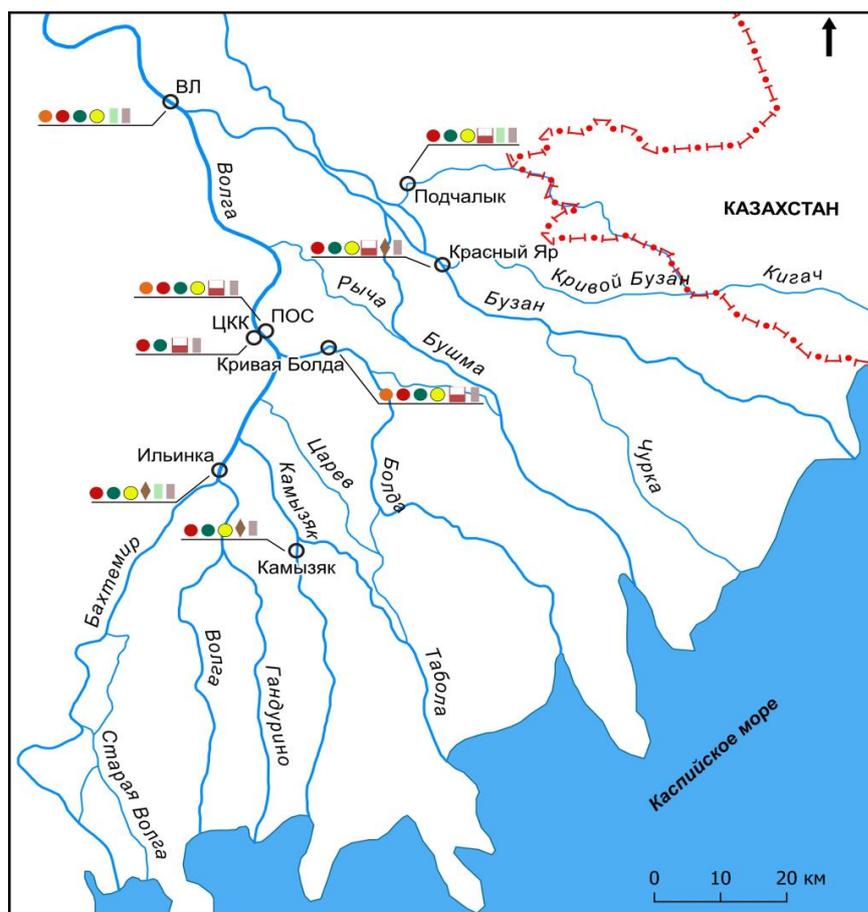


БЮЛЛЕТЕНЬ О СОСТОЯНИИ И ЗАГРЯЗНЕНИИ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. ВОЛГИ ЗА 2020 ГОД



РЕФЕРАТ

Отчет 72 с., 1 кн., 35 рис., 10 табл., 29 источн., 3 прил.

Р. ВОЛГА, ДЕЛЬТА, УСТЬЕВОЕ ВЗМОРЬЕ, МЕЛКОВОДНАЯ ЗОНА, ГЛУБОКОВОДНАЯ ЗОНА, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД

Предметом исследований является состояние и загрязнение дельты и устьевого взморья р. Волги в 2020 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.

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 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши»;
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» [1, 2].

В работе индекс загрязненности вод использовался как основной метод оценки качества водоемов по комплексу гидрохимических показателей (ингредиентов). Комплексная оценка качества вод с применением индекса загрязненности вод проводилась как для пресных [2], так и для морских вод [1].

Результатом работы является бюллетень о состоянии и загрязнении устьевой области р. Волги за 2020 год, в котором представлена комплексная оценка экологического состояния акватории исследуемых водных объектов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Формирование гидрохимических условий и краткая характеристика устьевой области р. Волги.....	10
2 Оценка состояния загрязнения дельты р. Волги в 2020 г.....	19
3 Оценка состояния и загрязнения отмелой зоны устьевого взморья р. Волги в 2020 г.....	32
4 Оценка состояния и загрязнения приглубой зоны устьевого взморья р. Волги в 2020 г.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	69

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

АУВ	– ароматические углеводороды
АП АВ	– 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
г/п	– гидрологический пост
ГХИ	– Гидрохимический институт
ГХЦГ	– гексахлорциклогексан
ГЭС	– гидроэлектростанция
ДДД	– дихлордифенилдихлорэтан
ДДЭ	– дихлордифенилдихлорэтилен
ДК	– допустимая концентрация
ДО	– донные отложения
ДДТ	– дихлордифенилтрихлорэтан
ЕГФД	– Единый государственный фонд данных
Ед. изм.	– единица измерения
ЖКХ	– жилищно-коммунальное хозяйство
ЗВ	– загрязняющее вещество
ИЗВ	– индекс загрязненности вод
км	– километр
КПАВ	– катионные поверхностно-активные вещества
КХА	– количественный химический анализ
ЛАУ	– летучие ароматические углеводороды
макс	– максимум
мБС	– метров Балтийской системы высот
мин	– минимум
МКД	– морской край дельты

НУ	– нефтяные углеводороды
о.	– остров
ОЗ	– отмеляя 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
С-В	– северо-восток
С-З	– северо-запад
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
Кv	– коэффициент вариации
0	– ниже предела обнаружения

ВВЕДЕНИЕ

Негативные последствия антропогенной деятельности принимают все большие размеры, достигая глобальных масштабов, и приобретают международный характер. Существенное отрицательное влияние на качество поверхностных вод и морской среды оказывают происходящие изменения климата. Для бассейна Каспийского моря в первой половине XXI века возможно значительное снижение водности в результате как изменения климата, так и интенсивной хозяйственной деятельности. Это может привести, в частности, к возникновению серьезных проблем в системе Волго-Каспийского бассейна. В ближайшие годы частота маловодных лет, возможно, будет возрастать, что может повлечь серьезные экологические и экономические проблемы. В перспективе они могут усугубиться, уменьшение водных ресурсов может привести к ухудшению качества воды. В условиях растущего антропогенного воздействия актуальным является как сохранение природной среды, так и оптимальное использование возобновляемых и невозобновляемых ресурсов биосферы.

Несмотря на наметившуюся в последние годы положительную тенденцию к уменьшению антропогенной нагрузки на водные объекты, сложившийся отрицательный эффект влияния хозяйственной деятельности на поверхностные воды пока не компенсирован. 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 наблюдений гидрохимической сети Росгидромета и ПЭМ в 2020 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 [11, 12].

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

Основным результатом исследований является бюллетень о состоянии загрязнения устьевой области р. Волги за 2019 г.

Бюллетень состоит из четырех разделов: формирование гидрохимических условий и краткая характеристика устьевой области р. Волги, оценка состояния загрязнения дельты р. Волги в 2020 г, Оценка состояния и загрязнения ОЗ устьевого взморья р. Волги в 2020 г, Оценка состояния и загрязнения ПЗ устьевого взморья р. Волги в 2020 г.

В бюллетене приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами устьевой области р. Волги в 2020 г. Бюллетень содержит информацию о результатах наблюдений в рамках государственной программы мониторинга поверхностных вод суши и морской среды, проводимых химическими лабораториями региональных подразделений Росгидромета, а также программ ПЭМ.

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. Для контролируемых акваторий в целом или их локальных участков дана оценка состояния вод по отдельным параметрам с помощью их кратности значению ПДК, по комплексному индексу загрязненности вод.

Результаты исследований, приведенные в настоящем обзоре, рекомендуется использовать для разработки целевых показателей качества окружающей среды в Каспийском регионе, а также разработки приоритетных направлений государственных, федеральных, региональных и ведомственных целевых программ, предусматривающих мероприятия по контролю сбросов сточных вод, управлению отходами, минимизации загрязнения из рассредоточенных источников и защите, сохранению и восстановлению водных биологических ресурсов.

1 ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. ВОЛГИ

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. Принадлежит к рекам с восточно-европейским типом водного режима, с хорошо выраженными весенним половодьем, осенними паводками, летней и зимней меженью. Питание реки преимущественно снеговое.

Важную роль в формировании гидрохимических условий водных объектов, помимо антропогенных, играют такие природные факторы, как: состав почв и горных пород, с которыми взаимодействует вода, климат, растительный покров и условия водного питания [11, 13, 14].

Территория водосбора верховьев р. Волги расположена в залесенных или заболоченных районах, в зоне распространения карбонатных пород, почвообразующими здесь являются ледниковые, флювиогляциоларные (водно-ледниковые) и аллювиальные отложения, здесь имеют развитие подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные и торфяно-болотные почвы. В этом районе вымывание сульфатов и хлоридов (легкорастворимых неорганических соединений) из почв способствует формированию гидрокарбонатных вод, преимущественно малой и средней минерализации. Повышенная кислотность торфяно-болотных почв обуславливает снижение минерализации воды и обеспечивает выщелачивание из лесной подстилки и верхнего горизонта почв продуктов разложения, растительных и животных остатков, тем самым вода обогащается органическими веществами, в том числе гуминовыми и фульвокислотами, что, в свою очередь, увеличивает кислотность воды и уменьшает содержание HCO_3^- . В период межени залесенность играет незначительную роль в формировании гидрохимических условий, вода в этот период становится гидрокарбонатно-кальциевой. Кроме того, смена гидрологических фаз в течение года и различия в водности отдельных лет вызывают значительные колебания минерализации и химического состава поверхностных вод [11, 13, 14].

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.

Ресурсы поверхностных вод Нижнего Поволжья состоят из транзитного стока р. Волга, ее наиболее крупного притока – р. Кама, а также стока 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 [11].

Одним из главных факторов формирования гидрохимического состава поверхностных вод данного района является геологическое строение территории. Поверхность данной территории сложена породами, различающимися как по возрасту (от карбонатных пород до каменной соли), так и по составу (карбонатные 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 [11, 13, 14].

Почвенный покров сложен так, что 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 [11]. Водность водных объектов данной области после зарегулирования стока Волжской ГЭС мало зависит от климатических факторов.

Таким образом, химическое состояние вод Нижней Волги испытывает на себе

влияние совокупности условий и комплекса факторов окружающей среды.

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 [11, 13, 14].

Годовой сток воды, поступающий в дельту Волги, 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.

Главное следствие зарегулирования стока – 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 %. После зарегулирования стока половодье стало начинаться позже и заканчиваться раньше, его продолжительность сократилась в среднем на 45 дней.

До Волгограда течение Волги имеет южное, юго-западное направление, у Волгограда оно резко меняется на юго-восточное и таким сохраняется до впадения в Каспийское море. На территории Астраханской области Волга в условиях аридного климата не принимает ни одного притока.

По данным ГХИ [11], несмотря на высокую обеспеченность регионов водосборного бассейна р. Волги очистными сооружениями, эффективность их работы недостаточна, в водные объекты поступает большое количество ЗВ. Качество поверхностных вод р. Волга и основных водохранилищ по материалам многолетних наблюдений на ГНС оценивалось как «загрязненные» (3 класс), в 2018 г. число створов между «загрязненными» и «грязными» (4 класс) распределялось практически равномерно. За период 2013-2018 гг. нижнее течение р. Волги от с. Цаган-Аман до устья соответствовало 4-му классу. При этом к характерным ЗВ относились: органическое вещество, железо, цинк, медь, НУ.

Преобладающие ЗВ в волжском бассейне распределялись следующим образом:

- С-З – медь, ртуть;
- С-В – медь, железо, марганец, никель, цинк, органическое вещество (ХПК, БПК₅), аммонийный азот, сульфаты;

- Средняя Волга – медь, железо, марганец, аммонийный азот, нитритный азот, органическое вещество (ХПК, БПК₅), сульфаты;
- Нижняя Волга – медь, цинк, железо, никель, молибден, марганец, фенолы, НУ, нитриты.

Основным источником загрязнения водоема являются стоки населенных пунктов, промышленные стоки и поверхностные стоки с с/х угодий, предприятия ЖКХ, нефтеперерабатывающая промышленность. Крупные промышленные города, расположенные у водохранилищ, оказывают значительное влияние на водную среду. Затем все эти вещества вместе со стоком, испытывая некоторые химические преобразования, устремляются в дельту р. Волги.

УО р. Волги является своеобразным коллектором, состояние загрязненности вод которого определяется изменениями, происходящими на водосборном бассейне. Современное состояние водосборного бассейна Волги (промышленность, сельское хозяйство, система водохранилищ) обуславливает химическое загрязнение воды как ведущий фактор загрязненности. В свою очередь химическое загрязнение состоит из органической и неорганической компоненты. В нашем случае органическая компонента включает – НУ, СПАВ, фенолы, ДДТ, ДДЭ, альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ; в неорганическую компоненту включены тяжелые металлы – железо общее, медь, цинк, никель, хром общий, свинец, молибден, кобальт, ртуть, кадмий, олово и марганец.

Устьевая область р. Волги – это уникальный природный объект, обладающий огромными земельными, водными, биологическими ресурсами и полезными ископаемыми. Устьевая область Волги включает в себя устьевой участок реки, совпадающий с дельтой, и открытое отмерое устьевое взморье. 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 [8].

Дельта Волги начинается к северу от Астрахани (50 км), там, где от Волги отделяется рук. Бузан. 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.

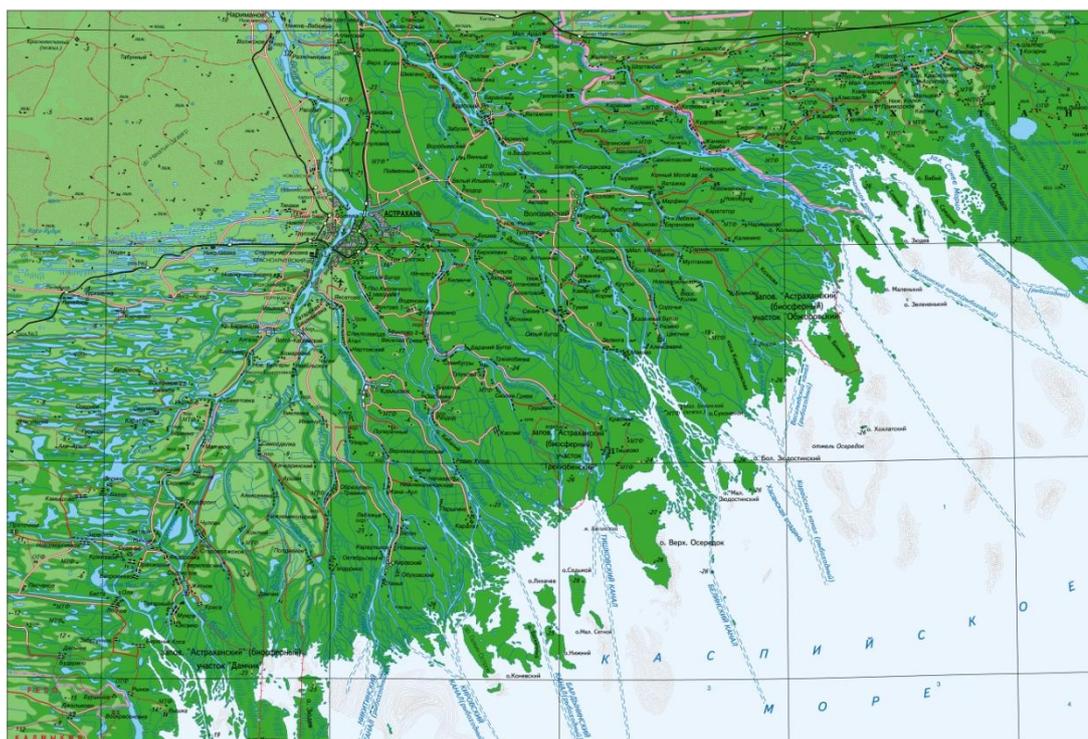


Рисунок 1 – Устьевая область р. Волги

Дельта Волги располагается в пределах Прикаспийской низменности, представляющей собой равнину, оставленную в позднечетвертичное время Хвалынским морем. Характерной чертой низменности является то, что значительная часть ее площади имеет абсолютные высоты ниже уровня моря (от -27 мБС), и лежит она в пределах двух структурно-тектонических областей. Особенности геоструктурного положения дельты и прилегающей к ней акватории Северного Каспия обусловили широкое развитие почти плоской поверхности обширного устьевого взморья (авандельты) и чрезвычайного мелководья, примыкающего к авандельте дна моря. Как надводная, так и подводная части дельты имеют очень малые уклоны (около 0,0002), не имеющие аналогов среди крупных рек земного шара. Это способствовало формированию самой сложной и разветвленной в мире системы дельтовых рукавов, а также активных наносов у МКД.

Следствием этого являются исключительно сложная гидрографическая сеть дельты

Волги, которая включает крупные магистральные рукава, активные и отмирающие протоки и ерики, дельтовые озера (ильмени) и пресноводные морские заливы (култуки), а также наличие обширного мелководного устьевоего взморья (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 [15].

Таким образом, дельта р. Волги – это уникальный природный район, не имеющий аналогов в мире, существенно отличающийся от других крупных речных дельт. Ее отличают огромные размеры, наличие обширного мелководного устьевоего взморья (авандельта), выдвинутость зоны смешения речных и морских вод на десятки километров в сторону моря, исключительная сложность гидрографической сети, сильная изрезанность береговой линии, обилие островов, высокая динамичность природных процессов в связи с быстрыми колебаниями уровня Каспийского моря.

Согласно районированию Е.Ф. Белевича [16], дельта делится на верхнюю, среднюю и нижнюю зоны, култучную зону, островную зону авандельты, зону собственно авандельты или открытой авандельты, зону морского подхода к авандельте.

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 затапливал 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.

В состав устьевоего 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 27600км², длина границы между этими зонами около 180 км, а общая площадь всего устьевоего взморья Волги около 37600 км².

Следует отметить, что влияние волжских вод на соленость и гидрохимические характеристики распространяется далеко за пределы указанных границ устьевоего взморья, в частности, на всю восточную часть Северного Каспия и на прибрежный западный район Среднего Каспия.

В соответствии с изменениями уровня моря изменялось положение дельты р. Волги, мигрировавшей на сотни километров то к северу, то к югу от ее современного положения. Формирование современной дельты Волги началось около 9000 лет назад, когда глубокая мангышлакская регрессия сменилась новокаспийской трансгрессией. Последняя стадия новокаспийской трансгрессии завершилась около 2500 лет назад, с тех пор дельта Волги, сохраняя положение своей вершины, увеличивалась в южном направлении, чутко реагируя на колебания уровня моря, который в целом снижался.

Причины циклических колебаний уровня Каспия до сих пор не выяснены, однако большинство исследователей склоняется к тому, что основной является причина климатическая. Увеличение количества осадков в бассейне Волги приводит к возрастанию стока Волги, которая является основным источником пресной воды для Каспия.

