

Химический состав воды и донных отложений Бейсугского лимана Азовского моря (по данным полевых исследований 2018 года)

А. Д. Сазонов

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
Ростов-на-Дону, Россия
✉ alexei.sazonow2016@ya.ru

Поступила в редакцию 03.04.2026; одобрена после рецензирования 15.04.2026;
принята к публикации 20.05.2026.

Аннотация

Цель. Представить геохимическую характеристику Бейсугского лимана Азовского моря на основе данных, собранных в ходе проведенных полевых исследований химического состава воды и донных отложений в весенний, летний и осенний периоды 2018 г.

Методы и результаты. В западной части лимана в штилевую погоду были отобраны пробы воды и донных отложений. Химический состав воды оценивался по следующим показателям: главные ионы (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, магний, кальций, натрий и калий), биогенные вещества (общий азот и его минеральные формы, общий фосфор и фосфор фосфатов), нефтепродукты, органические вещества, соединения металлов (железо, медь, цинк, свинец, кадмий, никель, мышьяк, хром, ртуть), фенолы, бенз(а)пирен и синтетические поверхностно-активные вещества. Определен гранулометрический состав донных отложений и массовая доля содержания в них сульфат-ионов, фосфат-ионов, нефтепродуктов и фенолов. Полученные результаты свидетельствуют о стабильности ионного состава воды исследуемого участка лимана (соленость составляла 16,0–18,1 ‰) в период проведения полевых исследований. Концентрации исследуемых форм азота и фосфора характеризовались выраженной сезонной изменчивостью (за исключением нитрит-иона). Сходная динамика была характерна для нефтепродуктов и органических веществ. Отмечено превышение предельно допустимых концентраций: по легкоокисляемым органическим веществам (по БПК₅) (в 1,5–1,6 раза), соединениям железа (в 1,3–5,2 раза), нефтепродуктам (в 1,5–1,8 раза) и аммоний-иону (в 1,6 раза). Содержание в воде микроэлементов в большинстве случаев находилось ниже предела обнаружения используемых методов анализа. В гранулометрическом составе донных отложений лимана отмечается преобладание (> 60 %) алеврито-пелитовой фракции (0,01–0,05 мм). Содержание в донных отложениях нефтепродуктов и фенолов характеризовалось изменчивостью, сульфат-ионов и фосфат-ионов – было относительно стабильным.

Выводы. Геохимические параметры воды и донных отложений Бейсугского лимана во многом определяются преобладанием гидрометеорологических условий, определяющих особенности миграции и накопления загрязняющих веществ.

Ключевые слова: загрязнение, лиман, химический состав, тяжелые металлы, биогенные вещества, донные отложения, Восточное Приазовье

Благодарности: публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гос. рег. 125012100503-4. Полевые наблюдения проведены совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Южного федерального университета, автор выражает благодарность В. Е. Закруткину, О. С. Решетняк, Е. В. Гибкову.

Для цитирования: Сазонов А. Д. Химический состав воды и донных отложений Бейсугского лимана Азовского моря (по данным полевых исследований 2018 года) // Морской гидрофизический журнал. 2026. Т. 42, № 4. С. 601–610. EDN CYDBJF.

Original article

Chemical Composition of Water and Bottom Sediments in Beysug Estuary of the Sea of Azov (Based on Field Studies, 2018)

A. D. Sazonov

*Federal Research Center the Southern Scientific Centre of Russian Academy of Sciences,
Rostov-on-Don, Russia*

✉ alexei.sazonow2016@ya.ru

Abstract

Purpose. The purpose of the study is to present the geochemical characteristics of Beysug estuary (the Sea of Azov) based on the data obtained during the field studies of chemical composition of water and bottom sediments in spring, summer and autumn, 2018.

