

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

**БЮЛЛЕТЕНЬ О СОСТОЯНИИ И ЗАГРЯЗНЕНИИ
УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. ВОЛГИ ЗА 2019 ГОД**



РЕФЕРАТ

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

Предметом исследований является загрязнение дельты и устьевого взморья р. Волги. Анализ водной среды выполнен на основе данных наблюдений на гидрологических постах Верхнелебязье, Камызяк, г. Астрахань (ПОС, ЦКК), Кривая Болда, Ильинка, Подчалык, Красный Яр, а также данных производственного экологического мониторинга.

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

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

Результатом работы является бюллетень о состоянии загрязнения устьевой области р. Волги за 2019 год, в котором представлена комплексная оценка экологического состояния акватории дельты и устьевой области р. Волги в 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Материалы и методы оценки качества вод и донных отложений.....	8
2 Оценка состояния загрязнения дельты р. Волги в 2019 году.....	10
3 Оценка состояния и загрязнения мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 году.....	17
4 Оценка состояния и загрязнения глубоководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 году.....	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	32

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями

- Акватория – водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ [3].
- Вершина дельты – место деления реки на крупные дельтовые рукава, переносящие речную воду непосредственно в приемный водоем [4].
- Водоем – водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием [5].
- Водоток – водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности [5].
- Гидрологический пост – пункты стационарных гидрологических наблюдений, прикрепленные к гидрологическим станциям, производят стандартные, т.е. регламентированные, наблюдения за основными элементами гидрологического режима [6].
- Дельта реки – сформировавшаяся в результате современных процессов дельтообразования часть устьевой области реки (устьевого участка реки), включающая верхнюю подверженную руслоформирующей деятельности речного потока толщу устьевого конуса выноса реки и надводную аллювиальную сушу, обычно имеющую сложную и изменчивую гидрографическую сеть и специфический «дельтовый» ландшафт [4].
- Загрязняющие вещества – вещества или смеси веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду [7].
- Загрязнение водных объектов – сброс или поступление иным способом в водные объекты (поверхностные и подземные), а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество вод,

ограничивают их использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов; антропогенное привнесение в водную экосистему различных загрязняющих веществ, воздействие которых на живые организмы превышает природный уровень, вызывая их угнетение, деградацию и гибель [8].

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

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчёте о НИР применяют следующие сокращения и обозначения

АУВ	– ароматические углеводороды
АПАВ	– анионные поверхностно-активные вещества
БПК₅	– биологическое потребление кислорода (5 суток)
г.	– год
ДД	– дихлордифенилдихлорэтан
ДДЭ	– дихлордифенилдихлорэтилен
ДК	– допустимые концентрации
ДО	– донные отложения
ДДТ	– дихлордифенилтрихлорэтан
ЕГФД	– Единый государственный фонд данных
Ед. изм.	– единица измерения
ЗВ	– загрязняющее вещество
ИЗВ	– индекс загрязненности вод
КПАВ	– катионные поверхностно-активные вещества
ЛАУ	– летучие ароматические углеводороды
МКД	– морской край дельты
НП	– нефтепродукты
ПАУ	– полиароматические углеводороды
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПОС	– правобережные очистные сооружения
ПХБ	– полихлорированные бифенилы
ПЭМ	– производственный экологический мониторинг
Рыб. хоз.	– рыбохозяйственное назначение
СПАВ	– синтетические поверхностно-активные вещества
Ср. знач.	– среднее значение
ТМ	– тяжелые металлы
УКИЗВ	– удельный комбинаторный индекс загрязненности вод
ХПК	– химическое потребление кислорода
ЦКК	– целлюлозно-картонный комбинат
0	– ниже предела обнаружения
α-, γ-ГХЦГ	– изомеры гексахлорциклогексана

ВВЕДЕНИЕ

Устьевые области рек, объединяющие обширные пространства, занятые речными системами и морями, относятся к природным комплексам, имеющим высокую экологическую значимость. Обладая значительными показателями биоразнообразия и биопродуктивности, эти зоны обеспечивают воспроизводство как морских, так и пресноводных экосистем. Устьевые области рек особо чувствительны к антропогенному изменению речных бассейнов, в первую очередь зарегулированию водного стока и загрязнению. Сказанное выше в полной мере относится к современному состоянию устьевой области Волги, обеспечивающей до 80% стока речных вод в Каспийское море [11].

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

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

Бюллетень состоит из четырех разделов: материалы и методы оценки качества вод и донных отложений, оценка состояния загрязнения дельты р. Волги в 2019 году, оценка состояния и загрязнения мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 году, оценка состояния и загрязнения глубоководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 году. Работа выполнена на основе данных государственного и производственного экологического мониторинга, проводившихся в 2019 г.

В бюллетене представлены характеристики пространственно-временной изменчивости концентраций биогенных и загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Волги. Результаты исследований, приведенные в настоящем обзоре, рекомендуется использовать для разработки целевых показателей качества окружающей среды в Каспийском регионе, а также разработки приоритетных направлений государственных, федеральных, региональных и ведомственных целевых программ, предусматривающих мероприятия по контролю сбросов сточных вод, управлению отходами, минимизации загрязнения из рассредоточенных источников и защите, сохранению и восстановлению водных биологических ресурсов.

1 Материалы и методы оценки качества вод и донных отложений

Устьевая область Волги – одна из крупнейших в мире [8]. В современных условиях она занимает примерно 49000 км² и состоит из дельты Волги (11000 км²) и устьевого взморья (около 38000 км²). Вершиной современной дельты реки служит узел отделения от Волги левого крупного дельтового рукава Бузан в 50 км выше г. Астрахани (п. Верхнелебяжье). За МКД принята граница между надводной территорией дельты Волги и устьевым взморьем, соответствующая среднему годовому расходу воды в вершине дельты 90% обеспеченности (около 6000 м³/сек.). Длина МКД около 175 км. Восточная граница дельты Волги проходит по левому берегу рук. Бузан, западная – по правому берегу рук. Бахтемир до выхода на устьевое взморье.

В состав устьевого взморья входит обширная отмелая зона площадью около 10000 км², примыкающая к МКД. Протяженность этой зоны от МКД до свала глубин отмелой зоны составляет 35-50 км. Площадь расположенной южнее приглубой зоны устьевой области Волги около 28000 км². Длина границы между отмелой и приглубой зонами устьевого взморья около 180 км [11].

Гидрографическая сеть дельты Волги – очень сложная система водотоков и водоемов. Водотоки дельты представлены крупными магистральными рукавами, более мелкими рукавами, протоками и ериками, банками (крупными устьевыми водотоками, прорезающими террасу у морского края дельты и сосредотачивающими сток рукавов и проток при выходе на устьевое взморье).

Материалом исследований состояния и загрязнения дельты р. Волги и устьевого взморья послужили данные наблюдений Росгидромета и ПЭМ, проводившихся в 2019 г. в рамках государственного мониторинга состояния поверхностных вод.

Для ориентировочной оценки качества водной среды использованы средние за рассматриваемый период гидрохимические показатели и концентрации ЗВ.

В системе Росгидромета для комплексной оценки состояния поверхностных и морских вод применяются расчетные значения ИЗВ, позволяющие отнести воды исследуемого района к определенному классу чистоты. Методической основой комплексного способа является оценка степени загрязненности воды водного объекта по совокупности ЗВ. В качестве норматива используют ПДК вредных веществ [7]. Данный индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных показателей (ингредиентов). Уровень загрязненности воды данного водного объекта определяется

через относительную характеристику, рассчитанную по реальным концентрациям совокупности ЗВ и соответствующим им нормативам.

