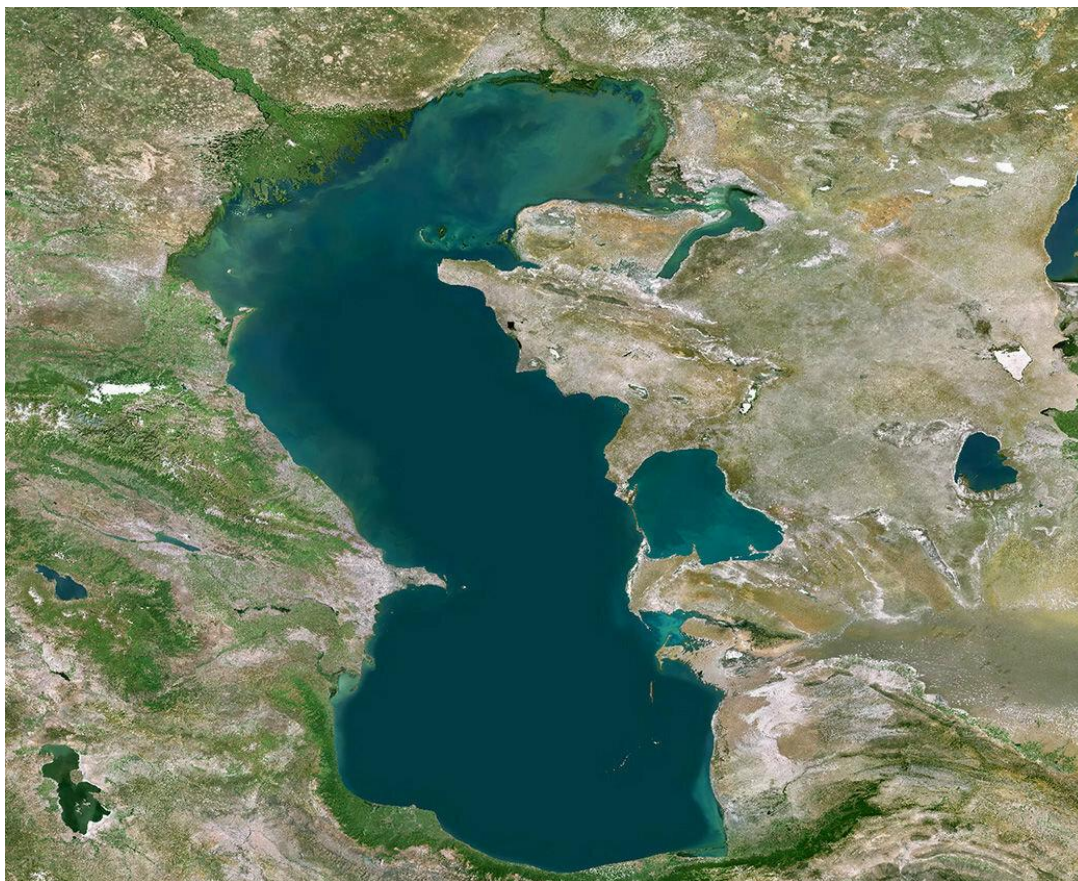


Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды (Росгидромет)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КАСПИЙСКИЙ МОРСКОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР»
(ФГБУ «КаспМНИЦ»)

**БЮЛЛЕТЕНЬ О СОСТОЯНИИ И ЗАГРЯЗНЕНИИ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ
Р. ВОЛГИ ЗА 2021 ГОД**



Астрахань, 2022

РЕФЕРАТ

Отчет 67 с., 1 кн., 26 рис., 10 табл., 36 источн., 3 прил.

Р. ВОЛГА, ДЕЛЬТА, УСТЬЕВОЕ ВЗМОРЬЕ, ОТМЕЛЯЯ ЗОНА, ПРИГЛУБАЯ ЗОНА, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД

Предметом исследований является состояние и загрязнение дельты и устьевого взморья р. Волги в 2021 г. Анализ водной среды поверхностных вод суши выполнен на основе данных наблюдений на 8 гидрологических постах Росгидромета: Верхнелебяжье, Камызяк, г. Астрахань (ПОС, ЦКК), Кривая Болда, Ильинка, Подчалык, Красный Яр, расположенных на акватории 5 основных водотоков. Оценка гидрохимических показателей морской среды проводилась на основании данных производственного экологического мониторинга на море, с использованием данных единого государственного фонда данных.

Цель работы – оценка современного состояния и изменения уровня загрязнения дельты и устьевой области р. Волги, характеристика динамики процессов переноса и трансформации загрязняющих веществ в зоне смешения речных и морских вод при различных природных условиях и степени воздействия антропогенной нагрузки.

Для определения качества водоемов по комплексу гидрохимических показателей (ингредиентов) использовались методы, рекомендованные Росгидрометом:

1. РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [1];
2. 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» [2].

Оценка качества вод по комплексу гидрохимических показателей (ингредиентов) осуществлялась по индексу загрязненности вод. Комплексная оценка качества вод с применением индекса загрязненности вод проводилась как для пресных [1], так и для морских вод [2].

Результатом работы является бюллетень о состоянии и загрязнении устьевой области р. Волги за 2021 год, в котором представлена комплексная оценка экологического состояния акватории исследуемых водных объектов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. Условия формирования гидрохимического режима в устьевой области р. Волги.....	11
2. Материалы и методы исследований.....	22
3. Оценка состояния загрязнения дельты р. Волги в 2021 г.....	26
4. Оценка состояния и загрязнения отмелой зоны устьевого взморья р. Волги в 2021 г.....	36
5. Оценка состояния и загрязнения приглубой зоны устьевого взморья р. Волги в 2021 г.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	66

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями

Акватория	– водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ [3].
Вершина дельты	– место деления реки на крупные дельтовые рукава, переносящие речную воду непосредственно в приемный водоем [4].
Водоем	– водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием [5].
Водоток	– водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности [5].
Гидрологический пост	– пункты стационарных гидрологических наблюдений, прикрепленные к гидрологическим станциям, производят стандартные, т. е. регламентированные, наблюдения за основными элементами гидрологического режима [6].
Дельта реки	– сформировавшаяся в результате современных процессов дельтообразования часть устьевой области реки (устьевого участка реки), включающая верхнюю, подверженную руслоформирующей деятельности речного потока, толщу устьевого конуса выноса реки и надводную аллювиальную сушу, обычно имеющую сложную и изменчивую гидрографическую сеть и специфический «дельтовый» ландшафт [4].
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 [7].
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 [8].

Качество воды	– характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования [5].
Кратность загрязнения	– характеристика загрязнения вод, определяющаяся кратностью превышения ПДК [6].
Морской край дельты	– линия, оконтуривающая дельту со стороны моря и разделяющая устьевой участок реки и устьевое взморье [4].
Устойчивость загрязнения	– характеристика загрязнения вод, выражающаяся в процентах, определяющая количество проб, в которых обнаружено достижение или превышение ПДК [9].
Устьевое взморье	– особый географический объект, охватывающий район впадения реки в приемный водоем (море); формирующийся под влиянием специфических устьевых процессов – динамического взаимодействия и смешения вод реки и приемного водоема, отложения и переотложения речных и морских наносов [10].

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения

АПАВ	– анионные поверхностно-активные вещества
БПК₅	– биологическое потребление кислорода (5 суток)
в.	– век
ВКМСК	– Волго-Каспийский морской судоходный канал
ВЛ	– Верхнелебяжье
ВО	– водный объект
г.	– год
ГНС	– государственная наблюдательная сеть
гидропост	– гидрологический пост
ГХИ	– Гидрохимический институт
ГХЦГ	– гексахлорциклогексан
ГЭС	– гидроэлектростанция
ДДД	– дихлордифенилдихлорэтан
ДДТ	– дихлордифенилтрихлорэтан
ДК	– допустимая концентрация
ДО	– донные отложения
ДДЭ	– дихлордифенилдихлорэтилен
ЕГФД	– Единый государственный фонд данных
Ед. изм.	– единица измерения
ЖКХ	– жилищно-коммунальное хозяйство
ЗВ	– загрязняющее вещество
ИЗВ	– индекс загрязненности вод
км	– километр
КХА	– количественный химический анализ
макс	– максимум
мБС	– метров Балтийской системы высот
мин	– минимум
МКД	– морской край дельты
НИТР	– научно-исследовательские и технологические работы
НУ	– нефтяные углеводороды
о.	– остров

ОЗ	– отмелая зона
ПАУ	– полиароматические углеводороды
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПЗ	– приглубая зона
ПОС	– правобережные очистные сооружения
ПХБ	– полихлорированные бифенилы
ПЭМ	– производственный экологический мониторинг
р.	– река
РД	– руководящий документ
Росгидромет	– Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
рук.	– рукав
СКО	– среднеквадратичное отклонение
СПАВ	– синтетические поверхностно-активные вещества
Ср. знач.	– среднее значение
с/х	– сельское хозяйство
ТМ	– тяжелые металлы
УКИЗВ	– удельный комбинаторный индекс загрязненности вод
УО	– устьевая область
ХОП	– хлорорганические пестициды
ХПК	– химическое потребление кислорода
ЦКК	– целлюлозно-картонный комбинат
Kv	– коэффициент вариации

ВВЕДЕНИЕ

Устьевые области рек, объединяющие обширные пространства, занятые речными системами и морями, относятся к природным комплексам, имеющим высокую экологическую значимость. Устьевые области рек являются зонами особо чувствительными к антропогенному изменению речных бассейнов, в первую очередь, к воздействию техногенного загрязнения. Сказанное в полной мере относится к современному состоянию устьевой области Волги, являющейся крупнейшей рекой Европы [11].

Устьевая область Волги включает уникальную эндемичную экосистему северной части Каспийского моря, внесенную мировым сообществом в число 11-ти незаменимых по биоразнообразию экосистем планеты. В настоящее время эта экосистема также испытывает значительную техногенную нагрузку, в том числе от загрязнения из источников, располагающихся на суше, в водосборном бассейне Волги, обеспечивающей до 80 % стока речных вод в море. Высокая концентрация населения и производства в водосборном бассейне р. Волги привели к чрезмерному загрязнению природной среды в последние десятилетия: антропогенная нагрузка в бассейне Волги в 8 раз выше, чем в среднем по России [11].

Экосистема устьевой области р. Волги по критериям оценки риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ (ЗВ) на поверхностные воды суши функционирует в состоянии переходном от «равновесного» в «кризисное» [12, 13].

Основными экологическими проблемами бассейна Каспийского моря являются снижение водности, ухудшение качества воды, происходящие изменения климата. Волга относится к наиболее зарегулированным гидротехническими сооружениями и крупными водохранилищами равнинным рекам мира. Создание гидроузлов Волжско-Камского каскада в 1950-1970-е гг., регулирование и использование водных ресурсов в бассейне Волги коренным образом изменило гидрологические условия ее низовий и наряду с местными антропогенными воздействиями привело к нарушениям в функционировании водных и наземных экосистем региона [11].

В условиях растущего антропогенного воздействия актуальным является как сохранение природной среды, так и оптимальное использование возобновляемых и невозобновляемых ресурсов биосферы.

Наметившаяся в последние годы положительная тенденция к уменьшению антропогенной нагрузки на водные объекты пока не компенсировала сложившийся отрицательный эффект влияния хозяйственной деятельности на поверхностные воды.

Состояние качества воды некоторых больших, средних, и особенно малых водных объектов остается крайне неблагоприятным. В такой ситуации наиболее важна информация о фактическом состоянии поверхностных вод.

Представленные в бюллетене обобщенные характеристики и оценки состояния качества поверхностных вод и морской среды получены путем анализа данных производственного экологического мониторинга (ПЭМ) в 2021 г. Результаты проведенного анализа гидрохимических данных и выводы о высоком уровне загрязненности воды ряда водных объектов Российской Федерации являются важным элементом информационной основы для оценки эффективности проведенных природоохранных мероприятий [14, 15].

В бюллетене представлены 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» плана НИТР Росгидромета.

Бюллетень состоит из пяти разделов. В первом описаны условия формирования гидрохимических условий устьевой области р. Волги; во втором приведены материалы и методы исследований. Третий раздел посвящен анализу и оценке состояния загрязнения дельты р. Волги в 2021 г. В четвертом и пятом разделах приведена оценка состояния и загрязнения отмелой зоны (ОЗ) устьевого взморья р. Волги в 2021 г. и оценка состояния и загрязнения приглубой зоны (ПЗ) устьевого взморья р. Волги в 2021 г. соответственно.

В бюллетене описаны основные черты формирования гидрохимических процессов, происходящих в устьевой области р. Волги, и особенности гидрохимического режима, сложившегося на исследуемой акватории в 2021 г. Приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик: содержание биогенных элементов и концентрации загрязняющих веществ. Показано изменение уровня загрязненности устьевой области р. Волги по всем гидрографическим районам в 2021 г. Бюллетень содержит информацию о результатах наблюдений в рамках государственной программы мониторинга поверхностных вод суши и программ производственного экологического мониторинга (ПЭМ) морской среды, проводимых аккредитованными химическими лабораториями.

Описаны средние и максимальные за год значения отдельных гидро- и геохимических показателей исследуемой акватории, а также характеристика уровня загрязнения вод и донных отложений тяжелыми металлами и широким спектром органических веществ природного и антропогенного происхождения. Дана оценка

состояния вод по отдельным параметрам с помощью их кратности значению ПДК, по комплексному индексу загрязненности вод.

Результаты оценки гидрохимических данных и выводы об уровне загрязненности водных объектов в Каспийском регионе, содержащиеся в настоящем бюллетене, являются основой для оценки эффективности проведенных природоохранных мероприятий.

1 УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. ВОЛГИ

В настоящее время антропогенное преобразование природной среды зачастую сопровождается ухудшением экологической ситуации. Проблемы рационального использования водных ресурсов обусловлены сочетанием природных и антропогенных факторов функционирования экосистем. Современная гидрохимическая ситуация, сложившаяся в бассейнах крупных, средних и малых рек, определяется сочетанием специфических особенностей естественного природного фона и значительного техногенного преобразования ландшафтов. Качество воды водотоков определяется поверхностным стоком, который в свою очередь зависит от состояния их водосборных площадей. Основными рассредоточенными источниками загрязняющих веществ на водосборах выступают территории населенных пунктов, горнодобывающих предприятий, сельскохозяйственные угодья, а также отдельные части водосборов рек, попадающие в зону рассеяния атмосферных выбросов крупных промышленных предприятий, в первую очередь теплоэнергетики, металлургии, химии и нефтехимии [16].

Химическое состояние вод Нижней Волги испытывает на себе влияние совокупности условий и комплекса факторов окружающей среды. Волга – крупнейшая река Европы, протяженностью 3690 км, берет начало на Валдайской возвышенности и впадает в Каспийское море, площадь водосборного бассейна составляет около трети европейской части России. Волга принадлежит к рекам с восточно-европейским типом водного режима, с хорошо выраженными весенним половодьем, осенними паводками, летней и зимней меженью. Питание реки преимущественно снеговое. В силу своей значительной протяженности р. Волга пересекает несколько климатических поясов, если верховье реки расположено в зоне довольно влажного климата лесов и лесостепей, то низовья достигают области континентального климата полупустынь и пустынь [14, 17, 18].

Ресурсы поверхностных вод Нижнего Поволжья состоят из транзитного стока р. Волги, ее наиболее крупного притока – р. Камы, а также вод малых, средних и трех крупных водохранилищ. Большая часть притоков в южных районах водосбора представляет собой временные водотоки, действующие только в период половодья. Особенностью рельефа территории является приуроченность наиболее значительных возвышенностей к западу и востоку, в центральной части, в долине р. Волга, преобладают низменные пространства. Река Волга делит территорию на две неравные по площади и сильно отличающиеся по рельефу части: возвышенную правобережную (Приволжская

возвышенность) и левобережную, преимущественно низменную (Заволжье). В южном направлении западный и восточный водоразделы бассейна постепенно сближаются. Ниже г. Волгограда водоразделы ограничивают систему многочисленных проток, ериков и озер Волго-Ахтубинской поймы, переходящей в приустьевой части в обширную дельту [14].

Формирование гидрохимического состава поверхностных вод данного района зависит преимущественно от геологического строения территории водосборного бассейна. Поверхность данной территории сложена породами, различающимися как по возрасту (от карбонатных пород до каменной соли), так и по составу (карбонаты известняки, доломиты, мергели, песчаники и др.). Распространены отложения, содержащие легкорастворимые соли, ангидриды, и каменная соль. Хорошо растворимые и водонепроницаемые породы способствуют широкому развитию карстовых явлений. Данный комплекс способствует увеличению минерализации вод. Неоднородность строения и значительная засоленность обуславливают разнообразие и минерального, и химического состава вод [14, 17, 18].

Почвенный покров способствует формированию в период половодья и дождевых паводков вод гидрокарбонатного характера малой и средней минерализации.

Формированию гидрохимического состава воды высокоминерализованных рек степной части в межень способствует засушливый климат, а также значительное засоление пород. Волго-Ахтубинская пойма и дельта р. Волги, расположенные в полупустынной Прикаспийской низменности, резко отличаются климатом от условий юго-востока. В этой зоне летние осадки превышают зимние, однако они не оказывают существенного влияния на сток, так как большая их часть расходуется на испарение и просачивание [14]. Водность водных объектов данной области после зарегулирования стока Волжской ГЭС мало зависит от климатических факторов.

Скорость течения воды в дельте зависит от величины водного стока Волги, поступающего в дельту, ледового режима, сгонно-нагонных ветров, а также от геоморфологического строения и морфометрических характеристик водоемов. Наибольших значений скорость течения в дельтовых водотоках достигает в период весенне-летнего половодья [14, 17, 18].

Поступающий в дельту Волги годовой сток воды испытывает сильные колебания, обусловленные, главным образом, естественными климатическими причинами. Среднемноголетняя величина стока составляет около 245 км^3 . В течение XX в. размах колебаний составлял от 200 до 270 км^3 . На гидрологический режим дельты Волги большое влияние оказало сооружение каскада водохранилищ и гидроэлектростанций как на самой Волге, так и на ее притоках, особенно Волжской ГЭС и Волгоградского водохранилища,

замыкающих волжский каскад [19].

Одним из негативных последствий зарегулирования стока является уменьшение объема половодья и изменение его сроков. Ранее на долю самых многоводных месяцев года (апрель – июнь) приходилось около 50 % годового стока, после зарегулирования эта доля сократилась в среднем до 40 %. Также после зарегулирования стока половодье стало начинаться позже и заканчиваться раньше, его продолжительность сократилась в среднем на 45 дней.

Поверхностные воды бассейна р. Волги испытывают антропогенную нагрузку от источников загрязнения разного масштаба и степени опасности. Загрязнение бассейна р. Волги связано с поступлением сточных вод промышленных предприятий, канализационных систем населенных пунктов и многочисленных сельскохозяйственных объектов. Наибольшие объемы загрязненных сточных вод приходятся на долю городов Москва, Самара, Нижний Новгород, Ярославль, Саратов, Уфа, Волгоград, Балахна, Тольятти, Ульяновск, Череповец, Набережные Челны и т. д. В течение многолетнего периода уровень загрязненности воды большинства водотоков бассейна р. Волги существенно не изменялся. В 2011-2020 гг. вода Верхне-Волжских водохранилищ, за исключением отдельных створов, по качеству оценивалась как «загрязненная». На наиболее неблагоприятном участке Рыбинского водохранилища – ниже г. Череповец (Вологодская область), находящегося под влиянием сточных вод предприятий г. Череповец (ПАО «Северсталь», АО «Апатит», МУП «Водоканал»), вода изменялась от «грязной» в большую часть многолетнего периода (2010-2016 гг. и 2019 г.) до «загрязненной» в 2017-2018 гг. и 2020 г. Наиболее характерными загрязняющими веществами в водах Верхне-Волжских водохранилищ были органические вещества (по ХПК), соединения железа, меди, в меньшей степени – цинка и фенолов, среднегодовые концентрации которых в 2017-2020 гг. составляли до 3 ПДК, максимальные значения достигали 10 ПДК, за исключением соединений меди [20].

