

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

**БЮЛЛЕТЕНЬ О СОСТОЯНИИ И ЗАГРЯЗНЕНИИ
УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. ВОЛГА
И МОРСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ
ЗА 2024 ГОД**



Астрахань, 2025

РЕФЕРАТ

Отчет 101 с., 1 кн., 102 рис., 12 табл., 34 источн., 1 прил.

ДЕЛЬТА Р. ВОЛГА, КАСПИЙСКОЕ МОРЕ, СЕВЕРНЫЙ КАСПИЙ, СРЕДНИЙ КАСПИЙ, УСТЬЕВОЕ ВЗМОРЬЕ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, СТОК ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД, ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Предметом научных исследований в 2025 г. является сток загрязняющих веществ р. Волги в Каспийское море, состояние и уровень загрязнения поверхностных вод водотоков дельты р. Волга, акватории устьевого взморья р. Волга и акватории, прилегающей к западному побережью Республики Дагестан и ограниченной дагестанским шельфом. Исследования поверхностных вод дельты выполнены на основе данных наблюдений на гидрологическом посту с. Верхнелебяжье и на 8 стационарных постах, расположенных в дельте р. Волги. Оценка качества вод акватории Северного и Среднего Каспия проводилась в районах вековых океанографических разрезов государственной наблюдательной сети Росгидромета по результатам государственного экологического мониторинга за 2024 г.

Цель работы – оценка стока загрязняющих веществ, поступающих в Каспийское море, анализ современного состояния и изменения уровня загрязнения устьевой области р. Волга, а также морской среды российского сектора недропользования Каспийского моря за 2024 г.

Оценка качества воды и экологического состояния исследуемых водных объектов проводилась по комплексу гидрохимических показателей (ингредиентов), с использованием методов, рекомендованных Росгидрометом: РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений» [1]; РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [2].

Результатом работы в 2025 г. является ежегодный бюллетень о состоянии и загрязнении устьевой области р. Волги и морской среды российского сектора Каспийского моря за 2024 год, в котором приведена комплексная оценка стока загрязняющих веществ р. Волги, анализ уровня загрязнения поверхностных вод дельты р. Волга и морской среды Каспийского моря в 2024 году.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Литературный обзор. Состояние и загрязнение устьевой области реки Волга в 2019-2023 гг.....	12
2 Материалы исследования и методы оценки качества вод.....	35
3 Оценка стока загрязняющих веществ р. Волги в Каспийское море в 2024 году.....	38
4 Состояние и загрязнение дельты р. Волги в 2024 г.....	40
5 Состояние и загрязнение Каспийского моря в 2024 г.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	98

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяются следующие термины с соответствующими определениями:

- Акватория – водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ [3].
- Вековой океанографический разрез – Сеть морских береговых и устьевых станций, рейдовых пунктов гидростворов и океанографических разрезов была закреплена в качестве «вековой» в 1960 г. с целью изучения многолетних изменений гидрологических и гидрохимических элементов в морях и устьевых областях рек, впадающих а моря [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].
- Государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) – комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды [7].
- Дельта реки – сформировавшаяся в результате современных процессов дельтообразования часть устьевой области реки (устьевое участка реки), включающая верхнюю подверженную руслоформирующей деятельности речного потока толщу устьевых конуса выноса реки и надводную аллювиальную сушу, обычно имеющую сложную и изменчивую

гидрографическую сеть и специфический «дельтовый» ландшафт. Место деления реки на крупные дельтовые рукава, переносящие речную воду непосредственно в приемный водоем [5, 8].

- 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].
- Морской шельф (материковая отмель)
- это мелководная, относительно ровная подводная окраина материка, продолжающая его геологическую структуру, с глубинами до ~200 м, заканчивающаяся резким перегибом (бровкой шельфа), где начинается материковый склон [9].
- Сток речной
- сток, происходящий по речной сети [10].
- 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 [11].

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчёте о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

АПАВ	– анионные поверхностно-активные вещества
АСПАВ	– анионные синтетические поверхностно-активные вещества
АЦГМС	– Астраханский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
БВ	– биогенные вещества
БПК ₅	– биологическое потребление кислорода (5 суток)
ВР	– вековой разрез
Гидропост	– гидрологический пост
ГСН	– Государственная сеть наблюдений
ГХЦГ	– гексахлорциклогексан
ДДТ	– дихлордифенилтрихлорэтан
ДДЭ	– дихлордифенилдихлорэтилен
дно	– придонный горизонт
ед. изм.	– единицы измерения
ЗВ	– загрязняющее вещество
ИЗВ	– индекс загрязнённости вод
КХА	– количественный химический анализ
макс	– максимум
мин	– минимум
НУ	– нефтяные углеводороды
ПДК	– предельно допустимая концентрация
пов	– поверхностный горизонт
ПОС	– правобережные очистные сооружения
пр.	– протока
РД	– Руководящий документ
Робщ	– общий фосфор
Росгидромет	– Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
рук.	– рукав
СПАВ	– синтетические поверхностно-активные вещества

ср. знач.	– среднее значение
ТМ	– тяжелые металлы
УКИЗВ	– удельный комбинаторный индекс загрязненности вод
ФГБУ «КаспМНИЦ»	– Федеральное государственное бюджетное учреждение «Каспийский морской научно-исследовательский центр»
ХОП	– хлорорганические пестициды
ХПК	– химическое потребление кислорода
ЦКК	– целлюлозно-картонный комбинат
α -, β -, γ -ГХЦГ	– изомеры гексахлорциклогексана
Нобщ	– общий азот
рН	– водородный показатель

ВВЕДЕНИЕ

Согласно одному из распространенных определений экологического мониторинга, предложенного академиком Ю.А. Израэлем, экологический мониторинг представляет собой «информационную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды, созданную с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов». В настоящее время, мониторинг, как правило, не ограничивается сбором данных на этапе его осуществления, он также направлен на обеспечение регулярной обратной связи и обработку полученной информации [12, 13]. Сбор экологической информации является лишь одной из функций экологического мониторинга, которую можно назвать наблюдательной. В ряде специализированных задач мониторинг сталкивается с большими трудностями, как в случае с выявлением причины (естественной или антропогенной) потепления климата или идентификацией источников появления нефтяных пятен на воде. Диагностическая функция состоит в распознавании (идентификации) происхождения явлений окружающего мира и их свойств, играющих особую роль в жизни природы и/или общества. Определение критериев происхождения этих явлений – задача научного анализа. Следующая функция экологического мониторинга – экологическая оценка (оценочная функция) окружающей среды, которая заключается в определении ее «пригодности» и значимости для человека и определяется санитарными, хозяйственными и экологическими нормами (предельно допустимыми значениями параметров окружающей среды). Мониторинг тесно связан с экологическим управлением. В основе мониторинговых мероприятий лежат принципы согласованности и эффективности в отношении основополагающих целей сохранения и рационального использования окружающей среды [13].

Проведение мониторинговых исследований регламентируется программой, которая определяет количество и расположение пунктов наблюдений, перечень наблюдаемых параметров, сроки и периодичность наблюдений и осуществляется в соответствии с порядками и правилами, закрепленными в нормативно-технических документах.

Развитие и обеспечение функционирования государственной наблюдательной сети, системы сбора, обработки, учета, хранения и распространения информации о состоянии окружающей среды осуществляет в пределах своей компетенции Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ее территориальные органы совместно с другими специально уполномоченными государственными органами Российской Федерации в области охраны окружающей среды и их территориальными

органами при участии других федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Наблюдения, проводимые Росгидрометом, являются единственным источником гидрометеорологической информации, необходимой для интерпретации данных об экологическом состоянии исследуемых акваторий.

Регулярные наблюдения за загрязнением морской среды Каспия, как и в других отечественных морях, были начаты в 70-е годы прошлого века, когда под управлением Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю окружающей среды была создана Общегосударственная служба наблюдений и контроля загрязнения природной среды [14]. В настоящее время государственный экологический мониторинг в Волго-Каспийском регионе также носит непрерывный характер, что в свою очередь, позволяет выполнять как ретроспективный, так и прогностический анализы изменений, происходящих в гидроэкосистемах данного региона. Гидрометеорологическая служба ежегодно проводит мониторинговые наблюдения в акватории российского сектора недропользования Каспийского моря и устьях впадающих в него рек. В рамках государственного экологического мониторинга, включающего изучение гидрометеорологических и гидрохимических процессов, и определение экологического состояния исследуемых гидроэкосистем, в том числе проводится комплексная аналитическая оценка состояния и уровня загрязнения устьевой области р. Волга и морской среды Каспийского моря (в пределах российского сектора), результаты которой изложены в настоящем бюллетене.

Следует отметить, что окраинные и внутренние моря обладают огромными биологическими, минерально-сырьевыми, энергетическими и водными ресурсами, которые используются многими отраслями народного хозяйства [15]. Значение Каспийского моря и его водосборного бассейна для населения прибрежных стран Каспийского региона трудно переоценить. Высокоразвитое рыбное хозяйство, водный транспорт, гидроэнергетика, нефтегазодобывающая и химическая промышленность, сельское хозяйство и ряд других отраслей играют важную роль в экономике стран Каспийского региона. В недрах Каспийского моря сосредоточены огромные запасы природных ресурсов, прежде всего нефти и газа. Кроме того, флора и фауна этого уникального водоема не имеет аналогов по своему биологическому разнообразию. Эффективность Каспийского водохозяйственного комплекса и благосостояние населения, проживающего в прибрежной зоне, в значительной степени зависят от гидрометеорологического и гидрохимического режима моря и устьев рек, от положения

его уровня и от экологического благополучия среды. Поэтому не случайно к Каспийскому морю проявляется большой научный и практический интерес [16].

Волго-Каспийский бассейн, являющийся внутренним наиболее продуктивным рыбопромысловым водоемом на территории России, в настоящее время испытывает высокие антропогенные нагрузки. Из литературных источников известно, что среди факторов окружающей среды, влияющих на биологическую продуктивность дельты Волги и Северного Каспия, особо выделяют зарегулирование речного стока и загрязнение речных вод. В качестве природных процессов, влияние которых сочетается с влиянием антропогенных факторов, отмечают естественные колебания водности Волги и условия, определяющие распределение загрязняющих веществ в мелководной зоне устьевой взморья реки [17].

В связи с чем, отслеживание и оценка текущих изменений гидрохимических условий устьевой области р. Волга и Каспийского моря является одной из важных составляющих обеспечения информацией федеральных, региональных и территориальных органов власти и управления, предприятий морских отраслей экономики, действующих на Каспийском море. Оперативная информация о состоянии морской среды Каспийского моря особую актуальность приобретает в связи с интеграцией усилий прикаспийских государств по рациональному использованию природных ресурсов и защите природной среды Каспийского моря.

Учитывая выше сказанное, проведение анализа современного состояния и изменения уровня загрязнения устьевой области р. Волга и морской среды российского сектора Каспийского моря по гидрохимическим показателям, является важной задачей при выполнении мониторинговых исследований экосистемных процессов в дельте Волги и в Каспийском море, а также при оценке их биологической продуктивности в условиях изменяющегося климата и многофакторного загрязнения.

В 2025 г. на основании материалов экспедиционных и научных исследований, выполненных на акватории дельты р. Волга и Каспийского моря (в пределах российского сектора), проведена работа по обобщению и анализу данных государственной сети наблюдений Росгидромета за период 2019-2024 гг. Приводится сравнительная характеристика значений стандартных гидрохимических параметров, которые включают: концентрацию биогенных веществ (БВ), тяжелых металлов (ТМ), нефтяных углеводородов (НУ), фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) и хлорорганических пестицидов (ХОП) группы ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ. Выполнена комплексная оценка экологического состояния и уровня загрязнения вод устьевой области р. Волги и

российского сектора Каспийского моря за 2024 г. Результаты данной работы получены в ходе выполнения НИР по теме 5.5.2 «Исследования гидрометеорологических процессов в Каспийском море и устьях впадающих в него рек, в том числе опасных и экстремальных морских явлений» и отражены в «Ежегодном бюллетене о состоянии и загрязнении устьевой области р. Волги и морской среды российского сектора Каспийского моря за 2024 г.», опубликованном на сайте ФГБУ «КаспМНИЦ».

Настоящий бюллетень состоит из пяти разделов: обзор состояния поверхностных вод дельты р. Волга и российского сектора Каспийского моря за период 2019-2023 гг.; материалы и методы оценки качества вод; анализ стока загрязняющих веществ в Каспийское море; оценка состояния и загрязнения дельты р. Волга за 2024 год; состояние и загрязнение морской среды российской части Каспийского моря за 2024 год.

Результаты проведенного анализа и выводы об уровне загрязненности исследуемых водных объектов являются важным звеном информационного обеспечения для осуществления эффективного природопользования [18, 19]. Результаты исследований рекомендуются к использованию при разработке целевых программ мероприятий по контролю сбросов сточных вод, управлению отходами, минимизации загрязнения из рассредоточенных источников, защите, сохранению и восстановлению водных биологических ресурсов.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ВОЛГА В 2019-2023 ГГ.

Дельта р. Волга. Дельта р. Волга является одной из крупнейших в мире, протяженность дельты увеличивается с востока на запад, по кратчайшему водному пути от ее вершины до устьев Иголкинского, Белинского и Гандуринского банков составляет 125 км, 135 км и 150 км соответственно [20]. Устьевая область р. Волга является конечным звеном каскадной системы Волжско-Камского бассейна и играет важнейшую барьерную роль на пути потока различных загрязнителей в Каспийское море [20, 21].

Гидрологический режим подвержен значительным сезонным изменениям, что стало проявляться в наибольшей степени после зарегулирования русла. Сток воды, поступающий в вершину дельты, складывается из трех составляющих: руслового стока р. Волга, стока р. Ахтуба и Волго-Ахтубинской поймы [21]. Сток р. Волга по праву называют главным источником поступления ЗВ в воды Каспийского моря [21, 22]. По некоторым данным [21, 23] «волжская струя», при определенных условиях (значительные объемы водных масс, высокая скорость потока), может достигать западного побережья Среднего Каспия. Речные воды приносят в море большое количество ЗВ, как во взвешенном, так и в растворенном состоянии. Сток загрязняющих веществ, в свою очередь, зависит от уровня водности. Период 2019-2023 гг., за исключением 2020 г., можно назвать маловодным относительно принятой нормы (245 км^3) (рисунок 1).

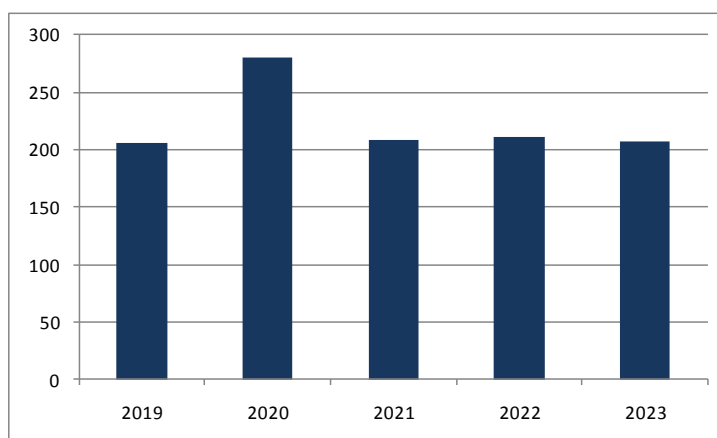


Рисунок 1 – Сток р. Волга в 2019-2023 гг., км³

Изменение характеристик водного стока нашло отражение и в изменении гидрохимического режима р. Волга, который испытывает влияние стока ЗВ промышленных предприятий и сельского хозяйства. По данным сайта Федеральной службы статистики, объем сброса загрязненных сточных вод по бассейнам р. Волга и

Каспийского моря за последние десять лет имеет нисходящий тренд (рисунок 2). С 2013 г. объемы сбросов снизились с отметки 6,9 млрд м³ до 4,5 млрд м³ [24]. Однако, вода волжских водохранилищ в современный период продолжает оцениваться как «загрязненная» и «грязная» [20, 25].

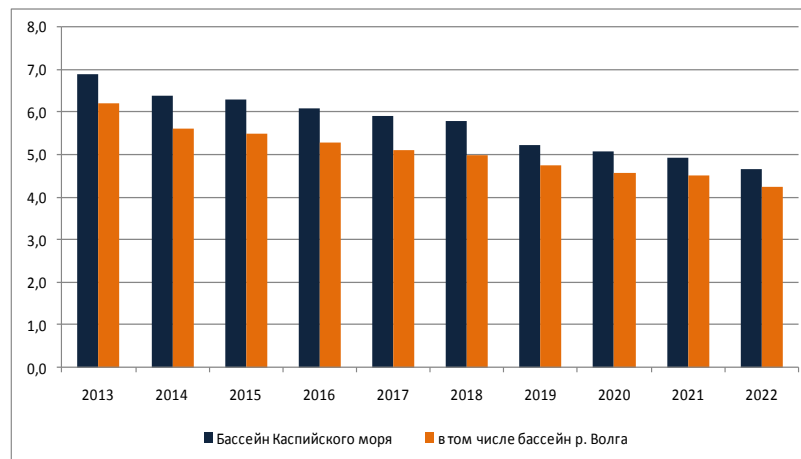


Рисунок 2 – Объем сброса загрязненных сточных вод в 2013-2022 гг., млрд. м³

Антропогенная нагрузка на экосистему р. Волга характеризуется значительной пространственной неоднородностью. Нагрузка от промышленного производства складывается из точечных и стационарных источников сточных вод и сосредоточена в районах крупных городов. Наибольшие объемы загрязненных сточных вод, поступающих в бассейн р. Волга, приходятся на долю таких городов, как Москва, Череповец, Ярославль, Нижний Новгород, Балахна, Набережные Челны, Ульяновск, Тольятти, Самара, Саратов, Волгоград и др. Нагрузка от сельскохозяйственного производства формируется в основном на водосборах малых и средних рек и приурочена к участкам впадения притоков в водохранилища [20]. Режим дельтового участка р. Волга формируется в условиях природно-климатических особенностей Волгоградской и Астраханской областей и под действием нагрузки суммарного стока загрязняющих веществ. Именно антропогенные факторы являются основным источником поступления ЗВ в водотоки дельты.

Исследование стока загрязняющих веществ, поступающих в дельту с волжскими водами, проводилось в течение 5 лет и выполнено на основе данных наблюдений в вершине дельты, на гидрологическом посту с. Верхнелебяжье, который расположен в 50 км выше г. Астрахани, в узле ответвления левого крупного дельтового рукава – Бузан [18, 19].

Наблюдения за стоком взвешенных веществ в вершине дельты (рисунок 3) показали, что наибольший сток взвесей за период 2019-2023 гг. (10,5 млн т) отмечен в 2020 г., когда водный сток был максимальным и достигал отметки 279,97 км³. За

последние 2 года наблюдается значительное снижение количества поступающих взвешенных веществ вместе со снижением водности и скорости течения. Динамика стока кремния несколько отличалась, максимальное значение регистрировалось в 2021 г. (3,3 млн т).

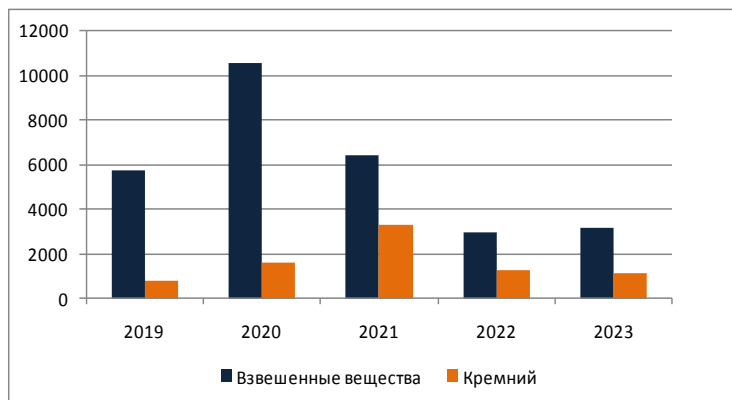


Рисунок 3 – Сток взвешенных веществ и кремния в 2019-2023 гг., тыс. т

Оценка стока биогенных элементов в период 2019-2023 гг. показала следующую динамику (рисунок 4). Количество поступающего в дельту аммонийного азота колебалось от 1,93 тыс. т до 8,21 тыс. т., максимум был зарегистрирован в 2019 г., минимум – в 2021 г. Поступление нитритного азота в 2019 г. составляло 2,05 тыс. т., а в 2023 г. – 2,35 тыс. т. За исследуемый период сток нитритов демонстрировал наибольшую стабильность среди биогенов. Значительную часть стока минеральных соединений азота традиционно составляет нитратный азот, максимальный уровень стока наблюдался в 2020 г. [18, 19]. Сток минерального фосфора за исследуемый период демонстрирует похожую тенденцию, наибольшее количество PO_4 поступало в водотоки дельты в 2020 г. (10,21 тыс. т). В целом с 2019 по 2023 гг. наблюдается тенденция снижения стока соединений азота, сток минерального фосфора в течение 5 лет оставался относительно стабильным.

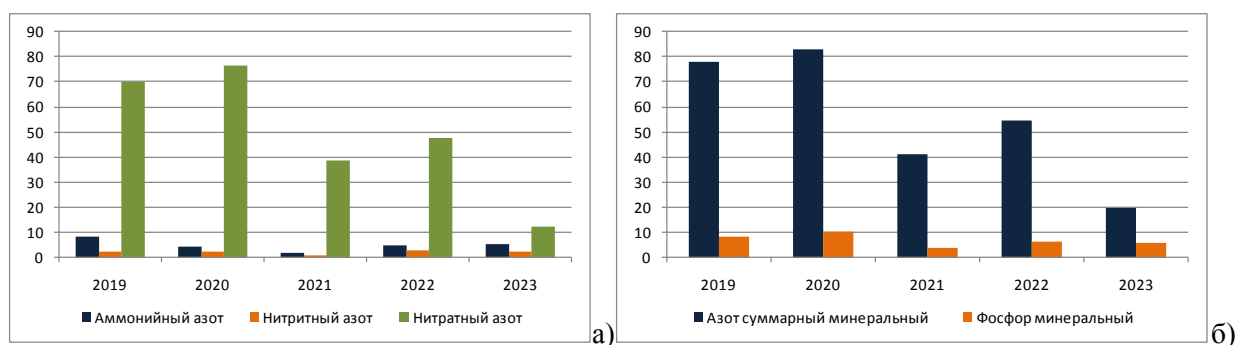


Рисунок 4 – Сток биогенных веществ в 2019-2023 гг., тыс. т

Динамика стока загрязняющих веществ показала, что с 2021 г. зафиксировано значительное снижение объемов поступления тяжелых металлов (рисунок 5). В 2023 г., по сравнению с максимальными значениями, зарегистрированными в 2021 г., сток железа и никеля сократился втрое, сток меди и ртути – в два раза, а сток цинка и свинца практически в полтора раза. Максимальное значение стока кадмия было отмечено в 2020 г. (0,26 тыс. т). В 2021 г. масса поступающего в дельту кадмия снизилась в 26 раз и до 2023 г. оставалась относительно стабильной. Значения стока марганца демонстрировали обратную динамику, с 2020 г. наблюдается тенденция увеличения стока Mn.

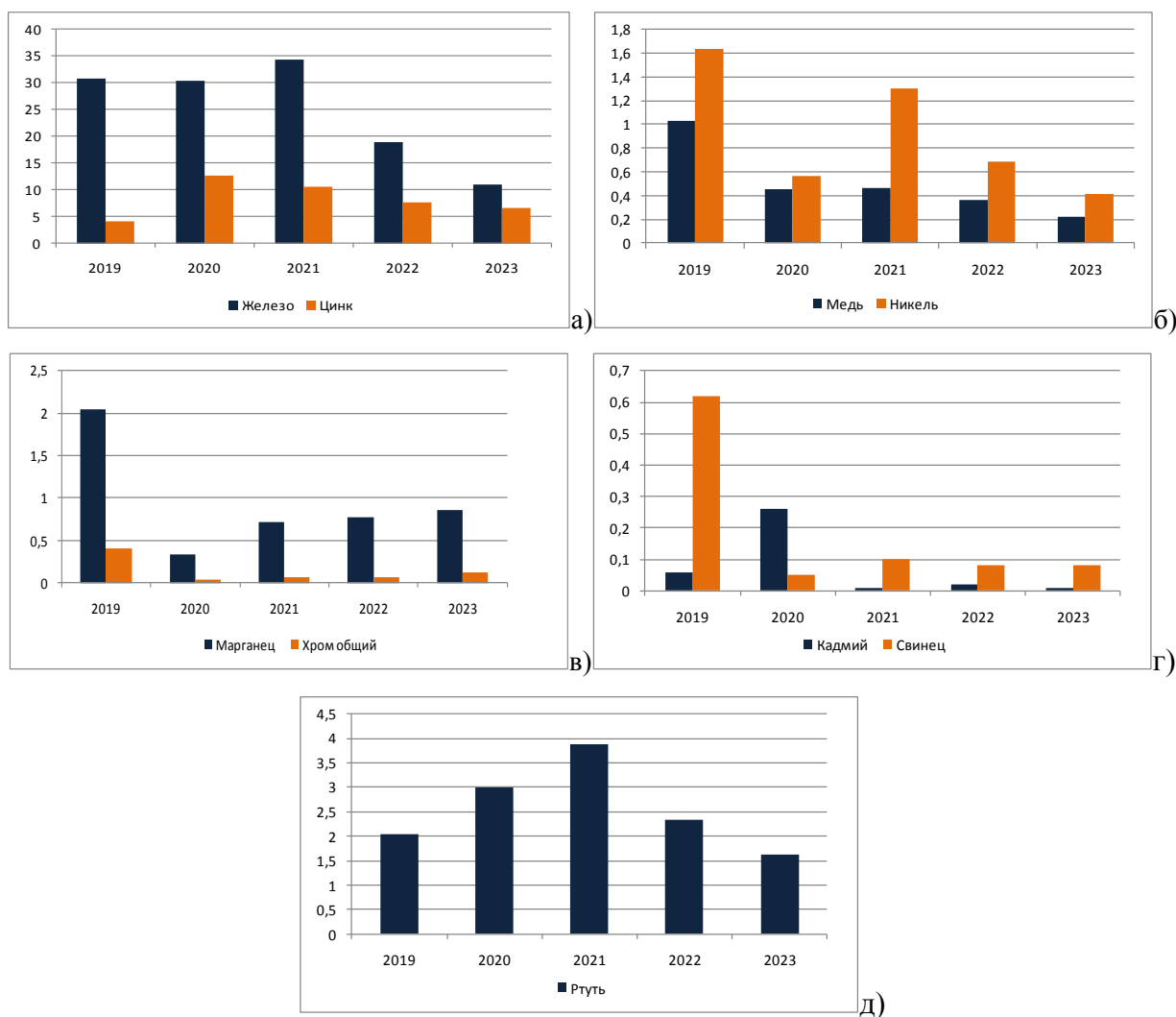


Рисунок 5 – Сток тяжелых металлов в 2019-2023 гг. (а – железо, цинк; б – медь, никель; в – марганец, хром общий; г – кадмий, свинец в тыс. т; д – ртуть в т)

Сток НУ и АПАВ имеет однородную динамику и в период 2019-2023 гг. демонстрировал тенденцию к снижению. В 2019 г. сток НУ составил 18,47 тыс. т, а в конце исследуемого периода – 10,60 тыс. т., сток АПАВ за пять лет снизился на 6 тыс. т. Поступление фенолов в дельту р. Волга снижалось в период 2019-2022 гг., а в 2023 г.,

напротив, увеличилось почти в три раза (рисунок 6).

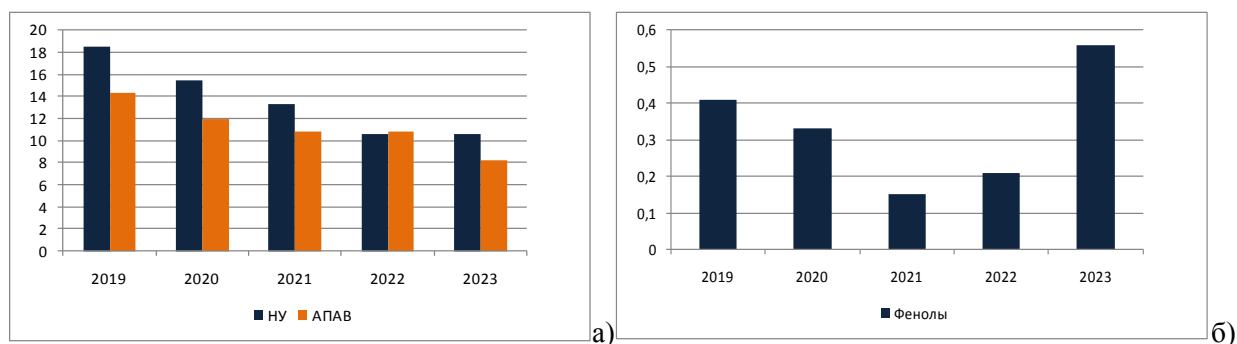


Рисунок 6 – Сток НУ, АПАВ и фенолов в 2019-2023 гг. (а – НУ и АПАВ; б – фенолы) в тыс. т

Поверхностные воды дельты р. Волга испытывают антропогенную нагрузку разного масштаба и степени опасности. Загрязнение дельты в первую очередь связано с поступлением сточных вод промышленных предприятий, канализационных систем населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов. Несмотря на постепенное снижение нагрузки от сброса сточных вод предприятий экологическая обстановка остается напряженной на всей акватории р. Волга. К наиболее характерным загрязняющим веществам воды р. Волга относятся органические вещества (по ХПК), соединения железа, меди и цинка. Локально наблюдаются превышения нормативов содержания аммонийного и нитритного азота, а на участке акватории нижней Волги, ниже г. Волгоград к вышеперечисленным характерным загрязнителям добавились НУ и фенолы [18-20, 25].

Для оценки изменений экологически значимых параметров гидрохимического режима дельты р. Волга использованы данные многолетних наблюдений на гидрологических постах Росгидромета [18, 19]. Гидрохимические наблюдения за состоянием водной среды на устьевом участке р. Волга осуществляются на следующих водотоках: р. Волга (гидропост с. Верхнелебяжье, Целлюлозно-картонный комбинат (ЦКК) г. Астрахани, правобережные очистные сооружения (ПОС) г. Астрахани, с. Ильинка), рук. Бузан (с. Красный Яр), рук. Кривая Болда (с. Яманцуг), рук. Камызяк (г. Камызяк) и протока Кигач (с. Подчалык).

Ниже приведен обзор результатов мониторинга за качеством воды дельтовых водотоков и оценки уровня их загрязненности.

Взвешенные вещества и кремний за последние 5 лет имели довольно низкую пространственно-временную изменчивость (рисунок 7). Средняя концентрация взвесей на

гидрологических постах дельты изменялась от 12,76 мг/л (1,3 ПДК) до 44,86 мг/л (4,5 ПДК), со средним значением по дельте 24,86 мг/л. Средняя концентрация взвешенных веществ превышала ПДК в 1,5 раза. Следует отметить, что превышение ПДК взвесей было характерным для дельты р. Волга за весь период наблюдений (с 1978 г.). Наибольшие значения взвесей в период 1978-2016 гг. зафиксированы в воде у поста Красный Яр и в вершине дельты р. Волга [20], а в период 2019-2023 гг. максимальные уровни концентрации взвеси чаще всего наблюдались на посту Подчалык (рисунок 7).

Среднее содержание кремния на гидрологических постах дельты в течение 5 лет колебалось от 3,35 мг/л до 14,21 мг/л, средняя концентрация по всей акватории дельты составила 6,81 мг/л. Среднегодовой уровень концентрации растворенного кремния, по многолетним данным, был наибольшим в вершине дельты Волги и в ее верхней зоне (рисунок 7).

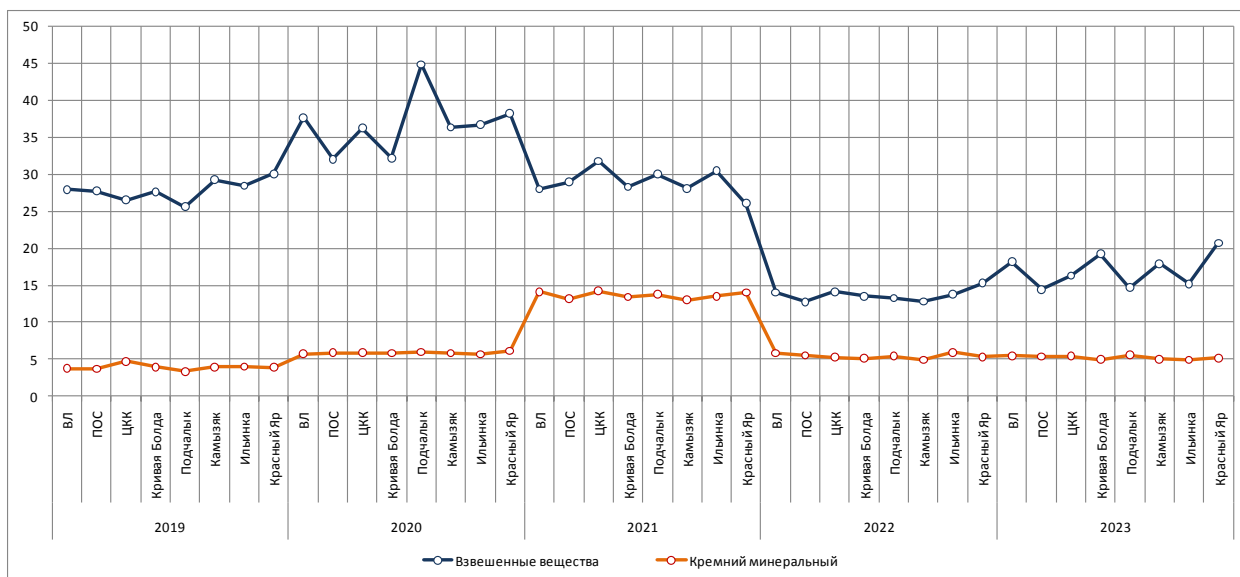


Рисунок 7 – Взвешенные вещества и кремний в водотоках дельты в 2019-2023 гг., мг/л

Динамику концентрации аммонийного азота за 5 лет исследований можно характеризовать как стабильную. Средний уровень иона аммония в водотоках дельты колебался от 0,01 мг/л до 0,04 мг/л. Наибольшие значения в 2019-2023 гг., как и в 1978-2016 гг. [20] регистрировались в вершине дельты, по мере продвижения речных вод в сторону моря происходит их обеднение аммонийным азотом (рисунок 8).

Содержание нитритного азота в течение 5 лет изменялось в диапазоне значений от аналитического ноля до 0,026 мг/л, пространственно-временная изменчивость была незначительной. Максимальный уровень NO₂ зафиксирован в рук. Бузан, в районе с.

Красный Яр. Среднее значение концентрации нитритов в дельте составило 0,01 мг/л (рисунок 8).

Среднегодовая концентрация нитратов колебалась в диапазоне 0,05-0,39 мг/л, со средним значением 0,23 мг/л. В целом, многолетняя динамика характеризовалась снижением концентрации нитратов в течение периода наблюдений (рисунок 8). В большинстве случаев концентрация нитратов в вершине дельты была меньше, чем в водотоках ниже по течению, что может свидетельствовать о дополнительных источниках поступления NO_3 (рисунок 8).