В соответствии с РД 52.15.880-2019 [2], в качестве критериев оценки качества морской среды рекомендуется использовать установленные Росгидрометом критерии экстремально высокого и высокого загрязнения окружающей среды.

Для оценки качества ДО рекомендуется использовать «Голландские листы» и канадские стандарты до момента установления в Российской Федерации нормативов ДК вредных веществ в ДО водных объектов.

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

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

Загрязненность акватории отдельными ЗВ рекомендуется оценивать по кратности превышения ПДК или ДК фактической (наблюденной) концентрацией. Загрязненность морских вод оценивается по индикатору комплексности K , который рассчитывается как отношение числа веществ, содержание которых превышает норму, к общему числу нормируемых ингредиентов, определяемых на исследуемой акватории: комплексность загрязненности воды считается незначительной при $K < 10\%$ и более высокой – при $K > 10\%$.

Оценка уровня нефтяного загрязнения ДО является важным показателем воздействия нефтегазового сектора на морскую среду. Выявлению случаев такого загрязнения должно уделяться особое внимание [2].

2 Оценка загрязнения дельты р. Волги в 2019 году

В устьевой области Волги, включающей участок реки от вершины дельты (гидрологический пост Верхнелебязье) до МКД, различают зоны верхней, средней и нижней дельты. Режимные наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши проводятся на 8 постах, расположенных в верхней и средней зонах дельты р. Волги. В нижней зоне посты наблюдений за загрязнением вод отсутствуют.

Оценка загрязнения дельты р. Волги в 2019 г. проводилась по гидрологическим постам: Верхнелебязье (вершина дельты), г. Астрахань (ПОС, ЦКК), Кривая Болда (верхняя зона западная часть), Подчалык (верхняя зона восточная часть), Камызяк, Ильинка (средняя зона западная часть), Красный Яр (средняя зона восточная часть) (рисунок 1).

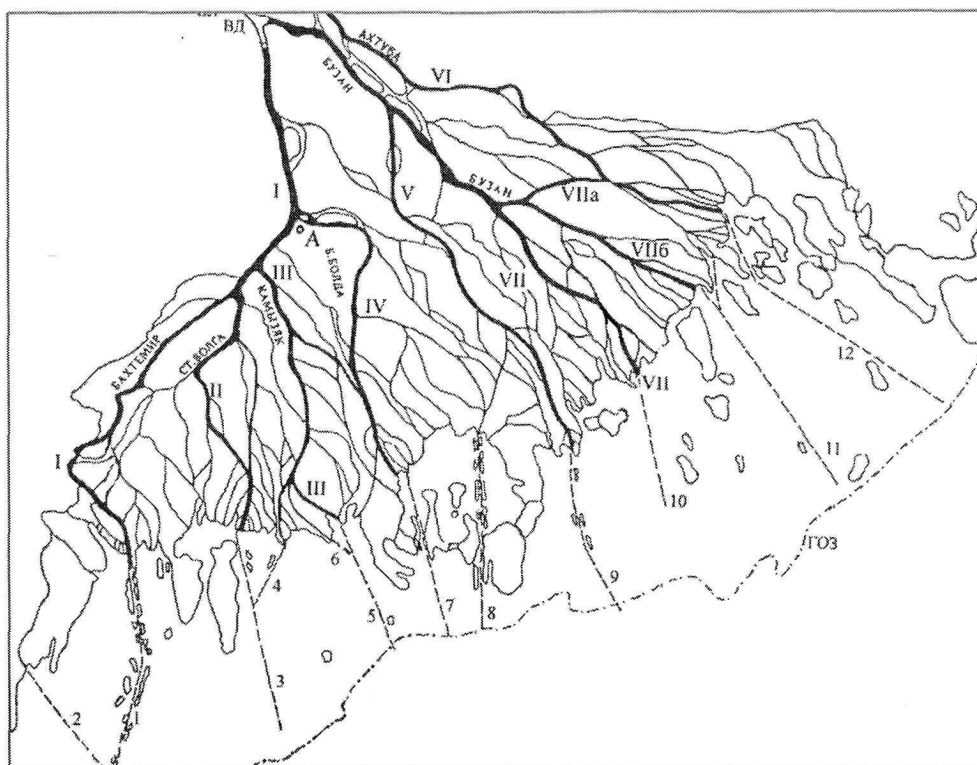


Рисунок 1 – Схема дельты Волги и ее основных рукавов [11]

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

Гидрохимические и геохимические исследования охватывали акваторию дельты в западной, центральной и восточной части. Антропогенные факторы являются основным источником поступления ЗВ в р. Волгу. Объекты промышленного и сельскохозяйственного производства, расположенные вдоль берегов, оказывают значительное воздействие на состояние и загрязнение волжских вод.

Всего в ходе наблюдений в дельте р. Волги в 2019 г. определялось 40 показателей химического состава и загрязненности речных вод (таблица 1, 2), из которых 32 показателя нормируются в рыбохозяйственных водоемах России [12].

Среднее значение растворенного в воде кислорода в границах исследуемой акватории не превышало ПДК. По всем исследуемым гидрологическим постам в 2019 г. содержание растворенного кислорода незначительно увеличилось по сравнению с 2018 г. Уровень БПК₅ в 2019 г. снизился относительно 2018 г. и находился в пределах установленных нормативов.

По сравнению с предыдущим годом в 2019 г. в водотоках дельты Волги зарегистрирован и тренд на снижение общего содержания растворенных биогенных элементов. Концентрация растворенного азота в верхней зоне восточной части дельты уменьшилась в 1,7 раза, в верхней зоне западной части дельты – в 3 раза. Показатели кремниевых соединений снизились в 8 раз в средней зоне западной части дельты. Отношение количества фосфатов в отчетном году к уровню предшествующего составило 2/1.

На основании анализа состояния речных вод по гидрохимическим показателям можно утверждать, что содержание биогенных элементов в водотоках дельты не превышает уровень ДК.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. по всем гидропостам в среднем в 1,5 раза возросло содержание железа в воде. В исследуемый период незначительно увеличилась концентрация меди, рост наблюдался на гидропостах в верхней части дельты. Незначительное увеличение показателей никеля зафиксировано в вершине дельты, в верхней зоне западной части и в средней зоне западной части. В среднем на всей исследуемой акватории снизились значения таких металлов, как цинк – в 1,4 раза, олово – в 1,6 раз, марганец – в 2,3 раза, ртуть и молибден – в 2 раза.

Превышение установленных нормативов ПДК было зарегистрировано для 4 ингредиентов: нефтепродуктов, железа, взвешенных веществ и СПАВ.

Таблица 1 – Средние значения показателей состояния и загрязнения вершины и верхней зоны дельты р. Волги в 2018-2019 гг.