На участке Рыбинского водохранилища ниже г. Череповец к вышеперечисленным характерным загрязняющим веществам добавились соединения алюминия. Вода Чебоксарского водохранилища на протяжении многих лет варьировала от «загрязненной» в преобладающем числе створов наблюдений до «грязной» в отдельных створах на отдельных участках. Наиболее часто как «грязная» оценивалась вода на участках водохранилища в черте и ниже г. Нижнего Новгорода, реже – выше и ниже г. Кстово (2011-2015 гг.). В 2019-2020 гг. по сравнению с 2015-2018 гг. качество воды ниже г. Нижнего Новгорода улучшилось от «грязной» до «загрязненной» возможно за счет снижения среднего уровня загрязненности воды соединениями меди до 1 ПДК,

нитритным азотом – до 2 ПДК и 1 ПДК соответственно в 2019 г. и 2020 г. [20].

Характерными загрязняющими веществами акватории Чебоксарского водохранилища на территории Нижегородской области были соединения меди и органические вещества (по ХПК), реже – аммонийный азот. На участке водоема в районе г. Чебоксары к вышеперечисленным загрязняющим веществам добавились нефтепродукты в концентрациях до 4 ПДК. В воде водохранилища выше и ниже г. Кстово эпизодически отмечались нефтепродукты в концентрациях до 24 и 10 ПДК соответственно. Под влиянием сточных вод Нижегородской станции аэрации в створе ниже г. Нижнего Новгорода по сравнению с фоновым створом возросло число случаев превышения ПДК нитритным азотом от 0 до 50 % и соединениями меди от 39 % до 50 %, максимальные концентрации которых достигали 4 ПДК.

В течение многолетнего периода в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах преобладали «загрязненные» воды. Наиболее неблагоприятная ситуация сохранилась на участке Куйбышевского водохранилища ниже г. Зеленодольск (Республика Татарстан), где в течение 2011-2020 гг. вода характеризовалась как «грязная» в результате более высокого, по сравнению с другими створами, уровня загрязненности воды нитритным азотом и соединениями цинка (до 9 ПДК, в среднем 2 и 3 ПДК соответственно). Характерными загрязняющими веществами Куйбышевского и Саратовского водохранилищ были органические вещества (по ХПК) и соединения меди, среднегодовое содержание которых в течение 2016-2020 гг. изменялось незначительно и в 2020 г. находилось в пределах 19,8-40,2 мг/л и 2-4 ПДК соответственно. На территории Республики Татарстан в Куйбышевском водохранилище фиксировалось повышенное содержание соединений марганца – до 13 ПДК, алюминия – до 9 ПДК. В 2010-2020 гг. на территории Волгоградской области вода Волгоградского водохранилища в пунктах наблюдений (г. Камышин и г. Волжский, р. Волга у г. Волгограда) стабильно оценивалась как «загрязненная»; на территории Саратовской области – как «загрязненная» и «слабо загрязненная».

Характерными загрязняющими веществами Волгоградского водохранилища и р. Волги у г. Волгограда являются органические вещества (по ХПК), а также соединения меди, среднегодовые концентрации которых составили 2,25-3,21 мкг/л. На территории Саратовской области (гг. Балаково, Вольск, Саратов, п. Ровное) к вышеперечисленным характерным загрязняющим веществам добавились легкоокисляемые органические вещества [20].

В 2020 г. не было зарегистрировано ни одного случая высокого загрязнения воды нефтепродуктами; наиболее высокие значения максимальных концентраций (до 7 ПДК)

были зафиксированы у г. Камышин, г. Волжский и до 6 ПДК у г. Волгоград.

В 2019-2020 гг. по сравнению с 2008-2018 гг. состояние воды р. Волги ниже г. Астрахани улучшилось от «грязной» до «загрязненной».

В течение многолетнего периода в целом в р. Волге и ее водохранилищах в 91,4 % створов вода оценивалась как «загрязненная». Число створов, вода которых соответствовала 4-му классу («грязная»), снизилось от 14,9-20,2 % в 2015-2018 гг. до 6,50 % и 1,90 % в 2019 и 2020 гг. соответственно.

Сток р. Волги и гидрологический режим дельты и взморья занимают ключевое место в формировании экологических условий Каспийского моря. Среди природных процессов, происходящих в устьевой области Волги, важнейшее место занимают взаимосвязанные гидролого-морфологические процессы (динамика вод, наносов, рельефа дна) и процессы переноса и трансформации ЗВ [8].

В основе оценки динамики состояния загрязненности морской среды лежит определение источников поступления загрязнения и факторов, влияющих на распределение приоритетных ЗВ в воде и ДО, а также механизмов трансформации вещества под воздействием факторов окружающей среды [7, 9, 21-23].

Устойчивая вертикальная и гидрологическая структура моря, например, уменьшает поступление растворенного кислорода в глубинные горизонты и способствует развитию восстановительных условий, что, в свою очередь, может привести к выщелачиванию некоторых элементов из ДО. Истощение растворенного кислорода может способствовать микробиологическому восстановлению нитратов в нитриты и сульфатов в сульфиды, что вызывает появление специфического запаха. Уменьшение количества кислорода приводит также к повышению концентрации двухвалентного железа в растворе, а также проявлению заморных явлений, что способствует биологическому загрязнению водоема.

Усиление перемешивания масс воды, наоборот, снабжает глубинные горизонты кислородом, что при определенных условиях придает воде коррозионные свойства [9, 22, 23].

Изменение климата сказывается на различных компонентах природной среды. Метеорологические условия являются важным фактором, влияющим на деятельность человека как в открытой части моря, так и в прибрежной зоне, а антропогенная деятельность, в свою очередь, оказывает воздействие на экосистему, чем и определяет значимость гидрометеорологии и мониторинга загрязнения Каспийского моря. Гидрометеорологические условия влияют на перенос и изменение концентрации ЗВ, формирование биологических процессов. Ветер является одним из факторов, влияющих

на изменчивость течений, распределение загрязненных вод по акватории Каспия, формирование гидролого-гидрохимических процессов [24].

Большое влияние на водообмен и распространение ЗВ в отмелой зоне взморья имеет уровень Каспийского моря. При понижении уровня уменьшение глубин и затухание динамической активности вод приводит к развитию водной растительности, которая создает препятствие стоковому течению, что влечет за собой фильтрацию и осаждение веществ, приносимых волжскими водами. Повышение уровня Каспия препятствует развитию водной растительности. При увеличении глубин в отмелой зоне устьевого взморья начинают проявляться ветровые течения и волнение, сгонно-нагонные колебания уровня воды и, как следствие, взмучивание ДО. Большое значение имеют и сезонные изменения уровня моря. В период половодья уровень воды в районе МКД достигает береговой растительности, где осаждается значительная часть приносимых со стоком взвеси и ЗВ [22].

Северо-западная часть Каспия обладает множеством уникальных физико-географических особенностей: сочетание большого речного стока и обширной площади акватории с малыми глубинами (менее 5 м); распределение стока Волги на МКД; наличие обширных зон транзита речных вод и смешения волжских и каспийских вод. Изменение параметров и местоположения зоны смешения морских и речных вод находится в прямой зависимости от факторов, которые в основном определяют изменения фонового уровня Каспийского моря. Существенную роль играет величина водного и солевого обмена между устьевым взморьем и морем.

Зона смешения речных и морских вод формирует довольно узкий в глобальных масштабах пояс – маргинальный фильтр. Здесь происходят значительные по масштабам процессы флоккуляции и коагуляции растворенных (коллоидных) и взвешенных веществ, биоассимиляции и биофильтрации [21, 22].

Необходимо отметить, что значительная часть приоритетных ЗВ в воде переносится, главным образом, во взвешенной форме, а сорбционная емкость и аккумулирующая способность взвешенных веществ возрастает от крупнодисперсных к мелкодисперсным фракциям. Взмучивание и смыл поверхностных грунтов в отмелой зоне или осаждение взвешенных частиц во многом зависит от скорости стокового течения и уровня воды в различные сезоны года [25].

Баланс ЗВ в Северном Каспии включает в себя также водообмен со Средним Каспием, а так же баланс взвешенных веществ. Важной расходной составляющей баланса взвешенных веществ является регулярный вынос мелкодисперсной фракции, имеющей повышенные концентрации ТМ, в Средний Каспий [25].

Уровень загрязненности северо-западной части Каспийского моря формируется за счет следующих факторов: поступление ЗВ со стоком р. Волги, водообмен и массообмен между сегментами отмелой и приглубой зоны взморья и адвекция загрязненных вод из восточной части Среднего Каспия [9].

В исследованиях Бреховских и Островской отмечается, что процессы водо- и солеобмена между Северным и Средним Каспием следует иметь в виду при оценке уровня загрязненности некоторыми веществами южных районов Северного Каспия [25].

По результатам исследований [25], выносимый реками в растворенной форме и во взвеси марганец в результате работы «маргинального фильтра» осаждается на дно в зоне смешения речных и морских вод. Гидрологические условия в Северном Каспии способствуют взмучиванию ДО и выносу мелкозернистой фракции, содержащей повышенные концентрации ТМ, в Средний Каспий. Эта фракция накапливается в ДО в Среднем Каспии в основании континентального склона. Восстановительные процессы, развивающиеся в этих ДО, способствуют переходу марганца в поровые воды в растворенной форме. Возникающие значительные градиенты концентраций растворенного марганца на границе «ДО – придонная вода» увеличивают концентрацию марганца в водной толще Среднего Каспия, что приводит к возвращению марганца в Северный Каспий в результате водообмена между этими водоемами. Имея в виду сходное с марганцем распределение меди, цинка и никеля в ДО Северного и Среднего Каспия, нельзя исключать вероятности в какой-то мере подобного переноса других ТМ в системе «Северный – Средний Каспий».

Основная особенность ДО Каспийского моря состоит в том, что на мелководье они представлены грубодисперсным материалом. Исследования, проведенные Институтом океанологии РАН в 2010-2013 гг., показали, что в открытых районах Каспийского моря ДО мелководной зоны состояли в основном из битой ракушки с примесью песчаного и пелитового материала, глубоководной – из пелитового ила с черными прослойками гидротроилита [26].

Северный Каспий – благоприятная область для развития песков и крупных алевритов. На окружающей водоем суше, находящейся в полупустынной зоне, преобладают процессы физического выветривания, в частности, ветрового. Водосборные площади Волги, Урала, Терека расположены в гумидной зоне, где активно протекают процессы химического выветривания, сопровождающиеся физическим разрушением горных пород и механическим смывом, что определяет алевритово-пелитовый состав аллювия этих рек. В процессе перераспределения значительная часть мелкоалевритовых и пелитовых частиц выносятся в Средний Каспий, оставаясь в северной части только на

локальных участках. Преддельтовые участки Волги и Терека – морфологические ловушки эрозионно-тектонического происхождения; Мангышлакский и Кизлярский заливы, околоостровные затишные зоны в районе Тюленьего архипелага представляют собой четыре типа дна в пределах шельфа, где могут образовываться тонкозернистые осадки. Как правило, они содержат раковины моллюсков и детрит, а также песчаный материал в качестве примеси [24, 27]. Планктон и бентос играют исключительно важную роль в современном осадкообразовании Северного Каспия. Пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски активно накапливают карбонат кальция, планктон – кремнезем. Обилие бактерий обуславливает интенсивность процессов бактериального разложения органического вещества, способствуя обмену элементов в системе «грунт-вода». Годовая продукция живого вещества в Северном Каспии в пересчете на сухой вес составляет 314 млн т, причем 90 % этой величины составляет продукция фитопланктона [24, 28]. Из-за активной минерализации лишь небольшая часть его выпадает в осадок. В ДО аккумулируется около 34 % ежегодно поступающего в море органического вещества, т. е. примерно 7,2 млн т. Другая важная составляющая биогенной седиментации – накопление раковинного материала в прибрежной зоне. В Северном Каспии ежегодно накапливается около 26 млн т ракуши. Значительную роль в осадконакоплении играет хемогенное осаждение. Осаждаются в основном карбонатные соли, составляющие около половины от 71 млн т солей, поступающих с речным стоком. В этом случае в результате химических процессов в ДО может поступать ежегодно до 40 млн т [29]. В целом в Северном Каспии выделяют следующие типы осадков: галька, гравий, пески, крупные алевриты, мелкоалевритовые и глинистые илы [28, 29].

Повышение содержания некоторых ЗВ в ДО, как правило, приурочено к зонам антропогенного воздействия, таким, как подводные выпуски сточных вод, крупные населенные пункты, порты и т. п. [30].

Немаловажную роль в формировании современного состояния Каспийского моря играет ледовый покров Северного Каспия. Динамические процессы в ледовом покрове северной части Каспийского моря оказывают влияние на экосистему и морфологию дна в зависимости от толщины льда, площади покрытия и продолжительности ледовых явлений.

Биологические исследования, выполненные в период ледостава, подтвердили предположения об угнетающем влиянии ледовых процессов на условия формирования и развития биоценозов [25].

Было доказано, что возникновение мелкомасштабных зон гипоксии на мелководье в зимний период, в местах интенсивного торосообразования и скопления стамух, явление

весьма распространенное. Оно приводит к резкому сокращению видового состава и общей биомассы фитопланктона в заморных зонах, а в некоторых случаях и к полному его исчезновению. Поскольку ледовому вспахиванию (взаимодействию дрейфующих льдов с морских дном) подвержены мелководные участки морского дна, занимающие более чем 50 % площади Северного Каспия, можно утверждать, что эти процессы имеют сезонный, массовый характер, и поэтому играют важную роль в экологии данного водоема. Наряду с механическим перемешиванием огромных масс донного грунта, происходит угнетение донной, островной и прибрежной растительности и организмов. В период весеннего разрушения ледяной покров может играть и положительную роль, очищая устье Волги, Урала и прибрежные мелководья от отмершей прошлогодней растительности, снижая тем самым вероятность возникновения заморных явлений в теплый период года [31].

Известно, что значения НУ в основных водотоках дельты р. Волги выше, чем в ОЗ, фенолов и СПАВ – ниже, что вызвано существованием других источников загрязнения отмелого взморья: продуцированием фенолов при разложении органических веществ и поступлением СПАВ с территорий прибрежных нефтегазоносных месторождений в период сгонно-нагонных явлений [8].

В целом в относительно многоводные годы отмечается более высокий уровень загрязненности вод отмелой зоны взморья НУ и фенолами, концентрации СПАВ находятся примерно на одном уровне в годы с разной водностью. Однако с подъемом уровня моря отмечена тенденция к снижению уровня загрязненности на границе отмелой зоны, кроме района ВКМСК, где наблюдается противоположная направленность. Отмечается, что в период половодья концентрации ЗВ в воде выше, чем в период межени.

В ДО в период половодья по отдельным водотокам происходит снижение уровня загрязненности нефтепродуктами, свинцом, цинком, ХОП и фенолами. В период межени в началах каналов содержание таких ЗВ, как НУ, медь, свинец, отдельные вид ХОП выше, чем в половодье, а у выходных участков – ниже [25, 32].

Таким образом, по отмелому взморью в период половодья и межени сохраняются тенденции к снижению уровня загрязненности вод с запада на восток, для ДО такая закономерность не прослеживается [25].

Оценка наблюдений за состоянием загрязненности приглубой зоны устьевого взморья в 1978-1992 гг. показала отсутствие четко выраженной тенденции к уменьшению уровня загрязненности всеми видами ЗВ. Анализ данных многолетних наблюдений показывает, что наиболее высокий уровень загрязнения НУ отмечается в весенне-летний период, фенолов – в летне-осенний период, СПАВ – в летний период, ДДТ – в весенний период. Результаты исследований показали, что на распределение ЗВ по акватории

приглубого взморья оказывают влияние два фактора: сток Волги и уровень моря. Снижение речного стока и уровня моря приводит к сужению зон с высоким содержанием взвешенного вещества и его осаждению с сорбированными веществами. Например, для концентрации НУ регистрируется прямая корреляция с водным стоком весной и отсутствие этой связи летом и осенью [8, 21, 22].

В исследованиях содержания ТМ в Северном Каспии в 1998-2003 гг. отмечается общее снижение концентрации большинства ТМ в воде приглубой зоны Северного Каспия по сравнению с периодом 80-90-х гг. XX века, когда содержание таких токсичных металлов, как Cu, Zn, Ni, Pb, Cd в водах Каспийского моря устойчиво превышали ПДК [8]. В те годы воды Северного Каспия, согласно комплексной оценке качества вод по гидрохимическим показателям, включающим наиболее приоритетные металлы Cu и Zn, оценивались как умеренно загрязненные, а в районе Уральской бороздины – как загрязненные, и качество вод имело тенденцию к устойчивому ухудшению [11]. Некоторые исследователи [12] связывали это ухудшение с наступлением многоводного периода в бассейне Волги и трансгрессии уровня моря (1978-1996 гг.), приведшим к сдвигу районов максимального загрязнения Северного Каспия из мелководной зоны в более мористые районы.

В 1998-2003 гг. повышенные концентрации металлов, за исключением Zn, отмечались в северной и западной частях исследуемой акватории, прилегающих к распресненным волжским стоком мелководьям и так называемой «волжской струе» – продолжению ВКМСК в глубоководной зоне Северного Каспия. Такое распределение указывает на устойчивое поступление значительной части ТМ с волжским стоком, чему способствуют и преобладающие ветровые и стоковые течения, характерные для северной части моря. В целом пространственное распределение большинства металлов в поверхностном и придонном слоях примерно одинаково. Восточная и особенно юго-восточная части Северного Каспия также отличаются повышенными концентрациями металлов, происхождение которых довольно сложно объяснить. Вполне вероятно, здесь наблюдается влияние вод, поступающих из Среднего Каспия. Предположительно, адвекция вод из Среднего Каспия компенсационными противотечениями является одной из причин повышенных концентраций ЗВ, часто наблюдающихся в придонном слое в районе Уральской бороздины [11,12].

Для центральной части акватории были характерны более низкие концентрации большинства ТМ. Исключение из этой закономерности составляет Hg – ее пространственное распределение отличалось повышенными величинами концентраций в центральной и южной частях исследуемой акватории. Картина распределения Zn в водах

западной части Северного Каспия также несколько отличается от других металлов. Его повышенные концентрации были характерны в основном для восточного и южного секторов исследуемой акватории. Это позволяет предположить, что большая часть этого металла поступает сюда не с волжским стоком, как другие металлы, а из других источников. Особенно это заметно для придонного слоя.

Повышенные концентрации УВ отмечались в северной и западной частях исследуемой акватории, прилегающих к мелководным распресненным районам и «волжской струе». Такое распределение указывает на устойчивое поступление значительной части УВ с волжским стоком. Этому способствуют и преобладающие ветровые и стоковые течения, характерные для северной части моря.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ динамики качества поверхностных вод дельты р. Волги представлен на основе статистической обработки данных государственной наблюдательной сети Росгидромета за загрязнением поверхностных вод суши (по гидрохимическим показателям) в 2021 г. по наиболее характерным для каждого водного объекта показателям.

Проведена классификация степени загрязненности воды, т. е. условное разделение всего диапазона состава и свойств поверхностных вод в условиях антропогенного воздействия на различные интервалы с постепенным переходом от «условно чистой» к «экстремально грязной». При оценке уровня загрязненности воды на пунктах, участках отдельных водоемов и водотоков проводилось сравнение степени загрязненности в 2020-2021 гг. [1, 14-16].

Дельта Волги является многорукавной сложно-разветвленной дельтой выдвигания, вершина устьевой области Волги совпадает с вершиной дельты, поскольку дальше не проникают сгонно-нагонные явления (рисунок 1). Является одной из крупнейших в мире и занимает в современных условиях около 49000 км², из которых на дельту приходится 11000 км², а на устьевое взморье – 37600 км² [19].

