УДК 504.06:574.5(262.81)
МРНТИ 87.19.15
DOI 10.56525/VYAI3742

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА «АЛЬ-ФАРАБИ» КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Нурбаева Ф.К.[1], Нағманов Д.Г.[1], Джумашева К.А. [1], Бауыржанкызы М.[2], Маскорт-Альбеа Э. Х.[3]
[1]Yessenov University, Актау, Казахстан
[2] ТОО «Аль-Фараби Оперейтинг», г. Актау, Казахстан
[3] Севильский университет, Севилья, Испания
e-mail:farida.nurbayeva@yu.edu.kz; diasnagmanov@mail.ru;
kamshat.jumasheva@yu.edu.kz, Madina.bauyrzhankyzy@gmail.com, emascort@us.es

Аннотация. В статье представлена комплексная оценка пространственной изменчивости гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических показателей участка «Аль-Фараби» казахстанского сектора Каспийского моря по результатам производственного экологического мониторинга, проведённого 10–24 июня 2025 года. Исследования охватили 21 станцию наблюдений, включая 14 станций на контрактной территории, три контрольные станции и четыре станции в районе проведения сейсморазведочных работ. В ходе мониторинга изучены физико-химические характеристики морской воды, состав и свойства донных отложений, а также количественные и качественные показатели развития планктона, бентоса и отдельных компонентов морской фауны.

Особое внимание уделено пространственному распределению исследуемых параметров и возможности их сравнительного анализа между различными участками акватории. Комплексный подход к проведению исследований позволил рассмотреть взаимосвязь между абиотическими характеристиками морской среды и состоянием её биологических компонентов. Сопоставление результатов, полученных на производственных и контрольных станциях, обеспечивает возможность выявления локальных различий в экологических характеристиках исследуемой акватории. При этом анализ гидрофизических и гидрохимических показателей в сочетании с изучением биологических сообществ позволяет получить более полное представление о состоянии морской экосистемы.

Ключевые слова: Каспийское море, «Аль-Фараби», экологический мониторинг, морская вода, донные отложения, гидрохимия, гидробиология.

Введение

Каспийское море представляет собой уникальную экосистему, имеющую важное экологическое и экономическое значение. Его состояние определяется гидрологическими, гидрохимическими, климатическими и биологическими факторами, а также нефтегазовой деятельностью, судоходством и геологоразведочными работами. Регулярный экологический мониторинг необходим для выявления сезонных изменений и оценки потенциальных рисков.

В казахстанском секторе Каспийского моря ведётся освоение нефтегазовых участков и проводятся сейсморазведочные работы. Комплексная оценка морской среды включает исследование воды, донных отложений и гидробиологических сообществ. Совместный анализ этих компонентов позволяет выявлять пространственные различия и характеризовать состояние акватории. Содержание растворённого кислорода и биогенных веществ зависит от глубины и гидрологических условий [1, 3].

Объектом настоящего исследования является участок «Аль-Фараби». Мониторинг охватывает гидрофизические и гидрохимические показатели воды, свойства донных осадков, фитопланктон, макрозообентос, микробные сообщества и ихтиофауну. При интерпретации результатов учитываются природная неоднородность акватории, температурный режим,

течения и состав донных отложений. Межгодовое сравнение требует сопоставимости сроков наблюдений, методов отбора и анализа проб, а также пределов определения лабораторных методов. Различия между станциями и периодами наблюдений сами по себе не доказывают антропогенное воздействие.

Цель исследования — оценить пространственную изменчивость гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических показателей участка «Аль-Фараби» Каспийского моря по данным мониторинга за летний период 2025 года.

Основные задачи: анализ морской воды и донных отложений; оценка гидробиологических показателей; сопоставление результатов контрактной территории, контрольных станций и района сейсморазведки; выявление межгодовых различий за 2024–2025 годы.

Научная значимость заключается в систематизации данных мониторинга, совершенствовании программы наблюдений и формировании основы для дальнейшей оценки экологического состояния исследуемой акватории.

Материалы и методы исследования. Исследование основано на материалах производственного экологического мониторинга участка «Аль-Фараби», выполненного с 10 по 24 июня 2025 года. Сеть наблюдений включала 21 станцию: 14 станций контрактной территории, три контрольные станции за её пределами и четыре станции в районе проведения сейсморазведочных работ [7].

Программа мониторинга охватывала измерения гидрофизических параметров морской воды, лабораторный анализ гидрохимических показателей, исследование гранулометрического состава и химических характеристик донных отложений, микробиологические исследования, а также изучение фитопланктона, макрозообентоса и отдельных компонентов ихтиофауны. Дополнительно проводились гидроакустические наблюдения за распределением объектов в водной толще.

Гидрофизические параметры измерялись непосредственно в морской среде с использованием многопараметрического анализатора HORIBA U-53, диска Секки, эхолота и акустического измерителя течений SeaGuard II. Температуру, растворённый кислород, pH, солёность, электропроводность и мутность определяли в поверхностном, промежуточном и придонном горизонтах.

Пробы морской воды отбирались батометром и направлялись на лабораторный анализ. Исследования включали определение биохимического и химического потребления кислорода, взвешенных веществ, органического углерода, биогенных элементов, общих углеводородов, фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ и тяжёлых металлов. Лабораторные работы выполнялись ИЛ ХАЦ ТОО «КАПЭ» с применением фотометрических, спектрофотометрических, гравиметрических, хроматографических и масс-спектрометрических методов [7].