Наряду с климатической, существует и тектоническая концепция. По мнению Рогачевой Э.В. [17], последние исследования котловины Каспия показали, что она сформировалась и развивается под преобладающим воздействием горизонтальных тектонических движений, связанных с пульсационным давлением выступа Аравийской плиты. Этот тектогенный механизм «сжатие-растяжение» периодически приводил к сжатию или растяжению котловины Каспия, а соответственно – к повышению или понижению уровня моря, то есть обуславливал уникальный трансгрессивно-регрессивный механизм.

Ключевое место в формировании экологических условий Каспийского моря занимает сток р. Волга, гидрологический режим дельты и взморья. 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 [18].

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 [19].

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 флокуляции и коагуляции растворенных (коллоидных) и взвешенных веществ, образование свежих оксигидратов железа, алюминия. Работа седиментационной и сорбционной частей фильтра дополняется биоассимиляцией и биофильтрацией. Все эти процессы приводят к тому, что в среднем для рек мира в этой зоне откладывается 93-95 % от взвешенных и 20-40 % от растворенных веществ речного стока (включая загрязнения). Со взвесью в течение года оседает около 49 % всех взвешенных ЗВ, поступающих со стоком Волги, причем по абсолютным величинам осаждение взвешенных ЗВ примерно равномерно в течение года, а относительное составляет около 58 % для зимней и летней межени и 37 % для половодья. Около 50 % всех взвешенных ЗВ оседает в отмелой зоне Каспийского моря [20]. Как отмечают Гурский и Лисицин, важную роль, помимо прочих, играют процессы, которые развиваются в системе «донные осадки – иловая вода – придонная вода», названная ими «нижним этажом маргинального фильтра». Приведенный в их исследовании детальный анализ макро- и микросостава иловых вод показал, что в зоне смешения морских и речных вод концентрации ряда элементов на 1-3 порядка превышают их содержание в придонной воде. Геохимические и гидродинамические процессы, происходящие на нижних этажах «маргинального фильтра», могут быть источником вторичного загрязнения водоемов [21].

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 смыв поверхностных грунтов в отмелой зоне или осаждение взвешенных частиц во многом зависит от скорости стокового течения и уровня воды в различные сезоны года [18, 22].

Уровень загрязненности приглубой зоны устьевого взморья Волги формируется за счет следующих факторов: поступление ЗВ из отмелой зоны взморья Волги, водообмена и

массобмена между сегментами приглубой зоны взморья и восточной (Казахстанской) частью Северного Каспия. Снижение уровня загрязненности происходит за счет ассимиляционных процессов и водообмена со Средним Каспием.

Баланс ЗВ в Северном Каспии включает в себя водообмен между Средним и Северным Каспием, а также баланс взвешенных веществ. Важной расходной составляющей баланса взвешенных веществ является регулярный вынос мелкодисперсной фракции, имеющей повышенные концентрации ТМ, в Средний Каспий [23].

2 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ В 2020 Г.

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 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши» [24].



Рисунок 2 – Схема дельты р. Волги и ее основных рукавов [11]

Обозначения: I – Волга – Бахтемир; II – Старая Волга – Полдневая – Гандуринский банк; III – Камызяк – Рытый банк; IV – Большая Болда – Большая Черная – Табола – Каралатский банк; V – Бузан – Шагина – 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 – 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; ВД – с. Верхнелебяжье; ВД – вершина дельты; ГОЗ – граница отмелой зоны устьевой области Волги

Принадлежность стационарных пунктов наблюдений за химическим составом воды к различным районам устьевой области р. Волги представлена в таблице 1.

Гидрохимическими наблюдениями за качеством поверхностных вод бассейна р. Волги в 2020 г. государственной наблюдательной сетью были охвачены 5 водотоков дельтовой части, на которых функционировали 8 пунктов и 15 створов.

Таблица 1 – Районирование дельты р. Волга

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

Всего в ходе наблюдений в дельте р. Волги в 2020 г. определялось 40 показателей химического состава и загрязненности речных вод (приложение А), из которых 34 показателя нормируются в рыбохозяйственных водоемах России [25].

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). Однако по всем исследуемым гидрологическим постам в 2020 г. содержание растворенного кислорода равномерно снизилось по сравнению с 2019 г. в среднем на 1,1 мгО₂/л (приложение А, рисунок 3). Степень насыщения воды кислородом водотоков, по расчетным данным, в среднем колебалась от 94 % (ПОС) до 111,1 % (ВЛ). Минимальный уровень содержания О₂ был зарегистрирован в июне 2020 г. на гидропостах ВЛ, ПОС и Ильинка (7,6-7,9 мгО₂/л).

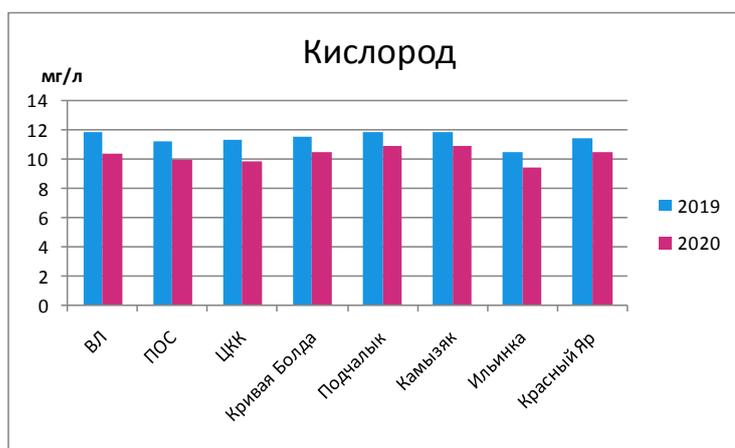


Рисунок 3 – Уровень кислорода в 2019-2020 гг.

Интенсивность биохимических процессов потребления легкоокисляемой органики в водотоках дельты в 2020 г. относительно предшествующего года изменился

незначительно. Наибольшие значения БПК₅ в 2020 г. зафиксированы в пр. Кигач и в рук. Бузан, где потребление кислорода достигало 2,7-2,8 мг/л и составило до 1,3 ПДК. В русле р. Волги и рук. Кривая Болда этот показатель был идентичен, в среднем не превышал ПДК (2,1 мг/л). Наименьшее потребление кислорода наблюдалось в рук. Камызяк (приложение А, рисунок 4). Таким образом, наивысшие показатели биологического окисления регистрировались в восточной части дельты.

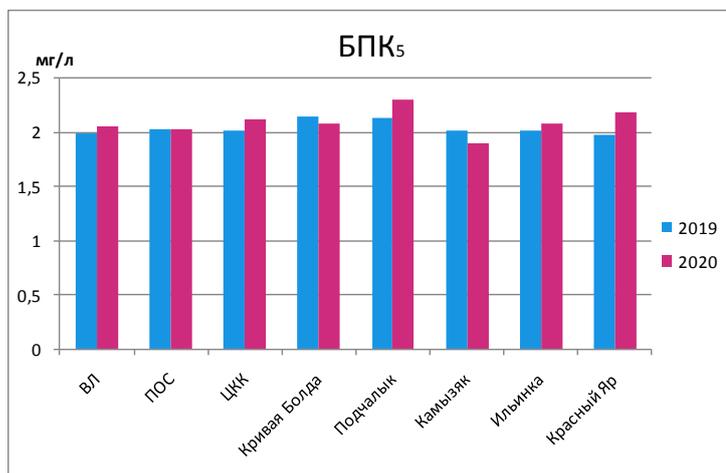


Рисунок 4 – Уровень БПК₅ в 2018-2019 гг.

Общее содержание органики в воде определялось методом ХПК (приложение А, рисунок 5). По всем водотокам ХПК превышало допустимый уровень (15 мг/л), однако анализ воды большей части стационарных постов (кроме Красного Яра) демонстрирует стабильное снижение этого показателя относительно предыдущего года. Наибольшие среднегодовые концентрации отмечены на г/п Кривая Болда и Камызяк на уровне 1,6 ПДК. Экстремально-высокие значения зафиксированы в водотоках Кривая Болда и р. Волга (Камызяк) в марте и апреле 2020 г. (2 ПДК).

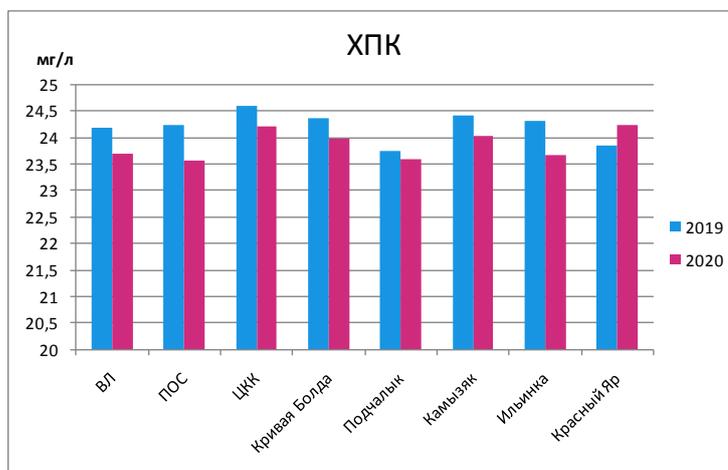


Рисунок 5 – Уровень ХПК в 2018-2019 гг.

Уровень минерализации в дельте р. Волги в 2020 г. увеличился на 10,2 %. Динамика жесткости воды имела обратную направленность и снизилась на 17 % (приложение А).

В 2020 г. выявлен тренд на снижение значений водородного показателя (приложение А, рисунок 6) по всем водным объектам. Превышений установленных нормативов не наблюдалось, в водах дельты сохранялась слабощелочная среда. Годовой ход водородного показателя был однородным на всех исследуемых ВО.

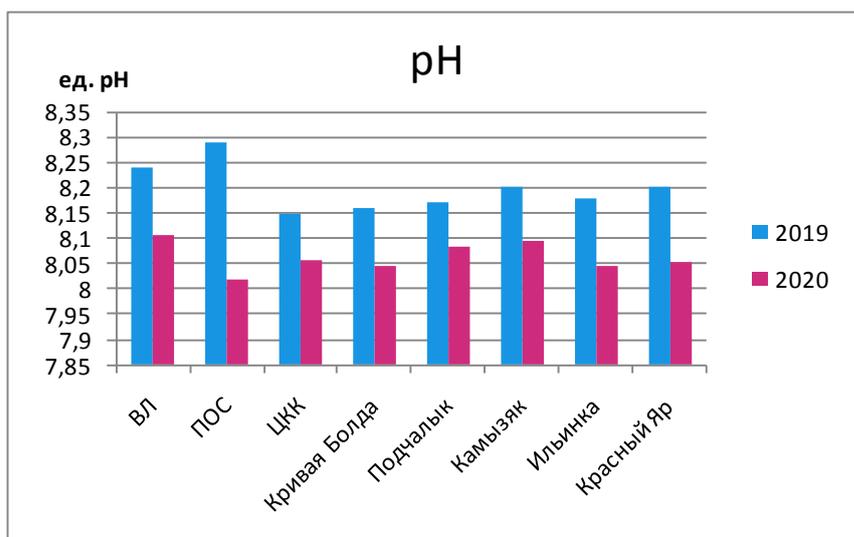


Рисунок 6 – Водородный показатель в 2019-2020 гг.

Количество взвешенных веществ в 2020 г. относительно предыдущего года значительно возросло (до 2 раз) (приложение А, рисунок 7). Наибольшее среднегодовое значение наблюдалось в водах пр. Кигач и превышало ПДК в 4,5 раза. Наименьшее содержание взвесей (3,2 ПДК) регистрировалось на г/п ПОС (р. Волга). В среднем по дельте в 2020 г. концентрация взвесей увеличилась в 1,3 раза. Годовая изменчивость показателя на всех водотоках была значительной. Экстремальные значения наблюдались в основном весной и осенью. В водах р. Волги в районе г/п ВЛ взвеси достигали максимальную концентрацию в апреле (5,6 ПДК). Также в апреле наблюдалась наибольшая концентрация взвеси на станции ПОС и Кр. Болда (4,8-5,5 ПДК). Экстремальные значения взвешенных веществ на г/п Подчалык наблюдались в мае (6,3 ПДК). На г/п ЦКК, Ильинка и Красный Яр максимальные концентрации регистрировались в летний период (июнь-август). Самый высокий уровень взвесей был зафиксирован на г/п Камызяк (7,0 ПДК) в сентябре 2020 г.

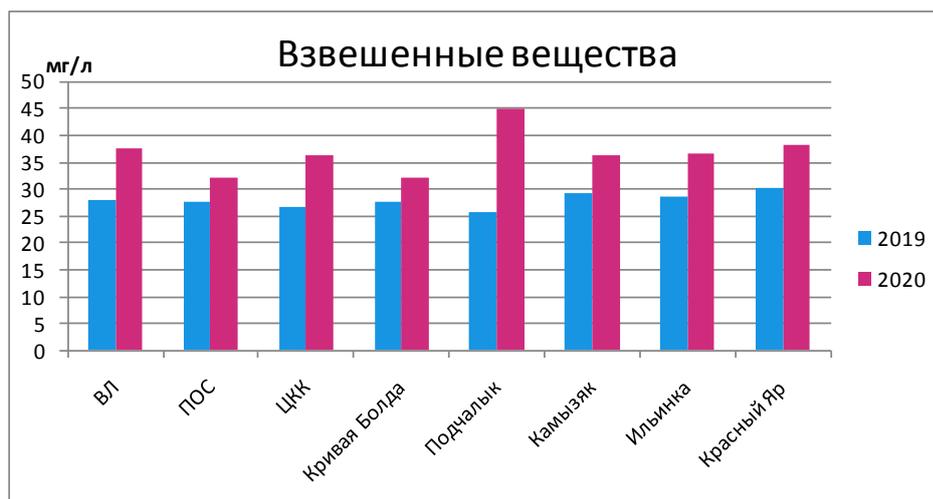


Рисунок 7 – Взвешенные вещества 2019-2020 гг.

По сравнению с предыдущим годом в 2020 г. в водотоках дельты Волги зарегистрирован тренд на снижение общего содержания растворенных биогенных элементов (приложение А, рисунок 8).

Концентрация аммонийного и нитратного азота по всем водотокам снизилась в 2 и более раз. Динамика изменений содержания нитритного азота была неоднозначной: если в вершине дельты среднегодовое значение снизилось незначительно, то на г/п ЦКК оно снизилось в 2 раза, а в районе ПОС и Кр. Болда, наоборот, значительно увеличилось. Количество суммарного азота также имело тенденцию к снижению, минимальная концентрация регистрировалась на посту ЦКК.

Уровень фосфатов по всем ВО равномерно снизился. Временная и пространственная изменчивость концентраций была незначительной.

Содержание силикатов в воде дельты р. Волги пропорционально взвешенным веществам резко увеличилось. Отношение количества фосфатов в отчетном году к уровню предшествующего составило 2/1 (г/п Подчалык). При этом 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.