Показатели	Ед. изм.	Гидрологический пост										ПДК рыб. хоз.
		Верхнелебяжье		ПОС		ЦКК		Кривая Болда		Подчалык		
		2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Взвешенные вещества	мг/дм ³	20,85	27,98	12,73	27,73	14,79	26,53	17,67	27,63	18,91	25,62	10
Кислород	мг/дм ³	9,99	11,84	10,14	11,18	10,05	11,31	10,21	11,58	10,39	11,84	>6
ХПК	мгО/дм ³	24,85	24,18	25,05	24,23	25,30	24,60	25,26	24,37	20,10	23,75	-
БПК ₅	мгО/дм ³	2,51	1,99	2,73	2,03	2,88	2,01	2,71	2,14	2,01	2,13	2,1
СО ₂	мг/дм ³	1,73	1,90	1,56	2,24	1,32	2,18	1,83	2,23	1,86	2,69	-
SO ₃ и H ₂ S	мг/дм ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,9
Минерализация	мг/дм ³	313,08	339,3	308,83	334,26	314,1	340,17	317,57	336,52	319,54	338,43	-
Жесткость	мг- экв/дм ³	3,47	3,57	3,46	3,47	3,43	3,61	3,33	3,51	3,43	3,45	-
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	127,12	134,93	125,09	131,36	126	133,33	127,97	133,18	128,51	134,6	-
Ca	мг/дм ³	84,22	43,71	43,18	40,41	43,69	42,84	42,94	41,28	40,64	40,16	180
Na + K	мг/дм ³	25	31,1	23,08	33,42	25,41	30,85	28,58	31,89	27,56	33,68	120
SO ₄	мг/дм ³	68,46	75,3	68,03	75,99	68,14	76,7	69,44	74,6	72,25	75,54	100
Cl	мг/дм ³	31,6	35,9	31,06	35,09	32,66	36,82	31,5	36,28	31,21	35,12	300
Mg	мг/дм ³	16,76	16,88	15,84	17,62	15,13	17,9	14,38	17,61	16,94	17,55	40
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,04	0,04	0,05	0,03	0,17	0,04	0,12	0,03	0,04	0,03	500
Азот нитритный	мг/дм ³	0,04	0,01	0,05	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,2
Азот нитратный	мг/дм ³	0,58	0,34	0,55	0,37	0,63	0,38	0,55	0,38	0,46	0,37	9
Азот суммарный минеральный	мг/дм ³	0,67	0,38	0,65	0,34	0,84	0,37	0,7	0,42	0,53	0,41	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Фосфор минеральный	мг/дм ³	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,2
Кремний минеральный	мг/дм ³	4,9	3,75	4,33	3,69	5,18	4,68	5	3,93	4,85	3,35	-
Железо	мг/дм ³	0,1	0,15	0,11	0,14	0,11	0,13	0,11	0,12	0,1	0,16	0,05
Медь	мг/дм ³	0,003	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005
Цинк	мг/дм ³	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,05
Никель	мг/дм ³	0,005	0,008	0,007	0,009	0,007	0,008	0,010	0,008	0,012	0,001	0,01
Хром	мг/дм ³	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,010	0,002	0,001	0,001	0,007	0,02
Марганец	мг/дм ³	0,027	0,01	0,023	0,001	0,022	0,001	0,017	0,008	0,014	0,011	0,05
Ртуть	мг/дм ³	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,1
Свинец	мг/дм ³	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003	0,003	0,01
Молибден	мг/дм ³	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
Кобальт	мг/дм ³	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,01
Олово	мг/дм ³	0,008	0,005	0,008	0,004	0,006	0,005	0,009	0,006	0,007	0,006	0,11
Кадмий	мг/дм ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0004	0,0002	0,0003	0,0004	0,0004	0,0002	0,01
ДДЭ	мкг/дм ³	0	0,002	0,004	0,001	0,004	0,001	0,004	0,001	0	0	0,01
ДДТ	мкг/дм ³	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,004	0,003	0	0	0,01
α-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,004	0,003	0,030	0,002	0,003	0,001	0,01	0,003	0	0	0,01
γ-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,004	0,001	0,004	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0	0	0,01
∑ ГХЦГ	мкг/дм ³	0,008	0,004	0,034	0,004	0,005	0,003	0,008	0,005	0	0	-
Фенолы	мг/дм ³	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001	0,01
НП	мг/дм ³	0,1	0,09	0,11	0,16	0,09	0,16	0,1	0,15	0,1	0,16	0,05
СПАВ	мг/дм ³	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,07	0	0,06	0,01
УКИЗВ	-	4,97	2,9	4,8	2,94	4,9	3,13	5,03	3,02	4,69	3	-

*Примечание: здесь и далее за ноль принимается значение концентрации ниже предела обнаружения аналитического метода

Таблица 2 – Средние значения показателей состояния и загрязнения средней зоны дельты р. Волги в 2018-2019 гг.

Показатели	Ед. изм.	Гидрологический пост						Ср. знач.		ПДК рыб. хоз.
		Камызяк		Ильинка		Красный Яр				
		2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Взвешенные вещества	мг/дм ³	22,67	29,27	15,84	28,47	16,7	30,09	17,52	27,92	10
Кислород	мг/дм ³	10,06	11,85	10,06	23,59	10,2	11,45	10,14	13,08	>6
ХПК	мгО/дм ³	25,27	24,42	24,76	24,3	24,7	23,84	25,03	24,21	-
БПК ₅	мгО/дм ³	3,13	2,01	2,84	2,01	2,9	1,98	2,71	2,04	2,1
СО ₂	мг/дм ³	1,62	2,27	1,37	1,99	1,6	2,15	1,6	2,2	-
SO ₃ и H ₂ S	мг/дм ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,9
Минерализация	мг/дм ³	323,56	346,3	307,8	341,26	315,4	343,4	314,98	339,96	-
Жесткость	мг-экв/дм ³	3,42	3,76	3,4	3,6	3,52	3,4	3,43	3,55	-
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	129,23	138,21	126,18	134,79	129,1	134,37	127,4	134,35	-
Ca	мг/дм ³	43,9	44,99	43,63	42,07	43,61	39,24	48,23	41,84	180
Na + K	мг/дм ³	28,5	44,99	23,39	31,38	23,83	36,62	25,67	34,24	120
SO ₄	мг/дм ³	71,76	76,43	66,3	76,04	69,13	76,03	69,19	70,78	100
Cl	мг/дм ³	32,52	37,52	30,44	37,04	30,99	37,73	31,5	34,24	300
Mg	мг/дм ³	15,03	18,42	15,02	18,29	16,23	17,67	15,67	17,74	40
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,06	0,03	0,06	0,04	0,07	0,03	0,08	0,03	500
Азот нитритный	мг/дм ³	0,05	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01	0,2
Азот нитратный	мг/дм ³	0,54	0,33	0,58	0,35	0,52	0,39	0,55	0,36	9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Азот суммарный минеральный	мг/дм ³	0,65	0,37	0,68	0,41	0,21	0,44	0,62	0,39	-
Фосфор минеральный	мг/дм ³	0,3	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,08	0,04	0,2
Кремний минеральный	мг/дм ³	31,78	3,93	4,37	4	4,94	3,88	8,17	3,9	-
Железо	мг/дм ³	0,11	0,14	0,1	0,13	0,1	0,13	0,11	0,14	0,05
Медь	мг/дм ³	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,001	0,003	0,004	0,005
Цинк	мг/дм ³	0,022	0,016	0,025	0,016	0,021	0,02	0,025	0,018	0,05
Никель	мг/дм ³	0,007	0,01	0,007	0,006	0,02	0,01	0,009	0,007	0,01
Хром	мг/дм ³	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,02
Марганец	мг/дм ³	0,02	0,01	0,045	0,01	0,018	0,01	0,023	0,01	0,05
Ртуть	мкг/дм ³	0,018	0,013	0,019	0,013	0,015	0,006	0,02	0,01	0,1
Свинец	мг/дм ³	0,003	0,003	0,004	0,002	0,004	0,003	0,003	0,003	0,01
Молибден	мг/дм ³	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
Кобальт	мг/дм ³	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,01
Олово	мг/дм ³	0,008	0,004	0,007	0,006	0,008	0,005	0,008	0,005	0,11
Кадмий	мг/дм ³	0,0003	0,0001	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,01
ДДЭ	мкг/дм ³	0,003	0,001	0,004	0,001	0,004	0,002	0,003	0,001	0,01
ДДТ	мкг/дм ³	0,003	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	0,01
α-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,003	0,002	0	0	0,003	0,002	0,010	0,002	0,01
γ-ГХЦГ	мкг/дм ³	0,003	0,003	0,004	0,001	0,004	0,004	0,003	0,002	0,01
∑ ГХЦГ	мкг/дм ³	0,006	0,005	0,007	0,003	0,004	0,005	0,010	0,004	-
Фенолы	мг/дм ³	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,01
НП	мг/дм ³	0,1	0,16	0,11	0,16	0,12	0,14	0,10	0,15	0,05
СПАВ	мг/дм ³	0,05	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,07	0,01
УКИЗВ	-	4,69	3,2	4,65	3	4,68	3,1	4,7	3,13	-

По критериям устойчивости и кратности загрязнение речных вод оценивалось как характерное загрязнение среднего уровня. Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения речных вод в 2019 г. не наблюдалось.