Донные отложения исследовались по гранулометрическому составу, температуре, окислительно-восстановительному потенциалу, содержанию органического углерода, общих углеводородов, фенолов, полициклических ароматических углеводородов и металлов. Микробиологические исследования включали определение общей численности микроорганизмов, биомассы, сапрофитных бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов и нефтеокисляющих микроорганизмов.

Гидробиологическая часть программы включала определение таксономического состава и количественных характеристик фитопланктона и макрозообентоса. Ихтиологические наблюдения проводились траловым методом на пяти станциях, а гидроакустические исследования — по 21 галсу. При интерпретации результатов учитывались различия между группами станций, глубина, вертикальная структура водной толщи и сопоставимость данных за летние периоды 2024 и 2025 годов.

При сравнении межгодовых показателей учитывались указанные в отчётах пределы определения аналитических методов. Значения ниже соответствующего предела трактовались как результаты, не позволяющие установить количественное содержание вещества данным

методом, а не как доказательство его полного отсутствия. Материалы исследования представлены преимущественно в виде диапазонов и средних значений; статистическая значимость различий между группами станций требует отдельной проверки по первичным данным.

Результаты и обсуждение. Атмосферный воздух и метеорологические условия

В рамках производственного экологического мониторинга летом 2025 года на участке «Аль-Фараби» проводились измерения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на 21 точке: 14 станциях контрактной территории, трёх контрольных станциях и четырёх станциях в районе проведения сейсморазведочных работ. Измерения выполнялись с использованием газоанализатора ГАНК-4 в соответствии с методиками, указанными в отчёте мониторинга [7].

Определялись концентрации оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), углеводородных фракций C_1–C_5, C_6–C_{10} и C_{12}–C_{19}, сероводорода (H_2S), диоксида серы (SO_2), диоксида азота (NO_2) и оксида азота (NO). Согласно данным отчёта, зарегистрированные значения исследуемых компонентов находились ниже указанных в нём пределов обнаружения применённых методов.

Таблица 1 — Результаты измерений загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на участке «Аль-Фараби» летом 2025 года

Загрязняющий компонент	Результат измерений, мг/м³	ПДК, мг/м³
Оксид углерода (CO)	< 1,5	5
Диоксид углерода (CO_2)	< 1950	4500
Метан (CH_4)	< 25	50
Углеводороды C_6–C_{10}	< 30	50
Углеводороды C_{12}–C_{19}	< 0,5	1
Углеводороды C_1–C_5	< 25	50
Сероводород (H_2S)	< 0,004	0,008
Диоксид серы (SO_2)	< 0,025	0,5
Диоксид азота (NO_2)	< 0,02	0,2
Оксид азота (NO)	< 0,03	0,4

В период наблюдений скорость ветра изменялась от 0 до 13,7 м/с, высота волн — от 0 до 0,7 м, температура воздуха — от 18 до 28 °C, атмосферное давление — от 750 до 763 мм рт. ст. В течение периода мониторинга регистрировались различные направления ветра, среди которых преобладали северо-западные и западные.

Метеорологические условия необходимо учитывать при интерпретации результатов мониторинга, поскольку скорость и направление ветра влияют на перенос и рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере. Вместе с тем имеющиеся данные не позволяют количественно оценить зависимость концентраций исследуемых компонентов от параметров ветра.

Таким образом, по данным летнего мониторинга 2025 года превышений приведённых в исходном отчёте нормативов по исследованным компонентам не зарегистрировано. Для оценки сезонной изменчивости качества воздуха целесообразно продолжать наблюдения в разные периоды года с использованием сопоставимых методов измерения.

В течение периода мониторинга регистрировались различные направления ветра, среди которых преобладали северо-западные и западные. Распределение направлений ветра представлено на рисунке 1.

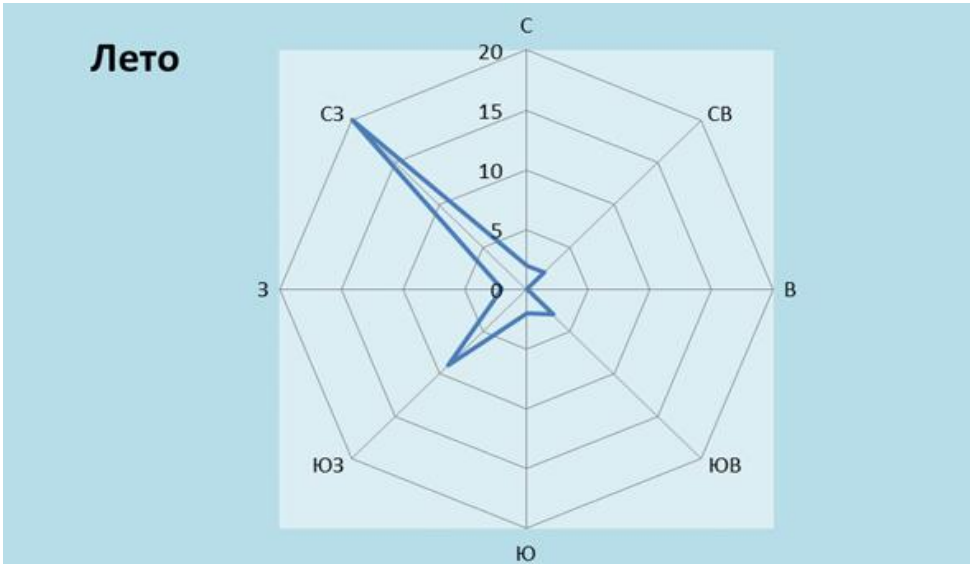


Рисунок 1 — Направления ветра в период летнего экологического мониторинга на участке «Аль-Фараби» в 2025 году.