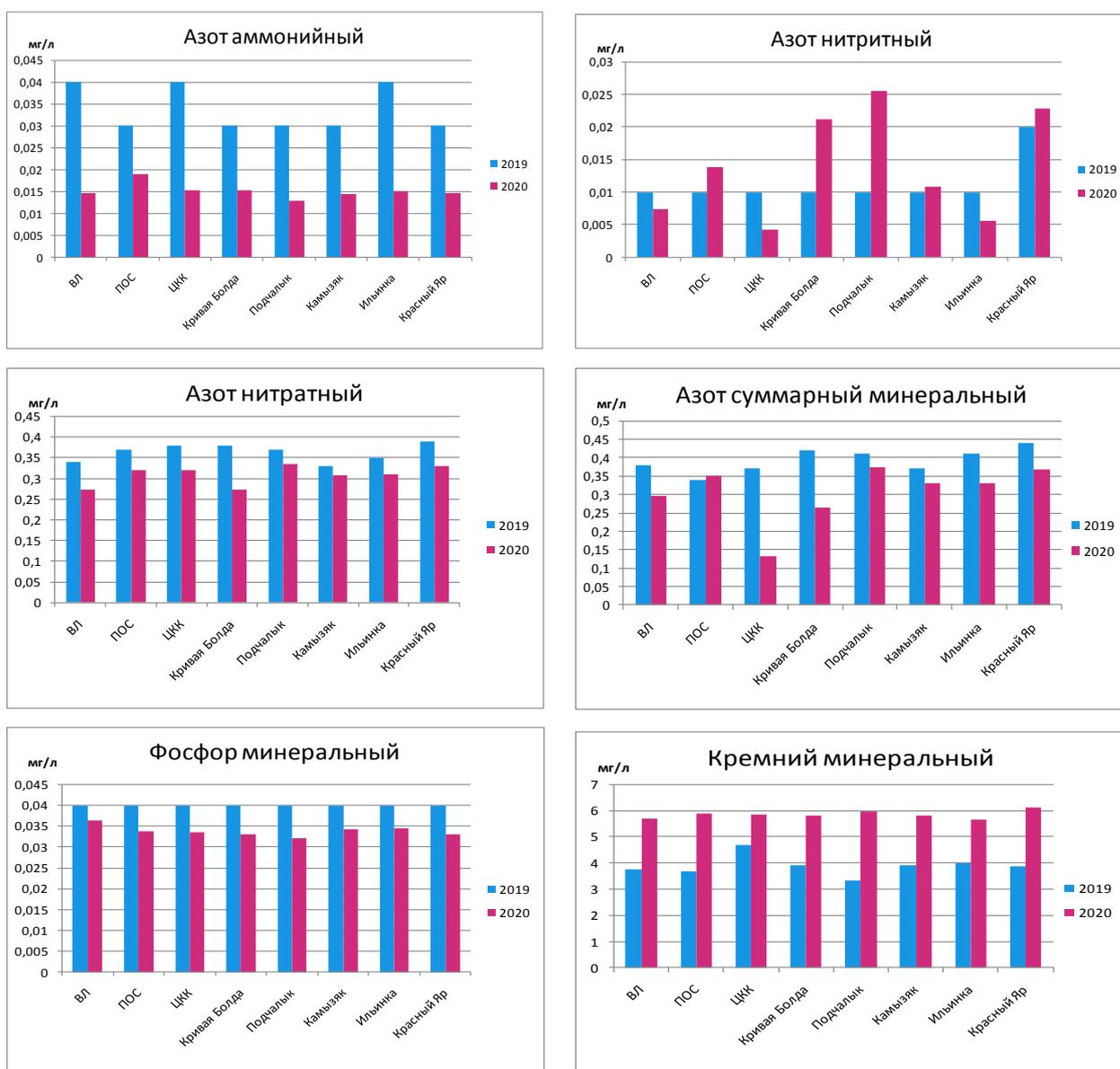
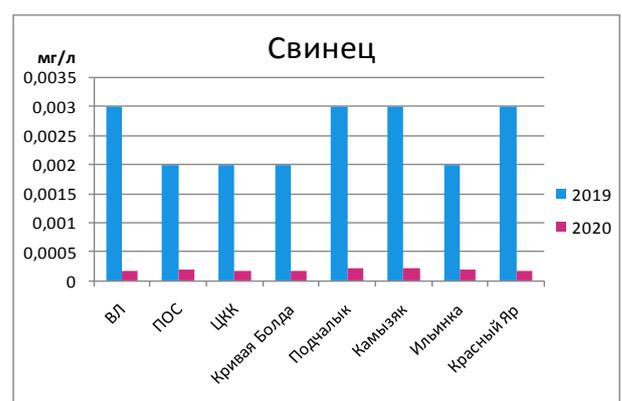
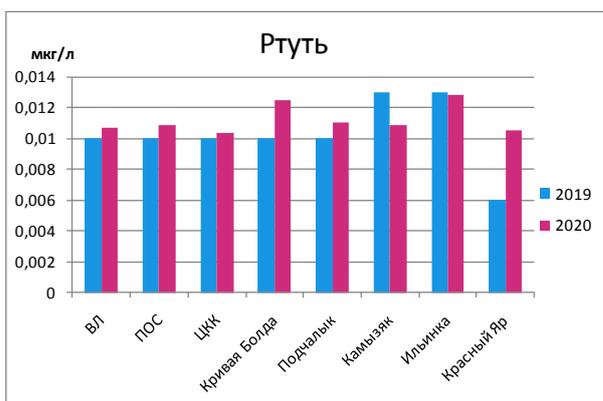
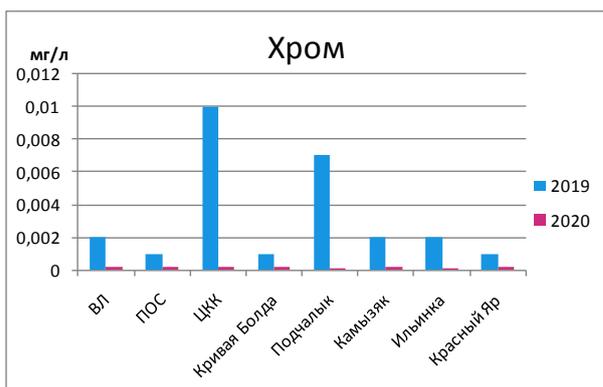
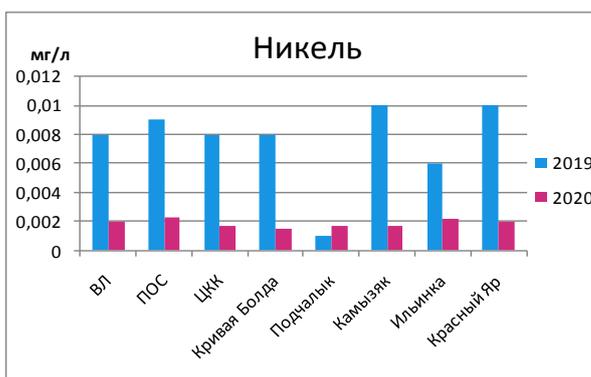
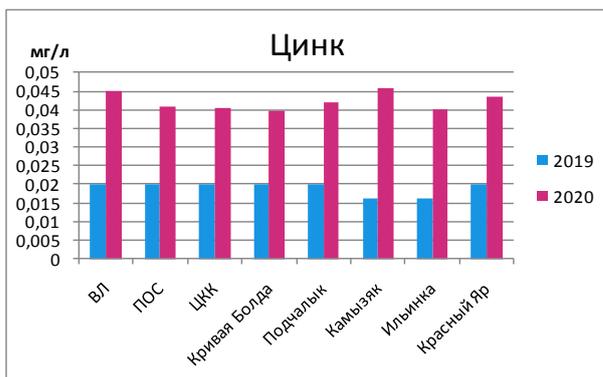
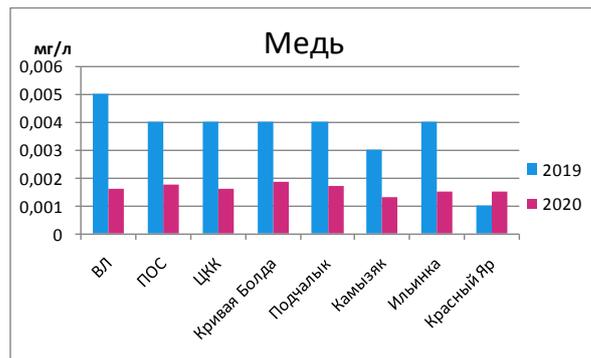
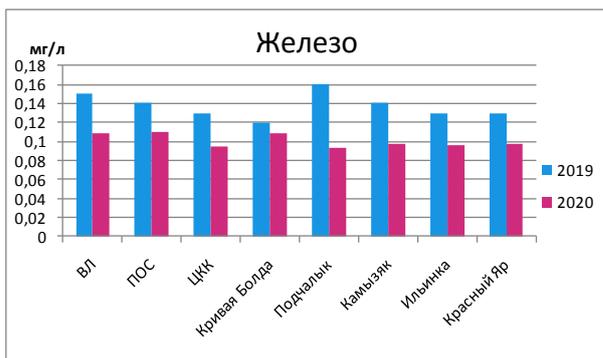


Рисунок 8 – Уровень биогенных соединений в воде в 2019-2020 гг.

В 2020 г. в водотоках дельты р. Волги определялось количество тяжелых металлов (приложение А, рисунок 9).

По всем гидропостам в среднем в 1,5 раза снизилось содержание железа в воде. Наиболее интенсивное снижение концентрации наблюдалось на г/п Подчалык (в 1,7 раз). Среднее значение Fe в 2020 г. не превышало ПДК. Зафиксированы лишь единичные случаи превышения установленного норматива. В районе г/п ВЛ максимальная концентрация железа была зафиксирована в мае и превышала ПДК в 1,4 раза, в тот же период отмечено максимальное содержание железа в средней зоне западной части (1,3 ПДК). В западной части верхней зоны дельты экстремальные уровни наблюдались в феврале и сентябре, в восточной – в марте. В средней зоне восточной части наибольшие значения железа наблюдались осенью. Все исследованные ВО характеризовались низкой

ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ЖЕЛЕЗА.



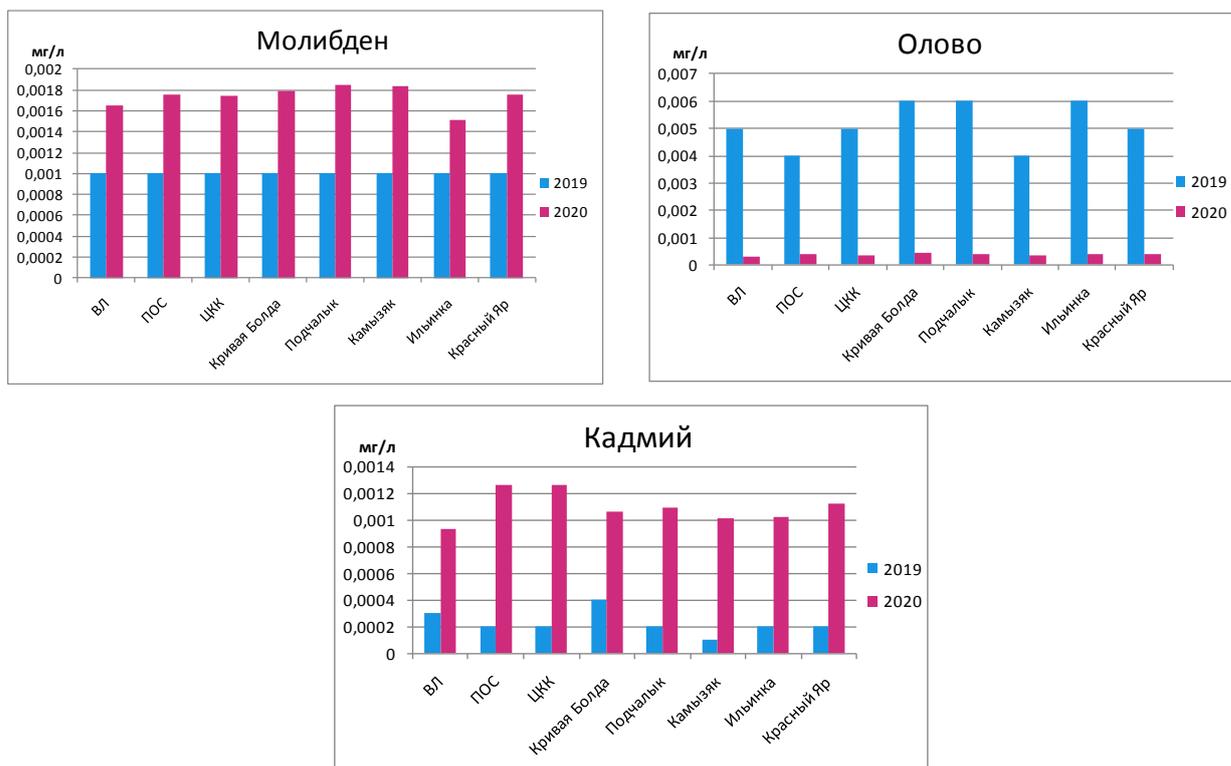


Рисунок 9 – Содержание тяжелых металлов в воде 2019-2020 гг.

В 2020 содержание меди в водах дельты р. Волги было подвержено выраженной изменчивости. Большую часть года концентрации меди в ВО дельты не превышали ПДК, однако экстремальные максимумы регистрировались повсеместно, преимущественно в осенний период. Среднегодовая концентрация по всем водотокам снизилась относительно предыдущего года в 2-2,5 раза и составила 2 ПДК. Временная изменчивость концентрации меди по водотокам носила более выраженный характер. Абсолютный максимум, зафиксированный в сентябре 2020 г., находился на уровне 7 ПДК в районе г/п Кр. Болда. Максимальные значения меди в воде других водотоков находились на уровне 3-4 ПДК и наблюдались в осенний период.

Годовой ход содержания цинка в исследуемом районе, в отличие от меди, имел тенденцию к увеличению. Средняя концентрация в дельте демонстрировала двукратное увеличение и превысила установленный норматив в 2 и более раз. Экстремальный максимум отмечен в средней зоне западной части дельты в августе и составил 8 ПДК, высокий уровень цинка (7 ПДК) наблюдался в средней зоне восточной части в мае. Разовые превышения норматива до 7 ПДК наблюдались также и в вершине дельты, в верхней зоне отмечались высокие концентрации до 4-6 ПДК весной и осенью.

Средняя концентрация никеля в дельте в 2020 г. снизилась в 4-5 раз. Временная и пространственная изменчивость была незначительной. Превышений ПДК в водотоках не

зафиксировано. Максимальные концентрации никеля регистрировались в средней зоне в июле на уровне 0,006 мг/л (0,6 ПДК) (г/п Ильинка, Красный Яр).

Выявлен тренд на снижение концентрации хрома, марганца и олова. За 2020 г. концентрация хрома в различных водотоках дельты снизилась от 5 до 10 раз, содержание марганца уменьшилось в 4-10 раз, а олова – в 10-20 раз. При этом наиболее интенсивное снижение регистрировалось на г/п ВЛ, Подчалык и Камызяк. Случаев превышения ПДК не зарегистрировано.

Содержание ртути в водах дельты в 2020 г. незначительно возросло. В среднем за год отмечалось превышение ПДК (в 1,3 раза), которое регистрировалось на станциях Кр. Болда и Ильинка. Изменчивость концентрации была низкой. Максимально-разовые концентрации не превышали 2 ПДК и фиксировались на всех ВО в весенний и осенний сезоны.

Количество свинца в водах исследуемых ВО в среднем снизилось в 10 раз. В 2020 году свинец демонстрировал низкую пространственную изменчивость. Сезонный ход концентраций был однородным. Превышений установленного норматива не выявлено.

Уровень кадмия в дельте р. Волги в 2020 г. относительно предыдущего года возрос в 3-10 раз. Наиболее интенсивный рост концентрации наблюдался в воде верхней и средней зоны западной части дельты. Превышений ПДК в среднем за год более чем в 1,3 раза (г/п ПОС, ЦКК) не выявлено. Максимально-разовые значения не превышали 2-2,5 ПДК и наблюдались в осенний период на акватории всех ВО.

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. В окружающую среду ГХЦГ попадает в результате использования в сельском хозяйстве, борьбы с комарами [26].

Во всех отобранных пробах определялись концентрации ХОП (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ). Результаты анализов выявили крайне неравномерное распределение данных ЗВ по водотокам дельты (приложение А,

рисунок 10). В целом уровень загрязнения водотоков дельты Волги в 2020 г. относительно 2019 г. снизился. Нормативы качества вод рыбохозяйственного назначения допускают содержание пестицидов от аналитического нуля до 0,01 мкг/л. В 2020 г. не зафиксировано превышение допустимой концентрации ХОП. На большей части акватории дельты регистрировалось отсутствие пестицидов. Из графиков, представленных на рисунке 10, видно, что незначительное количество ХОП поступает со стоком (г/п ВЛ), но наибольших значений ХОП достигает в средней зоне (г/п Ильинка, Красный Яр).

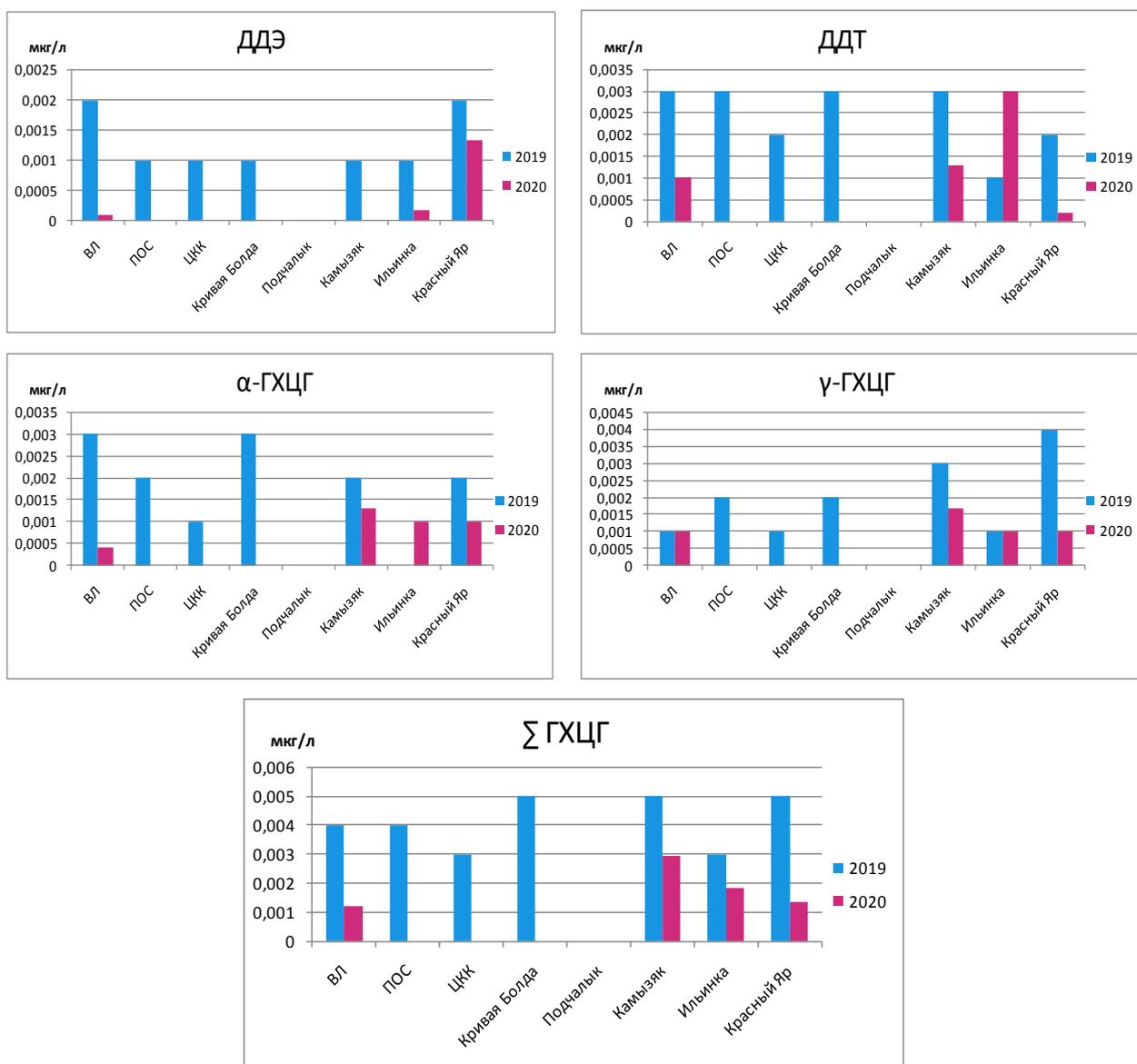


Рисунок 10 – Содержание ХОП в воде 2019-2020 гг.

Наблюдения за загрязнением дельты Волги НУ показали, что в 2020 г. уровень загрязнения снизился относительно предыдущего года в 2-3 раза (приложение А, рисунок 11). Превышения норматива регистрировались на всех гидропостах и колебались от 1,2 ПДК (Кр. Болда) до 4 ПДК (Ильинка). Чаще всего экстремальные концентрации

(42,8-47,6 %) регистрировались в районах ВЛ и Ильинка в летний период, где и наблюдались годовые максимумы.

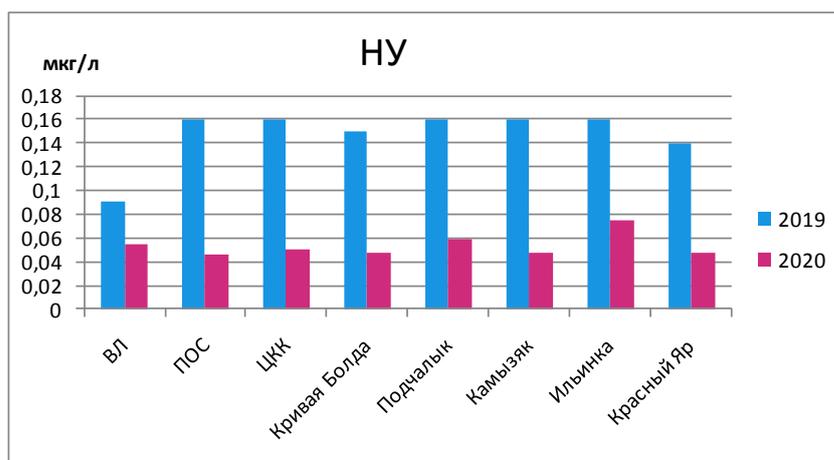


Рисунок 11 – Содержание НУ в воде 2019-2020 гг.

Распределение концентраций ЗВ по водотокам дельты может сказать многое об источнике поступления. Так, на графике (рисунок 11) видно, что в вершине дельты в 2020 году регистрируется незначительно больше углеводов, чем на каждом отдельном посту (кроме г/п Ильинка). Такое распределение концентраций говорит не только о том, что основным источником загрязнения дельты р. Волги является сток водосбора, но и о наличии локальных источников загрязнения.