Methods and Results. Water and bottom sediments were sampled in the western part of the estuary under calm weather conditions. The chemical composition of water was assessed using the following parameters: major ions (chlorides, sulfates, bicarbonates, magnesium, calcium, sodium, and potassium), nutrients (total nitrogen and its mineral forms, total phosphorus and phosphate phosphorus), petroleum products, organic matter, metal compounds (iron, copper, zinc, lead, cadmium, nickel, arsenic, chromium, mercury), phenols, benzo(a)pyrene, and synthetic surfactants. The grain-size composition of bottom sediments, as well as the mass fractions of sulfate ions, phosphate ions, petroleum products and phenols in them was determined. The obtained results indicated the fact that during the field research period, the water ionic composition in the estuary studied area (salinity ranged from 16.0 to 18.1) was stable. The concentrations of nitrogen and phosphorus forms under study exhibited pronounced seasonal variability (except for nitrite nitrogen). A similar trend was characteristic of the petroleum products and organic matter. Slight exceeding of maximum permissible concentrations was noted for readily oxidizable organic matter (BOD₅) (by 1.5–1.6 times), iron compounds (by 1.3–5.2 times), petroleum products (by 1.5–1.8 times) and ammonium ion (by 1.6 times). In most cases, trace element concentrations in water were below the detection limits of the applied analytical methods. The grain-size composition of bottom sediments showed a predominance (> 60 %) of aleurite-pelitic fraction (0.01–0.05 mm). The concentrations of petroleum products and phenols in the bottom sediments exhibited variability, while those of sulfate ions and phosphate ions remained relatively stable.

Conclusions. The geochemical parameters of water and bottom sediments in Beysug estuary are mainly conditioned by the prevailing hydrometeorological conditions which, in their turn, govern the patterns of pollutants migration and accumulation.

Keywords: pollution, wetlands, chemical composition, heavy metals, nutrients, bottom sediments, eastern Azov region

Acknowledgements: The publication was prepared within the framework of state assignment of SSC of RAS, state registration No. 125012100503-4. Field observations were performed jointly with the staff of Geocology and Applied Geochemistry Department of the Southern Federal University. The author is grateful to V. E. Zakrutkin, O. S. Reshetnyak, and E. V. Gibkov.

For citation: Sazonov, A.D., 2026. Chemical Composition of Water and Bottom Sediments in Beysug Estuary of the Sea of Azov (Based on Field Studies, 2018). *Physical Oceanography*, 33(4), pp. 626-633.

Введение

В 2025 г. распоряжением Правительства Российской Федерации были утверждены Стратегия устойчивого развития Приазовья на период до 2040 г. и план мероприятий по ее реализации¹. Как указано в документе, осуществление мониторинга состояния окружающей среды – одна из задач, направленных на достижение поставленной в данной стратегии цели.

В условиях гидрологических и антропогенных трансформаций последних десятилетий, затрагивающих Восточное Приазовье, накопление натуральных данных и изучение химического состава воды и донных отложений водных объектов региона приобретает особую актуальность. Бейсугский лиман – самая крупная лагуна Азовского моря (272 км²). Его функционирование определяется сложным балансом притока морских вод, поступления пресных вод с водосбора и испарением в условиях мелководья [1]. Река Бейсуг, обеспечивающая поступление практически всего объема пресных вод в лиман, значительно зарегулирована искусственными прудами, что нарушает естественный водно-солевой баланс водоема и влияет на его биогеохимические циклы, продуктивность экосистемы и условия обитания гидробионтов [2, 3].

Бейсугский лиман играет средообразующую роль в поддержании биоразнообразия водно-болотных угодий не только регионального, но и международного значения, являясь территорией сохранения и естественного воспроизводства птиц, рыб и растений, в том числе редких видов² [4]. Повышенное содержание загрязняющих веществ в воде и донных отложениях способно оказывать негативное воздействие на кормовую базу рыб и орнитофауны через изменение состояния планктонных и бентосных сообществ. Это также может создавать риски для нерестилищ ценных промысловых видов рыб и способно негативно влиять на устойчивость трофической сети.

Цель настоящей работы состояла в изучении химического состава воды и донных отложений Бейсугского лимана по данным полевых исследований (2018 г.).