В 2018 г., по результатам расчета ИЗВ [1], значения которого варьировали от 4,65 до 5,06, воды дельты р. Волги характеризовались как «грязные» (класс качества вод V).

Оценка качества акватории дельты р. Волги в 2019 г. также проводилась по ИЗВ. В качестве основных показателей при расчете индекса использовали: БПК₅, среднее содержание в воде кислорода, нефтепродуктов, железа, взвешенных веществ и СПАВ. Воды дельты, согласно значениям индекса ИЗВ в диапазоне от 2,9 до 3,13, оценивались как «загрязненные» (IV класс).

3 Оценка состояния и загрязнения мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 году

Состояние и загрязнение морской среды по гидрохимическим показателям

Оценка состояния и загрязнения водной среды мелководной зоны устьевого взморья Волги в 2019 г. проводилась по данным ЕГФД на основании ПЭМ (таблица 3).

Таблица 3 – Основные показатели химического состава морских вод мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2017-2019 гг.

Показатели	2017 г.	2019 г.		ПДК
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.	
1	2	3	4	5
Температура, °С	20,96	12,40-24,2	18,15	-
Кислород, мг/дм ³	7,87	7,51-10,64	8,93	>6
Кислород, %	99,5	74-99	91,45	-
БПК ₅ , мг/дм ³	2,1	1,32-1,49	1,41	3,0
рН, ед. рН	8,15	8,35-9,39	8,75	6,5-8,5
Взвешенные вещества, мг/дм ³	4,93	4,1-11,8	7,8	10
N-NO ₂ , мкг/дм ³	2,1	3-22	4,6	-
N-NO ₃ , мкг/дм ³	33,2	5-332	39,3	-

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
N-NH ₄ , мкг/дм ³	33,3	22-443	150,6	-
N общий, мкг/дм ³	336,8	387-1342	621,5	-
P-PO ₄ , мкг/дм ³	2,3	5,4-84	23,3	-
P общий, мкг/дм ³	21,1	7,3-32	13,5	-
Si-SiO ₃ , мкг/дм ³	743,5	12-1011	447,3	-

Средняя температура воды по данным наблюдений на акватории мелководной зоны в 2019 г. снизилась на 2,8 °С по сравнению с 2017 г. БПК₅ в период наблюдений снизилось в 1,5 раза. Величина водородного показателя рН в 2019 г. выросла по отношению к значению 2017 г. в 1,1 раз и составила 1,1 ПДК.

Абсолютное содержание растворенного в воде кислорода в границах исследуемой акватории в 2019 г. увеличилось по сравнению с 2017 г. Минимальная концентрация растворенного кислорода также находилась в пределах установленных нормативов и достигала 7,51 мг/дм³. Степень насыщения морских вод кислородом в 2019 г. составила 91,5%, заморных явлений на исследуемой акватории не зарегистрировано.

В отчетном году на фоне снижения содержания общего фосфора (за счет органической формы) и минерального кремния наблюдалось возрастание общего азота, обусловленное значительным увеличением концентрации аммонийного азота. Количество

общего и аммонийного азота на исследуемой акватории в 2019 г. относительно 2017 г. увеличилось в 2 раза, фосфатов – в 10 раз, концентрация силикатов снизилась в 1,7 раз.

На основании анализа состояния морских вод по гидрохимическим показателям можно утверждать, что содержание биогенных элементов на акватории мелководной зоны устьевого взморья р. Волги не превышает установленные нормативы.

Концентрация нефтепродуктов в воде в период с 2017 по 2019 гг. снизилась в 4 раза и составила 0,023 мг/дм³, что не превышает установленный норматив ПДК (таблица 4). Содержание АПАВ за период исследований не изменилось и не превышало ПДК. Значения большинства нормируемых ТМ возросли с 2017 по 2019 гг., при этом концентрация железа выросла в 1,5 раза, цинка – в 2 раза, никеля – в 8 раз и составила 3 ПДК. Содержание бария увеличилось в 35 раз, кадмия – в 7 раз, меди – в 8 раз, что превысило ПДК в 1,2 раза, концентрация свинца – в 16 раз и составила 3 ПДК. В 2019 г. общая сумма ПАУ по сравнению с данными 2017 г. снизилась в 6,3 раза. В исследуемый период было зафиксировано незначительное повышение концентрации аценафена и фенантрена. ЛАУ, бензола и толуола в 2019 г. обнаружено не было.

Таблица 4 – Основные показатели химического состава и загрязненности воды на акватории мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2017-2019 гг.

Показатели	2017 г.	2019 г.		ПДК
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.	
1	2	3	4	5
НП, мг/дм ³	0,09	0,01-0,037	0,023	0,05
Фенолы, мг/дм ³	0	-	-	0,001
АПАВ, мг/дм ³	0,032	0,025-0,039	0,03	0,1
Fe, мг/дм ³	0,016	0,05-0,019	0,025	0,05
Zn, мг/дм ³	0,01	0,01-0,06	0,02	0,05
Ni, мг/дм ³	0,004	0-0,11	0,03	0,01
Ba, мг/дм ³	0,015	0,09-1,82	0,54	0,74
Cu, мг/дм ³	0,004	0,006-0,083	0,035	0,005
Hg, мг/дм ³	0,039	0-0,01	0	0,1
Cd, мг/дм ³	0,001	0,002-0,028	0,005	0,01
Pb, мг/дм ³	0,002	0,008-0,34	0,033	0,01
Mn, мг/дм ³	0,004	0,001-0,13	0,019	0,05
Нафталин, мкг/дм ³	0	0-0,02	0	4
Аценафтен, мкг/дм ³	0	0,007-0,009	0,008	-
Флуорен, мкг/дм ³	0	0-0,006	0	-
Фенантрен, мкг/дм ³	0	0,007-0,014	0,009	-
Антрацен, мкг/дм ³	0,0003	0-0,001	0	-

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Флуорантен, мкг/дм ³	0	0-0,02	0	-
Пирен, мкг/дм ³	0	0-0,02	0	-
Бенз(а)антрацен, мкг/дм ³	0	0-0,006	0	-
Хризен, мкг/дм ³	0	0-0,03	0	-
Бенз(б)флуорантен, мкг/дм ³	0	0-0,006	0	-
Бенз(к)флуорантен, мкг/дм ³	0	0-0,001	0	-
Бенз(а)пирен, мкг/дм ³	0	0-0,001	0	0,01
Дибенз(а,һ)антрацен, мкг/дм ³	0	0-0,006	0	-
Бензо(ghi)перилен, мкг/дм ³	0	0-0,06	0	-
Инден(1,2,3-сd)пирен, мкг/дм ³	0	0-0,02	0	-
2-метилнафталин, мкг/дм ³	0	0	0	-
Бифенил, мкг/дм ³	0	0	0	-
Аценафтилен, мкг/дм ³	0	0	0	-
Перилен, мкг/дм ³	0	0	0	-
∑ ПАУ, мкг/дм ³	0,013	0-0,002	0,002	-
∑ ДДТ, мг/дм ³	0	0	0	-
Гексахлорбензол, мкг/дм ³	0	0	0	-
Гептахлорэпоксид, мкг/дм ³	0	0	0	-
Трансхлордан, мкг/дм ³	0	0	0	-
Цисхлордан, мкг/дм ³	0	0	0	-
Транснонахлор, мкг/дм ³	0	0	0	-
Циснонахлор, мкг/дм ³	0	0	0	-
Мирекс, мкг/дм ³	0	0	0	-
Бензол, мг/дм ³	0,12	0	0	0,5
Толуол, мг/дм ³	0,11	0	0	0,5
Этилбензол, мг/дм ³	0,04	0	0	-
Сумма ЛАУ, мг/дм ³	0,38	0	0	-
Сумма АУВ, мкг/дм ³	0,15	0	0	-

Высокий коэффициент вариабельности концентраций ЗВ в 2019 г. наблюдался у бенз(а)пирна ($K_v = 0,83$), очень высокий – у нефтепродуктов, АПАВ, фенола, железа и цинка ($K_v > 1,0$), средней вариабельностью характеризовалась медь ($K_v = 0,63$), низкой – никель и кислород ($0,1 < K_v < 0,4$).