Концентрация СПАВ в 2020 г. также значительно снизилась по сравнению с 2019 годом, в среднем в 1,7 раз (приложение А, рисунок 12). Распределение СПАВ по водотокам носило равномерный характер. Превышений установленного норматива не выявлено. Максимальные значения СПАВ в воде водотоков не превышали 0,09 мг/л, максимум был зарегистрирован на акватории р. Волги, в районе г/п ЦКК, в период весеннего половодья. Наибольшие концентрации СПАВ на других водотоках также зафиксированы в весенний период, что может указывать на речной сток как на основной источник загрязнения дельты СПАВ.

Динамика значений фенолов (приложение А, рисунок 12) в 2020 г. была неоднозначной. В вершине дельты и в верхней зоне среднегодовая концентрация снизилась в 1,3-2 раза, в средней зоне она возросла до 1,5 раз. Наиболее интенсивно рост концентрации наблюдался в районе станции Камызяк, там же в весенний период наблюдались и экстремальные концентрации (3 ПДК).

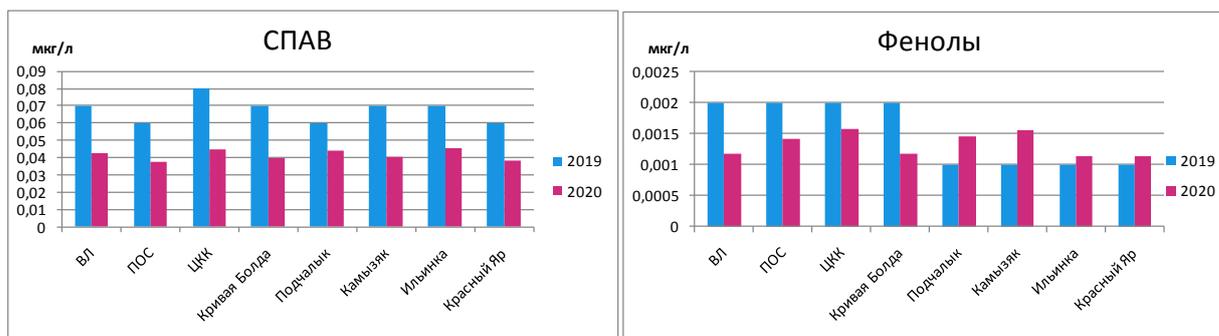


Рисунок 12 – Содержание нестойких органических соединений в воде 2019-2020 гг.

Динамика комплексного показателя качества вод (УКИЗВ) говорит о снижении нагрузки на водные объекты дельты в отчетном году по сравнению с предшествующим (приложение А, рисунок 13). Наиболее высокие значения индекса зафиксированы в районе г/п ВЛ и Подчалык, как в наиболее загрязненных районах.

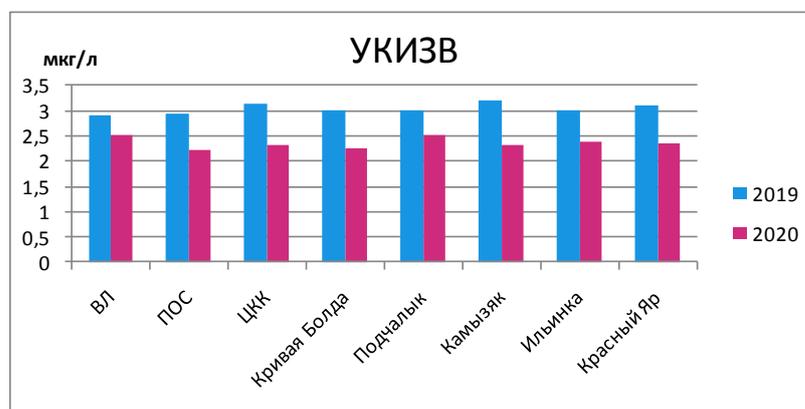


Рисунок 13 – УКИЗВ дельты р. Волги в 2019-2020 гг.

Расчет УКИЗВ проводился по следующим гидрохимическим параметрам:

- взвешенные вещества;
- ХПК;
- медь;
- цинк;
- НУ;
- кислород.

По данным ГХИ [11] за 2016-2018 гг., показатель качества вод р. Волга, на участке от 50 км выше г. Астрахань до 0,5 км ниже с. Ильинка, колебался от 4,23 до 5,44 ед. (вершина дельты). В 2020 г. в различных водотоках дельты УКИЗВ изменялся в диапазоне 2,3-2,5 ед. Несмотря на снижение, УКИЗВ (в среднем по дельте за 2019-2020 гг. этот показатель снизился более чем на единицу) за пределы категории «грязные» не вышел.

Однако следует отметить тенденцию к улучшению качества вод дельты за последние 5 лет.

Следует отметить, что повышение концентрации большинства ЗВ приурочены к весеннему и осеннему периоду, в то же время в 2020 г. производились пуски волжских вод с Волгоградской ГЭС. Локальные повышения концентраций таких ЗВ как фенолы, ХОП, ртуть и марганец указывают на наличие временных локальных источников загрязнения.

Также как и для Нижней Волги [11], для дельты в 2020 г. характерны такие ЗВ как: медь, цинк, железо, фенолы и НУ, но, кроме того, присутствуют ртуть, кадмий и ХОП (рисунок 14).

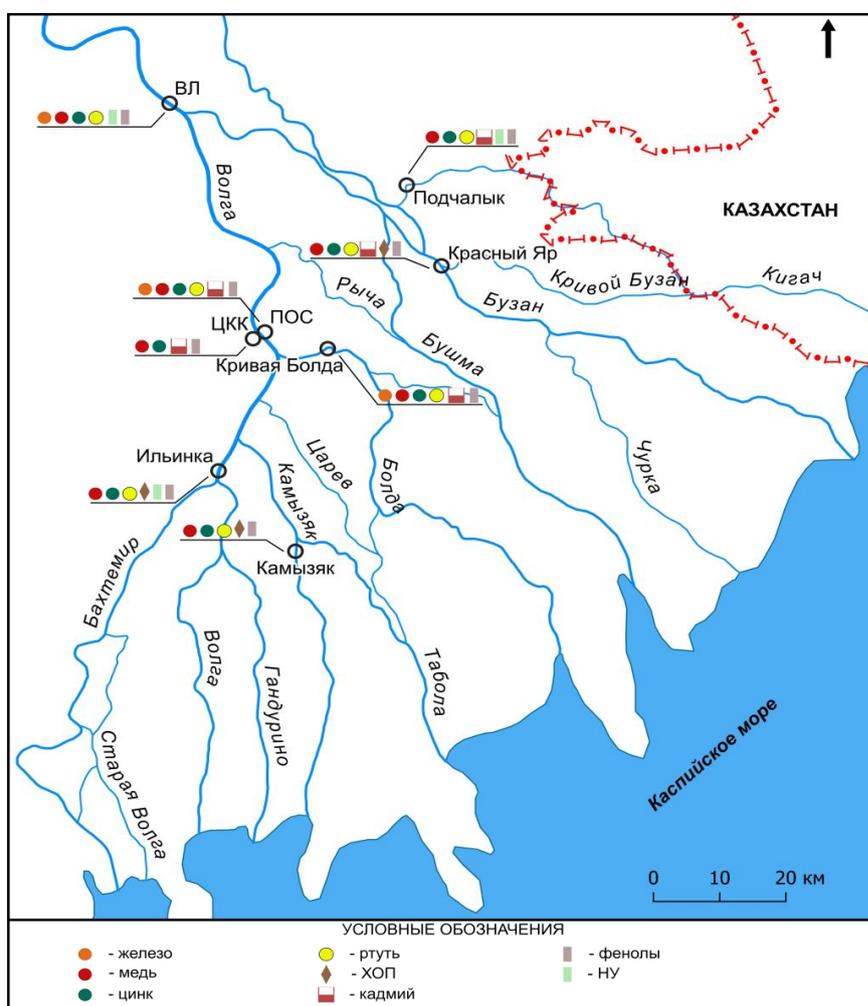


Рисунок 14 – Приоритетные загрязнения дельты р. Волга по водотокам в 2020 г.

3 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТМЕЛОЙ ЗОНЫ УСТЬЕВОГО ВЗМОРЬЯ Р. ВОЛГИ В 2020 Г.

Состояние и загрязнение морской среды по гидрохимическим показателям

Оценка состояния и загрязнения водной среды мелководной зоны устьевого взморья Волги в 2020 г. проводилась по данным ЕГФД на основании ПЭМ (приложение Б). В силу ограничений, связанных с коронавирусной инфекцией, мониторинг в мелководной части проводился только 1 раз, в октябре.

Средняя температура (рисунок 15) в поверхностном слое воды, по данным наблюдений на акватории мелководной зоны, в 2020 г. снизилась на 2,7 °С по сравнению с 2019 г. Температура у поверхности моря колебалась в диапазоне значений от 8,8 до 17,2 °С, у дна температура воды составляла 8,7-15,8 °С. Изменчивость температурного режима в 2020 г. была значительно выше, чем в 2019, когда разница между экстремальными значениями температур составляла всего 2,8 °С, а в 2020 г. – 8,4 °С. В осенний период 2020 г. температурный режим мелководной зоны УО соответствовал среднемноголетним данным по Каспийскому морю [27] (таблица 2).



Рисунок 15 – Температурный режим ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Таблица 2 – Среднемноголетние данные температуры 1961-1990 гг., °С

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

Средняя величина солёности вод мелководья Северного Каспия в поверхностном слое за осенний сезон 2020 г. составила на 67 % больше, чем в прошлом году, а в придонном слое – на 68 % (рисунок 16). Наблюдался хорошо выраженный сезонный ход

солености. Диапазон значений солености имел высокую изменчивость и в целом соответствовал среднегодовым нормам за 30 лет (таблица 3). Повышение или понижение солености вызвано сгонно-нагонными явлениями и преобладанием морской воды в осенний период в мелководной зоне. Различия солености в поверхностном и придонном слое воды в 2020 г. были незначительными, что говорит о слабой стратификации и хорошем перемешивании водных масс.

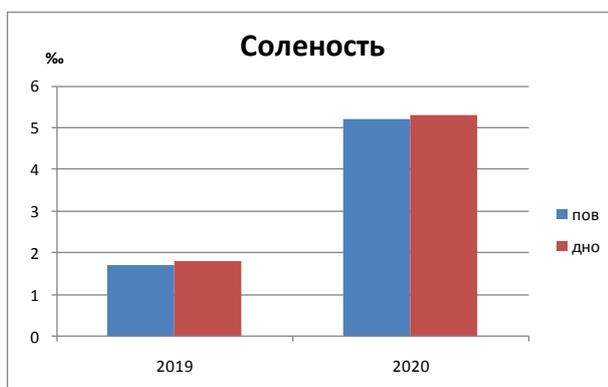


Рисунок 16 – Соленость вод ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Таблица 3 – Среднегодовые данные солености 1961-1990 гг., ‰

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

Величины pH в течение 2020 г. находились в пределах 8,1-8,5 ед. pH, средневзвешенная величина у поверхности и у дна составила 8,3 ед. pH. Значения водородного показателя 2020 г. снизилось относительно значений 2019 г. Вертикальная изменчивость этого показателя была выражена слабо (рисунок 17).

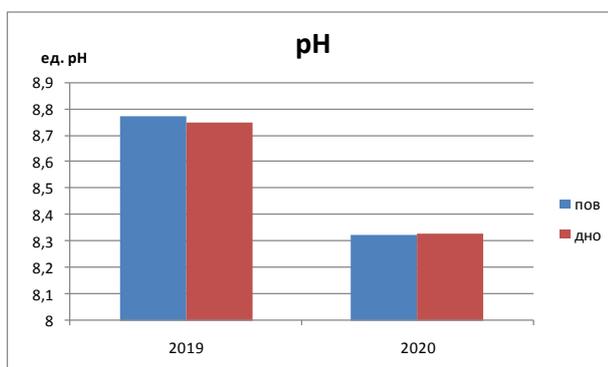


Рисунок 17 – Водородный показатель ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Кислородный режим мелководной части моря в 2020 г. был удовлетворительным (рисунок 18). Средние концентрации составили 7,4 и 7,2 мг/л в поверхностном и

придонном горизонте соответственно. Минимальная концентрация у поверхности отмечена на уровне 6,7 мг/л, максимальная – 8,5 мг/л. В придонном слое максимум составил 8,3 мг/л, а минимум был равен 6,6 мг/л (рисунок 17). Нарушений установленного норматива содержания кислорода не установлено. В исследуемый период в Северном Каспии благодаря устойчивому температурному режиму протекают процессы фотосинтеза, а разрушение вертикальной стратификации обеспечивает нижние слои вод кислородом. Абсолютное содержание растворенного кислорода в 2020 г. составило 83 % от уровня 2019 г.

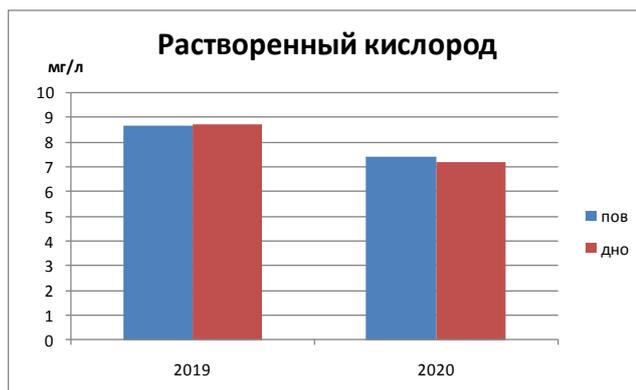


Рисунок 18 – Растворенный кислород в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Мелководная зона устьевого взморья является наиболее биопродуктивной частью моря, кроме того, в этот район привносится значительное количество аллохтонной органики стоком р. Волги (рисунок 19) [28].

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. Ход содержания фосфатов в течение 2020 г. был следующим: средневзвешенная величина в толще воды составила 17,8 мкг/л, находилась в пределах от аналитического нуля до 74 мкг/л. В поверхностном горизонте колебания концентраций находились в диапазоне от 0 до 52 мкг/л, а в придонном – от 0 до 74 мкг/л. Вертикальная изменчивость была выражена слабо. В сравнении с предыдущим годом, в 2020 г. количество фосфатов в поверхностном слое снизилось в 1,6 раз, а в придонном практически не изменилась (рисунок 19).

В 2020 г. содержание кремния изменялось от 0 до 762 мкг/л, и среднем составило в поверхностном слое 104,1 мкг/л, а в придонном 93,7 мкг/л. По сравнению с предыдущим годом уровень силикатов в воде упал в 4 раза. Количество кремния подвержено сезонным изменениям. Основным источником кремния в море также служит речной сток, придонные слои могут обогащаться кремнием в процессе обмена с донными

ОТЛОЖЕНИЯМИ.

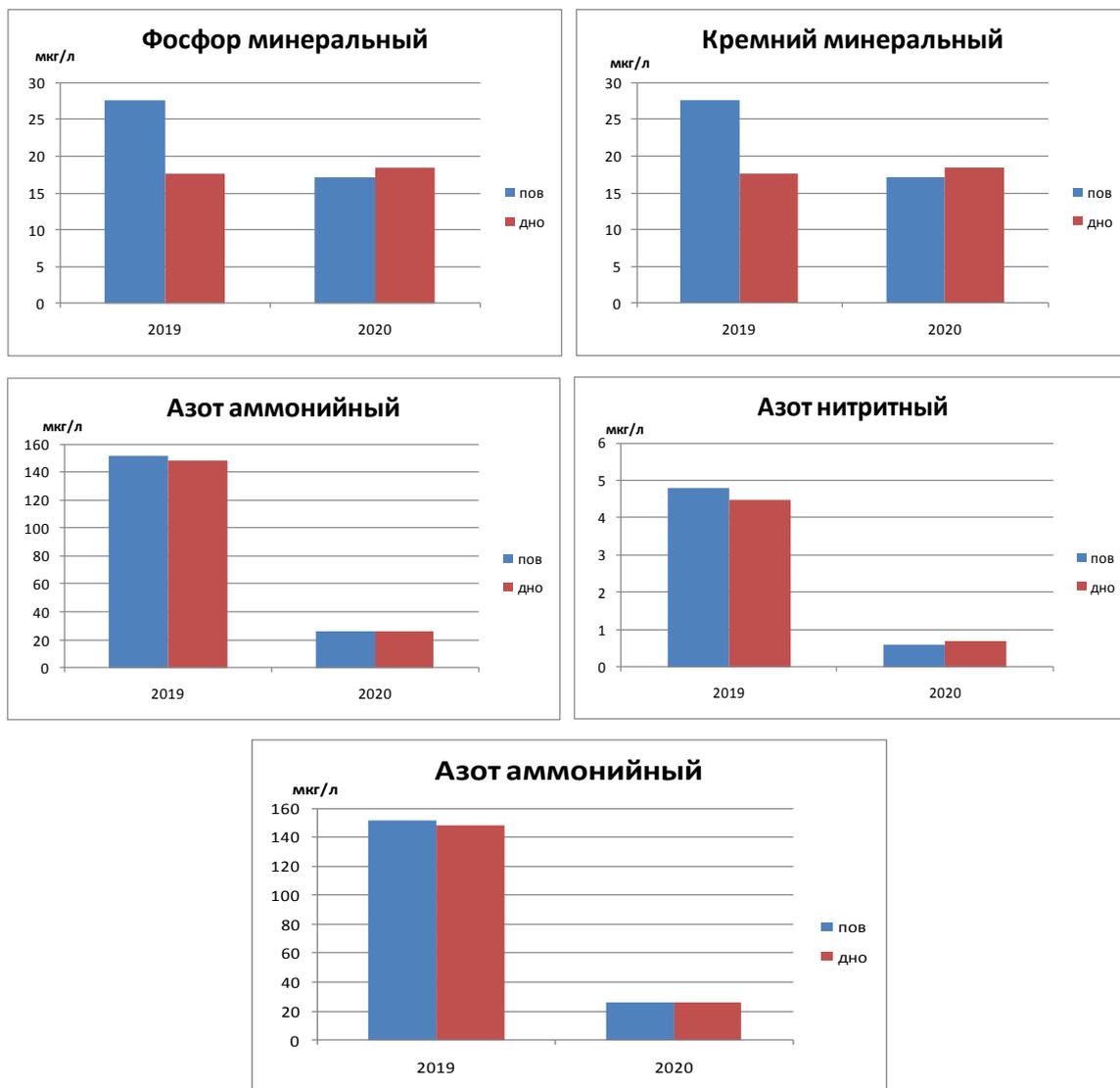


Рисунок 19 – Биогены в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Ион аммония – самый легко окисляемый ион среди соединений азота, он является первым этапом окисления азотосодержащей органики. Концентрация аммонийного азота в 2020 г. в поверхностном слое колебалась от 0 до 84 мкг/л, в среднем достигала 25,9 мкг/л. В придонном горизонте также наблюдались значительные колебания содержания иона аммония – от аналитического нуля до 71 мкг/л, при среднем значении 26,1 мкг/л (рисунок 19). Аммонийный азот демонстрировал значительную изменчивость. Относительно предыдущего года количество азота сократилось в среднем в 6 раз.