Метеорологические условия необходимо учитывать при интерпретации результатов мониторинга, поскольку скорость и направление ветра влияют на перенос и рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере. Вместе с тем имеющиеся данные не позволяют количественно оценить зависимость концентраций исследуемых компонентов от параметров ветра.

Таким образом, летом 2025 года превышений указанных в отчёте нормативов по исследованным компонентам атмосферного воздуха не зарегистрировано. Для оценки сезонной изменчивости качества воздуха целесообразно продолжать наблюдения в разные периоды года с использованием сопоставимых методов измерения.

Гидрофизические и гидрологические характеристики морской воды. Исследования морской воды проводились на 21 станции мониторинга, включая 14 станций контрактной территории участка «Аль-Фараби», три контрольные станции и четыре станции в районе проведения сейсморазведочных работ. Измерения выполнялись непосредственно в поверхностном, промежуточном и придонном горизонтах [7].

Определялись температура, растворённый кислород, pH, солёность, электропроводность, мутность, прозрачность, глубина, скорость и направление течений. Основные диапазоны показателей приведены в таблице 2.

В таблице приведены диапазоны показателей, рассчитанные по данным таблицы-2 для всех 21 станции и трёх горизонтов измерений.

Таблица 2 – Диапазоны гидрофизических показателей морской воды на участке «Аль-Фараби» в летний период 2025 года

Показатель	Диапазон значений летом 2025 г.
Температура воды, °C	5,80–22,55
Растворённый кислород, мг/л	0,10–12,61
Водородный показатель, pH	7,95–8,44
Солёность, ‰	11,2–11,5
Электропроводность, мСм/см	12,4–18,1
Мутность, NTU	0
Прозрачность по диску Секки, м	10–15

Температура воды. Температурный режим морской воды определяется сезонными изменениями теплообмена с атмосферой, солнечной радиацией, испарением, течениями и перемешиванием водных масс. В летний период прогрев наиболее выражен в поверхностном слое, тогда как в придонных горизонтах сохраняются более низкие температуры. Вертикальное распределение температуры влияет на гидрохимические характеристики морской воды, в том числе на содержание растворённого кислорода и распределение биогенных веществ [1].

По данным мониторинга, температура воды на участке «Аль-Фараби» летом 2025 года изменялась от 5,80 °C в придонном горизонте до 22,55 °C в поверхностном. Средняя температура составила 7,09 °C в придонном горизонте, 16,52 °C в промежуточном и 21,66 °C в поверхностном. Таким образом, наблюдалось снижение температуры с глубиной, отражающее вертикальную неоднородность температурного режима водной толщи.

Для сравнения, летом 2024 года диапазон составлял 5,6–26,6 °C при среднем значении 18,6 °C. Однако корректное сопоставление средних значений требует использования одинаковой методики расчёта и одинакового состава станций и горизонтов.



Рисунок 1 — Распределение температуры морской воды по станциям мониторинга в поверхностном, промежуточном и придонном горизонтах летом 2025 года.

Растворённый кислород. Концентрация растворённого кислорода характеризовалась выраженной вертикальной изменчивостью. В 2025 году она варьировала от 0,10 до 12,61 мг/л. Минимальное значение зарегистрировано в придонном горизонте станции S-12, максимальное — в промежуточном горизонте той же станции. Средняя концентрация по водной толще составила 7,70 мг/л.

Для сравнения, летом 2024 года минимальное значение на станции S-12 составляло 0,31 мг/л, максимальное значение на станции S-3 — 11,10 мг/л, а средняя концентрация по водной толще — 8,08 мг/л. Таким образом, среднее содержание кислорода в 2025 году было несколько ниже, чем в 2024 году, тогда как максимальное зарегистрированное значение увеличилось.

Низкая концентрация кислорода в придонном горизонте станции S-12 требует отдельного рассмотрения при оценке состояния водной толщи. Вместе с тем по результатам одной серии летних наблюдений нельзя установить продолжительность кислородного дефицита или однозначно определить причины его формирования. Исследования других районов Каспийского моря также указывают на необходимость учитывать вертикальную структуру водной толщи при анализе распределения растворённого кислорода [1].



Рисунок 2 — Распределение концентрации растворённого кислорода в морской воде по станциям мониторинга в поверхностном, промежуточном и придонном горизонтах летом 2025 года.

Водородный показатель (pH). Водородный показатель является важной характеристикой химического состояния морской воды, влияющей на протекание химических и биологических процессов. Летом 2025 года pH морской воды на участке «Аль-Фараби» изменялся в диапазоне 7,95–8,44 при среднем значении 8,23. Летом 2024 года диапазон составлял 7,70–8,49 при среднем значении 8,30.

