

Результаты гидролого-гидрохимических и биологических исследований в акватории мидийно-устричной фермы в 2023–2024 годах (Черное море, поселок Кореиз)

С. В. Щуров *, Н. В. Поспелова, О. А. Трощенко,
Н. П. Ковригина, Е. В. Лисицкая, А. С. Приймак

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия

* email: shchur@ibss-ras.ru

Аннотация

Представлены результаты комплексных гидролого-гидрохимических и гидробиологических исследований прибрежной акватории поселка Кореиз (Южный берег Крыма, Черное море). В 2023–2024 гг. в районе мидийно-устричной фермы выполнены шесть съемок, охватывающих все сезоны. В поверхностном слое (0–0.5 м) отобрана 61 проба, выполнено 720 гидрохимических анализов. Пробы фитопланктона отбирали на станциях 1–5 в поверхностном слое. Пробы меропланктона отбирали сетью Джеди (диаметр входного кольца 36 см, размер газа № 49) в слое 0–10 м на прибрежных станциях 1, 5 и 7. Показано, что температура и соленость поверхностного слоя в годы наблюдений устойчиво превышали среднееголетние значения для района Ялты, однако оставались в пределах 7–25 °С и 17–20 ‰, благоприятных для культивирования двусторчатых моллюсков. Содержание растворенного кислорода во все сезоны было значительно выше рыбохозяйственных нормативов. Значения БПК₅ и коэффициента загрязнения *Kz* соответствовали категории незагрязненных вод. Концентрации минеральных форм азота и фосфора в большинстве случаев были однородными и не превышали предельно допустимых концентраций. Выявленные локальные очаги повышенного содержания аммонийного азота, нитратов и органических форм азота и фосфора ограничивались районом фермы и прибрежной станцией, подверженной влиянию хозяйственных стоков. В фитопланктоне идентифицировано 77 видов микроводорослей, при этом круглый год по численности доминировали диатомовые водоросли, а в холодный и весенний сезоны значительную часть биомассы составляли кормовые для мидий и устриц таксоны. В состав меропланктона входили личинки 43 видов донных беспозвоночных, личинки культивируемых моллюсков *Mytilus galloprovincialis* и *Magallana gigas* встречались в характерных для этих видов температурных диапазонах. Совокупность полученных данных позволяет рассматривать район пос. Кореиз как экологически благоприятную акваторию для функционирования мидийно-устричной фермы.

© Щуров С. В., Поспелова Н. В., Трощенко О. А., Ковригина Н. П.,
Лисицкая Е. В., Приймак А. С., 2026



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0) License

Ключевые слова: гидрохимические показатели, фитопланктон, меропланктон, марикультура, Черное море

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме: «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов» (регистрационный номер: 124022400152-1).

Для цитирования: Щуров С. В., Поспелова Н. В., Трощенко О. А., Ковригина Н. П. и др. Результаты гидролого-гидрохимических и биологических исследований в акватории мидийно-устричной фермы в 2023–2024 годах (Черное море, поселок Кореиз) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2026. № 2. С. 76–92. EDN FBVCKA.

Results of Hydrological, Hydrochemical and Biological Studies in the Waters of the Mussel and Oyster Farm in 2023–2024 (Black Sea, the Resort Town of Koreiz)

**S. V. Shchurov*, N. V. Pospelova, O. A. Troshchenko,
N. P. Kovrigina, E. V. Lisitskaya, A. S. Priymak**

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, RAS, Sevastopol, Russia

** email: shchur@ibss-ras.ru*

Abstract

The paper presents results of comprehensive hydrological, hydrochemical and hydrobiological investigations of the coastal waters off Koreiz (Southern Coast of Crimea, Black Sea). In 2023–2024, a total of six seasonal sampling sessions were conducted within the area near a mussel and oyster farm, thus ensuring comprehensive coverage of all seasons. In the surface layer (0–0.5 m), 61 samples were collected, and 720 hydrochemical analyses were performed. Phytoplankton was sampled at stations 1–5 in the surface layer. Meroplankton samples were collected with a Juday net (entry ring diameter 36 cm, gas size no. 49) in the 0–10 m layer at coastal stations 1, 5 and 7. It was shown that the temperature and salinity levels of the surface layer during the study period exhibited a consistent increase compared to the long-term means for the Yalta area. However, these parameters remained within the range 7–25°C and 17–20‰, which is conducive for cultivation of bivalve molluscs. The dissolved oxygen concentrations in all seasons remained substantially above the threshold values specified by fisheries water quality standards. The values of five-day biochemical oxygen demand (BOD₅) and the pollution coefficient K_z corresponded to the category of “unpolluted” waters. Concentrations of inorganic forms of nitrogen and phosphorus were in most cases low and spatially homogeneous. The local hotspots of elevated ammonium, nitrate and organic nitrogen and phosphorus were identified in the mussel and oyster farm area and a coastal station influenced by domestic wastewater. In the phytoplankton, 77 microalgal species were identified; diatoms dominated numerically throughout the year, while in the cold and spring seasons a substantial part of the biomass was formed by taxa considered food for mussels and oysters. The meroplankton community was found to comprise larvae of 43 benthic invertebrate species; larvae of the cultivated bivalves *Mytilus galloprovincialis* and *Magallana gigas* occurred within the temperature ranges characteristic of these species. The obtained data indicate that the coastal waters off Koreiz can be regarded as an environmentally favourable area for the operation of a mussel and oyster farm.

Keywords: hydrochemical indicators, phytoplankton, meroplankton, mariculture, Black Sea

Acknowledgments: This work was carried out within the framework of the state assignment of IBSS “Comprehensive study of the functioning mechanisms of marine biotechnological complexes with the aim of obtaining bioactive substances from hydrobionts” (124022400152-1).

For citation: Shchurov, S.V., Pospelova, N.V., Troshchenko, O.A., Kovrigina, N.P., Lisitskaya, E.V. and Priymak, A.S., 2026. Results of Hydrological, Hydrochemical and Biological Studies in the Waters of the Mussel and Oyster Farm in 2023–2024 (Black Sea, the Resort Town of Koreiz). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 76–92.