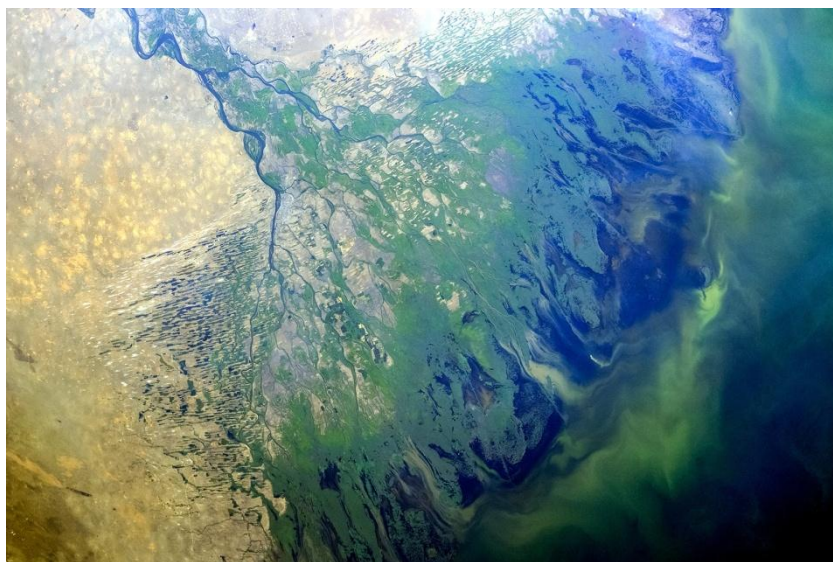


Рисунок 1 – Устьевая область р. Волги

Гидрографическая сеть дельты Волги включает крупные магистральные рукава, активные и отмирающие протоки и ерики, дельтовые озера (ильмени) и пресноводные морские заливы (култуки). Верхней границей дельты является район ответвления рук.

Бузан, расположенный к северу от Астрахани (50 км). Надводная дельта Волги представляет собой аллювиальную равнину, прорезанную сложной сетью различных по величине протоков, на которой в разных местах возвышаются бугры Бэра. Ниже по течению Бузан присоединяет к себе Ахтубу.

Самыми крупными водотоками дельты с запада на восток являются рукава Бахтемир, Старая Волга, Кизань, Болда и Кигач (из них в судоходном состоянии поддерживается Бахтемир, переходящий в ВКМСК). Главные рукава при своем движении к Каспийскому морю веерообразно разветвляются на многочисленные протоки, а протоки на ерики.

Условно за западную границу дельтовой равнины можно принять Бахтемир и Волгу, а за северную и восточную – Бузан, проток Берекет и линию, идущую примерно от конца Берекета на села Красный Яр, Сафоновку и Ганюшкино. В дельте насчитывается до 500 рукавов, протоков и мелких речек, а при впадении в Каспийское море Волга насчитывает до 900 устьев. Дельта Волги является одной из самых крупных в России.

В УО Волги, включающей участок реки от вершины дельты (гидрологический пост Верхнелебяжье) до МКД, различают зоны верхней, средней и нижней дельты. Режимные наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши проводятся на 8 постах, расположенных в верхней и средней зонах дельты р. Волги. В нижней зоне посты наблюдений за загрязнением вод отсутствуют (рисунок 2). Наблюдения ведутся в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [1, 19]. Принадлежность стационарных пунктов наблюдений за химическим составом воды к различным районам устьевой области р. Волги представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Районирование дельты р. Волги

Район	Наименование пункта наблюдений	Наименование водотока
Вершина дельты	ВЛ (с. Верхнее Лебяжье)	р. Волга
Верхняя зона, западная часть	ЦКК (г. Астрахань)	р. Волга
	ПОС (г. Астрахань)	р. Волга
	рук. Кривая Болда (г. Астрахань)	рук. Кривая Болда
Верхняя зона, восточная часть	Подчалык (с. Подчалык)	пр. Кигач
Средняя зона, западная часть	Ильинка (пос. Ильинка)	р. Волга
	Камызяк (г. Камызяк)	рук. Камызяк
Средняя зона, восточная часть	с. Красный Яр	рук. Бузан



Обозначения: I – Волга – Бахтемир; II – Старая Волга – Полдневая – Гандуринский банк; III – Камызяк – Рытый банк; IV – Большая Болда – Большая Черная – Табола – Каралатский банк; V – Бузан – Шмагина – Шага – Бушма – Белинский банк; VI – Ахтуба – Кигач – Сумница Широкая – Иголкинский банк; VII – Бузан – Чурка – Сарбай – Анастасьева – Фомин банк – Карайский банк; VIIa – Бузан – Тюрина – Сумница – Иголкинский банк; VIIб – Бузан – Обжоровский банк. Основные каналы в отмелой зоне устьевой области Волги: 1 – Волго-Каспийский морской судоходный канал (ВКМСК); 2 – Лаганский; 3 – Гандуринский; 4 – Никитинский; 5 – Кировский; 6 – Кулагинский; 7 – Бардынинский; 8 – Тишковский; 9 – Белинский; 10 – Карайский; 11 – Обжоровский; 12 – Иголкинский. А – Астрахань; ВЛ – с. Верхнелебязье; ВД – вершина дельты; ГОЗ – граница отмелой зоны устьевой области Волги

Рисунок 2 – Схема дельты р. Волги и ее основных рукавов

Гидрохимическими наблюдениями за качеством поверхностных вод бассейна р. Волги в 2021 г. государственной наблюдательной сетью были охвачены 5 водотоков дельтовой части, на которых функционировали 8 пунктов наблюдений и 15 створов.

Всего в ходе наблюдений в дельте р. Волги в 2021 г. определялось 33 показателя химического состава и загрязненности речных вод (приложение А), из которых 26 показателей нормируются в рыбохозяйственных водоемах России [33].

Дельта Волги включает также обширное мелководное устьевое взморье (авандельта) с глубинами до 1,5-2,5 м, выдвинутого в сторону моря на 35-50 км. На мелководье происходит медленный плоскостной сток волжских вод, вследствие чего зона смешения речных и морских вод удалена на десятки километров от морского края дельты. Площадь дельты Волги вместе с мелководным устьевым взморьем составляет 20000 км², а общая площадь УО (включая все устьевое взморье) – 120000 км² [34].

Дельта Волги является неотъемлемой частью экосистемы Каспийского моря, эволюция которой в течение геологического времени во многом определялась циклическими колебаниями уровня моря. В периоды максимальных трансгрессий Каспий затоплял огромные территории прилегающих равнин и соединялся с Мировым океаном.

В периоды глубоких регрессий площадь водоема сильно уменьшалась (вплоть до размеров Южно-Каспийской впадины). Это приводило к осушению больших участков морского дна и, как следствие, к частым изменениям параметров морской среды [35].

В состав устьевого взморья Волги входит обширная ОЗ площадью около 10000 км², примыкающая к МКД, ее протяженность от МКД до свала глубин ОЗ (на изогипсе - 30 мБС) составляет 35-60 км. К югу от ОЗ располагается ПЗ взморья, ее площадь равна 27600 км², длина границы между этими зонами около 180 км, а общая площадь всего устьевого взморья Волги – около 37600 км². Влияние волжских вод на соленость и гидрохимические характеристики распространяется далеко за пределы указанных границ устьевого взморья, в частности, на всю восточную часть Северного Каспия и на прибрежный западный район Среднего Каспия.

Оценка состояния и загрязнения водной среды отмелой зоны устьевого взморья Волги в 2021 г. проводилась по данным Единого государственного фонда данных (ЕГФД) на основании ПЭМ (приложение Б). Наблюдения в 2021 г. проводились один раз в год в августе.

Обзор состояния химического загрязнения вод приглубой зоны УО р. Волги составлен по данным наблюдений, выполненных в рамках программ ПЭМ. В 2021 году экспедиционные работы проводились в июне и октябре. Всего в ходе наблюдений в западной части Северного Каспия в 2021 г. определялось 46 гидрохимических показателей состояния и загрязненности морских вод (приложение В), данные показатели оценивались согласно нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [33].

3 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ В 2021 Г.

Среди исследуемых показателей качества воды особое значение имеет кислород. Среднее значение растворенного в воде кислорода в границах исследуемой акватории было значительно выше установленного норматива (6,0 мгО₂/л) (приложение А, рисунок 3). Экстремальные уровни содержания кислорода в 2021 г. были зафиксированы в августе на гидропостах Красный Яр и Кривая Болда (6,5 мг/л) и в октябре на гидропосту Ильинка (6,4 мг/л). Самый высокий уровень содержания кислорода (13,5 мг/л) был зафиксирован в июне 2021 г. на гидропосту Кривая Болда. Степень насыщения воды кислородом водотоков по расчетным данным в среднем колебалась от 79 % до 164 %.

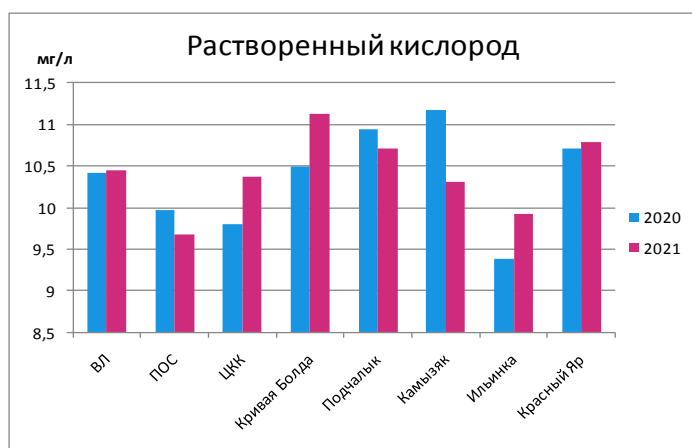


Рисунок 3 – Уровень кислорода в 2020-2021 гг.

Интенсивность биохимических процессов потребления кислорода в водотоках дельты в 2021 г. относительно предшествующего года в целом изменилась незначительно. Наибольшие значения БПК₅ в 2021 г. зафиксированы в мае на гидропосту ВЛ и в июне в водах рук. Камызяк (приложение А, рисунок 4), где потребление кислорода достигало 3,0 мг/л (1,4 ПДК). В 2021 г. этот показатель незначительно превышал установленный норматив в следующих пунктах наблюдений: ВЛ, ПОС, ЦКК, Кривая Болда, Подчалык (1,1 ПДК) и Камызяк (1,3 ПДК). В восточной части дельты зафиксировано снижение БПК₅ относительно прошлого года, в западной части этот показатель увеличился (Подчалык, Красный Яр).

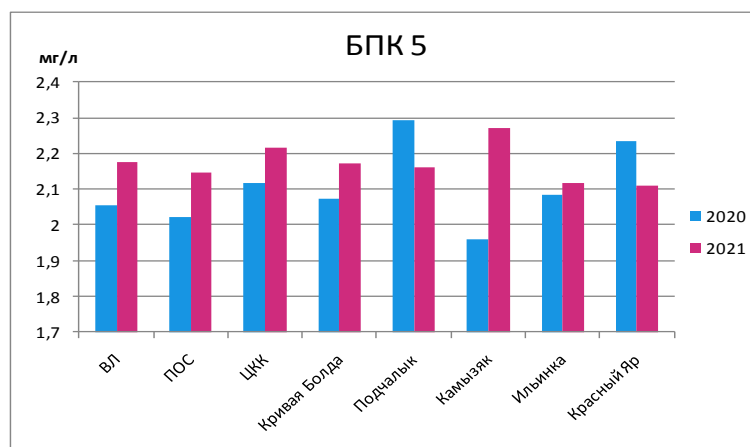


Рисунок 4 – Уровень БПК₅ в 2020-2021 гг.

Общая доля органики в воде определялась методом ХПК. По всем водотокам ХПК превышало допустимый уровень (15 мг/л) (приложение А, рисунок 5), анализ воды большей части стационарных постов (кроме Кривая Болда, Красный Яр) демонстрирует стабильное увеличение этого показателя относительно предыдущего года. Наибольшие среднегодовые концентрации (на уровне 1,7 ПДК) отмечены на гидропосту ВЛ и Подчалык. Самые высокие значения зафиксированы в мае на пунктах наблюдения ВЛ и Подчалык (2,5 ПДК).

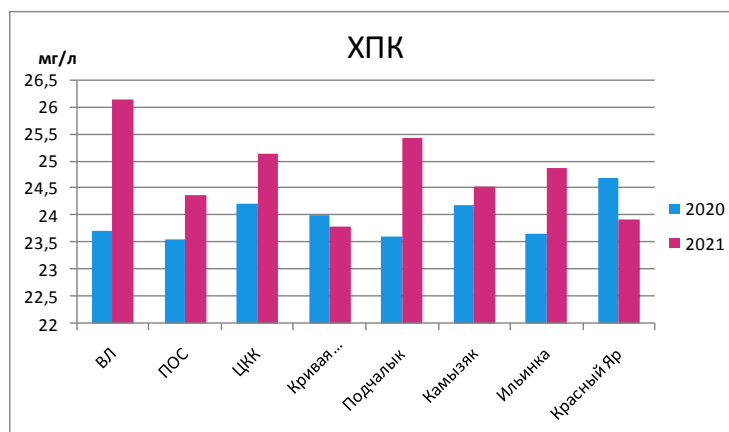


Рисунок 5 – Уровень ХПК в 2020-2021 гг.

В 2021 г. изменения водородного показателя в большинстве створов наблюдения были незначительны. Резкое увеличение среднегодового рН зарегистрировано только на гидропостах Кривая Болда и Ильинка (приложение А, рисунок 6). В течение всего периода наблюдений превышений установленных нормативов не наблюдалось, в водах дельты сохранялась слабощелочная среда.

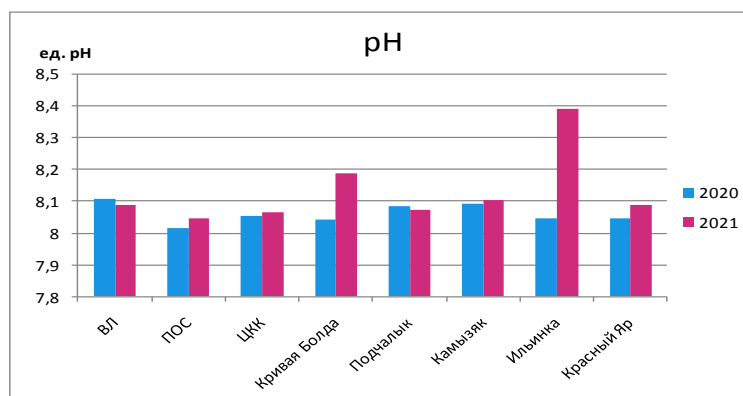


Рисунок 6 – Водородный показатель в 2020-2021 гг.

Количество взвешенных веществ в 2021 г. относительно предыдущего года изменилось незначительно, но на всех гидропостах прослеживается среднегодовой тренд на снижение (приложение А, рисунок 7). Наибольшее среднегодовое значение наблюдалось в р. Волге (ВЛ, ЦКК, Ильинка). В водах р. Волги в районе г/п ВЛ количество взвеси достигало максимального значения 6,2 ПДК в августе. Также в августе наблюдалась наибольшая концентрация взвеси на станциях ПОС, Камызяк и Красный Яр. Экстремальные значения взвешенных веществ на гидропосту Кривая Болда наблюдались в мае (6,1 ПДК), а на посту Ильинка – в октябре. Наименьшее содержание взвесей (2,5 ПДК) регистрировалось в восточной части дельты (Подчалык, Красный Яр).

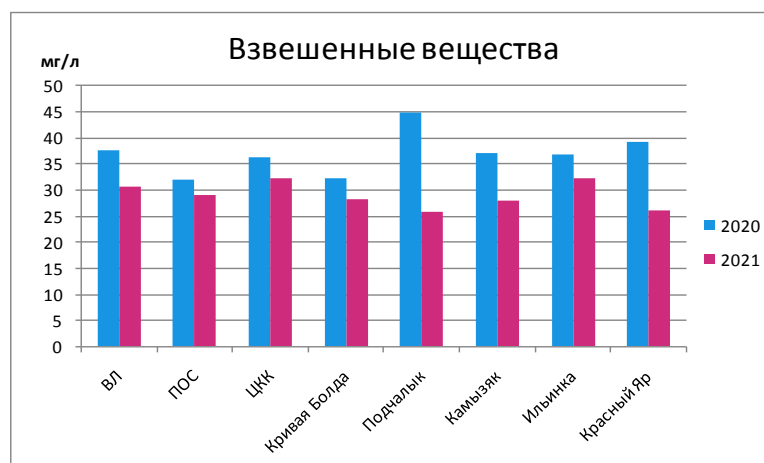


Рисунок 7 – Взвешенные вещества в 2020-2021 гг.

В 2021 г. для всех водотоков дельты р. Волги было характерно снижение содержания соединений азота и фосфора относительно 2020 г. (приложение А, рисунок 8).

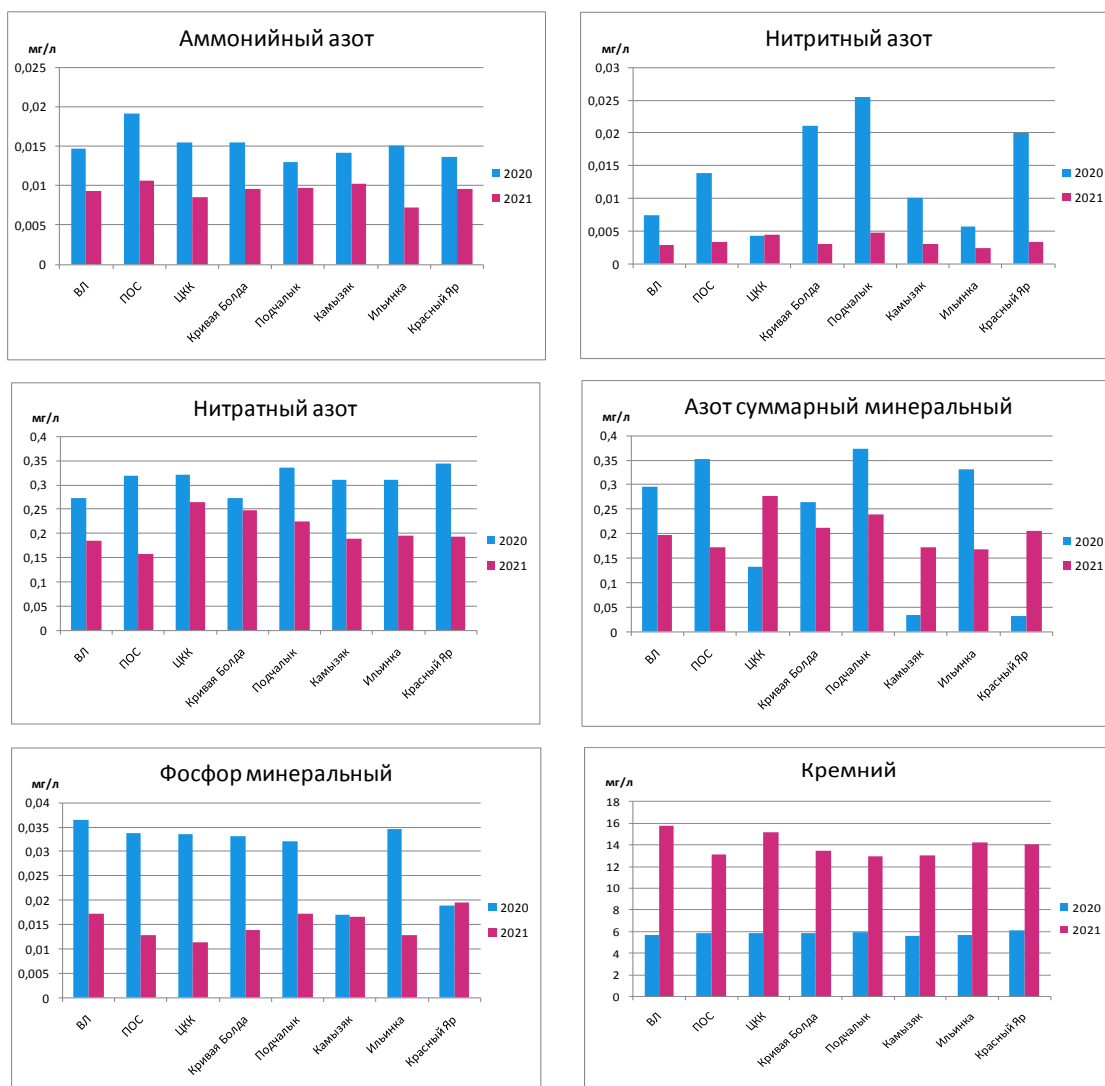


Рисунок 8 – Уровень биогенных соединений в воде в 2020-2021 гг.