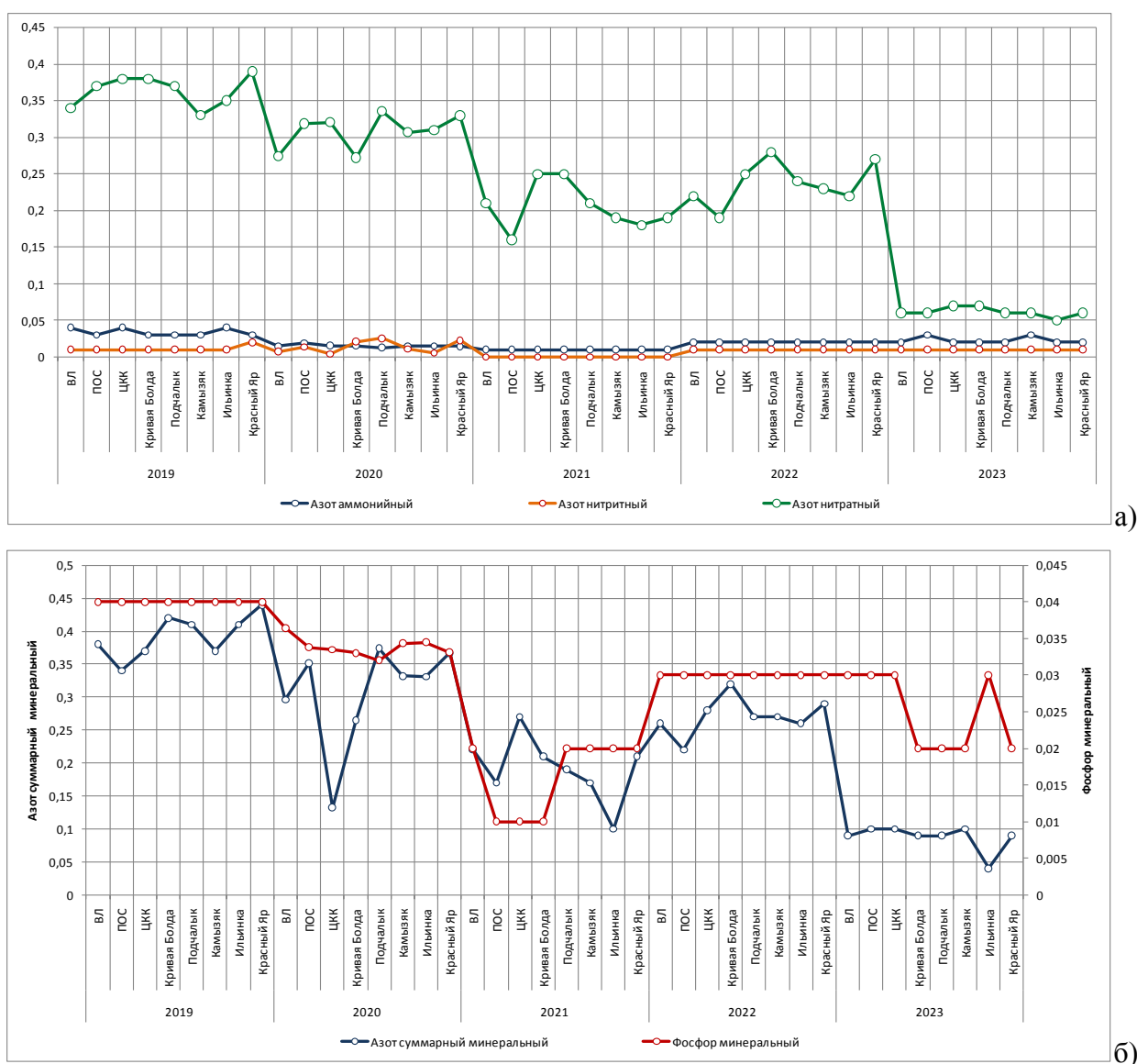


Рисунок 8 – Биогенные вещества в водотоках дельты в 2019-2023 гг., мг/л

В отдельных водотоках дельты динамика фосфатов была весьма неоднородной [18-20], что видно на рисунке 8, однако, в целом за период исследований минеральный

фосфор характеризовался незначительной изменчивостью. Диапазон многолетнего хода концентрации PO_4 варьировал в пределах 0,01-0,04 мг/л, среднее значение составило 0,03 мг/л. Максимальные концентрации PO_4 чаще всего за наблюдались в восточной части дельты, в рук. Бузан (с. Красный Яр) и в пр. Кигач (Подчалык).

Содержание кислорода в среднем по дельте за исследуемый период было удовлетворительным. Единичные случаи снижения уровня растворенного кислорода ниже установленного норматива наблюдались практически повсеместно, однако, на общую динамику не повлияли. За 5 лет концентрация O_2 изменялась от 9,08 мг/л до 11,85 мг/л (рисунок 9). Показатель химического потребления кислорода (ХПК) стабильно превышал ПДК (15,0 мг/л) в 1,4-2 раза, что свидетельствует об устойчивом загрязнении стойкими органическими веществами. Биологическое потребление кислорода (БПК₅) в среднем по дельте за 5 лет не превышало ПДК (2,0 мг/л), но в 2023 г. уровень БПК₅ заметно вырос до 2,29 мг/л (рисунок 9).

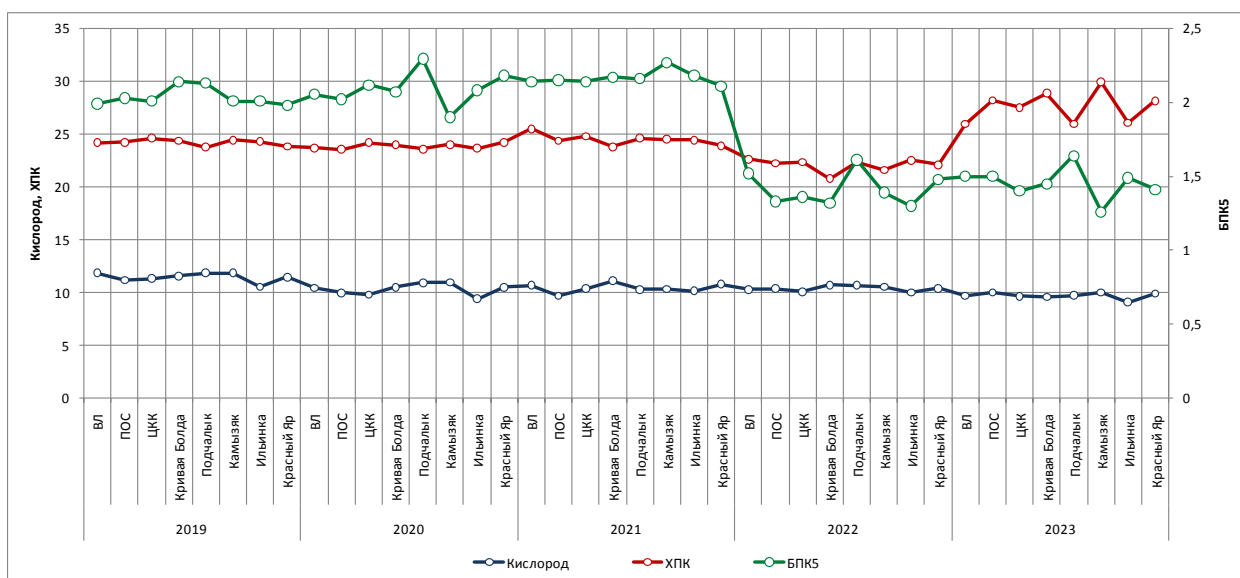


Рисунок 9 – Кислород, ХПК и БПК₅ в водотоках дельты в 2019-2023 гг., мг/л

Тяжелые металлы являются опасными токсикантами, которые загрязняют водную среду, основной путь их поступления – это сточные воды территории промышленных предприятий, сельхозугодий и населенных пунктов [20, 26]. Тяжелые металлы не разлагаются в природных водах, однако, способны изменять формы существования под воздействием различных факторов окружающей среды и перераспределяться между абиотическими и биотическими звеньями экосистемы [20, 27]. Растворенные формы ТМ способны адсорбироваться на органических и минеральных частицах или осаждаться. Несмотря на низкое содержание в окружающей среде, ТМ накапливаются в организмах и

передаются по пищевой цепи, где на каждом следующем трофическом уровне их токсичность увеличивается [20, 27].

Многочисленные исследования подтверждают, что ТМ остаются в числе приоритетных ЗВ, которые существенно снижают качество воды, что справедливо для водотоков Волжского бассейна, в том числе для дельты р. Волга [20, 23, 28]. Однако, степень влияния транзитного стока на состояние экосистем и качество вод в водотоках и водоемах Нижней Волги, а также его вклад в общее загрязнение Каспийского моря до сих пор не определена [20, 27].

При анализе пятилетних пространственных изменений концентраций ТМ в водотоках дельты были использованы данные исследований за пять лет (рисунок 10) [18, 19]. В период 2019-2023 гг. содержание железа на всей акватории дельты колебалось от 0,06 мг/л до 0,19 мг/л, средняя концентрация составила 0,12 мг/л. Относительно периода наблюдений 1978-2016 гг. значение этого тяжелого металла для всей дельты значительно снизилось (в 1,6 раз). В динамике значений концентрации Fe прослеживается регулярное превышение ПДК, равной 0,1 мг/л. Стоит отметить существенное отличие пространственного распределения железа в дельте в 1978-2016 гг. и в период 2019-2023 гг. Исследования, проведенные до 2016 г., показывают, что концентрации Fe в отдельных водотоках были достаточно близки по своим значениям. В период 2019-2023 гг. ежегодно наблюдаются пики концентрации железа в том или ином районе (рисунок 10), что позволяет говорить о влиянии временных, локальных источников загрязнения.

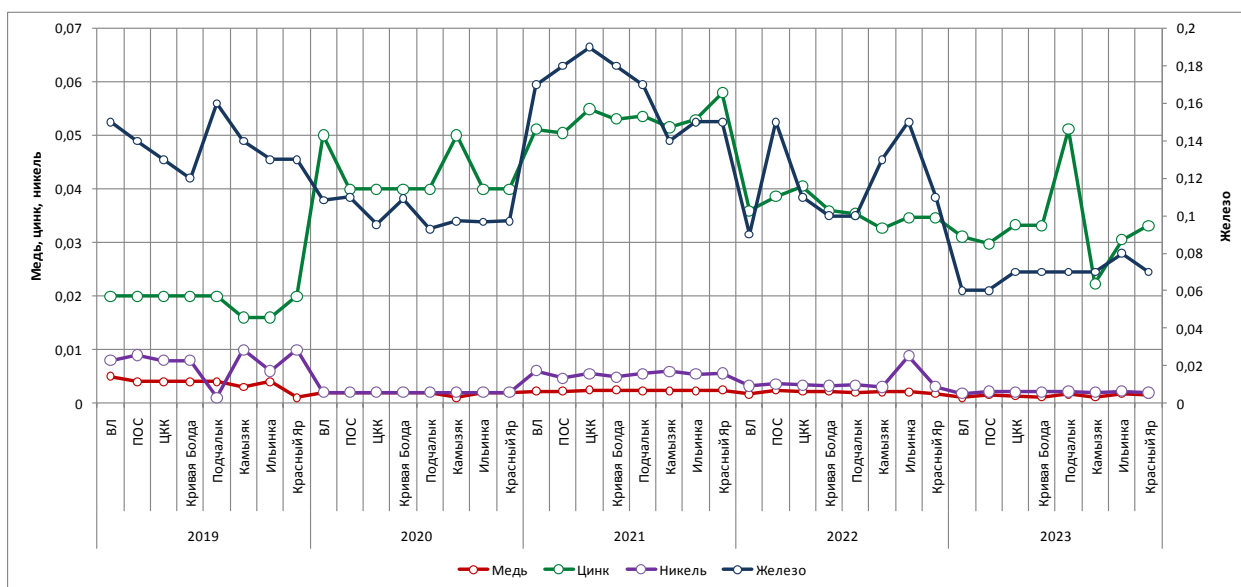


Рисунок 10 – Железо, медь, цинк и никель в водотоках дельты в 2019-2023 гг., мг/л

Следует также отметить, что в 2023 г. наблюдается тенденция к снижению

концентрации Fe, средние значения которого за последний год не превышали установленного норматива.

Средняя концентрация меди в водотоках дельты за 5 лет составила 0,003 мг/л, что составляет 3 ПДК. Колебания концентрации Cu составили диапазон от 0,001 до 0,005 мг/л (5 ПДК). Стабильное превышение нормативов концентрации меди наблюдается в дельте весь период исследований. По сравнению с данными за 1978-2017 гг. содержание меди в среднем по всей акватории снизилось вдвое. Пространственная изменчивость Cu была низкой, вопреки многолетней тенденции. Кроме того в последние годы наблюдается снижение уровня концентрации этого тяжелого металла (рисунок 10).

Наблюдения за содержанием цинка в воде показали, что диапазон концентрации этого тяжелого металла во всех водотоках составил 0,016-0,058 мг/л, а в целом по дельте средняя величина достигала 0,036 мг/л. Результаты обработки данных о содержании цинка из литературных источников за 1978-2016 гг. показали высокую неоднородность распределения данного гидрохимического показателя [20]. В период 2019-2023 гг. значения концентрации цинка носили более однородный характер ($C_v = 33$). Чаще всего наибольшие концентрации Zn регистрировались в западной части дельты. Превышения ПДК цинка (0,01 мг/л) регистрировались повсеместно, средняя по дельте концентрация составляла 3,6 ПДК, а максимальная – 5,8 ПДК (рисунок 10).

Концентрация никеля в водотоках дельты колебалась от 0,001 мг/л до 0,01 мг/л и характеризовалась невысокой изменчивостью. Среднее значение концентрации Ni составляло 0,004 мг/л. В основном, никель поступает в дельту с транзитным стоком из верховий Волги. За описываемый пятилетний период превышения ПДК никеля регистрировались повсеместно, однако это были частные случаи превышения ПДК (рисунок 10).

Соединения хрома поступают в поверхностные воды в основном в результате выщелачивания пород, в процессе разложения организмов или со сточными водами легкой промышленности. В период 2019-2023 гг. средняя по дельте концентрация Cr практически не изменилась по сравнению с исследованиями 2001-2017 гг. и составила 0,001 мг/л. Пространственная изменчивость концентрации хрома была высокой ($C_v > 100\%$), Наибольшие значения Cr чаще всего за 5 лет наблюдались в западной и восточной части верхней зоны дельты (рисунок 11).

Концентрация марганца в водах дельты р. Волга изменялась от 0,001 мг/л до 0,011 мг/л, со средним значением 0,005 мг/л. Содержание марганца с 2001 г. оставалось достаточно стабильным. Межгодовая динамика концентрации Mn в период 2019-2023 гг.

демонстрирует тенденцию к увеличению после резкого снижения в 2020 г. За период исследований максимальные концентрации марганца регистрировались в вершине дельты и в верхней зоне восточной части дельты, единичные пики концентрации обусловлены сбросами из локальных источников загрязнения (рисунок 11).

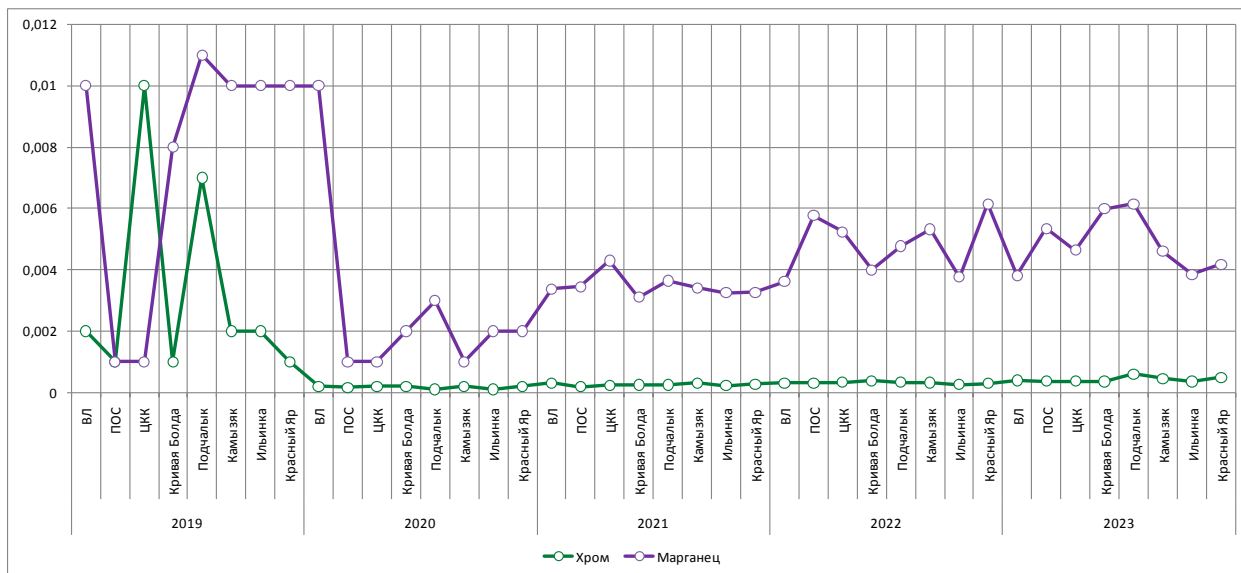


Рисунок 11 – Хром и марганец в водотоках дельты в 2019-2023 гг., мг/л

Основным источником поступления в дельту высокотоксичного кадмия также является транзитный сток. В период 2019-2023 гг. концентрация Cd изменялась в диапазоне 0,0001-0,001 мг/л, среднее значение по дельте в данный период составило 0,0003 мг/л и не превышало ПДК (ПДК = 0,005 мг/л). Изменчивость данного параметра была достаточно высокой ($C_v = 108\%$), наибольшие значения среднегодовых концентраций кадмия чаще всего регистрировались в вершине дельты и в ее верхней зоне. За пятилетний период наибольшие концентрации Cd наблюдались в 2020 г. (рисунок 12).

Результаты статистической обработки массива данных о содержании свинца в дельте р. Волга за 5 лет показали, что наибольшее значение 0,003 мг/л было зарегистрировано в вершине дельты в 2019 г. Изменчивость данного параметра среды была очень высокой ($C_v = 113\%$) (рисунок 12).

Среднегодовая концентрация ртути в водотоках дельты в период 2019-2023 гг. изменялась от 0,006 мкг/л до 0,02 мкг/л. Содержание этого тяжелого металла значительно снизилось по сравнению с периодом 1989-2017 гг., когда средний уровень Hg достигал 0,05 мкг/л (рисунок 12). Среднегодовое значение концентрации ртути по всей дельте в период 2019-2023 гг. составило 0,01 мкг/л. Превышение норматива содержания Hg за исследуемый пятилетний период наблюдалось только в 2021 г., когда средний уровень

концентрации по всем постам был равен 2 ПДК (рисунок 12).

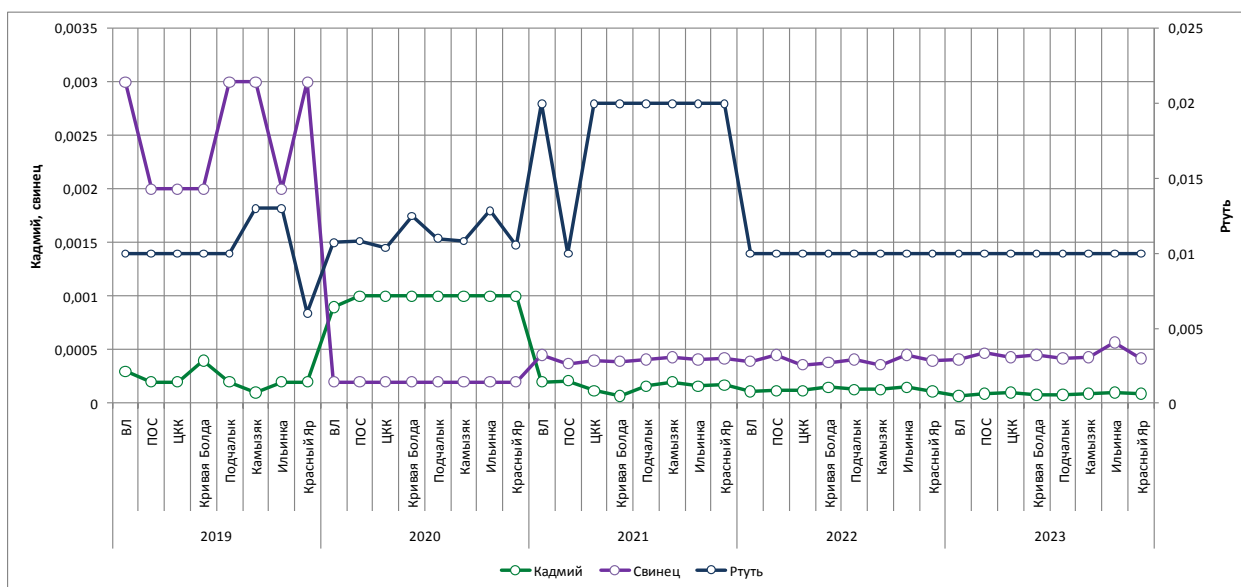


Рисунок 12 – Кадмий, свинец и ртуть в водотоках дельты в 2019-2023 гг., мг/л (ртуть в мкг/л)

Межгодовая динамика нефтяных углеводородов в водотоках дельты составила диапазон концентрации 0,05-0,16 мг/л. Многолетняя динамика НУ характеризовалась средним уровнем изменчивости и имела явную тенденцию к снижению с 2019 г., когда на исследуемой акватории наблюдались наибольшие концентрации, достигающие 3,2 ПДК. В целом за исследуемый период средняя концентрация НУ для всей дельты составляла 1,6 ПДК (рисунок 13).

Пространственная неоднородность распределения НУ в дельте обусловлена гидрологическими особенностями и сезонным характером поступления этого загрязняющего вещества в дельту: в первую половину года значительное количество НУ поступает в водотоки с водным стоком, а с началом навигационного периода основным источником загрязнения НУ становится судоходство [20].

СПАВ поступают в окружающую среду в основном с хозяйственно-бытовыми стоками. Уровень концентрации СПАВ в дельте р. Волга за исследуемый период не превышал значения 0,08 мг/л, среднее значение для всей акватории дельты составило 0,03 мг/л, что значительно ниже ПДК (ПДК = 0,1 мг/л) (рисунок 13). За всю историю наблюдений концентрация СПАВ в водотоках дельты оставалась достаточно стабильной, превышение норматива содержания СПАВ наблюдалось локально и крайне редко [18-20].

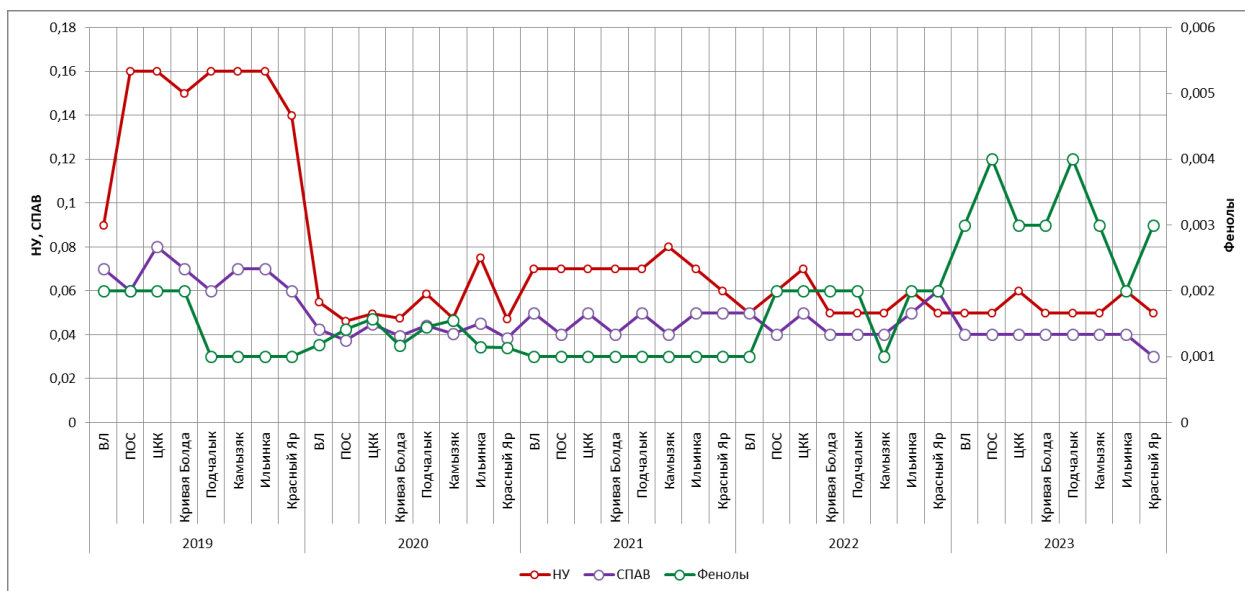


Рисунок 13 – NH₄-N, СПАВ и фенолы в водотоках дельты в 2019-2023 гг., мг/л

Основным источником загрязнения поверхностных вод фенолами являются промышленные стоки [18-20]. В рассматриваемый период средняя многолетняя концентрация составила 0,002 мг/л (2 ПДК), однако, в 2023 г. наблюдается резкое увеличение средней концентрации фенолов на всех постах, максимальные значения (4 ПДК) были зарегистрированы в верхней зоне дельты (рисунок 13).

Средняя концентрация пестицидов в водах дельты за период 2019-2023 гг. изменялась от аналитического нуля до 0,01 мкг/л. Содержание пестицидов характеризовалось высокой изменчивостью. Массив данных о содержании пестицидов в 2019-2023 гг. имеет множество пропусков, поэтому более подробная статистическая характеристика на данном этапе невозможна.

Для ежегодной оценки качества поверхностных вод дельты р. Волга использовался удельный комбинаторный индекс загрязненности вод (УКИЗВ) [2]. Динамика данного показателя указывает на постепенное снижение антропогенной нагрузки на экосистему, качество вод дельты реки Волга имеет тенденцию к улучшению, за исследуемые 5 лет характеристика водотоков по классу качества изменялась от «грязных» к «загрязненным» (рисунок 14). Расчет УКИЗВ проводился по кислороду и пяти наиболее приоритетным ЗВ, к их числу за 5 лет были отнесены: ХПК, медь, цинк, NH₄-N [18, 19].

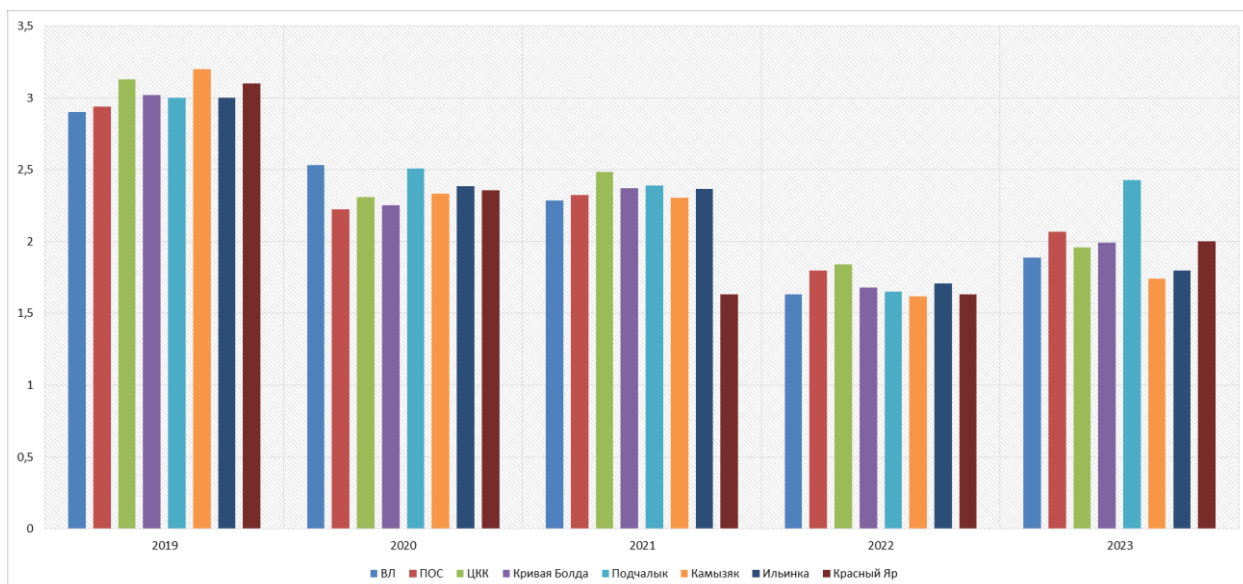


Рисунок 14 – УКИЗВ в водотоках дельты в 2019-2023 гг., ед.

Оценка состояния и загрязнения акватории Каспийского моря в 2019-2023 гг. проводилась по результатам государственного мониторинга окружающей среды. Наблюдениями были охвачены районы вековых океанографических разрезов государственной сети наблюдений ГСН III и IIIa.

Северный Каспий ГСН III. Уровень солености играет значительную роль в пространственном распределении загрязняющих веществ вблизи устья р. Волга и на акватории морской части устьевой области. За счет разницы солености и плотности речных и морских водных масс формируются морские течения, которые корректируются геофизическими факторами и ветрами [20]. В период 2019-2023 гг. уровень солености в районе ГСН III колебался от 4,5 ‰ до 12,81 ‰, наименьшие значения стабильно наблюдаются в поверхностном горизонте в период половодья (рисунок 15).

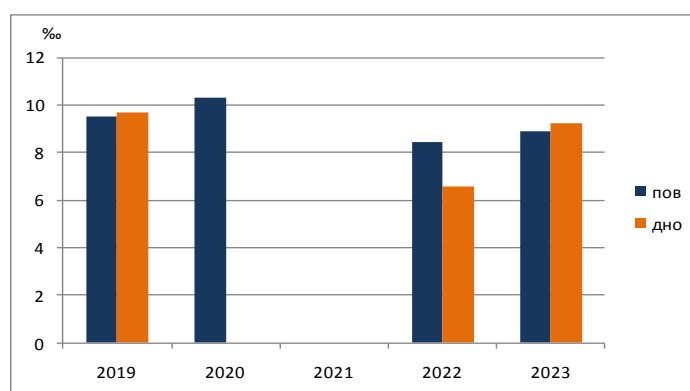


Рисунок 15 – Соленость воды на акватории векового океанографического разреза ГСН III в 2019-2023 гг.

Содержание растворенного кислорода в 2019-2023 гг. в воде Северного Каспия, в районе векового разреза ГСН III изменялось от 6,07 мг/л до 11,36 мг/л. Самый низкий уровень содержания кислорода регистрировался в 2022 г. Изменчивость концентрации O_2 в исследуемый период была очень низкой (рисунок 16). За исследуемый период нарушения предельно допустимого уровня кислорода (6,0 мг/л) на акватории векового разреза ГСН III за 5 лет имели разовый характер и наблюдались в придонном горизонте.

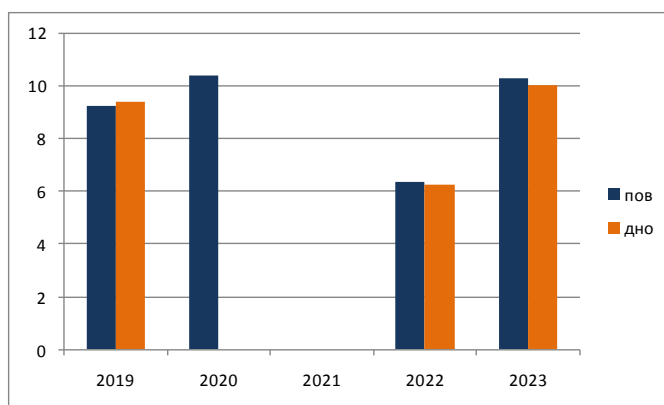


Рисунок 16 – Растворенный кислород на акватории векового океанографического разреза ГСН III в 2019-2023 гг., мг/л

Водородный показатель за 5 исследуемых лет характеризовался высокой стабильностью. Уровень pH в районе ГСН III изменялся в узком диапазоне 7,94-8,90 ед. pH, что соответствует многолетней изменчивости данного показателя. Годовая и сезонная изменчивость pH в 2023 г. оценивалась как «очень низкая» (рисунок 17).

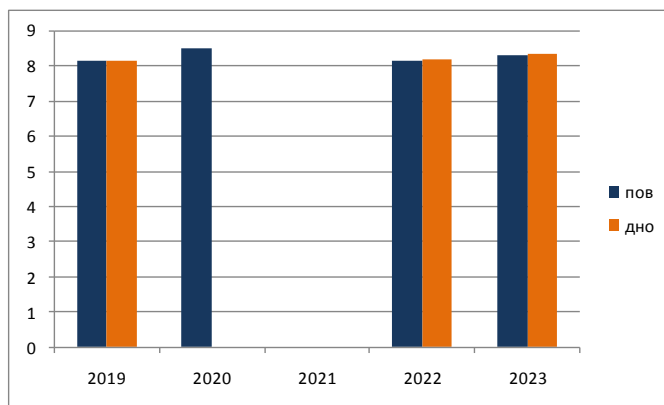


Рисунок 17 – Водородный показатель на акватории векового океанографического разреза ГСН III в 2019-2023 гг., ед. pH

Соотношение биогенных элементов – важный фактор окружающей среды, который характеризует биологическую продуктивность моря. В 2019-2023 гг. в районе векового разреза ГСН III концентрация иона аммония изменялась от 0,2 мкг/л до 93,0 мкг/л,

изменчивость данного параметра характеризовалась, как «высокая» ($C_v = 107\%$). Содержание нитрит-иона в воде векового разреза ГСН III колебалось от аналитического нуля до 120 мкг/л в придонном горизонте летом 2023 г. Величины концентрации нитратного азота составили диапазон от аналитического нуля до 107,0 мкг/л (рисунок 18).