Введение

Марикультура мидий и устриц – одно из перспективных направлений рационального использования биологических ресурсов прибрежной зоны Черного моря. Двустворчатые моллюски, с одной стороны, служат ценным объектом промысла и аквакультуры, с другой – участвуют в биофильтрации и перераспределении вещества в прибрежных экосистемах, оказывая влияние на качество морской среды. В условиях изменения климата и роста антропогенной нагрузки на прибрежную полосу оценка пригодности участков шельфа для развития аквакультуры требует комплексного учета гидролого-гидрохимических и биологических характеристик. При этом для акваторий с действующими марихозьяствами экологическая безопасность определяется изменчивостью гидрофизических параметров, концентрации кислорода и биогенных веществ, а также структурой фито- и меропланктона, которые формируют кормовую базу и обеспечивают естественное пополнение популяций культивируемых видов.

Фитопланктон является основным звеном трофической пирамиды прибрежной зоны и во многом определяет кормовую обеспеченность культивируемых моллюсков. Для мидий и устриц наилучшими в кормовом отношении являются мелкоклеточные диатомовые и динофитовые водоросли [1, 2], тогда как развитие токсичных динофлагеллят (прежде всего *Dinophysis* и *Alexandrium*) способно приводить к накоплению токсинов в тканях моллюсков [3, 4]. От температуры и солености воды существенно зависят сроки размножения моллюсков, а также плотность их пелагических личинок в планктоне [5]. В связи с этим комплексное исследование в зоне мидийно-устричной фермы позволяет не только оценить ее текущую экологическую нагрузку на прибрежную экосистему, но и обосновать устойчивость функционирования хозяйства с точки зрения экологической безопасности.

В качестве объекта исследования мы выбрали действующую мидийно-устричную ферму площадью около 7 га, расположенную в прибрежной зоне п. Кореиз. Протяженность исследуемой акватории – около 2.4 км, максимальная удаленность от берега – 700 м, глубина – от 8 до 32 м. Кореиз – район Южного берега Крыма (ЮБК) с субтропическим климатом средиземноморского типа. Отсутствие хорошо выраженных бухт обуславливает частое развитие волнения, особенно в холодный сезон, что важно для водообмена и формирования полей концентраций растворенных и взвешенных веществ. В исследуемом районе в море впадают три небольшие реки: Хосма-Баш, Узень-Чешме и Загмата, которые, возможно, влияют на гидрологический режим.

Здесь находятся несколько крупных пансионатов, а также прибрежные застройки, которые могут быть источниками антропогенного загрязнения.

Исследования, аналогичные представленным в данной работе, были выполнены нами в акваториях мидийно-устричных ферм в Голубом заливе у п. Кацивели [6], в озере Донузлав и на взморье Севастополя [7, 8]. Имеются данные по оценке качества вод в акватории порта Ялты [9]. Однако прибрежный район п. Кореиз почти не изучен.

Цель настоящей работы – изучить распределение основных гидролого-гидрохимических показателей и характеристик фито- и меропланктона в районе мидийно-устричной фермы п. Кореиз, а также оценить пригодность данной акватории для культивирования двустворчатых моллюсков.

Материал и методы

Гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования в районе п. Кореиз проводили с марта 2023 по сентябрь 2024 г. Были охвачены все сезоны: зима (февраль 2024 г.), весна (март и май 2023 г., май 2024 г.), лето (август 2023 г.) и осень (сентябрь 2024 г.). Всего выполнено шесть комплексных съемок согласно схеме станций (рис. 1).

Съемки выполняли с борта маломерного катера. Пробы отбирали в основном в поверхностном слое (0–0.5 м); отобрана 61 проба, выполнено около 720 анализов. В комплекс гидролого-гидрохимических анализов входило измерение температуры и солености, определение содержания растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅), перманганатной окисляемости в щелочной среде, концентрации силикатов,

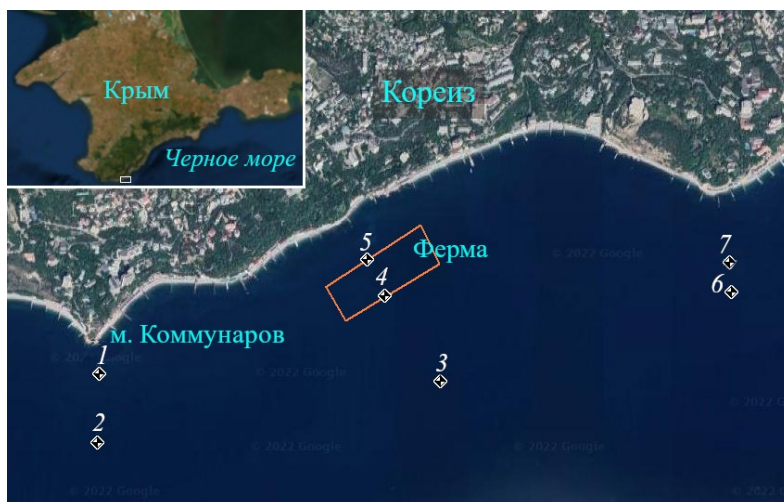


Рис. 1. Карта-схема района исследований (цифрами указаны номера станций, ферма – мидийно-устричная ферма). Источник: Google Maps (URL: <https://www.google.ru/maps>)

Fig. 1. Schematic map of the study area (the figures are station numbers, ферма – the mussel and oyster farm). Adopted from: Google Maps (Available at: <https://www.google.ru/maps>)

а также минеральных и органических форм азота и фосфора. Анализы выполняли согласно общепринятым методикам^{1), 2)}. Коэффициент загрязнения (Kz), равный отношению величин БПК₅ к окисляемости, рассчитан по работе³⁾.

Пробы фитопланктона отбирали на ст. 1–5 в поверхностном слое (0–1 м), обработка выполнена в соответствии с руководством⁴⁾. Микроводоросли идентифицировали с помощью определителей^{5), 6), 7)}. Средний объем клеток и биомассу фитопланктона определяли с использованием компьютерной программы [10]. Всего отобрано и обработано 29 проб. Численность и биомасса фитопланктона распределены по таксономическим группам (диатомовые – *Dia*, динофитовые – *Dino*, прочие – *other*) и по трофической значимости (кормовые/некормовые) [1]. Пробы меропланктона отбирали сетью Джели (диаметр входного кольца 36 см, газ № 49) в слое 0–10 м на прибрежных станциях 1, 5 и 7 (рис. 1). Материал обрабатывали в живом виде, личинок донных беспозвоночных подсчитывали в камере Богорова под световыми микроскопами МБС-9 и Микмед-5. Всего отобрано 15 проб, методы их обработки соответствовали выполненным ранее [7, 11].

Результаты

Проводя анализ термохалинных характеристик, мы сравнивали вновь полученные результаты с режимными многолетними показателями (Ялта) за 1900–2011 гг. [12].