Исходя из расчета ИЗВ, воды мелководной зоны устьевого взморья в 2017 г. (ИЗВ=0,85), можно отнести к III классу чистоты («умеренно загрязненные»). Для определения ИЗВ исследуемой акватории в 2019 г. учитывались такие показатели, как БПК₅, кислород, никель и свинец. Согласно проведенному расчету ИЗВ, показатель которого в 2019 г. составил 2,99, воды характеризовались как «грязные» (V класс качества вод). Уровень загрязнения исследуемой акватории можно оценить как неустойчивое загрязнение низкого и среднего уровня. В 2019 г. не наблюдалось случаев высокого и экстремально высокого загрязнения морских вод. Состав и концентрации показателей

загрязненности морских вод в 2017-2019 гг. указывают на повышение уровня антропогенной нагрузки.

Состояние и загрязнение донных отложений по геохимическим показателям

Результаты исследований состояния ДО по геохимическим показателям в мелководной зоне устьевого взморья в отчетном году представлены в таблице 5.

Фракционный состав ДО в 2019 г., как и в 2017 г., характеризовался преобладанием песков.

Содержание органического вещества в ДО за исследуемый период не изменилось.

Таблица 5 – Основные показатели химического состава донных отложений мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2017-2019 гг.

Показатели, %	2017 г.	2019 г.	
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.
Ракуша (≥ 10 , от 10 до 2 мм)	9,9	0-15,7	4,2
Пески (от 2 до 0,1 мм)	84,5	1,2-84,3	78,6
Алевриты и илы (от 0,1 до 0,05 мм)	5,6	0,7-37,8	19,6
Органическое вещество	0,5	0,2-0,5	0,4

По результатам оценки геохимической обстановки на акватории мелководной зоны устьевого взморья, согласно выше описанным показателям ДО, можно сделать вывод об отсутствии экологических рисков для биотопов, расположенных на данном участке.

Результаты исследований 2019 г. по оценке состояния загрязненности ДО мелководной зоны устьевого взморья р. Волги представлены в таблице 6. Показатели загрязнения ДО ТМ соответствовали уровню ДК. В период с 2017 по 2019 гг. в среднем в 2 раза выросли концентрации цинка, меди и марганца. Содержание бария снизилось в 2,7 раз, олова – в 1,3 раза, количество железа изменилось незначительно. Из полихлорированных бифенилов отмечалось присутствие конгенов ПХБ-52, 101, 153, 138. Суммарная концентрация ПХБ в 2019 г. не превышала ДК.

Среди ПАУ в пробах ДО в 2019 г. было обнаружено присутствие нафталина, аценафтена, фенантрена и бензо(ghi)перилена. Концентрация прочих нормируемых ПАУ в 2019 г., как и в 2017 г., была ниже предела обнаружения химико-аналитического метода. Сумма ПАУ в 2019 г. составила 2 ДК, что в 4 раза ниже, чем в 2017 г.

Уровень содержания нефтепродуктов в ДО в 2019 г. относит осадки ко II классу качества ДО «чистые» ($15 \leq C \leq 50$) [2].

Таблица 6 – Основные показатели химического состава и загрязненности донных отложений мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2017-2019 гг.

Показатели	2017 г.	2019 г.		ДК
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.	
1	2	3	4	5
НП, мг/кг	23,4	10-34	20,6	50
Фенолы, мг/кг	0	0	0	-
АПАВ, мг/кг	1,8	5,2-13,1	8,7	-
СПАВ, мг/кг	0	0	0	-
Fe, мг/кг	708,8	52-5904	646	-
Zn, мг/кг	2,1	0,7-14,9	3,5	124
Ni, мг/кг	1,8	0-11	1,4	35
Ba, мг/кг	59,5	5-66	22	160
Cu, мг/кг	0,5	0-5,5	0,9	18,7
Hg, мг/кг	0,04	0-0,025	0	0,13
Cd, мг/кг	0,3	0-4	0,3	0,7
Pb, мг/кг	3,3	0,-16,1	2,5	30,2
Mn, мг/кг	44,9	11-692	71	-
Cr, мг/кг	1,2	0-6,9	1,2	52,3
Нафталин, мкг/кг	0	0-25	0,5	34,6
Аценафтен, мкг/кг	1,17	0-24,4	1,12	6,71
Флуорен, мкг/кг	0	0	0	21,2
Фенантрен, мкг/кг	0	0-8,9	0,3	86,7
Антрацен, мкг/кг	0,6	0	0	46,1
Флуорантен, мкг/кг	0	0	0	113
Пирен, мкг/кг	0	0	0	153
Бенз(а)антрацен, мкг/кг	0	0	0	74,8
Хризен, мкг/кг	0,07	0	0	108
Бенз(б)флуорантен, мкг/кг	0	0	0	-
Бенз(к)флуорантен, мкг/кг	0	0	0	-
Бенз(а)пирен, мкг/кг	0,05	0	0	88,8
Дибенз(а,h)антрацен, мкг/кг	0	0	0	6,22
Бензо(ghi)перилен, мкг/кг	0	0-6,7	0,14	80
Инден(1,2,3-cd)пирен, мкг/кг	0	0	0	60
2-метилнафталин, мкг/кг	0	0	0	-
Бифенил, мкг/кг	0	0	0	-
Аценафтилен, мкг/кг	0	0	0	-
Перилен, мкг/кг	0	0	0	-
Сумма ПАУ, мкг/кг	8,5	0-65	2,1	1,0
Сумма ДДТ, мг/кг	0	0	0	2,5
Гексахлорбензол, мкг/кг	0	0	0	-
Гептахлорэпоксид, мкг/кг	0	0	0	0,60
Трансхлордан, мкг/кг	0	0	0	-
Цисхлордан, мкг/кг	0	0	0	-
Транснонахлор, мкг/кг	0	0	0	-
Циснонахлор, мкг/кг	0	0	0	-
Мирекс, мкг/кг	0	0	0	-

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
ПХБ-52, мг/кг	0,001	0-0,001	0	1
ПХБ-101, мг/кг	0,001	0-0,001	0	4
ПХБ-153, мг/кг	0	0-0,001	0	4
ПХБ-138, мг/кг	0	0-0,001	0	4
Сумма ПХБ, мг/кг	0,002	0-0,004	0	21,5
Бензол, мг/кг	0	0	0	50
Толуол, мг/кг	0	0	0	50
Этилбензол, мг/кг	0	0	0	-
Сумма ЛАУ, мг/кг	0	0	0	-
Сумма АУВ, мкг/кг	0	0	0	-

4 Оценка состояния и загрязнения глубоководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 году

Состояние и загрязнение морской среды по гидрохимическим показателям

Оценка состояния и загрязнения водной среды глубоководной зоны устьевого взморья Волги в 2019 году проводилась по данным ЕГДФ на основании ПЭМ (таблица 7).