Самыми неустойчивыми формами биогенных элементов являются нитриты. Это промежуточный продукт 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 течение 2020 г. изменялось от 0 до 2,4 мкг/л, в придонном – от 0 до 3,8 мкг/л, при средних значениях 0,6 и 0,7 мкг/л соответственно (рисунок 19). В осенний период 2019 г. у поверхности количество нитритов колебалось от 3 до 11,2 мкг/л, в придонном – от 3,1 до 22 мкг/л, в среднем количество нитритов в воде за год сократилось в 6,4 раза.

Нитраты, как и фосфор, лимитируют биологическую продуктивность моря. Нитраты – последняя фаза минерализации азота. В 2020 г. концентрация нитратов в мелководной зоне УО не превышала нижнего предела обнаружения аналитического метода и приравнена к нулю.

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2020 г. уровень биологического потребления кислорода не поднимался выше значения 1,5 мг/л у поверхности и у дна. Средневзвешенные значения составили как в поверхностном, так и в придонном горизонте 1,4 мг/л. В сравнении с 2019 г., абсолютный максимум БПК₅ в 2020 г. незначительно снизился, а средние значения остались на одном уровне и не превышали ПДК (рисунок 20).

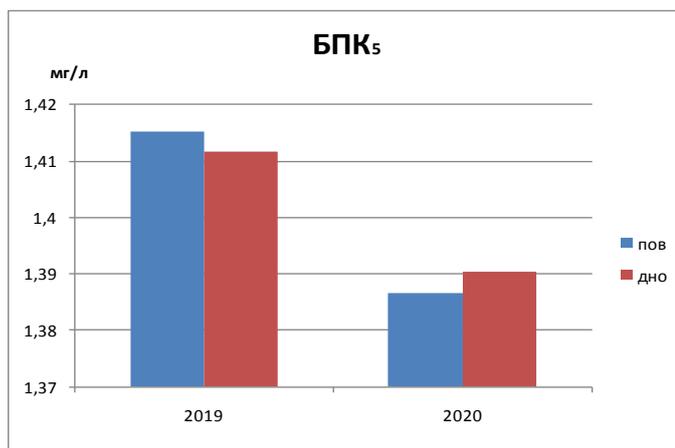


Рисунок 20 – БПК₅ в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах мелководной зоны Северного Каспия колебалось от 3 до 235 мг/л (23,5 ПДК), при среднем значении 84,7 мг/л (8,5 ПДК). В придонном слое в этот же период количество взвесей составляло от 5 до 295 мг/л. Максимальное значение превышало ПДК почти в 30 раз. Важно отметить, что с увеличением стока р. Волги увеличивается и количество взвеси, выносимой в Каспий, в 2020 г. по сравнению с 2019 г. это количество выросло более чем в 10 раз (рисунок 21).

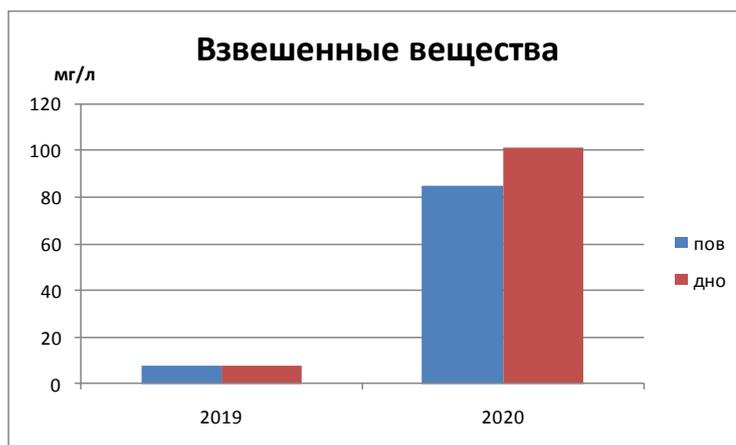


Рисунок 21 – Взвешенные вещества в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Традиционно основным источником загрязнения морских вод НУ считается речной сток. Содержание НУ в 2020 г. изменялось от 0,01 до 0,03 мг/л (рисунок 22). 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 2019 г., концентрации НУ в толще воды изменились незначительно.

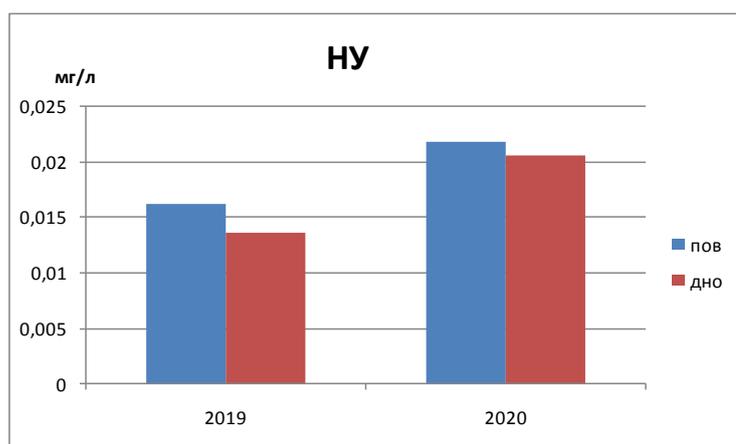


Рисунок 22 – НУ в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

На акватории ОЗ УО в 2020 г. были выявлены АПАВ (рисунок 23), концентрация которых не превышала ПДК и колебалась в диапазоне 0-0,04 мг/л. В поверхностном и придонном горизонте АПАВ в среднем составили 0,03 мг/л. Наблюдается значительное увеличение концентрации АПАВ в отчетном году относительно предыдущего (в 3-5 раз).

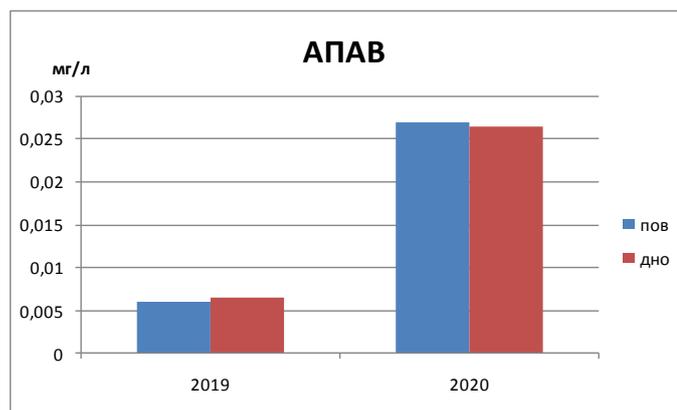


Рисунок 23 – АПВ в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

В 2020 г. содержание железа в среднем по поверхностному горизонту данного района Северного Каспия составило 0,08 мг/л, что превышает ПДК в 1,6 раз, экстремальные значения превышали допустимый уровень в 14-16 раз (рисунок 24). В придонном горизонте среднее содержание железа было выше и составляло 2 ПДК, максимальный уровень перешел отметку 17 ПДК. При этом средние значения железа в 2020 г. были в 2 раза выше показателей прошлого года. 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, при этом максимум регистрируется в придонном горизонте, как видно из литературных источников, концентрация железа довольно часто превышает ПДК [18, 22].

В 2020 г. в поверхностном и придонном слое определялось количество марганца, меди, цинка и ртути, которое не превышало предела обнаружения аналитического метода. По сравнению с аналогичным периодом предшествующего года, концентрация этих тяжелых металлов значительно снизилась (приложение Б).

Средняя концентрация никеля в исследуемый период была равна 0,02 мг/л у поверхности, а в придонном горизонте – 0,01 мг/л. Средневзвешенные значения превышали ПДК до 1,6 раз, экстремальные – до 6 раз. Следует отметить, что содержание никеля в 2019 г. было в два раза выше, чем в 2020 г. (рисунок 24).

Количество свинца в 2020 г. в водах мелководной части взморья определялось на уровне 0,01 мг/л в поверхностном и придонном горизонте, что в 3-4 раза ниже показателей прошлого года. Экстремальные значения превышали ПДК в 5-6 раз.

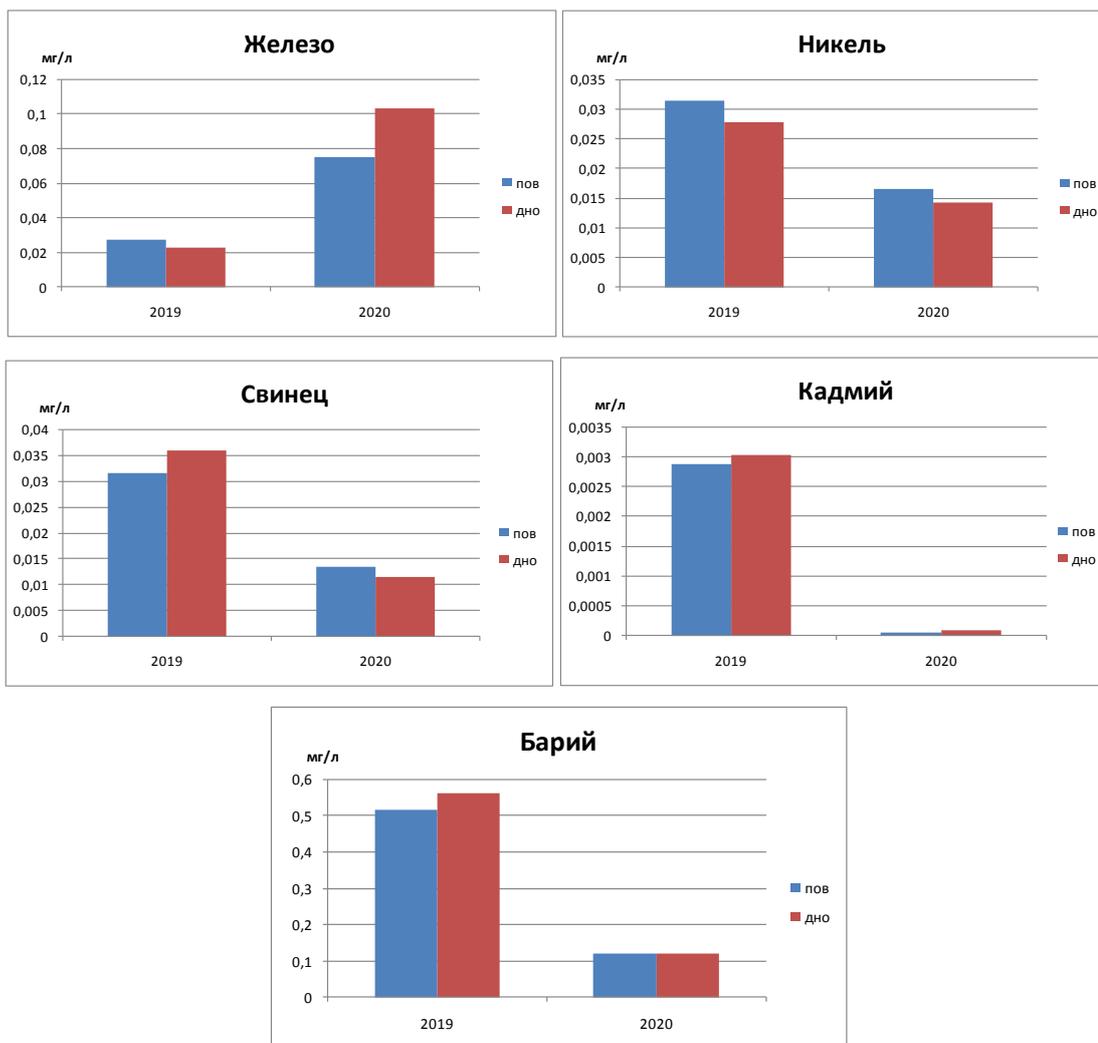


Рисунок 24 – Тяжелые металлы в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

КХА воды Северного Каспия на содержание высокотоксичного в распресненных водах кадмия в 2020 г. показал значительное снижение его концентрации относительно прошлого года (в 2-3 раза). Превышений ПДК не выявлено, максимальные значения в поверхностном и придонном горизонте составили соответственно 0,001 и 0,002 мг/л, в десять раз ниже, чем в 2019 г. (рисунок 24).

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

В 2020 г. содержание бария и хрома в воде исследуемой акватории снизилось в 10 раз.

Проводился анализ на содержание в воде ПАУ, из числа которых в

рыбохозяйственных водоемах нормируются бенз(а)пирен и нафталин. Количество бенз(а)пирена не превышало порога обнаружения аналитического метода. Количество нафталина колебалось у поверхности от 0 до 0,24 мкг/л, у дна – от 0 до 0,22 мкг/л, что значительно ниже ПДК. Такие ПАУ, как аценафтен и антрацен, в толще воды зафиксированы не были. В десять раз увеличилось среднее количество фенантрена, а его экстремальные значения за год выросли вдвое. В воде поверхностного и придонного горизонта в 2020 г. были выявлены хризен и бенз(а)антрацен. Сумма ПАУ в 2020 г. относительно предыдущего года возросла в 2 раза, средневзвешенные значения поверхностного слоя достигали 0,05 мкг/л, придонного – 0,06 мкг/л, экстремальные значения составили 0,27 и 0,25 мкг/л. Общее количество алифатических УВ, также увеличилось, максимальное значение АУВ зафиксировано в поверхностном слое воды на уровне 1,0 мкг/л, а средняя концентрация составила 0,3 мкг/л у поверхности и 0,2 мкг/л у дна (приложение Б, рисунок 25).

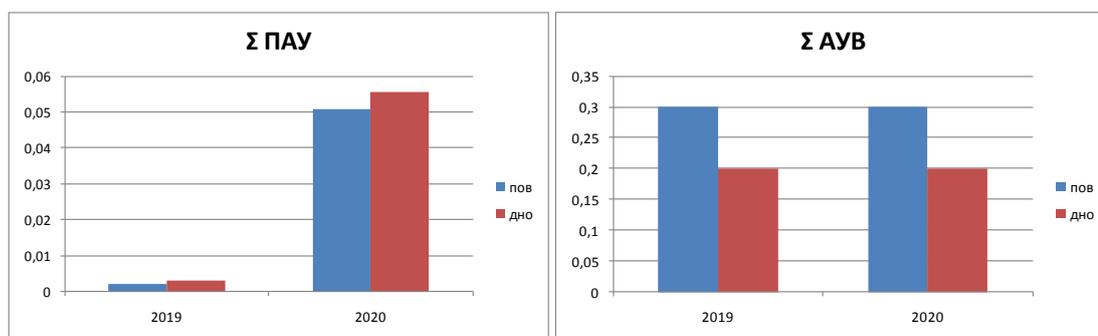


Рисунок 25 – Тяжелые металлы в водах ОЗ УО в 2019-2020 гг.

Исследования качественного и количественного состава ХОП в воде мелководной части Каспия в 2020 г. в рамках программы ПЭМ не проводились.

В 2020 г. уровень концентрации бензола и толуола был ниже предела обнаружения аналитического метода (приложение Б).

Превышение нормативов было зарегистрировано для 3 показателей: железа, никеля и свинца.

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент вариабельности концентраций в период половодья 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 K_v зарегистрирован у таких показателей, как растворенный кислород, БПК₅ и рН (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели изменчивости концентраций ЗВ на акватории ОЗ УО в 2020 г.

Показатели	СКО	Kv
pH	0,12	0,01
Растворенный кислород	0,44	0,06
Кремний минеральный	276,96	1,56
Фосфор минеральный	13,056	0,726
Азот аммонийный	16,2	0,41
Азот нитритный	0,65	0,52
Азот нитратный	0	0
БПК ₅	0,03	0,02
Взвешенные вещества	83,9	0,99
НУ	0,005	0,24
АПАВ	0,004	0,12
Железо	0,17	2,26
Марганец	0	0
Цинк	0	0
Никель	0,02	0,47
Медь	0	0
Свинец	0,02	0,61
Ртуть	0	0
Бенз(а)пирен	0,001	0,67
Нафталин	0,06	1,21
Σ ПАУ	0,05	1,14
Σ АУВ	0,28	0,83

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

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

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

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, никеля, железа и свинца. Поверхностный слой воды ОЗ в период весеннего половодья, согласно значению ИЗВ, составившему 1,64 ед., оценивался как «загрязненный» (IV класс качества вод). В придонном слое в 2020 г. для расчета индекса загрязненности, помимо растворенного кислорода, было принято использовать те же ЗВ. Индекс, равный 1,34 ед., позволяет отнести воды исследуемой акватории к той же категории «загрязненные». В 2019 г.

комплексный показатель (ИЗВ = 2,25) позволял оценить воды данной акватории как «грязные» (V класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении нагрузки на экосистему.

Состояние и загрязнение донных отложений отмелой зоны устьевого взморья по геохимическим показателям

В рамках мониторинга данной акватории в 2020 г. проводились исследования гранулометрического состава ДО. В соответствии с методиками, принятыми программой экологического мониторинга, определялся процентный состав фракций грунтов различной крупности (частицы размером >10; 10-5, 5-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1; <0,1 мм). В результате количественного анализа проб было установлено, что в донных осадках с большим перевесом преобладают мелкодисперсные частицы (алеврит и пелит) [29], содержание которых достигало 62,6 %. Второе место по встречаемости занимают более крупные фракции (крупный песок, мелкая и средняя ракушка), их доля составляла от 30,4 % до 30,8 %. Мелкий песок занимал третье место (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание фракций в донных отложениях (%) в 2020 г.

Показатели	>10 мм	10-5 мм	5-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	<0,1 мм
Среднее значение	0,16	0,25	0,66	3,89	8,03	30,60	12,69	50,59
Максимум	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	30,40	2,80	40,90
Минимум	0,60	1,60	6,70	26,70	36,70	30,80	24,30	62,60

Содержание большинства ЗВ в ДО, по данным ПЭМ за 2020 г., имело тенденцию к снижению (таблица 6).

Однако концентрация таких ЗВ как НУ и АПАВ выросла. Содержание НУ в ДО в среднем увеличилось в 1,4 раза, экстремальная концентрация при этом составила 1,2 ДК. ДК для АПАВ не установлены, в 2020 г. содержание этих нестойких органических соединений выросло в 17 раз, а максимальное значение было в 3 раза выше среднего значения.

Количество нафталина увеличилось в 5 раз, а бенз(а)пирена, наоборот, снизилось в 1,6 раз. Осенью концентрация этих веществ была значительно ниже. В период половодья

регистрировались единичные случаи превышения ДК нафталина в 1,3 раза, а осенью – в 1,8 раз. Общее количество ПАУ в 2020 г. увеличилось в 1,2-2 раза.