Температура. Февральская съемка 2024 г. показала аномально высокую температуру поверхностного слоя воды (12.1 °С) по сравнению со средне-многолетним значением (7.7 °С). При этом результаты съемки были выше и среднемноголетних максимумов (9.7 °С), и абсолютного максимума для февраля (10.4 °С). В марте 2023 г. температура поверхностного слоя менялась в диапазоне 8.8–9.2 °С, что соответствовало многолетним максимальным показателям. Весенние съемки (май 2023 г. и май 2024 г.) показали изменчивость температуры от 14.4 до 15.0 °С, что также было больше среднемноголетних значений (13.9 °С). В августе 2023 г. температура достигала 26.8 °С,

¹⁾ РД 52.24.420-2019, РД 52.24.383-2018, РД 52.24.380-2017, РД 52.24.381-2017, РД 52.24.382-2019, РД 52.24.432-2018, РД 52.10.805-2013, РД 52.24.387-2019.

²⁾ Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Федерального агентства по рыболовству от 26.05.2025 № 296 : зарегистрировано Минюстом России 02.06.2025 № 82497. URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/1312976080/modid/99> (дата обращения: 08.05.2026).

³⁾ Скопинцев Б. А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. 336 с.

⁴⁾ Moncheva S., Parr B. Manual for phytoplankton sampling and analysis in the Black Sea. 2010. 67 p.

⁵⁾ Киселев И. А. Определитель по фауне СССР. Панцирные жгутиконосцы (Dinoflagellata) морей и пресных вод СССР. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1950. 280 с.

⁶⁾ Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. Москва ; Ленинград : Изд. АН СССР, 1955. 224 с.

⁷⁾ Marine phytoplankton : A guide to naked flagellates and coccolithophorids / Edited by C. R. Tomas. Academic Press, 1993. 263 p.

превышая среднееголетние значения на 3.5 °С. В сентябре на всех станциях температура составляла 24.7 °С, что было выше среднееголетнего значения на 3.9 °С. Пространственное распределение температуры поверхностного слоя во всех съемках было однородным.

Соленость. Средние по акватории значения солености поверхностного слоя воды во всех съемках превышали среднееголетние значения на 0.28÷0.56 ‰, кроме августа 2023 г. Съемка в этот месяц показала минимальное за весь период исследований значение солености на всех станциях (17.63 ‰) и однородное распределение этого показателя по всей акватории. Следует отметить, что пространственное распределение солености в феврале, марте и сентябре, несмотря на малую площадь акватории, отличалось неоднородностью с разностью значений между станциями 0.30÷0.36 ‰.

Гидрохимические условия. Экстремальные и средние значения гидрохимических показателей в поверхностном слое акватории п. Кореиз в 2023–2024 гг. представлены в табл. 1.

Кислородный режим, БПК₅ и окисляемость. Распределение абсолютного содержания кислорода в период исследований достаточно однородно. Его значения изменялись в пределах от 7.44 до 10.07 мг/дм³. Минимальное значение зафиксировано в сентябре 2024 г. на ст. 2 и 3. Средние по съемкам значения колебались в пределах от 7.49 до 9.92 мг/дм³. Относительное содержание значений растворенного кислорода в процентах насыщения изменялось в пределах 91.3–124.5 %. Минимальное значение отмечено 6 марта 2023 г. на прибрежной станции 1, максимальное – 25 августа 2023 г. на ст. 5 в районе фермы. Средние по съемкам значения насыщения кислородом изменялись в пределах от 94.5 % (6 марта 2023 г.) до 116 % (25 августа 2023 г.). Минимальное значение насыщения кислородом было выше нормативов в 2.3 раза (40 %).

Значения БПК₅ изменялись в пределах от 0.17 до 2.58 мг/дм³ (см. рис. 2), максимальное отмечено 15 мая 2023 г. на мористой станции 3, расположенной на траверзе фермы. На остальных станциях показатели БПК₅ были значительно ниже и не превышали нормативов (2.1 мг/дм³ по рыбохозяйственным нормативам²⁾); в другие даты наблюдений превышения нормативов не зафиксированы.

Окисляемость в период наблюдений изменялась от 2.75 до 6.02 мгО/дм³ (рис. 3). Минимальные значения зарегистрированы в феврале 2024 г. на мористой станции 6 (см. рис. 1).

Превышение нормативов (4.0 мгО/дм³) было отмечено в мае и августе 2023 г. на всех станциях, а также в сентябре 2024 г. на ст. 2 и 5 (мористая на траверзе м. Коммунаров и прибрежная в районе фермы соответственно). Причем в августе 2023 г. в районе фермы зарегистрирована максимальная окисляемость вследствие загрязнения органическим веществом. В теплый период 2023 г. средние по съемкам значения окисляемости были выше нормативов на 0.75 мгО/дм³ (в мае) и 1.52 мгО/дм³ (в августе). Коэффициент загрязнения K_z , равный отношению БПК₅ к окисляемости, по Скопинцеву [10], варьировал от 0.09 до 0.55.

Биогенные элементы. Концентрации *нитритного азота* в поверхностном слое были низкими и изменялись в пределах 0.4–2.5 мкг/дм³. Минимальная концентрация отмечена в мае 2024 г. на ст. 4, максимальная – в мае 2023 г.

Таблица 1. Средние и экстремальные значения гидрохимических показателей в поверхностном слое на исследуемой акватории (2023–2024 гг.).

Table 1. Average and extreme values of hydrochemical parameters in the surface layer of the water area under study (2023–2024)