Таблица 7 – Основные показатели химического состава вод глубоководной зоны устьевого взморья Волги в 2018-2019 гг.

Показатели	2018 г.	2019 г.		ПДК
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.	
1	2	3	4	5
Температура, °С	12,3	7,9-24,5	18,75	-
Кислород, мг/дм ³	10,12	5,2-8,8	7,2	>6
Кислород, %	100,57	43,8-106,6	73,15	-
БПК ₅ , мг/дм ³	1,72	0,98-4,04	1,82	≤3,0
pH, ед.pH	8,32	8,29-8,62	8,42	6,5-8,5
Взвешенные вещества, мг/дм ³	1,32	0,5-6	1,53	10
N-NO ₂ , мкг/дм ³	1,1	1-6	2,5	-
N-NO ₃ , мкг/дм ³	1,5	5-36,4	8,2	-
N-NH ₄ , мкг/дм ³	34,8	50-1014	196,3	500
N общий, мкг/дм ³	390,8	51,6-1110	362,5	-
N органический, мкг/дм ³	442,6	5,3-1110	195,7	-
P-PO ₄ , мкг/дм ³	2,5	5,1-45,3	11,6	200
P общий, мкг/дм ³	17,7	6,2-179	29,9	-
Si-SiO ₃ , мкг/дм ³	400,1	10,1-455	109,4	-

Гидрохимические параметры как в 2019 г., так и в 2018 г. характеризовались оптимальными величинами. Температурный показатель в 2019 г. в сравнении с предшествующим годом незначительно возрос.

Содержание кислорода в 2019 г. в среднем соответствовало уровню ПДК, а степень насыщения вод кислородом в период наблюдений в среднем достигала 73%. Истощение растворенного кислорода в системах водоснабжения может способствовать микробиологическому восстановлению нитратов в нитриты и сульфатов в сульфиды, что вызывает появление специфического запаха. Уменьшение количества кислорода приводит также к повышению концентрации двухвалентного железа в растворе. В то же время при определенных условиях растворенный кислород придает воде коррозионные свойства по отношению к металлам и бетону.

В 2019 г. показатель БПК₅ незначительно увеличился в сравнении с 2018 г., превышение ПДК зарегистрировано в единичных случаях (в основном, в осенний сезон

наблюдений) как следствие накопления большого количества лабильной органики.

Величина водородного показателя рН как в 2019 г., так и в 2018 г. не превышала максимальный порог установленного норматива в 8,5 ед. рН.

В 2019 г. был зафиксирован тренд на увеличение содержания иона аммония, нитрат- и нитрит-ионов и фосфора общего относительно 2018 г. По сравнению с 2018 г. в отчетном году концентрации данных показателей в воде возросли в 2,2-5,6 раз.

Оптимальные величины гидрохимических показателей и отсутствие превышения нормативных значений в водной среде в рассматриваемый период наблюдений свидетельствуют о поддержании на акватории глубоководной зоны устьевого взморья благоприятных условий для жизнедеятельности морских организмов.

Результаты анализа уровня загрязнения морских вод глубоководной зоны устьевого взморья за период 2018-2019 гг. приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Основные показатели загрязненности глубоководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2018-2019 гг.

Показатели	2018 г.	2019 г.		ПДК
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.	
1	2	3	4	5
НП, мг/дм ³	0,001	0,005-0,01	0,006	0,05
Фенолы, мг/дм ³	0,0002	0-0,0005	0	0,001
СПАВ, мг/дм ³	0,04	0,1-0,2	0,013	0,1
Fe, мг/дм ³	0,001	0,001-0,026	0,003	0,05
Zn, мг/дм ³	0,0005	0,004-0,04	0,01	0,05
Ni, мг/дм ³	0,0017	0,001-0,002	0,001	0,01
Va, мг/дм ³	0,0205	0	0	0,74
Cu, мг/дм ³	0,0007	0,001-0,003	0,002	0,005
Hg, мкг/дм ³	0,0009	0,01-0,11	0,05	0,1
Cd, мг/дм ³	0,0003	0,0001-0,0004	0,0002	0,01
Pb, мг/дм ³	0,0007	0,0005-0,003	0,001	0,01
Mn, мг/дм ³	0,0004	0,001-0,07	0,01	0,05
Нафталин, мкг/дм ³	0,0002	0,021-0,081	0,043	4
Аценафтен, мкг/дм ³	0	0,006-0,12	0,017	-
Флуорен, мкг/дм ³	0	0,006-0,015	0,009	-
Фенантрен, мкг/дм ³	0,0003	0,006-0,037	0,01	-
Антрацен, мкг/дм ³	0,0004	0,002-0,007	0,004	-
Флуорантен, мкг/дм ³	0	0-0,02	0	-
Пирен, мкг/дм ³	0	0-0,027	0	-
Бенз(а)антрацен, мкг/дм ³	0	0,006-0,071	0,040	-
Хризен, мкг/дм ³	0,0003	0-0,099	0,005	-
Бенз(б)флуорантен, мкг/дм ³	0	0-0,09	0,006	-
Бенз(к)флуорантен, мкг/дм ³	0,0004	0-0,01	0,006	-

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
Бенз(а)пирен, мкг/дм ³	0,0006	0-0,03	0,0002	0,01
Дибенз(а,һ)антрацен, мкг/дм ³	0	0-0,01	0,006	-
Бензо(ghi)перилен, мкг/дм ³	0	0-0,013	0,006	-
Инден(1,2,3-сd)пирен, мкг/дм ³	0	0	0	-
2-метилнафталин, мкг/дм ³	0	0	0	-
Бифенил, мкг/дм ³	0	0	0	-
Аценафтилен, мкг/дм ³	0	0	0	-
Перилен, мкг/дм ³	0	0	0	-
∑ ПАУ, мкг/дм ³	0,0011	0-0,5	0,023	-
∑ ДДТ, мг/дм ³	0,002	0-0,2	0,003	-
Гексахлорбензол, мкг/дм ³	0	0-0,0034	0	-
Гептахлорэпоксид, мкг/дм ³	0	0	0	-
Трансхлордан, мкг/дм ³	0	0	0	-
Цисхлордан, мкг/дм ³	0	0	0	-
Транснонахлор, мкг/дм ³	0	0	0	-
Циснонахлор, мкг/дм ³	0	0	0	-
Мирекс, мкг/дм ³	0	0	0	-
ПХБ-52, мкг/дм ³	0,0058	0	0	0,01
ПХБ-101, мкг/дм ³	0,007	0	0	0,01
ПХБ-153, мкг/дм ³	0,0004	0	0	0,01
ПХБ-138, мкг/дм ³	0,0002	0	0	0,01
∑ ПХБ, мкг/дм ³	0,013	0,005-0,03	0,009	-
α-ГХЦГ, мкг/дм ³	0	0	0	0,01
β-ГХЦГ мкг/дм ³	0	0-0,03	0,005	0,01
γ-ГХЦГ мкг/дм ³	0	0	0	0,01
∑ ГХЦГ, мкг/дм ³	0	0-0,31	0,005	0,01
Бензол, мг/дм ³	0,00009	0	0	0,5
Толуол, мг/дм ³	0,00005	0	0	0,5
Этилбензол, мг/дм ³	0	0	0	-
∑ ксилолов, мг/дм ³	0	0	0	-
∑ н-алканов, мкг/дм ³	0,004	0	0	-

Концентрация нефтепродуктов в 2019 г., так же как и в 2018 г., не превышала ПДК, однако, следует отметить, что в исследуемый период по сравнению с предшествующим годом она увеличилась в 5 раз.