Концентрация аммонийного азота была в 1,3-2 раза ниже прошлогоднего уровня, наибольшее снижение зарегистрировано на гидропосту Ильинка (в 2 раза) (приложение А, рисунок 8). Распределение NH_4 по всем водотокам было достаточно однородным. Максимальное значение аммонийного азота было зарегистрировано в пр. Кигач в феврале (0,03 мг/л).

Динамика изменений содержания нитритного азота была неоднозначной. Наиболее ярко выраженный тренд уменьшения количества нитритов в воде наблюдался в восточной части дельты, где концентрации NO_2 снизились в 5-6 раз. Значения нитритного азота на гидропосту ЦКК в 2021 г. практически не изменились по сравнению с предыдущим годом.

Содержание нитратного азота по всем водотокам сократилось в 1-2 раза. Наибольшее среднегодовое значение NO_3 отмечено в р. Волге на стационарном посту ЦКК (0,26 мг/л).

Количество суммарного минерального азота также имело тенденцию к снижению,

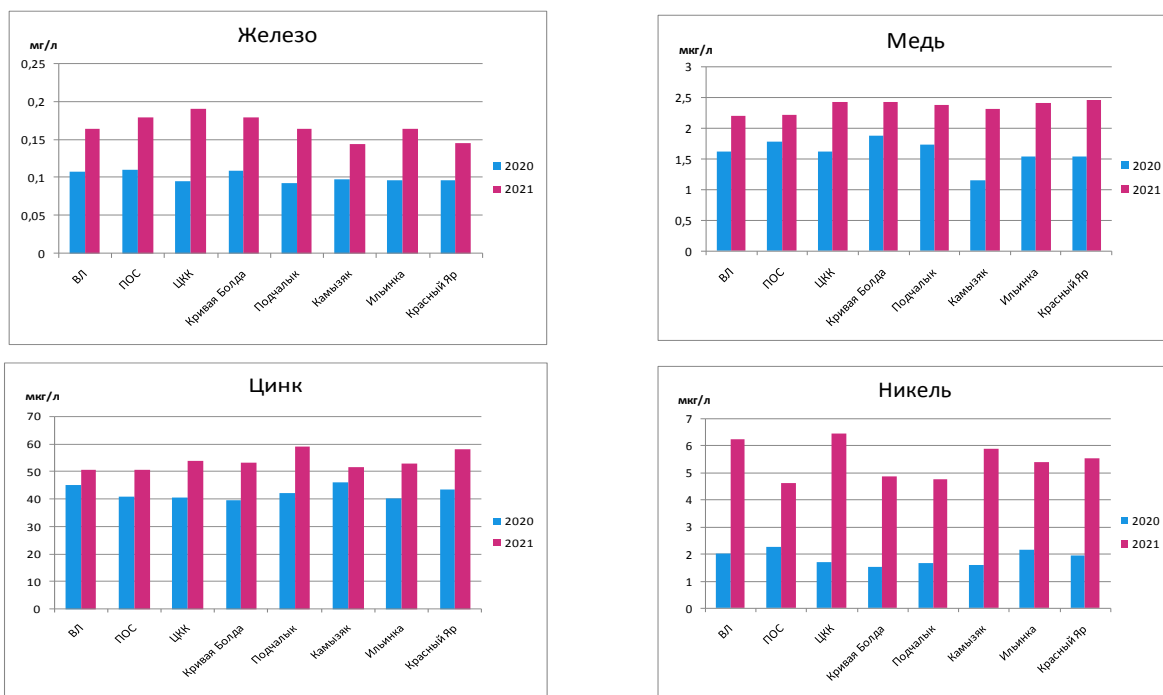
минимальная концентрация регистрировалась на посту Ильинка.

Уровень фосфатов по всем ВО равномерно снизился. Временная и пространственная изменчивость концентраций была незначительной. Отношение количества фосфатов в отчетном году к уровню предшествующего составило 2/1 (кроме гидропостов Камызяк и Красный Яр, где среднее содержание фосфатов не изменилось).

Содержание кремния в воде дельты р. Волги пропорционально взвешенным веществам резко увеличилось. При этом годовой максимум взвесей, также как и соединений кремния, отмечается в водотоке Кигач.

На основании анализа состояния речных вод по гидрохимическим показателям можно утверждать, что содержание биогенных элементов в водотоках дельты было ниже уровня ПДК.

В 2021 г. в водотоках дельты р. Волги определялось количество тяжелых металлов, концентрация которых, за исключением кадмия, в 2021 г. возросла по сравнению с 2020 г. По всем гидропостам в среднем в 1,5-2 раза увеличилось содержание железа в воде (приложение А, рисунок 9). Распределение железа по водотокам было достаточно однородным, наибольшее его количество регистрировалось на гидропосту ЦКК. Среднее значение Fe в 2021 г. превышало ПДК в 1,4-2 раза (Камызяк-ЦКК).



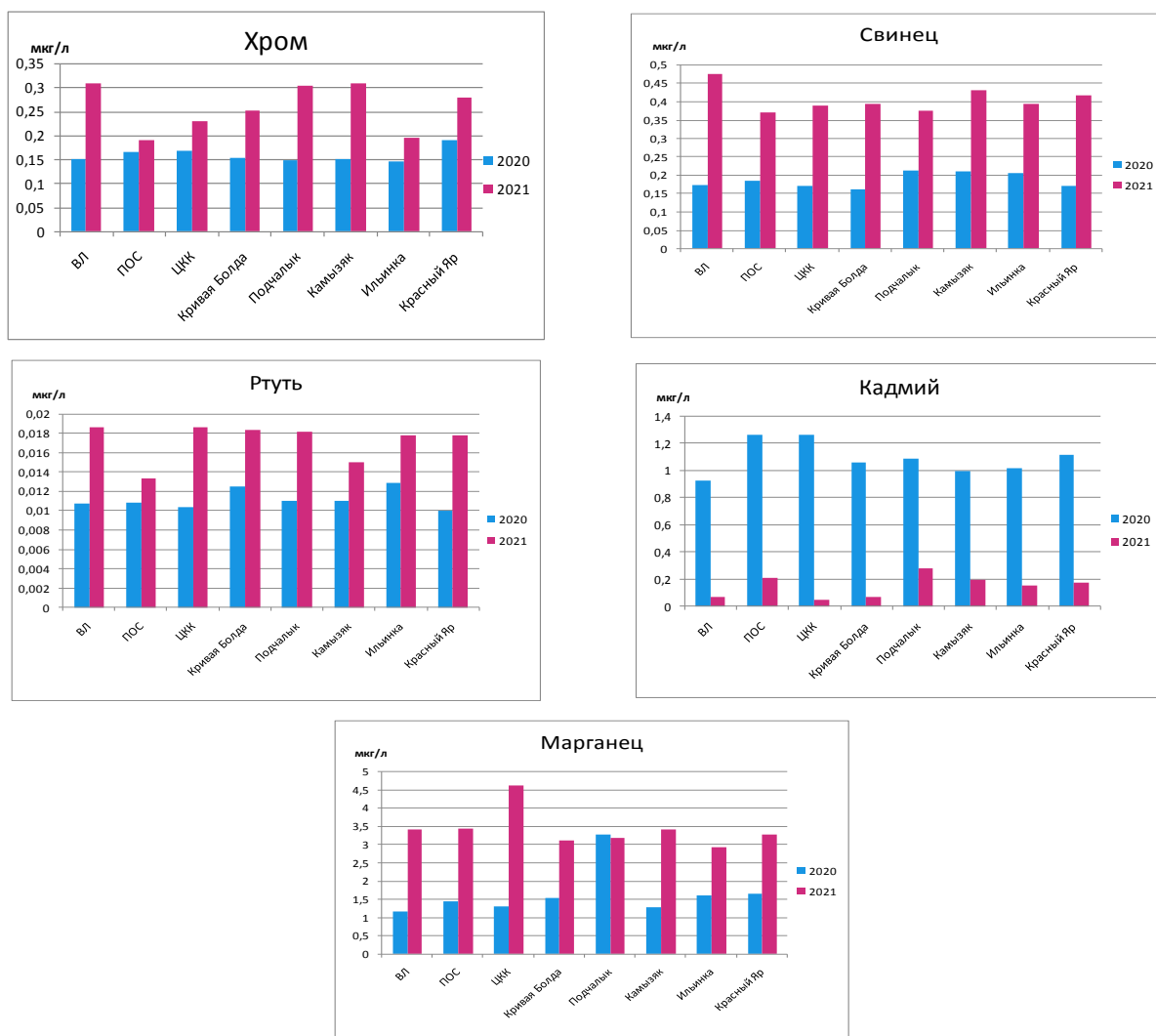


Рисунок 9 – Содержание тяжелых металлов в воде 2020-2021 гг.

В 2021 г. все исследованные ВО характеризовались низкой изменчивостью меди. Большую часть года концентрации меди в ВО дельты превышали ПДК в 2-2,5 раза, максимумы регистрировались преимущественно в осенний период. Среднегодовая концентрация по всем водотокам увеличилась относительно предыдущего года в 1,3-2 раза. Временная изменчивость концентрации меди по водотокам носила более выраженный характер. Наибольшая концентрация меди была зафиксирована на гидропосту Красный Яр.

Годовой ход содержания цинка в исследуемом районе также имел тенденцию к увеличению. Повышение содержания этого тяжелого металла было незначительным и однородным на всех водных объектах (в 1,2 раза на гидропостах Вехнелебяжье и Камызяк, в 1,4 раза на гидропосту Подчалык). Средняя концентрация в дельте демонстрировала превышение установленного норматива в 5 раз и более (Подчалык, Красный Яр).

Средняя концентрация никеля в дельте в 2021 г. увеличилась в 3-4 раза. Временная и пространственная изменчивость была незначительной. Превышений ПДК в водотоках не зафиксировано. Максимальные концентрации никеля регистрировались в вершине дельты и в ее верхней зоне (Верхнелебяжье, ЦКК).

Выявлен тренд на увеличение концентрации хрома. За 2021 г. концентрация хрома в различных водотоках дельты возросла почти в 2 раза, наиболее ярко этот тренд проявился на гидропостах Верхнелебяжье, Подчалык и Камызяк. Случаев превышения ПДК не зарегистрировано.

Количество свинца в водах исследуемых ВО в среднем возросло в 2-3 раза, наибольшая среднегодовая концентрация наблюдалась на гидропосту Верхнелебяжье. В 2021 году свинец демонстрировал низкую пространственную изменчивость. Сезонный ход концентраций был однородным. Превышений установленного норматива не выявлено.

Содержание ртути в водах дельты в 2021г. возросло почти в два раза. В среднем за год превышение норматива регистрировалось на уровне 2ПДК. Изменчивость концентрации была низкой.

Уровень кадмия в дельте р. Волги в 2021 г. относительно предыдущего года значительно снизился. Наиболее интенсивное снижение концентрации наблюдалось в воде верхней зоны западной части дельты. Превышений ПДК не выявлено.

Применение пестицидов в сельском хозяйстве на территории РФ ограничивается и регламентируется в настоящее время положениями Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях и соответствующими постановлениями Правительства РФ. В соответствии с этими документами производство и использование инсектицидов группы ДДТ не запрещены, но должны быть ограничены приемлемыми целями «борьбы с переносчиками болезней». На территории России инсектициды группы ГХЦГ были запрещены в 1990 году. В соответствии с вышеуказанными документами до 2020 года производство γ -ГХЦГ приостановлено и приняты иные меры, необходимые для ликвидации производства и безопасного использования накопленных запасов этого вещества. Источником поступления пестицидов в ВО считается выщелачивание из почвы, использование в сельском хозяйстве, а также в результате борьбы с комарами [23].

Во всех отобранных пробах определялись концентрации хлорорганических пестицидов (ХОП) (ДДТ, ДДЭ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ), результаты анализов выявили крайне неравномерное распределение этих ЗВ по водотокам дельты (приложение А, рисунок 10). В целом уровень загрязнения водотоков дельты Волги в 2021 г. относительно 2020 г. увеличился. Нормативы качества вод рыбохозяйственного назначения допускают содержание пестицидов до 0,01 мкг/л.

В 2021 г. не зафиксировано превышение допустимой концентрации ХОП. Из графиков, представленных на рисунке 13, видно, что незначительное количество ХОП поступает со стоком (г/п ВЛ), но наибольших значений содержание ХОП достигает в средней зоне (г/п Камызяк, Ильинка, Красный Яр).

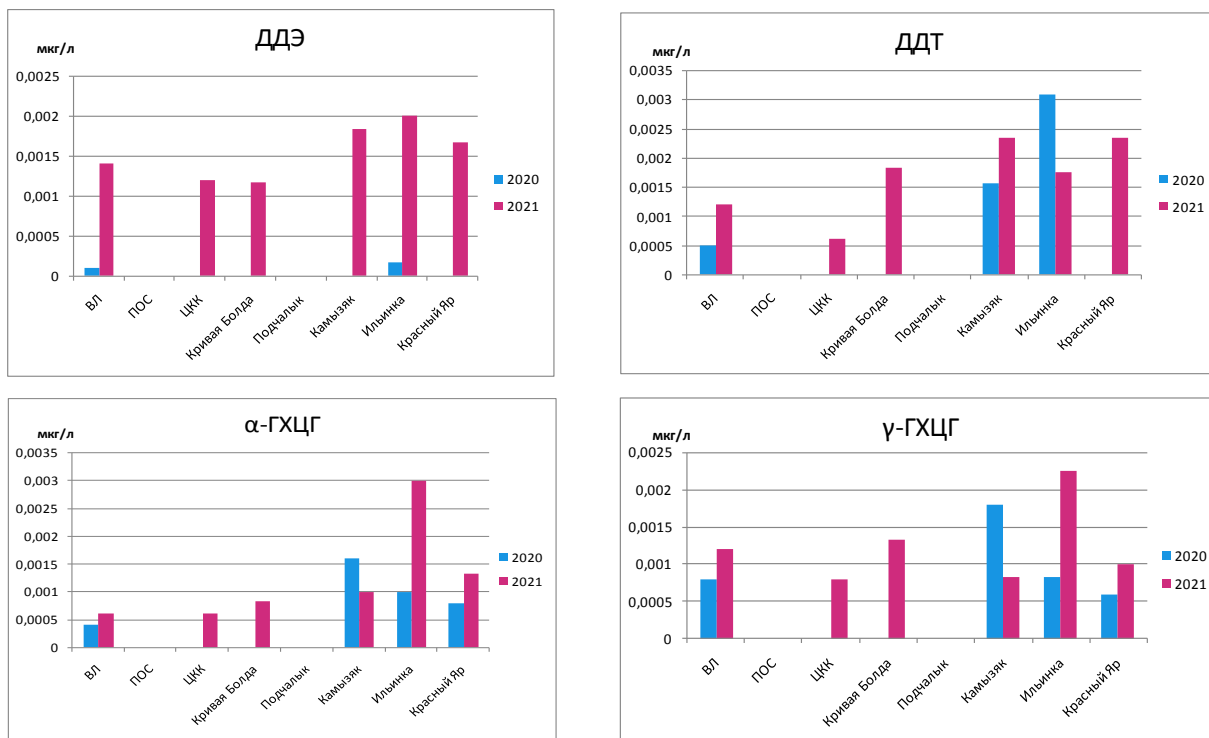


Рисунок 10 – Содержание пестицидов в воде в 2020-2021 гг.

Наблюдения за загрязнением дельты Волги НУ показали, что в 2021 г. уровень загрязнения увеличился по сравнению с предыдущим годом почти в 1,5 раза (приложение А, рисунок 11). Превышения норматива регистрировались на всех гидропостах и колебались от 1,2 ПДК (Подчалык) до 1,5 ПДК (ЦКК, Камызяк). Годовые максимумы регистрировались в районах ВЛ и Ильинка в летний период.

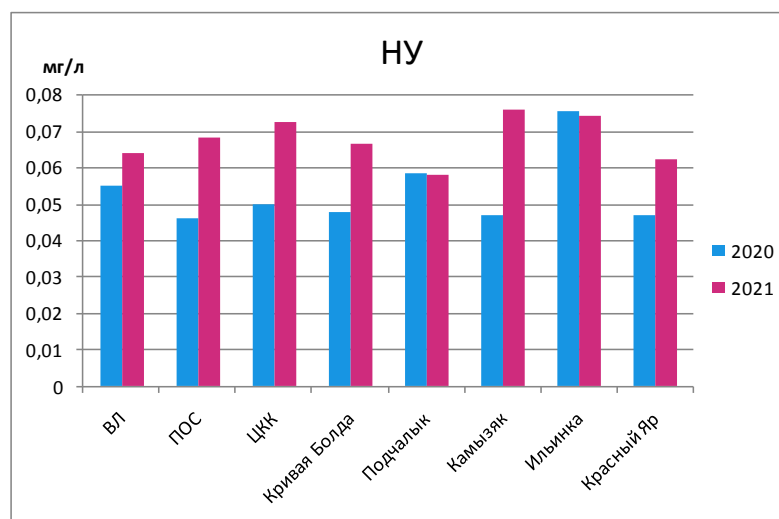


Рисунок 11 – Содержание НУ в воде в 2020-2021 гг.

Концентрация АПАВ в 2021 г. по сравнению с 2020 годом изменилась незначительно (приложение А, рисунок 12). Распределение АПАВ по водотокам носило достаточно равномерный характер. Выявлены превышения норматива содержания АПАВ. Среднее содержание АПАВ на гидропосту Верхнелебяжье составило 0,5 ПДК, на других наблюдательных пунктах концентрация АПАВ составляла 3-4 ПДК.

Динамика значений фенолов (приложение А, рисунок 12) в 2021 г. показала снижение концентраций по всем гидропостам. В вершине дельты и в верхней зоне среднегодовой концентрации снизилась в 2-3 раза, в средней зоне – в 1-2 раза.

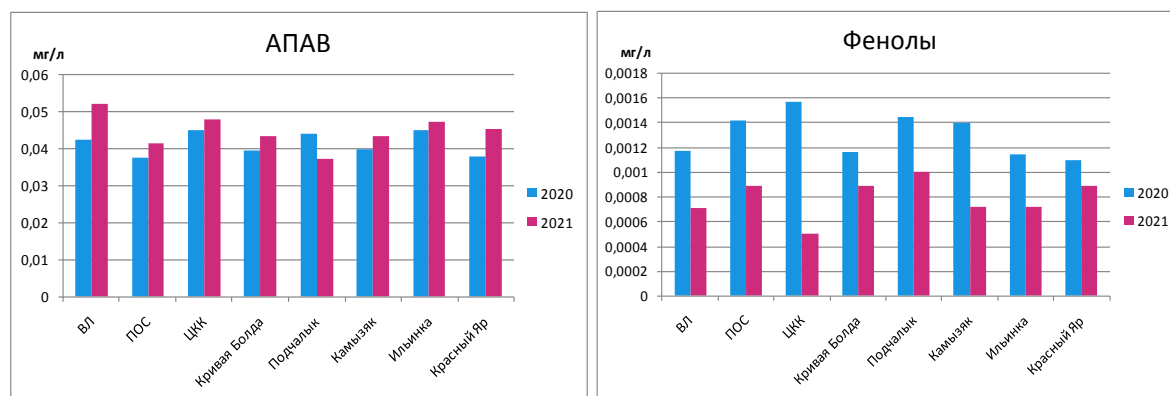


Рисунок 12 – Содержание нестойких органических соединений в воде в 2020-2021 гг.

Динамика удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) говорит об увеличении нагрузки на водные объекты дельты в отчетном году по сравнению с предшествующим (приложение А, рисунок 13). Наиболее высокие значения индекса зафиксированы в районе гидропостов ВЛ, ЦКК и Ильинка, как в наиболее загрязненных районах.