Дата / Date	Значение / Value	БПК ₅ , мг/дм ³ / BOD ₅ , mg/dm ³	Окисляе- мость, мгО/дм ³ / PI, mgO/dm ³	Содержание, мкг/дм ³ / Content, µg/dm ³						
				NO ₂	NO ₃	NH ₄	N _{opr} / N _{org}	PO ₄	P _{opr} / P _{org}	Si
26.03. 2023	Среднее / Mean	0.50	2.78	1.2	2.9	7.8	535	4.0	23.9	109.5
	Min	0.17	2.40	0.8	2.1	3.5	377	2.4	20.8	87.4
	Max	0.75	3.53	2.1	4.8	12.5	645	7.6	31.7	188.8
15.05. 2023	Среднее / Mean	1.41	4.75	1.1	4.8	7.4	308	1.7	18.6	95.4
	Min	0.77	4.11	0.6	2.8	6.6	261	0.6	15.8	83.4
	Max	2.58	5.59	2.5	6.8	9.4	372	2.7	21.4	105.8
25.08. 2023	Среднее / Mean	Н/д / N/D	5.52	1.1	8.7	16.7	2407	4.6	26.6	24.7
	Min	Н/д / N/D	4.11	0.7	3.6	7.4	2080	1.9	21.2	17.9
	Max	Н/д / N/D	6.02	1.8	22.4	36.8	3154	7.9	28.7	30.5
14.02. 2024	Среднее / Mean	0.64	2.75	1.9	12.1	17.3	496	8.6	31.6	148.3
	Min	0.31	2.19	1.7	5.1	5.3	399	3.8	25.7	122.6
	Max	1.04	3.43	2.3	23.1	62.0	747	20.4	41.0	172.9
07.05. 2024	Среднее / Mean	0.77	3.70	0.6	6.6	3.5	429	4.1	5.3	111.9
	Min	0.51	3.45	0.4	3.1	2.6	179	3.1	2.7	108.0
	Max	0.98	4.02	1.1	14.0	4.7	1142	6.3	8.0	117.9
12.09. 2024	Среднее / Mean	0.61	3.70	0.7	10.5	29.5	592	6.3	12.0	69.7
	Min	0.38	3.04	0.5	6.4	12.8	159	5.8	8.3	64.9
	Max	0.82	4.42	0.9	14.9	57.3	1014	6.9	25.1	78.8

Примечание: Н/д – нет данных.

Note: N/D – no data.

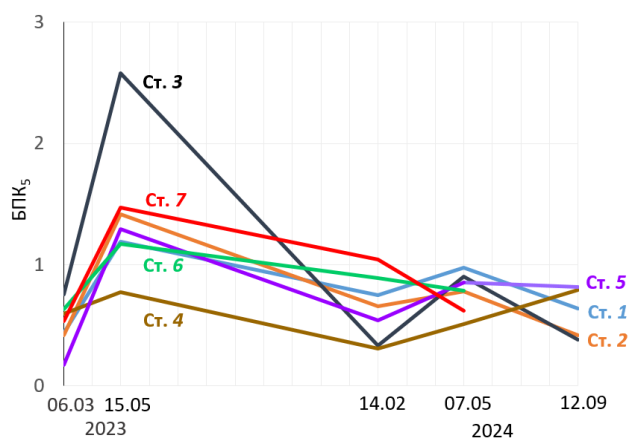


Рис. 2. Распределение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) в акватории поселка Кореиз в 2023–2024 гг.

Fig. 2. Distribution of five-day biochemical oxygen demand (BOD₅) in the coastal waters off Koreiz (2023–2024)

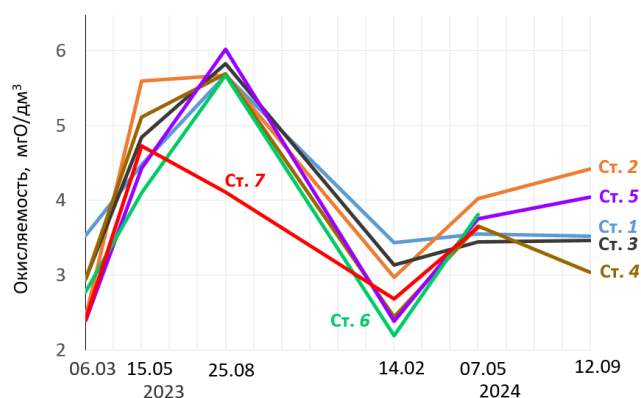


Рис. 3. Распределение окисляемости в акватории поселка Кореиз (2023–2024)

Fig. 3. Distribution of permanganate index in the coastal waters off Koreiz (2023–2024)

на ст. 3 (табл. 1). Содержание *нитратного азота* на поверхности изменялось в диапазоне 2.1–23.1 мкг/дм³. Минимум зафиксирован в марте 2023 г. на морской станции 3; максимум – в феврале 2024 г. на прибрежной станции 7. Концентрации *азота аммонийного* имели низкие значения и варьировали от 2.6 до 62.0 мкг/дм³. Минимальные значения зарегистрированы на ст. 1 и 2 в мае 2024 г., максимальные – на ст. 7 в феврале 2024 г. Повышенные концентрации аммонийного азота отмечены на всех станциях в сентябре 2024 г., а наиболее высокие – на ст. 4 и 5 в непосредственной близости от фермы.

На этих же станциях было зафиксировано повышенное содержание органического азота и фосфора. Максимальные концентрации аммонийного азота на прибрежной станции 7 сочетаются с повышенными концентрациями фосфатов (20.4 мкг/дм^3), валового фосфора (56.8 мкг/дм^3) и нитратов (23.1 мкг/дм^3).

Концентрации *органического азота* изменялись в широком диапазоне: от 159 до 3154 мкг/дм^3 с экстремальными значениями в районе м. Коммунаров: минимум на прибрежной станции 1 в сентябре 2024 г., максимум – на мористой станции 2 в августе 2023 г. Повышенные значения органического азота зафиксированы на всех станциях в августе 2023 г. Выраженной сезонной динамики концентрации минеральных и органических форм азота и фосфора в поверхностном слое в период исследования не отмечено.

Содержание *силикатов* варьировало в пределах $17.9\text{--}188 \text{ мкг/дм}^3$. Минимальное значение зафиксировано на ст. 5 в августе 2023 г., максимальное – на прибрежной станции 1 в марте 2023 г.

Структура фитопланктона. В период исследования в акватории п. Кореиз идентифицировано 77 видов микроводорослей, в том числе 45 видов диатомовых, 24 динофитовых и 8 – прочих таксономических групп (золотистые, силикафлагелляты, цианобактерии). Микроводоросли – продуценты фитотоксинов из родов *Prorocentrum* и *Dinophysis* встречались круглогодично, но их численность была минимальной. Во все сезоны по численности устойчиво доминировали диатомовые водоросли (табл. 2). В марте и августе 2023 г. их вклад на большинстве станций составлял 90–95 % суммарной численности, тогда как доля динофитовых, как правило, не превышала 5–10 %.

Летом 2023 г. при сохранении численного доминирования диатомовых увеличилась доля некормовой биомассы (90–98 %) из-за преобладания крупноклеточных микроводорослей. Весной (май 2023 и май 2024 гг.) на ряде станций отмечены высокие доли кормовой биомассы (до 80 %), а зимой – весной 2024 г. на большинстве станций кормовые виды преобладали по численности (рис. 4).

