	5÷2	2÷1	1÷0,5	0,5÷0,25	0,25÷0,1	0,1÷0,05 и менее
Июнь								
Среднее значение	8,80	12,15	25,35	4,20	2,64	1,04	19,67	38,30
Минимум	0,65	0,34	1,21	0,05	0,04	0,04	0,04	4,38
Максимум	48,67	36,29	57,75	20,68	18,99	2,7	87,55	99,88
Октябрь								
Среднее значение	10,23	8,73	19,54	3,45	2,55	1,44	17,92	44,60
Минимум	0,12	0,21	0,08	0,02	0,02	0,03	0,04	4,24
Максимум	31,29	35,28	54,76	12,7	9,12	6,49	77,39	99,85

В поровых водах российской части недропользования Среднего Каспия определялось содержание основных биогенов, сезонный ход концентрации БВ был неоднозначным (таблица 20). В сравнении с 2020 г., в 2021 году отмечается повышение концентрации минерального кремния в летний период в 1,3 раза; в октябре наблюдалось снижение уровня кремния. Сезонный ход фосфатов в отчетном году резко отличался от динамики в предыдущем году. В июне 2021 года крайние колебания фосфатов составили 104,6-1428,0 мкг/л, в октябре экстремальные значения регистрировались в интервале 629,3-3816,0 мкг/л. В годовой динамике отмечено четырехкратное повышение содержания общего фосфора в осенний период. Количество минерального фосфора также увеличилось в осенний период. Значения аммонийного азота демонстрировали обратную динамику, в октябре они были в 2,6 раз ниже, чем в июне и находились на уровне прошлого года. Ион аммония, как первая фаза окисления органического азота, к октябрю в процессе минерализации значительно снизился. Относительно 2020 г. в поровых водах выросло содержание нитритного азота, этот биогенный элемент является переходной фазой окисления азотсодержащей органики, кроме того, повышение этого показателя указывает на антропогенное загрязнение биогенами. Количество нитратного азота относительно прошлого года выросло в 2 раза, сезонный ход концентраций имел низкую изменчивость.

Таблица 20 – Содержание основных биогенов в поровых водах ДО Среднего Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 год			
		июнь		октябрь		июнь		октябрь	
		ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон	ср.знач.	диапазон
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кремний минеральный	мкг/л	979,12	391,2-377,5	1807,12	46,38-4172,5	1185,31	724,8-2811,8	958,53	532,19-2886,2
Фосфор минеральный	мкг/л	216,28	46,76-884,6	769,31	48,62-1698,0	346,77	56,97-914,30	758,45	97,11-1844,0
Фосфор общий	мкг/л	486,34	49,0-2301,0	3526,97	271,6-7085,0	540,71	104,6-1428,0	2206,48	629,3-3816,0
Азот аммонийный	мкг/л	1300,62	391,2-371,5	581,46	273,4-1301,5	1303,07	769,8-2018,3	514,91	314,9-929,3
Азот нитритный	мкг/л	17,07	5,13-46,53	15,29	3,95-34,28	30,87	7,18-64,28	27,41	16,09-63,18
Азот нитратный	мкг/л	33,37	7,19-71,1	36,57	9,19-79,17	65,12	31,53-103,2	60,86	37,16-104,3
Азот общий	мкг/л	3493,58	797,0-9502,0	2190,38	740,2-6238,0	3445,83	1793,0-6324,0	2037,34	1143,0-39,47,0

Изменения концентрации ЗВ в ДО носили сезонный характер. Концентрация НУ в ДО в течение 2021 г. не изменялась, однако, относительно прошлого года средние значения в июне снизились в 1,1 раз, а осенью увеличилась в 1,2 раза. Количество АПАВ в ДО сильно сократилось, в летний период концентрация не превышала предела обнаружения аналитическим методом, в октябре экстремальные значения составили 0,7-42,5 мкг/л.

В июне регистрировался тренд на снижение количества нафталина, его содержание относительно уровня прошлого года летом уменьшилось в 1,2 раза, а осенью – в 1,9 раз. Средние концентрации при этом составили: 1,1 ПДК в июне и 0,6 ПДК осенью, регистрировались единичные случаи превышения ПДК в 1,5 раза.