Среднее содержание в воде СПАВ в 2019 г. уменьшилось в 3 раза относительно 2018 г. Верхний предел диапазона концентраций превышал ПДК в 2 раза, среднее значение находилось в пределах нормы.

При сравнении концентрации ТМ в 2019 г. и 2018 г. выявлена тенденция к увеличению таких металлов, как медь (в 2,9 раз), железо (в 3 раза), цинк и марганец (в 20 и 25 раз соответственно), ртуть (в 56 раз). Однако в среднем их содержание не превышало ПДК.

Значение некоторых полиароматических углеводородов, таких как нафталин, антрацен, аценафен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен в 2019 г. также характеризовалось повышением концентраций.

Средняя концентрация бенз(а)пирена в 2019 г. не превысила ПДК, в сравнении с 2018 г. снизилась в 3 раза, максимальное значение концентрации за период 2019 г. составило 3 ПДК. Содержание основной массы полиаренов на исследуемой акватории было ниже порога аналитического метода. Суммарная концентрация ПАУ в 2019 г. увеличилась в 21 раз.

В 2019 г. относительно 2018 г. отмечалось снижение показателей полихлорированных бифенилов в 1,5 раза. Превышения ПДК среди четырех определяемых конгенов ПХБ не наблюдалось.

Концентрация ЛАУ (бензол и толуол) была ниже предела обнаружения аналитическими методами. В 2019 г., как и в 2018 г., превышения ПДК для нормируемых ЛАУ (бензол, толуол) не отмечалось. Концентрация н-алканов в 2019 г. была ниже предела обнаружения.

В 2019 г. на исследуемой акватории обнаружены β -гексахлорциклогексаны, среднее содержание их в воде не превышало ПДК, максимальная концентрация суммы ГХЦГ в диапазоне измерений в исследуемый период составила 31 ПДК.

Высокий коэффициент вариабельности концентраций наблюдался у железа, марганца, суммы ГХЦГ ($0,7 < K_v < 1,0$), очень высокий – у суммы ДДТ ($K_v = 8,5$), средней вариабельностью характеризовались концентрации суммы ПХБ ($K_v = 0,79$), низкой – цинк, никель, медь, свинец, кадмий ($0,1 < K_v < 0,4$).

При расчете ИЗВ, как показателя качества водных объектов, из всего множества нормируемых компонентов в 2018 г. учитывались следующие показатели: БПК₅, содержание растворенного кислорода, концентрация нефтепродуктов и цинка. Согласно проведенному расчету ИЗВ, показатель которого в 2018 г. составил 0,30, воды глубоководной зоны устьевого взморья характеризовались как «чистые» (II класс качества вод). Согласно методическим рекомендациям по расчету ИЗВ, для определения качества вод установлено использование четырех показателей, имеющих наибольшее значение, не зависимо от того, превышают они ПДК или нет. Таким образом, для определения ИЗВ в 2019 г. учитывалось БПК₅, содержание растворенного кислорода, бенз(а)пирен и ртуть. Согласно проведенному расчету ИЗВ, показатель которого в 2019 г. составили 0,73, воды глубоководной зоны устьевого взморья характеризовались как «чистые» (II класс качества вод). Согласно методике ИЗВ, II класс качества вод находится в диапазоне $0,25 \geq \text{ИЗВ} \leq 0,75$.

По критериям устойчивости загрязнение морских вод оценивалось как «неустойчивое» среднего и высокого уровня. В 2019 г. наблюдалось два случая высокого загрязнения морских вод по бенз(а)пирену и сумме ГХЦГ.

В целом состав и концентрации показателей загрязненности морских вод в 2018-2019 гг. указывают на повышение уровня антропогенной нагрузки на акваторию обследуемого участка.

На основании результатов наблюдений за состоянием ДО глубоководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2018-2019 гг. были выявлены следующие особенности межгодовых изменений основных показателей химического состава ДО (таблица 9).

Таблица 9 – Основные показатели гранулометрического и химического состава донных отложений глубоководной зоны устьевого взморья Волги в 2018-2019 гг.

Показатели	2018 г.	2019 г.	
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.
Ракуша (≥ 10 , от 10 до 2 мм), %	59,7	0,09-43,5	25,89
Пески (от 2 до 0,1 мм), %	19,02	0,26-86,3	61,74
Алевриты и илы (от 0,1 до 0,05 мм), %	21,31	0,11-39,8	12,32
pH, ед. pH	8,04	7,28-8,27	7,88
Eh, мВ	161,03	-155 – 495,1	207,66
N-NO ₂ , мг/кг	0,014	0	0
N-NO ₃ , мг/кг	0,084	0,002-0,061	0,011
N-NH ₄ , мг/кг	0,044	0,5-14,91	2,88
N общий, мг/дм ³	0,228	1,290-44,070	7,56
N органический, мг/дм ³	0,097	0,79-29,14	4,758
P-PO ₄ , мг/кг	0,036	0,021-1,92	0,42
P общий, мг/дм ³	0,067	0,710-5,38	1,19
Si-SiO ₃ , мг/дм ³	1,04	0,210-10,86	1,71

Гранулометрический состав в 2019 г. характеризовался преобладанием песчаной фракции с размерами от 2 до 0,1 мм.

В отчетном году значение водородного показателя относительно предшествующего года незначительно снизилось, окислительно-восстановительного потенциала – возросло.

В ДО в 2019 г. по сравнению с 2018 г. содержание общего и аммонийного азота, а так же фосфорных соединений возросло в десятки раз. Количество кремния увеличилось в 1,6 раз. Данное явление было обусловлено повышением содержания биогенов в воде, что, по-видимому, привело к интенсивному образованию и последующему разложению органического вещества. Доля нитратного азота в ДО уменьшилась. Уровень нитритного азота был ниже предела обнаружения аналитическим методом.

Анализ состояния ДО на акватории глубоководной зоны позволяет сделать вывод об отсутствии геохимических аномалий и поддержании благоприятных условий для жизнедеятельности донных организмов.

По результатам наблюдений в 2018-2019 гг. уровень загрязненности ДО глубоководной зоны увеличился (таблица 10).

Таблица 10 – Основные показатели загрязненности донных отложений глубоководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2018-2019 гг.

Показатели	2018 г.	2019 г.		ДК
	Ср. знач.	Диапазон концентраций	Ср. знач.	
1	2	3	4	5
НП, мг/кг	11,4	5,0-9,	5,8	50
Фенолы, мг/кг	0,25	0	0	-
АПАВ, мг/кг	18,8	0,3-6,7	3	-
КПАВ, мг/кг	0	0-5,8	2,1	-
Fe, мг/кг	87,3	2200-38700	20800	-
Zn, мг/кг	0,1	9,9-136	60,2	124
Ni, мг/кг	0,4	5,9-92	31,7	35
Ba, мг/кг	4,1	0	0	160
Cu, мг/кг	0,2	4,7-55,9	23,6	18,7
Hg, мг/кг	0	0,025-0,028	0,026	0,13
Cd, мг/кг	0	0-1	0	0,7
Pb, мг/кг	0,1	1,9-26,7	13,1	30,2
Mn, мг/кг	14,5	48,9-1971	408,5	-
Нафталин, мкг/кг	0	0-56	35,4	52,3
Аценафтен, мкг/кг	0	0-170	15,23	34,6
Флуорен, мкг/кг	0	0-7,5	0	6,71
Фенантрен, мкг/кг	0,28	6-23	8,81	21,2
Антрацен, мкг/кг	0,83	0-11	3,12	86,7
Флуорантен, мкг/кг	0	0-20	0	46,1
Пирен, мкг/кг	0	0-20	0	113
Бенз(а)антрацен, мкг/кг	0	0-6	0	153
Хризен, мкг/кг	0,05	0-6,2	4,01	74,8
Бенз(б)флуорантен, мкг/кг	0	0-27	10,64	108
Бенз(к)флуорантен, мкг/кг	0	0-5	2,22	-
Бенз(а)пирен, мкг/кг	0,09	0-6,3	1,92	-
Дибенз(а,h)антрацен, мкг/кг	0	0-11	8,4	88,8
Бензо(ghi)перилен, мкг/кг	0	0-9	8,43	6,22
2-метилнафталин, мкг/кг	0	0	0	80
Бифенил, мкг/кг	0	0	0	60
Аценафтилен, мкг/кг	0	0	0	-
Перилен, мкг/кг	0	0	0	-
Сумма ПАУ, мкг/кг	1,25	0-173	25,17	1000
Сумма ДЦТ, мг/кг	0,0005	0	0	-