Сопоставление результатов показывает, что средний pH в 2025 году был несколько ниже, чем в предыдущем летнем периоде, при этом диапазоны значений оставались близкими. Полученные данные характеризуют изменчивость показателя в период наблюдений. Для оценки долговременных изменений кислотно-щелочного состояния морской воды необходимы сопоставимые многолетние наблюдения.



Рисунок 3 — Распределение водородного показателя (pH) морской воды по станциям мониторинга в поверхностном, промежуточном и придонном горизонтах летом 2025 года.

Электропроводность и солёность. Удельная электропроводность морской воды зависит от температуры и солёности и характеризует способность водной среды проводить электрический ток. Летом 2025 года в поверхностном горизонте электропроводность изменялась от 17,3 до 18,1 мСм/см при среднем значении 17,8 мСм/см. В промежуточном горизонте диапазон составил 14,5–17,8 мСм/см, среднее значение — 15,9 мСм/см. В придонном горизонте показатель варьировал от 12,4 до 14,8 мСм/см при среднем значении 12,8 мСм/см.

Летом 2024 года электропроводность во всей водной толще составляла 12,29–20,05 мСм/см при среднем значении 16,56 мСм/см. В 2025 году сохранялось вертикальное распределение показателя с уменьшением значений от поверхности ко дну. Вместе с тем различия следует рассматривать с учётом температурного режима и солёности воды.

Солёность морской воды летом 2025 года изменялась от 11,2 до 11,5‰ при среднем значении 11,4‰. Летом 2024 года диапазон составлял 10,97–11,55‰, а среднее значение — 11,38‰. Близость диапазонов и средних значений указывает на сходство солевого режима в периоды наблюдений, но сама по себе не позволяет сделать вывод об отсутствии техногенного воздействия.



Рисунок 4 — Распределение электропроводности морской воды по станциям мониторинга в поверхностном, промежуточном и придонном горизонтах летом 2025 года.

Гидрофизические характеристики морской воды. Глубина станций участка «Аль-Фараби» летом 2025 года варьировала от 74,8 до 478 м. Прозрачность воды составляла 10–15 м при среднем значении 12 м, тогда как летом 2024 года среднее значение достигало 16 м. Мутность во всех исследованных горизонтах регистрировалась на уровне 0 NTU; это следует интерпретировать с учётом чувствительности прибора.

Средняя скорость течений составляла 23,64 см/с на поверхности, 31,33 см/с в промежуточном горизонте и 25,69 см/с у дна. Полученные данные отражают вертикальную и пространственную изменчивость гидродинамических условий акватории.

Гидрохимические характеристики морской воды. Летом 2025 года $БПК_5$ изменялось от значений ниже предела определения 0,5 до 1,3 мг/дм³; среднее значение на контрактной территории составляло 0,7 мг/дм³ против 1,34 мг/дм³ в 2024 году. ХПК находилось в диапазоне ниже предела определения 10–66 мг/дм³. Взвешенные вещества и органический углерод во всех пробах были ниже пределов определения методов.

Концентрации аммонийного, нитритного и нитратного азота не превышали пределов определения 0,078; 0,005 и 0,020 мг/дм³ соответственно. Общий фосфор преимущественно находился ниже 0,010 мг/дм³, однако в отдельных придонных пробах достигал 0,016–0,059 мг/дм³. Содержание общих углеводородов варьировало от значений ниже 0,06 до 0,28 мг/дм³, тогда как фенолы и СПАВ были ниже пределов определения.

Сопоставление результатов требует учёта различий аналитических методов и сезонной изменчивости. Обнаружение углеводородов само по себе не подтверждает их антропогенное происхождение.

Тяжёлые металлы в морской воде. Содержание большинства исследованных металлов находилось ниже пределов определения. Исключение составила медь: на контрактной территории её концентрация составляла 0,020–0,033 мг/дм³ при среднем значении 0,027 мг/дм³. Летом 2024 года среднее значение составляло 0,0049 мг/дм³. Выявленное различие требует сопоставления с применимыми нормативами, фоновыми концентрациями и условиями проведения анализов.

Характеристика донных отложений. Донные отложения отличались неоднородным гранулометрическим составом. На контрактной территории среднее содержание гравия составляло 17,8%, крупнозернистого песка — 26,8%, мелкозернистого песка — 29,6%, алевритовой фракции — 22,5%, пелитовой — 3,3%. Температура осадков в среднем составляла 8,1 °C на глубине 1 см и 6,8 °C на глубине 4 см. Отрицательные значения окислительно-восстановительного потенциала указывали на восстановительные условия в отдельных участках донной среды.

Содержание органического углерода на контрактной территории варьировало от 0,41 до 5,78% при среднем значении 3,65%, по сравнению с 2,70% летом 2024 года. Концентрации общих углеводородов в большинстве проб были ниже предела определения 3,0 мг/кг. Исключения составили станции S-1 (16,6 мг/кг) и SM-4 (10,1 мг/кг). Фенолы и исследованные полициклические ароматические углеводороды находились ниже пределов определения.