Сезонный ход содержания бенз(а)пирена имел обратную тенденцию, весной среднее значение этого вещества незначительно увеличилось, при крайних значениях 1,0-7,2 мкг/кг, осенью концентрации бенз(а)пирена колебались от 1,0 до 9,2 мкг/кг, превышений ПДК не зарегистрировано.

Концентрация аценафтена в июне 2021 г. колебались от 1,3 до 16 ПДК, среднее содержание составило 4,8 ПДК (таблица 25). В октябре содержание аценафтена было в пределах 1,1-6,5 ПДК, среднее значение осенью превысило норматив в 3 раза. Годовой ход концентрации фенантрена демонстрировал тренд на увеличение относительно прошлого года. Количество антрацена в течение 2020-2021 гг. находилось на одном уровне.

По сравнению с аналогичными периодами 2020 г., весной и осенью отчетного года общая загрязненность Среднего Каспия ТМ значительно снизилась. Динамика значений

железа в 2021 г. имела восходящий тренд, в июне среднее значение составило 11819,6 мкг/кг, а в октябре – 13316,0 мкг/кг. Количество марганца в летний период 2021 г. колебалось от следовых значений до 590,0 мг/кг, в осенний период крайние значения составили 20,0-660,0 мг/кг. Сезонный ход концентрации цинка сильно отличался от динамики 2020 г. В летний период 2021 г. количество Zn увеличилось почти вдвое, а в осенний период – значительно сократилось (таблица 21).

Для летнего периода 2021 г. было характерно снижение концентраций никеля, меди и свинца, по сравнению с 2020 г. (таблица 21). Увеличение концентрации Рb было зарегистрировано осенью, в 2021 г. значительно снизились концентрации кадмия и ртути в ДО.

Таблица 21 – Содержание загрязняющих веществ в ДО Среднего Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 год				ДК
		половодье		межень		половодье		межень		
		ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
НУ	мг/кг	10,1	5,0-19,0	7,6	5,0-12,0	9,0	5,0-16,0	9,1	5,0-16,0	50
Фенолы	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
АПАВ	мг/кг	5,3	0,3-20,6	9,9	1,4-50,3	0	0	8,04	0,7-42,5	-
Железо	мг/кг	13220,0	900,0-35400,0	10220,0	600,0-29000,0	11819,6	790,0-35000,0	13316,0	700,0-41000,0	-
Марганец	мг/кг	277,2	30,0-1160,0	0,0	0,0-0,1	212,0	0,0-590,0	236,4	20,0-660,0	-
Цинк	мг/кг	51,2	12,7-115,7	94,2	8,9-265,4	97,51	7,4-263,6	89,82	9,5-260,9	124
Никель	мг/кг	27,4	4,7-76,3	21,7	3,6-75,7	21,54	3,8-75,0	21,084	1,-88,6	35
Медь	мг/кг	26,3	4,0-71,0	21,4	4,0-66,6	20,89	4,0-67,8	18,73	3,1-70,5	18,7
Свинец	мг/кг	10,7	5,4-16,0	7,6	2,4-13,3	7,53	1,1-13,9	10,57	3,90-23,90	30,2
Кадмий	мг/кг	0,0	0,0-1,0	1,4	1,2-1,6	0	0	1,25	1,10-1,40	0,7
Ртуть	мг/кг	0,1	0,0-0,1	0,0	0,0-0,1	0,03	0,025-0,03	0,03	0,03-0,04	0,13
Барий	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	160
Нафталин	мкг/кг	45,9	21,0-79,0	40,8	20,0-63,0	37,2	20,0-50,0	22,17	20,0-28,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	2,6	1,0-6,0	3,1	1,0-10,0	3,01	1,0-7,2	3,04	1,0-9,2	88,8
Аценафтен	мкг/кг	20,82	0-52,0	21,54	7,0-53,0	29,25	7,9-98,0	17,60	6,30-39,0	5,87
Фенантрен	мкг/кг	24,58	7,5-64,0	19,95	0-48,0	26,4	9,6-75,0	21,78	7,1-48,0	86,7
Антрацен	мкг/кг	2,5	1,3-6,0	3,04	0-8,0	2,74	1,0-8,0	2,66	1,10-6,50	46,1
ΣПАУ	мкг/кг	100,6	17,0-269,0	83,7	7,0-266,2	108,78	0-382,3	67,23	1,90-216,10	-
α-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	10
ΣГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	0,32
ДДЭ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	1,22