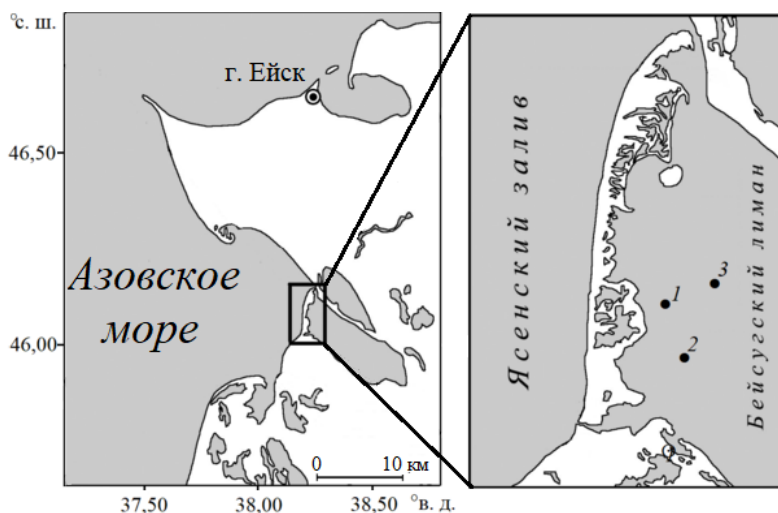
Материалы и методы

Полевые исследования проводились в западной части Бейсугского лимана (с восточной стороны Ясенской косы) в трех точках наблюдений (рис. 1). Отбор проб осуществлялся в условиях отсутствия взмучивания донных отложений в штилевую погоду в летний (5 июня, 8 августа) и осенний (1 октября) периоды 2018 г.

Определение температуры воды, водородного показателя (рН) и содержания растворенного кислорода проводилось в течение нескольких минут после отбора проб с борта катера. Сведения о современном составе воды и донных отложений Бейсугского лимана практически отсутствуют. Для возможности корректного сопоставления представленных в данной работе результатов с будущими исследованиями далее приведена информация об используемых методиках.

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2025 г. № 4140-р. Об утверждении Стратегии устойчивого развития Приазовья на период до 2040 г. и плана мероприятий по ее реализации. 2025. 21 с.

² Красная книга Краснодарского края. Животные / отв. ред. А. С. Замотайлов, Ю. В. Лохман, Б. И. Вольфов. III издание. Краснодар : Адм. Краснодарского края, 2017. 720 с.



Р и с. 1. Район исследования с указанием точек полевых наблюдений. Адаптировано из [5]
F i g. 1. Study area, indication of field observation points. Adapted from [5]

Анализ воды проведен в соответствии со следующими методиками (нормативный документ): соленость (РД 54.10.243-92); минеральные формы азота (ГОСТ 33045-2014); азот общий (РД 52.24.364-2007); фосфор общий (РД 52.24.387-2006); фосфор фосфатов (РД 52.24.382-2006); хлориды (ПНД Ф 14.1:2:3.96-97, изд. 2016 и ГОСТ 31867-2012); сульфаты (ГОСТ 31867-2012); гидрокарбонаты (ГОСТ 31957-2012); магний, кальций, натрий и калий (ГОСТ 31957-2012); взвешенные вещества (ПНД Ф 14.1:2:3.110-97); химическое потребление кислорода – ХПК (ГОСТ 31859-2012); биохимическое потребление кислорода – БПК₅ (ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97); железо общее (ПНД Ф 14.1:2:4.50-96); медь, свинец, цинк, никель, мышьяк, хром общий, кадмий, ртуть (ПНД Ф 14.1:2.253-09), нефтепродукты (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 изд. 2012 г.), фенолы общие (ПНД Ф 14.1:2:4.182-02), бенз(а)пирен (ПНД Ф 14.1:2:4.186-02) и синтетические поверхностно-активные вещества (ПНД Ф 14.1:2.247-07).

Так как Бейсугский лиман может быть отнесен к водным объектам высшей рыбохозяйственной категории [6], для оценки степени загрязненности воды полученные результаты анализа были соотнесены с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) для водных объектов рыбохозяйственного значения³.

Анализ донных отложений проведен в соответствии со следующими методиками (нормативный документ): нефтепродукты (ПНД Ф 16.1:2.21-98), фенолы летучие (ПНД Ф 16.1:2.3.3.44-05), сульфат-ионы (ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.53-08) и фосфат-ионы (ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.52-08). Гранулометрический состав определялся согласно ГОСТ 12536-79.

³ Приказ Росрыболовства от 26.05.2025 N 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 2025. 120 с.

Результаты и обсуждение

Химический состав воды

Химический состав воды Бейсугского лимана характеризовался выраженной сезонной динамикой по некоторым параметрам (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Table 1

Диапазоны и средние показатели качества воды Бейсугского лимана по результатам полевых наблюдений 2018 г.