Тяжёлые металлы в донных отложениях. По данным мониторинга, среднее содержание бария увеличилось приблизительно с 522 до 841 мг/кг, железа — с 15 672 до 23 905 мг/кг. Среднее содержание меди, согласно описательной части отчёта, возросло с 22,59 до 28,8 мг/кг. Кадмий и ртуть во всех пробах находились ниже пределов определения.

Таким образом, донные отложения характеризовались пространственной неоднородностью состава и восстановительными условиями на отдельных участках. Выявленные различия в содержании отдельных металлов и органического углерода требуют дальнейшего сопоставления с фоновыми уровнями, гранулометрическим составом и региональными геохимическими особенностями [4, 7].

В целом результаты мониторинга 2025 года отражают неоднородность гидрофизических и гидрохимических условий участка «Аль-Фараби». Для объективной оценки экологического состояния необходимо учитывать пределы определения лабораторных методов, пространственные различия между станциями и применимые нормативы качества морской среды.

На рисунке 5 представлено распределение концентраций тяжёлых металлов по станциям ПЭМ с учётом глубины. Полученные данные демонстрируют пространственную неоднородность содержания отдельных элементов в донных отложениях. Для установления характера связи между глубиной и концентрациями металлов необходимо учитывать гранулометрический состав осадков и различия природных геохимических условий исследуемых участков.

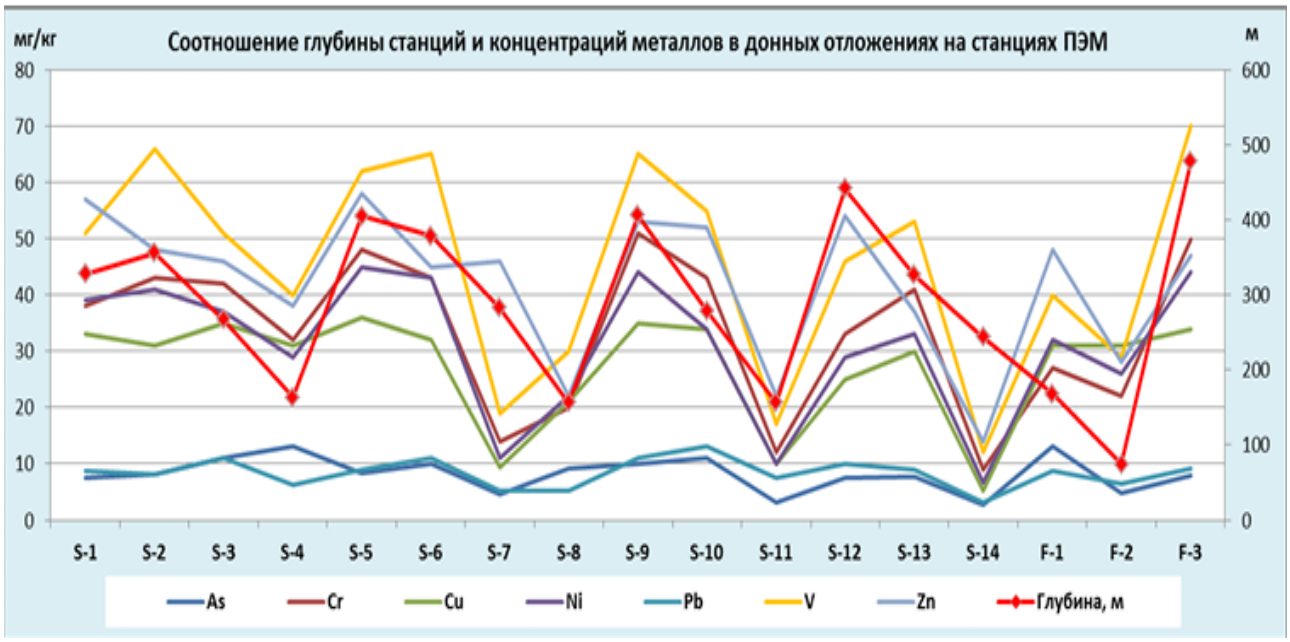


Рисунок 5 – Концентрации тяжёлых металлов в донных отложениях на станциях производственного экологического мониторинга в зависимости от глубины станций летом 2025 года.

Водная растительность. Летом 2025 года водная растительность не обнаружена ни на одной из 21 обследованной станции участка «Аль-Фараби», что соответствует результатам 2024 года. Глубина станций составляла 75,5–475 м, донные отложения преимущественно были представлены серыми и тёмно-серыми илами. Отсутствие растительности предположительно связано с большой глубиной и характером дна. Результаты относятся только к обследованным точкам.

Микробиологические характеристики донных отложений. Общая численность микроорганизмов в 2025 году составляла 3,0–21,2 млрд кл./г, биомасса — 3,6–32,16 мг/г. По сравнению с 2024 годом увеличились верхние границы обоих показателей. Численность сапрофитных бактерий варьировала от 255 тыс. до 197,5 млн кл./г. Актиномицеты обнаружены только на станции S-8, микроскопические грибы — на 14 станциях.

Нефтеокисляющие микроорганизмы выявлены во всех пробах; их численность преимущественно находилась в диапазоне 25–25 000 кл./г против 25–250 кл./г в 2024 году. Эти различия указывают на межгодовую и пространственную изменчивость микробных сообществ, однако сами по себе не доказывают нефтяное загрязнение.