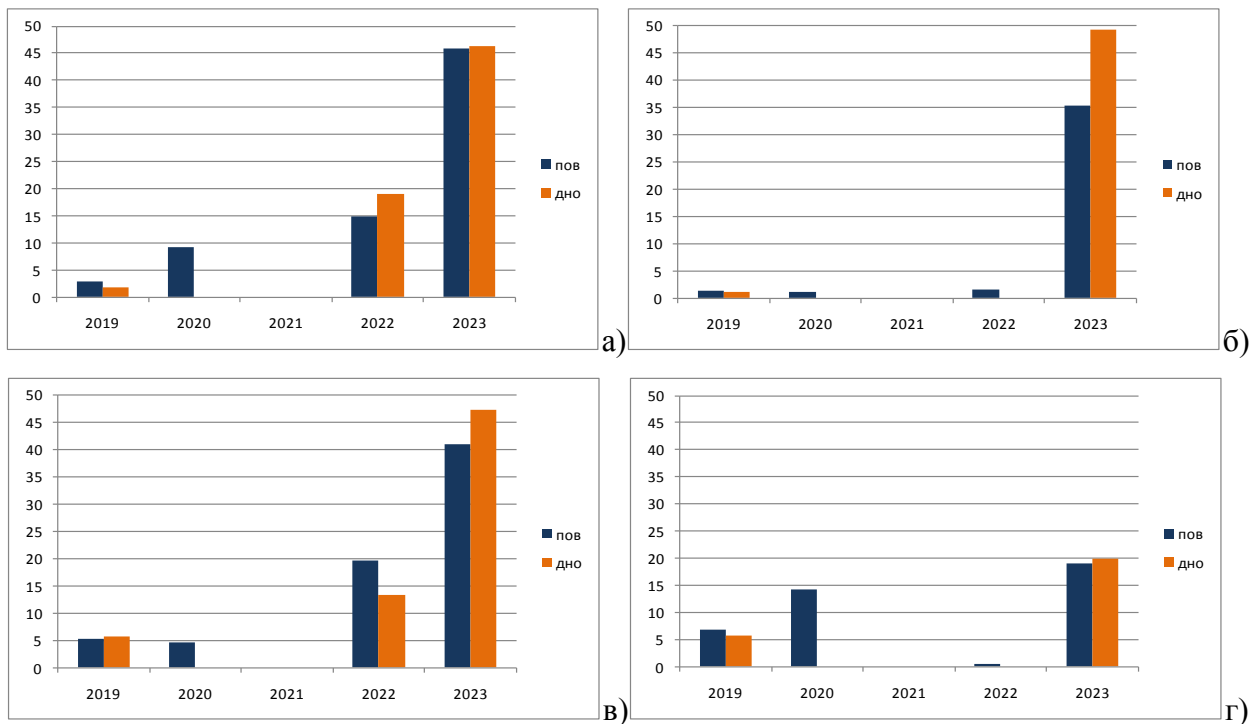


Рисунок 18 – Биогенные элементы на акватории векового океанографического разреза ГСН III в 2019-2023 гг., мкг/л (а – аммонийный азот, б – нитритный азот, в – нитратный азот, г – минеральный фосфор)

В 2019-2023 гг. в районе векового разреза ГСН III содержание минерального фосфора колебалось от аналитического нуля до 41 мкг/л (рисунок 18).

В исследуемый период наблюдается явная тенденция увеличения содержания всех биогенов. Концентрация минерального фосфора к 2023 г. в среднем выросла в 35 раз, а общее содержание соединений азота увеличилось в среднем в 17 раз. При этом наиболее интенсивный рост концентрации наблюдался в придонном горизонте. За исключением концентраций нитритного азота, содержание БВ за последние пять лет в среднем соответствуют уровню многолетней изменчивости с 1978 г. [20].

Особое внимание содержанию НУ в Северном Каспии стало придаваться после начала активного освоения шельфа. В результате многочисленных исследований установлено, что пути поступления этого ЗВ в море весьма разнообразны, основным, традиционно считается сток р. Волга. Нефтяные углеводороды обладали высокой изменчивостью ($C_v = 134\%$). За 5 исследуемых лет их минимальное значение было

равным 0,02 мг/л и было зарегистрировано в придонном горизонте в 2022 г., максимальное значение достигало 0,27 мг/л (5,4 ПДК), и было зафиксировано в 2019 г. в поверхностном горизонте. Среднее значение за 5 лет в районе векового разреза ГСН III составило 0,08 мг/л (1,6 ПДК). Пятилетние исследования демонстрируют тенденцию снижения содержания НУ в данном районе (рисунок 19).

Концентрация СПАВ в районе векового разреза ГСН III в 2019-2023 гг. была достаточно стабильна и изменялась в узком диапазоне 0,02-0,013 мг/л (1,3 ПДК), среднее значение за 5 лет составило 0,07 мг/л (рисунок 19).

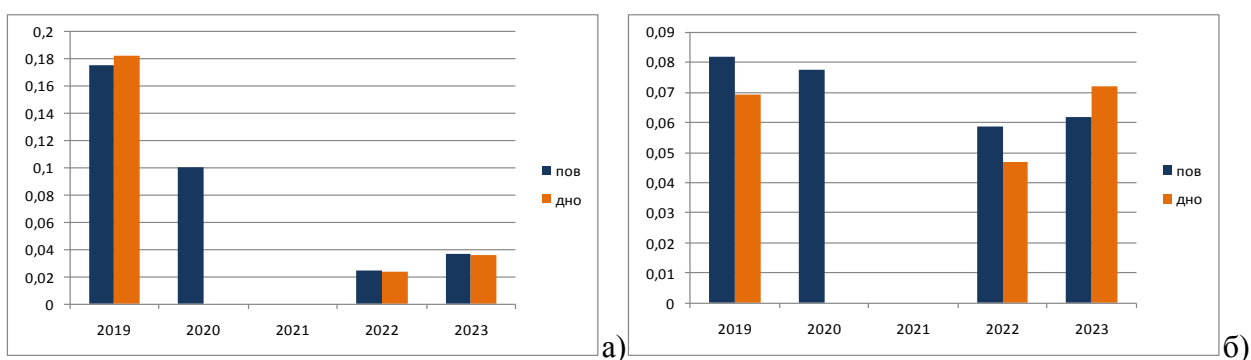


Рисунок 19 – Нестойкие органические загрязнения на акватории векового океанографического разреза ГСН III в 2019-2023 гг., мкг/л (а – НУ, б – СПАВ)

Тяжелые металлы в течение многих лет остаются приоритетными загрязняющими веществами на акватории Северного Каспия, однако, в последнее время (2021-2023 гг.) наблюдения за этими ЗВ Росгидрометом практически не проводятся. Концентрации ТМ в районе векового разреза ГСН III за период 2019-2020 гг. представлены в таблице 1.

Стабильное превышение ПДК в период 2019-2020 гг. характерно для железа, меди, цинка, никеля и кобальта. Сравнивая полученные в данные с данными о содержании ТМ в 2018 г. можно сказать, что уровень железа и меди остался практически неизменным, а количество цинка и никеля в исследуемом районе незначительно сократилось. В исследуемый период 2019-2020 гг. наблюдается снижение концентрации никеля, свинца, кобальта и марганца (таблица 1).

Таблица 1 – Концентрация ТМ в водах Северного Каспия в районе векового разреза ГСН III в 2019-2020 гг.

ТМ, ед. изм.	Горизонт	Год						ПДК
		2019			2020			
		Ср. знач.	Мин	Макс	Ср. знач.	Мин	Макс	
Железо, мг/л	пов	0,11 (2,3 ПДК)	0,06 (1,2 ПДК)	0,21 (4,2 ПДК)	0,12 (2,4 ПДК)	0,08 (1,6 ПДК)	0,16 (3,2 ПДК)	0,05
	дно	0,13 (2,6 ПДК)	0,03	0,24 (4,8 ПДК)	-	-	-	
Медь, мкг/л	пов	5,11 (1,1 ПДК)	2,1	12,4 (2,5 ПДК)	3,14	2,16	4,84	5
	дно	5,81 (1,8 ПДК)	2,2	17,2 (3,4 ПДК)	-	-	-	
Цинк, мкг/л	пов	53,72 (1,1 ПДК)	10,2	116,8 (2,3 ПДК)	59,13 (1,2 ПДК)	49,7	70,5 (1,4 ПДК)	50
	дно	49,32	12,9	115,3 (2,3 ПДК)	-	-	-	
Никель, мкг/л	пов	17,23 (1,7 ПДК)	9,4	40,5 (4,1 ПДК)	2,45	1,7	3,5	10
	дно	17,98 (1,8 ПДК)	2,4	32,4 (3,2 ПДК)	-	-	-	
Свинец, мкг/л	пов	6,94	1,8	14,8 (1,5 ПДК)	2,65	2,2	3	10
	дно	6,21	2,3	11,1 (1,1 ПДК)	-	-	-	
Кобальт, мкг/л	пов	10,05 (2,0 ПДК)	0,7	22,4 (4,5 ПДК)	2,68	1,9	3,4	5
	дно	9,14 (1,8 ПДК)	0,9	19,4 (3,9 ПДК)	-	-	-	
Кадмий, мкг/л	пов	0,67	0,03	1,4	0,58	0,29	0,84	10
	дно	0,89	0,07	2	-	-	-	
Марганец, мкг/л	пов	8,14	1,3	24,5	1,92	1,76	2,16	50
	дно	7,01	1,7	14,2	-	-	-	
Ртуть, мкг/л	пов	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,1
	дно	0,01	0	0,02	-	-	-	

Северный Каспий. ГСН Ша. Уровень солёности в районе векового разреза ГСН Ша за период 2019-2023 гг. варьировал в широком диапазоне от 0,27 ‰ до 9,48 ‰, что свидетельствует о значительном влиянии речного стока, наименьшие значения стабильно наблюдаются в поверхностном горизонте в период половодья (рисунок 20).

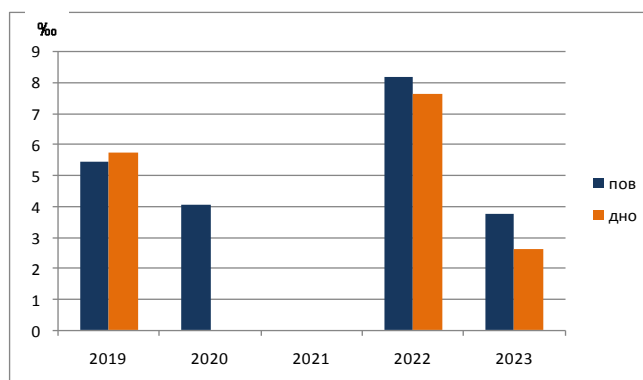


Рисунок 20 – Соленость воды на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2019-2023 гг.

Содержание растворенного кислорода в 2019-2023 гг. в воде Северного Каспия в районе векового разреза ГСН Ша изменялось от 4,02 мг/л (1,5 ПДК) до 11,67 мг/л. Самые низкие уровни содержания кислорода на станциях мониторинга ГСН Ша были зарегистрированы в ноябре 2022 г., когда концентрация растворенного кислорода по всему району не превышала 6,41 мг/л. Однако, такое содержание кислорода не характерно для данной акватории и могло быть временно вызвано апвеллингом, или поступлением большого количества биогенных или загрязняющих веществ. В целом за пять лет средняя концентрация O_2 составила 9,37 мг/л в поверхностном горизонте и 9,02 мг/л в придонном горизонте (рисунок 21).

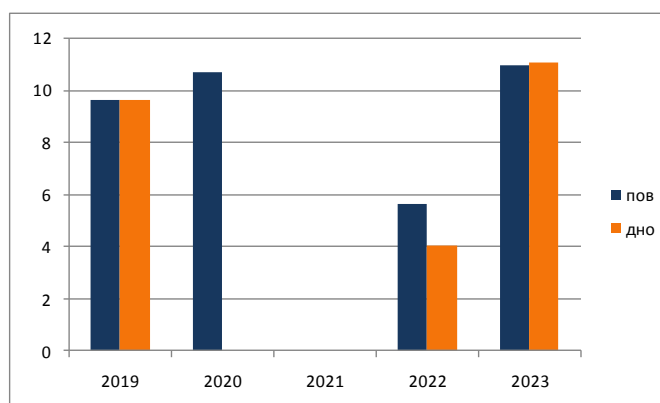


Рисунок 21 – Растворенный кислород на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2019-2023 гг., мг/л

Водородный показатель за исследуемый период характеризовался высокой стабильностью. Уровень pH в районе ГСН Ша изменялся в узком диапазоне 7,69-8,99 ед. pH, что соответствует многолетней изменчивости данного показателя. Средний уровень pH по годам представлен на рисунке 22.

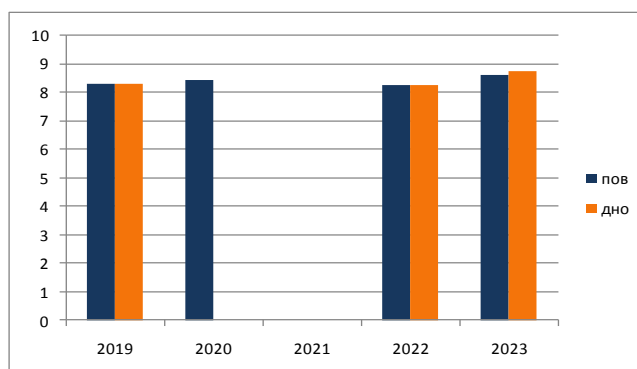


Рисунок 22 – Водородный показатель на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2019-2023 гг., ед. рН

В 2019-2023 гг. в районе векового разреза ГСН Ша концентрация иона аммония варьировала от 0,72 мкг/л до 57,0 мкг/л, изменчивость данного параметра характеризовалась, как «высокая» ($C_v = 108\%$). Содержание нитрит-иона на акватории станций мониторинга ГСН Ша колебалось от аналитического нуля до 6,85 мкг/л. Величины концентрации нитратного азота составили диапазон от 0,03 мкг/л до 30,4 мкг/л (рисунок 23). Соединения азота, кроме нитритного азота, в исследуемый период демонстрируют тенденцию к увеличению концентрации, уровень NO_2 , напротив, снизился в 2023 г. относительно 2019 в 77 раз.

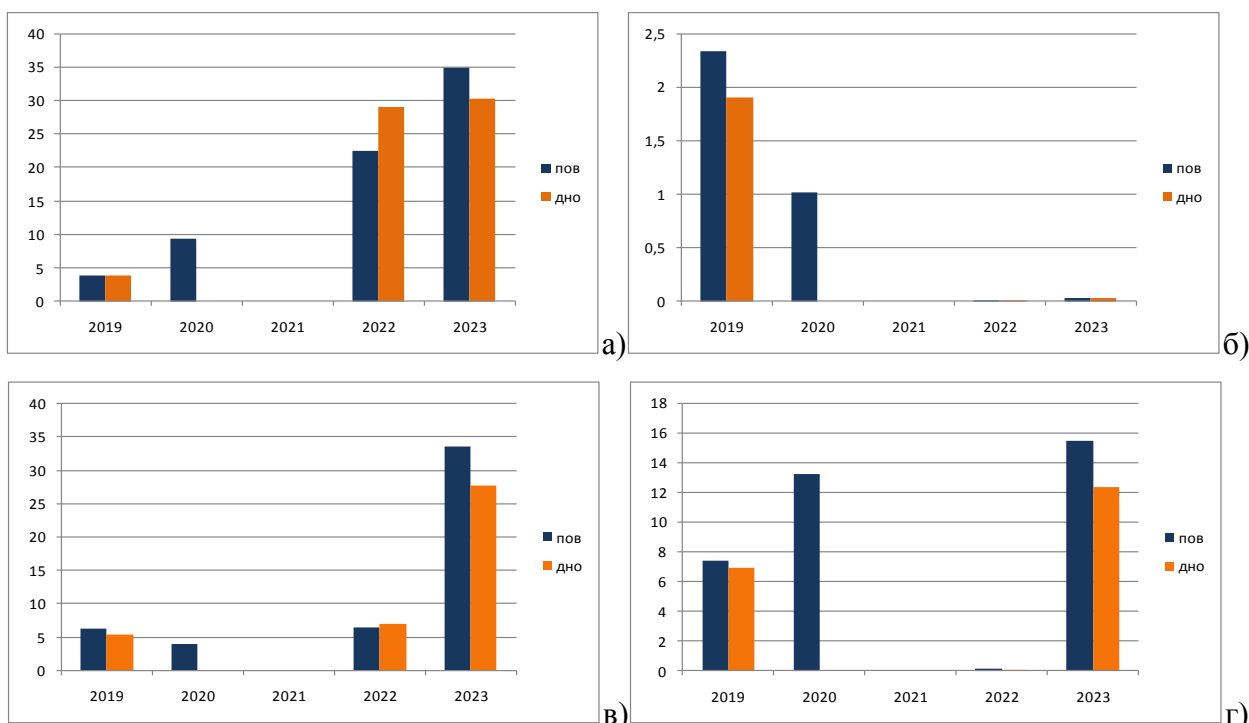


Рисунок 23 – Биогенные элементы на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2019-2023 гг., мкг/л (а – аммонийный азот, б – нитритный азот, в – нитратный азот, г – минеральный фосфор)

В 2019-2023 гг. в районе векового разреза ГСН Ша содержание минерального фосфора колебалось от аналитического ноля до 14 мкг/л (рисунок 23). В исследуемый период концентрация PO_4 также имела восходящий тренд. Колебания концентраций БВ в целом соответствовали уровню многолетней изменчивости.

Станции мониторинга векового разреза ГСН Ша расположены в западной части Северного Каспия и влияние стока испытывают на себе в большей степени. Концентрация НУ в этом районе обладала высокой изменчивостью ($C_v = 195\%$). За 5 исследуемых лет минимальное значение было равно 0,03 мг/л и было зарегистрировано в придонном горизонте в 2023 г., максимальное значение достигало 0,21 мг/л (4,2 ПДК), и было зафиксировано в апреле 2019 г. в поверхностном горизонте. Среднее значение за 5 лет в районе векового разреза ГСН Ша составило 0,07 мг/л (1,4 ПДК). Пятилетние исследования демонстрируют тенденцию снижения содержания НУ в данном районе (рисунок 24).

Динамика концентрации СПАВ в районе векового разреза ГСН Ша в 2019-2023 гг. соответствовала динамике НУ. Содержание детергентов колебалось в диапазоне 0,03-0,01 мг/л, не превышая ПДК. Среднее значение НУ за 5 лет составило 0,06 мг/л (рисунок 24).

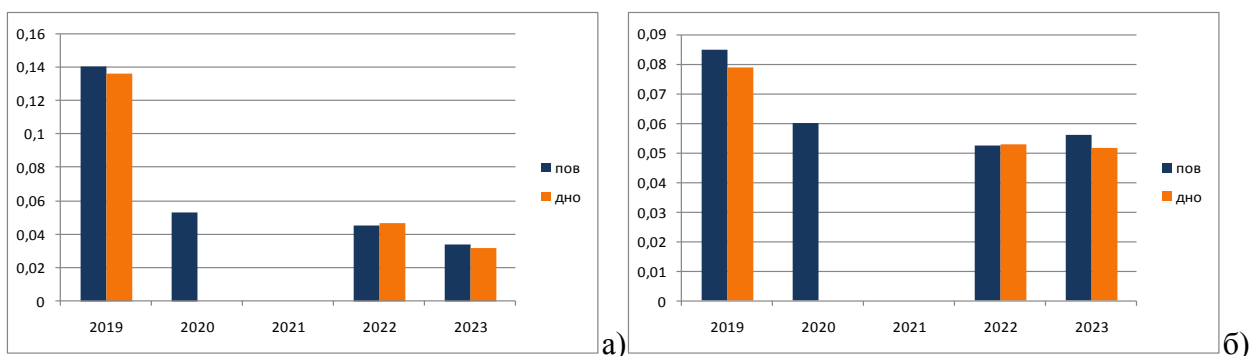


Рисунок 24 – Нестойкие органические загрязнители на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2019-2023 гг., мкг/л (а – НУ, б – СПАВ)

Концентрации ТМ в районе векового разреза ГСН Ша за период 2019-2020 гг. представлены в таблице 2. Превышение ПДК в 2019 г., также, как и в районе векового разреза ГСН III, характерно для железа, цинка, никеля и кобальта, в 2020 г. превышения нормативов концентрации были отмечены только для железа и цинка. Сравнивая полученные данные можно сказать, что уровень загрязнения акватории железом остался неизменным, концентрация меди незначительно снизилась. Содержание цинка сократилось в 1,5 раза, средняя величина концентрации никеля в 2020 г. сократилась в 10 раз, а значения таких ТМ как свинец, кобальт и кадмий снизились в 2 и более раз.

Концентрация ртути, напротив, возросла вдвое (таблица 2).

Таблица 2 – Концентрация ТМ в вода Северного Каспия в районе векового разреза ГСН Ша в 2019-2020 гг.

ТМ, ед. изм.	Горизонт	Год						ПДК
		2019			2020			
		Ср. знач.	Мин	Макс	Ср. знач.	Мин	Макс	
Железо, мг/л	пов	0,10 (2,0 ПДК)	0,04	0,18 (3,6 ПДК)	0,10 (2,0 ПДК)	0,10 (2,0 ПДК)	0,11 (2,2 ПДК)	0,05
	дно	0,10 (2,0 ПДК)	0,05	0,18 (3,6 ПДК)	-	-	-	
Медь, мкг/л	пов	4,25	2,20	6,70 (1,3 ПДК)	3,84	3,18	4,19	5
	дно	4,42	2,20	6,70 (1,3 ПДК)	-	-	-	
Цинк, мкг/л	пов	92,56 (1,9 ПДК)	7,90	249,30 (5,0 ПДК)	59,70 (1,2 ПДК)	48,90	73,60 (1,5 ПДК)	50
	дно	88,23 (1,8 ПДК)	8,40	217,30 (4,3 ПДК)	-	-	-	
Никель, мкг/л	пов	22,97 (2,3 ПДК)	7,30	63,20 (6,3 ПДК)	2,00	1,80	2,30	10
	дно	23,37 (2,3 ПДК)	8,90	63,20 (6,3 ПДК)	-	-	-	
Свинец, мкг/л	пов	7,13	1,30	17,30 (1,7 ПДК)	2,37	2,10	2,60	10
	дно	7,77	1,30	17,30 (1,7 ПДК)	-	-	-	
Кобальт, мкг/л	пов	5,79 (1,2 ПДК)	0,50	13,20 (2,6 ПДК)	3,33	2,70	4,20	5
	дно	6,18 (1,2 ПДК)	0,50	13,20 (2,6 ПДК)	-	-	-	
Кадмий, мкг/л	пов	1,24	0,07	5,60	0,59	0,39	0,82	10
	дно	1,39	0,23	5,60	-	-	-	
Марганец, мкг/л	пов	13,68	1,30	58,0 (1,2 ПДК)	1,85	1,67	2,04	50
	дно	11,60	1,50	36,40	-	-	-	
Ртуть, мкг/л	пов	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,02	0,1
	дно	0,01	0,00	0,02	-	-	-	

В течение 5 лет оценка состояния и загрязнения морской среды проводилась с использованием индекса загрязненности вод (ИЗВ) (рисунок 24). Расчет индекса загрязненности показал, что в последние годы (2022-2023 гг.) наметившаяся ранее тенденция улучшения качества воды была прервана, в 2023 г. уровень загрязненности вод Северного Каспия в целом увеличился по сравнению с показателем 2022 г. [18, 19].

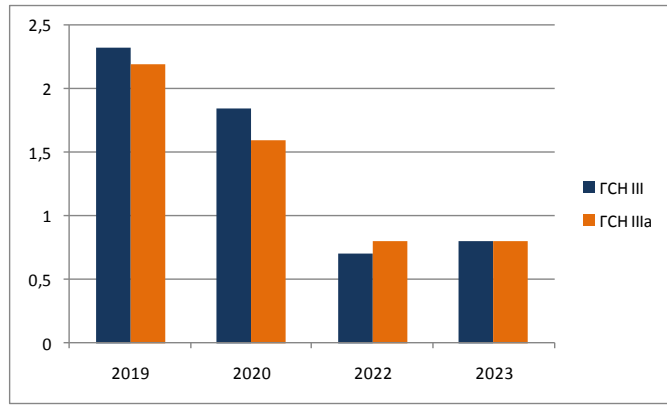


Рисунок 25 – ИЗВ акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2019-2023 гг., ед.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. ВОЛГИ И РОССИЙСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Режимные наблюдения за гидрохимическими показателями и качеством поверхностных вод в дельте р. Волги проводятся Росгидрометом на стационарных гидрологических постах (гидропостах), расположенных на основных магистральных рукавах дельты [29]. В 2024 г. мониторинг ежемесячно осуществлялся на 8 гидропостах и охватывал вершину дельты, ее верхнюю и среднюю зоны. Пункты наблюдений указаны на рисунке 26. Принадлежность пунктов наблюдений к районам дельты представлена в таблице 3.

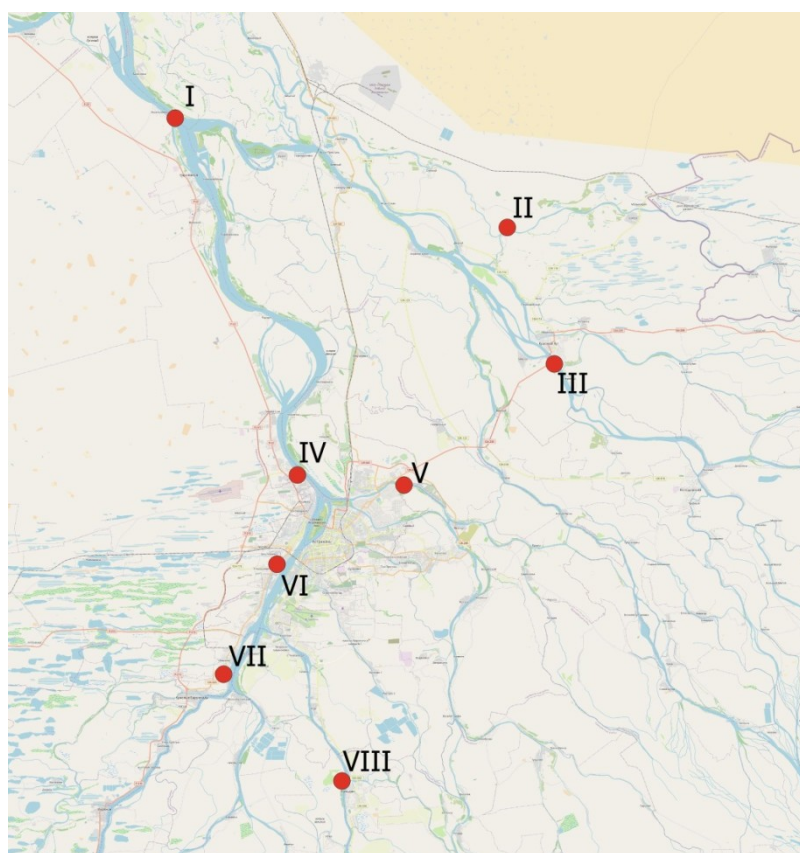


Рисунок 26 – Пункты наблюдений за гидрохимическими показателями в дельте р. Волги (I – с. Верхнелебязье, II – с. Подчалык, III – с. Красный Яр, IV – г. Астрахань, ЦКК, V – рук. Кривая Болда, VI – г. Астрахань, ПОС, VII – пос. Ильинка, VIII – г. Камызяк)

Таблица 3 – Принадлежность пунктов наблюдений к районам дельты р. Волга

Район	Наименование пункта наблюдений	Наименование водотока
1	2	3
Вершина дельты	с. Верхнелебязье	р. Волга

1	2	3
Верхняя зона, западная часть	г. Астрахань, ЦКК	р. Волга
	г. Астрахань, ПОС	р. Волга
	рук. Кривая Болда	рук. Кривая Болда
Верхняя зона, восточная часть	с. Подчалык	пр. Кигач
Средняя зона, западная часть	пос. Ильинка	р. Волга
	г. Камызяк	рук. Камызяк
Средняя зона, восточная часть	с. Красный Яр	рук. Бузан

В ходе наблюдений в дельте р. Волга в 2024 г. определялось 43 показателя химического состава и загрязненности речных вод (приложение А).

Анализ пространственно-временной изменчивости концентраций ЗВ и уровня загрязненности дельты р. Волги проводился по результатам статистической обработки массива данных наблюдений за гидрохимическими параметрами поверхностных вод в 2024 г. Качество поверхностных вод оценивалось с использованием методики удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ), в соответствии с РД 52.24.643-2002 [30]. В основе данного метода лежит сравнение полученных в результате КХА значений ЗВ с нормативами предельно допустимой концентрации (ПДК) [31].

Ориентировочная оценка стока растворенных ЗВ в Каспийское море (P_i) проводилась на основании данных о концентрации ЗВ (C_i) и о годовом объеме водного стока (W) в вершине дельты (гидропост с. Верхнелебяжье), по формуле 1 [29].

$$P_i = C_i * W (1)$$

В 2024 г. наблюдения за состоянием и загрязнением морской среды проводились в период с мая по октябрь. Государственный экологический мониторинг в Северном Каспии проводился в открытом море, на станциях вековых океанографических разрезов государственной сети наблюдений (ВР ГСН III, IIIa, IV). В Среднем Каспии наблюдения проводились в районе дагестанского шельфа, на морских прибрежных станциях: Лопатин, Терек, Сулак, Махачкала, Избербаш, Дербент. Экспедиционными исследованиями было охвачено 10 станций вековых разрезов и 34 пункта наблюдений вдоль западного побережья Республики Дагестан. Схема размещения пунктов наблюдений представлена на рисунках 27 и 28. Всего в 2024 г. было отобрано 116 проб морской воды из поверхностного, среднего, придонного горизонтов.

Анализ количественных показателей гидрохимических параметров проводился в аккредитованной лаборатории Астраханского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (АЦГМС). В морской среде Каспийского моря определялось 16

гидрохимических показателей, которые оценивались относительно своей предельно допустимой концентрации (ПДК) [31].

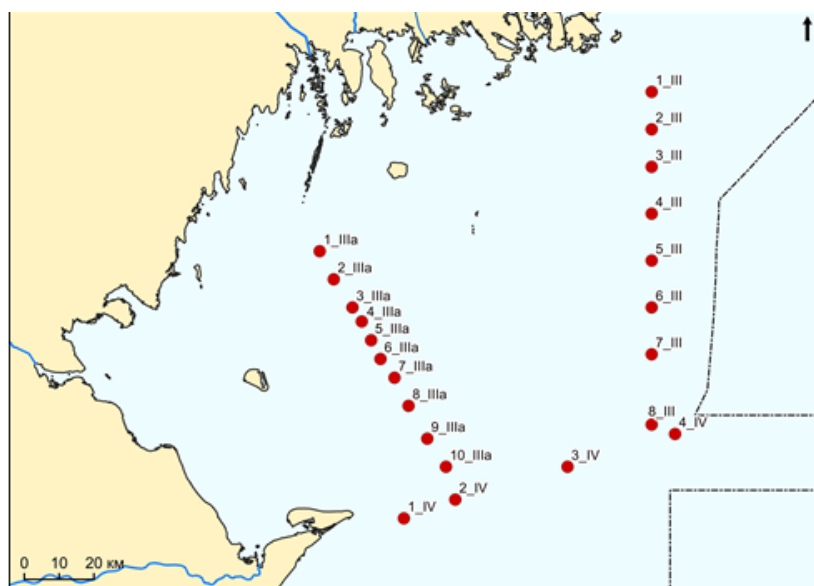


Рисунок 27 – Вековые разрезы государственной сети наблюдений в Северном Каспии



Рисунок 28 – Пункты наблюдений за состоянием и загрязнением морской среды Каспийского моря

Оценка качества морской среды Северного и Среднего Каспия проводилась с использованием индекса загрязненности вод (ИЗВ), в соответствии с методикой, рекомендованной Росгидрометом РД 52.15.880-2019 [1].

3 ОЦЕНКА СТОКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ Р. ВОЛГИ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ В 2024 ГОДУ

Основным источником поступления ЗВ в устьевую область р. Волга до сих пор остается речной сток. Сток ЗВ в Каспийское море в 2023-2024 гг. оценивался по общепринятой методике, которая заключается в произведении средней за период концентрации ЗВ (C_i) и годового водного стока р. Волга. Контрольным створом, по которому рассчитывается поступление ЗВ в дельту, является пункт государственной речной сети, расположенный в вершине дельты р. Волга, в районе с. Верхнелебязье. Годовой водный сток был рассчитан исходя из расходов, наблюдаемых на гидрологическом посту в вершине дельты, и составил $210,06 \text{ км}^3$, что на $29,9 \text{ км}^3$ ниже среднеклиматической нормы за период условно-естественного стока [32]. Таким образом, 2024 г. продолжил череду маловодных лет (в 2023 г. годового водный сток составил $212,29 \text{ км}^3$) [33].

Результаты расчета стока ЗВ в 2023-2024 гг. представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сток загрязняющих веществ р. Волги (гидропост с. Верхнелебязье) в 2023-2024 гг.

Показатели	2023 г.	2024 г.
1	2	3
Взвешенные вещества, тыс. т	3177,43	3068,80
Азот аммонийный, тыс. т	5,46	2,65
Нитритный азот, тыс. т	2,35	2,25
Нитратный азот, тыс. т	12,01	8,61
Азот суммарный минеральный, тыс. т	19,82	13,51
Фосфор минеральный, тыс. т	5,68	6,12
Кремний, тыс. т	1115,61	986,82
Железо, тыс. т	10,92	25,29
Медь, тыс. т	0,22	0,46
Цинк, тыс. т	6,53	6,85
Никель, тыс. т	0,41	0,65
Хром общий, тыс. т	0,12	0,15
Свинец, тыс. т	0,08	0,12
Молибден, тыс. т	0,19	0,18
Кобальт, тыс. т	0,11	0,09
Ртуть, т	1,63	2,0
Кадмий, тыс. т	0,01	0,02
Олово, тыс. т	0,14	0,15
Марганец, тыс. т	0,86	0,53
Фенолы, тыс. т	0,56	1,45
НУ, тыс. т	10,60	8,13
АПАВ, тыс. т	8,18	8,01

Продолжение таблицы 4

1	2	3
ДДЭ, т	0,05	0,59
ДДТ, т	0,11	2,26
α-ГХЦГ, т	0,05	1665,28
γ-ГХЦГ, т	0,04	0,20

В 2024 г. отмечается тенденция снижения стока соединений азота, которая прослеживается с 2022 года. Сток суммарного минерального азота снизился в 1,4 раза, с 19,82 тыс. т в 2023 г. до 13,51 тыс. т в 2024 г., а сток аммонийного азота снизился вдвое (таблица 4). Снизился и сток растворенного кремния (в 1,1 раза). Однако, на фоне снижения минеральных форм азота, отмечается незначительное увеличение стока минерального фосфора, в 2024 г. он составил 6,12 тыс. т, что всего в 1,1 раз больше, чем в 2023 г.

В отчетном году, по сравнению с 2023 г., наблюдается увеличение стока большинства ТМ (кроме молибдена, кобальта и марганца). Наиболее явно эта динамика прослеживается для железа, меди и кадмия, количество этих ЗВ, поступающих в Северный Каспий, увеличилась более чем в 2 раза, так, сток железа в 2024 г. достиг 25,29 тыс. т, а сток меди и кадмия – 0,46 и 0,02 тыс. т соответственно. Масса никеля и свинца в речном стоке увеличилась примерно в 1,5 раза. Количество молибдена, поступающего в устьевую область по гидрологическому посту с. Верхенелебязье, относительно прошлого года было достаточно стабильным. За год в 1,3 раз снизился сток кобальта. Сток марганца снизился с 0,86 тыс. т. в 2023 г. до 0,53 тыс. т. в 2024 г. (в 1,6 раз).

Сток фенолов продолжил тенденцию 2023 г. и вырос в 2,6 раз, достигнув значения 1,45 тыс. т в 2024 г. Количество НУ, поступающих со стоком, по сравнению с прошлым годом, напротив, снизилось и составило 8,13 тыс. т, а значение стока АПАВ за 2023-2024 гг. было достаточно стабильным (таблица 3).