По сравнению с аналогичным периодом 2019 г., в отчетном году загрязненность ДО Северного Каспия ТМ значительно снизилась. Значения ТМ, кроме меди, снизились от 1,2 (цинк) до 4-5 (железо и барий) раз. Повышение концентрации было характерно только для меди: наблюдения выявили двукратное повышение. Превышений нормативов среднегодовых значений ТМ не выявлено. ДК для железа не установлена, однако содержание Fe не превышало диапазона многолетних колебаний [18]. Единичные случаи превышения установленных нормативов до 2 ДК регистрировались у кадмия.

Таблица 6 – Основные показатели химического состава и загрязненности ДО на акватории мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019-2020 гг.

Показатели	2019 г.	2020 г.			ПДК
	ср. знач.	ср. знач.	мин	макс	
НУ, мг/кг	23,4	31,87	17	56	50
АПAB, мг/кг	1,8	29,83	12	92	-
Fe, мг/кг	708,8	155,65	44	690	-
Zn, мг/кг	2,1	1,73	0,8	5,6	124
Ni, мг/ кг	1,8	0	0	0	35
Ba, мг/кг	59,5	11,55	6	15	160
Cu, мг/кг	0,5	1,68	0,5	6,1	18,7
Hg, мг/кг	0,04	0	0	0	0,13
Cd, мг/кг	0,3	0,35	0,06	1,97	0,7
Pb, мг/кг	3,3	0,93	0,6	1,4	30,2
Mn, мг/кг	44,9	27,48	11	144	-
Нафталин, мкг/кг	0	0	0	0	34,6
Аценафтен, мкг/кг	1,17	0	0	0	6,71
Флуорен, мкг/кг	0	0	0	0	21,2
Фенантрен, мкг/кг	0	12,91	8,7	23,6	86,7
Антрацен, мкг/кг	0,6	0	0	0	46,1
Флуорантен, мкг/кг	0	0	0	0	113
Пирен, мкг/кг	0	0	0	0	153
Бенз(а)антрацен, мкг/кг	0	12,32	6,4	45,5	74,8
Хризен, мкг/кг	0,07	12,26	4,6	56,1	108
Бенз(б)флуорантен, мкг/кг	0	0	0	0	-
Бенз(к)флуорантен, мкг/кг	0	0	0	0	-
Бенз(а)пирен, мкг/кг	0,05	0	0	0	88,8
Дибенз(а,h)антрацен, мкг/кг	0	4,18	2,2	13,7	6,2
Бензо(ghi)перилен, мкг/кг	0	0	0	0	80
Инден(1,2,3-cd)пирен, мкг/кг	0	0	0	0	60
∑ ПАУ, мкг/кг	8,5	37,30	6,8	122,6	-
∑ ДДТ, мг/кг	0	0	0	0	-
∑ ГХЦГ, мг/кг	0	0	0	0	-

В ДО определялось количество пестицидов. ХОП не превышали порога обнаружения аналитического метода.

В соответствии с РД 52.15.880-2019, оценка качества ДО по содержанию в них НУ проводится по принятой международной шкале [1]. В 2020 г. содержание НУ в ДО достигало 31,87 мг/кг, что позволяет отнести донные осадки к I классу качества ДО «чистые» ($15 \leq C \leq 50$).

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

4 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИГЛУБОЙ ЗОНЫ УСТЬЕВОГО ВЗМОРЬЯ Р. ВОЛГИ В 2020 Г.

Состояние и загрязнение морской среды по гидрохимическим показателям

Обзор состояния химического загрязнения вод ПЗ УО р. Волги составлен по данным наблюдений, выполненных АЦГМС в период гидрохимических съемок на ВР ГНС Ш и ГНС Ша, а также наблюдений в рамках программ ПЭМ. В 2020 году экспедиционные работы Росгидромета на ВР ГНС проводились в апреле. Программы ПЭМ подразумевают исследования состояния окружающей среды 2 раза в год. Всего в ходе наблюдений в западной части Северного Каспия в 2020 г. определялось 36 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 [25].

В 2020 г. температура у поверхности ПЗ колебалась в диапазоне значений от 14,01 до 20,51 °С. У дна температура воды составляла 7,84-17,94 °С. В среднем в 2020 г. температура в поверхностном слое Северного Каспия составила 17,4 °С, а в придонном слое – 14,8 °С, что на 1-2 °С ниже средней температуры в 2019 г. в этот же период (рисунок 26).

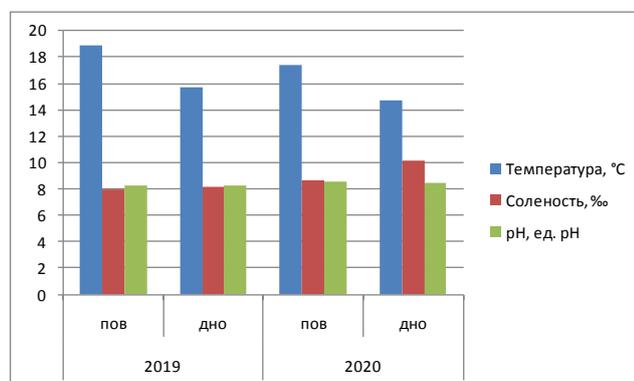


Рисунок 26 – Гидрологические показатели ПЗ УО 2019-2020 гг.

Средняя величина солености вод глубоководной части Северного Каспия в поверхностном и придонном слое за 2020 г. составила 8,7 ‰, а в придонном – 10,1 ‰. Наблюдался ярко выраженный сезонный ход солености. В 2020 г. отмечается незначительное повышение солености относительно предыдущего года (рисунок 26).

Величина водородного показателя в течение 2020 г. находилась в пределах 8,3-8,7 ед. pH, средневзвешенная величина у поверхности составила 8,5 ед. pH, у дна – 8,4 ед. pH (рисунок 26). Увеличение данного параметра связано с интенсификацией

процессов фотосинтеза. Значения 2020 г. мало отличались от значений 2019 г. Вертикальная изменчивость этого показателя была выражена слабо.

В 2020 г. кислородный режим моря был удовлетворительным (рисунок 27), содержание O_2 ниже предела допустимой концентрации не опускалось. Средние концентрации у поверхности (12,2 мг O_2 /л) составляли практически тоже значение, что и у дна (11,6 мг O_2 /л). Минимальные концентрации кислорода регистрировались на уровне 10,2 и 8,0 мг O_2 /л в поверхностном и придонном горизонте соответственно. В сравнении с предыдущим годом содержание O_2 несколько увеличилось.

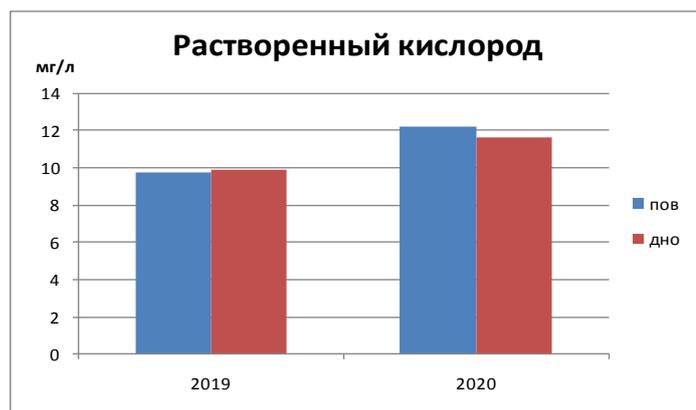


Рисунок 27 – Растворенный кислород в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Каспийское море, и особенно его северная часть, являются высокопродуктивным водоемом, влияние речного стока достигает и глубоководной части моря, поэтому значительна часть главнейших биогенных элементов (азота, кремния и фосфора) приносится волжскими течениями. Фосфаты являются одним из важнейших гидрохимических компонентов, и в силу высокой реактивности характеризуют биологическую продуктивность моря.

Содержание фосфатов в течение 2020 г. находилось в пределах от 5,04 до 69,41 мкг/л, средневзвешенная величина составила 13,5 мкг/л в поверхностном слое и 9,25 мкг/л в придонном. В среднем в толще воды концентрация фосфатов была равна 11,4 мкг/л (рисунок 28). Относительно 2019 г. содержание минерального фосфора у поверхности возросло вдвое, а у дна – в 1,5 раз.

Источником кремния в море также служит речной сток, придонные слои могут обогащаться кремнием в процессе обмена с грунтом. В 2020 г. содержание кремния в среднем сократилось более чем в 10 раз и составило 79,55 мкг/л (рисунок 28). Колебания концентрации находились в пределах от 10,6 до 1014,0 мкг/л. Количество кремния было сильно подвержено сезонным изменениям.

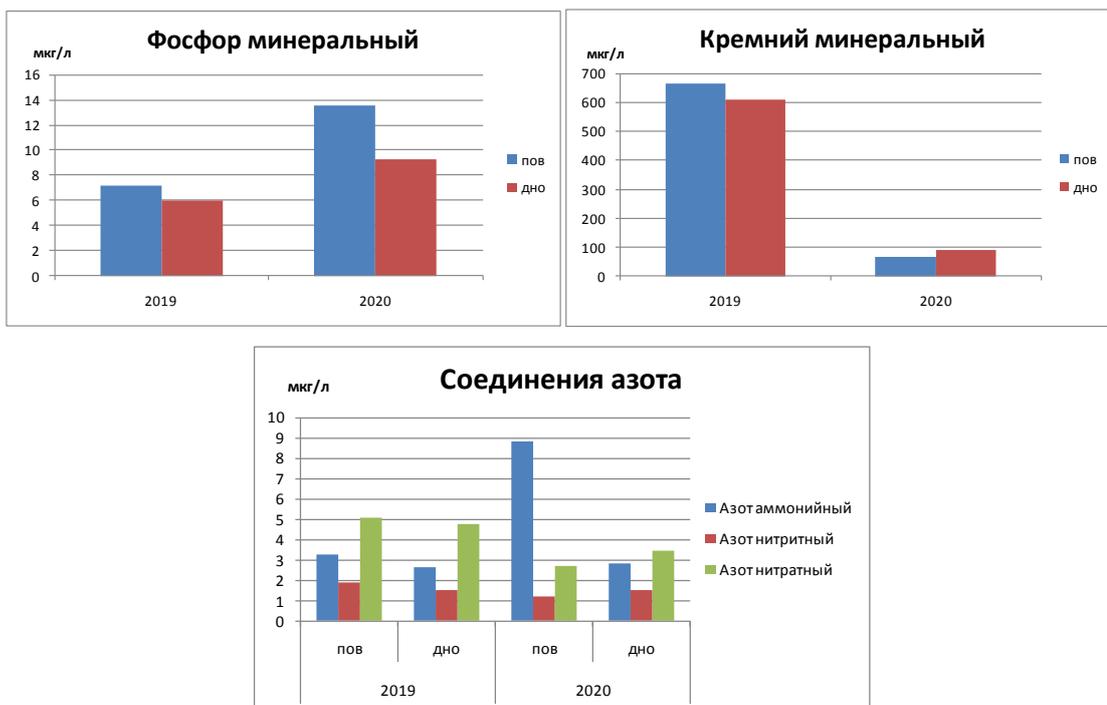


Рисунок 28 – Биогенные соединения в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Концентрация аммонийного азота весной в поверхностном слое колебалась от 0 до 128,4 мкг/л, в среднем достигала 8,8 мкг/л (рисунок 28). В придонном горизонте содержание иона аммония изменялось от аналитического нуля до 66,8 мкг/л, при среднем значении 2,8 мкг/л. Примечательно, что в поверхностном слое изменчивость аммонийного азота была в 2 раза выше, чем в придонном. Так, в 2020 г. в поверхностном слое количество NH_4^+ выросло в 3 раза, а в придонном осталось на уровне 2019 г.

Содержание нитритов в поверхностном горизонте в течение 2020 г. изменялось от 0,5 до 3,5 мкг/л, в придонном – от 0,54 до 3,9 мкг/л, при средних значениях 1,2 и 1,5 мкг/л соответственно (рисунок 28). Отмечено, что нитриты обладают значительной сезонной изменчивостью. Среднегодовое количество нитритов мало отличалось от прошлогодних величин.

Годовой ход концентрации нитратов составил от 0 до 11,01 мкг/л в поверхностном горизонте, и от 0 до 9,59 мкг/л в придонном слое, концентраций, превышающих ПДК, отмечено не было (рисунок 28). Вертикальное распределение нитратов было однородным, что свидетельствует о хорошем водообмене между верхними слоями, где нитраты потребляются, и нижними, где они регенерируются.

БПК₅ является одним из основных показателей состояния водной экосистемы. В 2020 г. уровень биологического потребления кислорода у поверхности не поднимался выше значения 3,5 мг/л (1,7 ПДК), у дна максимум достигал 2,82 (1,3 ПДК) мг/л.

Средневзвешенные значения составили: в поверхностном горизонте 1,7 мг/л, у дна 1,8 мг/л. В сравнении с 2019 г., абсолютный максимум БПК₅ в 2020 г. незначительно снизился, а средние значения остались на одном уровне и не превышали ПДК (рисунок 29).

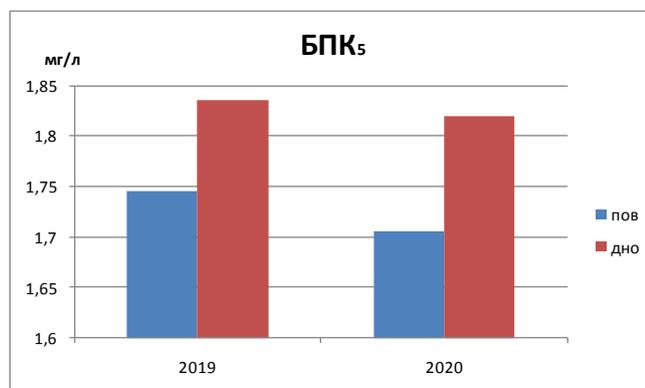


Рисунок 29 – БПК₅ в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах ПЗ УО колебалось от 1,6 до 43,1 мг/л, при среднем значении 7,84 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 раза, у дна – в 2,7 раз. Средние показатели 2020 г. были ниже установленной нормы. Важно отметить, что с увеличением стока р. Волги увеличивается и количество взвеси, выносимой в Каспий, в 2020 г., по сравнению с 2019 г., это количество выросло в 3-4 раза (рисунок 30).

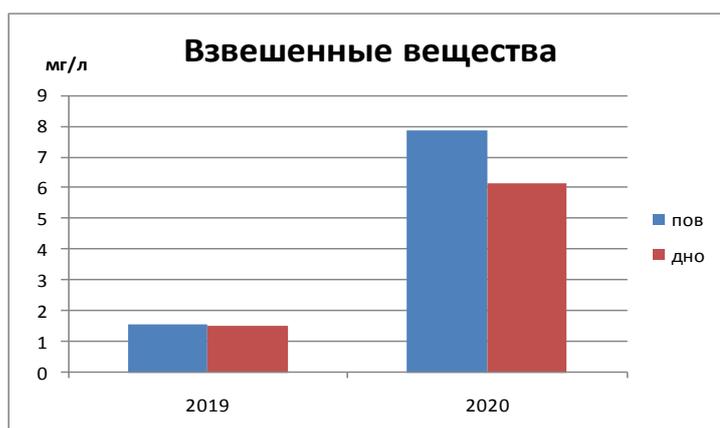


Рисунок 30 – Взвешенные вещества в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Содержание НУ в 2020 г. изменялось от аналитического нуля (в придонном горизонте) до 3,4 ПДК (в поверхностном горизонте) (рисунок 31). При этом среднее значение в поверхностном слое составило 0,04 мг/л, а в придонном горизонте – 0,01 мг/л, среднегодовые значения не нарушали установленный норматив. В сравнении с 2019 г.,

наблюдалось значительное снижение содержания НУ. Концентрации НУ в 2020 г. не превышали многолетнюю изменчивость, которая в период 1998-2003 гг. находилась в диапазоне от следовых значений до 0,4 мг/л.

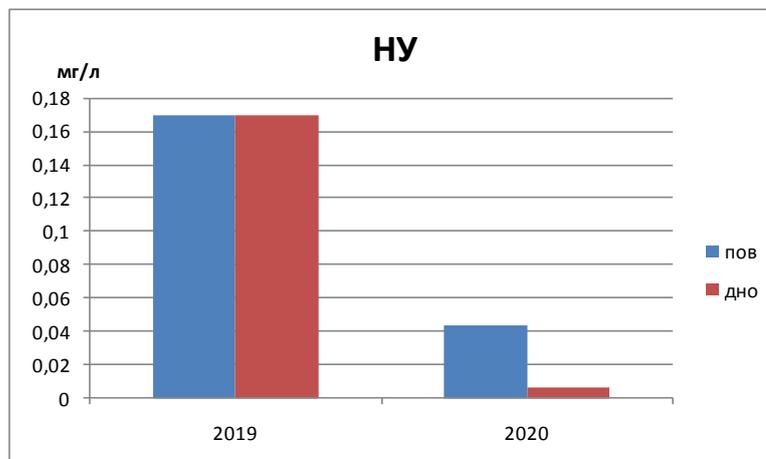


Рисунок 31 – НУ в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

В поверхностном и придонном горизонте акватории ПЗ УО в 2020 г. были выявлены АПАВ, концентрация которых не превышала ПДК и колебалась в диапазоне 0-0,12 мг/л, в среднем не превышая ПДК (0,04-0,05 мг/л). В сравнении с предыдущим годом, отмечается значительное снижение концентрации АПАВ (рисунок 32).

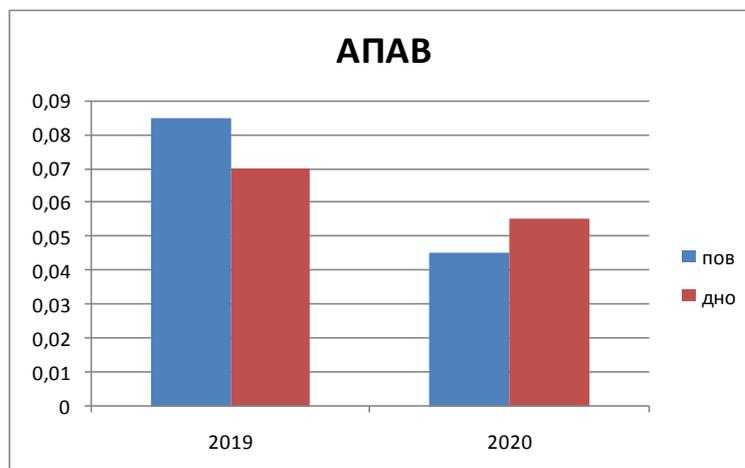


Рисунок 32 – АПАВ в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Значение железа в среднем по поверхностному горизонту ПЗ УО составило 1,2 ПДК, экстремальные значения превышали допустимый уровень в 3,2 раза (рисунок 33). В придонном горизонте среднее содержание железа было в 12,5 раз ниже, чем в поверхностном, и не превышало установленного норматива. Многолетние значения Fe изменялись в пределах от 0,001 до 0,45 мг/л, при этом максимум регистрировался в придонном горизонте, как видно из литературных источников [18], концентрация железа

довольно часто превышала ПДК.