Фитопланктон. В 2025 году выявлено 26 таксонов фитопланктона пяти групп, наиболее многочисленными по разнообразию были Bacillariophyta (10 таксонов) и Miozoa (9). Численность на контрактной территории составляла 30,7–300,4 млн кл./м³ при среднем значении 131,4 млн кл./м³. Средняя биомасса достигала 1295,8 мг/м³. В районе сейсморазведочных работ средняя численность составляла 138,6 млн кл./м³, биомасса — 1913,4 мг/м³; на контрольных станциях — соответственно 103,2 млн кл./м³ и 741,2 мг/м³.

По сводным данным отчёта, число таксонов увеличилось с 15 в 2024 году до 26 в 2025 году, а средняя численность — с 46,3 до 128,7 млн кл./м³. Изменения отражают межгодовую динамику сообщества, но для установления причин необходимо учитывать гидрохимические и гидрологические условия.

Макрозообентос. В 2025 году выявлено 23 таксона макрозообентоса. Средняя численность составила 351 экз./м² на контрактной территории и 900 экз./м² на контрольных станциях; в пробах с участков сейсморазведочных работ организмы не обнаружены. В сравнительной таблице отчёта средняя численность за 2024 год указана как 1559 экз./м², а за 2025 год — 362 экз./м². По численности преобладали ракообразные, по биомассе — моллюски.

Выявленные различия требуют учёта глубины, состава донных отложений и особенностей отбора проб.

Ихтиофауна. В ходе мониторинга зарегистрированы два вида бычковых рыб: Benthophilus kessleri и Mesogobius nonultimus. Всего выловлено четыре экземпляра. Рыбы обнаружены на двух из пяти траловых станций. Средняя относительная численность составила 2,78 экз./га, биомасса — 5,64 г/га. Небольшой объём улова не позволяет делать широкие выводы о состоянии популяций.

Гидроакустические исследования. Гидроакустические цели, интерпретированные в отчёте как рыбы, зарегистрированы на всех 21 галсе. Их расчётная плотность составляла 15,6–195,9 экз./га. Максимум отмечен на станции S-14, минимум — на S-3. Эти данные характеризуют пространственное распределение акустических объектов, но не позволяют достоверно определить их видовой состав без дополнительной проверки.

Обобщение результатов. Мониторинг 2025 года выявил пространственную и межгодовую изменчивость гидробиологических показателей участка «Аль-Фараби». Изменения численности микроорганизмов, фитопланктона и макрозообентоса необходимо интерпретировать совместно с гидрофизическими, гидрохимическими характеристиками и составом донных отложений. Имеющиеся данные не позволяют однозначно связать выявленные различия с конкретным антропогенным фактором; для этого необходимы дальнейшие сопоставимые наблюдения.

Заключение. По результатам производственного экологического мониторинга, проведённого летом 2025 года на участке «Аль-Фараби» казахстанского сектора Каспийского моря, выполнена комплексная оценка физических, химических и биологических характеристик морской среды. Исследования охватывали 21 станцию: 14 в пределах контрактной территории, три контрольные и четыре в районе сейсморазведочных работ.

Температура морской воды варьировала от 5,80 до 22,55 °C, содержание растворённого кислорода — от 0,10 до 12,61 мг/л. Минимальное содержание кислорода зарегистрировано у дна на станции S-12, что обосновывает необходимость дальнейшего изучения придонных условий. По большинству исследованных гидрохимических показателей концентрации находились ниже пределов аналитического определения. При этом содержание общего фосфора в отдельных придонных пробах достигало 0,059 мг/дм³, а меди составляло 0,020–0,033 мг/дм³. Интерпретация этих результатов требует учёта нормативных критериев, фоновых характеристик и сопоставимости методов анализа.

В донных отложениях выявлены пространственные различия гранулометрического состава и содержания органического углерода. Концентрации общих углеводородов на станциях S-1 и SM-4 составили соответственно 16,6 и 10,1 мг/кг. Полициклические ароматические углеводороды и фенолы находились ниже пределов определения. Отрицательные значения окислительно-восстановительного потенциала и запах сероводорода на отдельных станциях указывают на наличие восстановительных условий в донных осадках.

В фитопланктоне зарегистрировано 26 таксонов, а средняя численность по сводным данным отчёта составила 128,7 млн кл./м³ против 46,3 млн кл./м³ в 2024 году. В макрозообентосе выявлено 23 таксона; средняя численность по сравнительной таблице составила 362 экз./м² против 1559 экз./м² годом ранее. На четырёх станциях района сейсморазведочных работ макрозообентос в пробах не обнаружен. Эти различия характеризуют пространственную и межгодовую изменчивость биологических сообществ, но сами по себе не доказывают антропогенного воздействия.

На пяти траловых станциях зарегистрированы два вида бычковых рыб; общий улов составил четыре экземпляра. Данные гидроакустических наблюдений свидетельствуют о неоднородности распределения акустических целей, однако их видовую принадлежность нельзя достоверно определить только по акустическим данным.

В целом результаты мониторинга характеризуют исследуемую акваторию как пространственно неоднородную морскую систему. Сопоставление с данными 2024 года выявило изменения ряда физико-химических и биологических показателей, однако их

интерпретация требует учёта сезонных и гидрологических условий, сопоставимости методов отбора и анализа проб и пределов аналитического определения.