Состав и динамика меропланктона. В период исследований в акватории п. Кореиз обнаружены пелагические личинки 43 видов донных беспозвоночных, относящихся к различным таксонам (табл. 3).

В планктоне постоянно встречались личинки двустворчатых моллюсков. Великонхи мидии *M. galloprovincialis* отмечены в марте и мае при температуре воды $9.0\text{--}14.9 \text{ }^\circ\text{C}$, однако их плотность не превышала $12 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. Другой представитель семейства Mytilidae – *M. lineatus* – преобладал по численности в августе ($93\text{--}195 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$) и сентябре ($52\text{--}118 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$) при температуре воды выше $24.7 \text{ }^\circ\text{C}$. Представители семейств Cardiidae и Veneridae отмечены в теплый период года, их плотность не превышала $32 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. В августе при температуре воды $26.7 \text{ }^\circ\text{C}$ и сентябре при температуре воды $24.7 \text{ }^\circ\text{C}$ были обнаружены личинки гигантской устрицы *M. gigas*. Личинки находились на стадии великонхи, их размеры составляли $275\text{--}300 \text{ мкм}$, плотность – $1\text{--}2 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. В это же время отмечены личинки моллюска-вселенца анадары *A. inaequalvis*. Их плотность варьировала в пределах $17\text{--}68 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. Пелагические стадии брюхоногих моллюсков *B. reticulatum* и представителей семейства Rissoidae доминировали в августе ($118\text{--}234 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$).

Таблица 2. Численность и биомасса основных групп фитопланктона в акватории п. Кореиз (2023–2024 гг.)

Table 2. Abundance and biomass of the main groups of phytoplankton in the coastal waters off Koreiz (2023–2024)

Дата / Date	Стан- ция / Station	Численность, тыс. кл.·л ⁻¹ / Abundance, thous. cells·L ⁻¹				Биомасса, мкг·л ⁻¹ / Biomass, µg·L ⁻¹			
		<i>Dia</i>	<i>Dino</i>	<i>Other</i>	Общая / Total	<i>Dia</i>	<i>Dino</i>	<i>Other</i>	Общая / Total
06.03. 2023	1	58.50	0.04	2.00	60.5	345.40	0.01	0.50	345.7
	2	7.50	0.02	0.30	14.4	7.75	0	0.30	8.9
	3	195.00	0	11.70	206.7	448.90	0	2.00	451.0
	4	18.50	0.07	1.60	20.2	7.44	0.2	0.20	7.8
	5	53.30	0	5.90	59.2	149.10	0	1.10	150.2
15.05. 2023	1	13.20	4.40	0	17.6	13.20	27.0	0	38.1
	2	23.10	1.40	0	24.6	27.10	34.5	0	61.6
	3	8.20	7.10	3.40	18.7	5.90	59.8	0.05	72.5
	4	6.42	3.30	0	9.7	85.70	12.1	0	97.8
	5	6.50	17.10	3.10	11.4	2.70	37.5	0.60	8.2
25.08. 2023	1	31.80	0.90	0.50	33.3	217.00	10.8	1.70	229.5
	2	21.20	2.50	0.40	24.1	334.40	22.2	0.90	357.5
	3	4.20	0.20	0	4.3	88.70	2.9	0	91.6
	4	20.90	1.10	0.30	22.3	281.5	4.7	0.40	286.6
	5	47.50	0.70	0	48.2	523.50	8.7	0	532.2
14.02. 2024	1	11.90	1.20	118.90	131.9	158.70	4.6	34.20	197.5
	2	7.90	1.10	53.20	62.2	66.80	10.9	11.50	89.3
	3	6.70	1.30	67.60	75.5	153.70	23.9	18.30	195.9
	4	1.80	0.90	49.60	52.3	17.20	4.2	2.00	30.5
	5	47.50	0.70	0	48.2	523.50	8.7	0	532.2
07.05. 2024	1	52.30	0.20	0	52.3	34.20	9.5	0	43.8
	2	65.50	1.20	0.05	66.8	25.80	12.0	0.30	38.1
	3	756.00	1.10	0.07	757.2	284.10	5.2	0.20	289.5
	4	52.90	1.70	0.04	54.6	43.80	11.4	0.20	55.4
	5	6.90	0.90	0	7.9	49.70	10.9	0	60.7
12.09. 2024	1	9.50	0.70	0.10	10.4	29.50	11.8	0.70	41.9
	2	5.20	1.10	0	6.3	31.40	16.2	0	47.6
	3	4.40	0.70	0.06	5.1	25.80	15.4	0.40	41.6
	4	5.30	0.40	0	5.6	21.80	4.5	0	26.2

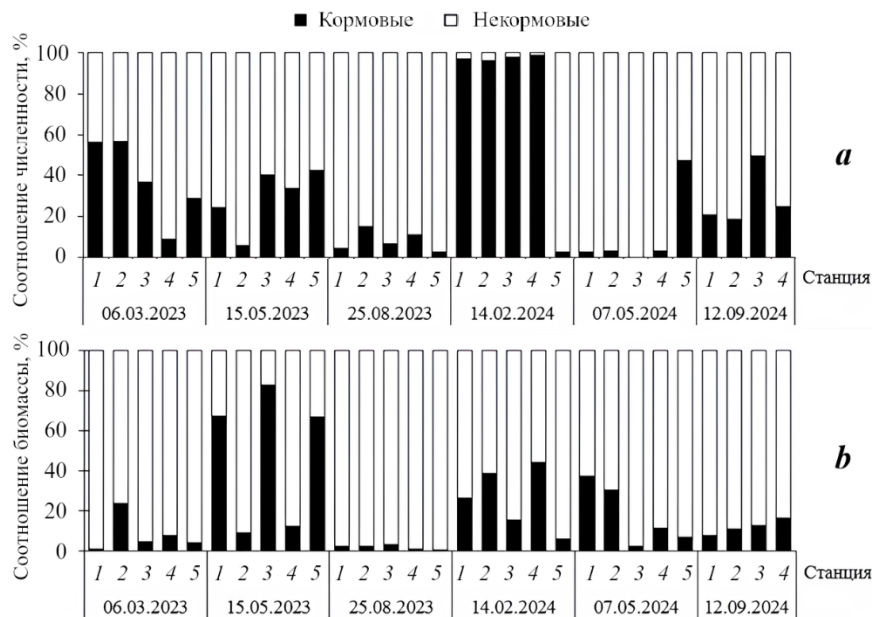
Примечание. *Dia* – диатомовые водоросли; *Dino* – динофитовые водоросли; *Other* – прочие таксономические группы.