В 2020 г. в поверхностном и придонном слое определялось среднее количество марганца, которое составило соответственно 0,003 мг/л и 0,005 мг/л. По сравнению с аналогичным периодом предшествующего года, концентрация Mn на разных станциях снизилась в 2,5-5 раз. Экстремальные значения колебались от 0,002 до 0,02 мг/л. Многолетние концентрации марганца в воде изменялись от следовых значений до 0,025 мг/л (рисунок 33).

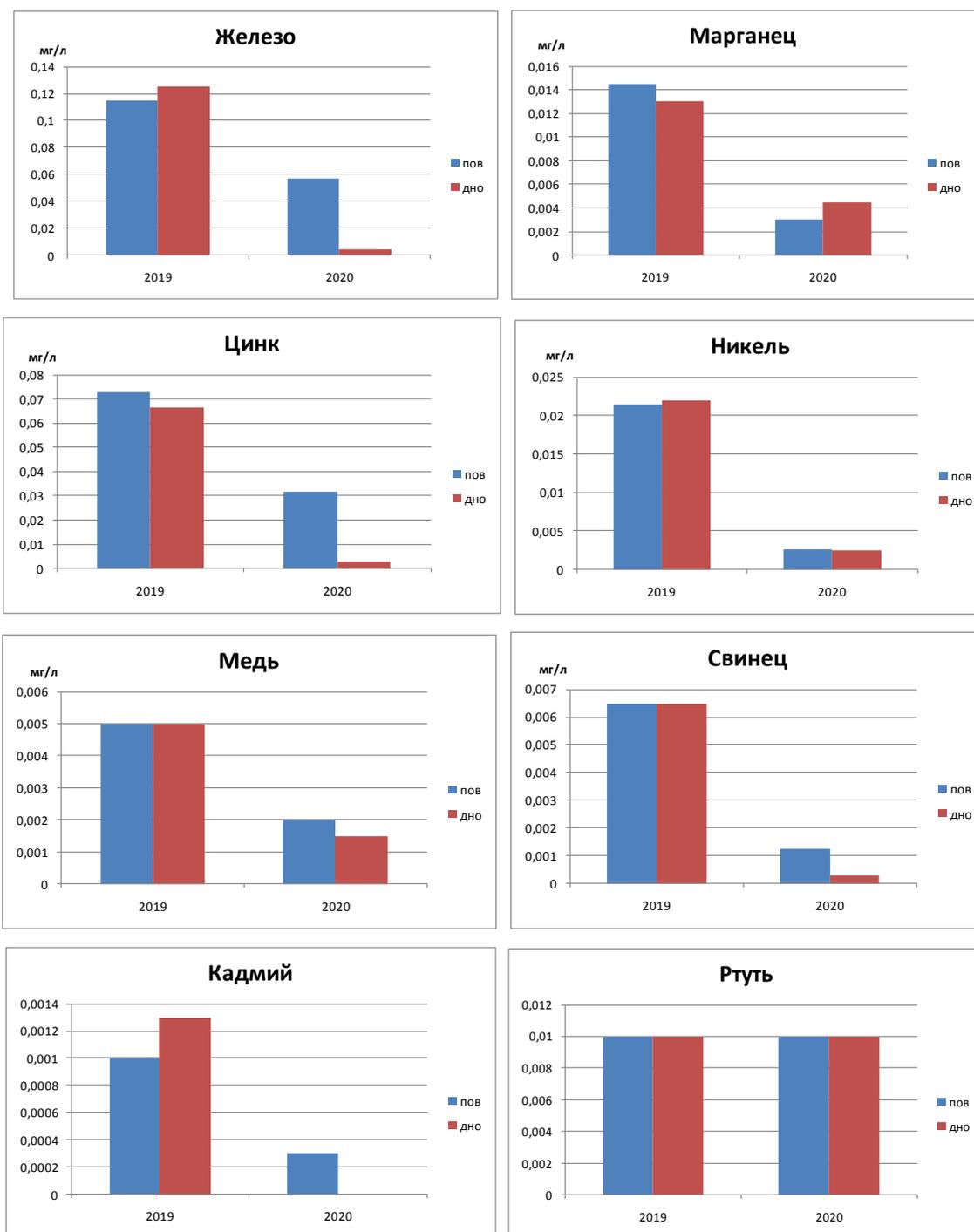


Рисунок 33 – ТМ в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Минимальное значение цинка в поверхностном слое акватории составило 0,005 мг/л, что в 10 раз ниже ПДК, максимальное было на уровне 1,4 ПДК, что говорит о значительной изменчивости данного показателя. В придонном горизонте концентрация цинка была ниже, средневзвешенное количество этого металла было на уровне 0,003 мг/л, экстремальные значения изменялись от 0,001 до 0,01 мг/л. По сравнению с 2019 г., количество цинка в воде значительно снизилось (рисунок 33).

Средняя концентрация никеля была равна 0,003 мг/л у поверхности и в придонном горизонте. Максимальные концентрации в толще воды не поднимались выше 0,004 мг/л. В 2020 г. превышений установленного норматива никелем не регистрировалось. Следует отметить, что содержание никеля в 2019 г. было в десять раз выше, чем в 2020 г.

Медь обнаруживалась в воде поверхностного слоя на уровне 0,002 мг/л, в придонном слое содержание меди достигало 0,0015 мг/л, что значительно ниже показателей 2019 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 33).

В 2020 г. в водах ПЗ Северного Каспия определялось количество свинца. В поверхностном слое среднее содержание этого элемента было значительно выше (0,001 мг/л), чем в придонном (0,0003 мг/л). Превышений ПДК в 2020 г. не регистрировалось, отмечается значительное снижение содержания свинца относительно 2019 г.

Анализ воды акватории на содержание кадмия в 2020 г. показал значительное снижение его концентрации относительно прошлого года. В поверхностном слое значение этого металла не превышало 0,0003 мг/л, что более чем в 10 раз ниже ПДК. В придонном горизонте кадмий был ниже предела обнаружения аналитического метода (рисунок 33).

В поверхностном горизонте максимальная концентрация ртути была ниже установленного норматива в 2 раза, а средневзвешанная – в 10 раз, в придонном слое содержание ртути отличалось незначительно. По сравнению с предыдущим годом содержание данного металла возросло более чем в 2 раза (рисунок 33).

В 2020 г. содержание бария в воде исследуемой акватории не превышало порога обнаружения аналитического метода, как и в 2019 г.

Проводился анализ на содержание в воде ПАУ (рисунок 34), из числа которых в рыбохозяйственных водоемах нормируются бенз(а)пирен и нафталин. Количество бенз(а)пирена снизилось в 2 раза по сравнению с предыдущим годом и составило в среднем 0,00002 мкг/л, при максимальном значении 0,0002 мкг/л, в придонном горизонте

оно не превышало нижнего предела обнаружения метода КХА в течение всего периода наблюдений. Количество нафталина колебалось у поверхности от 0 до 0,09 мкг/л, у дна – от 0 до 0,14 мкг/л, что значительно ниже ПДК. Общее количество ПАУ в 2020 г. относительно предыдущего года возросло в 2,5-4 раза, средневзвешенные значения поверхностного слоя достигали 0,02 мкг/л, придонного – 0,03 мкг/л. Средняя концентрация Σ ПАУ в толще воды составила 0,05 мкг/л, что в 2 раза больше прошлогоднего уровня.

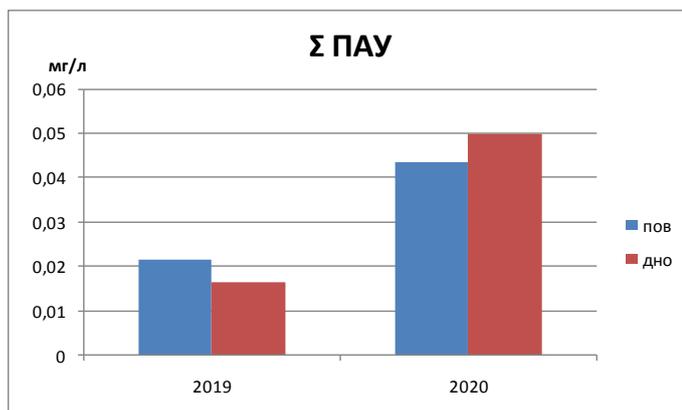


Рисунок 34 – Σ ПАУ в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

Количество пестицидов группы ГХЦГ и ДДТ было ниже предела обнаружения аналитического метода.

Содержание Σ ПХБ в поверхностном горизонте колебалось в диапазоне 0,005-0,013 мкг/л, в придонном – 0-0,022 мкг/л. В 2020 г. выявлена тенденция к снижению пестицидов в воде (рисунок 35).

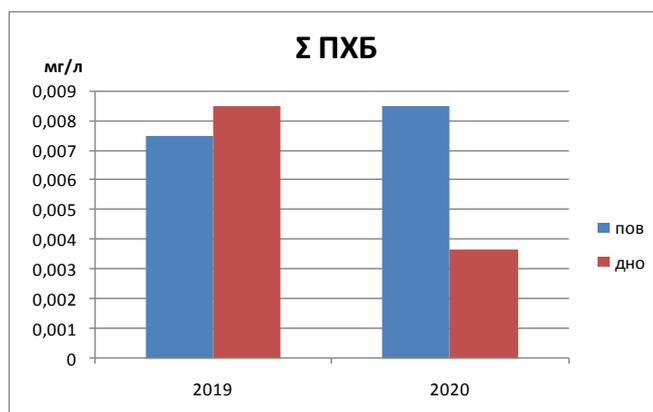


Рисунок 35 – Σ ПХБ в водах ПЗ УО 2019-2020 гг.

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

Превышение нормативов за период исследований 2020 г. было зарегистрировано

для 5 показателей: НУ, железа, цинка, взвешенных веществ и БПК₅.

«Высокий» и «очень высокий» коэффициент вариабельности концентраций наблюдался у кремния, фосфатов, нитритного и нитратного азота, взвешенных веществ, АПАВ, цинка, меди, ртути и ПАУ, следует отметить, что высокие показатели изменчивости могут свидетельствовать об антропогенной природе происхождения загрязнения. Низкий Kv зарегистрирован у таких показателей, как растворенный кислород, никель и рН (таблица 7).

Таблица 7 – Показатели изменчивости концентраций ЗВ в Северном Каспии в 2020 г.

Показатели	СКО	Kv
рН	0,07	0,01
Растворенный кислород	0,40	0,04
Кремний минеральный	65,48	0,85
Фосфор минеральный	12,34	0,96
Азот аммонийный	17,20	0,29
Азот нитритный	0,80	0,99
Азот нитратный	3,41	1,57
БПК ₅	0,49	0,28
Взвешенные вещества	5,29	0,63
НУ	0,03	0,44
АПАВ	0,04	2,49
Железо	1,93	0,48
Марганец	1,40	0,36
Цинк	0,01	0,89
Никель	0,54	0,22
Медь	0,01	0,60
Свинец	0,01	0,40
Ртуть	0,00	2,39
Бенз(а)пирен	0,00	5,83
Нафталин	0,02	0,60
Σ ПАУ	0,04	0,88
Σ ПХБ	0,01	0,35

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

Определение качества воды ПЗ УО по комплексным показателям проводилось в соответствии с рекомендациями Росгидромета с использованием ИЗВ [1].

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

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году

использовали среднее содержание в воде кислорода, НУ, железа и цинка. Поверхностный слой воды, согласно значению ИЗВ, составившему 0,8 ед., оценивался как «чистый» (II класс качества вод). В придонном слое в 2020 г. для расчета индекса загрязненности, помимо растворенного кислорода, было принято использовать БПК₅, взвешенные вещества и цинк. Индекс, равный 0,6 ед., позволяет отнести воды исследуемой акватории к категории «чистые» (II класс качества вод). В 2019 г. комплексный показатель (ИЗВ = 2,25) позволил оценить воды Северного Каспия как «грязные» (V класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении экологической нагрузки на экосистему.

Состояние и загрязнение донных отложений по геохимическим показателям

В рамках мониторинга исследуемой акватории в 2020 г. проводились исследования гранулометрического состава ДО. В соответствии с методиками, принятыми программой экологического мониторинга, определялся процентный состав фракций грунтов различной крупности (частицы размером > 10; 10-5, 5-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1; 0,1-0,05; < 0,05 мм). В результате количественного анализа проб было установлено, что в донных осадках преобладает мелкий песок [29], содержание которого достигало 38,6 %. Второе место по встречаемости занимают более крупные фракции (крупный песок, мелкая и средняя ракуша), их доля составляла от 12,3-12,5 %. Мелкодисперсные частицы (алеврит и пелит) занимали до 9,6 % (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристика содержания фракций в донных отложениях (%) в 2020 г.

Показатели	> 10 мм	10-5 мм	5-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	0,1-0,05 мм	< 0,05 мм
Среднее значение	3,925	7,045	12,325	7,705	12,57	6,025	38,62	2,395	9,57
Максимум	18,01	38,01	43,26	37,62	65,58	44,03	87,77	10,45	88,58
Минимум	0,4	0,75	0,95	0,35	0,345	0,315	0,73	0,155	0,28

В поровых водах грунтов определялось содержание основных биогенов (таблица 9). В сравнении с 2019 г., в 2020 г. отмечается снижение концентрации минерального кремния в среднем в 1,9 раз. Сезонный ход фосфатов в 2020 г. мало отличался от динамики в предыдущем году, отмечено небольшое снижение содержания.

Такая же тенденция характерна и для общего количества фосфатов. Количество аммонийного азота резко снизилось в 2 раза. Содержание нитритного азота, напротив, возросло от аналитического нуля в 2019 г. до 43,15 мкг/л в 2020 г. Концентрация нитратов увеличилась в десятки раз.

Таблица 9 – Содержание основных биогенов в поровых водах донных отложений Северного Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 г.	2020 г.	
			ср.знач.	диапазон
Кремний минеральный	мкг/л	1708,6	871,3	14,6-1466,5
Фосфор минеральный	мкг/л	424,93	442,7	24,5-3792,0
Фосфор общий	мкг/л	1186,5	854,1	82,1-5459,0
Азот аммонийный	мкг/л	2875,8	1011,0	13,3-4567,0
Азот нитритный	мкг/л	0	43,2	0,4-1046,1
Азот нитратный	мкг/л	11,4	335,0	6,8-3246,0
Азот общий	мкг/л	7571,4	2256,4	146,6-7963,0

Содержание большинства ЗВ в ДО, по данным ПЭМ за 2020 г., имело тенденцию к снижению (таблица 10). Концентрация НУ в ДО снизилась в 5 раз, количество нафталина в среднем – в 7 раз, а бенз(а)пирена – в 2 раза. В исследуемый период регистрировались единичные случаи двукратного превышения ДК нафталина. Однако общее количество ПАУ в 2020 г. увеличилось в 1,5 раза.

По сравнению с аналогичными периодами 2019 г., весной и осенью отчетного года загрязненность ДО Северного Каспия ТМ значительно снизилась. Значения таких металлов, как цинк и свинец уменьшились в 2 раза, количество никеля, меди и ртути – в 3-4 раза. Количество марганца сократилось более чем в 4 раза. Повышение концентрации было характерно для железа (наблюдения выявили двукратное повышение концентрации) и кадмия. ДК для железа не установлена, однако содержание Fe в этом районе не превышало диапазона многолетних колебаний [18]. Единичные случаи превышения установленных нормативов до 1,7 ДК регистрировались у кадмия в период половодья. Экстремальные значения таких металлов, как цинк, никель и медь превышали ДК не более чем в 1,2 раза.

В ДО определялось количество пестицидов. Среди всех групп ХОП были выявлены только α -ГХЦГ и β -ГХЦГ, содержание которых в среднем возросло от аналитического нуля в 2019 г. до 0,16 мкг/кг в 2020 г. Экстремальный максимум суммы пестицидов превышал норматив в 2 раза.

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

Таблица 10 – Содержание загрязняющих веществ в ДО Северного Каспия в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 г.	2020 г.		ДК
		ср. знач.	ср. знач.	диапазон	
НУ	мг/кг	5,9	1,095	0-10,0	50
Фенолы	мг/кг	0	0	0	0,05
АПАВ	мг/кг	1,505	1,43	0,4-11,9	-
Железо	мг/кг	2150	4351,49	600-21900	-
Марганец	мг/кг	408,5	86,4	3,0-410,0	-
Цинк	мг/кг	60,2	24,15	4,6-136,6	124
Никель	мг/кг	31,65	7,095	2,4-42,1	35
Медь	мг/кг	23,55	5,1	3,2-22,5	18,7
Свинец	мг/кг	13,05	6,39	3,5-12,3	30,2
Кадмий	мг/кг	0	0,0175	0-1,2	0,7
Ртуть	мг/кг	0,0255	0,007	0-0,032	0,13
Барий	мг/кг	0	0	0	160
Нафталин	мкг/кг	35,4	5,01	0-62,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	1,92	1,03	0-3,0	88,8
Σ ПАУ	мкг/кг	25,165	38,36	1,4-160,6	-
α-ГХЦГ	мкг/кг	0	0,0105	0-0,7	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0	0,155	0-2,52	
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	10
Σ ГХЦГ	мкг/кг	0	0,160	0-2,52	0,32
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	0,97	0	0	21,5

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

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

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 2020 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 2019 г. определялось 40 показателей химического состава и загрязненности речных вод, из которых 34 показателя нормируются в рыбохозяйственных водоемах России.

Несмотря на снижение, УКИЗВ (в среднем по дельте за 2019-2020 гг. этот показатель снизился более чем на единицу) за пределы категории «грязные» не вышел. Однако следует отметить тенденцию к улучшению качества вод за последние 5 лет.

Повышение концентрации большинства ЗВ приурочены к весеннему и осеннему периоду, в то же время в 2020 г. производились попуски волжских вод с Волгоградской ГЭС. Локальные повышения концентраций таких ЗВ как фенолы, ХОП, ртуть и марганец указывают на наличие временных локальных источников загрязнения.

Также как и для Нижней Волги, для дельты характерны такие ЗВ, как: медь, цинк, железо, фенолы и НУ, но, кроме того, в пуле ЗВ присутствуют ртуть, кадмий и ХОП.

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 2020 г. в морской части устьевого взморья р. Волги проводился государственный и производственный экологический мониторинг, включавший наблюдения за состоянием и загрязнением окружающей среды. Оценка состояния и качества ОЗ УО проводилась по данным ПЭМ в Северном Каспии, а ПЗ УО – по данным государственного и производственного экологического мониторинга.

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 Северного Каспия в 2020 г. делает целесообразной раздельную оценку загрязненности слоев.

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, никеля, железа и свинца.

Поверхностный слой воды Северного Каспия в период весеннего половодья, согласно значению ИЗВ, составившему 1,64 ед., оценивался как «загрязненный» (IV класс качества вод). В придонном слое в 2020 г. для расчета индекса загрязненности, помимо растворенного кислорода, было принято использовать те же ЗВ. Индекс, равный 1,34 ед., позволяет отнести воды исследуемой акватории к той же категории «загрязненные». В 2019 г. комплексный показатель (ИЗВ = 2,25) позволил оценить воды Северного Каспия как «грязные» (V класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении экологической нагрузки на экосистему.