Сток хлорорганических пестицидов (ХОП) значительно возрос. Сток ДДЭ в 2024 г., по сравнению с 2023 годом (0,05 т), увеличился на порядок и составил 0,59 т. Масса ДДТ в речном стоке выросла в 20,5 раз, достигнув значения 2,26 т. Особого внимания требует динамика стока α-ГХЦГ, в 2024 г. количество этого пестицида, поступающего в устьевую область р. Волга, составило 1665,28 т., сток γ-ГХЦГ увеличился за год в 5 раз. Динамика стока ХОП в 2024 г. вызывает обеспокоенность, так как после введения повсеместного запрета на использование пестицидов, их количество должно неуклонно снижаться, что противоречит сложившейся в отчетном году ситуации.

4 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ В 2024 Г.

Температурный режим в дельте р. Волга в целом за 2024 г. мало изменился по сравнению с предыдущим годом. Средняя годовая температура в дельте составила 15,34°C, минимальная была зарегистрирована на станции ПОС (г. Астрахань). Годовой температурный максимум был отмечен в рукаве Камызяк, на гидрологическом посту г. Камызяк. Среднегодовые значения температуры воды в водотоках дельты приведены на рисунке 29.

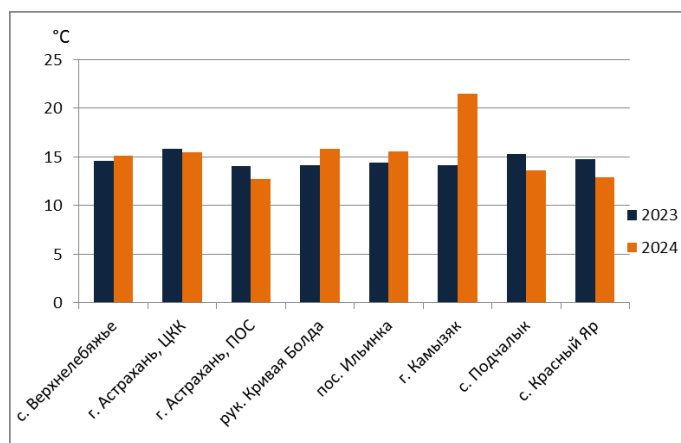


Рисунок 29 – Среднегодовая температура воды в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Концентрация растворенного кислорода в водотоках дельты р. Волга в среднем за 2024 г. колебалась от 9,50 до 10,70 мг/л, что в целом соответствует многолетней динамике данного показателя [18-20]. Сезонные изменения концентрации кислорода в 2024 г. также соответствовали многолетней тенденции снижения содержания кислорода в летний период. Минимальный уровень содержания кислорода наблюдался в протоке Кигач в августе и составил 6,08 мг/л. Нарушений предельно допустимого уровня содержания кислорода в поверхностных водах дельты в 2024 г. выявлено не было. Самый высокий уровень растворенного кислорода в воде (11,92 мг/л) регистрировался в апреле и мае в средней зоне восточной части дельты в рук. Бузан (с. Красный Яр), протоках Камызяк и Кривая Болда (рисунок 30, приложение А).

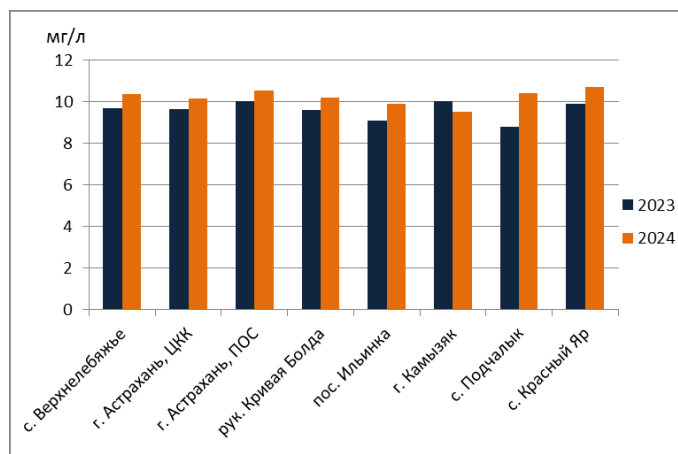


Рисунок 30 – Концентрация растворенного кислорода в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Биологическое потребление кислорода (БПК₅) указывает на интенсивность продуктивно-деструктивных процессов в водоемах. В теплый период года ускоряются процессы образования новой органики живыми организмами, сопровождающиеся выделением в воду кислорода при фотосинтезе. В период осенне-зимней межени увеличивается поступление отмершей органики в воду и, соответственно, растет расход кислорода на ее окисление. В 2024 г. уровень БПК₅ в дельте р. Волга в среднем составил 1,28 мгО/л, что соответствует установленным нормативам качества рыбохозяйственных водоемов (ПДК = 2,0 мгО/л) и динамике предыдущих пяти лет (1,26-2,29 мгО/л) (рисунок 31, приложение А). Следует отметить, что средний уровень БПК₅ за последние 5 лет по сравнению с периодом 1978-2017 гг. снизился в 1,7 раз [20]. Максимальный уровень биологического потребления кислорода в 2024 г. (2,6 мгО/л) составил 1,3 ПДК, был зарегистрирован в вершине дельты, у правого берега р. Волга и в рук. Кривая Болда в мае и июне.

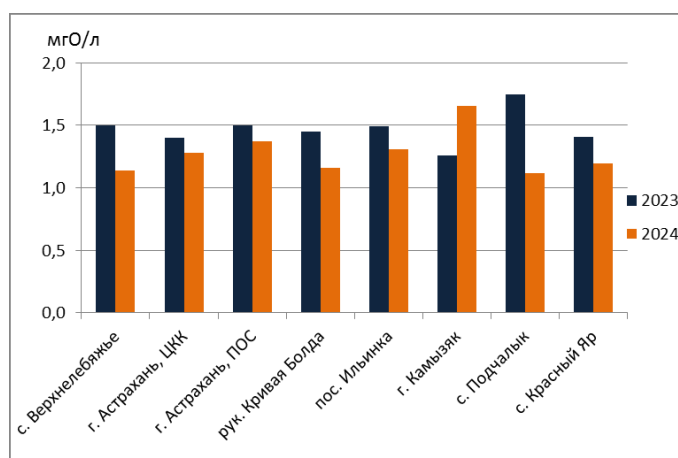


Рисунок 31 – Уровень БПК₅ в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

В 2024 г. уровень химического потребления кислорода (ХПК) колебался в диапазоне от 21,72 до 30,63 мгО/л, по всем водотокам регистрировалось превышение допустимого уровня (15 мгО/л) в среднем в 1,6 раз (рисунок 32, Приложение А). Из литературных источников известно, что данный уровень ХПК сохраняется в дельте р. Волга с начала 2000-х гг., что говорит о стабильном загрязнении водотоков трудно разлагаемой органикой. Однако, анализ воды на стационарных постах в 2024 г. демонстрирует стабильное снижение этого показателя относительно 2023 г.

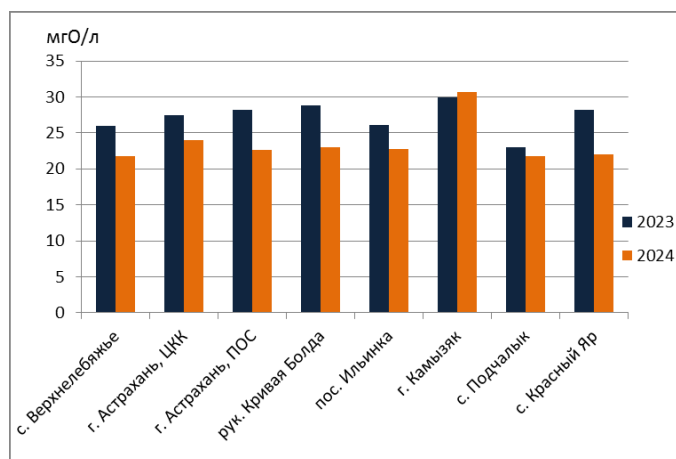


Рисунок 32 – Уровень ХПК в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Водородный показатель в 2024 г. в водах дельты р. Волга изменялся от 8,11 до 8,31 ед. рН, что соответствует пресноводным водоемам. По сравнению с 2023 г. в большинстве створов изменения были незначительны (рисунок 33). Средние значения рН в водотоках дельты в 2024 г. соответствовали среднесезонному диапазону значений водородного показателя в дельте (8,0-8,3 ед. рН), однако, были незначительно выше, чем в прошлом году.

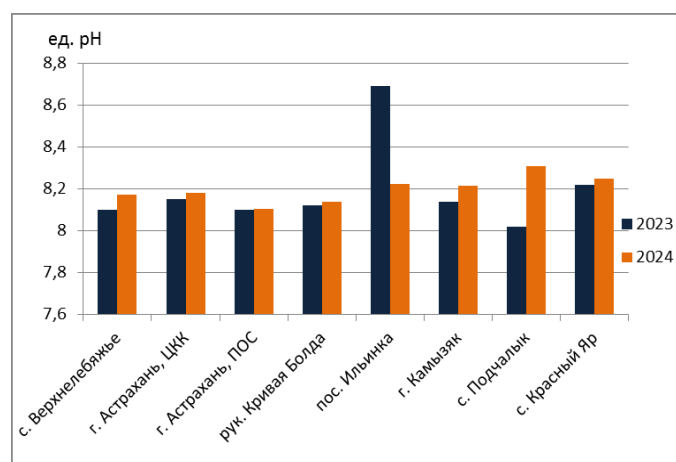


Рисунок 33 – Водородный показатель в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Содержание взвешенных веществ в водотоках дельты р. Волга в 2024 г. колебалось в широком диапазоне концентрации от 2,2 мг/л на гидрологическом посту с. Верхнелебяжье до 62,0 мг/л на гидрологическом посту г. Камызяк. Наибольшие концентрации взвеси регистрировались в водотоках дельты в апреле и мае, в период половодья, при высокой скорости течения, которая усиливает эрозионные процессы. Самые высокие значения достигали: в р. Волга на постах г. Астрахани (ПОС и ЦКК) и пос. Ильинка 4,6 ПДК, в рукаве Кривая Болда 5,9 ПДК, в рукаве Камызяк – 6,2 ПДК, в протоке Кигач 5,9 ПДК, в рукаве Бузан 5,3 ПДК. Относительно прошлого года количество поступающих в дельту взвешенных веществ незначительно снизилось (рисунок 34). Некоторое увеличение взвешенных веществ в воде в 2024 г. наблюдается в средней зоне дельты по сравнению с верхней.

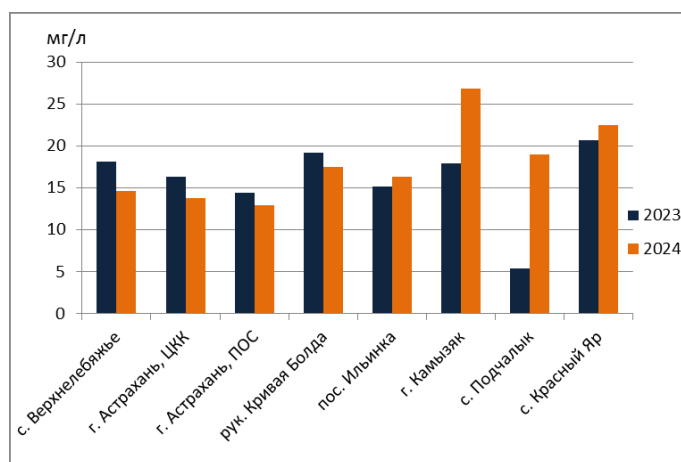


Рисунок 34 – Взвешенные вещества в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Важным фактором, определяющим содержание биогенов в дельте р. Волга является их сток. Учитывая то, что поступление аммонийного азота в вершину дельты в 2024 г., по сравнению с прошлым годом, сократилось почти вдвое, значительно снизилась и концентрация иона аммония, определяемая в водотоках дельты. В 2024 г. диапазон колебаний уровня аммонийного азота составил 0,005-0,03 мг/л, наибольшее значение NH_4 (0,03 мг/л) было отмечено в протоке Кигач (с. Подчалык) в июне. Пространственное распределение среднегодовых концентраций NH_4 в дельте было достаточно однородным, наибольшие значения иона аммония наблюдались в летние месяцы (рисунок 35).

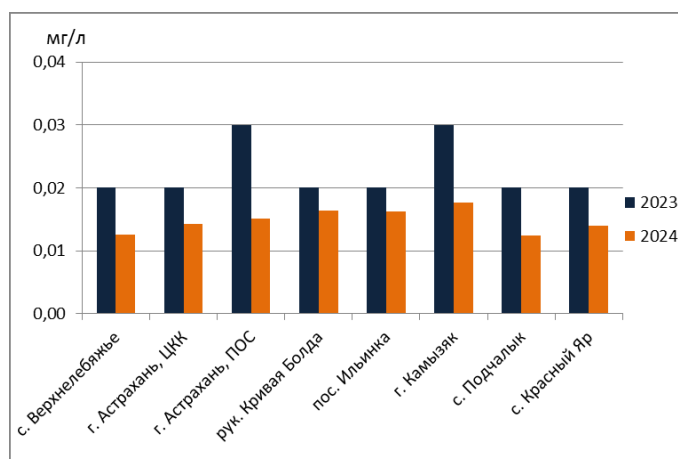


Рисунок 35 – Азот аммонийный в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Содержание нитритного азота в водотоках дельты в 2024 г. носило однородный характер. По сравнению с 2023 г. средняя концентрация нитритов практически не изменилась (рисунок 36). Наибольшее значение концентрации NO_2 регистрировалось в июне в средней зоне западной части дельты (р. Волга, пост пос. Ильинка), где концентрация нитрит-ионов достигала 0,04 мг/л.

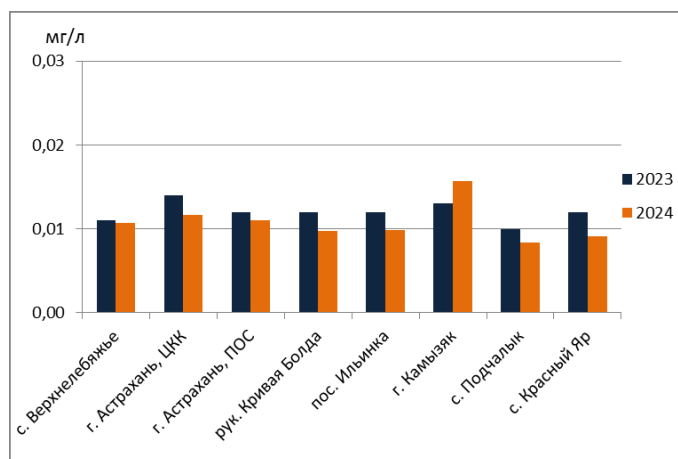


Рисунок 36 – Азот нитритный в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Концентрация нитратного азота в 2024 г., в соответствии со значительным снижением стока нитратов, по всем водотокам снизилась относительно прошлого года (рисунок 37). Средние годовые значения концентрации нитратов в дельте колебались от 0,03 мг/л до 0,06 мг/л, при этом самый высокий уровень NO_3 (0,14 мг/л) отмечен на гидрологическом посту пос. Ильинка в июне. Вопреки многолетнему тренду, в 2024 г. наблюдается смещение сезонной динамики нитритов и нитратов, увеличение концентрации которых два года подряд приходится на летний период.

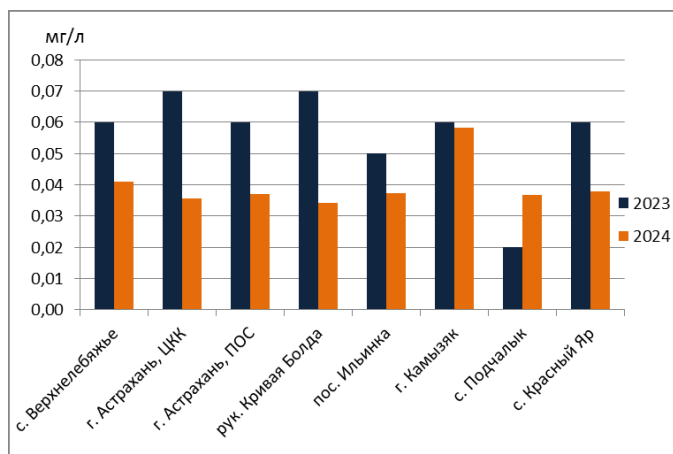


Рисунок 37 – Азот нитратный в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Пространственное распределение соединений азота в дельте р. Волга было неоднородным. В вершине дельты и в ее верхней зоне в 2024 г. сумма минеральных форм азота была на уровне 0,06 мг/л, в то время как ниже по течению и в западной и в восточной частях дельты наблюдаются значительные колебания их концентраций. Это может быть вызвано промышленными и сельскохозяйственными стоками (рисунок 38).

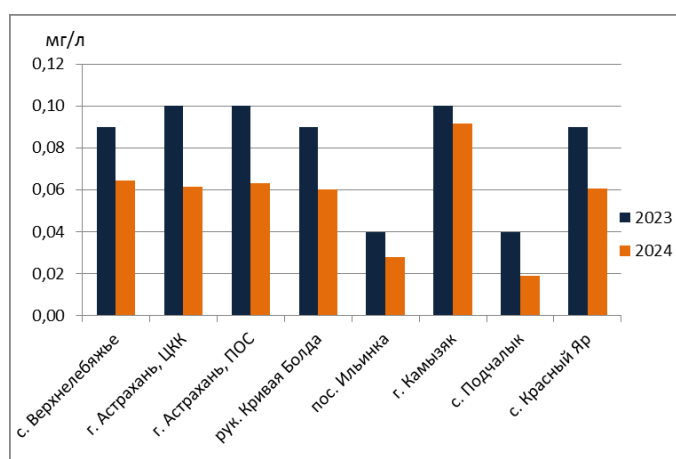


Рисунок 38 – Азот суммарный минеральный в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Содержание фосфатов в водотоках дельты в 2024 г. незначительно увеличилось относительно прошлого года. Средняя концентрация PO_4 в дельте составила 0,03 мг/л (рисунок 39). Пространственное распределение концентрации фосфатов в дельте было весьма однородным. Наибольшие значения достигали 0,043-0,044 мг/л и регистрировались в средней зоне западной части дельты.

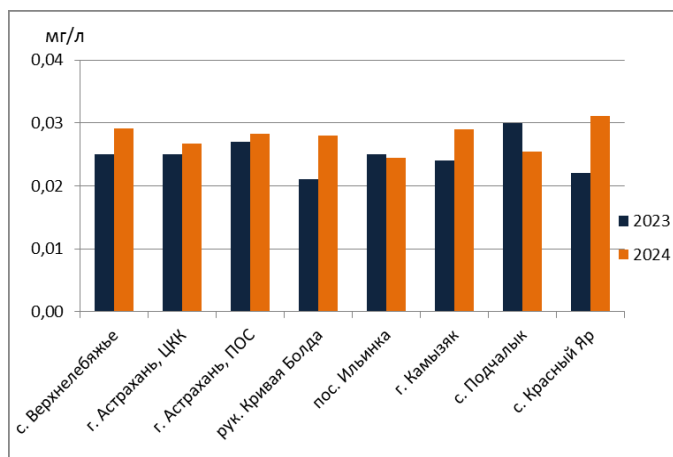


Рисунок 39 – Фосфор минеральный в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Динамика содержания кремния в дельте характеризуется незначительным снижением концентрации в 2024 г., относительно 2023 г., эквивалентно снижению стока кремнекислоты. Диапазон колебаний среднегодовой концентрации Si по водотокам в 2024 г. составил 4,20-5,03 мг/л, что в целом характерно для поверхностных вод. Пространственное распределение средних величин концентрации говорит об увеличении содержания кремния в средней зоне дельты. Естественный биохимический цикл этого компонента среды предусматривает увеличение концентрации в холодное время года, в 2024 г. наибольшие значения концентрации регистрировались в сентябре, в период межени. Своего максимума концентрация кремнекислоты достигала в р. Волга на постах с. Верхнелебяжье (7,6 мг/л) и пос. Ильинка (7,2 мг/л) (рисунок 40).

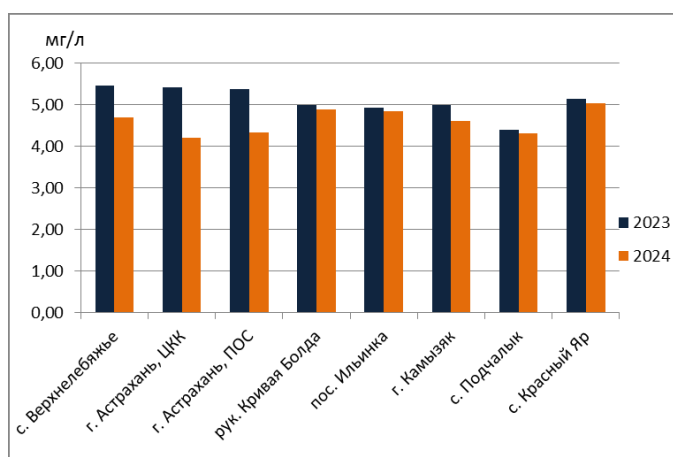


Рисунок 40 – Кремний в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

В целом в 2024 г. отмечается снижение содержания биогенных элементов в дельте, за исключением фосфатов. Пространственно-временное распределение и динамика концентраций биогенов в 2024 г. изменялась эквивалентно стоку данных элементов,

рассчитанному по значениям концентрации в вершине дельты, данный факт, в свою очередь, может свидетельствовать о том, что в 2024 г. сток являлся главным фактором содержания биогенов в дельте. Содержание данных элементов в водотоках дельты в 2024 г. не превышало установленных нормативов.

Наблюдаемое в 2024 г. в вершине дельты увеличение стока большинства ТМ (кроме молибдена, кобальта и марганца) должно сказаться на динамике данных ЗВ в водотоках дельты.

Средняя концентрация железа в 2024 г. в дельте р. Волга составила 0,10 мг/л и колебалась в водотоках от 0,09 мг/л до 0,12 мг/л (1,2 ПДК) в р. Волга, на посту с. Верхнелебяжье и в протоке Кигач (рисунок 41, Приложение А). Пространственно-временное распределение концентрации этого металла в 2024 г. было достаточно неоднородным. Наибольшее количество Fe регистрировалось в вершине дельты и, вопреки многолетней динамике в верхней зоне восточной части дельты на гидрологическом посту с. Подчалык. В целом сезонная динамика, также как и пространственная, противоречила данным многолетних исследований [20], наибольшие концентрации практически на всех пунктах наблюдения (кроме пункта с. Верхнелебяжье) наблюдалась в меженный период (август-сентябрь) и практически повсеместно достигала 2 ПДК. Максимальная концентрация железа на гидрологическом посту в вершине дельты в 2024 г. достигла 3 ПДК в апреле, в поверхностном горизонте.

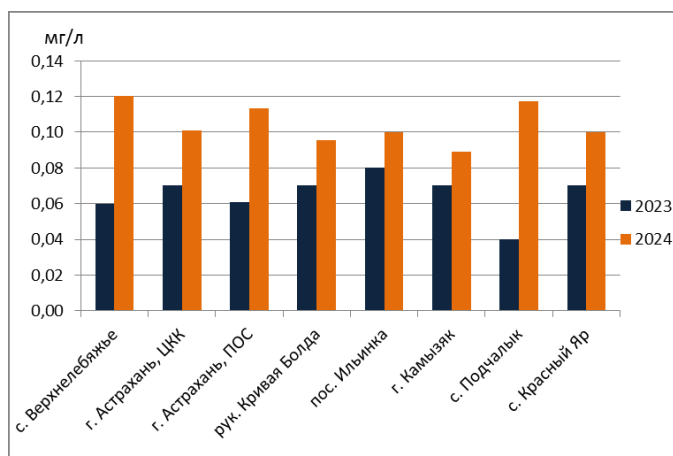


Рисунок 41 – Железо в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

В 2024 г. водотоки дельты р. Волги характеризовались неоднородностью пространственного распределения концентрации меди, – наблюдалось незначительное увеличение по сравнению с 2023 г. В восточной части дельты в 2024 г. концентрация Си наоборот, снизилась относительно прошлого года. Среднегодовые концентрации в

водотоках дельты изменялись от 1,17 мкг/л (гидрологический пост с. Подчалык) до 3,30 мкг/л (3,3 ПДК) (гидрологический пост г. Астрахань, ЦКК) (рисунок 42). В соответствии с многолетней динамикой в западной части дельты в 2024 г. наблюдалось повышение концентрации Си по сравнению с ее вершиной, что может быть обусловлено влиянием Астраханской агломерации [20]. Чаще всего наибольшие концентрации меди (достигавшие 4,5 ПДК) в водотоках дельты в 2024 г. регистрировались в период летне-осенней межени, что противоречит сложившейся многолетней динамике, абсолютный максимум 2024 г. был зарегистрирован в октябре в вершине дельты и был равен 9,6 ПДК.

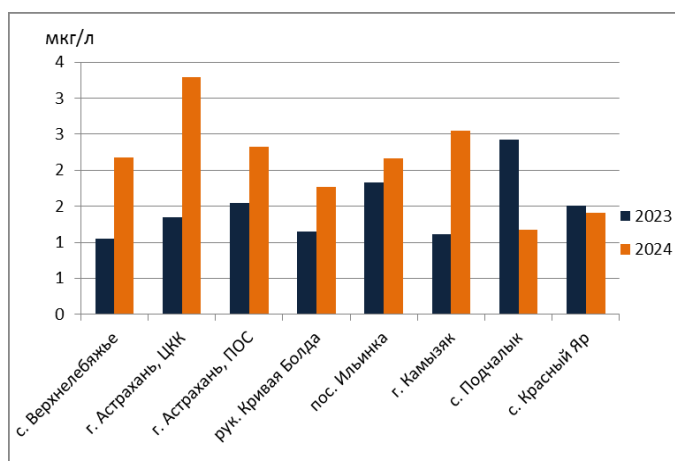


Рисунок 42 – Медь в водотоках дельты р. Волга в 2023-2024 гг.

Среднегодовая концентрация цинка в 2024 г. повсеместно превышала нормативы допустимой концентрации (ПДК = 10 мкг/л), содержание Zn в целом по дельте р. Волги составляло 3 ПДК. Минимальный уровень Zn в течение 2024 г. наблюдался на гидрологическом посту с. Подчалык и составлял 1,9 ПДК, а максимальный – на гидрологическом посту Камызяк и был равен 4,4 ПДК. Пространственная и временная динамика цинка характеризовалась высокой неоднородностью, самые высокие среднегодовые концентрации наблюдались в средней зоне западной части дельты. Однако, абсолютный максимум был зарегистрирован в рукаве Бузан (гидрологический пост Красный Яр) на уровне 95,3 мкг/л (9,5 ПДК) и в вершине дельты (гидрологический пост с. Верхнелебяжье) на уровне 93,1 мкг/л (9,3 ПДК). В целом по дельте самые высокие концентрации Zn наблюдались чаще всего в период межени и достигали 4 ПДК. Подобная динамика этого тяжелого металла может свидетельствовать о многочисленных локальных источниках загрязнения, расположенных в дельте р. Волги (рисунок 43).

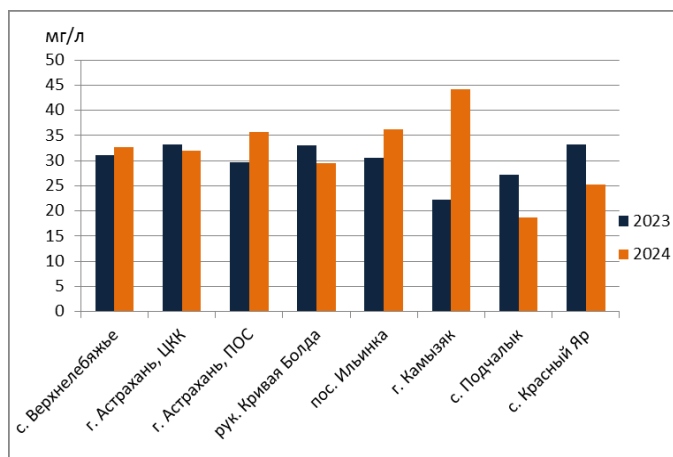


Рисунок 43 – Цинк в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Годовой ход содержания никеля в дельте р. Волга прервал наметившуюся в 2020 г. тенденцию к снижению (рисунок 44). Увеличение концентрации Ni в водотоках местами было весьма значительным (например, в рукаве Камызяк, и в р. Волга у гидропоста Ильинка), там же, где в прошлом году наблюдалось наиболее значительное снижение концентрации. В 2024 г. концентрация никеля в дельте изменялась в интервале 2,31-4,26 мкг/л, при ПДК = 10,0 мкг/л, превышений норматива не выявлено. Кроме того, годовая концентрация Ni соответствует многолетнему диапазону колебаний. Самые высокие значения в водотоках отмечались по-прежнему в зимнюю и осеннюю межень, максимум содержания никеля (13,3 мкг/л) был зарегистрирован в октябре на гидрологическом посту пос. Ильинка.

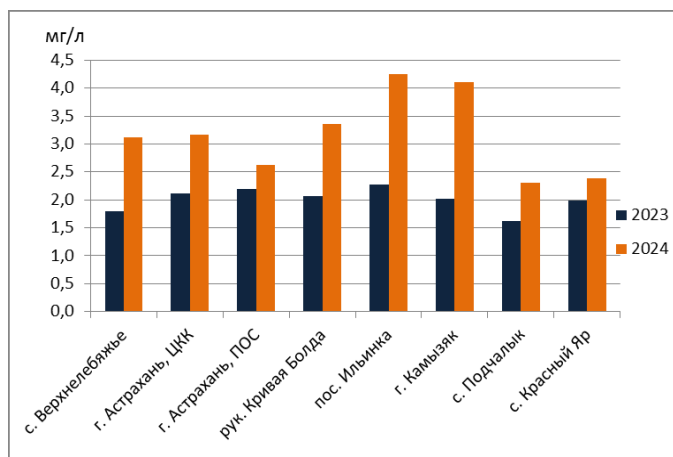


Рисунок 44 – Никель в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

В 2024 г., как и в предыдущие два года, наблюдалась тенденция увеличения концентрации хрома, по сравнению с 2023 г., концентрация общего хрома в дельте выросла в 2,3 раза (рисунок 45). Диапазон колебаний концентрации хрома в 2024 г. (0,48-1,57 мкг/л) соответствовал среднемноголетним значениям (0,16-9,87 мкг/л). Превышение

ПДК хрома для дельты р. Волги в целом нехарактерно, так и в 2024 г. содержание общего хрома было значительно ниже установленных нормативов. В 2024 г., вопреки многолетней динамике увеличение концентрации Cr во всех водотоках происходило в 4 квартале. В литературных источниках отмечается снижение концентрации хрома в южном направлении, однако в 2024 г. наибольшие концентрации хрома зарегистрированы в средней зоне дельты на гидрологических постах ЦКК и Камызяк.

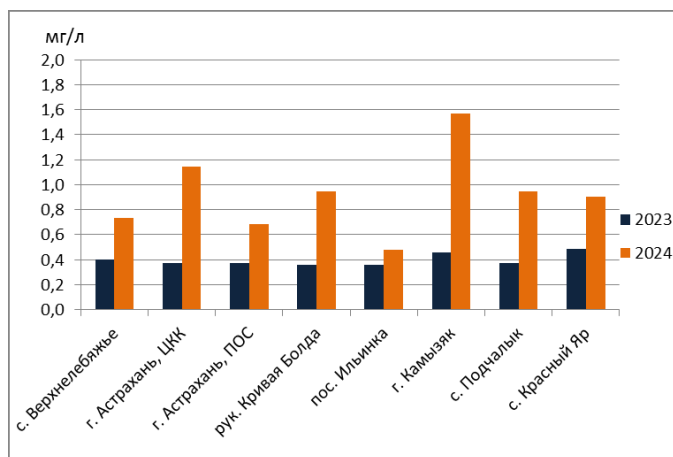


Рисунок 45 – Хром в водотоках дельты р. Волга в 2023-2024 гг.

Динамика концентрации свинца в 2024 г. в водотоках дельты имела неоднородный характер (рисунок 46). В среднем по дельте содержание Pb колебалось в пределах многолетней изменчивости (от 0,40 мкг/л до 0,57 мкг/л). Повышение концентрации свинца, как и в прошлые года, приурочено к периоду летне-осенней межени, что также соответствует многолетней тенденции 2001-2017 гг. Наибольшие концентрации Pb в водотоках дельты регистрировались в октябре и достигали своего максимума (1,9 мкг/л) в вершине дельты. Превышений ПДК свинца в 2024 г. не выявлено.

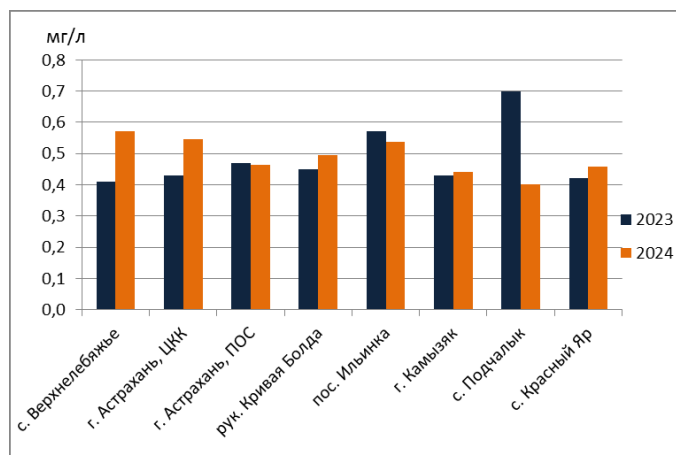


Рисунок 46 – Свинец в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Изменчивость содержания ртути в водотоках дельты в 2024 г. была невысокой. Диапазон концентраций Hg в 2024 г. составил 0,005-0,014 мкг/л и находился в рамках многолетней изменчивости. Самые высокие среднегодовые концентрации ртути были зарегистрированы, как и в прошлом году, в протоке Кигач. Однако, максимальные значения концентрации Hg в воде обнаруживались в вершине дельты и ее верхней зоне (гидрологические посты с. Верхнелебяжье, ЦКК, пр. Кривая Болда) и достигали 2 ПДК (0,02 мкг/л). Максимальные значения ртути, как и других ТМ в 2024 г. отмечались в осенний период с октября по ноябрь (рисунок 47).

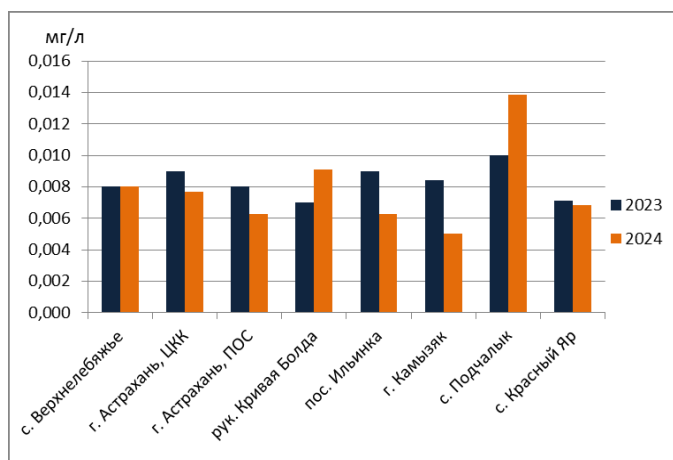


Рисунок 47 – Ртуть в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

В 2024 г. отмечается и увеличение уровня кадмия. Диапазон концентраций кадмия в 2024 г. составил 0,11-0,34 мкг/л, со средним значением 0,16 мкг/л, что соответствует многолетней изменчивости этого металла [20]. Наиболее высокие значения концентрации кадмия, регистрируемые в водотоках дельты достигали 0,5 мкг/л в июле (рисунок 48). Превышений установленного норматива по Cd выявлено не было.