Note: *Dia* – diatoms, *Dino* – dinophytes, *Other* – other taxonomic groups.

Т а б л и ц а 3. Таксономический состав меропланктона акватории п. Кореиз

Table 3. Taxonomic composition of meroplankton in the Koreiz coastal waters

Таксон, вид / Taxon, species	Таксон, вид / Taxon, species
Тип Annelida, класс Polychaeta / Type Annelida, class Polychaeta	Тип Mollusca, класс Bivalvia / Type Mollusca, class Bivalvia
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny, 1818	<i>Anadara inaequalis</i> (Bruguère, 1789)
<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	<i>Magallana gigas</i> (Thunberg, 1793)
<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819
<i>Lysidice ninetta</i> Aud. et M. Edw., 1833	<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)
<i>Spio decorata</i> Bobretzky, 1870	<i>Modiolus</i> sp.
<i>Malacoceros fuliginosus</i> (Claparède, 1868)	<i>Spisula subtruncata</i> (Da Costa, 1778)
<i>Scolelepis squamata</i> (Müller, 1806)	<i>Teredo navalis</i> Linnaeus, 1758
<i>Prionospio</i> sp.	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)
Spionidae gen. sp.	Veneridae gen. sp.
<i>Magelona rosea</i> Moore, 1907	Cardiidae gen. sp.
<i>Phyllodoce</i> sp.	Larvae Bivalvia
Capitellidae gen. sp.	Класс Gastropoda / Class Gastropoda
Nereididae gen.sp.	<i>Bittium reticulatum</i> (Da Costa, 1778)
Тип Arthropoda, класс Crustacea / Type Arthropoda, class Crustacea	<i>Rissoa splendida</i> Eichwald, 1830
Decapoda	<i>Rissoa parva</i> (Da Costa, 1778)
<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	<i>Rissoa</i> sp.
<i>Hippolyte leptocerus</i> (Heller, 1863)	<i>Retusa truncatula</i> (Bruguiere, 1792)
<i>Palaemon</i> sp.	<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius, 1787)	<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)
<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)	Larvae Gastropoda
Larvae Brachyura	Тип Cnidaria / Type Cnidaria
Cirripedia	Planula Hydrozoa
<i>Amphibalanus improvisus</i> Darwin, 1854	Тип Bryozoa / Type Bryozoa
<i>Verruca spengleri</i> Darwin, 1854	Larvae Bryozoa
	Тип Bryozoa / Type Bryozoa
	Larvae Kamptozoa



Р и с . 4. Соотношение (%) численности (a) и биомассы (b) кормовых и некормовых видов микроводорослей в планктоне акватории п. Корез (2023–2024 гг.)

Fig. 4. Ratio (%) of abundance (a) and biomass (b) of forage and non-forage microalgal species in the plankton of the Koreiz coastal waters (2023–2024)

Личинки многощетинковых червей отмечены во весь период исследований. В планктоне преобладали представители семейства Spionidae (*S. decorata*, *M. fuliginosus*, *Prionospio* sp.) В мае при температуре воды 14.5–15.0 °C доминировали нектохеты *Ph. inornata* (12–14 экз.·м⁻³). Необходимо отметить, что в мае во всех пробах обнаружены личинки *M. rosea* (3–5 экз.·м⁻³). Полихеты данного вида преобладают в районах с хорошим водообменом и аэрацией. Науплиусы усконогго рака балянуса *A. improvisus* присутствовали во всех пробах, однако их численность не превышала 15 экз.·м⁻³. Этот вид является массовым в обрастании твердых субстратов в прибрежных районах. Науплиусы другого вида усконогих раков – *V. spengleri* – отмечены в августе 2023 г., их плотность составляла всего 2 экз.·м⁻³. Личинки десятиногих раков встречались единично только в теплый период года при температуре воды выше 24 °C. Планулы гидроидных полипов (Hydrozoa) были зарегистрированы в мае и сентябре с численностью до 6 экз.·м⁻³. В сентябре отмечены личинки *B. cf. benedeni* (Entoprocta), плотность которых составляла 8 экз.·м⁻³, и единичные личинки мшанок типа цифонутес (Bryozoa). Плотность меропланктона в акватории п. Мисхор в период исследований была невысока. На всех станциях максимальные показатели отмечены в августе (325 экз.·м⁻³) и сентябре (326 экз.·м⁻³). Минимальные значения (6–7 экз.·м⁻³) зарегистрированы в марте 2023 г.

Обсуждение

Полученные данные о термохалинных характеристиках прибрежной акватории п. Кореиз в 2023–2024 гг. свидетельствуют об устойчивом преобладании повышенных температур и солености по сравнению со среднелетними значениями для Ялты за 1900–2011 гг. [12]. Это согласуется с выявленной ранее тенденцией к потеплению и увеличению солености как для всего Черного моря [13], так и для прибрежных районов Крыма [14]. Температура в диапазоне 7–25 °С и соленость от 17 до 20 ‰ считаются благоприятными для культивирования моллюсков [5, 15], что подтверждается и нашими наблюдениями. Мы не выявили влияния временных аномалий температуры и солености на гидрохимические и планктонные поля, что обусловлено, возможно, недостаточной продолжительностью и частотой исследований, а также отсутствием многолетних гидрохимических и гидробиологических данных для акватории п. Кореиз.

Кислородный режим свидетельствует о хорошей аэрации поверхностного слоя и благоприятных условиях для моллюсков: минимальные значения относительного насыщения кислородом (91.3 %) значительно выше рыбохозяйственных нормативов (40 %).

Значения БПК₅ в большинстве случаев соответствовали незагрязненным водам, а коэффициент загрязнения *Kz* оставался существенно ниже единицы. Однократное превышение БПК₅ и высокие значения окисляемости в теплый период 2023 г. в районе фермы и на отдельных прибрежных станциях, вероятно, обусловлены влиянием локальных источников органического вещества (речные и хозяйственные сточные воды). На исследуемой акватории выделяются участки локального обогащения биогенами (ст. 7), где максимальные концентрации нитратов и фосфатов, по-видимому, также связаны с хозяйственными стоками.

Содержание силикатов в акватории характеризовалось значительной изменчивостью. Отсутствие выраженного сезонного истощения силикатов в воде при постоянном доминировании диатомовых водорослей указывает на то, что лимитирование биомассы фитопланктона в районе Кореиза в большей степени связано со снабжением азотом, чем с дефицитом кремния.