Для повышения достоверности последующих оценок рекомендуется продолжить регулярный мониторинг по сопоставимой сети станций, уделить особое внимание придонному содержанию растворённого кислорода и участкам с повышенными значениями отдельных химических показателей, а также провести статистический анализ различий между контрактной территорией, контрольными станциями и районом сейсморазведочных работ. Комплексное рассмотрение гидрохимических, седиментологических и гидробиологических данных позволит обоснованнее оценивать динамику экологического состояния участка «Аль-Фараби».

Авторы выражают благодарность ТОО «ECOTERA» за предоставление аналитических данных, а также Казгидромету и Институту океанологии РАН за доступ к архивам гидрометеорологических наблюдений.

Исследование выполнено в рамках инициативного научного проекта без внешнего финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nurbayeva F.K., Jumasheva K.A., Nagmanov D.G., Bauyrzhankyzy M. Study of the Impact of Changes in the Caspian Sea Level on Coastal Ecosystems // Yessenov Science Journal. – 2025. – № 2 (51). – DOI: 10.56525/YJNK1653.

2. Karpinsky M.G. Review: the Caspian Sea benthos: unique fauna and community formed under strong grazing pressure // Marine Pollution Bulletin. — 2010. — Vol. 61, Issues 4–6. — P. 156–161. — DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.009

3. Калиманова Д.Ж., Калимукашева А.Д., Кубашева Ж.А., Назетова А.А. Features of hydrochemical and geochemical indicators of the north-eastern part of the Caspian Sea (zones, oil and gas fields of the Kazakhstan sector). — Научная публикация о гидрохимических и геохимических характеристиках казахстанского сектора Каспия. Данные о журнале и выходных страницах следует уточнить по оригиналу статьи.

4. Баймұқашева Ш.Х., Молдағазиев О. Каспий теңізінің су экожүйесіне техногендік әсерлерді экологиялық бағалау // Yessenov Science Journal. – 2026. – № 1 (54). – Б. 308–315. – DOI: 10.56525/SIGK8519.

5. Koibakova, S., & Khamidollaeva, M. (2026). Analysis of geographical and physical location of fisheries water bodies for comprehensive research. Yessenov Science Journal, 1(54), 274–279. https://doi.org/10.56525/AYWB2395

6. Karpinsky M.G. Review: the Caspian Sea benthos: unique fauna and community formed under strong grazing pressure // *Marine Pollution Bulletin*. — 2010. — Т. 61, № 4–6. — С. 156–161. — DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.009.

7. Krupa E. Assessment of Changes in the Structure of Zooplankton Communities to Infer Water Quality of the Caspian Sea // *Diversity*. — 2019. — Т. 11, № 8. — Статья 122. — DOI: https://doi.org/10.3390/d11080122.

8. Janaliyeva, N. Sh., Zhakanova, A. A., & Dzhabykbayeva, M. A. (2025). Assessment of the geological condition of the coastal zone of the Caspian Sea in Aktau region. Yessenov Science Journal, 4(53), 404–410. https://doi.org/10.56525/LVCN2323

9. Отчёт производственного экологического мониторинга участка «Аль-Фараби» за летний период 2025 года. Данные мониторинга морской воды, донных отложений и гидробиологических показателей за 10–24 июня 2025 года. — Первичный источник данных исследования. Полное название организации-исполнителя, номер отчёта и место издания необходимо указать по титульному листу документа.

REFERENCES

1. Nurbayeva F.K., Jumasheva K.A., Nagmanov D.G., Bauyrzhankyzy M. Study of the Impact of Changes in the Caspian Sea Level on Coastal Ecosystems // Yessenov Science Journal. – 2025. – № 2 (51). – DOI: 10.56525/YJNK1653.

2. Karpinsky M.G. Review: the Caspian Sea benthos: unique fauna and community formed under strong grazing pressure // Marine Pollution Bulletin. — 2010. — Vol. 61, Issues 4–6. — P. 156–161. — DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.009

3. Калиманова Д.Ж., Калимукашева А.Д., Кубашева Ж.А., Назетова А.А. Features of hydrochemical and geochemical indicators of the north-eastern part of the Caspian Sea (zones, oil and gas fields of the Kazakhstan sector). — Научная публикация о гидрохимических и геохимических характеристиках казахстанского сектора Каспия. Данные о журнале и выходных страницах следует уточнить по оригиналу статьи.

4. Баймұқашева Ш.Х., Молдағазиев О. Каспий теңізінің су экожүйесіне техногендік әсерлерді экологиялық бағалау // Yessenov Science Journal. – 2026. – № 1 (54). – Б. 308–315. – DOI: 10.56525/SIGK8519.

5. Koibakova, S., & Khamidollaeva, M. (2026). Analysis of geographical and physical location of fisheries water bodies for comprehensive research. Yessenov Science Journal, 1(54), 274–279. https://doi.org/10.56525/AYWB2395

6. Karpinsky M.G. Review: the Caspian Sea benthos: unique fauna and community formed under strong grazing pressure // *Marine Pollution Bulletin*. — 2010. — Т. 61, № 4–6. — С. 156–161. — DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.009.