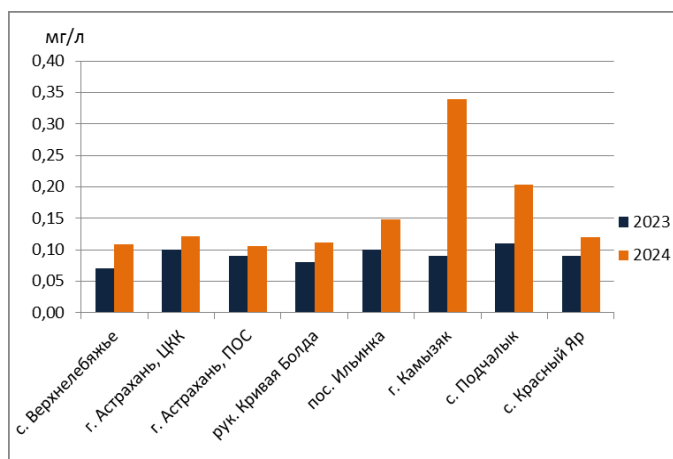


Рисунок 48 – Кадмий в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Согласно снижению уровня стока марганца, в 2024 г. снизилась и концентрация этого металла в водотоках дельты. Пространственная изменчивость распределения марганца в 2024 г. в дельте р. Волги была достаточно невысокой. Среднегодовая концентрация марганца в дельте в 2024 г. была значительно ниже ПДК (ПДК = 10 мкг/л) и составляла 3,33 мкг/л. Диапазон значений марганца в водотоках составил 2,53-4,12 мкг/л. Сезонная динамика показала увеличение концентрации Mn в июле, что было характерно для всех исследуемых водотоков, при этом, максимум достигал 1,1 ПДК на гидрологическом посту Кривая Болда (рисунок 49).

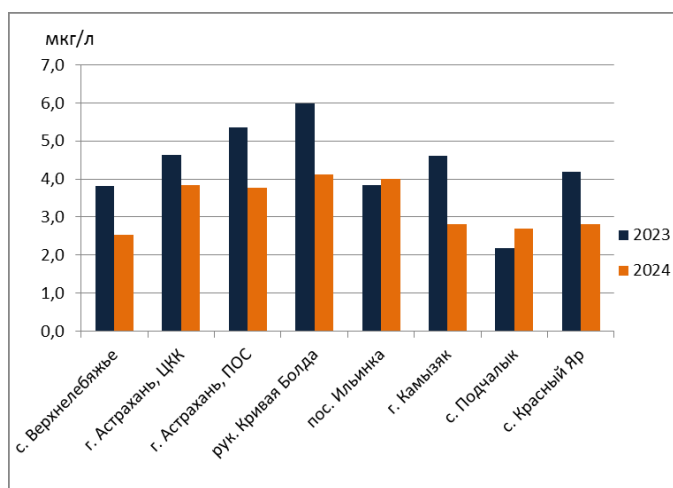


Рисунок 49 – Марганец в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Хлорорганические пестициды (ХОП) относятся к числу стойких органических соединений, они обладают высоким токсическим эффектом для гидробионтов, даже при относительно низком содержании в воде (0,1 мкг/л) [20].

Выше (см. глава 3) уже было отмечено, что 2024 г. отличался многократным увеличением стока ХОП. В водотоках дельты в 2024 г. концентрации ХОП (ДДТ, ДДЭ, α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) также имели тенденцию к увеличению.

Результаты анализов выявили, что среднее содержание ДДЭ практически повсеместно (кроме пункта наблюдений ПОС в г. Астрахани, где уровень пестицидов не превышал аналитического ноля) достигало 0,003 мкг/л. Кроме того, на графиках (рисунок 50а) видно, что концентрация этого пестицида несколько возросла в южном направлении. Такое распределение может свидетельствовать о наличии локальных источников поступления пестицида в дельте.

Иная пространственная динамика наблюдалась у концентрации ДДТ, который является продуктом распада ДДЭ, в этом случае содержание пестицида достигало максимума в вершине дельты и незначительно снижалось на южных гидрологических

постах, что говорит о поступлении частично разложившихся пестицидов со стоком р. Волги. Средняя концентрация ДДТ в водотоках дельты составила 0,01 мкг/л. Кроме того, в вершине дельты (гидропост с. Верхнелебязье) в ноябре было зарегистрировано трехкратное превышение ПДК ДДТ (рисунок 50б).

Пестициды группы ГХЦГ в дельте в 2024 г. также были выявлены повсеместно, их концентрация достигала 0,001 мкг/л во всех исследуемых водотоках. В сравнении с динамикой ГХЦГ в 2023 г., когда данные пестициды обнаруживались только в средней зоне дельты, увеличение их содержания в 2024 г. требует внимательного наблюдения и контроля (рисунок 50 в, г).

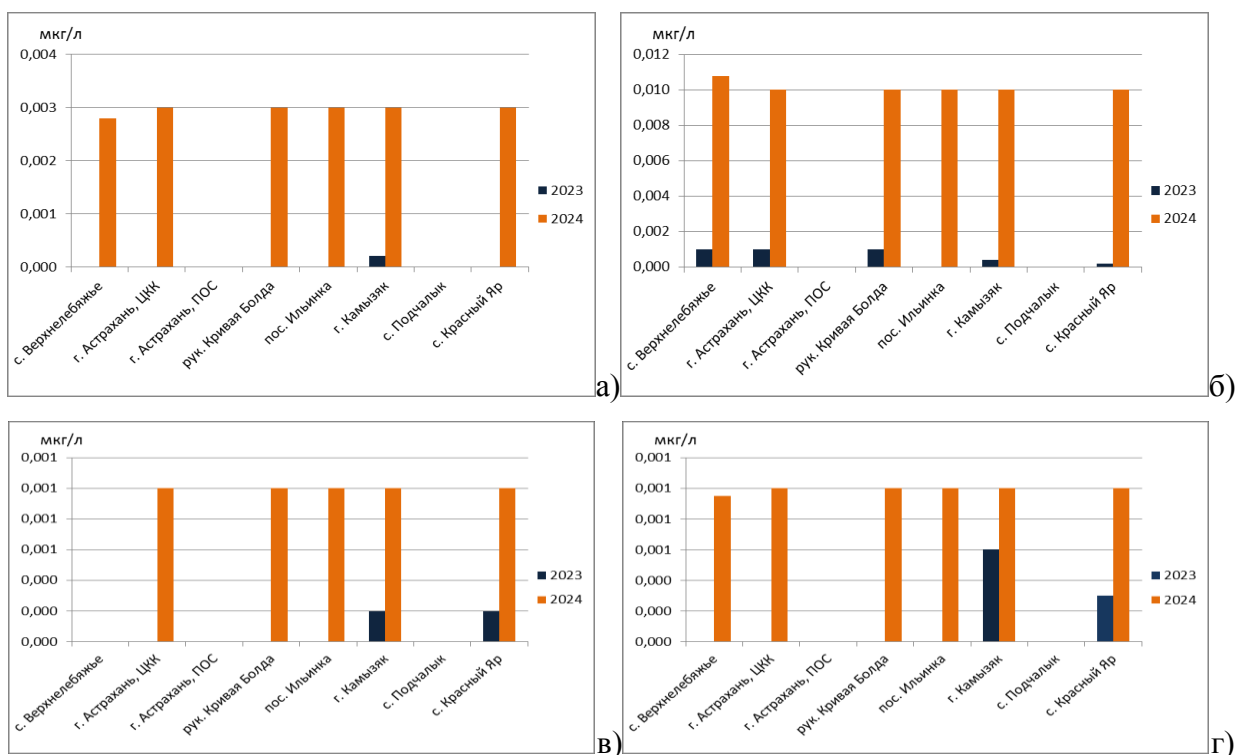


Рисунок 50 – Содержание пестицидов в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг. (а – ДДЭ, б – ДДТ, в – α-ГХЦГ, г – γ-ГХЦГ)

Многолетние исследования [20] показывают, что для НУ в дельте р. Волга характерно снижение средней концентрации в южном направлении от вершины. Однако, в 2024 г. содержание НУ в водотоках было весьма неоднородным. В верхней зоне западной части дельты, относительно вершины, наблюдается увеличение концентрации, наиболее интенсивно эта динамика прослеживается на гидрологическом посту ПОС в г. Астрахани. Значения среднегодовой концентрации НУ в водах дельты в 2024 г. на замыкающем створе изменялись от 0,04 мг/л до 0,1 мг/л (рисунок 51) и не превышали достаточно высокий для пресных вод фоновый уровень, сложившийся в низовьях р. Волги с 1979 г. (2

ПДК) [20]. Максимальные значения НУ дельте в 2024 г. достигали 9,2 ПДК, регистрировались в районе г. Астрахани, на гидрологических постах ПОС и ЦКК в июне.

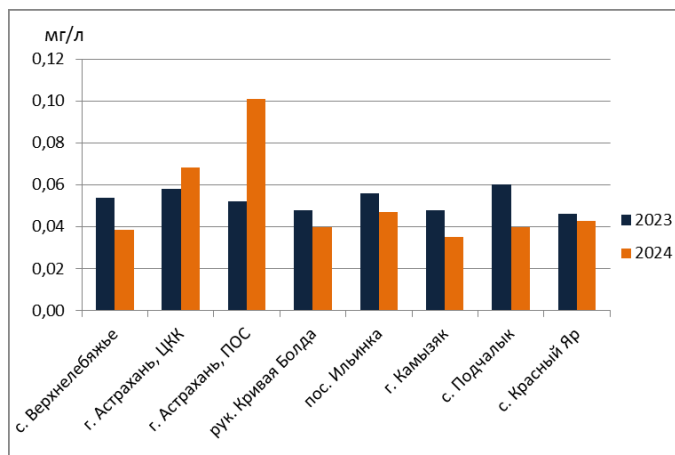


Рисунок 51 – НУ в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Поведение концентрации фенолов в дельте р. Волга в 2024 г., в отличие от многолетней тенденции, характеризовалась сильной пространственной изменчивостью. Повышение среднегодовых величин концентрации наблюдалось в верхней зоне восточной части дельты, где она достигала 0,009 мг/л (9 ПДК). Превышение установленного норматива концентрации фенолов в воде регистрировалось на всей акватории дельты от 1,3 ПДК до 50 ПДК в протоке Кигач и до 54 ПДК в р. Волга в период летне-осенней межени (рисунок 52).

Критерии экстремально-высокого загрязнения для морских и поверхностных вод определены Росгидрометом как максимальное разовое содержание для нормируемых веществ 1-2 класса опасности в концентрациях, превышающих ПДК в 5 и более раз, для веществ 3-4 класса опасности – в 50 и более раз [34]. В соответствии с Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [31], фенолы относятся к загрязняющим веществам третьего класса опасности. Таким образом, в 2024 г. было зафиксировано 2 случая экстремально-высокого загрязнения фенолами в р. Волга у гидропоста с. Верхнелебяжье в августе и в протоке Кигач в сентябре.

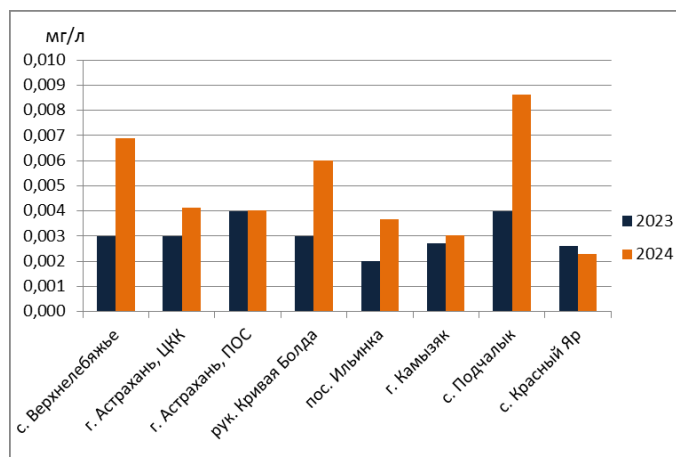


Рисунок 52 – Фенолы в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

В 2024 г. в большинстве гидростворов (кроме пунктов наблюдений, расположенных на р. Волга, в с. Верхнелебяжье, где уровень концентрации АСПАВ не изменился, и в г. Астрахани) наблюдалось снижение концентрации АСПАВ относительно 2023 г. Несмотря на это, средняя годовая концентрация в вершине дельты р. Волги и в ее верхней зоне была выше характерного для большей площади акватории фоновый уровень (0,03 мг/л), определенного за период 1978-2017 гг. В средней зоне дельты годовой ход концентрации АСПАВ в целом соответствовал фону. Наибольшие за исследуемый период значения АСПАВ были зарегистрированы в районе г. Астрахани и превышали установленный норматив ПДК в 3,7-5 раз в мае и июне (рисунок 53, Приложение А). Такое распределение концентрации ЗВ, может быть следствием хозяйственно-бытовой деятельности внутри городской агломерации.

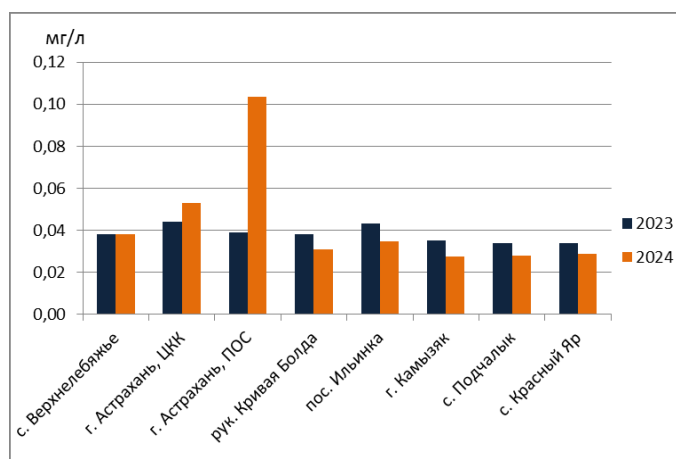


Рисунок 53 – АСПАВ в водотоках дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Для условной оценки экологического состояния, обусловленного одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ, используется комплексный показатель степени

загрязненности поверхностных вод «удельный комбинаторный индекс загрязненности вод» (УКИЗВ) [30].

Для расчета УКИЗВ в 2024 г. использовались те же гидрохимические параметры, что и в 2023 г.:

- растворенный кислород;
- взвешенные вещества;
- ХПК;
- медь;
- цинк;
- фенолы.

Динамика комплексного показателя УКИЗВ в 2024 г., также как и динамика большинства ЗВ в этот период, была неоднородной (рисунок 54а, Приложение А). В вершине дельты и западной части верхней зоны дельты, в соответствии с увеличением концентрации ЗВ увеличивался и показатель УКИЗВ. В восточной части дельты, где динамика основных ЗВ была выражена не столь ярко, зарегистрировано незначительное снижение индекса загрязненности поверхностных вод. С 2021 г. по 2023 гг. в дельте р. Волга наблюдалось плавное снижение антропогенной нагрузки на экосистему, однако, высокий уровень загрязнения в 2024 г. в среднем по всей акватории дельты прервал наметившуюся тенденцию к снижению уровня загрязнения водных объектов (рисунок 54б, Приложение А).

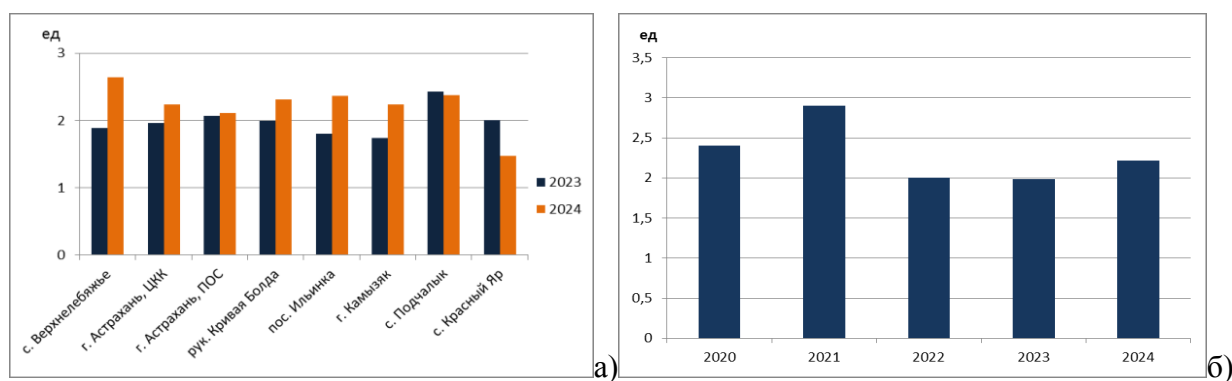


Рисунок 54 – Динамика УКИЗВ на акватории дельты р. Волги (а – в 2023-2024 гг., б – в 2020-2024 гг.)

Наиболее высокие значения индекса в 2024 г. зафиксированы в вершине дельты (гидропост с. Верхнелебяжье). Качество воды в данном гидростворе, а также в верхней зоне и в средней зоне западной части дельты оценивалось как «загрязненная» (III класс качества воды). Воды средней зоны восточной части дельты в 2024 г., так же как и в 2023

г., относились ко второму классу «слабо загрязненных» вод [30].

Следует отметить, что в 2024 г. в дельте р. Волга увеличилась концентрация таких загрязняющих веществ как ТМ, ХОП и фенолы. При этом особого внимания требует динамика ХОП и фенолов, так как содержание ХОП в поверхностных водах, вопреки запрету на использование пестицидов, увеличилось в десятки раз, а загрязнение фенолами достигало «экстремально-высокого» уровня.

5 СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2024 Г.

Программа государственного экологического мониторинга по наблюдению за состоянием и загрязнением Каспийского моря в 2024 г. включала основные гидрохимические показатели: растворенный кислород, водородный показатель, биогенные вещества (фосфор минеральный, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный), НУ, СПАВ. Концентрации фенолов определялись только на акватории Среднего Каспия прилегающей к западному побережью Республики Дагестан, содержание тяжелых металлов (Zn и Cu) – только на станциях Лопатин, Терек и Сулак. Количественный химический анализ гидрохимических параметров проводился в аккредитованной лаборатории Астраханского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (АЦГМС). Оценка состояния и уровня загрязнения вод исследуемой акватории проводилась с использованием методики, рекомендованной Росгидрометом: «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений» [1].

ГСН III. Средняя температура Северного Каспия в районе наблюдательных станций векового разреза ГСН III в 2024 г. составила 20,53°C. Своего максимума температура воды достигала в последней декаде июля (29,0°C), а минимальное значение (16,80°C) было зарегистрировано в середине мая на глубине 20,8 м (таблица 5).

Уровень солености в исследуемом районе колебался в диапазоне значений 4,50-11,10‰, минимальное значение солености отмечается в поверхностном горизонте акватории в период половодья. Средний уровень солености в 2024 г. (8,08‰) незначительно увеличился, относительно прошлого года (7,52‰), что может быть связано со снижением речного стока.

Таблица 5 – Гидрохимические показатели на акватории векового океанографического разреза ГСН III в 2024 г.

Параметр, единицы измерения	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Cv, %
1	2	3	4	5
Температура, °C	20,53	16,80	29,00	15,72
S, ‰	8,08	4,50	11,10	22,47
O ₂ , мг/л	9,15	8,43	10,00	8,87
O ₂ , %	151,76	133,35	180,77	9,22
Cl, мг/л	3752,27	712,12	14330,40	113,85
pH, ед pH	7,88	7,42	8,32	3,18
PO ₄ , мкг/л	56,20	19,00	101,0	47,61

1	2	3	4	5
Si, мкг/л	44,26	15,00	80,00	38,03
NH ₄ , мкг/л	48,95	18,00	68,00	27,70
NO ₂ , мкг/л	52,80	18,00	88,00	36,76
NO ₃ , мкг/л	49,60	10,00	88,00	50,09
СПАВ, мг/л	0,05	0,04	0,05	12,65
НУ, мг/л	35,29	32,93	39,05	7,52

Содержание O₂ в воде Северного Каспия в районе векового разреза ГСН III изменялось в течение 2024 г. от 8,43 мг/л в октябре до 10,00 мг/л в поверхностном горизонте самой южной станции векового разреза в июле. Изменчивость концентрации O₂ в 2024 г., как и в 2023 г., была очень низкой, среднеквадратическое отклонение составляло 8,87% (таблица 5), а сезонные колебания были слабыми. В среднем уровень растворенного кислорода по сравнению с предыдущим годом изменился незначительно (рисунок 55). Нарушений установленного норматива содержания кислорода в 2024 г. не выявлено (ПДК = 6,0 мг/л). В целом, судя по распределению концентрации кислорода на исследуемой акватории можно утверждать, что с увеличением глубины растет и содержание O₂. Насыщение морских вод кислородом в этом районе в 2024 г. не опускалось ниже значения 133,35%.

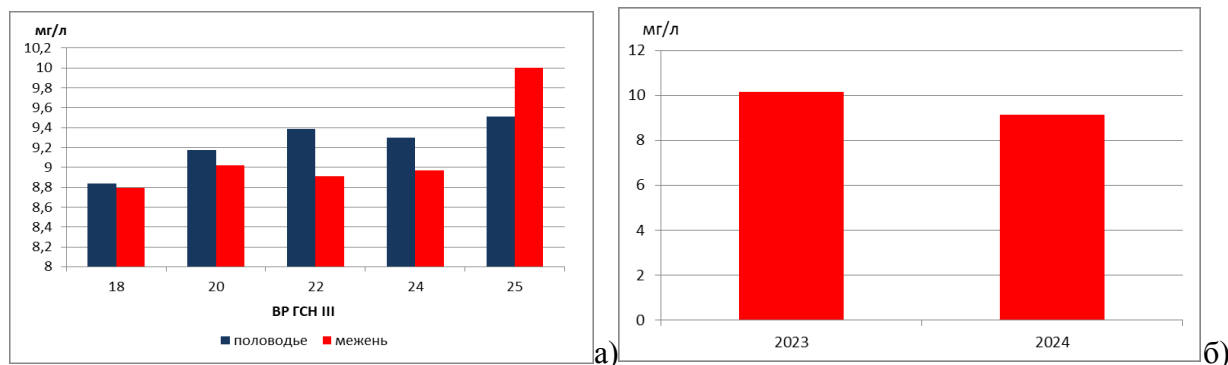


Рисунок 55 – Содержание растворенного кислорода на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Известно, что для морских вод Мирового океана характерным считается уровень хлоридов до 19 г/л (19000 мг/л). Концентрация хлоридов на акватории ВР ГСН III в Северном Каспии колебалась в диапазоне 712,12-14330,40 мг/л. При этом минимальное значение Cl⁻ было зарегистрировано в период межени, а максимальное – в период половодья. Сезонная и пространственная динамика концентрации показывают высокую неоднородность распределения хлорид-ионов (Cv = 113,85%) (рисунок 56).

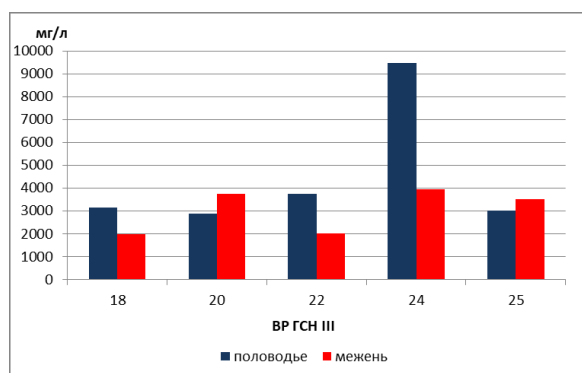


Рисунок 56 – Содержание хлоридов на акватории векового океанографического разреза ГСН III в 2024 г.

Водородный показатель (рН) в 2024 г. незначительно снизился по сравнению с предыдущим годом. Концентрация ионов водорода в районе ГСН III составила узкий диапазон 7,42-8,32 ед. рН, что, в целом, соответствует многолетней динамике данного показателя. Сезонная и пространственная изменчивость рН в 2024 г. была низкой, однако, следует отметить некоторое снижение с увеличением глубины (таблица 5, рисунок 57).

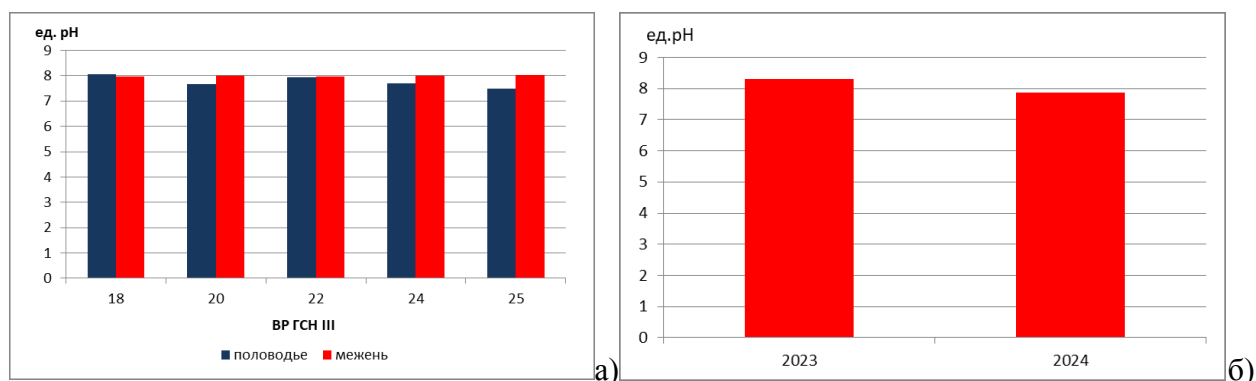


Рисунок 57 – Водородный показатель на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

В 2024 г. в районе векового разреза ГСН III концентрация иона аммония по сравнению с 2023 г. практически не изменилась (рисунок 58). Пространственная и сезонная изменчивость оценивалась как «средняя» ($C_v = 27,70\%$). Однако, динамика средних по разрезу показателей была весьма неоднородна, абсолютные значения аммонийного азота колебались от 18,0 мкг/л до 68,0 мкг/л (таблица 5, рисунок 58), что соответствует многолетней динамике данного БВ.

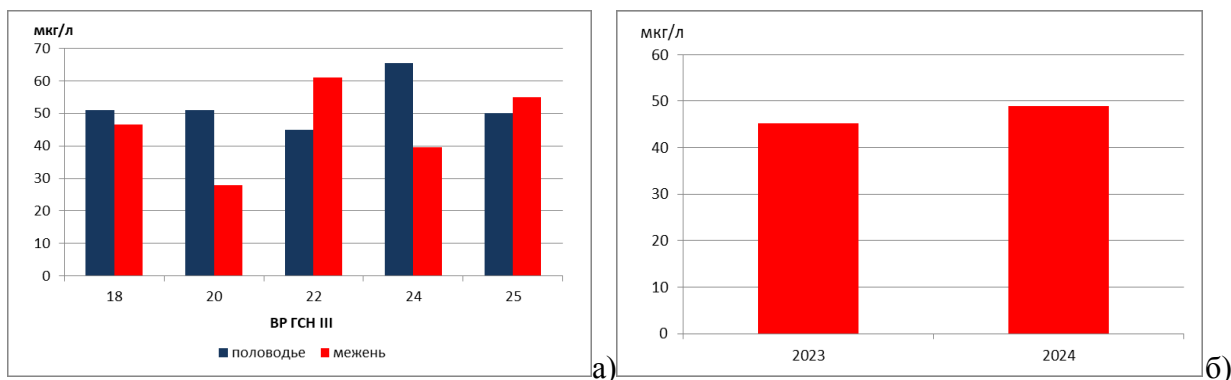


Рисунок 58 – Содержание аммонийного азота на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Содержание нитритного азота в 2024 г., как и в 2023 г. имело тенденцию к увеличению. Концентрация нитритов колебалась от 18,00 $\mu\text{g/L}$ до 88,00 $\mu\text{g/L}$, изменчивость нитритов в 2024 г., в соответствии со значением среднеквадратического отклонения, оценивалась как средняя (таблица 5). Сезонная динамика NO_2 показала снижение концентрации в период межени (рисунок 59).

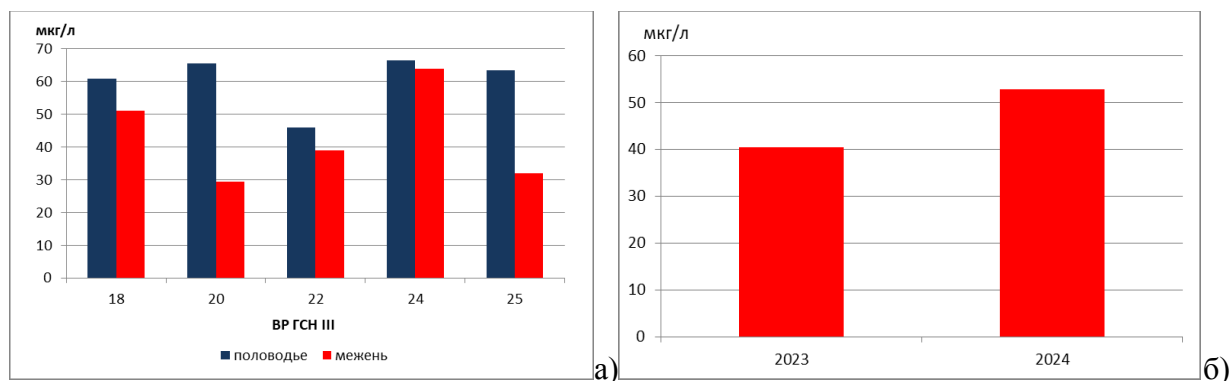


Рисунок 59 – Содержание нитритного азота на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Средняя концентрация NO_3 в 2024 г. составила 49,60 $\mu\text{g/L}$, что незначительно выше показателей в 2023 г. Отмечено, что в меженный период концентрация нитратов на акватории района увеличивается (таблица 5, рисунок 60). Следует отметить, что за последние 2 года наблюдений прослеживается явная тенденция увеличения содержания соединений азота в исследуемом районе.

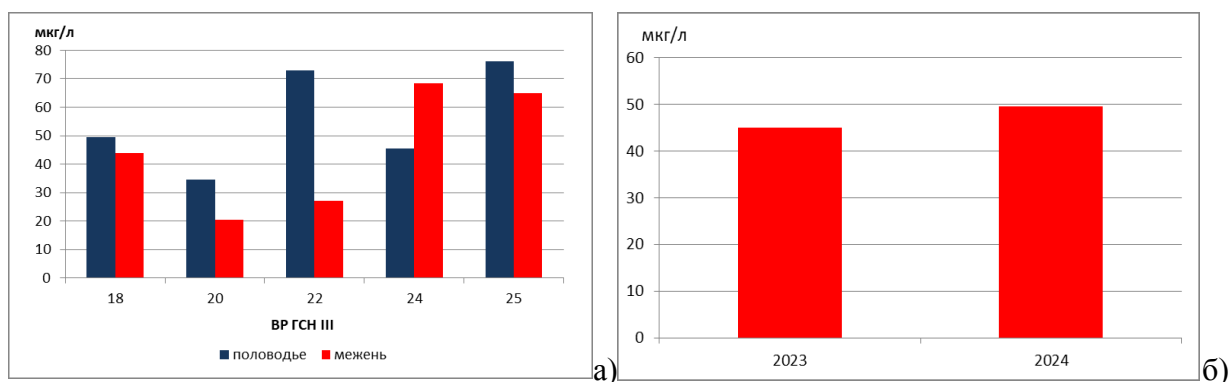


Рисунок 60 – Содержание нитратного азота на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

В 2024 г. в районе векового разреза ГСН III отмечено резкое увеличение содержания минерального фосфора (таблица 5, рисунок 61). Средняя концентрация, по сравнению с предыдущим годом выросла в 2,8 раза, содержание фосфатов увеличилось с 19,0 мкг/л в 2023 г. до 56,3 мкг/л в 2024 г. Экстремальные концентрации в 2024 г. колебались в диапазоне 19,0-101,0 мкг/л, изменчивость концентраций минерального фосфора оставалась на среднем уровне. Четких пространственных и сезонных тенденций в отчетный период не наблюдалось.

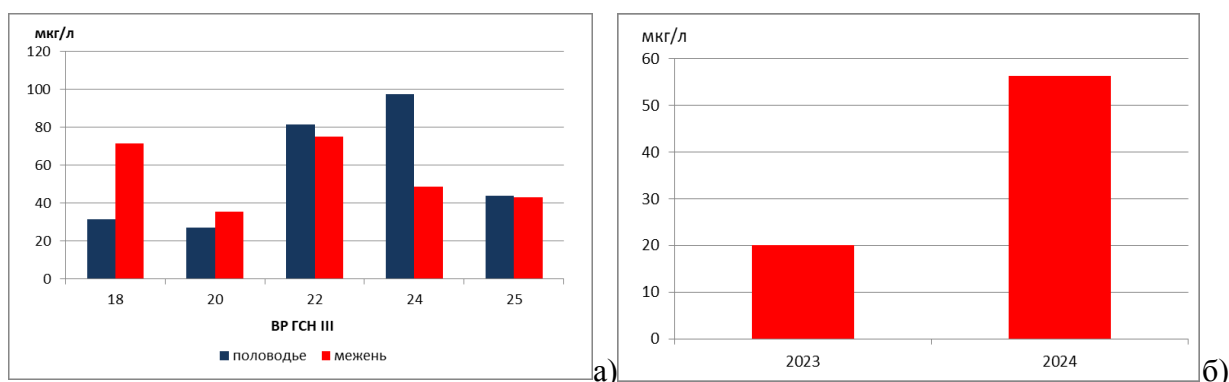


Рисунок 61 – Содержание минерального фосфора на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Тенденция снижения минерального кремния, отмеченная в период 2022-2023 гг., наблюдается и в 2024 г. Содержание этого элемента в среднем составило 44,26 мкг/л, что 1,3 раза меньше, чем в 2023 г. Распределение концентрации Si в толще воды носило достаточно неравномерный характер, резкий скачок концентрации зарегистрирован в придонном горизонте самой северной станции мониторинга (54,5 мкг/л), в целом с увеличением глубины содержание кремния снижалось (таблица 5, рисунок 62).