Таксономический состав и структура фитопланктона в акватории фермы в целом соответствовали данным, полученным у ЮБК [16, 17]. В зимне-весенний период (март 2023, февраль 2024) при усиленном вертикальном обмене и доступности азота и кремния увеличивалась доля кормовых видов, представленных в основном диатомовыми. Летом (август 2023 и 2024 гг.) при устойчивой стратификации вследствие истощения запасов азота и кремния в воде возрастала доля некормовых видов в суммарной биомассе фитопланктона (крупные диатомовые и динофлагелляты). Следовательно, высокие доли кормовых микроводорослей весной означают благоприятные условия питания и прироста моллюсков, тогда как летний сдвиг к некормовой биомассе снижает пищевую доступность при сохранении общей биомассы.

Потенциально токсичные динофлагелляты родов *Dinophysis* и *Prorocentrum* регистрировали круглогодично, но при низкой численности и без признаков массовых «цветений». Это согласуется с современными представлениями о мозаичном характере появления вредоносных микроводорослей у берегов

Крыма и подчеркивает необходимость регулярного мониторинга фитопланктона в акватории марихозяйства [3, 4].

Меропланктон акватории п. Кореиз разнообразен. Сроки и температурные диапазоны нахождения в планктоне личинок донных беспозвоночных были характерны для прибрежных вод Крыма [6, 7], что свидетельствует о сохранении естественных циклов размножения и возможности пополнения бентосных популяций. Диапазон температуры воды (24.7–26.7 °С) в августе и сентябре, когда в районе исследований были обнаружены личинки устрицы *M. gigas*, находился в пределах оптимума для ранних стадий развития тихоокеанской устрицы (23–30 °С) [18, 19]. Совокупность наших и ранее опубликованных данных о находках личинок устриц *M. gigas* в Черном море [11], подтверждают прогнозы расширения ареала вида в условиях потепления климата [20].

Относительно невысокая общая плотность меропланктона при максимумах в теплый период (до 325–326 экз·м⁻³) характерна для открытых прибрежных акваторий с хорошим водообменом. Наличие в меропланктоне личинок массовых видов-образователей (*A. improvisus*, *V. spengleri*) и гидроидных полипов отражает общую тенденцию формирования сложных биоценозов обрастания на конструкциях фермы.

В целом совокупность гидролого-гидрохимических, фито- и меропланктонных характеристик указывает на то, что район п. Кореиз представляет собой экологически благоприятную акваторию для развития марикультуры двустворчатых моллюсков. При дальнейшем развитии хозяйства целесообразен комплексный мониторинг гидрохимических показателей, меро- и фитопланктона. Особое внимание следует уделять локальным очагам органического загрязнения и динамике потенциально токсичных микроводорослей.

Заключение

В 2023–2024 гг. гидролого-гидрохимический режим прибрежной акватории п. Кореиз характеризовался повышенными значениями температуры и солености поверхностного слоя по сравнению со среднемноголетними значениями, полученными для ЮБК. Содержание растворенного кислорода сохранялось на высоком уровне (7.44–10.07 мг/дм³) и не опускалось ниже рыбохозяйственных нормативов. Коэффициент загрязнения (*Kz*) не превышал единицы, что позволяет отнести исследуемую акваторию к категории «незагрязненных». Концентрации минеральных форм азота и фосфора были низкими и однородными, характерными для незагрязненных прибрежных вод. Выявленные локальные очаги повышенного содержания аммонийного азота (62.0 мкг/дм³), нитратов (23.1 мкг/дм³) и органических форм азота и фосфора (3154 и 41.0 мкг/дм³ соответственно) ограничивались районом мидийно-устричной фермы и прибрежной станции, где проявлялось влияние речных и хозяйственных стоков. При этом содержание силикатов круглый год оставалось достаточным для развития диатомовых водорослей.

В фитопланктоне по численности устойчиво доминировали диатомовые (до 95 %), а в холодный и весенний сезоны существенную часть биомассы и численности составляли кормовые для мидий и устриц таксоны. Летнее увеличение доли некормовых форм носило кратковременный характер и не сопровождалось «цветением» потенциально токсичных видов, что указывает

на стабильную кормовую обеспеченность выращиваемых двустворчатых моллюсков. Меропланктон акватории Кореиза составляли личинки 43 видов донных беспозвоночных, включая пелагические стадии культивируемых двустворчатых моллюсков и видов-вселенцев. Личинки *Mytilus galloprovincialis* отмечены при температуре воды 9.0–14.9 °С, а личинки *Magallana gigas* и *Anadara inaequalis* – при 24.7–26.7 °С.

Таким образом, термохалинные условия, устойчивое доминирование диатомовых водорослей с высоким вкладом кормовых таксонов, высокие значения растворенного кислорода, низкая степень загрязнения биогенными веществами при локальном и контролируемом обогащении органическими формами азота и фосфора вблизи фермы, а также возможность пополнения личинками двустворчатых моллюсков позволяют рассматривать акваторию п. Кореиз как благоприятную для действующей мидийно-устричной фермы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поспелова Н. В., Приймак А. С. Особенности питания мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., культивируемой в прибрежье г. Севастополя // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2021. Т. 6, № 1 (17). С. 24–34. EDN IWZPSQ. <https://doi.org/10.21072/eeco.2021.17.03>
2. Рябушко Л. И., Поспелова Н. В., Балычева Д. С., Ковригина Н. П. и др. Микроводоросли эпизоона культивируемого моллюска *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819, фитопланктон и гидролого-гидрохимические характеристики акватории мидийно-устричной фермы (Севастополь, Черное море) // Морской биологический журнал. 2017. Т. 2, № 4. С. 67–83. EDN YKZKTU. <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.07>
3. Blanco J. Accumulation of *Dinophysis* Toxins in Bivalve Molluscs // Toxins. 2018. Vol. 10, iss. 11. 453. <https://doi.org/10.3390/toxins10110453>
4. Reguera B., Riobó P., Rodríguez F., Díaz P. A. et al. *Dinophysis* Toxins: Causative Organisms, Distribution and Fate in Shellfish // Marine Drugs. 2014. Vol. 12, iss. 1. P. 394–461. <https://doi.org/10.3390/md12010394>
5. Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Выращивание мидий и устриц в Черном море. Воронеж : ИЗДАТ-ПРИНТ, 2017. 508 с. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5523> (дата обращения: 04.05.2026).
6. Троценко О. А., Куфтаркова Е. А., Лисицкая Е. В., Поспелова Н. В. и др. Результаты комплексных экологических исследований на акватории мидийно-устричной фермы (Голубой залив, Крым, Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2012. Вып. 26, т. 1. С. 291–309. EDN VUYZER.
7. Рябушко В. И., Щуров С. В., Ковригина Н. П., Лисицкая Е. В. и др. Комплексные исследования экологического состояния прибрежной акватории Севастополя (Западный Крым, Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2020. № 1. С. 103–118. EDN HETKTQ. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-1-103-118>
8. Рябушко В. И., Щуров С. В., Ковригина Н. П., Попов М. А. Гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования озера Донузлав (западный Крым, Черное море) по результатам экспедиций 2018 года // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 2. С. 80–93. EDN NNRDGA. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2021-2-80-93>