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

Для расчета индекса загрязненности поверхностного горизонта в отчетном году использовали среднее содержание в воде кислорода, НУ, железа и цинка. Поверхностный слой воды, согласно значению ИЗВ, составившему 0,8 ед., оценивался как «чистый» (II класс качества вод). В придонном слое в 2020 г. для расчета индекса загрязненности, помимо растворенного кислорода, было принято использовать БПК₅, взвешенные вещества и цинк. Индекс, равный 0,6 ед., позволяет отнести воды исследуемой акватории к категории «чистые» (II класс качества вод). В 2019 г. комплексный показатель (ИЗВ = 2,25) позволил оценить воды Северного Каспия как «грязные» (V класс качества вод).

Данный показатель довольно точно характеризует изменения уровня загрязнения морской среды, изменения качества вод говорит о снижении экологической нагрузки на экосистему моря.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений». – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293724/4293724612.pdf> (дата обращения 15.04.2020).
2. РД 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши». – URL: <https://docplan.ru/Index2/1/4293748/4293748080.htm> (дата обращения 15.04.2021).
3. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 01.10.2019).
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 25.03.2019).
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 04.09.2021).
7. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 10.09.2021).
8. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря/Полонский В.Ф., Михайлов В.Н., Кирьянов С.В. и др.; Отв. ред.: Полонский В.Ф. и др. — Москва: ГЕОС, 1998. – 278 с.
9. Монахова Г.А., Есина О.И., Татарников В.О., Монахов С.К. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе // Защита окружающей среды в нетегазовом 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 19.09.2021).
11. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2018 / Отв. ред. М.М. Трофимчук. – Ростов н/Д., 2019. – 561 с.

12. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник. 2019 / Отв. ред. А.Н. Коршенко. – М., 2020. – 204 с.
13. Ресурсы поверхностных вод СССР / Отв. ред. Ю.А. Елшина, В.В. Куприянова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1971. – Т.12. – Вып.1. – 231 с.
14. Ресурсы поверхностных вод СССР – СПб.: Гидрометеиздат, 1973. – Т.10. – Кн.1. – 398 с.
15. 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.
16. Белевич Е.Ф. Районирование дельты Волги // Труды Астраханского заповедника. – 1963. – Вып. 8. – С. 401-421.
17. Долговременный мониторинг и сохранение колониальных водных птиц Северного Каспия в связи с многолетними колебаниями уровня Каспийского моря / Отв. ред. Э.В. Рогачева, Н.А. Литвинова. – Астрахань: Волга, 2005. – 270 с.
18. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / Отв. ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – 406 с.
19. Монахова Г.А., Есина О.И., Татарников В.О., Монахов С.К. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе // Защита окружающей среды в нетегазовом комплексе. – 2014. – № 1. – С. 32-37.
20. Лисицын А.П., Маргинальный фильтр океанов // Океанология. – 1994. Т. 34. – № 5. С. 735-747.
21. Гурский Ю.Н., Лисицын А.П. Геохимические особенности процессов на нижнем этапе маргинального фильтра река – море // ДАН. – 2011. – Т.436. – №3. – С. 368-376.
22. Проблемы качества вод Нижней Волги и Северного Каспия / Под ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островской. М.: Типография Россельхозакадемии, 2013. 300 с.
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. Обзор тенденции и динамики загрязнения устьевой области Волги за период 1978-2018 гг. / Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань, 2020. – 121 с.
25. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных

объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/> (дата обращения 21.05.2020).

26. Метелев В.В. Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология. М., 1971. – 248 с.

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

28. Каспийское море: Гидрология и гидрохимия / Отв. ред. С.С. Байдин, А.Н. Косарев. М.: Наука, 1986. – 262 с.

29. 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 2019-2020 гг.

Таблица А.1 – Средние значения показателей состояния и загрязнения дельты р. Волги в 2019-2020 гг.

Показатель	Верхнелебяжье		ПОС		ЦКК		Кривая Болда		Подчалык		Камызяк		Ильинка		Красный Яр		ПДК
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Взвешенные вещества, мг/л	27,98	37,68	27,73	32,05	26,53	36,26	27,63	32,23	25,62	44,86	29,27	36,33	28,47	36,72	30,09	38,23	10
рН, ед.рН	8,24	8,11	8,29	8,02	8,15	8,05	8,16	8,04	8,17	8,08	8,2	8,09	8,18	8,05	8,2	8,053	6,5-8,5
Растворенный кислород, мгО ₂ /л	11,84	10,42	11,18	9,97	11,31	9,79	11,58	10,50	11,84	10,94	11,85	10,96	10,52	9,39	11,45	10,51	6
ХПК, мг/л	24,18	23,70	24,23	23,55	24,6	24,19	24,37	23,99	23,75	23,59	24,42	24,01	24,3	23,66	23,84	24,2	15
БПК ₅ , мг/л	1,99	2,05	2,03	2,02	2,01	2,12	2,14	2,07	2,13	2,29	2,01	1,90	2,01	2,08	1,98	2,18	2,1
СО ₂ , мг/л	1,9	2,99	2,24	3,56	2,18	3,09	2,23	3,46	2,69	2,98	2,27	3,12	1,99	2,99	2,15	3,29	-
SO ₃ и H ₂ S, мг/л	0,01	0,003	0,01	0,005	0,01	0,006	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,002	0,01	0,005	-
Минерализация	339,3	380,74	334,2	378,7	340,2	382,7	336,5	377,1	338,4	374,2	346,3	373,5	341,2	388,6	343,4	374,8	1000
Жесткость, мг-экв/л	3,57	2,88	3,47	2,9	3,61	2,76	3,51	3,02	3,45	3,12	3,76	3,04	3,6	2,91	3,4	3,06	-
Гидрокарбонаты, мг/л	134,9	169,52	131,4	167,7	133,3	170,1	133,1	166,4	134,6	162,5	138,2	166,4	134,7	171,4	134,3	167,3	-
Ca, мг/л	43,71	36,05	40,41	38,89	42,84	35,72	41,28	39,16	40,16	39,80	44,99	38,54	42,07	37,14	39,24	39,24	180
Na + K, мг/л	31,1	57,29	33,42	53,86	30,85	60,27	31,89	52,47	33,68	53,72	44,99	51,88	31,38	59,29	36,62	50,81	120,0
SO ₄ , мг/л	75,3	72,90	75,99	74,07	76,7	73,41	74,6	73,67	75,54	74,61	76,43	73,33	76,04	74,50	76,03	73,05	100
Cl, мг/л	35,9	30,53	35,09	29,97	36,82	29,77	36,28	44,00	35,12	31,02	37,52	29,18	37,04	31,98	37,73	29,18	300
Mg, мг/л	16,88	13,19	17,62	12,78	17,9	11,98	17,61	13,20	17,55	12,80	18,42	12,8	18,29	12,88	17,67	13,59	40
Азот аммонийный, мкг/л	0,04	0,015	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01	0,5
Азот нитритный, мкг/л	0,01	0,007	0,01	0,01	0,01	0,004	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,011	0,01	0,006	0,02	0,02	0,02
Азот нитратный, мкг/л	0,34	0,27	0,37	0,32	0,38	0,32	0,38	0,27	0,37	0,34	0,33	0,31	0,35	0,31	0,39	0,33	9
Азот суммарный минеральный, мкг/л	0,38	0,29	0,34	0,35	0,37	0,13	0,42	0,26	0,41	0,37	0,37	0,332	0,41	0,33	0,44	0,366	-
Фосфор минеральный, мкг/л	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,032	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кремний минеральный, мкг/л	3,75	5,7	3,69	5,88	4,68	5,86	3,93	5,825	3,35	5,97	3,93	5,8	4	5,67	3,88	6,13	-
Железо, мг/л	0,15	0,11	0,14	0,11	0,13	0,09	0,12	0,11	0,16	0,09	0,14	0,09	0,13	0,09	0,13	0,09	0,01
Медь, мг/л	0,005	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,003	0,001	0,004	0,002	0,001	0,002	0,001
Цинк, мг/л	0,02	0,05	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,016	0,05	0,016	0,04	0,02	0,04	0,01
Никель, мг/л	0,008	0,002	0,009	0,002	0,008	0,002	0,008	0,002	0,001	0,002	0,01	0,002	0,006	0,002	0,01	0,002	0,01
Хром, мг/л	0,002	0,0002	0,001	0,000 2	0,01	0,000 2	0,001	0,000 2	0,007	0,000 1	0,002	0,000 2	0,002	0,000 1	0,001	0,000 2	0,02
Марганец, мг/л	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,002	0,011	0,003	0,01	0,001	0,01	0,002	0,01	0,002	0,01
Ртуть, мг/л	0,01	0,011	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,013	0,01	0,006	0,01	0,01
Свинец, мг/л	0,003	0,0002	0,002	0,000 2	0,002	0,000 2	0,002	0,000 2	0,003	0,000 2	0,003	0,000 2	0,002	0,000 2	0,003	0,000 2	0,006
Молибден, мг/л	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
Олово, мг/л	0,005	0,0003	0,004	0,000 4	0,005	0,000 4	0,006	0,000 4	0,006	0,000 4	0,004	0,000 4	0,006	0,000 4	0,005	0,000 4	0,112
Кадмий, мг/л	0,0003	0,0009	0,000 2	0,001	0,000 2	0,001	0,000 4	0,001	0,000 2	0,001	0,000 1	0,001	0,000 2	0,001	0,000 2	0,001	0,001
ДДЭ, мкг/л	0,002	0,0001	0,001	0	0,001	0	0,001	0	0	0	0,001	0	0,001	0,000 2	0,002	0,001	0,01/от с
ДДТ, мкг/л	0,003	0,0005	0,003	0	0,002	0	0,003	0	0	0	0,003	0,001	0,001	0,003	0,002	0,000 2	0,01/от с
α-ГХЦГ, мкг/л	0,003	0,0004	0,002	0	0,001	0	0,003	0	0	0	0,002	0,001	0	0,001	0,002	0,000 8	0,01/от с
γ-ГХЦГ, мкг/л	0,001	0,0008	0,002	0	0,001	0	0,002	0	0	0	0,003	0,002	0,001	0,000 8	0,004	0,000 6	0,01/от с
∑ ГХЦГ, мкг/л	0,004	0,001	0,004	0	0,003	0	0,005	0	0	0	0,005	0,003	0,003	0,002	0,005	0,001	0,01/от с
Фенолы, мг/л	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
НУ, мг/л	0,09	0,055	0,16	0,05	0,16	0,05	0,15	0,05	0,16	0,058	0,16	0,047	0,16	0,075	0,14	0,05	0,05

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
СПАВ, мг/л	0,07	0,04	0,06	0,04	0,08	0,04	0,07	0,04	0,06	0,04	0,07	0,04	0,07	0,04	0,06	0,04	0,01
УКИЗВ	2,9	2,53	2,94	2,23	3,13	2,31	3,02	2,25	3	2,51	3,2	2,33	3,0	2,39	3,1	2,36	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Основные показатели химического состава морских вод мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019-2020 гг.

Таблица Б.1 – Основные показатели химического состава морских вод мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 г.						2020 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	14,2	12,6	15,4	14,2	12,4	15,4	11,5	8,8	17,2	11,4	8,7	15,8	-
Соленость	‰	1,7	0,3	6,3	1,8	0,3	6,5	5,2	0,2	11	5,3	0,2	11,1	-
pH	ед. pH	8,77	8,4	9,39	8,75	8,35	9,19	8,32	8,1	8,5	8,33	8,1	8,5	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/л	8,68	7,97	9,67	8,72	7,89	10,18	7,42	6,7	8,5	7,16	6,6	8,3	6,0
Кремний минеральный	мкг/л	403,24	0	1011,0	333,70	0	996,0	104,09	0	759,0	93,65	0	762,0	-
Фосфор минеральный	мкг/л	27,58	0	84	17,69	0	67,0	17,14	0	52,0	18,43	0	74,0	
Азот аммонийный	мкг/л	151,26	22,0	443,0	147,85	23,0	379,0	25,87	0	84,0	26,09	0	71,0	500
Азот нитритный	мкг/л	4,79	3,0	11,2	4,47	3,1	22,0	0,59	0	2,4	0,70	0	3,8	-
Азот нитратный	мкг/л	25,89	0	315,0	25,69	0	332,0	0	0	0	0	0	0	40*10 ³
БПК ₅	мг/л	1,42	1,32	1,49	1,41	1,32	1,48	1,39	1,33	1,49	1,39	1,32	1,47	2,1
Взвешенные вещества	мг/л	7,73	4,1	11,8	7,98	4,1	11,8	84,78	3,0	235,0	101,48	5,0	295,0	10
НУ	мг/л	0,02	0	0,035	0,014	0	0,037	0,02	0,01	0,03	0,021	0,01	0,03	0,05
АПАВ	мг/л	0,01	0	0,04	0,01	0	0,04	0,03	0	0,04	0,03	0	0,04	0,1
Железо	мг/л	0,03	0	0,19	0,02	0	0,10	0,08	0	0,75	0,10	0	0,89	0,05
Марганец	мг/л	0,02	0	0,13	0,02	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0,05
Цинк	мг/л	0,013	0	0,061	0,013	0	0,033	0	0	0	0	0	0	0,05
Никель	мг/л	0,03	0	0,11	0,03	0	0,11	0,02	0	0,06	0,01	0	0,06	0,01
Медь	мг/л	0,04	0	0,08	0,04	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0,005
Свинец	мг/л	0,03	0	0,34	0,04	0	0,27	0,01	0	0,07	0,01	0	0,06	0,01
Кадмий	мг/л	0,003	0	0,019	0,003	0	0,028	0	0	0,001	0	0	0,0022	0,01
Ртуть	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,05	0,01	0	0,06	0,1
Барий	мг/л	0,52	0,09	1,81	0,56	0,09	1,82	0,12	0,08	0,19	0,12	0,06	0,19	2
Бенз(а)пирен	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Нафталин	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,24	0,03	0	0,22	4
Σ ПАУ	мкг/л	0,002	0	0,02	0,003	0	0,02	0,05	0,006	0,27	0,06	0,008	0,25	-

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
α-ГХЦГ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
β-ГХЦГ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
ДДЭ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДД	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДТ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ДДГ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Σ ПХБ	мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
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
Σ АУВ	мкг/л	0,29	0	0,90	0,20	0	0,80	0,34	0	1,0	0,23	0	0,7	-

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Основные показатели химического состава морских вод приглубой зоны устьевого взморья р. Волги в 2019-2020 гг.

Таблица В.1 – Основные показатели химического состава морских вод приглубой зоны устьевого взморья р. Волги в 2019-2020 гг.

Показатели	Ед. изм.	2019 г.						2020 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	18,9	11,2	2,1	15,7	7,9	24,7	17,4	14,0	20,5	14,8	7,8	17,9	-
Соленость	‰	7,9	1,3	12,8	8,2	2,6	12,8	8,7	3,2	11,3	10,1	4,9	11,5	-
рН	ед. рН	8,3	7,4	8,6	8,3	7,3	8,6	8,5	8,3	8,7	8,5	8,4	8,7	6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	9,77	7,55	11,25	9,87	7,72	11,36	12,23	10,20	14,90	11,62	8,02	14,87	6
Кремний минеральный	мкг/дм ³	664,3	100,0	1028,6	608,9	28,6	1228,6	67,5	11,0	529,2	91,5	10,6	1014,0	-
Фосфор минеральный	мкг/дм ³	7,17	2,74	12,68	5,97	2,39	12,67	13,53	5,04	69,41	9,25	5,04	26,27	200
Азот аммонийный	мкг/дм ³	3,26	0,18	11,73	2,66	0,18	9,36	8,80	0	128,40	2,85	0	66,80	500
Азот нитритный	мкг/дм ³	1,87	0,40	6,85	1,52	0,32	3,71	1,22	0,53	3,53	1,48	0,54	3,92	-
Азот нитратный	мкг/дм ³	5,10	0,80	30,40	4,77	0,80	27,10	2,67	0	11,01	3,46	0	9,59	-
БПК ₅	мг/дм ³	1,75	0,98	3,65	1,84	0	4,04	1,71	1,06	3,49	1,82	1,09	2,82	2,1
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,54	0,50	6,0	1,52	0,50	4,30	7,84	1,60	43,10	6,17	1,10	26,60	10
НУ	мг/дм ³	0,17	0,08	0,27	0,17	0,08	0,24	0,04	0,005	0,17	0,006	0	0,011	0,05
АП АВ	мг/дм ³	0,09	0,06	0,1	0,07	0,05	0,09	0,05	0	0,12	0,06	0	0,11	0,1
Железо	мг/дм ³	0,12	0,04	0,21	0,13	0,03	0,24	0,06	0,002	0,16	0,004	0,001	0,01	0,05
Марганец	мг/дм ³	0,0145	0,001	0,06	0,013	0,002	3,7	0,003	0,002	0,008	0,0045	0,002	0,02	0,05
Цинк	мг/дм ³	0,073	0,008	0,25	0,0665	0,008	0,22	0,0315	0,005	0,07	0,003	0,001	0,014	0,05
Никель	мг/дм ³	0,0215	0,007	0,052	0,022	0,002	0,063	0,00265	0,002	0,004	0,0025	0,0016	0,004	0,01
Медь	мг/дм ³	0,005	0,002	0,012	0,005	0,002	0,02	0,002	0,01	0,005	0,0015	0,001	0,004	0,005
Свинец	мг/дм ³	0,0065	0,002	0,016	0,0065	0,001	0,02	0,00125	0	0,003	0,0003	0,0002	0,001	0,01
Кадмий	мг/дм ³	0,001	0	0,003	0,001	0,0001	0,005	0,0003	0	0,0008	0	0	0	0,01
Ртуть	мкг/дм ³	0,01	0	0,03	0,01	0	0,01	0,01	0	0,06	0,01	0	0,08	0,1
Барий	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Бенз(а)пирен	мкг/дм ³	0,0001	0	0,005	0,0005	0	0,003	0,00002	0	0,0002	0	0	0	0,01

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Нафталин	мкг/дм ³	0,005	0	0,07	0,006	0	0,081	0,020	0	0,090	0,025	0	0,140	4
Σ ПАУ	мкг/дм ³	0,02	0	0,11	0,02	0	0,47	0,04	0	0,16	0,05	0	0,23	-
α-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
β-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,01	0	0,03	0,01	0	0,03	0	0	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ГХЦГ	мкг/дм ³	0,006	0	0,030	0,0005	0	0,03	0	0	0	0	0	0	-
ДДЭ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДД	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Σ ДДТ	мкг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Σ ПХБ	мкг/дм ³	0,0075	0	0,023	0,0085	0,005	0,03	0,0085	0,005	0,013	0,00365	0	0,022	-
Бензол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Толуол	мг/дм ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5