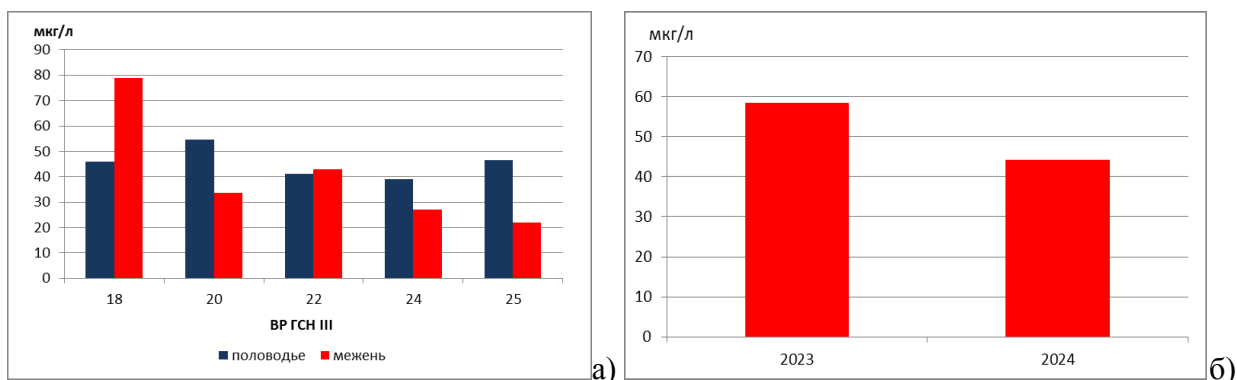


Рисунок 62 – Содержание кремния на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Наблюдения за содержанием НУ в 2024 г. проводились только в период межени. Из литературных источников известно, что основной вклад в загрязнение Северного Каспия нефтяными углеводородами вносит сток, отсутствие мониторинга в период половодья может значительно исказить информацию о содержании НУ в море. Относительно прошлого года содержание НУ в районе ГСН III незначительно снизилось. Среднее значения НУ в 2024 г. было равно 35,29 мкг/л (таблица 5, рисунок 63). Максимальная концентрация НУ в 2024 г. была зарегистрирована на уровне 39,00 мг/л, что составило 0,8 ПДК.

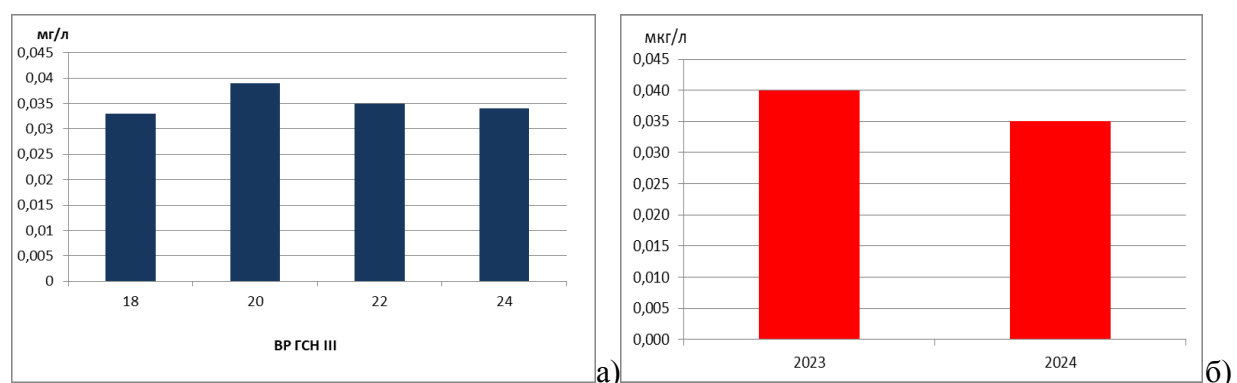


Рисунок 63 – Содержание НУ на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – пространственная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Уровень СПАВ в 2024 г., также, как и НУ, определялся только в меженный период. Относительно предыдущего периода концентрация СПАВ изменилась незначительно. Средняя концентрация в отчетном году составила в поверхностном и придонном горизонте 0,05 мг/л (0,5 ПДК), максимальная концентрация была отмечена в поверхностном горизонте в октябре на уровне 0,53 мг/л (ПДК = 0,1 мг/л) (таблица 5, рисунок 64).

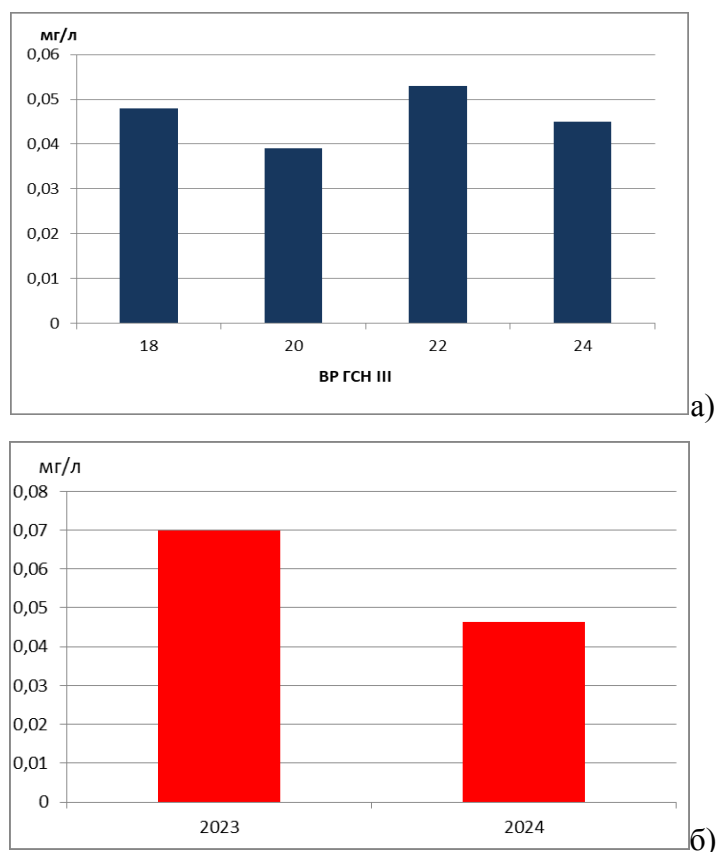


Рисунок 64 – Содержание СПАВ на акватории векового океанографического разреза ГСН III (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Оценка состояния и загрязнения акватории Северного Каспия в районе ГСН III в 2024 г., в соответствии с рекомендациями, проводилась на основании Индекса загрязненности вод (ИЗВ) [1]. Расчет индекса загрязненности в 2024 г. в районе ВР ГСН III производился с использованием следующих гидрохимических показателей: растворенный кислород, нитратный азот, НУ и СПАВ. Результаты показали, что воды в данном районе относятся ко II классу качества вод «чистые» (таблица 6).

Таблица 6 – Индекс загрязненности вод Северного Каспия в 2023-2024 гг.

Район	2023		2024	
	ИЗВ	Класс качества	ИЗВ	Класс качества
ВР ГСН III	0,75	II «чистые»	0,61	II «чистые»

ГСН IIIa. Результаты анализа гидрохимических параметров, полученных в результате КХА проб морской воды Северного Каспия, отобранных в районе ГСН IIIa в 2024 г. представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Гидрохимические параметры на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2024 г.

Параметр, единицы измерения	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Cv, %
T, °C	18,76	12,00	30,10	26,57
S, ‰	5,10	0,56	9,21	52,20
O ₂ , мг/л	9,73	8,85	11,87	12,45
O ₂ , %	153,43	131,44	184,39	13,25
СГ, мг/л	3551,81	1476,99	4246,34	17,34
pH, ед pH	8,07	7,60	8,64	9,39
PO ₄ , мкг/л	56,36	15,00	88,00	40,36
Si, мкг/л	37,79	0,70	72,00	38,90
NH ₄ , мкг/л	38,56	16,00	55,00	23,65
NO ₂ , мкг/л	61,63	12,00	187,00	47,95
NO ₃ , мкг/л	64,69	10,00	226,00	51,12
СПАВ, мг/л	0,04	0,04	0,05	11,63
НУ, мг/л	37,09	31,15	43,10	12,35

Средняя температура воды в районе наблюдательных станций векового разреза ГСН Ша в 2024 г. составила 18,76°C, что на 1,8°C ниже, чем в соседнем районе ВР ГСН Ша. Максимального значения температура воды достигала в июле (30,10°C), а минимум (12,00°C) был зарегистрирован в мае на глубине 4,1 м (таблица 7).

Уровень солености акватории в данном районе колебался в диапазоне значений 0,56-9,21‰, что в среднем значительно ниже солености на акватории ВР ГСН Ша и объясняется объемами речного стока. Минимальное значение солености отмечается в поверхностном горизонте акватории в мае, в период половодья, максимальный – в придонном горизонте, в период межени. Средний уровень солености в 2024 г. (5,10‰) незначительно снизился, относительно прошлого года (таблица 7).

Содержание растворенного кислорода в исследуемом районе имело низкую изменчивость (стандартное отклонение от среднего = 12,45%). Значение концентрации в среднем составило 9,73 мг/л и не опускалась ниже допустимого уровня (6,0 мгО₂/л) в течение всего периода наблюдений (таблица 7, рисунок 65). По сравнению с 2023 г. насыщение вод кислородом в районе ГСН Ша в 2024 г. увеличилось в 1,7 раз.

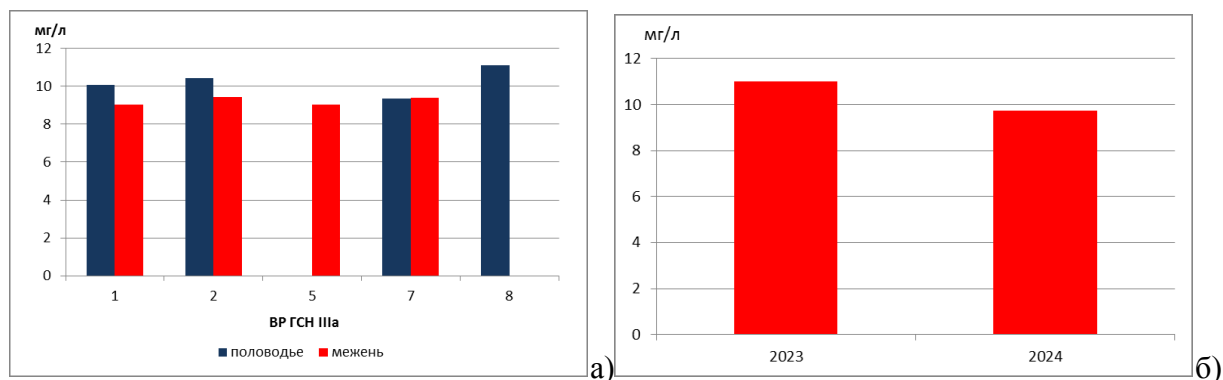


Рисунок 65 – Содержание растворенного кислорода на акватории векового океанографического разреза ГСН IIIa (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Водородный показатель исследуемой акватории весь период наблюдений был весьма стабилен. Диапазон изменений концентрации составил 7,60-8,64 ед. иона водорода, что говорит об очень низкой изменчивости, относительно прошлого года уровень кислотности несколько увеличился (таблица 7, рисунок 66).

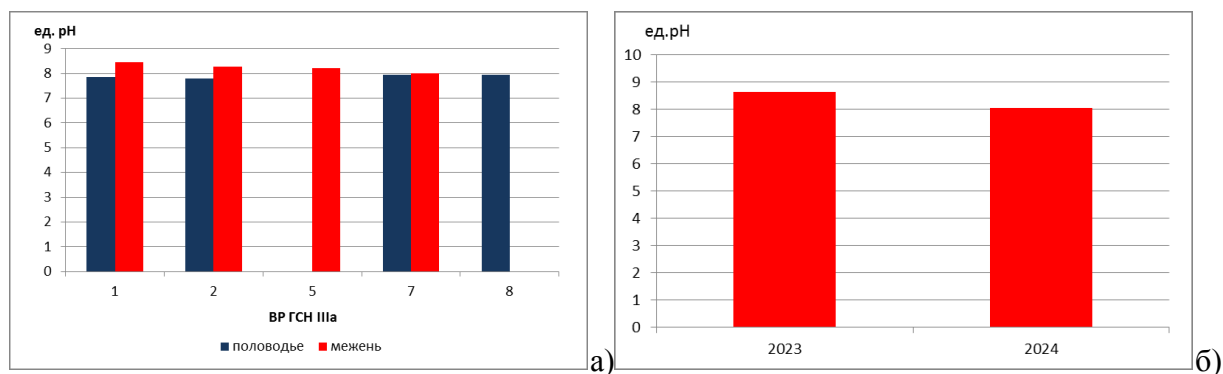


Рисунок 66 – Водородный показатель на акватории векового океанографического разреза ГСН IIIa (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Концентрация хлорид-ионов на акватории ВР ГСН IIIa в Северном Каспии колебалась в диапазоне 1476,99-4246,34 мг/л. Минимальное и максимальное значение Cl^- было зарегистрировано в июле. Сезонная и пространственная динамика концентрации показывают невысокую изменчивость распределения хлорид-ионов ($C_v = 17,37\%$) (рисунок 67), что может объясняться речным стоком.

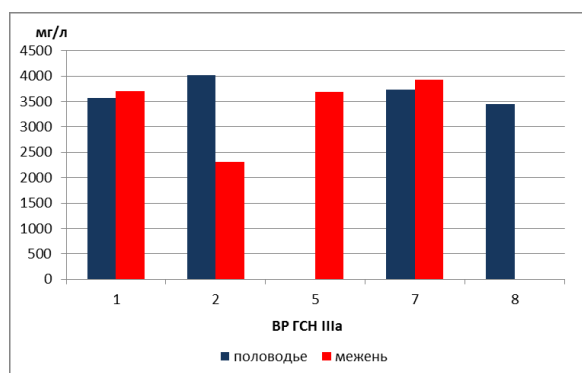


Рисунок 67 – Содержание хлоридов на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша в 2024 г.

В районе векового разреза Ша, также, как и в районе разреза Ш, за исследуемый период произошло значительное увеличение концентрации минеральных форм биогенов.

По сравнению с предыдущим годом, в 2024 г. незначительно увеличилась концентрация аммонийного азота (таблица 7, рисунок 68). Содержание NH_4 выросло всего в 1,1 раза, составив в среднем 38,56 мкг/л. Наиболее высокая концентрация аммонийного азота была отмечена в октябре (55,0 мкг/л). Изменчивость концентрации, согласно стандартному отклонению была низкой (23,65%).

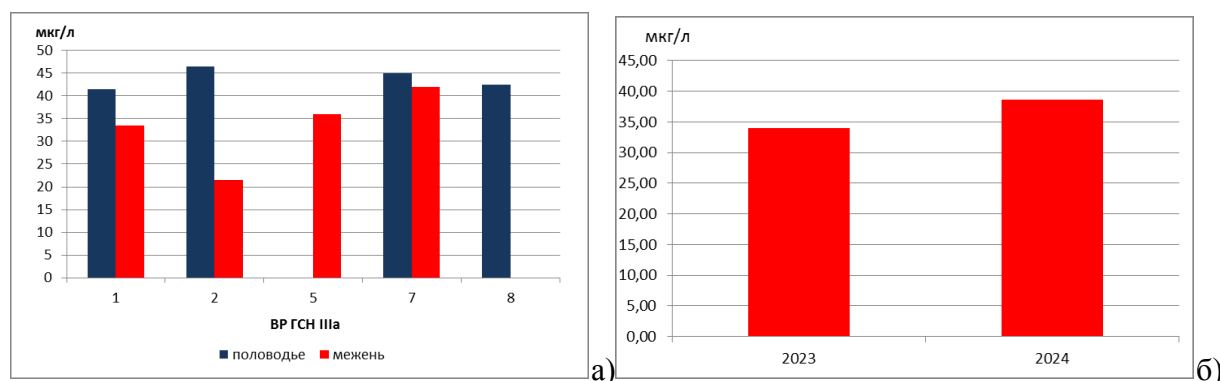


Рисунок 68 – Содержание аммонийного азота на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

В отчетном году наблюдается тенденция роста концентрации NO_2 , отмеченная и ранее, в 2023 г. Среднее значение нитритов выросло практически вдвое и составило 61,6 мкг/л, изменчивость содержания нитритного азота, в соответствии со стандартным отклонением, оценивается как средняя. На самых северных мелководных станциях разреза выявлены значительные сезонные флуктуации в динамике концентрации нитритов. Превышения установленного норматива содержания NO_2 до 2,4 ПДК регистрировались в 19% проб в период межени (таблица 7, рисунок 69).

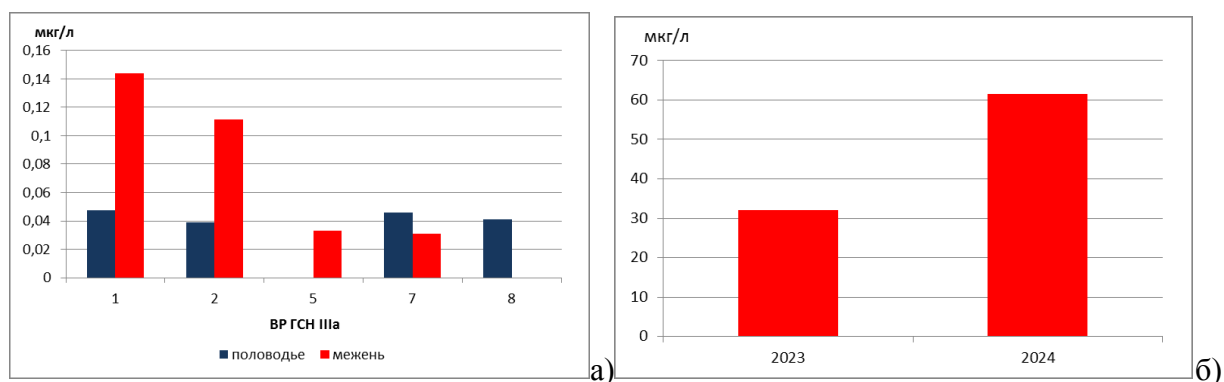


Рисунок 69 – Содержание нитритного азота на акватории векового океанографического разреза ГСН IIIa (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Концентрация нитратного азота в 2024 г. также имела тенденцию к увеличению, в толще воды в районе ГСН IIIa относительно прошлого года количество NO_3 выросло в среднем в 2 раза. Экстремальные значения в 2024 г. составили диапазон 10,0-226,0 $\mu\text{g/L}$, изменчивость нитрат-ионов в целом оценивается как средняя (таблица 7, рисунок 70). По сравнению с предыдущим пятилетним периодом, концентрации нитратов и нитритов значительно выросли.

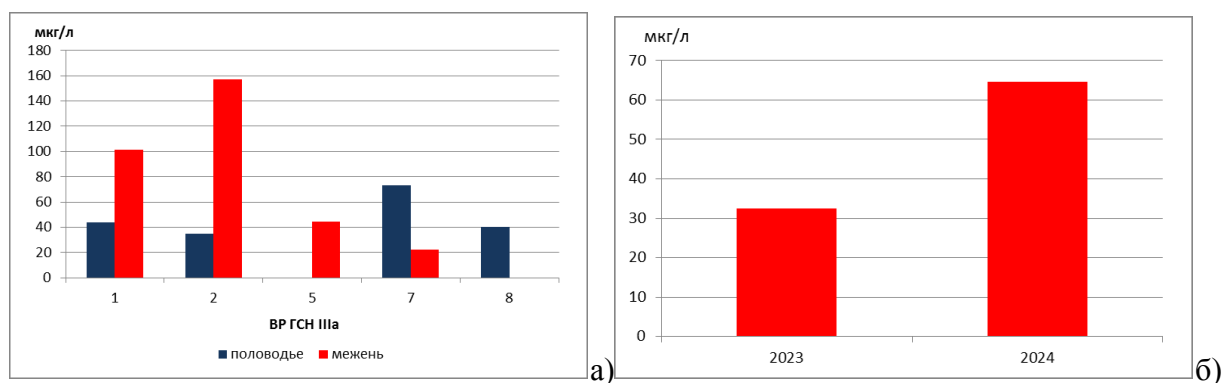


Рисунок 70 – Содержание нитратного азота на акватории векового океанографического разреза ГСН IIIa (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

В 2024 г. в районе векового разреза ГСН IIIa отмечено значительное увеличение содержания минерального фосфора (таблица 7, рисунок 71). Средняя концентрация PO_4 за 2024 г. увеличились более чем в 4 раза. Диапазон значений данного параметра в 2024 г. колебался от 15,0 $\mu\text{g/L}$ до 88,0 $\mu\text{g/L}$, колебания концентрации характеризовались средней изменчивостью. В период межени 2024 г. концентрация фосфатов в воде снижается более чем в два раза.

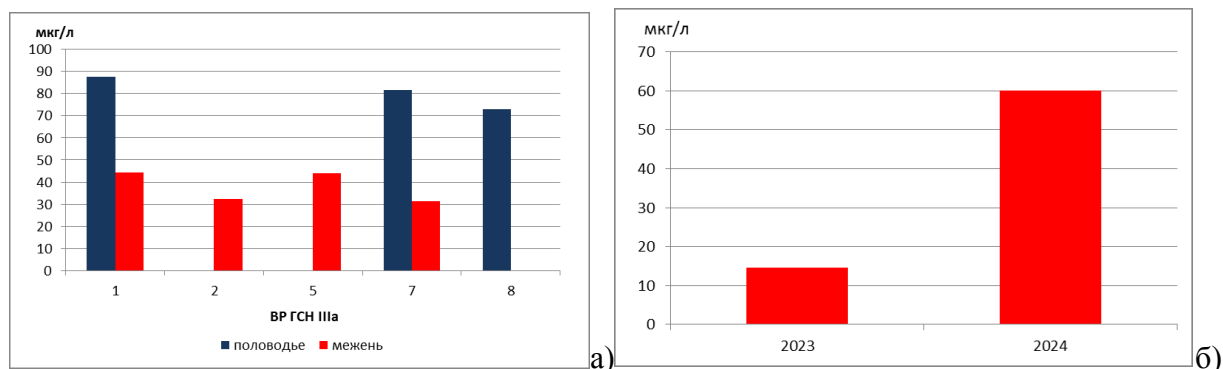


Рисунок 71 – Содержание минерального фосфора на акватории векового океанографического разреза ГСН IIIa (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Динамика концентрации кремния в 2024 г. продолжила тенденцию 2023 г.: содержание кремния в толще воды снизилось вдвое. Максимальное значение содержания кремния в воде в 2024 г. достигало всего 72,0 мкг/л в придонном горизонте, на глубине 4,1 м, в середине мая. Изменчивость (Cv) оценивалась как низкая (таблица 7, рисунок 72).

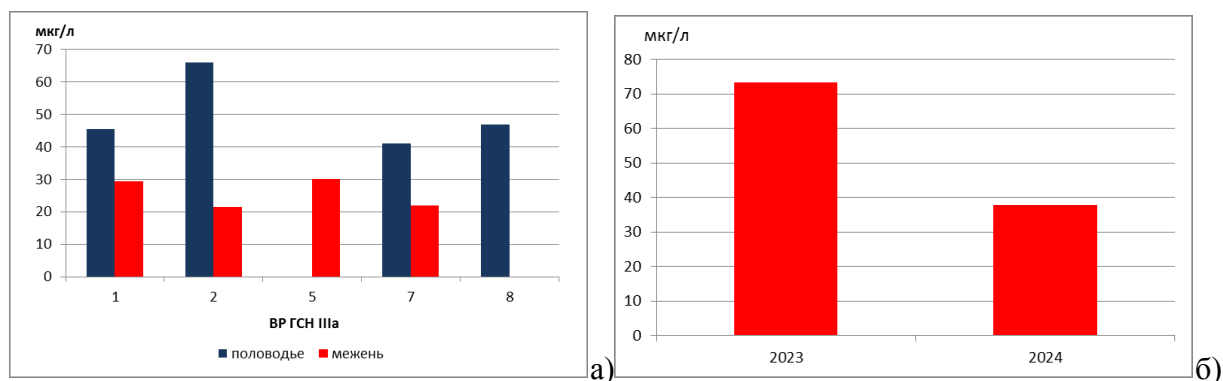


Рисунок 72 – Содержание кремния на акватории векового океанографического разреза ГСН IIIa (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Наблюдения за содержанием нефтяных углеводородов в 2024 г. проводились только в период межени. Динамика среднегодовой концентрации НУ в районе VR ГСН IIIa отличалась от таковой в районе ГСН III и, вопреки многолетней тенденции, показала увеличение содержания этого ЗВ. В 2024 г. регистрировался общий тренд увеличения концентрации НУ с увеличением глубины. Среднее значение НУ в 2024 г. составило 37,09 мкг/л. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов в 2024 г. достигала 43,10 мкг/л в первой декаде октября. Превышений ПДК НУ в отчетном году не зарегистрировалось (таблица 7, рисунок 73).

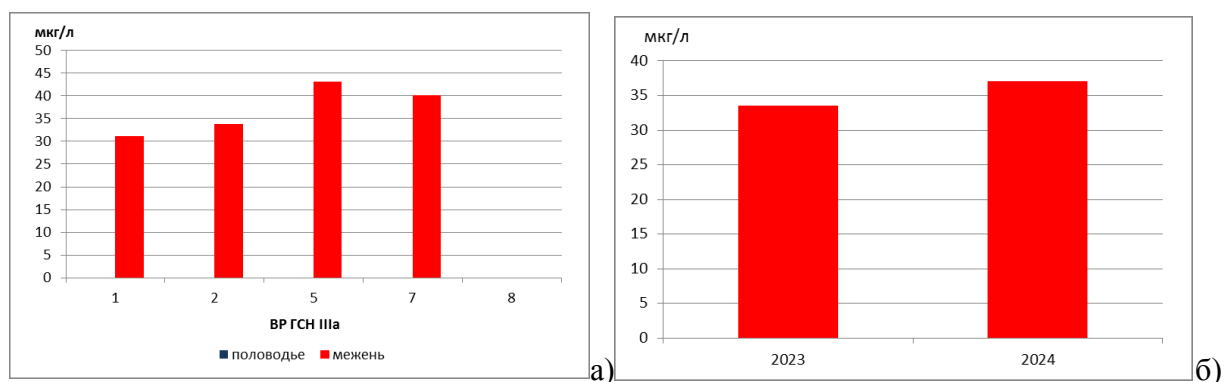


Рисунок 73 – Содержание НУ на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Измерения концентрации СПАВ в морской среде Каспия проводились только в меженный период. На акватории в районе ГСН Ша, пространственное распределение СПАВ носило неоднородный характер, в целом за исследуемый период концентрация этого ЗВ снизилась относительно прошлого года. Значения концентрации СПАВ колебались в узком диапазоне 0,04-0,05 мг/л, превышений ПДК не регистрировалось (таблица 7, рисунок 74).

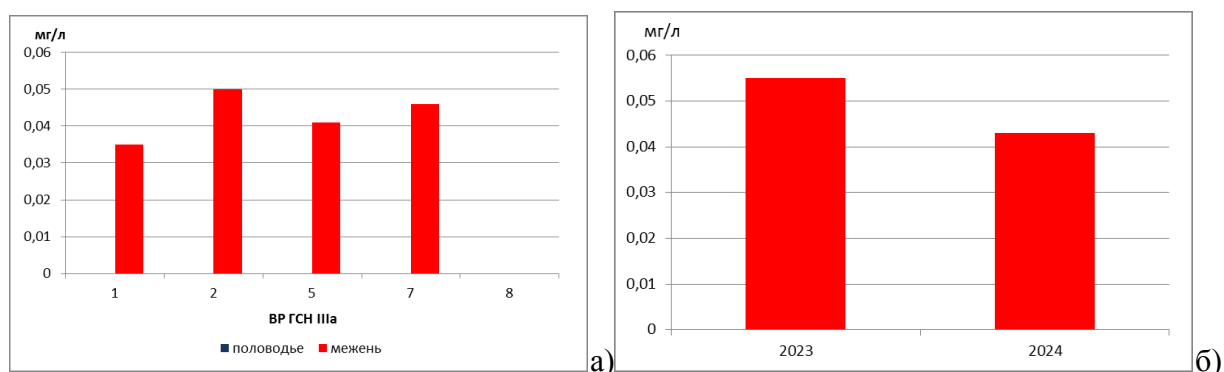


Рисунок 74 – Содержание СПАВ на акватории векового океанографического разреза ГСН Ша (а – сезонная динамика в 2024 г., б – межгодовая динамика в 2023-2024 гг.)

Оценка ИЗВ в 2024 г. в данном районе проводилась с использованием: растворенного кислорода, нитратного азота, НУ и СПАВ. Результаты показали, что относительно прошлого года качество вод несколько улучшилось, воды в районе ГСН Ша по-прежнему оцениваются как «чистые» (II класс) (таблица 8).

Таблица 8 – Индекс загрязненности вод Северного Каспия в 2023-2024 гг.

Район	2023 г.		2024 г.	
	ИЗВ	Класс качества	ИЗВ	Класс качества
ВР ГСН Ша	0,75	II «чистые»	0,65	II «чистые»

ГСН IV. Исследовательские экспедиции на станциях ГСН IV проводились Дагестанским ЦГМС в мае и октябре 2024 г. В ходе работ, на четырех станциях мониторинга было отобрано 16 проб воды поверхностного и придонного горизонтов. Результаты КХА и статистической обработки данных гидрохимических параметров морской среды в районе ГСН IV представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Гидрохимические показатели на акватории векового океанографического разреза ГСН IV за 2024 г.

Параметр, единицы измерения	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Cv, %
Температура, С°	17,96	13,00	20,40	9,92
S, ‰	7,83	3,87	10,50	27,28
O ₂ , мг/л	9,63	8,03	11,22	9,96
pH, ед. pH	7,80	7,62	8,12	2,74
PO ₄ , мкг/л	9,88	7,80	12,00	6,12
P _{общ} , мкг/л	12,26	9,00	15,20	10,95
Si, мкг/л	397,50	317,00	471,00	3,12
NH ₄ , мкг/л	356,69	318,00	390,00	3,71
NO ₂ , мкг/л	1,59	1,11	2,00	13,33
NO ₃ , мкг/л	14,04	10,90	16,20	5,74
N _{общ} , мкг/л	380,63	331,00	421,00	3,35
Фенолы, мг/л	0,002	0,001	0,004	37,92
HУ, мг/л	0,04	0,02	0,06	20,74

Средняя температура воды в районе наблюдательных станций векового разреза ГСН IV в 2024 г. составила 19,01°С в поверхностном горизонте и 16,91°С – у дна. Максимального значения (20,40°С) температура воды достигала в октябре, на самой восточной станции мониторинга, температурный минимум (13,00°С) был зарегистрирован в придонном горизонте в тот же период (таблица 9).

Уровень солености акватории в данном районе колебался в диапазоне значений 3,87-10,50‰. Минимальное значение солености отмечается в поверхностном горизонте, в весенний период и объясняется влиянием «волжской струи», максимальный уровень солености, однако, также отмечен весной в придонном горизонте, что свидетельствует о значительной стратификации вод в этом районе (таблица 9).

Кислородный режим в водах IV векового разреза в 2024 г. изменялся в пределах нормы (8,03-11,22 мг/л). Распределение растворенного кислорода в морской среде на границе между Северным и Средним Каспием в толще воды, в соответствии со значениями стандартного отклонения (10,58%) было достаточно однородным (таблица 9).

Сезонная динамика O_2 в 2024 г. показала закономерное снижение концентрации в осенний период (рисунок 75). Уровень насыщения O_2 был удовлетворительным (таблица 9).

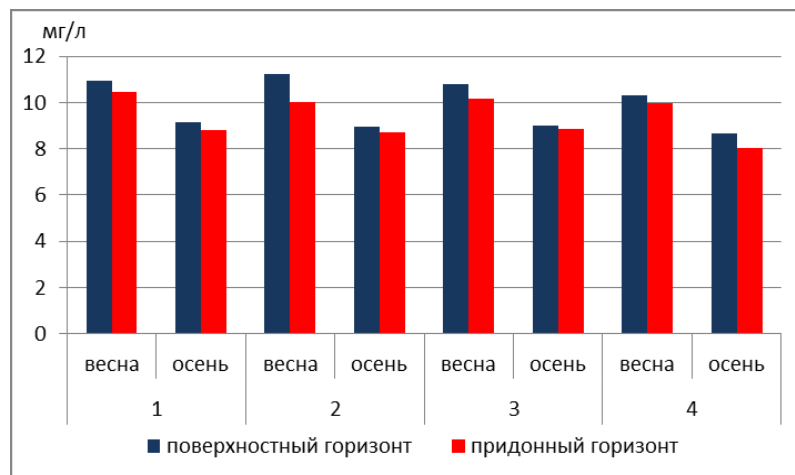


Рисунок 75 – Содержание растворенного кислорода на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Динамика водородного показателя в 2024 г. не выявила значительных изменений за исследуемый период, значения рН колебались в узком диапазоне концентрации от 7,62 ед. рН до 8,12 ед. рН, что соответствует многолетней изменчивости [18-19]. Средние значения водородного показателя составили: у поверхности 7,80 ед. рН и 7,81 ед. рН у дна. Следует отметить, что уровень рН незначительно снизился относительно прошлого года. Изменчивость данного показателя оценивалась как «низкая» (таблица 9, рисунок 76).

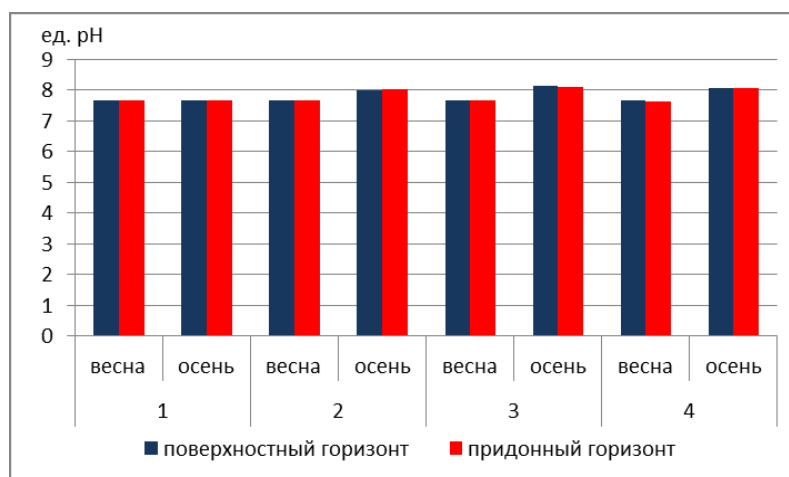


Рисунок 76 – Водородный показатель на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Результаты наблюдений за состоянием морской среды в 2022-2023 гг. регистрировали тенденцию увеличения содержания аммонийного азота в районе векового разреза ГСН IV. В 2024 г. среднегодовые значения иона аммония в поверхностном и

придонном горизонте сохранились на уровне прошлого года, соответственно 379,13 мкг/л и 334,25 мкг/л соответственно (рисунок 77). Максимальный уровень NH_4^+ составил 390,00 мкг/л в поверхностном горизонте, в придонном горизонте максимум достигал 361,00 мкг/л. Пространственная и сезонная изменчивость была низкой (2-5%).