7. Krupa E. Assessment of Changes in the Structure of Zooplankton Communities to Infer Water Quality of the Caspian Sea // *Diversity*. — 2019. — Т. 11, № 8. — Статья 122. — DOI: https://doi.org/10.3390/d11080122.

8. Janaliyeva, N. Sh., Zhakanova, A. A., & Dzhabykbayeva, M. A. (2025). Assessment of the geological condition of the coastal zone of the Caspian Sea in Aktau region. Yessenov Science Journal, 4(53), 404–410. https://doi.org/10.56525/LVCN2323

9. Отчёт производственного экологического мониторинга участка «Аль-Фараби» за летний период 2025 года. Данные мониторинга морской воды, донных отложений и гидробиологических показателей за 10–24 июня 2025 года. — Первичный источник данных исследования. Полное название организации-исполнителя, номер отчёта и место издания необходимо указать по титульному листу документа.

КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ «ӘЛ-ФАРАБИ» УЧАСКЕСІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ

Нурбаева Ф.К.[1], Нағманов Д.Г.[1], Джумашева К.А. [1], Бауыржанкызы М.[2], Маскорт-Альбеа Э. Х.[3]

[1]Yessenov University, Ақтау қ., Қазақстан
[2] ЖШС «Аль-Фараби Оперейтинг», Ақтау қ., Қазақстан
[3]Севилья университеті, Севилья қаласы, Испания
e-mail:farida.nurbayeva@yu.edu.kz; diasnagmanov@mail.ru;
kamshat.jumasheva@yu.edu.kz, Madina.bauyrzhankyzy@gmail.com, emascort@us.es

Андатпа. Мақалада 2025 жылғы 10–24 маусым аралығында жүргізілген өндірістік экологиялық мониторинг нәтижелері бойынша Каспий теңізінің қазақстандық секторындағы «Әл-Фараби» учаскесінің гидрофизикалық, гидрохимиялық және гидробиологиялық көрсеткіштерінің кеңістіктік өзгергіштігіне кешенді бағалау ұсынылған. Зерттеу жұмыстары 21 бақылау станциясын қамтыды, оның ішінде 14 станция келісімшарттық аумақта, үш

бақылау станциясы және төрт станция сейсмикалық барлау жұмыстары жүргізілген аймақта орналасқан. Мониторинг барысында теңіз суының физикалық-химиялық сипаттамалары, түптік шөгінділердің құрамы мен қасиеттері, сондай-ақ планктонның, бентостың және теңіз фаунасының жекелеген компоненттерінің сандық және сапалық даму көрсеткіштері зерттелді.

Зерттеу параметрлерінің кеңістіктік таралуына және акваторияның әртүрлі учаскелері арасындағы салыстырмалы талдау мүмкіндігіне ерекше назар аударылды. Зерттеулерді жүргізудің кешенді тәсілі теңіз ортасының абиотикалық сипаттамалары мен оның биологиялық компоненттерінің жай-күйі арасындағы өзара байланысты қарастыруға мүмкіндік берді. Өндірістік және бақылау станцияларында алынған нәтижелерді салыстыру зерттелетін акваторияның экологиялық сипаттамаларындағы жергілікті айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл ретте гидрофизикалық және гидрохимиялық көрсеткіштерді биологиялық қауымдастықтарды зерттеумен ұштастыра талдау теңіз экожүйесінің жай-күйі туралы неғұрлым толық түсінік қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Каспий теңізі, «Аль-Фараби», экологиялық мониторинг, теңіз суы, түптік шөгінділер, гидрохимия, гидробиология.

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATUS OF THE AL-FARABI SITE IN THE CASPIAN SEA

Nurbayeva F.K.[1], Nagmanov D.G.[1], Jumasheva K.A.[1], Bauyrzhankyzy M.[2], Mascort-Albea E. J.[3]

[1]Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

[2] LLP “Al-Farabi Operating”, Aktau, Kazakhstan

[3]University of Seville, Seville, Spain

e-mail:farida.nurbayeva@yu.edu.kz; diasnagmanov@mail.ru;

kamshat.jumasheva@yu.edu.kz, Madina.bauyrzhankyzy@gmail.com, emascort@us.es

Annotation. The article presents a comprehensive assessment of the spatial variability of hydrophysical, hydrochemical, and hydrobiological parameters at the Al-Farabi site in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea, based on the results of industrial environmental monitoring conducted from June 10 to 24, 2025. The study covered 21 monitoring stations, including 14 stations within the contract area, three control stations, and four stations located in the area of seismic exploration activities. The monitoring programme examined the physicochemical characteristics of seawater, the composition and properties of bottom sediments, as well as the quantitative and qualitative indicators of plankton, benthos, and selected components of marine fauna.

Particular attention was paid to the spatial distribution of the investigated parameters and the possibility of their comparative analysis across different areas of the water body. The integrated research approach made it possible to examine the relationships between the abiotic characteristics of the marine environment and the condition of its biological components. Comparing the results obtained at operational and control stations provides an opportunity to identify local differences in the environmental characteristics of the study area. Furthermore, the combined analysis of hydrophysical and hydrochemical parameters, together with the assessment of biological communities, provides a more comprehensive understanding of the state of the marine ecosystem.

Keywords: Caspian Sea, Al-Farabi, environmental monitoring, seawater, bottom sediments, hydrochemistry, hydrobiology.