Ranges and average parameters of water quality of Beysug estuary based on the results of field observations, 2018

Параметр / Parameter	5 июня / June 5	30 августа / August 30	1 октября / October 1
pH / pH	7,9–7,9/7,9	7,9–8,2/8,1	7,9–8,3/8,1
Прозрачность, см / Transparency, cm	38,6–41,6/40,0	14,0–16,0/15,3	19,9–20,3/20,1
Взвешенные вещества, мг/л / Suspended matter, mg/l	49–54/51	42–44/43	262–302/278
Соленость, ‰ / Salinity, ‰	16,0–16,0/16,0	17,8–17,8/17,8	17,6–18,5/18,1
O ₂ , мг/л / O ₂ , mg/l	7,0–7,0/7,0	7,9–9,1/8,5	6,0–6,6/6,3
O ₂ , % / O ₂ , %	85–91/89	91–107/98	85–92/88
Сухой остаток, г/л / Total dissolved solids, g/l	15,8–15,9/15,8	17,8–17,8/17,8	17,6–18,5/18,0
Cl ⁻ , г/л / Cl ⁻ , g/l	> 5,00	> 5,00	8,68–9,11/8,89
SO ₄ ²⁻ , г/л / SO ₄ ²⁻ , g/l	1,37–1,37/1,37	1,37–1,62/1,54	1,41–1,57/1,48
HCO ₃ ⁻ , мг/л / HCO ₃ ⁻ , mg/l	171–171/171	183–207/191	207–220/211
Na ⁺ , г/л / Na ⁺ , g/l	> 5,00	4,73–4,86/4,80	4,40–> 5,00
Mg ²⁺ , мг/л / Mg ²⁺ , mg/l	564–566/565	598–644/621	538–652/605
Ca ²⁺ , мг/л / Ca ²⁺ , mg/l	204–204/204	209–226/218	212–219/214
K ⁺ , мг/л / K ⁺ , mg/l	172–177/175	145–154/149	175–242/202
N _{общ} , мг/л / N _{total} , mg/l	13,7–14,0/13,8	12,8–13,1/13,0	8,80–10,4/9,60
NO ₃ ⁻ , мг/л / NO ₃ ⁻ , mg/l	13,4–13,7/13,5	12,6–12,9/12,8	8,70–10,3/9,5
NH ₄ ⁺ , мг/л / NH ₄ ⁺ , mg/l	0,28–0,28/0,28	0,19–0,71/0,43	0,78–0,78/0,78
NO ₂ ⁻ , мг/л / NO ₂ ⁻ , mg/l	0,006–0,008/0,007	< 0,005	< 0,005
P _{общ} , мг/л / P _{total} , mg/l	0,038–0,043/0,040	0,036–0,045/0,040	0,028–0,029/0,028
PO ₄ , мг/л / PO ₄ , mg/l	0,031–0,037/0,035	0,030–0,040/0,034	0,022–0,025/0,024
Нефтепродукты, мг/л / Petroleum products, mg/l	0,026–0,033/0,029	0,077–0,090/0,084	0,027–0,039/0,035
ХПК, мгО ₂ /л / COD, mgO ₂ /l	26–27/26	15,0–15,2/15,1	> 80
БПК ₅ , мг/л / BOD ₅ , mg/l	4,4–4,7/4,6	2,5–2,7/2,6	2,9–3,3/3,2
Fe, мг/л / Fe, mg/l	0,10–0,11/0,10	0,15–0,24/0,20	0,46–0,69/0,56
Cu, мг/л / Cu, mg/l	< 0,0010	< 0,0010–0,0032	< 0,003–0,0031
Pb, мкг/л / Pb, mcg/l	< 2,0	< 2,0–4,9	< 2,0–2,8
Cd, мкг/л / Cd, mcg/l	< 0,20	< 0,20–0,50	0,20–0,60/0,40

Температура воды, сформированная под влиянием сезонных условий, прогрелась до +16 °С в июне и до максимального показателя в августе (+23 °С). В октябре температура снизилась до +16 °С. Прозрачность воды в июне находилась на уровне 38–41 см, тогда как в августе и октябре фиксировалось ее заметное понижение, вызванное активным увеличением в водной толще фито-

планктонной биомассы. Водородный показатель находился в пределах слабощелочных значений ($\text{pH} = 7,9\text{--}8,3$) за весь период полевых наблюдений, что соответствует норме для объектов рыбохозяйственной категории ($\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$). Концентрация растворенного в воде кислорода находилась на уровне от 6,0 до 9,1 мг/л (норма – не менее 6 мг/л). В результате фотосинтетического перенасыщения степень насыщенности воды кислородом достигала своих максимальных значений в летний период (до 107 %).