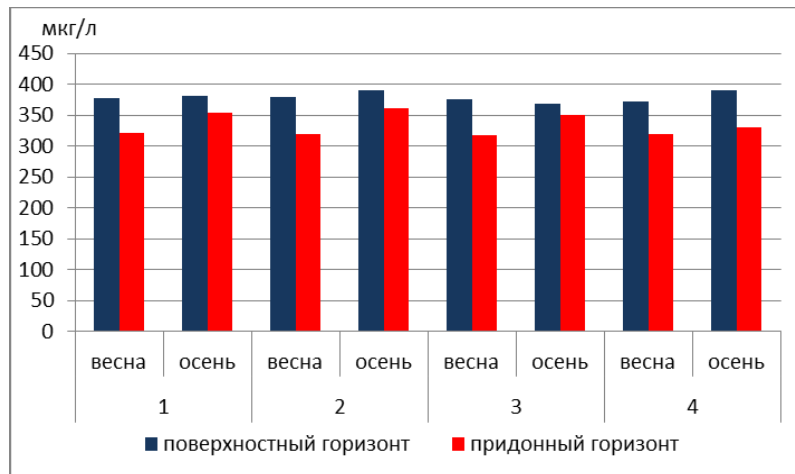


Рисунок 77 – Содержание аммонийного азота на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Среднее содержание нитритов в 2024 г. по сравнению с предыдущим годом практически не изменилось, диапазон концентрации составил 1,11-2,00 мкг/л. Максимальная концентрация нитритного азота была зарегистрирована в поверхностном горизонте в октябре. Средняя концентрация NO_2 в поверхностном горизонте составила 1,80 мкг/л, а в придонном – 1,38 мкг/л. Сезонная динамика в 2024 г. показывает традиционное увеличение нитритного азота в осенний период (рисунок 80).

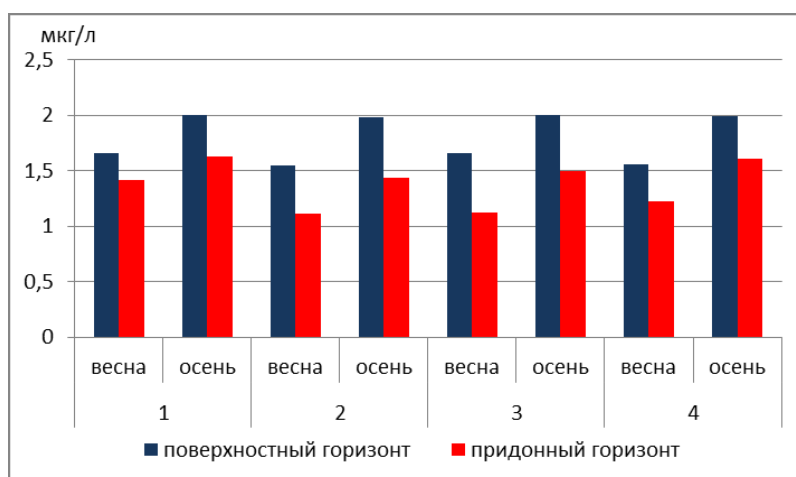


Рисунок 80 – Содержание нитритного азота на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Концентрация нитратного азота в 2024 г. в районе ГСН IV в поверхностном горизонте составила 15,78 мкг/л, в придонном – 12,30 мкг/л, что в целом соответствует многолетней динамике. Экстремальные значения в 2024 г. составили узкий диапазон значений от 10,90 мкг/л до 16,20 мкг/л (рисунок 81). Пространственная и сезонная динамика NO_3 в этой части моря была незначительной.

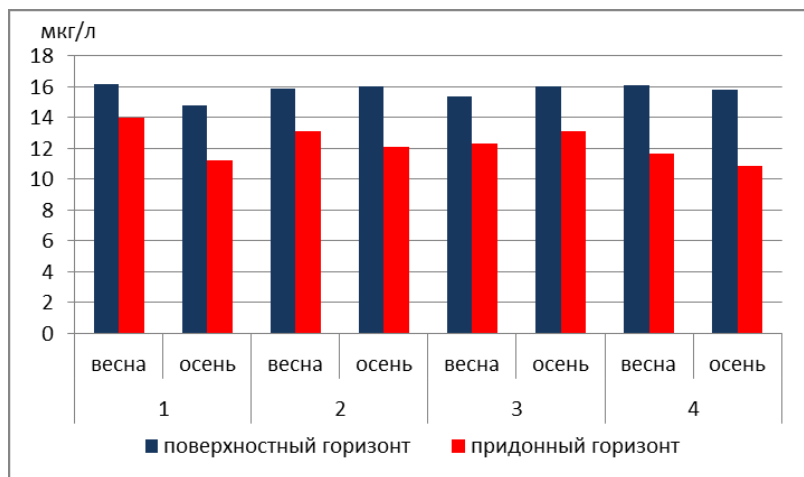


Рисунок 81 – Содержание нитратного азота на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Содержание общего азота в 2024 г. в толще воды исследуемой акватории ГСН IV колебалось в диапазоне от 331,00 мкг/л до 421,00 мкг/л (таблица 9), средние значения составили: у поверхности – 408,38 мкг/л, у дна – 352,88 мкг/л. Сезонная динамика $N_{\text{общ}}$ в течение 2024 г. была однородной (рисунок 82). Следует отметить общее увеличение содержания соединений азота в районе.

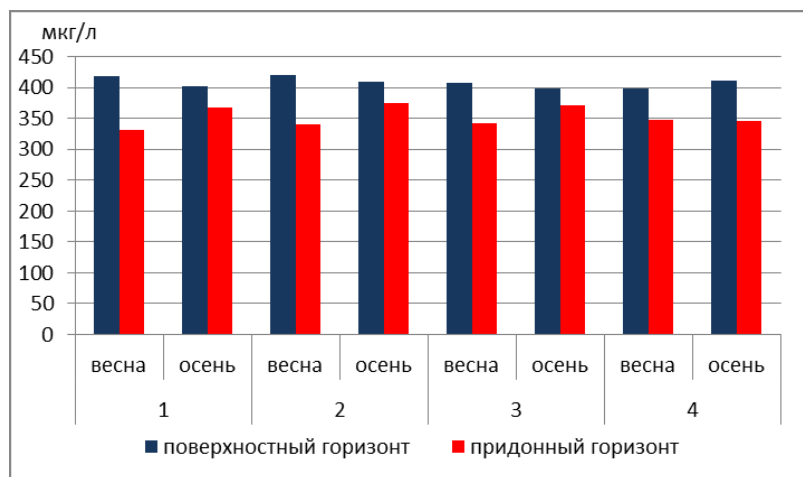


Рисунок 82 – Содержание $N_{\text{общ}}$ на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Важнейшая роль в формировании биоценозов морской среды принадлежит минеральному фосфору. В исследуемый период в районе ВР ГСН IV значения

концентрации PO_4 колебались от 7,80 мкг/л до 12,00 мкг/л. Средняя концентрация PO_4 в поверхностном горизонте была равна 11,26 мкг/л, а в придонном – 8,49 мкг/л. Общее содержание минерального фосфора снизилось относительно прошлого года. Сезонные изменения концентрации PO_4 в 2024 г. были незначительны, однако, следует отметить увеличение содержания в октябре на всех станциях мониторинга (рисунок 83).

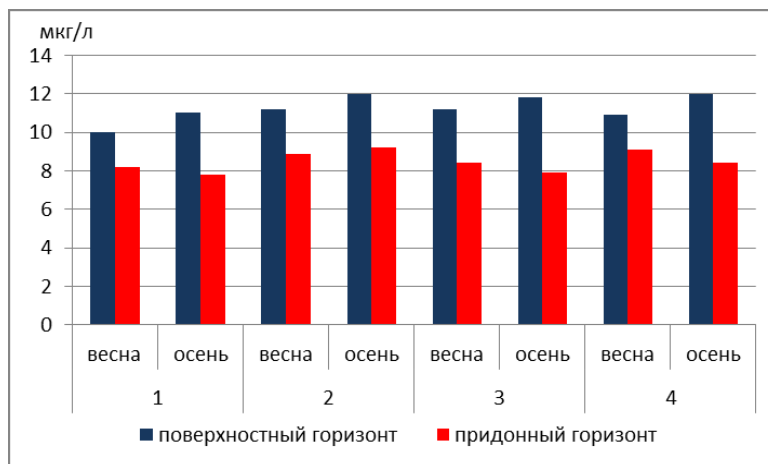


Рисунок 83 – Содержание минерального фосфора на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Концентрация общего фосфора в 2024 г. изменялась от 9,00 мкг/л до 15,20 мкг/л. Минимальное значение концентрации $P_{общ}$ отмечено в придонном горизонте в мае, максимальное – в поверхностном. Стандартное отклонение от среднего у поверхности и у дна составляло всего 10,12% и 11,78% соответственно, что говорит о низкой изменчивости этого параметра. Значительных сезонных колебаний концентрации $P_{общ}$ в 2024 г. не наблюдалось (рисунок 84).

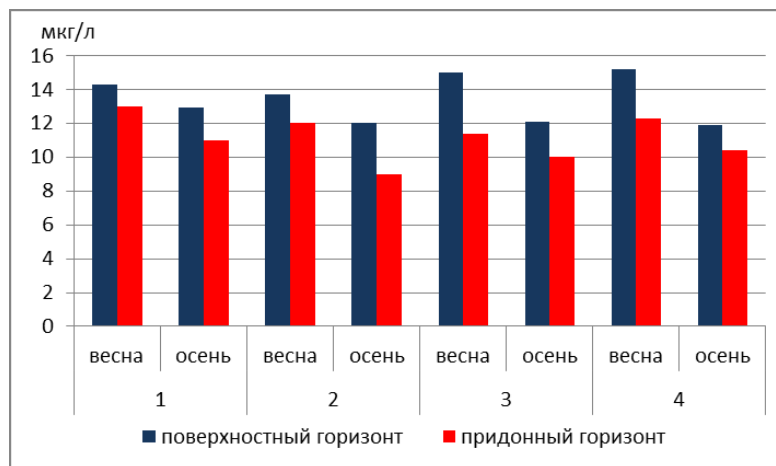


Рисунок 84 – Содержание $P_{общ}$ на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Среднее содержание кремния в 2024 г. в поверхностном горизонте составило 333,63 мкг/л, в придонном – 461,38 мкг/л. В течение исследуемого периода концентрация Si в толще воды колебалась в диапазоне 317,00-471,00 мкг/л. Закономерно в придонном горизонте концентрация кремния увеличивается, но пространственная и сезонная изменчивость были низкими (рисунок 85). Рассчитанное стандартное отклонение от среднего было низким (4,90% в поверхностном горизонте, 1,35% в придонном горизонте).

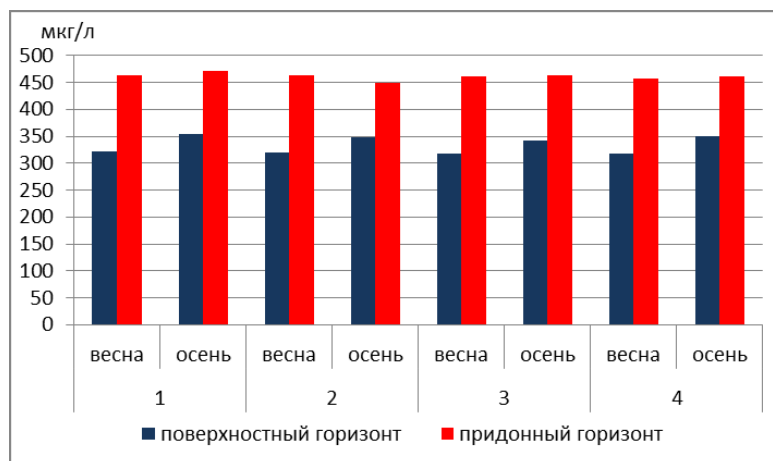


Рисунок 85 – Содержание кремния на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

В 2024 г., согласно значению стандартного отклонения от средней концентрации НУ распределение этого ЗВ в районе ГСН IV характеризовалось низкой изменчивостью. Содержание нефтяных углеводородов изменялось от 0,02 мг/л до 0,06 мг/л. Максимальное значение концентрации НУ превысило установленный норматив (ПДК = 0,05 мг/л) в 1,2 раза в поверхностном горизонте в мае и октябре. Повторяемость превышения ПДК, составила 18,8% и характеризовалась как «неустойчивая», а уровень загрязненности НУ оценивается как «низкий». Сезонная динамика содержания НУ в течение года показывает стабильное увеличение в осенний период, при этом в поверхностном горизонте значения концентрации НУ стабильно выше, чем в придонном (рисунок 86).

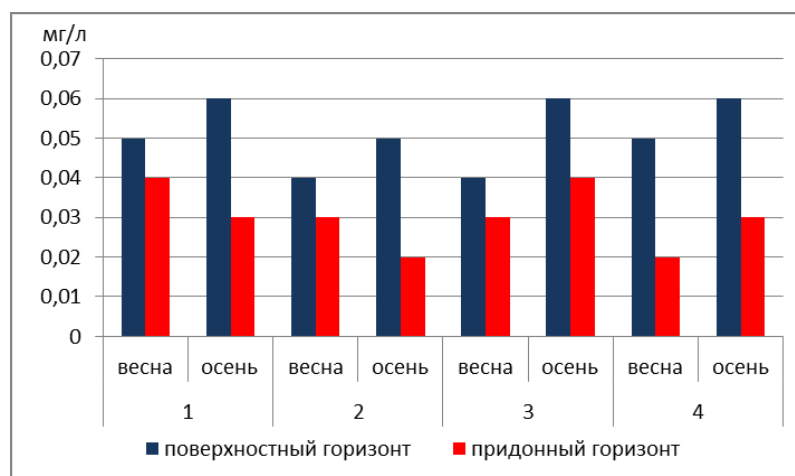


Рисунок 86 – Содержание НУ на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Уровень фенолов в 2024 г. стабильно превышал установленный норматив (ПДК = 0,001 мг/л). Средняя концентрация фенолов в поверхностном горизонте составила 3ПДК, а в придонном 2ПДК. Минимальная концентрация в отчетном году была зарегистрирована в придонном горизонте на уровне ПДК (0,001 мг/л), а максимальная – в поверхностном горизонте составила 0,004 мг/л (4 ПДК). По параметру повторяемости превышения норматива загрязнение фенолами на данной акватории оценивается как «характерное», а по кратности как «среднее». Распределение концентрации фенолов в толще воды в 2024 году было достаточно неоднородным, об этом говорит значение стандартного отклонения от среднего (до 50%), которое характеризует загрязнение по вариабельности «как среднее» (таблица 9, рисунок 87).

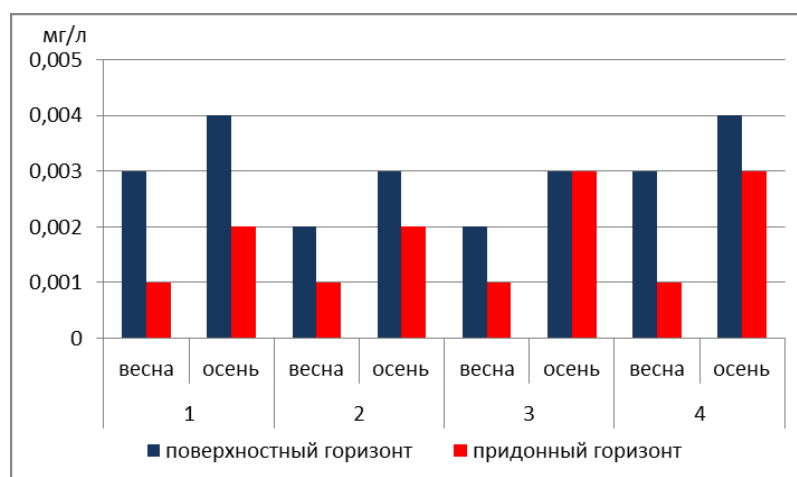


Рисунок 87 – Содержание фенолов на акватории векового разреза ГСН IV в 2024 г.

Оценка состояния и загрязнения морской среды проводилась с использованием Индекса загрязненности вод (ИЗВ) [1]. Расчет индекса загрязненности в 2024 году

производился по приоритетным ЗВ, к которым были отнесены фенолы, НУ и аммонийный азот. Значение индекса свидетельствует об ухудшении качества морской среды, воды в районе ГСН IV относятся к IV классу качества вод «загрязненные» (таблица 10).

Таблица 10 – Индекс загрязненности вод Северного Каспия в 2023-2024 гг.

Район	2023 г.		2024 г.	
	ИЗВ	Класс качества	ИЗВ	Класс качества
ВР ГСН IV	0,95	III «умеренно-загрязненные»	1,38	IV «загрязненные»

Средний Каспий. Состояние и загрязнение вод в Среднем Каспии оценивалось по результатам наблюдений в районе дагестанского шельфа, на морских прибрежных станциях: Лопатин, Терек, Сулак, Махачкала, Каспийск, Избербаш, Дербент. В данном районе определялись стандартные гидрохимические параметры и концентрация загрязняющих веществ: биогенных элементов, НУ, фенолов, СПАВ, а в трех районах (Лопатин, взморье р. Терек и Сулак) еще меди и цинка (таблица 11).

Температурный режим на акватории Среднего Каспия в районе дагестанского шельфа в 2024 г. складывался следующим образом. Минимальная температура, установленная в 2024 г. опускалась до 11,20°C в придонном горизонте, в районе пункта наблюдения Лопатин, температурный максимум установленный в 2024 г. в ходе наблюдений составил 30,2°C в поверхностном горизонте в районе взморья р. Терек (таблица 11).

Уровень солености исследуемого района изменялся в диапазоне 4,96-10,23 ‰, минимальное значение было зарегистрировано в мае, в поверхностном горизонте на станции Лопатин, максимум – в придонном горизонте в районе взморья р. Сулак в октябре. Самые высокие среднегодовые значения солености наблюдались в районе пунктов наблюдений Махачкала и Избербаш (таблица 11, рисунок 88).

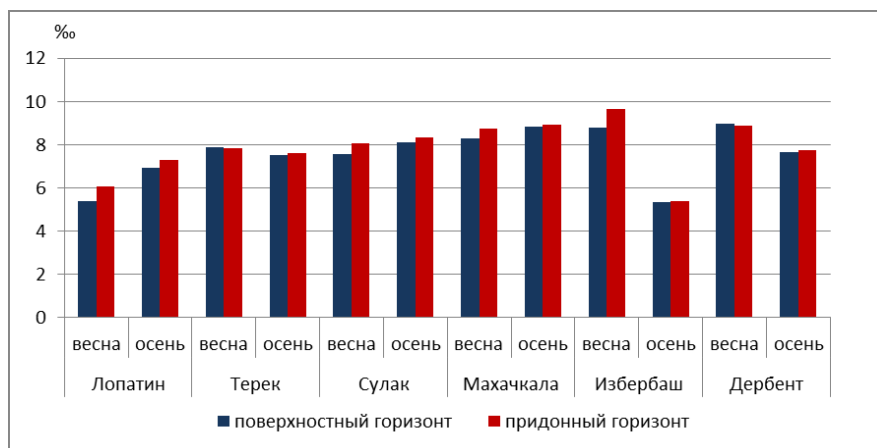


Рисунок 88 – Соленость Среднего Каспия в районе дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

В 2024 г. содержание растворенного кислорода не опускалось ниже допустимого уровня (рисунок 89). Минимальное значение (8,23 мг/л) было зарегистрировано в придонном горизонте на посту Лопатин. Максимальная концентрация кислорода (11,61 мг/л) в морской воде отмечена в поверхностном горизонте в районе взморья р. Терек. Пространственная и сезонная изменчивость содержания кислорода была низкой, в осенний период уровень O_2 в воде закономерно снижается. Насыщение акватории кислородом было неудовлетворительным.

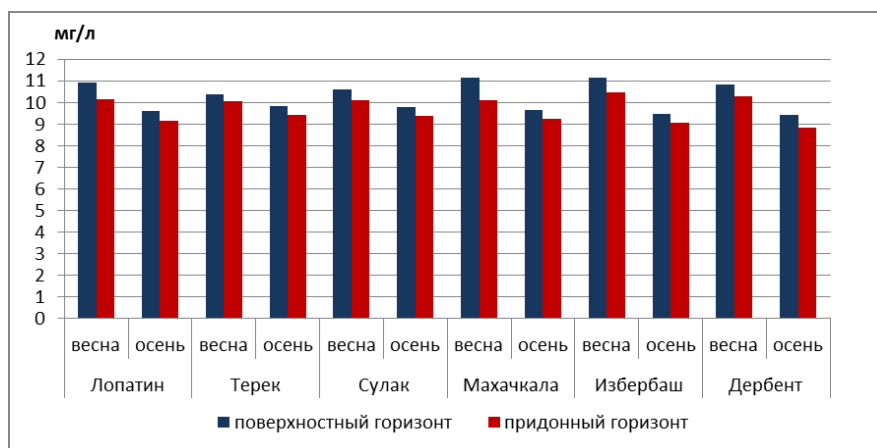


Рисунок 89 – Содержание растворенного кислорода у дагестанского побережья Среднего Каспия весной (а) и осенью (б) 2023 г.

Таблица 11 – Содержание загрязняющих веществ у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Параметр, единицы измерения	Горизонт	Лопатин			Терек			Сулак			Махачкала			Избербаш			Дербент		
		Ср. знач	Мин	Макс	Ср. знач	Мин	Макс	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	16	17	18	19	20
Температура °С	пов	20,49	12,00	30,00	20,65	12,70	30,20	21,53	14,00	30,00	21,09	16,50	29,10	18,98	16,30	22,00	20,50	18,60	22,40
	дно	19,50	11,20	29,80	19,97	12,60	30,00	20,81	13,00	29,10	20,32	16,00	28,00	17,15	13,30	21,00	20,00	18,00	22,00
S, %	пов	6,43	4,96	7,59	7,65	7,00	8,11	7,95	7,12	10,10	8,64	7,73	9,14	7,06	5,00	8,95	8,32	7,50	9,23
	дно	6,90	5,80	7,98	7,69	6,68	8,11	8,23	7,43	10,23	8,88	8,18	9,47	7,53	4,88	9,78	8,31	7,62	8,97
O ₂ , мг/л	пов	9,66	8,43	11,59	9,94	8,81	11,61	9,81	8,57	11,58	9,74	8,97	11,36	10,10	8,85	11,15	9,54	8,58	10,46
	дно	9,31	8,23	10,81	9,40	8,26	10,89	9,48	8,26	11,22	9,12	8,37	10,19	9,25	8,51	10,03	8,80	8,30	9,30
O ₂ , %	пов	110,4	96,40	125,8	115,5	98,9	133,7	115,6	101,3	129,8	114,4	98,0	128,7	110,7	104,4	117,5	111,1	103,5	118,0
	дно	105,1	91,1	121,0	108,2	91,2	127,2	110,9	95,8	125,7	106,0	89,9	125,4	102,5	98,6	105,9	101,7	99,4	103,8
рН, ед. рН	пов	7,86	7,59	8,17	7,84	7,58	8,18	7,69	7,50	8,04	7,76	7,14	8,08	8,08	7,92	8,26	8,07	7,92	8,19
	дно	7,92	7,61	8,17	7,83	7,56	8,15	7,66	7,49	8,02	7,83	7,42	8,08	8,04	7,82	8,23	8,08	7,93	8,21
PO ₄ , мкг/л	пов	14,96	13,00	17,20	13,44	10,90	16,00	13,70	11,80	15,20	16,01	14,10	17,20	14,00	12,70	15,40	12,93	11,10	14,00
	дно	11,62	9,40	14,70	10,07	8,00	13,10	10,66	9,20	12,00	12,14	10,40	13,70	11,98	10,30	13,20	10,58	9,90	11,20
P _{общ} , мкг/л	пов	17,21	15,10	19,10	16,65	13,70	19,00	15,91	14,00	17,20	18,56	17,40	19,30	18,28	16,40	20,10	17,53	17,10	18,10
	дно	13,98	11,90	16,90	12,91	10,40	15,10	13,55	12,00	15,30	15,08	13,00	16,30	15,08	12,80	17,40	13,08	12,10	14,00
Si, мкг/л	пов	302,4	278,0	335,0	351,6	301,0	399,0	362,6	316,0	396,0	364,1	348,0	389,0	373,8	343,0	404,0	382,8	343,0	421,0
	дно	415,0	389,0	461,0	457,4	438,0	483,0	473,5	421,0	504,0	449,5	432,0	465,0	520,3	467,0	601,0	532,8	431,0	628,0
NH ₄ , мкг/л	пов	370,8	342,0	391,0	386,0	376,0	399,0	375,7	355,0	399,0	384,2	354,0	398,0	392,2	387,0	399,0	395,3	386,0	399,0
	дно	290,8	251,0	310,0	335,3	322,0	351,0	337,9	314,0	368,0	330,7	300,0	352,0	336,3	329,0	341,0	335,8	309,0	362,0
NO ₂ , мкг/л	пов	1,54	1,22	1,99	1,63	1,26	2,11	1,40	1,23	1,68	1,64	1,36	2,13	1,77	1,56	2,00	1,83	1,49	2,15
	дно	1,29	0,89	1,63	1,37	1,00	1,87	1,18	1,00	1,44	1,37	1,21	1,71	1,42	1,31	1,54	1,49	1,21	1,78

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
NO ₃ , мкг/л	пов	14,77	14,00	15,70	16,37	13,80	18,30	15,07	13,90	16,20	16,12	14,90	17,40	16,55	15,90	17,10	17,00	16,90	17,10
	дно	12,58	11,60	13,70	12,97	10,20	15,30	11,69	10,40	13,20	12,94	11,00	14,20	13,68	13,10	14,00	13,85	13,10	14,30
N _{общ} , мкг/л	пов	408,8	389,0	432,0	416,6	400,0	458,0	409,4	389,0	433,0	419,1	377,0	453,0	457,8	421,0	491,0	457,3	431,0	488,0
	дно	326,8 8	300,0	349,0	354,6	341,0	371,0	358,2	339,0	380,0	350,7	328,0	371,0	373,8	349,0	402,0	372,5	360,0	384,0
Фенолы, мг/л	пов	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,004	0,003	0,002	0,004	0,004	0,003	0,006	0,003	0,002	0,004	0,004	0,003	0,004
	дно	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,004	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,003
НУ, мг/л	пов	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	0,06	0,05	0,06	0,03	0,03	0,05
	дно	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04
СПАВ, мг/л	пов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
	дно	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03
Cu, мкг/л	пов	4,10	3,80	4,40	3,07	3,00	3,20	3,07	2,70	3,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	дно	2,70	2,20	3,00	2,80	2,70	2,90	2,45	2,10	2,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn, мкг/л	пов	3,00	2,90	3,10	2,33	2,10	2,50	1,83	1,60	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	дно	2,63	2,40	2,80	1,90	1,60	2,10	1,58	1,30	1,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Водородный показатель в 2024 г. изменялся от 7,14 ед. рН до 8,26 ед. рН, минимальное значение зарегистрировано на посту Махачкала, а максимальное – на посту Избербаш. Самые высокие среднегодовые уровни рН (8,07-8,08 ед. рН) отмечены на самых южных пунктах наблюдения Избербаш и Дербент (таблица 11). Пространственное распределение водородного показателя в 2024 г. было однородным, сезонная динамика была выражена слабо (рисунок 90).

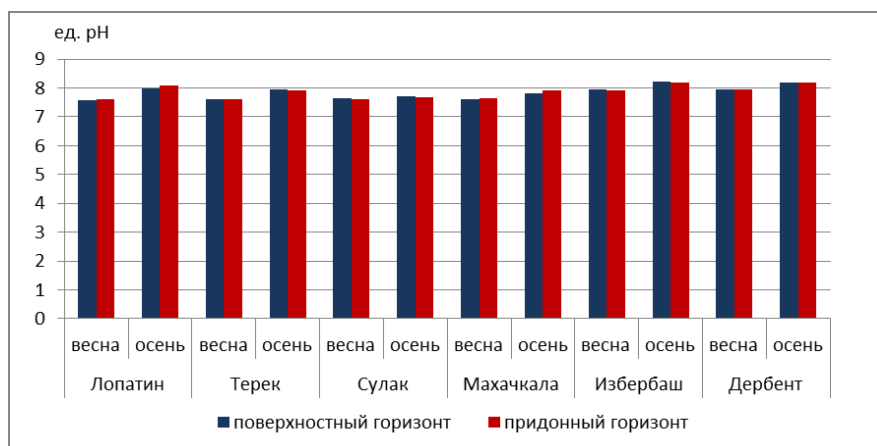


Рисунок 90 – Водородный показатель у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Концентрация аммонийного азота в 2024 г. колебалась в диапазоне 251,0-399,0 мкг/л (таблица 11). Пространственная и временная изменчивость NH_4 была низкой, рассчитанное стандартное отклонение от среднего составило всего 6%. Самое низкое значение концентрации аммонийного азота было зарегистрировано в придонном горизонте у гидрологического поста Лопатин, а самое высокое отмечено в поверхностном горизонте пункта наблюдений Сулак и на самых южных пунктах мониторинга Избербаш и Дербент (рисунок 91).

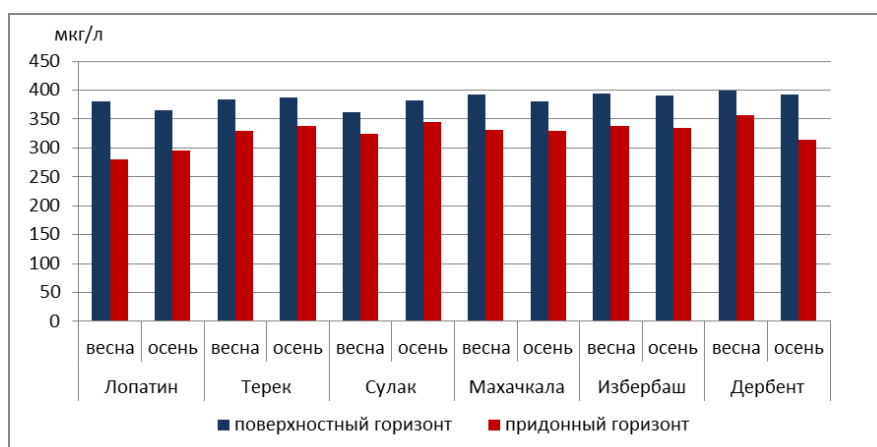


Рисунок 91 – Содержание аммонийного азота у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Колебания концентрации нитритного азота в Среднем Каспии составили 0,89-2,15 мкг/л, минимальное значение отмечено в придонном горизонте пункта Лопатин, а максимальное значение в поверхностном горизонте у пункта наблюдения Дербент. В целом пространственная и временная динамика NO_2 отличалась однородностью, однако, прослеживается общая тенденция увеличения концентрации в весенний период и в южном направлении (рисунок 92).

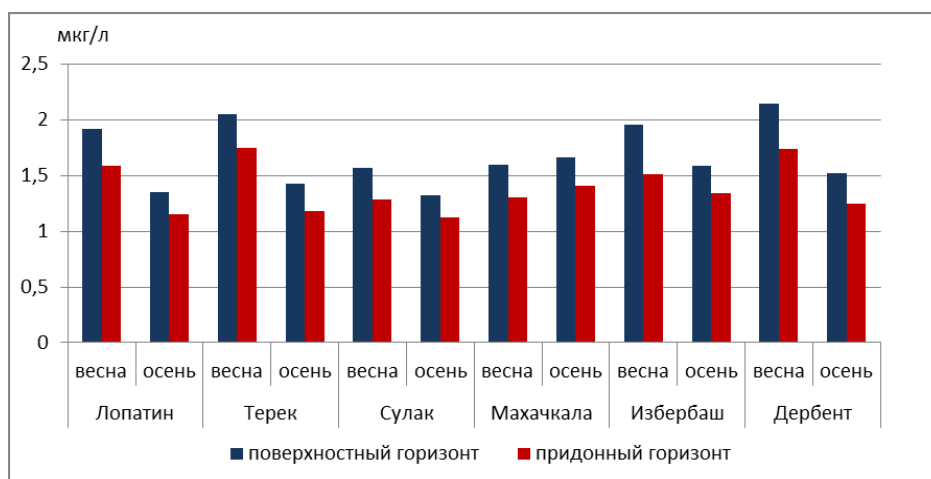


Рисунок 92 – Содержание нитритного азота у дагестанского побережья Среднего Каспия 2024 г.

В отличие от тенденции прошлого года, когда была выявлена тенденция снижения концентрации нитратного азота в южном направлении, пространственное распределение нитратного азота в 2024 г. было весьма однородным (рисунок 93). Диапазон значений концентрации NO_3 составил от 10,2 мкг/л в придонном горизонте на станциях мониторинга в районе взморья р. Терек до 18,30 мкг/л в поверхностном горизонте в том же районе.

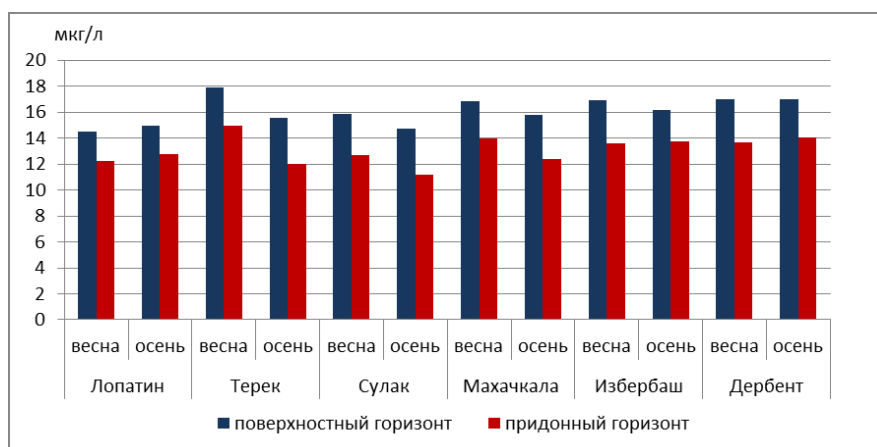


Рисунок 93 – Содержание нитратного азота у дагестанского побережья Среднего Каспия 2024 г.

Содержание общего азота в Среднем Каспии изменялось от 300,0 мкг/л до 491,0 мкг/л, минимум был зарегистрирован в придонном горизонте пункта наблюдений Лопатин, а максимум – в поверхностном горизонте пункта Избербаш. Значительных сезонных колебаний $N_{\text{общ}}$ выявлено не было, однако, в целом прослеживается слабая тенденция увеличения количества соединений азота в южном направлении (рисунок 94).

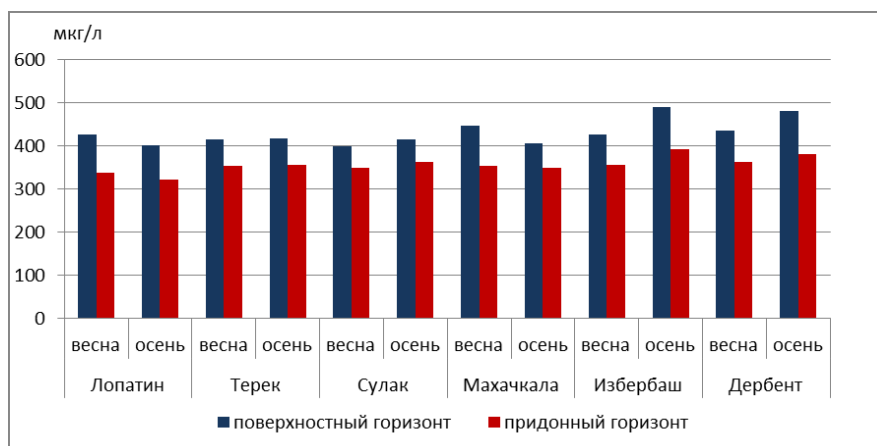


Рисунок 94 – Содержание общего азота у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Пространственная и временная динамика концентрации минерального фосфора имела иную направленность. В целом, в течение 2024 г. концентрация PO_4 увеличивалась в осенний период, кроме станций мониторинга в районе Избербаш. За год концентрация PO_4 изменялась от 8,00 мкг/л до 17,20 мкг/л, при этом минимум был отмечен в придонном горизонте у взморья р. Терек, а максимум – в самом северном районе Среднего Каспия (Лопатин) (рисунок 95). Пространственная изменчивость PO_4 была незначительной.