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ДДД	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	2,07
ДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	1,11
ΣДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
ΣПХБ	мг/кг	0,6	0,1-2,2	0,6	0,1-3,1	0,55	0,03-1,93	1,09	0,15-3,45	21,5

В ДО определялось количество ХОП, содержание которых было ниже предела обнаружения аналитического метода. Среди всех групп пестицидов была выявлена только группа ПХБ, содержание которой, по сравнению с 2020 г., увеличилось в осенний период почти в 2 раза (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 2021 г. содержание НУ в ДО достигало максимума в 16 мг/кг, что позволяет отнести донные осадки ко II классу качества ДО «чистые» ($15 \leq C \leq 50$).

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Район исследования акватории российской части Северного Каспия подвержен влиянию волжского стока.

В 2021 г. наблюдается тенденция к снижению объема стока взвешенных веществ и биогенов, а также некоторых ТМ: цинк, молибден и кадмий. Сток фенолов сократился в 2 раза, незначительно снизился объем стока НУ и АПАВ. В 2021 г. почти в 2 раза увеличился сток кремния, никеля, свинца, марганца, железа и ртути. Сток ДДЭ вырос в 10 раз, а ДДТ – в 2 раза. Вместе с регистрируемым снижением стока таких загрязняющих веществ, как цинк и кадмий, отмечается и значительное снижение концентрации этих ЗВ в Северном Каспии

Температурный режим и уровень солености Северного Каспия главным образом зависят от речного стока. В летние месяцы морская вода прогревалась и теряла четко выраженную стратификацию, в этот период значительное влияние на гидрологические показатели оказывает водообмен со Средним Каспием. Значительные колебания температуры в придонном горизонте в летний период могли быть вызваны глубоководными течениями из Среднего Каспия. В осенний период (октябрь) отклонение температуры от среднегодовой нормы составило $+0,4^{\circ}\text{C}$.

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 северокаспийских вод в 2021 году не зафиксировано.

В Северном Каспии превышение нормативов весной было зарегистрировано для 3 показателей: растворенного кислорода, взвешенных веществ и СПАВ. Осенью ПДК превысили только СПАВ.

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

Ввиду значительных различий в содержании гидрохимических компонентов среды в поверхностном и придонном горизонте Северного Каспия в 2021 г. была проведена раздельная оценка загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, ртути и БПК₅.

Поверхностный и придонный горизонты Северного Каспия в период половодья, согласно значениям ИЗВ, составившим 0,91 и 0,85 ед. соответственно, оценивались как «умеренно загрязненные» (III класс качества вод). В период летне-осенней межени качество морской среды в поверхностном и придонном горизонтах было одинаковым, значение ИЗВ составило 0,6-0,7 ед., что характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). В 2020 г. в период весеннего половодья комплексный показатель (ИЗВ = 1,4) позволил оценить воды Северного Каспия как «загрязненные» (IV класс качества вод). В период летне-осенней межени 2020 г. качество морской среды не изменилось, значение ИЗВ было равно 0,5 ед. Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении экологической нагрузки на экосистему.

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

Превышение нормативов в Среднем Каспии летом и осенью было зарегистрировано для следующих показателей. В июне – для БПК₅, взвешенных веществ, ртути (в поверхностном горизонте) и меди (в придонном горизонте). В октябре ПДК в толще воды превысили показатели БПК₅, ртуть и никель.

Загрязнение вод российской части Среднего Каспия в отчетном году оценивалось как устойчивое загрязнение среднего уровня.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в июне отчетного года использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, БПК₅ и ртути; для расчета показателя в придонном слое – растворенный кислород, БПК₅, взвешенные вещества и медь. Воды поверхностного и придонного слоя Среднего Каспия в летний период, согласно значениям ИЗВ, составившим 0,9 и 1,1 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 0,6 ед., характеризует воды исследуемой акватории как «чистые» (II класс качества вод). Весной и осенью 2020 г. комплексный показатель позволил отнести воды российской части недропользования средней части Каспийского моря к той же категории.

Возрастание величин ИЗВ в 2021 г. относительно периода 2018-2020 гг. свидетельствует об ухудшении состояния экосистемы. Внутригодовая динамика комплексного показателя качества вод указывает на снижение антропогенной нагрузки в период июнь-октябрь.