Ионный состав воды во временном разрезе был стабилен, значимой вариабельности значений не отмечалось. Сумма ионов (минерализация) изменялась от 15,8 г/л в июне до 17,6–17,8 г/л в августе и снизилась до уровня исходных значений в октябре. Повышение минерализации в летний период обусловлено испарительным концентрированием солей в условиях сезонного сокращения водообмена при высоких температурах [7, 8].

Несмотря на поступление пресного стока с водосбора, по солености и ионному составу вода лимана сходна с Азовским морем вне зависимости от сезона отбора проб [9, 10]. В летний период содержание *хлоридов* и *натрия* периодически находилось выше предела обнаружения используемых методик ($> 5,00$ г/л). В связи с этим в октябре был проведен анализ хлоридов с использованием другого метода (ГОСТ 31867-2012), который позволил установить содержание компонентов в воде. Концентрации главных ионов в большинстве случаев соответствовали норме, установленной для водоемов с соленостью воды 12–18 ‰³.

Обращает на себя внимание сезонная динамика изменения содержания в воде азота. Концентрация *общего азота* снижалась от июня к августу на 70–80 %, после чего в октябре, напротив, значительно возрастала относительно значений, зафиксированных в августе. Содержание в воде *нитрат-иона* уменьшалось от июня к октябрю (на 30 %), что свидетельствует о его значительном потреблении или трансформации. Содержание *аммоний-иона*, напротив, возрастало от июня к октябрю в 2,3 раза, что может отражать усиление процессов минерализации органического вещества. *Нитрит-ион* характеризовался относительно пониженными значениями, что говорит о его активном вовлечении в окислительно-восстановительные превращения. Содержание в воде нитрат-иона и нитрит-иона не превышало ПДК (не более 40 и 0,08 мг/л соответственно) за весь период наблюдений. При этом средняя по точкам наблюдений концентрация аммоний-иона находилась выше ПДК (0,50 мг/л) в осенний период, превышая норму. Содержание *общего фосфора* в летний период было относительно стабильным, но в октябре сократилось на 30 %. Сходная динамика была характерна для *фосфора фосфатов*, что может быть связано с потреблением его гидробионтами и миграцией в донные отложения. Содержание компонента в воде несколько превышало норму (ПДК = 0,20 мг/л для эвтрофных водоемов), но для более объективной оценки необходимо комплексное исследование трофического статуса Бейсугского лимана.

Загрязнение воды *нефтепродуктами* характеризовалось значительной изменчивостью по сезонам. Загрязненность ими воды лимана соизмерима с их содержанием в воде Азовского моря в аналогичный период [11]. Концентрация нефтепродуктов от июня к августу увеличивалась в среднем в 2,9 раза, после чего в октябре сократилась относительно августовских значений, оставаясь

при этом несколько выше исходного уровня. Показатель *химического потребления кислорода* уменьшался в августе более чем на 40 %, однако к октябрю многократно возрастал, что в свою очередь указывает на резкое увеличение содержания органических веществ. *Биохимическое потребление кислорода* снижалось от июня к августу более чем на 40 %, а затем увеличивалось в октябре на 20–30 %. Среднее по точкам наблюдений содержание *железа* постепенно увеличивалось относительно первоначального уровня. Концентрации в воде *меди, свинца и кадмия* незначительно отличались во временном разрезе. Превышений ПДК не выявлено.

В некоторых случаях отмечено незначительное превышение ПДК: по легкоокисляемым органическим веществам (по БПК₅) (в 1,5–1,6 раза), соединениям железа (в 1,3–5,2 раза) и нефтепродуктам (в 1,5–1,8 раза).

Содержание в воде других анализируемых загрязняющих веществ во всех пробах находилось ниже предела обнаружения используемых методик и не превышало ПДК: цинк, никель и мышьяк (< 0,0050 мг/л), синтетические поверхностно-активные вещества (< 0,10 мг/л), хром общий (0,0025 мг/л), ртуть (< 0,010 мкг/л), фенолы (< 0,0005 мг/л) и бенз(а)пирен (< 0,0005 мкг/л).