9. Мезенцева И. В., Совга Е. Е., Хмара Т. В. Самоочистительная способность экосистемы Ялтинского порта в отношении неорганических форм азота за 2012–2022 годы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2025. № 3. С. 41–53. EDN ZFXLJK.
10. Лях А. М., Брянцева Ю. В. Компьютерная программа для расчета основных параметров фитопланктона // Экология моря. 2001. Вып. 58. С. 87–90. EDN WIAGOT.
11. Лисицкая Е. В., Щуров С. В. О нахождении личинок *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) (Bivalvia, Ostreidae) в Черном море // Зоологический журнал. 2024. Т. 103, № 5. С. 11–15. EDN USJXAY. <https://doi.org/10.31857/S0044513424050028>
12. Ильин Ю. П., Репетин Л. Н., Белокопытов В. Н., Горячкин Ю. Н. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 2 : Черное море. Севастополь, 2012. 421 с.
13. Белокопытов В. Н., Жук Е. В. Климатическая изменчивость термохалинных характеристик Черного моря (1950–2023 годы) // Морской гидрофизический журнал. 2024. Т. 40, № 6. С. 838–852. EDN VQXRRU.
14. Kapranov S. V., Kovrigina N. P., Troshchenko O. A., Rodionova N. Yu. Long-term variations of thermohaline and hydrochemical characteristics in the mussel farm area in the coastal waters off Sevastopol (Black Sea) in 2001–2018 // Continental Shelf Research. 2020. Vol. 206. 104185. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104185>
15. Keskin İ., Ekici A., Serdar S. Determination of the growth performance of *Mytilus galloprovincialis* in nets at Gökçeada Island // The European Zoological Journal. 2020. Vol. 87, iss. 1. P. 559–570. <https://doi.org/10.1080/24750263.2020.1818856>
16. Stelmakh L., Kovrigina N., Gorbunova T. Phytoplankton Seasonal Dynamics under Conditions of Climate Change and Anthropogenic Pollution in the Western Coastal Waters of the Black Sea (Sevastopol Region) // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. Vol. 11, iss. 3. 569. <https://doi.org/10.3390/jmse11030569>
17. Silkin V., Mikaelyan A. S., Pautova L., Fedorov A. Annual Dynamics of Phytoplankton in the Black Sea in Relation to Wind Exposure // Journal of Marine Science and Engineering. 2021. Vol. 9, iss. 12. 1435. <https://doi.org/10.3390/jmse9121435>
18. Gagnaire B., Frouin H., Moreau K., Thomas-Guyon H. et al. Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) // Fish and Shellfish Immunology. 2006. Vol. 20, iss. 4. P. 536–547. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.07.003>
19. Heo J.-M., Kim S.-S., Kim D.-Y., Lee S. W. et al. Impact of exposure temperature rise on mass mortality of tidal flat pacific oysters // Frontiers in Marine Science. 2023. Vol. 10. 1275521. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1275521>
20. King N. G., Wilmes S. B., Smyth D., Tinker J. et al. Climate change accelerates range expansion of the invasive non-native species, the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* // ICES Journal of Marine Science. 2021. Vol. 78, iss. 1. P. 70–81. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa189>

Поступила 15.11.2025 г.; одобрена после рецензирования 14.01.2026 г.; принята к публикации 19.03.2026 г.; опубликована 30.06.2026 г.

Об авторах:

Щуров Сергей Вячеславович, научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), ORCID ID: 0000-0002-8913-2637, Scopus Author ID: 57214992790, ResearcherID: AAC-9044-2022, SPIN-код: 3036-2366, shchur@ibss-ras.ru

Поспелова Наталья Валериевна, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), **ORCID ID: 0000-0002-3165-2090**, **Scopus Author ID: 56884605100**, **ResearcherID: C-7572-2016**, **SPIN-код: 4016-7541**, *nv.pospelova@ibss-ras.ru*

Трошенко Олег Александрович, старший научный сотрудник, кандидат географических наук, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), **ORCID ID: 0000-0001-5200-9996**, **Scopus Author ID: 57218589904**, **ResearcherID: AAC-9364-2022**, **SPIN-код: 5992-2938**, *oleg_tr59@mail.ru*

Ковригина Неля Петровна, старший научный сотрудник, кандидат географических наук, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), **ORCID ID: 0000-0002-6734-8285**, **Scopus Author ID: 6507114864**, **ResearcherID: AAC-9395-2022**, **SPIN-код: 6786-0143**, *npkovrigina@yandex.ru*

Лисицкая Елена Васильевна, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), **ORCID ID: 0000-0002-8219-4616**, **Scopus Author ID: 6504112143**, **ResearcherID: T-1970-2017**, **SPIN-код: 4973-5446**, *lisitskaya@ibss.ru*

Приймак Анастасия Сергеевна, младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), **ORCID ID: 0000-0003-4366-474X**, **Scopus Author ID: 57215722245**, **ResearcherID: A-5754-2019**, **SPIN-код: 2788-8024**, *priymaklimova@ibss-ras.ru*

Заявленный вклад авторов:

Щуров Сергей Вячеславович – разработка концепции, формулировка и постановка задачи, обзор литературы по проблеме исследования, анализ и интерпретация результатов по гидрологии и гидрохимии, формулирование выводов

Поспелова Наталья Валериевна – обзор литературы по проблеме исследования, анализ и интерпретация результатов по фитопланктону, статистический анализ, формулирование выводов

Трошенко Олег Александрович – анализ и интерпретация результатов по гидрологии и гидрохимии, формулирование выводов

Ковригина Неля Петровна – анализ и интерпретация результатов по гидрологии и гидрохимии, формулирование выводов

Лисицкая Елена Васильевна – обзор литературы по проблеме исследования, анализ и интерпретация результатов по меропланктону, формулирование выводов

Приймак Анастасия Сергеевна – анализ результатов по фитопланктону

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.