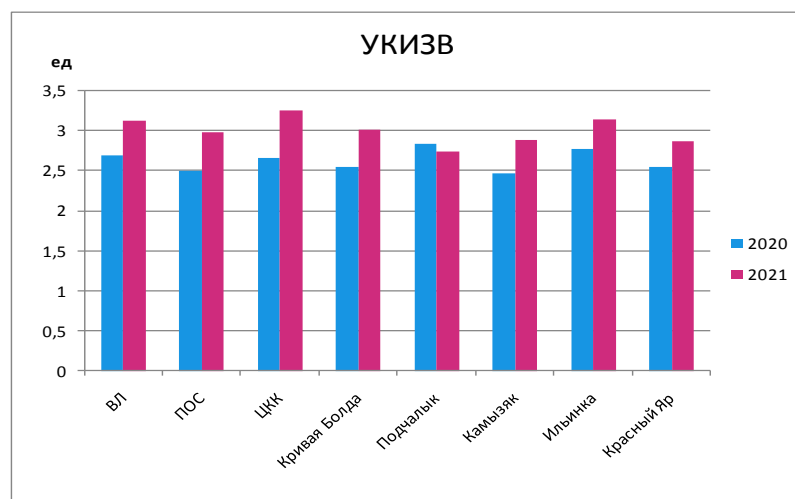


Рисунок 13 – УКИЗВ дельты р. Волги в 2020-2021 гг.

Расчет УКИЗВ проводился по следующим гидрохимическим параметрам:

- растворенный кислород;
- взвешенные вещества;
- железо;
- медь;
- АПАВ;
- НУ.

По данным ГХИ за 2016-2018 гг., показатель качества вод р. Волга на участке от вершины дельты до с. Ильинка колебался от 4,23 до 5,44 ед. [11]. В 2021 г. в различных водотоках дельты УКИЗВ колебался в диапазоне 2,5-3,3 ед. Комплексный показатель характеризует водотоки дельты р. Волги как «очень загрязненные» (3 класс, разряд «б»)

Следует отметить, что повышение концентрации большинства ЗВ приурочено к весеннему периоду.

4 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТМЕЛОЙ ЗОНЫ УСТЬЕВОГО ВЗМОРЬЯ Р. ВОЛГИ В 2021 Г.

Состояние и загрязнение морской среды по гидрохимическим показателям

Средняя температура отмелой зоны устьевого взморья (приложение Б, рисунок 14) в поверхностном слое воды, по данным наблюдений на акватории мелководной зоны, в 2021 г. составила в среднем 27,3 °С, а в придонном – 27,1 °С. Вертикальная изменчивость температуры была низкой, у поверхности и у дна моря она колебалась в диапазоне значений от 25,4 до 29,2 °С. Изменчивость температурного режима в 2021 г. была значительно ниже, чем в 2020 г., когда разница между экстремальными значениями температур составляла 8,4 °С. В августе 2021 г. температурный режим мелководной зоны УО соответствовал среднемуголетним данным по Каспийскому морю, однако максимальные значения в 2021 г. были на 1-2 °С выше многолетнего максимума [24] (таблица 2).

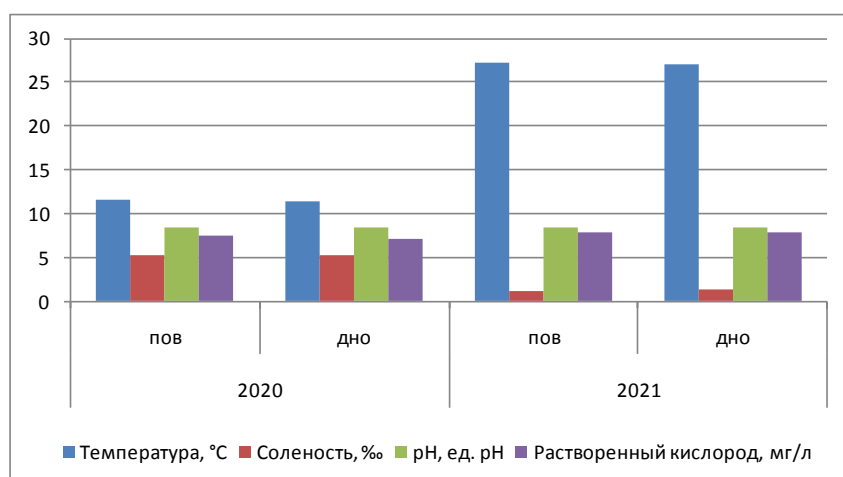


Рисунок 14 – Гидрологические и гидрохимические показатели ОЗ УО в 2020-2021 гг.

Таблица 2 – Среднеголетние данные по температуре 1972-2021 гг., °С

Гидрологический пост	Август	
	ср. знач.	диапазон
о. Тюлений	25,2	22,9-27,3
о. Искусственный	24,8	22,9-26,9
Лагань (Каспийский)	25,7	22,3-28,5

Средняя величина солености вод мелководья Северного Каспия в поверхностном и придонном горизонте за август 2021 г. составила на 77 % меньше, чем в прошлом году (рисунок 14). Диапазон значений солености имел высокую изменчивость и был в три раза

ниже среднемноголетних норм (таблица 3). Различия солености в поверхностном и придонном слое воды в 2021 г. были незначительными, что говорит о слабой стратификации и хорошем перемешивании водных масс.

Таблица 3 – Среднемноголетние данные по солености в 1961-2020 гг., ‰

Гидрологический пост	Август	
	ср. знач.	диапазон
о. Тюлений	4,47	1,74-9,12
Махачкала	10,35	6,84-12,79

Величины pH в течение 2021 г. находились в пределах 8,3-8,4 ед. pH. Средняя величина у поверхности составила 8,4 ед. pH, у дна – 8,3 ед. pH. Значения водородного показателя 2021 г. увеличились по сравнению с 2020 г. Вертикальная изменчивость этого показателя была выражена слабо (рисунок 14).

Кислородный режим мелководной части моря в 2021 г. был удовлетворительным (рисунок 14). Средние концентрации составили 7,8 мг/л в поверхностном и придонном горизонте. Минимальная концентрация у поверхности отмечена на уровне 7,5 мг/л, максимальная – 8,2 мг/л. В придонном слое максимум также составил 8,2 мг/л, а минимум был равен 7,4 мг/л (рисунок 14). Нарушений установленного норматива содержания кислорода не установлено. В исследуемый период в Северном Каспии вертикальная изменчивость концентрации кислорода была низкой. Благодаря устойчивому температурному режиму протекают процессы фотосинтеза, а разрушение вертикальной стратификации обеспечивает нижние слои вод кислородом.

Мелководная зона устьевого взморья является наиболее биопродуктивной частью моря, кроме того, в этот район значительное количество аллохтонной органики приносится стоком р. Волги (рисунок 15) [25].

Фосфаты – одни из самых биологически активных соединений, их количество в ВО зависит от множества природных факторов, таких как температура воды, продуктивность водоема и т. д. Средняя величина минерального фосфора в поверхностном горизонте составила 9,8 мкг/л, значения находились в пределах от 5 до 27 мкг/л, что в среднем в 2 раза ниже прошлогодних значений. В придонном горизонте колебания концентраций были в диапазоне от 5 до 41 мкг/л (рисунок 15).

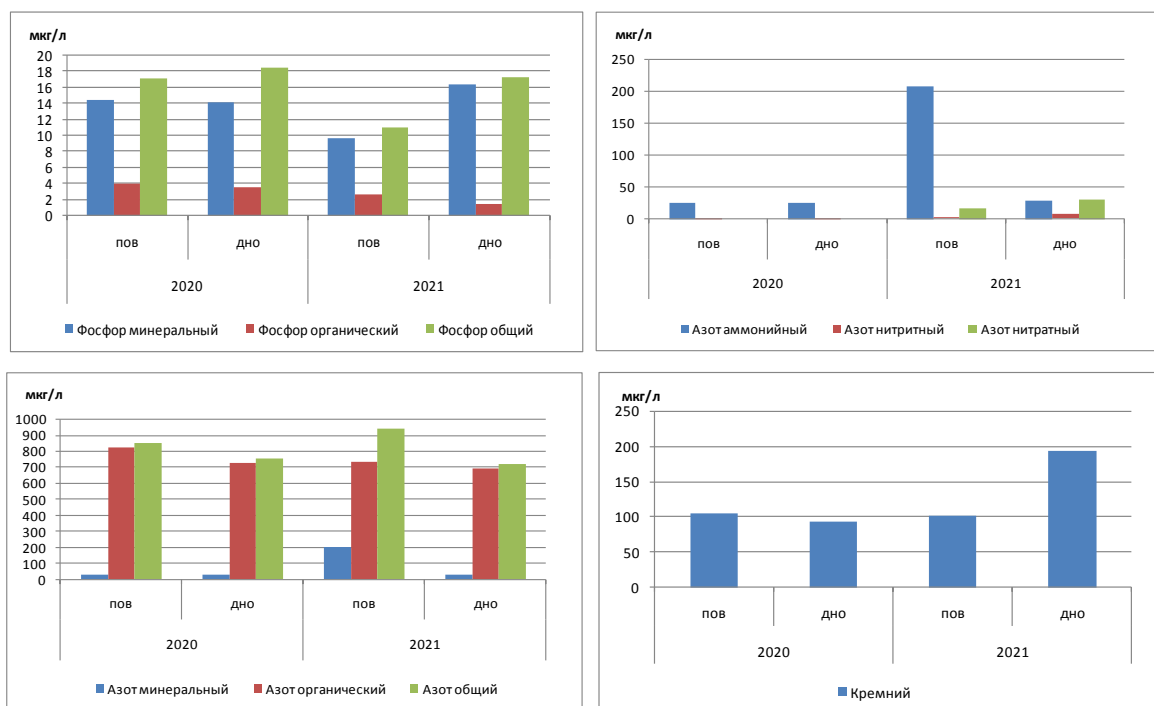


Рисунок 15 – Биогены в водах ОЗ УО в 2020-2021 гг.

В 2021 г. содержание кремния в поверхностном горизонте изменялось от 11 до 471 мкг/л, в среднем составив 101 мкг/л. В придонном горизонте колебания концентрации этого биогенного элемента составили 12-625 мкг/л, при среднем значении 193,8 мкг/л. По сравнению с предыдущим годом средняя концентрация кремния у поверхности практически не изменилась, а у дна увеличилась в 2 раза. Количество кремния подвержено сезонным изменениям. Основным источником кремния в море также служит речной сток, придонные слои могут обогащаться кремнием в процессе обмена с грунтом.

Ион аммония является первым этапом окисления азотосодержащей органики. Концентрация аммонийного азота в 2021 г. в поверхностном слое колебалась от 34 до 436 мкг/л, в среднем достигала 206,8 мкг/л. В придонном горизонте также наблюдались значительные колебания содержания иона аммония – от 20 до 87 мкг/л, при среднем значении 29,5 мкг/л (рисунок 15). Аммонийный азот демонстрировал значительную изменчивость. Относительно предыдущего года количество азота в поверхностном горизонте возросло в 8 раз, а в придонном – почти не изменилось.

Самой неустойчивой формой азота являются нитриты. Это промежуточная форма окисления азота при минерализации органического вещества, и поэтому их содержание в море незначительно и часто падает до нулевых значений. Кроме того, нитриты обладают значительной сезонной изменчивостью. Содержание нитритов в поверхностном горизонте в исследуемый период изменялось от 0 до 8,1 мкг/л, в придонном – от 0,6 до 35,8 мкг/л, при средних значениях 1,5 и 7,2 мкг/л соответственно (рисунок 15).

Нитраты, как и фосфор, лимитируют биологическую продуктивность моря. Нитраты – последняя фаза минерализации азота. В 2021 г. концентрация нитратов в поверхностном горизонте мелководной зоны УО в среднем составила 17,4 мкг/л, а в придонном – 30,0 мкг/л. Количество органического азота в 2021 г. незначительно сократилось по сравнению с 2020 г.

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2021 г., как и в 2020 г., уровень биологического потребления кислорода не поднимался выше значения 1,5 мг/л. Средние значения составили 1,4 мг/л как в поверхностном, так и в придонном горизонте. В сравнении с 2020 г. абсолютный максимум БПК₅ в 2021 г. не изменился и не превышал ПДК (рисунок 16).

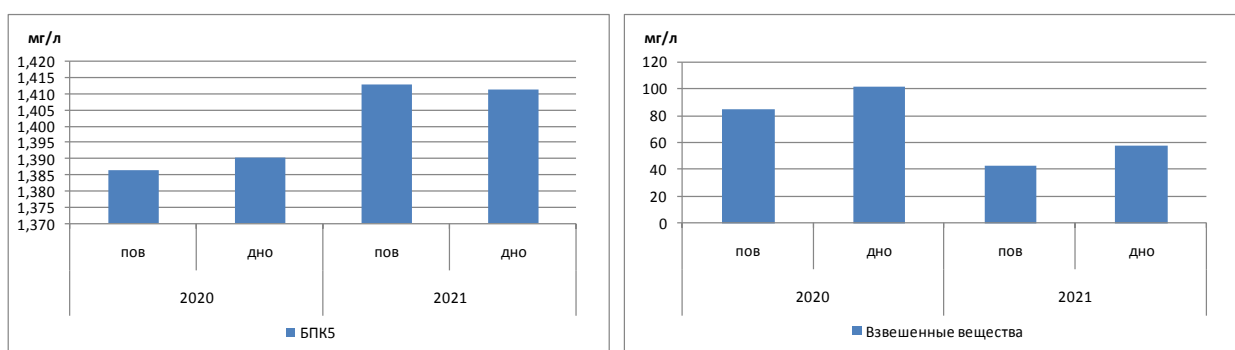


Рисунок 16 – БПК₅ и взвешенные вещества в водах ОЗ УО в 2020-2021 гг.

Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах мелководной зоны Северного Каспия колебалось от 6 до 70 мг/л (7 ПДК), при среднем значении 43,2 мг/л (4,3 ПДК). В придонном слое в этот же период количество взвесей составляло от 0 до 107 мг/л. Максимальное значение превышало ПДК в 10,7 раз. Важно отметить, что с увеличением стока р. Волги увеличивается и количество взвеси, выносимой в Каспий, в 2021 г. по сравнению с 2020 г. это количество снизилось почти в 2 раза (рисунок 16).

Традиционно основным источником загрязнения морских вод НУ считается речной сток. Содержание НУ в 2021 г. в толще воды изменялось от 0,02 до 0,03 мг/л (приложение Б, рисунок 17). При этом среднее значение в поверхностном и придонном горизонте находилось на уровне 0,02 мг/л, превышений допустимого норматива обнаружено не было. В сравнении с 2020 г. концентрация НУ в толще воды изменилась незначительно.

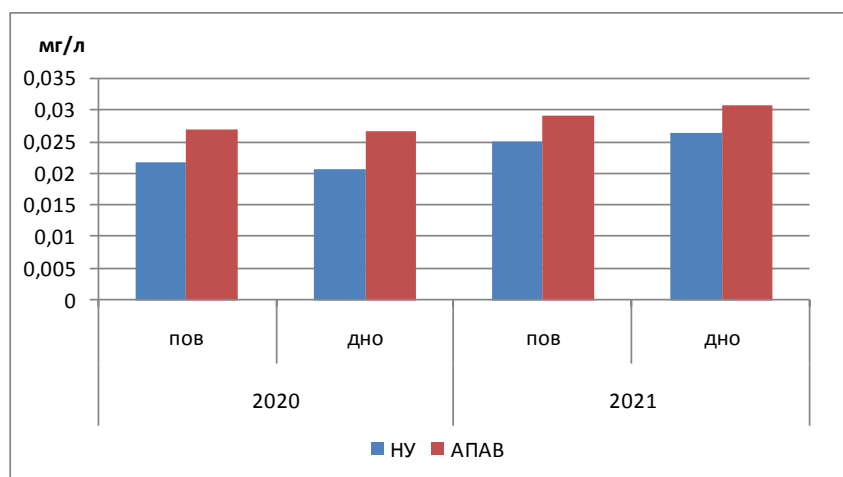


Рисунок 17 – НУ и АПАВ в водах ОЗ УО в 2020-2021 гг.

На акватории ОЗ УО в 2021 г. были выявлены АПАВ (приложение Б, рисунок 17), концентрация которых не превышала ПДК и колебалась в диапазоне 0,025-0,044 мг/л. В поверхностном и придонном горизонте АПАВ в среднем составили 0,03 мг/л. По сравнению с предыдущим годом в отчетном году концентрация АПАВ практически не изменилась.

В 2021 г. содержание железа в среднем по поверхностному горизонту данного района Северного Каспия составило 0,09 мг/л, что превышает ПДК почти в 2 раза, экстремальные значения превышали допустимый уровень в 5 раз (приложение Б, рисунок 18). В придонном горизонте среднее содержание железа было ниже и составляло 1,7 ПДК, максимальный уровень перешел отметку 2 ПДК. Установлено, что более 95 % железа мигрирует во взвешенном состоянии, в комплексе с глинистыми частицами или в форме золя и может быть прямо пропорционально взвешенным веществам. Многолетние значения Fe изменялись в пределах от 0,001 до 0,45 мг/л. Как известно из литературных источников, максимум Fe регистрируется в придонном горизонте, концентрация железа довольно часто превышает ПДК [7].

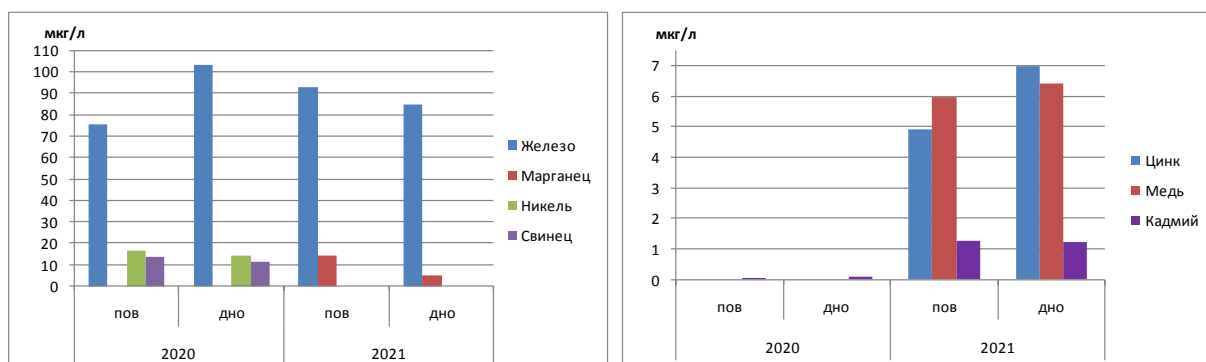


Рисунок 18 – Тяжелые металлы в водах ОЗ УО в 2020-2021 гг.

В 2021 г. в поверхностном и придонном слое определялось количество никеля, ртути и свинца, значения которых не превышали предела обнаружения аналитического метода. По сравнению с аналогичным периодом предшествующего года концентрация этих тяжелых металлов значительно снизилась (приложение Б).

Средняя концентрация марганца в исследуемый период была равна 0,01 мг/л у поверхности, а в придонном горизонте – 0,005 мг/л. Превышений установленных нормативов выявлено не было. Следует отметить, что содержание марганца в 2020 г. было ниже предела обнаружения аналитическим методом (рисунок 18).

Количество цинка в 2021 г. в водах мелководной части взморья определялось на уровне 0,005 мг/л в поверхностном горизонте и на уровне 0,007 мг/л в придонном, что значительно выше показателей прошлого года. Превышений ПДК не выявлено.

Содержание меди в водах отмелой зоны УО колебалось от 0,003 до 0,01 мг/л (2 ПДК), в среднем составив 0,006 мг/л (1,2 ПДК).

Количественный химический анализ (КХА) воды Северного Каспия на содержание высокотоксичного кадмия в 2021 г. показал незначительное повышение его концентрации относительно прошлого года. Превышений ПДК не выявлено, максимальные значения в поверхностном и придонном горизонте составили соответственно 0,003 и 0,002 мг/л (рисунок 18).

Межгодовая и сезонная изменчивость во многом зависит от внешних условий. Содержание ТМ во многом определяется расходами воды р. Волги и количеством взвешенных веществ, а так же производственными процессами [25].

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 колебалось от 0,001 до 0,002 мкг/л. Количество нафталина изменялось у поверхности от 0,02 до 0,05 мкг/л, у дна – от 0,02 до 0,04 мкг/л, что значительно ниже ПДК. Сумма ПАУ в поверхностном горизонте относительно предыдущего года возросла в 1,2 раза, среднее значение поверхностного слоя достигали 0,07 мкг/л. В придонном горизонте, напротив, концентрация ПАУ снизилась более чем в 2 раза. Экстремальные значения составили 0,1 и 0,08 мкг/л в поверхностном и придонном горизонте соответственно.