Донные отложения

Донные отложения способны аккумулировать растворенные и взвешенные вещества, отражая как фоновое состояние окружающей среды, так и ее антропогенную нарушенность. В условиях высокой вариабельности водно-солевого и кислородного режима водно-болотных угодий небольшой глубины возможны процессы вторичного загрязнения водной среды [12, 13].

Отложения Бейсугского лимана представлены в основном пелитоморфными известняками с включениями в виде известняка-ракушечника. *Гранулометрический состав* донных отложений Бейсугского лимана характеризовался преобладанием алеврито-пелитовой фракции и относительной сезонной стабильностью (табл. 2).

Фракция размером 0,01–0,05 мм превалировала (62,8–66,3 %) на всех этапах наблюдений и демонстрировала минимальную изменчивость, что говорит об устойчивости литологической структуры отложений. Одновременно с этим доля более крупной фракции (0,05–0,1 мм) характеризовалась большей вариабельностью: в апреле и августе значения достигали 5,6–10,1 % с максимумом в точке 2, тогда как в октябре они снижались до 1,3–4,4 %. Это свидетельствует о перераспределении наносов под воздействием гидродинамических факторов, обусловленных, прежде всего, интенсивным ветровым перемешиванием воды и верхнего слоя донных отложений [14].

Массовая доля *нефтепродуктов* характеризовалась выраженной изменчивостью: в весенний период значения изменялись в широком диапазоне с максимальными концентрациями в точке 1, что может указывать на локализованное поступление углеводородов или их аккумуляцию в условиях слабого водообмена. В августе отмечалась относительная стабилизация содержания компонента. В октябре повторно наблюдалось увеличение амплитуд значений. Массовая доля *фенолов* в целом оставалась низкой, однако проявляла сходную

с нефтепродуктами тенденцию. Из этого можно предположить неравномерность поступления и трансформации органических соединений ароматического ряда.

Т а б л и ц а 2
Table 2

Диапазоны и средние показатели донных отложений Бейсугского лимана по результатам полевых наблюдений 2018 г.
Ranges and average parameters of bottom sediments in Beysug estuary based on the results of field observations, 2018

Параметр / Parameter	14 апреля / April 14	30 августа / August 30	1 октября / October 1
Гранулометрический состав / Grain-size composition			
Доля фракции < 0,01 мм, % / Fraction < 0.01 mm, %	27,1–29,3/28,5	27,1–29,3/28,5	29,3–33,7/32,1
Доля фракции 0,01–0,05 мм, % / Fraction 0.01–0.05 mm, %	62,8–65,1/64,0	62,8–65,1/64,0	64,7–66,3/65,3
Доля фракции 0,05–0,1 мм, % / Fraction 0.05–0.1 mm, %	5,6–10,1/7,5	5,6–10,1/7,5	1,3–4,4/2,6
Химический состав / Chemical composition			
Массовая доля нефтепродуктов, мг/кг / Petroleum products, mg/kg	6,08–19,83/14,33	9,08–11,15/10,20	9,51–20,98/15,52
Массовая доля фенолов, мг/кг / Phenols, mg/kg	< 0,05–0,066	0,030–0,037/0,034	0,032–0,070/0,052
Массовая доля сульфат-ионов, мг/кг / Sulfates, mg/kg	53,2–60,7/56,5	49,6–57,4/53,0	54,3–61,2/56,8
Массовая доля фосфат-ионов, мг/кг / Phosphates, mg/kg	51,0–58,1/54,2	47,4–55,3/52,1	49,7–55,3/51,2

Содержание в донных осадках *сульфат-ионов* находилось в диапазоне умеренной сезонной изменчивости. В апреле зафиксированы повышенные значения в точке 3 (60,7 мг/кг). Отсутствие выраженной динамики обусловлено стабильностью окислительно-восстановительных условий и сульфатредукции. Значимых изменений массовой доли *фосфат-ионов* также не прослеживалось, что говорит об устойчивости аккумуляции компонента.

Выводы

Представленные данные о химическом составе воды и донных отложений Бейсугского лимана Азовского моря, собранные в ходе полевых исследований в 2018 г., характеризуют его геохимические особенности и степень загрязненности.

Кислородный режим воды периодически находился на границе допустимого уровня. Превышение предельно допустимых концентраций анализируемых веществ носило эпизодический характер. В качестве загрязняющих компонентов можно выделить легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), соединения железа и нефтепродукты.