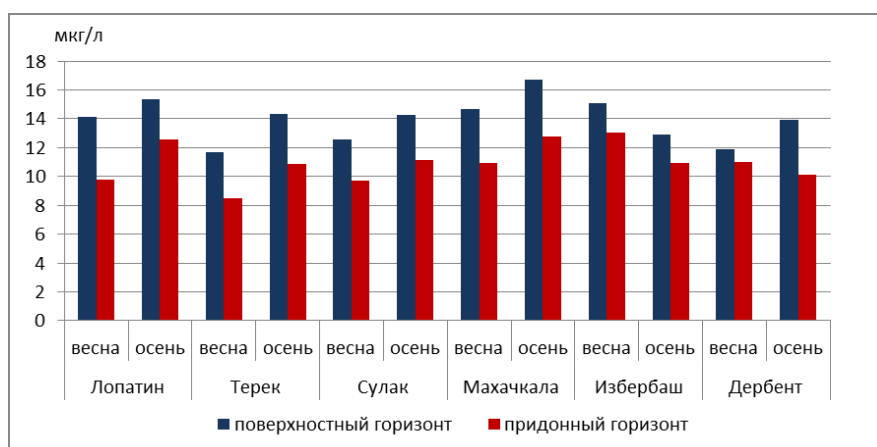


Рисунок 95 – Содержание минерального фосфора у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Колебания концентрации общего фосфора в 2024 г. составили узкий диапазон 10,4-20,1 мкг/л. Среднегодовые концентрации $P_{\text{общ}}$ в 2024 г. незначительно снизились относительно прошлого года, в поверхностном горизонте Среднего Каспия средняя концентрация общего фосфора достигала 17,31 мкг/, а в придонном составляла 13,94 мкг/л. Самый высокий уровень $P_{\text{общ}}$ отмечен в южной части акватории, в районе пунктов наблюдений Избербаш, в то время как в период 2022-2023 гг. максимальный уровень фосфора наблюдался в северной части акватории (таблица 11, рисунок 96). На остальных пунктах наблюдений содержание общего фосфора было достаточно однородным.

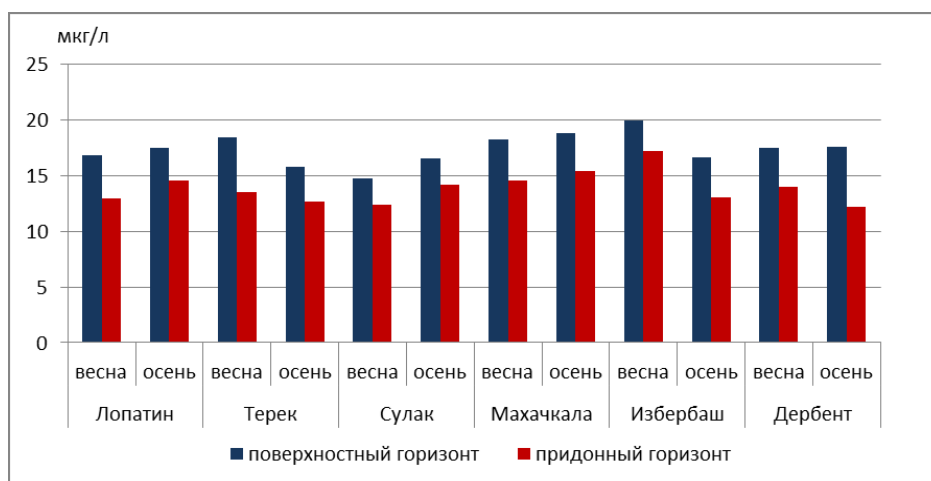


Рисунок 96 – Содержание общего фосфора у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Диапазон концентрации кремния составил 278,0-628,0 мкг/л, средние подстанционные значения весной и осенью представлены в таблице 11 и на рисунке 97. Содержание кремния в воде Среднего Каспия, также как и содержание остальных биогенов в исследуемом районе, характеризовалось достаточной равномерностью, однако, в придонном горизонте самых южных станций мониторинга Избербаш и Дербент отмечено значительное увеличение растворенного кремния (таблица 11, рисунок 97).

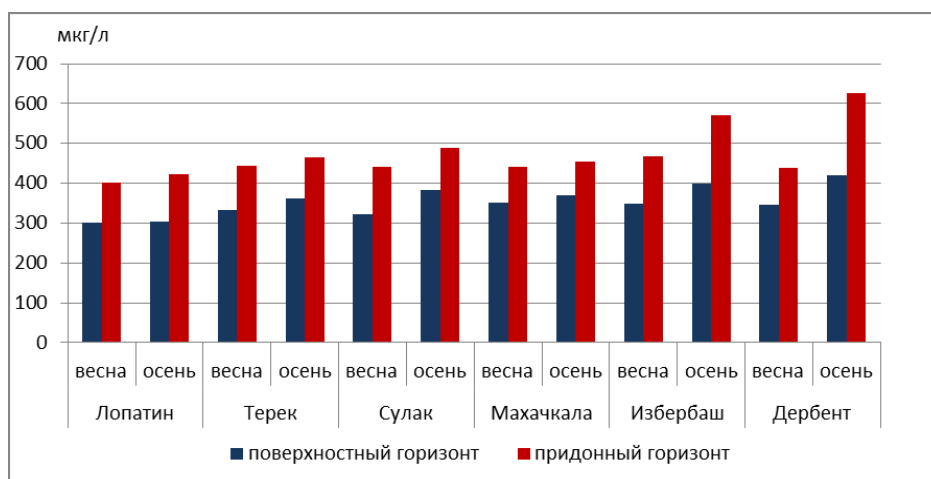


Рисунок 97 – Содержание кремния у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Диапазон концентраций нефтяных углеводородов в Среднем Каспии составил 0,03-0,06 мг/л (1,2 ПДК), максимальные значения НУ наблюдались исключительно в поверхностном горизонте (таблица 11). Превышения норматива концентрации нефтяных углеводородов наблюдались в 20% проб, что характеризует уровень загрязнения как «неустойчивое». Пространственное распределение НУ в 2024 г. было следующим. На акватории пунктов Лопатин, Терек и Сулак средняя концентрация НУ в поверхностном горизонте составляла 0,05 мг/л, в придонном горизонте – 0,04 мг/л. В поверхностном горизонте на станциях Махачкала, Избербаш и Дербент уровень НУ поднялся до 0,06 мг/л (1,2 ПДК). Значительных сезонных тенденций в динамике НУ практически не наблюдалось за исключением увеличения концентрации НУ в районе пункта Избербаш в осенний период (рисунок 98).

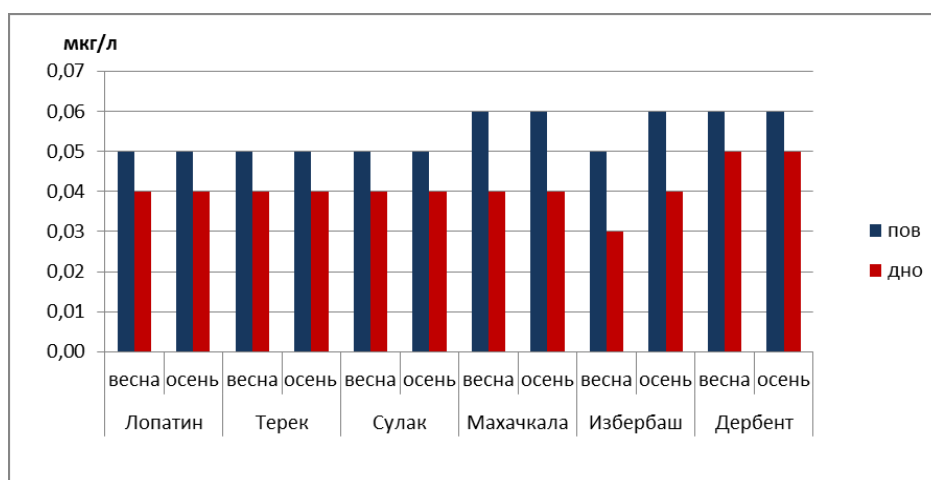


Рисунок 98 – Содержание НУ у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

В 2024 г. в водах Среднего Каспия определялось содержание нестойких органических загрязнителей: фенолов и СПАВ. Наиболее приоритетными ЗВ на акватории дагестанского шельфа в 2024 г. оставались фенолы. В результате проведенного анализа, установлено, что концентрация фенолов на исследуемой акватории характеризовалась однородностью. Измеренные концентрации фенолов составляли диапазон 0,001-0,006 мг/л, максимум (0,006 мг/л), был зарегистрирован на акватории пункта наблюдений Махачкала в июле и октябре 2024 г. и превысил ПДК в 6 раз. Превышения ПДК фенолов регистрировались в 90% проб, что позволяет оценить загрязнение как «характерное». Среднее содержание фенолов в поверхностном и придонном горизонтах также стабильно превышало ПДК в 2-4 раза. Самое высокое среднее значение концентрации фенолов за весенний сезон отмечено на станции Махачкала (5 ПДК). Тем не менее, в 2024 г. пространственная динамика была выражена слабо (таблица 11, рисунок 99).

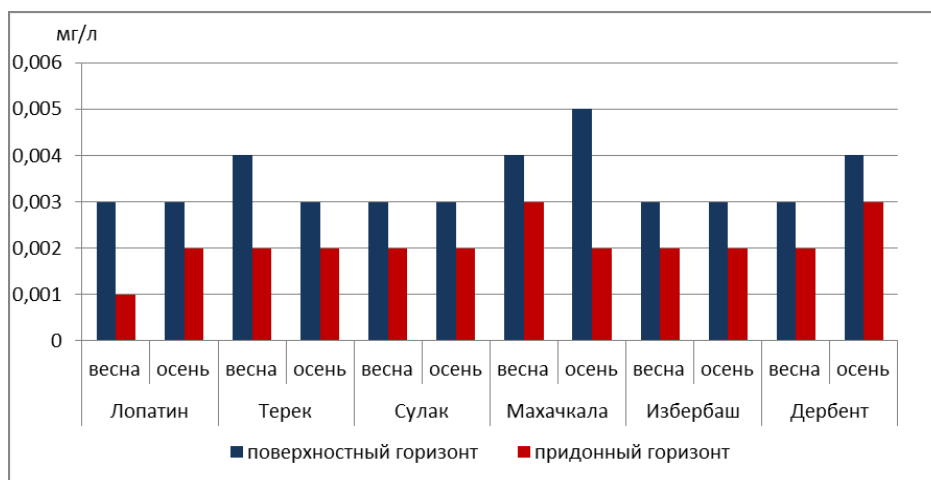


Рисунок 99 – Содержание фенолов у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

СПАВ определялись в 2024 г. только на южных станциях мониторинга Среднего Каспия (Махачкала, Избербаш, Дербент). Наиболее низкие концентрации регистрировались в осенний период на станции Махачкала, а самые высокие – на станции Избербаш весной. Превышений ПДК СПАВ в 2024 г. выявлено не было. В целом за 2024 г. значения концентрации СПАВ составили диапазон от 0,02 до 0,04 мг/л (таблица 11, рисунок 100).

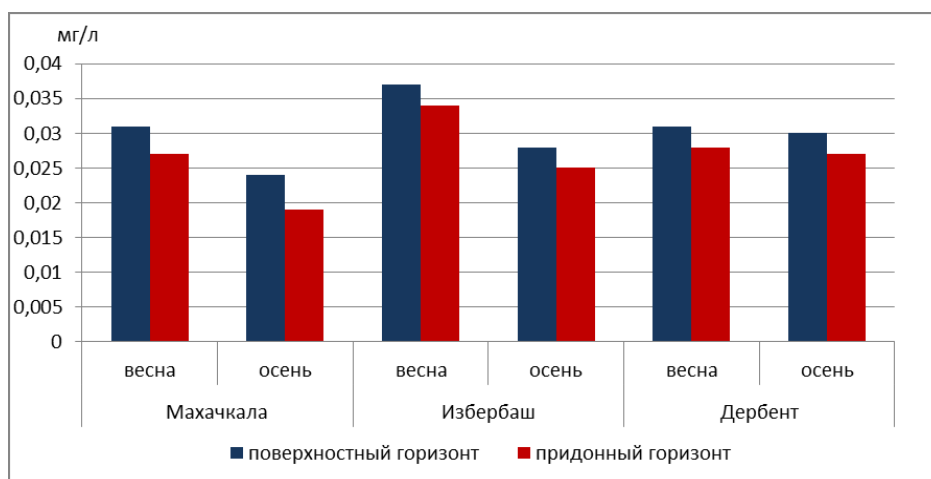


Рисунок 100 – Содержание СПАВ у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Количество ТМ определялось на трех северо-западных станциях Среднего Каспия (Лопатин, Терек, Сулак). Содержание цинка на исследуемой акватории весной и осенью снижалась в южном направлении, превышений ПДК не выявлено (таблица 11, рисунок 101). В целом за 2024 г. содержание Zn изменялось от 1,3 мкг/л до 3,1 мкг/л и характеризовалось «низкой» изменчивостью (стандартное отклонение от среднего составило 25%).

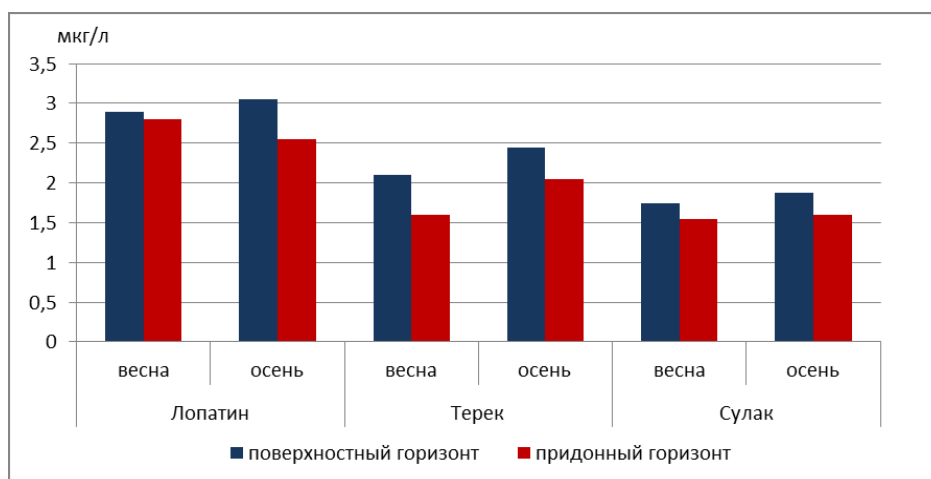


Рисунок 101 – Содержание цинка у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Содержание меди в воде Среднего Каспия также характеризовалось «низкой» изменчивостью (стандартное отклонение от среднего составило 15%), диапазон концентраций составил 2,1-4,4 мкг/л. Весной и осенью 2024 г. самые высокие средние концентрации **Cu** отмечались на акватории пункта наблюдений Лопатин, превышений ПДК не регистрировалось (таблица 11, рисунок 102).

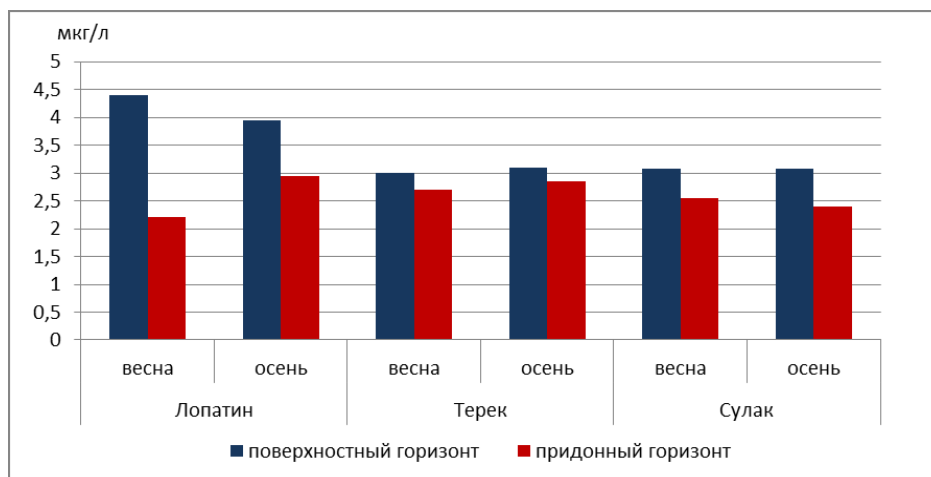


Рисунок 102 – Содержание меди у дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г.

Для оценки состояния и загрязнения морской среды в Среднем Каспии использовался Индекс загрязненности вод (ИЗВ). В 2024 г. расчет индекса загрязненности акватории пунктов наблюдения Лопатин, Терек и Сулак проводился с использованием значений концентрации растворенного кислорода, НУ, фенолов и меди, а акватория пунктов Махачкала, Избербаш и Дербент оценивалась по уровню растворенного кислорода, НУ, фенолов и СПАВ. В районе Лопатина морские воды характеризовались по комплексному показателю как «умеренно-загрязненные» (ИЗВ 1,20), а в районах южнее взморья р. Терек – как «загрязненные» (ИЗВ 1,26-1,52). Тенденции изменения ИЗВ за последние два года оказались разнонаправленными – в 2024 г. наблюдается явное ухудшение качества воды в южном направлении. Как пространственные, так и межгодовые изменения ИЗВ были вызваны преимущественно изменчивостью концентрации фенолов (таблица 12).

Таблица 12 – Индекс загрязненности вод Среднего Каспия в районе у западного побережья республики Дагестан в 2023-2024 гг.

Район	2023 г.		2024 г.	
	ИЗВ	Класс качества	ИЗВ	Класс качества
1	2	3	4	5
Разрез IV	0,95	III «умеренно-загрязненные»	1,07	III «умеренно-загрязненные»
Лопатин	1,35	IV «загрязненные»	1,20	III «умеренно-загрязненные»
Взморье р. Терек	1,11	III «умеренно-загрязненные»	1,29	IV «загрязненные»
Взморье р. Сулак	1,16	III «умеренно-загрязненные»	1,28	IV «загрязненные»
Махачкала	1,42	IV «загрязненные»	1,52	IV «загрязненные»

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Каспийск	1,19	III «умеренно-загрязненные»	1,30	IV «загрязненные»
Избербаш	1,35	IV «загрязненные»	1,26	IV «загрязненные»
Дербент	1,11	III «умеренно-загрязненные»	1,43	IV «загрязненные»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрохимические наблюдения за качеством поверхностных вод бассейна р. Волги в 2024 г. проводились на акватории 5 водотоков дельтовой части, на которых функционировали 8 пунктов и 15 створов наблюдений.

В результате работы установлено, что 2024 г. продолжил череду маловодных лет в дельте р. Волга. Оценка стока ЗВ в Каспийское море в 2024 году демонстрирует незначительное увеличение стока минерального фосфора на фоне снижения минеральных форм азота и кремния. В отчетном году, по сравнению с 2023 г., наблюдается увеличение стока большинства ТМ (кроме молибдена, кобальта и марганца). Наиболее явно эта динамика прослеживается для железа, меди и кадмия, количество этих ЗВ, поступающих в Северный Каспий, увеличилась более чем в 2 раза. Сток фенолов продолжил тенденцию 2023 г. и вырос в 2,6 раз в 2024 г. Количество НУ, поступающих со стоком, по сравнению с прошлым годом, напротив, снизилось. Сток хлорорганических пестицидов (ХОП) вырос в десятки раз, что вызывает беспокойство, так как после введения повсеместного запрета на использование пестицидов, их количество должно неуклонно снижаться, что противоречит сложившейся в отчетном году ситуации.

В целом в 2024 г. отмечается снижение содержания биогенных элементов в дельте, за исключением фосфатов. Пространственно-временное распределение и динамика концентраций биогенов в 2024 г. изменялась эквивалентно стоку данных элементов, рассчитанному по значениям концентрации в вершине дельты, данный факт, в свою очередь, может свидетельствовать о том, что в 2024 г. сток являлся главным фактором содержания биогенов в дельте. Наблюдаемое в 2024 г. в вершине дельты увеличение стока большинства ТМ отразилось и на динамике данных ЗВ в водотоках дельты. Во всех водотоках дельты увеличилось содержание ТМ, особенно ярко эта тенденция прослеживалась в пр. Кигач (гидропост с. Подчалык) и пр. Камызяк (гидропост г. Камызяк). Следует отметить, что в 2024 г. самые высокие концентрации тяжелых металлов регистрировались в основном в период межени. Во всех водотоках дельты регистрировалось превышение допустимого уровня ТМ. В 2024 г. в водотоках дельты концентрации ХОП также имели тенденцию к увеличению. Отмечено, что концентрация ДДЭ возрастала в южном направлении, что может свидетельствовать о наличии локальных источников поступления пестицида. Содержание ДДТ достигало максимума в вершине дельты и незначительно снижалось на южных гидрологических постах, что говорит о поступлении частично разложившихся пестицидов со стоком р. Волги.

Динамика УКИЗВ в 2024 г. говорит об увеличении нагрузки на водные объекты дельты в отчетном году по сравнению с предшествующим годом. Наиболее высокие значения индекса в 2024 г. зафиксированы в вершине дельты (гидропост с. Верхнелебяжье). Качество воды в данном гидростворе, а также в верхней зоне и в средней зоне западной части дельты оценивалось как «загрязненная» (III класс качества воды). Воды средней зоны восточной части дельты в 2024 г., так же как и в 2023 г., относились ко второму классу «слабо загрязненных» вод.

Оценка качества морской среды Северного Каспия в 2024 г. проводилась по результатам государственного экологического мониторинга, включавшего наблюдения за состоянием и загрязнением окружающей среды на вековых океанографических разрезах ГСН III, IIIa и IV, а также на стационарных пунктах наблюдений в районе дагестанского шельфа (Лопатин, Терек, Сулак, Махачкала, Избербаш, Дербент).

В целом, по результатам КХА в 2024 г. в Северном Каспии можно отметить некоторое увеличение содержания биогенных веществ, снижение концентрации СПАВ и незначительное увеличение содержания НУ в западном направлении. Оценка качества воды по измеренным показателям проводилось в соответствии с рекомендациями Росгидромета с использованием ИЗВ. Расчет индекса загрязненности в отчетном году показал, что воды Северного Каспия в исследуемых районах относятся ко II классу качества вод «чистые». По сравнению с 2023 г. уровень загрязненности несколько снизился.

На границе Северного Каспия и Среднего Каспия, напротив, регистрируется снижение концентрации биогенов и незначительное увеличение кремния. Отмечено также снижение содержания фенолов, относительно прошлого года, однако, фенолы по-прежнему остаются одним из приоритетных ЗВ. Превышение ПДК фенолами оценивается как «характерное». В 2024 г. значение ИЗВ свидетельствует об ухудшении качества морской среды, воды в районе ГСН IV относятся к IV классу качества вод «загрязненные».

У дагестанского побережья Среднего Каспия в 2024 г. наблюдалось снижение содержания биогенов и незначительное снижение концентраций ЗВ. Согласно рассчитанному индексу ИЗВ можно сделать вывод об ухудшении качества вод Среднего Каспия в южном направлении, где, соответственно, возрастает и антропогенная нагрузка на акваторию. Наиболее приоритетными ЗВ в Каспийском море в 2023 г. остаются НУ и фенолы.

Таким образом, наибольшая антропогенная нагрузка на экосистему Каспия наблюдается у дагестанского шельфа в районе пункта Махачкала, где исторически отмечены самые высокие значения индекса загрязненности вод.

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 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293831/4293831806.pdf> (дата обращения 24.11.2023).
3. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 04.08.2023) – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 19.12.2023).
4. Положение о вековых гидрологических наблюдениях на морях, омывающих берега СССР, и в устьях рек, впадающих в них / Отв. ред. Ю.П. Бреховских. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. – 37 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. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июля 2020 г. N 524 «Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением» – URL: <https://base.garant.ru/75048136/> (дата обращения 19.12.2022).
7. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/1de21f3d2f646b12715a2629b5593f44edd1717f/ (дата обращения 19.12.2025).
8. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек: Учебник. – М: Изд-во МГУ, 1998. – 176 с.
9. Щукин И.С. Материковая отмель или шельф // Общая геоморфология. Том 3. Москва: МГУ, 1974. – С. 299–300.
10. ГОСТ 19179-73 Государственный стандарт Союза ССР. Гидрология суши. Термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-19179-73> (дата обращения 25.03.2019).
11. 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).

12. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 532 с.

13. Монахов С.К. Экологический мониторинг Каспийского моря. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2012. – 194 с.

14. Экологическая оценка загрязнения западной части Северного Каспия нефтяными углеводородами. Атлас / Отв. ред. С.К. Монахов; Каспийский морской научно-исследовательский центр. – Астрахань, 2005. – 50 с.

15. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Каспийское море. Том 6. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия / Отв. ред. Ф.С. Терзиева, А.Н. Косарева, А.А. Керимова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 359 с.

16. Нестеров Е.С. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз. – М.: Триада лтд, 2016. – 378 с.

17. Влияние природных и антропогенных факторов на состояние биологических сообществ Северного Каспия / Отв. ред. А.А. Курапов, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2016. – 319 с.

18. Бюллетень о состоянии и загрязнении устьевой области р. Волга и морской среды российского сектора Каспийского моря за 2022 г. – URL: <http://www.caspianmonitoring.ru/biblioteka/obzory/> (дата обращения 19.12.2025).

19. Бюллетень о состоянии и загрязнении устьевой области р. Волга и морской среды российского сектора Каспийского моря за 2023 г. – URL: <http://www.caspianmonitoring.ru/biblioteka/obzory/> (дата обращения 19.12.2025).

20. Проблемы загрязнения устьевой области Волги / Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2021. – 328 с.

21. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря / В.Ф. Полонский, В.Н. Михайлов, С.В. Кирьянов и др. – М.: ГЕОС, 1998. – 278 с.

22. Курапов А.А., Попова Н.В., Островская Е.В. Экологическая безопасность нефтяных операций на мелководном шельфе. Международная практика и опыт российских компаний на Северном Каспии. – Астрахань: Новая артель, 2006. – 266 с.

23. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / Отв. ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич,

2017. – 406 с.

24. Сброс загрязненных сточных вод по бассейнам р. Волга и Каспийского моря. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 19.12.2025).

25. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году». – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2023_/ (дата обращения 19.12.2025).

26. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

27. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. – М.: Наука, 2006. – 261 с.

28. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С. Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций. – Ростов-на-Дону: НОК, 2012. – 310 с.

29. Обзор тенденции и динамики загрязнения устьевой области Волги за период 1978-2018 гг. / Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань, 2020. – 121 с.

30. РД 52.24.643-2002 Руководящий документ. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=777#011640887128576505/> (дата обращения 19.12.2025).

31. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/> (дата обращения 21.08.2024).

32. 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 25.05.2025).

33. Петреченкова В.Г., Радованова И.Г. Тяжелые металлы в донных отложениях Северного Каспия: динамика накопления и уровень загрязнения // Астраханский вестник экологического образования. – 2019. – N 4(52). – С. 42-47.

34. Приказ Росгидромета от 31.10.2000 № 156 «О введении в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901791258> (дата обращения 19.12.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Средние значения показателей состояния и загрязнения дельты р. Волги в 2023-2024 гг.

Параметр	Верхнее Лебяжье		ПОС		ЦКК		Кривая Болда		Подчалык		Камызяк		Ильинка		Красный Яр		ПДК
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Температура, °С	14,58	15,09	14,08	12,76	15,83	15,49	14,12	15,82	15,27	13,60	14,10	21,47	14,38	15,58	14,79	12,94	-
Взвешенные вещества, мг/л	18,17	14,61	14,41	12,94	16,28	13,81	19,24	17,53	14,68	18,98	17,94	26,87	15,21	16,31	20,70	22,46	10,0
рН, ед. рН	8,10	8,17	8,10	8,11	8,15	8,18	8,12	8,14	8,11	8,31	8,14	8,21	8,69	8,22	8,22	8,25	6,5-8,5
Растворенный кислород, мг/л	9,68	10,34	10,02	10,51	9,65	10,12	9,59	10,17	9,73	10,40	10,02	9,50	9,08	9,87	9,89	10,70	6,0
Степень насыщения кислородом, %	93,43	100,29	95,25	98,47	95,77	99,38	91,20	100,00	90,36	97,56	95,92	100,67	106,27	98,19	96,03	99,15	-
Углекислый газ, мг/л	2,04	2,43	1,90	2,35	1,89	2,30	2,23	2,32	2,23	1,64	2,06	2,20	1,93	1,92	2,00	2,16	-
Магний, мг/л	11,87	11,69	11,73	12,71	11,47	12,28	11,94	12,20	11,70	12,48	11,55	11,63	14,10	11,92	11,80	12,38	-
Хлориды, мг/л	32,90	32,15	33,38	31,05	33,49	32,17	33,76	32,45	33,36	33,92	33,17	31,97	35,05	31,46	33,01	32,26	-
Сульфаты, мг/л	63,79	67,81	63,99	71,14	63,21	70,35	62,92	63,57	63,81	71,56	62,12	63,60	61,90	65,56	64,29	68,25	-
Сумма ионов, мг/л	313,4	363,73	313,7	360,04	-	368,58	313,7	372,53	314,2	359,95	311,1	366,40	308,8	347,20	314,7	360,54	-
Жёсткость, мг-экв/л	3,51	3,33	3,51	3,45	3,53	3,35	3,52	3,32	3,49	3,46	3,49	3,08	3,42	3,26	3,49	3,48	-
Гидрокарбонаты, мг/л	131,2	139,27	130,5	141,51	-	138,17	131,4	135,79	131,1	138,16	130,8	126,43	127,0	139,69	131,4	140,56	-
Кальций, мг/л	50,78	47,49	50,92	48,24	51,78	46,78	50,75	46,33	50,56	48,87	50,83	42,57	49,39	45,64	50,52	49,36	-
ХПК, мг/л	25,97	21,72	28,21	22,62	27,51	24,01	28,87	23,05	25,95	21,80	29,94	30,63	26,05	22,76	28,16	22,03	15,0
БПК ₅	1,50	1,13	1,50	1,37	1,40	1,28	1,45	1,16	1,64	1,12	1,26	1,65	1,49	1,31	1,41	1,19	2,10
Азот аммонийный, мг/л	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,50
Нитритный азот, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Нитратный азот, мг/л	0,06	0,04	0,06	0,04	0,07	0,04	0,07	0,03	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04	40,0
Азот суммарный минеральный, мг/л	0,09	0,06	0,10	0,06	0,10	0,06	0,09	0,06	0,09	0,02	0,10		0,04	0,03	0,09	0,06	-
Фосфор фосфатов, мг/л	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05
Кремний, мг/л	5,46	4,70	5,36	4,32	5,41	4,20	4,98	4,88	5,58	4,31	4,99	4,60	4,93	4,84	5,14	5,03	-
Электропроводность	445,6	440,20	440,5	457,95	-	447,99	439,9	407,64	429,9	451,63	446,8	422,67	438,3	455,02	442,4	448,77	-
Железо общее, мг/л	0,06	0,12	0,06	0,11	0,07	0,10	0,07	0,10	0,07	0,12	0,07	0,09	0,08	0,10	0,07	0,10	0,10
Медь, мкг/л	1,05	2,17	1,55	2,33	1,35	3,30	1,15	1,77	2,43	1,17	1,11	2,55	1,83	3,95	1,51	1,41	1,0
Цинк, мкг/л	31,12	32,63	29,74	35,74	33,28	32,07	33,13	29,54	51,17	18,78	22,28	44,20	30,54	38,07	33,18	25,18	10,0
Никель, мкг/л	1,79	3,11	2,19	2,63	2,12	3,17	2,06	3,36	2,19	2,31	2,02	4,10	2,27	4,26	1,98	2,39	10,0
Хром общий, мкг/л	0,40	0,74	0,37	0,68	0,37	1,15	0,36	0,95	0,60	0,95	0,46	1,57	0,36	0,48	0,49	0,90	-
Свинец, мкг/л	0,41	0,57	0,47	0,46	0,43	0,54	0,45	0,49	0,42	0,40	0,43	0,44	0,57	0,54	0,42	0,46	6,0
Молибден, мкг/л	0,88	0,88	0,80	0,79	0,96	0,97	1,11	1,04	0,96	1,01	0,86	1,00	-	1,38	1,04	1,01	-
Кобальт, мкг/л	0,61	0,41	0,64	0,45	0,68	0,45	0,61	0,39	0,55	0,45	0,60	0,42	0,55	0,40	0,66	0,46	-
Ртуть, мкг/л	0,01	0,008	0,01	0,006	0,01	0,008	0,01	0,009	0,01	0,014	0,01	0,005	0,01	0,006	0,01	0,007	0,01
Кадмий, мкг/л	0,07	0,11	0,09	0,11	0,10	0,12	0,08	0,11	0,08	0,20	0,09	0,34	0,10	0,15	0,09	0,12	5,0
Олово, мкг/л	0,63	0,71	0,64	0,86	0,68	0,79	0,64	0,80	0,74	1,49	0,65	0,63	0,67	0,78	0,69	0,82	-
Марганец, мкг/л	3,81	2,53	5,35	3,77	4,64	3,85	5,99	4,12	6,15	2,70	4,60	2,82	3,85	4,01	4,18	2,81	10,0
Фенолы, мг/л	0,003	0,007	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,006	0,004	0,009	0,003	0,003	0,002	0,004	0,003	0,002	0,001
НУ, мг/л	0,05	0,04	0,05	0,10	0,06	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05
АПАВ, мг/л	0,04	0,04	0,04	0,10	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,50
Сульфиды и H ₂ S, мг/л	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
пп/-ДДЭ, мкг/л	0,000	0,003	-	-	0,000	0,003	0,000	0,003	-	-	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	-
пп/-ДДТ, мкг/л	0,001	0,011	-	-	0,001	0,010	0,001	0,010	-	-	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	-
λ - ГХЦГ, мкг/л	0,000	7,928	-	-	0,000	0,001	0,000	0,001	-	-	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	-
γ - ГХЦГ, мкг/л	0,000	0,001	-	-	0,000	0,001	0,000	0,001	-	-	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	-
Натрий+калий, мг/л	22,50	43,18	22,76	37,21	22,61	42,09	22,63	45,94	23,37	40,03	22,26	46,60	23,55	37,80	23,36	37,52	-
УКИЗВ	1,57	2,64	1,58	2,11	1,65	2,24	1,65	2,31	1,92	2,38	1,47	2,24	1,65	2,37	1,72	1,47	-