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Гексахлорбензол, мкг/кг	0	0	0	-
Гептахлорэпоксид, мкг/кг	0	0	0	0,60
Трансхлордан, мкг/кг	0	0	0	-
Цисхлордан, мкг/кг	0	0	0	-
Транснонахлор, мкг/кг	0	0	0	-
Циснонахлор, мкг/кг	0	0	0	-
Мирекс, мкг/кг	0	0	0	-
ПХБ-52, мг/кг	0,001	0	0	1
ПХБ-101, мг/кг	0,001	0	0	4
ПХБ-153, мг/кг	0,0003	0	0	4
ПХБ-138, мг/кг	0,0002	0	0	4
Сумма ПХБ, мг/кг	0,0024	0,08-4,84	0,97	21,5

В 2019 г. отмечалась тенденция к увеличению содержания в осадках таких ТМ, как железо, цинк, никель, медь, ртуть, олово, марганец. Средние концентрации ТМ в 2019 г., как и в 2018 г., не превышали ДК. Значительное увеличение концентрации ТМ в ДО можно объяснить низким уровнем стока, обеспечившим слабое перемешивание придонных слоев воды, тем самым интенсивное осаждение наносов из дельты р. Волги [8]. Статистические параметры распределения концентраций ТМ в ДО северо-западной части Каспийского моря за периоды 1998-2003 гг. и 2012-2014 гг. показывают, что среднее содержание железа в ДО изменялось в пределах 4727-6348 мкг/г, цинка – 13,8-36,5 мкг/г, никеля – 11,3-22,7 мкг/г, меди – 8,7-18,9 мкг/г [13]. Значительные различия между концентрациями ТМ в 2018 и 2019 гг. могут также объясняться сменой методик используемых при количественном химическом анализе.

Содержание нефтепродуктов в 2019 г. уменьшилось в сравнении с предшествующим годом в 2 раза.

Среднее значение суммы ПХБ в ДО в 2019 г. относительно 2018 г. увеличилось в 485 раз. Суммарное содержание ПХБ в среднем составило 48,2 ДК.

В отчетном году содержание суммы ПАУ в ДО возросло в 25 раз, но не превышало нормативов ДК. В 2019 г. по отношению к 2018 г. увеличилось содержание нафталина, аценафена, фенантрена, антрацена, хризена, бенз(а)пирена.

Уровень содержания НП в ДО в 2019 г. относит осадки ко II классу качества ДО «очень чистые» ($10 \leq C \leq 15$) [2].

Анализ нормируемых показателей качества ДО свидетельствует о повышении антропогенного загрязнения на акватории участка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы проведена оценка состояния и загрязнения устьевой области р. Волги, в том числе мелководной и глубоководной зоны.

В ходе анализа гидрохимических показателей в дельте р. Волги установлено превышение нормативов ПДК для четырех ЗВ: нефтепродуктов, железа, взвешенных веществ и СПАВ. По критериям устойчивости и кратности загрязнение воды оценивалось как характерное загрязнение среднего уровня. Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения в 2019 г. не наблюдалось. По результатам расчета ИЗВ воды дельты р. Волги в 2019 г. были отнесены к категории «загрязненных» вод (класс качества вод IV). В 2018 г. уровень загрязнения соответствовал V классу качества вод – «грязные». Снижение индекса может свидетельствовать об ослаблении антропогенной нагрузки на водную среду в 2019 г.

Содержание биогенных элементов на акватории мелководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 г. по результатам оценки гидрохимических показателей не превышает установленные нормативы. Значения большинства нормируемых ТМ в 2019 г. возросли по сравнению с 2017 г. Превышение ПДК было зарегистрировано по никелю и свинцу. Исходя из расчета ИЗВ, воды мелководной зоны устьевого взморья в 2017 г. относились к III классу чистоты («умеренно загрязненные»). Согласно проведенному расчету ИЗВ, в 2019 г. воды характеризовались как «грязные» (V класс качества вод). Уровень загрязнения исследуемой акватории можно оценить как устойчивое загрязнение среднего уровня. В 2019 г. не наблюдалось случаев высокого и экстремально высокого загрязнения морских вод.

На акватории глубоководной зоны устьевого взморья р. Волги в 2019 г. был зафиксирован тренд на увеличение содержания биогенных элементов. В сравнении с 2018 г. в отчетном году концентрации данных показателей в воде возросли в 2,2-5,6 раз. В 5 раз возросла концентрация НП, но так же, как и в 2018 г., не превышала ПДК. В 2019 г. отмечалась тенденция к увеличению содержания в воде таких ТМ, как железо, цинк, медь, ртуть и марганец. Концентрации нормируемых металлов в среднем не превышали ПДК. Регистрировалось повышение содержания некоторых ПАУ: нафталин, антрацен, аценафен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(в)флуорантен. Средняя концентрация бенз(а)пирена в 2019 г. не превысила ПДК, но в сравнении с 2018 г. увеличилась в 10 раз.

ИЗВ в 2018 г. составил 0,30, на основании расчетов, воды глубоководной зоны устьевого взморья характеризовались как «чистые» (II класс качества вод). Согласно

проведенному расчету ИЗВ, величина которого в 2019 г. составила 0,73, воды глубоководной зоны характеризовались как «чистые» (II класс качества вод). Согласно методике, ИЗВ II класс качества вод находится в диапазоне $0,25 \geq \text{ИЗВ} \leq 0,75$.

В целом, состав и концентрации показателей загрязненности морских вод устьевого взморья р. Волги в 2018-2019 гг. указывают на повышение уровня антропогенной нагрузки на акваторию обследуемого участка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 52.24.643-2002 Руководящий документ. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=777#011640887128576505/> (дата обращения 03.10.2019).
2. РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений». – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293724/4293724612.pdf> (дата обращения 15.04.2020).
3. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 01.10.2019).
4. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек: Учебник. – М: Изд-во МГУ, 1998. – 176 с.
5. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200009357> (дата обращения 25.03.2019).
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках (3-е издание, переработанное и дополненное). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095306> / (дата обращения 04.10.2019).
7. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 10.10.2019).
8. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря/Полонский В.Ф., Михайлов В.Н., Кирьянов С.В. и др.; Отв. ред.: Полонский В.Ф. и др. — Москва: ГЕОС, 1998. – 278 с.
9. Монахова Г.А., Есина О.И., Татарников В.О., Монахов С.К. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе // Защита окружающей среды в нетегазовом комплексе. – 2014. – № 1. – С. 32-37.
10. РД 52.10.324-92 Методические указания. Гидрологические наблюдения и работы на гидрометеорологической сети в устьевых областях рек. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200082887/> (дата обращения 19.09.2019).

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

12. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/> (дата обращения 21.09.2019).

13. 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 19.09.2019).