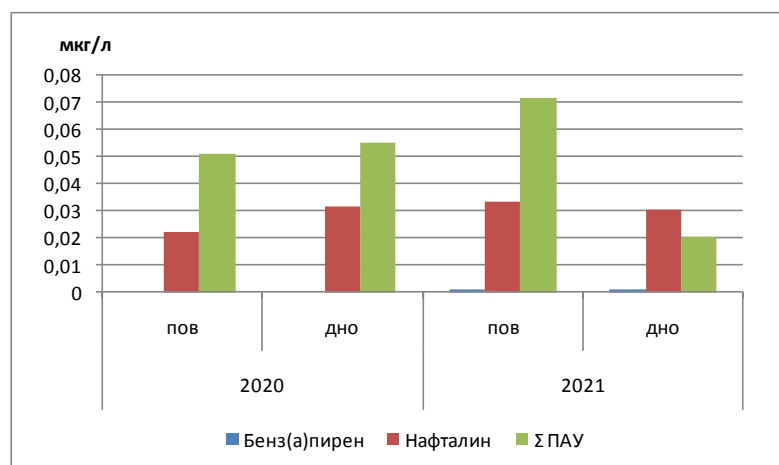


Рисунок 19 – ПАУ в водах ОЗ УО в 2020-2021 гг.

Исследования качественного и количественного состава ХОП в воде мелководной части Каспия в 2021 г. в рамках ПЭМ не проводилось.

В 2021 г. уровень концентрации бензола и толуола был ниже предела обнаружения аналитического метода (приложение Б).

Превышение нормативов было зарегистрировано для 3 показателей: железа, меди и взвешенных веществ.

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент варируемости концентраций наблюдался у кремния, нитритного азота, фосфатов, взвешенных веществ, никеля, железа и свинца. Следует отметить, что высокие показатели изменчивости характерны для веществ, превышающих ПДК, и могут свидетельствовать об антропогенной природе происхождения загрязнения; низкий Kv зарегистрирован у таких показателей, как растворенный кислород, БПК₅ и pH (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели изменчивости концентраций ЗВ на акватории ОЗ УО в 2021 г.

Показатели	Поверхностный горизонт		Придонный горизонт	
	СКО	Kv	СКО	Kv
1	2	3	4	5
Растворенный кислород	0,19	0,02	0,21	0,03
БПК ₅	0,05	0,04	0,05	0,04
pH	0,02	0,00	0,04	0,01
Общий фосфор	5,73	0,59	22,49	1,30
Фосфор минеральный	6,96	0,63	13,49	0,82
Кремний минеральный	105,95	1,05	185,28	0,96
Азот аммонийный	109,21	0,53	18,44	0,62
Азот общий	269,07	0,29	312,79	0,43
Азот нитритный	1,95	1,28	12,28	1,71

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Азот нитратный	9,13	0,52	41,20	1,37
Азот минеральный	112,47	0,55	34,06	1,16
Азот органический	169,84	0,23	301,54	0,44
НУ	-	-	0,00	0,19
АПАВ	-	-	0,01	0,21
Взвешенные вещества	0,01	0,19	28,70	0,50
Нафталин	-	-	0,01	0,21
Сумма ПАУ	-	-	0,03	1,40
Кадмий	-	-	0,00	0,56
Медь	0,00	0,06	0,00	0,25
Марганец	0,00	2,64	0,01	1,02
Свинец	0,00	0,51	-	-
Никель	0,02	1,09	0,00	-
Железо	-	-	0,05	0,58
Цинк	-	-	-	-
Ртуть	0,06	0,63	-	-

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 отмелой зоны 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 ОЗ УО в 2021 г. делает целесообразной раздельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, меди и железа. Поверхностный слой воды ОЗ согласно значению ИЗВ, составившему 2,03 ед., оценивался как «грязный» (V класс качества вод). В придонном слое в 2021 г. для расчета индекса загрязненности было принято использовать те же ЗВ. Индекс равный 2,40 ед. позволяет отнести воды исследуемой акватории к той же категории «грязные». В 2020 г. комплексный показатель (ИЗВ = 1,64) позволял оценить воды данной акватории как «загрязненные» (IV класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменение качества вод говорит об увеличении нагрузки на экосистему.

Состояние и загрязнение донных отложений отмелой зоны устьевого взморья по

В рамках мониторинга данной акватории 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 мм). В результате количественного анализа проб было установлено, что в донных осадках с большим перевесом преобладает средний и крупный песок [36], содержание которого достигало в среднем 52 %. Второе место по встречаемости занимают более крупные фракции (мелкая и средняя ракушка), их доля составляла около 29 %. Ракушка размерностью 2-1 мм занимала третье место (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика содержания фракций (мм) в донных отложениях (%) в 2021 г.

Показатели	более 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	менее 0,1
Среднее значение	0	0	2	16	29	52	0	0
Максимум	0	0	0	4	13	26	0	0
Минимум	0	1	16	35	51	80	0	0

В рамках ПЭМ в 2021 г. в ДО отмелой зоны устьевого взморья определялось количество тяжелых металлов (таблица 6).

По сравнению с 2020 г. в отчетном году в 28 раз возросло содержание железа. В ДО отмелой зоны количество железа колебалось от 223,0 до 963,0 мг/кг, составив в среднем 436,9 мг/кг. ДК для железа не установлена, однако содержание Fe не превышало диапазона многолетних колебаний [7].

Концентрация цинка в ДО возросла в 2,5 раза. Диапазон колебаний составил 1,30-10,10 мг/кг, среднегодовое значение этого металла определялось на уровне 4,28 мг/кг, что значительно ниже международных нормативов.

Концентрации никеля варьировали от 0,50 до 4,40 мг/кг, среднее значение было равно 1,15 мг/кг. Количество бария в ДО в среднем выросло в 3,2 раза, а экстремальный максимум регистрировался на уровне 72,0 мг/кг.

Количество меди мало изменилось по сравнению с предыдущим годом. Её значения изменялись от 0,5 до 5,90 мг/кг. Концентрации кадмия и ртути были ниже предела обнаружения аналитическим методом.

Превышений нормативов среднегодовых значений ТМ не выявлено.

Таблица 6 – ТМ в ДО на акватории мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2020-

2021 гг.

Показатели	2020 г.			2021 г.			ДК
	ср. знач.	мин	макс	ср. знач.	мин	макс	
Fe, мг/кг	155,65	44,0	690,0	436,90	223,0	963,0	-
Zn, мг/кг	1,73	0,80	5,60	4,28	1,30	10,10	124
Ni, мг/ кг	0	0	0	1,15	0,50	4,40	35
Ba, мг/кг	11,55	6,0	15,0	36,48	10,0	72,0	160
Cu, мг/кг	1,68	0,50	6,10	1,18	0,50	5,90	18,7
Hg, мг/кг	0	0	0	0	0	0	0,13
Cd, мг/кг	0,35	0,06	1,97	0	0	0	0,7
Pb, мг/кг	0,93	0,60	1,40	1,71	0,50	5,40	30,2
Mn, мг/кг	27,48	11,0	144,0	53,65	17,0	316,0	-

Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по международным критериям [2] определялось как удовлетворительное.

5 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИГЛУБОЙ ЗОНЫ УСТЬЕВОГО ВЗМОРЬЯ Р. ВОЛГИ В 2021 Г.

Состояние и загрязнение морской среды по гидрохимическим показателям

В 2021 г. температура у поверхности акватории ПЗ колебалась в диапазоне значений от 11,6 до 29,5 °С. У дна температура воды составляла 8,8-28,7 °С. В среднем в 2021 г. температура воды в поверхностном слое ПЗ УО составила 20,44 °С, а в придонном слое – 16,5 °С, что на 2-3 °С выше средней температуры в 2020 г. в этот же период (рисунок 20).

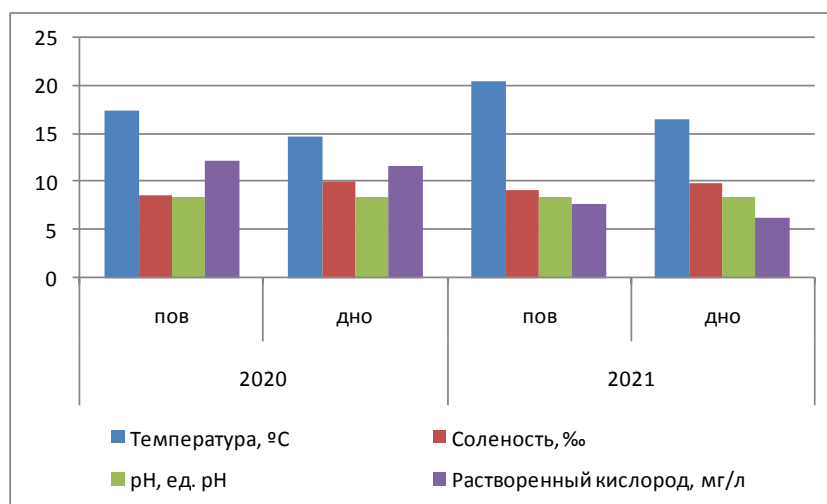


Рисунок 20 – Гидрологические и гидрохимические показатели ПЗ УО 2020-2021 гг.

Средняя величина солености вод глубоководной части Северного Каспия в поверхностном слое за 2021 г. составила 9,2 ‰, а в придонном – 9,9 ‰. Наблюдался ярко выраженный сезонный ход солености и высокая временная изменчивость. В 2021 г. отмечается незначительное повышение солености относительно предыдущего года (рисунок 20).

Величина водородного показателя в течение 2021 г. находилась в пределах 8,3-8,6 ед. pH, средняя величина у поверхности составила 8,5 ед. pH, у дна – 8,4 ед. pH (рисунок 20). Значения pH в 2021 г. мало отличались от значений 2020 г. Вертикальная изменчивость этого показателя также была выражена слабо.

В 2021 г. кислородный режим моря был удовлетворительным (рисунок 20), содержание O₂ ниже предела допустимой концентрации не опускалось. Средние концентрации у поверхности составили 7,65 мгO₂/л, у дна – 6,23 мгO₂/л. Минимальные концентрации кислорода регистрировались на уровне 5,52-4,4 мгO₂/л (1,1-1,4 ПДК) в

поверхностном и придонном горизонте соответственно. В сравнении с предыдущим годом содержание O_2 несколько снизилось.

Каспийское море, и особенно его северная часть, являются высокопродуктивным водоемом, влияние речного стока достигает и глубоководной части моря. Значительная часть основных биогенных элементов (азота, кремния и фосфора) приносится волжским стоком. Фосфаты являются одним из важнейших гидрохимических компонентов и характеризуют биологическую продуктивность моря.

Содержание минерального фосфора в течение 2021 г. в среднем в поверхностном горизонте составило 0,11 мкг/л, находилось в пределах от 0 до 7,51 мкг/л (рисунок 21). В придонном горизонте концентрация колебалась от аналитического нуля до 6,94 мкг/л. Количество органического и общего фосфора сократилось почти в 2 раза относительно прошлого года.

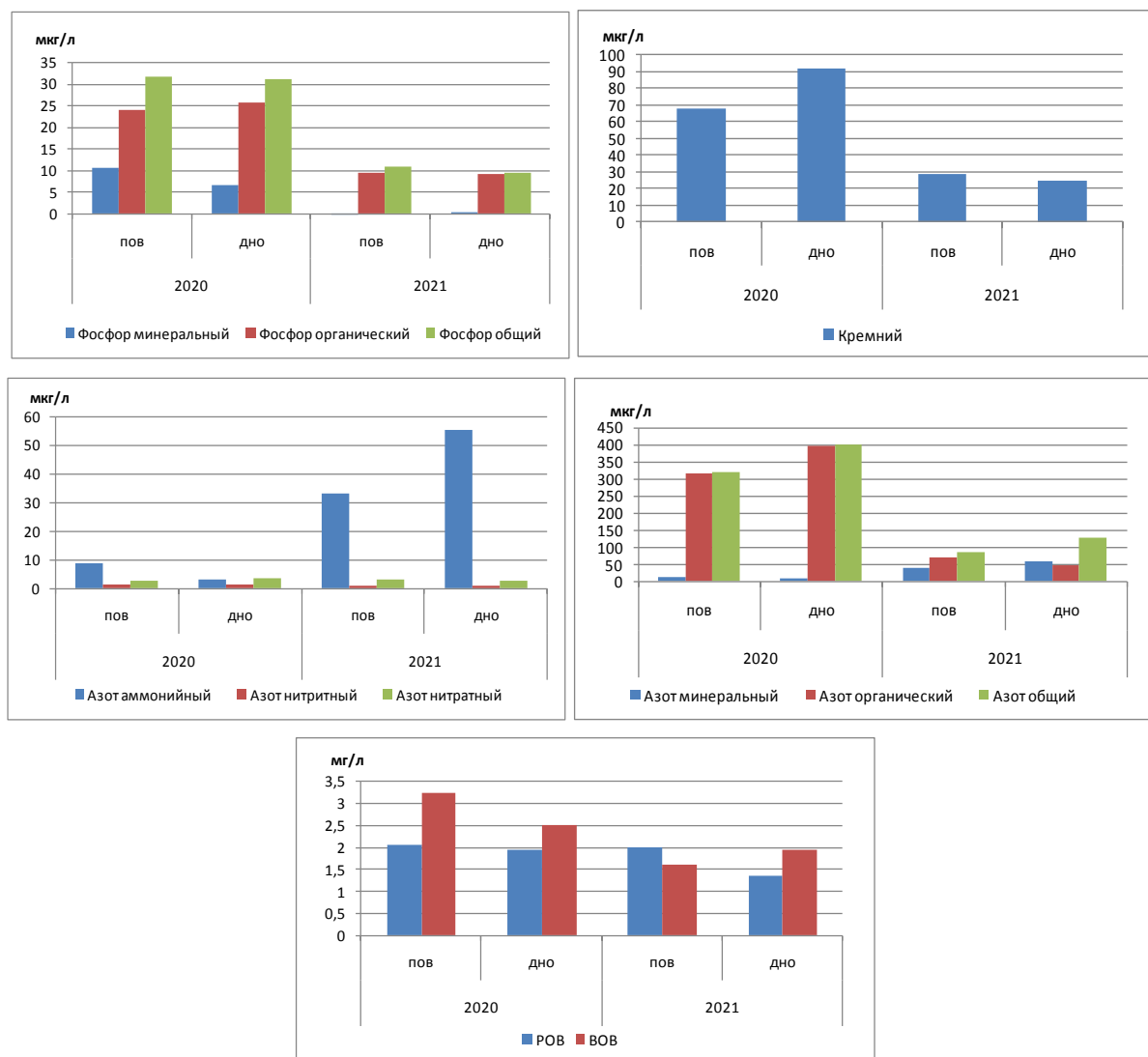


Рисунок 21 – Биогенные соединения в водах ПЗ УО 2020-2021 гг.

Источником кремния в море также служит речной сток, придонные слои могут обогащаться кремнием в процессе обмена с грунтом. В 2021 г. содержание минерального кремния в поверхностном горизонте сократилось почти в 2 раза и составило в среднем 29,1 мкг/л. В придонном слое количество кремния сократилось в 4 раза (рисунок 21). Концентрации в толще воды находились в пределах от 0 до 97,0 мкг/л. Количество кремния было сильно подвержено сезонным изменениям.

Концентрация аммонийного азота в поверхностном слое колебалась от 0 до 195,2 мкг/л, в среднем достигала 33,2 мкг/л (рисунок 21). В придонном горизонте содержание иона аммония изменялось от аналитического нуля до 241,0 мкг/л, при среднем значении 55,24 мкг/л. По сравнению с 2020 г. в поверхностном слое значения аммонийного азота увеличились почти в 4 раза, а в придонном – в 18 раз.

Содержание нитритов в поверхностном горизонте в течение 2021 г. изменялось от 0 до 4,6 мкг/л, в придонном – от 0 до 4,67 мкг/л, при средних значениях 0,92 и 0,88 мкг/л соответственно (рисунок 21). Отмечено, что нитриты обладают значительной сезонной изменчивостью, однако среднегодовое количество нитритов было на том же уровне, что и в прошлом году.

Годовой ход концентрации нитратов составил от 0 до 40,1 мкг/л в поверхностном горизонте и от 0 до 27,8 мкг/л в придонном слое, концентраций, превышающих ПДК, отмечено не было (рисунок 21). 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. По сравнению с 2020 г. в 2021 г. увеличилась изменчивость концентрации нитратов.

В 2021 г. отмечено снижение органического азота, в поверхностном горизонте его количество сократилось в 4,5 раза, а в придонном – в 8,5 раз. Концентрации у поверхности были в диапазоне 4,6-170,5 мкг/л, у дна – 6,09-151,1 мкг/л (рисунок 21).

Количество РОВ в водах приглубой зоны устьевого взморья в 2021 г. относительно 2020 г. почти не изменилось, а значения ВОВ сократились вдвое.

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2021 г. уровень биологического потребления кислорода у поверхности не поднимался выше значения 2,3 мг/л (1,3 ПДК), у дна максимум БПК₅ достигал 2,09 мг/л. Средние значения составили: в поверхностном горизонте 1,09 мг/л, у дна 0,9 мг/л. В сравнении с 2020 г. абсолютный максимум биологического потребления кислорода в 2021 г. незначительно снизился, средние значения не превышали ПДК (рисунок 22).

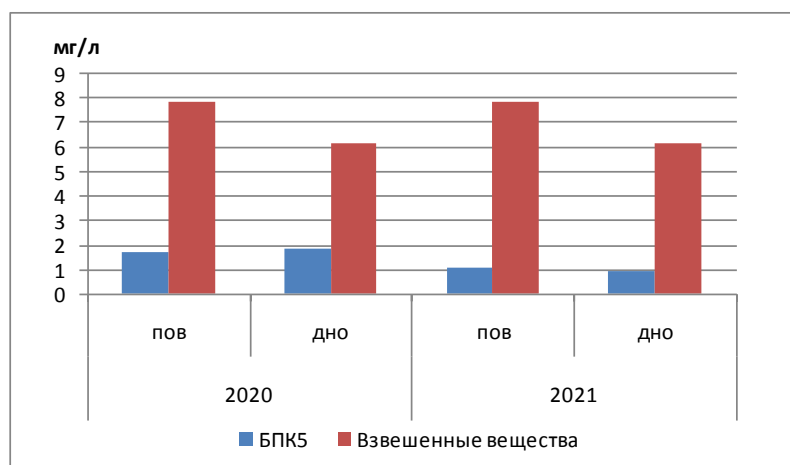


Рисунок 22 – БПК₅ и взвешенные вещества в водах ПЗ УО 2020-2021 гг.

Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах ПЗ УО колебалось от 1,6 до 43,1 мг/л, при среднем значении 7,85 мг/л. В придонном слое в этот же период количество взвесей составляло от 1,1 до 26,6 мг/л. Максимальное значение у поверхности превышало ПДК в 4,3 раза, у дна – в 2,7 раз. Средние показатели в 2021 г. были ниже установленной нормы (рисунок 22).

Содержание НУ в 2021 г. изменялось от 0,005 до 0,03 мг/л в поверхностном горизонте и от 0 до 0,02 мг/л в придонном горизонте (рисунок 23). При этом среднее значение в поверхностном слое составило 0,01 мг/л, а в придонном горизонте – 0,007 мг/л, среднегодовые значения не превышали установленный норматив. В сравнении с 2020 г. концентрации НУ в толще воды незначительно снизились. Концентрации НУ в 2021 г. не превышали многолетнюю изменчивость, которая в период 1998-2003 гг. находилась в диапазоне от следовых значений до 0,4 мг/л.