В 2021 г. среднее содержание НУ в ДО позволяет отнести донные осадки ко II классу качества ДО «чистые». Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по международным критериям определялось как удовлетворительное.

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 15.04.2022).
2. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 01.05.2022).
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 25.05.2022).
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 04.06.2022).
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 10.07.2022).
7. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря / Отв. ред.: В.Ф. Полонский 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 25.03.2022).
10. ГОСТ Р 56059-2014 Национальный стандарт Российской Федерации. Производственный экологический мониторинг. – URL: <https://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. Обзор тенденции и динамики загрязнения устьевой области Волги за период 1978-2018 гг. / Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань, 2020. – 121 с.
13. Салманов М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря. – Баку : ПИЦ Исмаил, 1999. – 398 с.
14. 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.
15. Каспийское море. Гидрология и гидрохимия / Отв. ред. С.С. Байдин, А.Н. Косарев. – Москва: Наука, 1986. – 263 с.
16. Комплексные гидрометеорологические атласы Каспийского и Аральского морей. – Л: Гидрометеиздат, 1963. – 179 с.
17. Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.В. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. – Москва: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 342 с.
18. Скоробогатько А.Н., Немцов Н.И., Гумаров Р.К. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности морской части Терско-Каспийского краевого прогиба в пределах российского сектора Каспия / Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г. Сборник научных трудов. – Москва: ВНИИГАЗ, 2010. – С. 302-308.
19. Катунин Д.Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2014. – 237 с.
20. Экологическая безопасность нефтяных операций на мелководном шельфе. Международная практика и опыт российских компаний на Северном Каспии / Отв. ред. А.П. Порохнин. – Астрахань: Изд-во: ООО «Новая артель», 2006. – 266 с.
21. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Каспийское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 359 с.
22. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / Отв. ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – 406 с.

23. Координационный комитет по гидрометеорологии Каспийского моря. Информационный бюллетень. – URL: <http://www.caspcom.com/index.php?razd=bullet&lang=1> (дата обращения 29.05.2020).
24. Федеральный закон от 19.04.1998 № 113-ФЗ «О гидрометеорологической службе» – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901713128/> (дата обращения 22.03.2022).
25. Приказ Минприроды России от 12 декабря 2007 г. № 328 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты». – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902083847/> (дата обращения 28.02.2022).
26. РД 52.24.622-2019 Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод. – URL: https://standartgost.ru/g/%D0%A0%D0%94_52.24.622-2019/ (дата обращения 22.03.2022).
27. Приказ Минсельхоза РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120/> (дата обращения 15.02.2022).
28. Постановление Правительства РФ от 06.06.2013 N 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» (вместе с «Положением о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды»). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_147245/ (дата обращения 26.06.2022).
29. Приказ Росгидромета от 02.02.2017 № 23 «Об утверждении Концепции совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды с учетом конкретизации задач федерального, регионального и локального уровней на 2017-2025 годы». – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456055006/> (дата обращения 15.06.2022).
30. Постановление Правительства РФ от 09.08.2013 № 681 «О государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)». – URL: <https://nat.astrobl.ru/document/5400/> (дата обращения 22.02.2022).
31. Монахов С.К. Экологический мониторинг Каспийского моря. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2012. 194 с.
32. Хумитаке Секи. Органические вещества в водных экосистемах. – Л: Гидрометеиздат, 1986. – 199 с.

33. Скопинцев Б.А. Органическое вещество в морских водах // Труды ГОИН. – Л: Гидрометеиздат, 1948. – 165 с.
34. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. Том 2. – Баку: Гидрометеиздат, 1983. – 341 с.
35. Химия морской воды и аутигенное минералообразование. – М., Наука, 1989, 264с.
36. Катунин Д.Н., Насонова Т.С., Урманова Л.Н. Многолетняя динамика и соотношение азота и фосфора в водах Северного Каспия // Тр. ВНИРО. – Т. СXXXIII. – 1979. – С. 7-16.
37. Курапов А.А., Дегтярева Л.В. Районирование Северного Каспия по условиям накопления органических веществ в донных отложениях // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2016. – № 1. – С. 26-29.
38. Леонтьев О. К. Краткий курс морской геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. – 464 с.