Учитывая небольшую глубину водоема и геохимические параметры воды и донных отложений, можно констатировать, что загрязненность Бейсугского лимана зависит не только от возможных антропогенных факторов, но и от преобладающих гидрометеорологических условий, способных оказывать значительное влияние на миграцию и накопление поллютантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический атлас Азовского моря / Г. Г. Матишов [и др.]. Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 328 с. EDN RTTGET.
2. Григоренко К. С., Матишов Г. Г. Минерализация малых водотоков Восточного Приазовья в современных маловодных условиях // Метеорология и гидрология. 2025. № 11. С. 124–131. EDN DOULJM. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2025-11-124-131>
3. Погорелов А. В., Липилин Д. А., Кузякина М. В. О техногенной деградации речных систем в Восточном Приазовье: гидрографический аспект // Геология и геофизика Юга России. 2024. Т. 14, № 3. С. 243–259. EDN VNSNVT. <https://doi.org/10.46698/i4469-5379-6925-p>
4. Krylenko M., Kosyan R., Krylenko V. Lagoons of the Smallest Russian Sea // The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence. Estuaries of the World / Ed. R. Kosyan. Cham : Springer International Publishing, 2016. P. 111–148. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43392-9_5
5. Сообщества ассоциации *Artemisia antoniceae-Elytrigia elongatae* Dubyna, *Neuhäuslová et Shelyag-Sosonko* in Dubyna, *Neuhäuslová* 2000 (класс *Scorzonero-Juncetea gerardii* Golub et al. 2001) на Ясенской косе Азовского побережья России / Н. А. Гречушкина [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 1. С. 91–95. EDN VNSNVT.
6. Денисенко О. С. Определение параметров негативного влияния на водные биоресурсы Бейсугского лимана работ по ликвидации скважин и эстакады промыслового газосборного пункта на Бейсугском газовом месторождении // Научное обозрение. Биологические науки. 2022. № 4. С. 74–82. EDN ECVBTH. <https://doi.org/10.17513/srbs.1297>
7. Wetland versus open water evaporation: An analysis and literature review / Y. A. Mohamed [et al.] // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 2012. Vol. 47–48. P. 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.08.005>
8. Global lakes are warming slower than surface air temperature due to accelerated evaporation / Y. Tong [et al.] // Nature Water. 2023. Vol. 1. P. 929–940. EDN COPVAM. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00148-8>
9. Новые данные о роли подземных и черноморских вод в Азово-Донском бассейне в период маловодья / Г. Г. Матишов [и др.] // Наука Юга России. 2021. Т. 17, № 2. С. 34–48. EDN GRKSEN. <https://doi.org/10.7868/S25000640210204>
10. Berdnikov S. V., Dashkevich L. V., Kulygin V. V. A New State in the Hydrological Regime of the Sea of Azov in the 21st Century // Doklady Earth Sciences. 2022. Vol. 503, Part 1. P. 123–128. EDN TCJDVE. <https://doi.org/10.1134/S1028334X22030059>
11. Характеристика нефтяного загрязнения Азовского моря в период 2016–2020 гг. / И. В. Кораблина [и др.] // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 1. С. 19–27. EDN TTQTMV. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2021_4_1_19
12. Решетняк О. С., Закруткин В. Е. Донные отложения как источник вторичного загрязнения речных вод металлами (по данным лабораторного эксперимента) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2016. № 4. С. 102–109. EDN XQSLVZ. <https://doi.org/10.18522/0321-3005-2016-4-102-109>
13. Experimental Simulation of the Influence of Temperature on the Migration of Substances from Bottom Sediments / V. A. Zhezhera [et al.] // Hydrobiological Journal. 2023. Vol. 59, iss. 6. P. 83–98. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v59.i6.70>

14. Гуров К. И., Фомин В. В. Математическое моделирование динамики гранулометрического состава донных отложений Балаклавской бухты под воздействием штормового волнения // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 1. С. 85–97. EDN YNYJMV. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2021-1-85-97>

Об авторе:

Сазонов Алексей Денисович, младший научный сотрудник, лаборатория гидрологии и гидрохимии ЮНЦ РАН (344006, Россия, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, д. 41), кандидат географических наук, **ORCID ID: 0000-0002-1700-9314**, **ResearcherID: PHO-8323-2026**, **Scopus Author ID: 57871089700**, **SPIN-код: 4174-8079**, alexei.sazonow2016@ya.ru