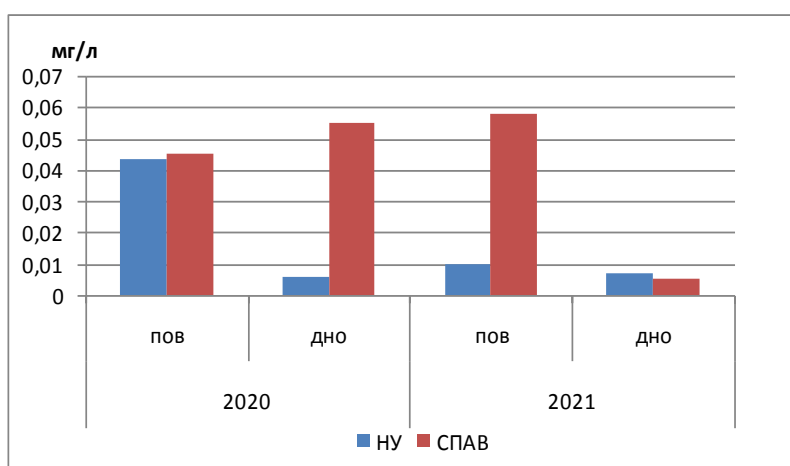


Рисунок 23 – НУ и СПАВ в водах ПЗ УО 2020-2021 гг.

В поверхностном и придонном горизонте акватории ПЗ УО в 2020 г. были выявлены СПАВ, концентрация которых не превышала ПДК и колебалась в диапазоне 0-0,12 мг/л, в среднем составив 0,06 в поверхностном горизонте и 0,005 – в придонном. В сравнении с предыдущим годом у поверхности акватории отмечается незначительное увеличение концентрации СПАВ, а у дна – снижение (рисунок 23).

В 2021 г. железо в водах приглубой зоны было ниже предела обнаружения аналитическим методом.

В 2021 г. в поверхностном и придонном слое определялось среднее количество марганца, которое составило соответственно 0,004 мг/л и 0,0035 мг/л. По сравнению с аналогичным периодом предшествующего года концентрация Мп у поверхности незначительно увеличилась, а у дна сократилась в 1,3 раза. Экстремальные значения колебались от 0 до 0,01 мг/л (рисунок 24). По литературным данным, многолетние концентрации марганца в воде изменялись от следовых значений до 0,025 мг/л [18].

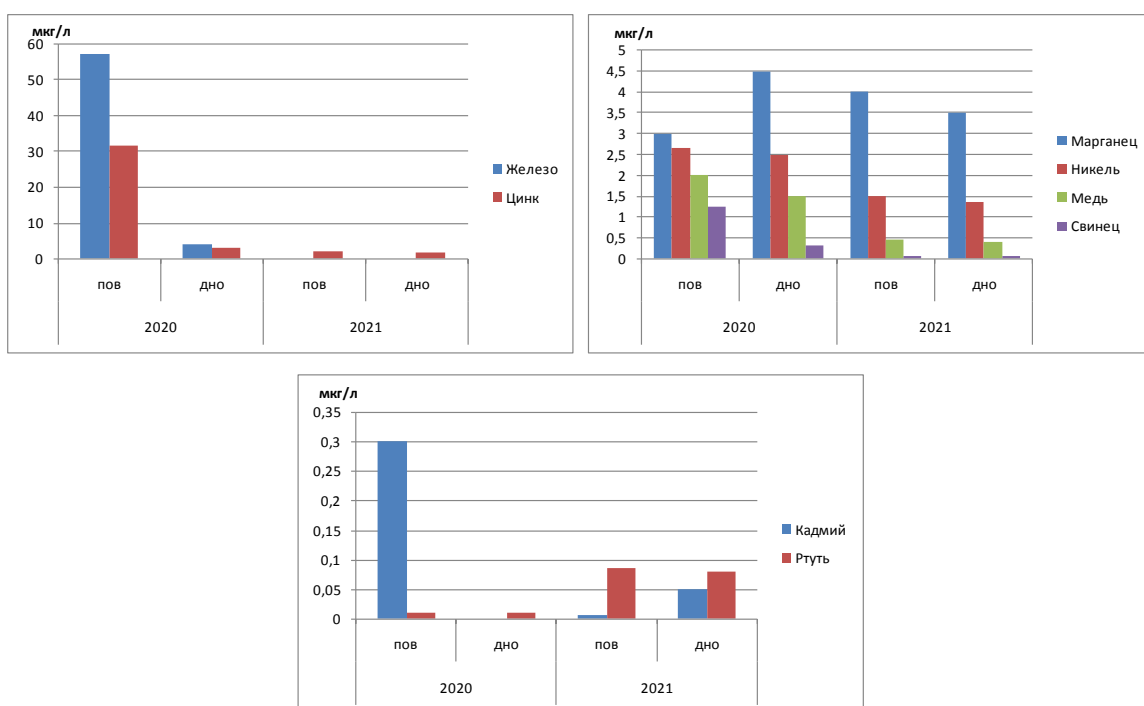


Рисунок 24 – ТМ в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Минимальное значение цинка в поверхностном слое акватории составило 0,001 мг/л, что в 11 раз ниже уровня прошлого года, максимальное было на уровне 0,006 мг/л, что говорит о значительной изменчивости данного показателя. В придонном горизонте концентрация цинка была выше, среднее количество этого металла было на уровне 0,002 мг/л, экстремальные значения изменялись от 0 до 0,005 мг/л. По сравнению с 2020 г. количество цинка в воде значительно снизилось (рисунок 24).

Средняя концентрация никеля была равна 0,002 и 0,001 мг/л у поверхности и в придонном горизонте. Максимальные концентрации в толще воды не поднимались выше 0,003 мг/л. В 2021 г. превышений установленного норматива никелем не регистрировалось. Следует отметить, что содержание никеля в 2020 г. было почти в 2 раза выше, чем в 2021 г.

Медь обнаруживалась в воде поверхностного слоя на уровне 0,5 мкг/л, в придонном слое содержание меди достигало 0,4 мкг/л, что значительно ниже показателей 2020 г. Исследования многолетнего уровня показали [18], что наибольшая концентрация меди наблюдалась в период 1998-2003 гг. и составила 0,014 мг/л. В 2020 г. экстремальные значения не превышали ПДК (рисунок 24).

В 2021 г. в водах ПЗ Северного Каспия определялось количество свинца. В поверхностном и придонном горизонте распределение его концентраций было однородным (от 0 до 1,0 мкг/л), среднее содержание этого элемента (0,05 мкг/л) было ниже уровня прошлого года. Превышений ПДК в 2021 г. не регистрировалось.

Анализ воды акватории на содержание кадмия в 2021 г. показал значительное снижение его концентрации относительно прошлого года. В поверхностном слое значение этого металла не превышало 0,0003 мг/л, что в 3 раза ниже значений 2020 г. В придонном горизонте кадмий достигал тех же значений (рисунок 24).

В поверхностном и придонном горизонте максимальная концентрация ртути была на уровне установленного норматива, а средняя достигала 0,085 и 0,08 мкг/л соответственно. По сравнению с предыдущим годом содержание ртути изменилось незначительно (рисунок 24).

В 2021 г. концентрация бария в воде исследуемой акватории не превышала порога обнаружения аналитического метода, как и в 2020 г.

Проводился анализ на содержание в воде ПАУ (рисунок 25), из числа которых в рыбохозяйственных водоемах нормируются бенз(а)пирен и нафталин. Количество бенз(а)пирена в поверхностном горизонте не превышало порога обнаружения аналитическим методом в течение всего периода наблюдений. В придонном горизонте колебания концентрации составили 0-0,003 мкг/л.

Количество нафталена колебалось у поверхности от 0 до 0,2 мкг/л, у дна – от 0 до 0,06 мкг/л, что значительно ниже ПДК. Относительно прошлого года содержание нафталена снизилось более чем в 2 раза. Общее количество ПАУ в 2021 г. относительно предыдущего года снизилось в 1,1-1,7 раз, средние значения в поверхностном слое достигали 0,035 мкг/л, в придонном – 0,03 мкг/л.

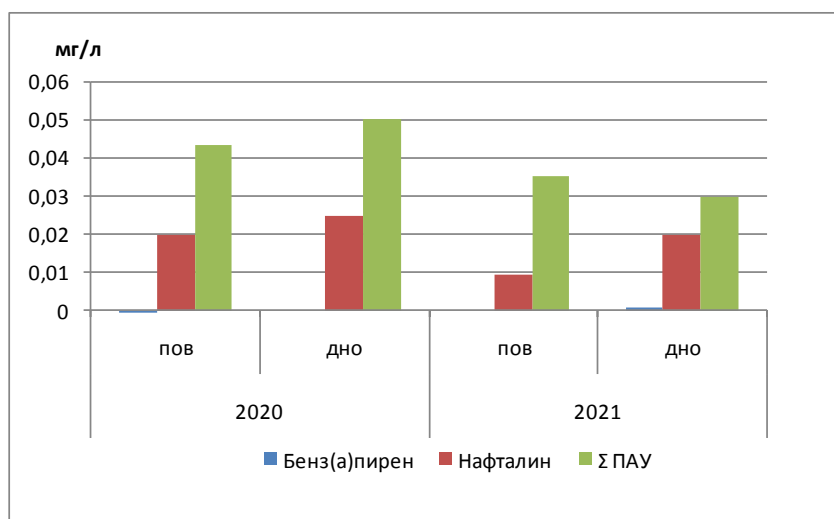


Рисунок 25 – ПАУ в водах ПЗ УО 2020-2021 гг.

Изучение качественного и количественного состава ХОП показало, что количество пестицидов группы ГХЦГ и ДДТ было ниже предела обнаружения аналитического метода.

КХА воды приглубой зоны Каспия в 2021 г. показал, что среди пестицидов были выявлены только полихлорированные бифенилы (ПХБ). Содержание ΣПХБ в поверхностном и придонном горизонте колебалось в диапазоне 0-0,009 мкг/л. В 2020 г. выявлена тенденция к снижению ПХБ в воде (рисунок 26).

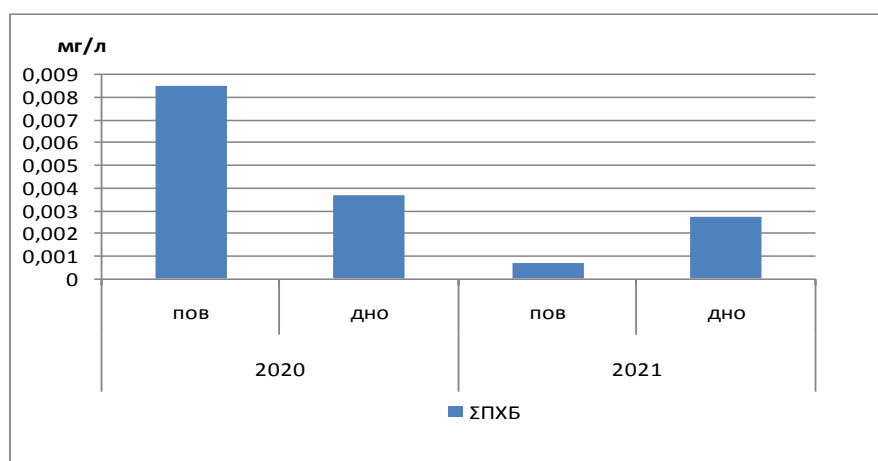


Рисунок 26 – ΣПХБ в водах ПЗ УО 2020-2021 гг.

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

Превышение нормативов за период исследований в 2021 г. было зарегистрировано для следующих показателей: растворенного кислорода, взвешенных веществ, БПК₅ и СПАВ.

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

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент вариабельности концентраций в летний период наблюдался у АСПАВ в поверхностном слое; у нитритного азота в придонном горизонте; у органического азота, соединений кремния и фосфора, взвешенных веществ, цинка, АСПАВ 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 7).

Таблица 7 – Изменчивость концентраций ЗВ в водах ПЗ УО в 2021 г.

ЗВ	СКО	Kv
Растворенный кислород	0,02	0,10
БПК ₅	0,21	0,65
рН	0,01	0,01
Аммонийный азот	0,07	0,08
Нитритный азот	2,05	1,26
Нитратный азот	0,47	0,81
Органический азот	2,67	2,81
Общий азот	0,38	0,39
Кремний	0,73	0,76
Фосфатный фосфор	1,95	1,35
Общий фосфор	5,83	2,81
НУ	0,70	0,86
Взвешенные вещества	0,69	0,81
РОВ	1,21	0,98
ВОВ	0,05	5,83
Нафталин	0,71	0,65
Аценафтен	0,12	0,17
Фенантрен	0,97	0,98
Антрацен	2,09	2,14
Хризен	0,50	0,56
ΣПАУ	0,27	0,63
Цинк	0,98	5,01
Медь	0,78	0,93
Никель	4,08	4,23
Свинец	0,84	0,94
Марганец	0,14	3,31
Ртуть	0,00	0,00
ΣПХБ	3,37	2,48
СПАВ	0,02	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 ПЗ УО по комплексным показателям проводилось в соответствии с рекомендациями Росгидромета с использованием ИЗВ [2].

Значительные различия в содержании гидрохимических компонентов среды в поверхностном и придонном горизонте Северного Каспия в 2021 г. делает целесообразной раздельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности ПЗ УО 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 2020 г. в период весеннего половодья комплексный показатель (ИЗВ = 1,4) позволил оценить воды Северного Каспия как «загрязненные» (IV класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды и свидетельствует о снижении экологической нагрузки на экосистему.

Состояние и загрязнение донных отложений по геохимическим показателям

В рамках ПЭМ исследуемой акватории 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 мм). В результате количественного анализа проб было установлено, что в донных осадках ПЗ преобладает мелкий песок [26], содержание которого достигало 89,2 %. Второе место по встречаемости занимает ракушка размерностью 5-2 мм, доля которой в среднем составила 15,5 % (таблица 8). Таким образом, на акватории распространены ракушечные, песчаные и алевритовые ДО.

Таблица 8 – Характеристика содержания фракций (мм) в донных отложениях (%) в 2021 г.

Показатели	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
Среднее значение	5,6	7,6	15,5	8,8	12,4	5,7	27,8	15,3
Максимум	26,8	35,5	39,9	34,5	61,5	41,1	89,2	84,9
Минимум	0,2	0,2	1,0	0,5	0,1	0,4	0,9	1,0

В поровых водах грунтов определялось содержание основных биогенных веществ (таблица 9). По сравнению с 2020 г. в 2021 г. отмечается незначительное возрастание концентрации кремния. На фоне возрастания фосфатов (более чем в 2 раза по сравнению с предыдущим годом) наблюдалось снижение общего фосфора за счет уменьшения содержания органических форм. В т. г. произошло снижение всех форм минерального азота (наиболее резкое снижение наблюдалось в динамике нитратов, концентрация которых по сравнению с 2020 г. снизилась в 5 раз), что обусловило снижение содержания общего азота.

Таблица 9 – Содержание основных биогенов в поровых водах донных отложений Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 г.	2021 г.	
			ср.знач.	диапазон
Кремний	мкг/л	871,3	975,1	118,9-2413,0
Фосфор минеральный	мкг/л	442,7	965,3	57,1-1982,0
Фосфор общий	мкг/л	854,1	379,0	147,6-2718,0
Азот аммонийный	мкг/л	1011,0	829,9	102,4-2911,8
Азот нитритный	мкг/л	43,2	35,1	9,3-190,3
Азот нитратный	мкг/л	335,0	65,1	18,6-420,8
Азот общий	мкг/л	2256,4	2120,9	936,2-5639,0

Содержание большинства ЗВ в ДО, подстилающих ПЗ УО р. Волги, не превышало ДК (таблица 10).

В ДО в 2021 г. по сравнению в прошлым годом возросла концентрация НУ (в 8 раз), СПАВ (в 1,9 раз), марганца (в 1,5 раз), цинка (в 2 раза), бенз(а)пирена (в 1,3 раза). Из вышеперечисленных ЗВ только количество цинка превышало ДК. Превышение ДК зарегистрировано в 6 % случаев. Максимальное превышение ДК составило 1,9 раз.

Снизилось содержание таких ЗВ, как железо (в 1,1 раза), никель (в 1,3 раз), медь (в 1,3 раза), свинец (в 1,1 раза), ртуть (в 3,5 раза), нафталин (в 1,3 раза), сумма ПАУ (в 1,2 раза), β-ГХЦГ (в 15,5 раз), суммы ГХЦГ (в 16 раз). Содержание нафталина в ДО было выше ДК (в 1,2 раза) в единичном случае.

Концентрация прочих ЗВ в ДО была ниже ДК.

Концентрация фенолов, кадмия, бария, α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДЭ, ДДД, ДДТ, суммы ДДТ была ниже предела обнаружения химическим методом.

Таблица 10 – Содержание загрязняющих веществ в ДО Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 г.	2021 г.		ДК
		ср. знач.	ср. знач.	диапазон	
НУ	мг/кг	1,095	8,778	0-20,0	50
Фенолы	мг/кг	0	0	0	0,05
СПАВ	мг/кг	1,43	2,69	0-11,90	-
Железо	мг/кг	4351,49	3900,74	600,0-9800,0	-
Марганец	мг/кг	86,4	127,4	30,0-310,0	-
Цинк	мг/кг	24,15	47,6	3,5-239,0	124
Никель	мг/кг	7,095	5,44	1,30-10,26	35
Медь	мг/кг	5,1	3,88	2,17-10,0	18,7
Свинец	мг/кг	6,39	5,93	1,6-9,4	30,2
Кадмий	мг/кг	0,0175	0	0	0,7
Ртуть	мг/кг	0,007	0,002	0-0,034	0,13
Барий	мг/кг	0	0	0	160
Нафталин	мкг/кг	5,01	3,84	0-41,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	1,03	1,34	1,0-3,2	88,8
Σ ПАУ	мкг/кг	38,36	32,83	0-77,4	-
α-ГХЦГ	мкг/кг	0,0105	0	0	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0,155	0,01	0-0,43	10
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0,32
Σ ГХЦГ	мкг/кг	0,160	0,01	0-0,43	-
ДДЭ	мкг/кг	0	0	0	1,22
ДДД	мкг/кг	0	0	0	2,07
ДДТ	мкг/кг	0	0	0	1,11
Σ ДДТ	мкг/кг	0	0	0	2,5
Σ ПХБ	мг/кг	0	0,50	0-1,56	21,5

В соответствии с РД 52.15.880-2019, оценка качества ДО по содержанию в них НУ проводится по принятой международной шкале [2]. В 2021 г. содержание НУ в ДО достигало 20 мг/кг, что позволяет отнести донные осадки к I классу качества ДО «чистые» ($15 \leq C \leq 50$). По сравнению с 2020 г., когда ДО оценивались как «очень чистые», качество ДО в 2021 г. ухудшилось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Режимные наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши проводятся на 8 постах, расположенных в верхней и средней зонах дельты р. Волги. Гидрохимическими наблюдениями за качеством поверхностных вод бассейна р. Волги в 2021 г. государственной наблюдательной сетью были охвачены 5 водотоков дельтовой части, на которых функционировали 8 пунктов и 15 створов. Всего в ходе наблюдений в дельте р. Волги в 2021 г. определялось 33 показателя химического состава и загрязненности речных вод, из которых 26 показателей нормируются в рыбохозяйственных водоемах России.

Динамика комплексного показателя качества вод (УКИЗВ) говорит об увеличении нагрузки на водные объекты дельты в отчетном году по сравнению с предшествующим. Наиболее высокие значения индекса зафиксированы в районе г/п ВЛ, ЦКК и Ильинка, как в наиболее загрязненных районах.

Антропогенные факторы являются основным источником поступления ЗВ в р. Волгу. Объекты промышленного и сельскохозяйственного производства, расположенные вдоль берегов, оказывают значительное воздействие на состояние и загрязнение волжских вод.

В 2021 г. в морской части устьевого взморья р. Волги проводился производственный экологический мониторинг, включавший наблюдения за состоянием и загрязнением окружающей среды. Оценка состояния и качества морской среды устьевого взморья проводилась по данным ПЭМ в Северном Каспии.

Определение качества воды исследуемой акватории по комплексным показателям проводилось в соответствии с рекомендациями Росгидромета с использованием ИЗВ.

Значительные различия в содержании гидрохимических компонентов среды в поверхностном и придонном горизонте отмелей зоны устьевого взморья в 2021 г. делает целесообразной раздельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, взвешенных веществ, меди и железа. Поверхностный слой воды ОЗ согласно значению ИЗВ, составившему 2,03 ед., оценивался как «грязный» (V класс качества вод). В придонном слое в 2021 г. для расчета индекса загрязненности, помимо растворенного кислорода, было принято использовать те же ЗВ. Индекс равный 2,40 ед. позволяет отнести воды исследуемой акватории к той же категории «грязные». В 2020 г. комплексный показатель (ИЗВ = 1,64) позволил оценить воды данной акватории как «загрязненные» (IV класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды и свидетельствует об увеличении экологической нагрузки на экосистему.

Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО ОЗ УО р. Волги свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по международным критериям определялось как удовлетворительное.

Для расчета индекса загрязненности ПЗ УО р. Волги 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 2020 г. в период весеннего половодья комплексный показатель (ИЗВ = 1,4) позволил оценить воды Северного Каспия как «загрязненные» (IV класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды и свидетельствует о снижении экологической нагрузки на экосистему.

Сравнительный анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по международным критериям определялось как удовлетворительное. По сравнению с 2020 г., когда ДО оценивались как «очень чистые», качество ДО в 2021 г. ухудшилось.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293748/4293748080.pdf> (дата обращения 15.04.2021).
2. РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений». – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293724/4293724612.pdf> (дата обращения 15.04.2020).
3. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 01.10.2022).
4. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек: Учебник. – М: Изд-во МГУ, 1998. – 176 с.
5. 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 25.03.2022).
6. 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 04.09.2022).
7. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 10.09.2022).
8. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря / В.Ф. Полонский, В.Н. Михайлов, С.В. Кирьянов и др.; Отв. ред.: В.Ф. Полонский и др. – Москва: ГЕОС, 1998. – 278 с.
9. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе / Г.А. Монахова, О.И. Есина, В.О. Татарников, С.К. Монахов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 1. – С. 32-37.
10. РД 52.10.324-92 Методические указания. Гидрологические наблюдения и работы на гидрометеорологической сети в устьевых областях рек. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200082887/> (дата обращения 19.09.2022).
11. Проблемы загрязнения устьевой области Волги / Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2021. – 328 с.

12. Устьевые области крупных рек России: Антропогенная нагрузка и экологическое состояние / В.С. Брызгалов, А.М. Никаноров, Л.С. Косменко, О.С. Решетняк. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного Федерального Университета, 2015. – 164 с.
13. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С. Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций. – Ростов-на-Дону: НОК, 2012. – 310 с.
14. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2018 / Отв. ред. М.М. Трофимчук. – Ростов н/Д., 2019. – 561 с.
15. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник. 2019 / Отв. ред. М.М. Трофимчук. – Ростов н/Д., 2020 – 204 с.
16. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник. 2020 / Отв. ред. М.М. Трофимчук. – Ростов н/Д., 2021 – 611с.
17. Ресурсы поверхностных вод СССР / Отв. ред. Ю.А. Елшина, В.В. Куприянова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1971. – Т. 12. – Вып. 1. – 231 с.
18. Ресурсы поверхностных вод СССР – СПб.: Гидрометеиздат, 1973. – Т.10. – Кн.1. – 398 с.
19. Обзор тенденции и динамики загрязнения устьевой области Волги за период 1978-2018 гг. / Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань, 2020. – 121 с.
20. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. – 864 с.
21. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. – 1994. Т. – 34. – № 5. – С. 735-747.
22. Гурский Ю.Н., Лисицын А.П., Геохимические особенности процессов на нижнем этаже маргинального фильтра река – море // ДАН. – 2011. – Т. 436. – № 3. – С. 368-376.
23. Монахова Г.А., Попова Н.В., Попов С.К. и др. Расчет водообмена и переноса загрязняющих веществ на границе лицензионного участка // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 12. – С 33-39.
24. Каспийское море: Гидрология и гидрохимия / Отв. ред. С.С. Байдин, А.Н. Косарев. – М.: Наука, 1986. – 262 с.
25. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / Отв. ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – 406 с.
26. Козина Н.В., Новигатский А.Н. Состав обломочных минералов поверхностного слоя донных осадков Каспийского моря // Океанология. – 2014. – Т. 54. –

№ 3. – С. 378- 395.

27. Каспийское море: Ихтиофауна и промысловые ресурсы / Отв. ред. В.Н. Беляева и др. – М.: Наука, 1989. – 236 с.

28. Клиге Р.К., Селиванов А.О. Баланс осадочного вещества в Каспийском море и его возможная роль в изменениях уровня водоема // Водные ресурсы. – 1995. – Т. 22. – № 3. – С. 330–335.

29. Хрусталеv Ю.П. Закономерности современного осадконакопления в Северном Каспии. – Ростов-на-Дону, 1978. – 207 с.

30. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря. – М.: Недра, 1996. – 502 с.

31. Бухарицин П.И., Лабунская Е.Н. Исследования морских льдов в целях обеспечения нефтегазовых работ на шельфе Северного Каспия // Вестник АГТУ. Сб. науч. тр. Экология. – Астрахань: АГТУ, 2002. – С. 33.

32. Кирьянов С.В., Афанасьева Н.А. Влияние стока Волги на состояние загрязнения Северного Каспия // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 6. – С. 114–117.

33. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselkhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/> (дата обращения 21.05.2022).

34. Алексеевский Н.И., Коротаев В.Н., Михайлов В.Н. Динамика морского края дельты Волги и русловой режим ее дельтовых водотоков при колебаниях уровня Каспия // Эрозия почв и русловые процессы. – 1997. – № 11. – С. 273-286.

35. Белевич Е.Ф. Районирование дельты Волги / Отв. ред. Е.Ф. Белевич // Труды Астраханского заповедника. – 1963. – Вып. 8. – С. 401-421.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Средние значения показателей состояния и загрязнения дельты р. Волги в 2020-2021 гг.

Показатель	Верхнелебяжье		ПОС		ЦКК		Кривая Болда		Подчалык		Камызяк		Ильинка		Красный Яр		ПДК
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Взвешенные вещества, мг/л	37,68	30,67	32,05	28,95	36,26	32,15	32,23	28,30	44,86	25,76	37,18	28,12	36,72	32,17	39,15	26,07	10,0
рН, ед.рН	8,11	8,09	8,02	8,05	8,06	8,06	8,04	8,19	8,08	8,07	8,09	8,10	8,05	8,39	8,05	8,09	6,5-8,5
Растворенный кислород, мгО ₂ /л	10,42	10,45	9,97	9,69	9,80	10,37	10,50	11,12	10,94	10,72	11,18	10,32	9,39	9,93	10,71	10,78	6,0
Степень насыщения кислородом, %	108,12	108,93	93,60	94,28	101,01	109,09	102,58	111,82	101,80	99,63	103,86	102,13	96,83	113,16	99,90	104,45	-
ХПК, мг/л	23,70	26,14	23,55	24,38	24,20	25,14	23,99	23,79	23,60	25,41	24,19	24,52	23,67	24,87	24,69	23,92	15,0
БПК ₅ , мг/л	2,05	2,17	2,02	2,15	2,12	2,22	2,07	2,17	2,29	2,16	1,96	2,27	2,08	2,12	2,23	2,11	2,1
СО ₂ , мг/л	2,99	2,29	3,56	2,63	3,10	2,31	3,46	2,00	2,98	2,61	3,13	2,24	3,00	2,13	3,31	2,50	-
Азот аммонийный, мг/л	0,015	0,009	0,019	0,011	0,015	0,009	0,015	0,010	0,013	0,010	0,014	0,010	0,015	0,007	0,014	0,010	0,5
Азот нитритный, мг/л	0,007	0,003	0,014	0,003	0,004	0,004	0,021	0,003	0,026	0,005	0,010	0,003	0,006	0,002	0,020	0,003	0,08
Азот нитратный, мг/л	0,27	0,18	0,32	0,16	0,32	0,26	0,27	0,25	0,34	0,23	0,31	0,19	0,31	0,20	0,34	0,19	40,0
Азот суммарный минеральный, мг/л	0,30	0,20	0,35	0,17	0,13	0,28	0,26	0,21	0,37	0,24	0,03	0,17	0,33	0,17	0,03	0,21	-
Фосфор минеральный, мг/л	0,036	0,017	0,034	0,013	0,033	0,011	0,033	0,014	0,032	0,017	0,034	0,017	0,035	0,013	0,030	0,019	0,05
Кремний, мг/л	5,70	15,78	5,88	13,15	5,86	15,15	5,83	13,43	5,97	12,98	5,59	13,02	5,67	14,23	6,10	14,01	-
Железо, мг/л	0,11	0,17	0,11	0,18	0,10	0,19	0,11	0,18	0,09	0,16	0,10	0,14	0,10	0,16	0,10	0,15	0,01
Медь, мкг/л	1,62	2,20	1,79	2,22	1,63	2,43	1,89	2,43	1,74	2,39	1,15	2,31	1,54	2,42	1,54	2,47	0,001
Цинк, мкг/л	45,19	50,51	40,98	50,44	40,49	53,86	39,68	53,10	41,99	58,90	46,10	51,53	40,25	52,88	43,38	57,99	0,01
Никель, мкг/л	2,03	6,25	2,28	4,65	1,70	6,47	1,52	4,86	1,66	4,78	1,58	5,91	2,17	5,41	1,94	5,54	0,01
Хром, мкг/л	0,15	0,31	0,16	0,19	0,17	0,23	0,15	0,25	0,15	0,30	0,16	0,31	0,15	0,19	0,19	0,28	20,0
Марганец, мкг/л	1,17	3,43	1,44	3,45	1,30	4,62	1,53	3,11	3,28	3,18	1,28	3,41	1,60	2,94	1,66	3,27	0,01

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ртуть, мкг/л	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
Свинец, мкг/л	0,17	0,47	0,18	0,37	0,17	0,39	0,16	0,39	0,21	0,38	0,21	0,43	0,21	0,39	0,17	0,42	0,006
Молибден, мкг/л	1,66	1,31	1,76	1,72	1,74	1,60	1,79	1,64	1,85	1,89	1,81	1,70	1,51	1,91	1,76	1,90	0,001
Олово, мкг/л	0,33	0,61	0,41	0,51	0,36	0,53	0,43	0,56	0,37	0,56	0,35	0,61	0,38	0,52	0,38	0,53	0,112
Кадмий, мкг/л	0,93	0,07	1,27	0,21	1,27	0,05	1,06	0,07	1,09	0,28	1,00	0,20	1,02	0,16	1,12	0,17	0,001
ДДЭ, мкг/л	0	0,001	-	-	-	0,001	-	0,001	-	-	0	0,002	0	0,002	-	0,002	0,01/ отс
ДДТ, мкг/л	0,001	0,001	-	-	-	0,001	-	0,002	-	-	0,001	0,002	0,003	0,002	-	0,002	0,01/ отс
α-ГХЦГ, мкг/л	0	0,001	-	-	-	0,001	-	0,001	-	-	0,002	0,001	0,001	0,003	-	0,001	0,01/ отс
γ-ГХЦГ, мкг/л	0,001	0,001	-	-	-	0,001	-	0,001	-	-	0,002	0,001	0,001	0,002	-	0,001	0,01/ отс
Фенолы, мг/л	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
НУ, мг/л	0,055	0,064	0,046	0,068	0,050	0,073	0,048	0,066	0,058	0,058	0,050	0,076	0,075	0,074	0,047	0,062	0,05
АПАВ, мг/л	0,043	0,052	0,038	0,042	0,045	0,048	0,039	0,043	0,044	0,037	0,040	0,043	0,045	0,047	0,038	0,046	0,043
УКИЗВ	2,7	3,1	2,5	2,9	2,7	3,3	2,6	3,0	2,8	2,7	2,5	2,9	2,8	3,1	2,5	2,9	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Основные показатели химического состава морских вод отмелей зоны устьевого взморья р. Волги в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 г.						2021 г.						ПДК
		пов.			дно			пов.			дно			
		ср.знач.	мин	макс	ср.знач.	мин	макс	ср.знач.	мин	макс	ср.знач.	мин	макс	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Температура	°С	11,50	8,80	17,20	11,40	8,70	15,80	27,29	25,40	29,20	27,10	25,40	29,00	-
Соленость	‰	5,20	0,20	11,00	5,30	0,20	11,10	1,07	0,21	3,70	1,25	0,22	4,43	-
рН	ед. рН	8,32	8,10	8,50	8,33	8,10	8,50	8,40	8,30	8,40	8,33	8,30	8,40	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/л	7,42	6,70	8,50	7,16	6,60	8,30	7,82	7,50	8,20	7,79	7,40	8,20	6,0
Кремний	мкг/л	104,09	0,00	759,00	93,65	0,00	762,00	101,00	11,00	471,00	193,80	12,00	625,00	-
Фосфор минеральный	мкг/л	17,14	0,00	52,00	18,43	0,00	74,00	9,77	5,00	27,00	17,32	5,00	104,00	-
Фосфор органический	мкг/л	4,00	1,00	11,00	3,63	0,00	8,00	2,70	1,00	6,00	1,50	0,00	3,00	-
Фосфор общий	мкг/л	14,48	11,00	36,00	14,13	10,00	25,00	11,00	5,00	25,00	16,42	5,00	41,00	-
Азот аммонийный	мкг/л	25,87	0,00	84,00	26,09	0,00	71,00	206,77	34,00	436,00	29,50	20,00	87,00	500
Азот нитритный	мкг/л	0,59	0,00	2,40	0,70	0,00	3,80	1,52	0,00	8,10	7,19	0,60	35,80	-
Азот нитратный	мкг/л	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,43	5,00	33,00	30,00	5,00	130,00	40*10 ³
Азот минеральный	мкг/л	26,46	0,00	84,00	26,79	0,00	71,00	204,60	33,00	437,50	29,27	0,00	130,60	-
Азот органический	мкг/л	827,28	531,00	1251,60	731,56	394,00	1257,10	739,40	470,00	1074,50	692,70	392,50	1441,40	-
Азот общий	мкг/л	853,74	531,00	1276,00	758,35	394,00	1259,00	944,04	503,00	1512,00	722,00	394,00	1572,00	-
БПК ₅	мг/л	1,387	1,330	1,490	1,390	1,320	1,470	1,413	1,330	1,480	1,411	1,330	1,480	2,1
Взвешенные вещества	мг/л	84,783	3,000	235,000	101,478	5,000	295,000	43,182	6,000	70	57,913	0	107,000	10
НУ	мг/л	0,022	0,012	0,031	0,021	0,013	0,030	0,025	0,020	0,033	0,026	0,020	0,035	0,05
АПАВ	мг/л	0,027	0	0,041	0,027	0	0,044	0,029	0,025	0,041	0,031	0,026	0,044	0,1
Железо	мг/л	0,075	0	0,750	0,103	0	0,890	0,093	0,050	0,250	0,085	0,050	0,120	0,05
Марганец	мг/л	0	0	0	0	0	0	0,014	0,002	0,066	0,005	0,001	0,014	0,05
Цинк	мг/л	0	0	0	0	0	0	0,005	0,001	0,014	0,007	0,007	0,007	0,05
Никель	мг/л	0,017	0	0,062	0,014	0	0,057	0	0	0	0	0	0	0,01
Медь	мг/л	0	0	0	0	0	0	0,006	0,003	0,010	0,006	0,003	0,009	0,005
Свинец	мг/л	0,013	0	0,056	0,012	0	0,061	0	0	0	0	0	0	0,01
Кадмий	мг/л	0	0	0,001	0	0	0,002	0,001	0	0,003	0,001	0	0,002	0,01
Ртуть	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бенз(а)пирен	мкг/л	0,022	0	0,240	0,032	0	0,220	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	-
Нафталин	мкг/л	0,051	0,006	0,272	0,055	0,008	0,250	0,034	0,020	0,050	0,031	0,022	0,040	4
Σ ПАУ	мкг/л	1,387	1,330	1,490	1,390	1,320	1,470	0,072	0,034	0,115	0,021	0	0,079	-
α-ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
β-ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
γ-ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ДДЭ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
ДДД	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
ДДТ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Σ ДДТ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ ПХБ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Бензол	мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Толуол	мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Основные показатели химического состава морских вод приглубой зоны устьевого взморья р. Волги в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 г.						2021 г.						ПДК
		пов.			дно			пов.			дно			
		ср.знач.	мин	макс	ср.знач.	мин	макс	ср.знач.	мин	макс	ср.знач.	мин	макс	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Температура	°С	17,39	14,01	20,51	14,75	7,84	17,94	20,44	11,61	29,51	16,52	8,80	28,71	-
Соленость	‰	8,68	3,20	11,34	10,10	4,95	11,51	9,24	0,35	11,21	9,87	0,35	11,51	-
рН	ед. рН	8,54	8,30	8,65	8,50	8,38	8,67	8,45	8,32	8,59	8,44	8,26	8,57	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/л	12,23	10,20	14,90	11,62	8,02	14,87	7,65	5,52	10,52	6,23	4,37	7,24	6,0
Кремний	мкг/л	67,55	11,00	529,20	91,55	10,60	1014,00	29,09	0,00	97,00	24,65	0,00	95,27	-
Фосфор минеральный	мкг/л	10,70	0,00	69,40	6,71	0,00	26,27	0,11	0,00	7,51	0,68	0,00	6,94	-
Фосфор органический	мкг/л	23,84	3,55	78,17	25,58	0,00	89,34	9,51	0,00	33,92	9,05	0,00	44,03	-
Фосфор общий	мкг/л	31,57	6,72	94,22	30,95	5,69	96,58	10,68	0,00	33,92	9,30	0,00	44,03	-
Азот аммонийный	мкг/л	8,80	0,00	128,40	2,85	0,00	66,80	33,17	0,00	195,20	55,24	0,00	241,00	500
Азот нитритный	мкг/л	1,22	0,53	3,53	1,48	0,54	3,92	0,92	0,00	4,56	0,88	0,00	4,67	-
Азот нитратный	мкг/л	2,67	0,00	11,01	3,46	0,00	9,59	3,19	0,00	40,11	2,68	0,00	27,83	40*10 ³
Азот минеральный	мкг/л	12,69	0,00	140,01	7,78	0,00	67,47	37,29	0,00	203,38	58,82	0,00	241,00	-
Азот органический	мкг/л	313,48	2,84	1955,20	398,03	0,75	3094,29	70,97	4,60	170,50	47,12	6,09	151,10	-
Азот общий	мкг/л	318,99	3,10	1955,20	401,71	0,75	3106,35	82,82	0,83	237,90	126,13	53,72	316,90	-
БПК ₅	мг/л	1,705	1,060	3,490	1,820	1,090	2,820	1,090	0	2,310	0,945	0	2,090	2,1
Взвешенные вещества	мг/л	7,840	1,600	43,100	6,165	1,100	26,600	7,845	1,600	43,100	6,160	1,100	26,600	10
НУ	мг/л	0,044	0,005	0,170	0,006	0	0,011	0,010	0,005	0,030	0,007	0	0,020	0,05
СПАВ	мг/л	0,045	0	0,120	0,055	0	0,110	0,058	0	0,120	0,005	0	0,120	0,1
Железо	мг/л	0,057	0,002	0,160	0,004	0,001	0,010	0	0	0	0	0	0	0,05
Марганец	мг/л	0,003	0,002	0,008	0,005	0,002	0,020	0,004	0	0,009	0,004	0	0,010	0,05
Цинк	мг/л	0,032	0,005	0,070	0,003	0,001	0,014	0,002	0,001	0,006	0,002	0	0,005	0,05
Никель	мг/л	0,003	0,002	0,004	0,003	0,002	0,004	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,01
Медь	мкг/л	2,0	1,0	5,0	2,0	1,0	4,0	0,45	0	1,0	0,40	0	1,0	5,0
Свинец	мг/л	1,0	0	3,0	0,3	0	1,0	0,05	0	1,0	0,05	0	1,0	1,0
Кадмий	мг/л	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Ртуть	мкг/л	0,010	0	0,060	0,010	0	0,080	0,085	0	0,100	0,080	0,040	0,100	0,1

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Барий	мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Бенз(а)пирен	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0,003	0,01
Нафталин	мкг/л	0,020	0	0,090	0,025	0	0,140	0,010	0	0,200	0,020	0	0,060	4
Σ ПАУ	мкг/л	0,044	0	0,160	0,050	0	0,230	0,035	0	0,200	0,030	0	0,130	-
α-ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
β-ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
γ-ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ДДЭ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
ДДД	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
ДДТ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Σ ДДТ	мкг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ ПХБ	мкг/л	0,0085	0,005	0,013	0,00365	0	0,022	0,065	0	0,009	0,0027	0	0,009	-
Бензол	мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Толуол	мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5