

**Динамика плотности личинок мидии
Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819
и гидролого-гидрохимических показателей
на морской ферме в акватории Севастополя
(Черное море)**

Д. С. Борисова, Е. В. Лисицкая *, В. И. Рябушко

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

* e-mail: e.lisitskaya@gmail.com

Аннотация

Комплексный мониторинг гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей был проведен в 2023 г. в акватории мидийно-устричной фермы, расположенной на внешнем рейде г. Севастополя. Цель работы – изучение сезонной динамики гидролого-гидрохимических показателей морской воды и плотности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 в планктоне. Пробы меропланктона отбирали ежемесячно в слое 0–10 м сетью Джеди. Материал обрабатывали в живом виде путем тотального подсчета пелагических личинок донных беспозвоночных в камере Богорова под световыми микроскопами МБС-9 и «Микмед-5». Одновременно отбирали пробы воды в поверхностном слое для определения температуры, солености, содержания растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода за пять суток, перманганатной окисляемости в щелочной среде, концентрации нитритов, нитратов, фосфатов, аммония. В 2023 г. температура воды на поверхности была минимальной в феврале (8.1 °C) и максимальной – в августе (26.5 °C). Соленость воды составляла 17.70–18.50 ‰ при среднем значении 18.23 ‰. Насыщаемость вод кислородом изменялась от 93 до 126.6 %, гипоксию в течение всего года не наблюдали. В 2023 г. максимальная плотность личинок мидий (82 экз.·м⁻³) зарегистрирована в марте при температуре воды 9 °C, осенний пик не отмечен. Результаты комплексных исследований показали умеренную корреляцию (0.51) между температурой воды и количеством личинок двустворчатых моллюсков в планктоне. Прямого влияния биогенных элементов на плотность личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* не установлено. Результаты подтверждают, что условия в акватории фермы благоприятны для выращивания моллюсков и подчеркивают необходимость продолжения мониторинга.

Ключевые слова: марикультура, биогенные элементы, меропланктон, *Bivalvia*, Черное море

© Борисова Д. С., Лисицкая Е. В., Рябушко В. И., 2025



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

Благодарности: выражаем благодарность научному сотруднику ФИЦ ИнБЮМ С. В. Щурову за помощь в сборе материала. 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» (№ гос. регистрации 124022400152–1).

Для цитирования: Борисова Д. С., Лисицкая Е. В., Рябушко В. И. Динамика плотности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 и гидролого-гидрохимических показателей на морской ферме в акватории Севастополя (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2025. № 4. С. 147–156. EDN QEZZHL.

Density Dynamics of Mussel Larvae *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 and Hydrological and Hydrochemical Parameters on a Marine Farm in the Waters of Sevastopol (the Black Sea)

D. S. Borisova, E. V. Lisitskaya *, V. I. Ryabushko

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

** e-mail: e.lisitskaya@gmail.com*

Abstract

In 2023, a comprehensive study was performed near the mussel and oyster farm in the outer roadstead of Sevastopol to monitor the hydrological, hydrochemical and hydrobiological characteristics of seawater. The study aims to investigate the seasonal dynamics of hydrological and hydrochemical parameters of seawater and the density of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 mussel larvae in the plankton. Meroplankton samples were collected monthly from the 0–10 m layer using a Juday net. The live material was processed by counting pelagic larvae of benthic invertebrates in a Bogorov chamber under MBS-9 and Micmed-5 light microscopes. At the same time, water samples were taken in the surface water layer to determine the temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, BOD₅, permanganate index in an alkaline medium, concentrations of nitrites, nitrates, phosphates and ammonium. In 2023, the surface water temperature was (26.5 °C). The water salinity was 17.70–18.50‰ with an average value of 18.23‰. The oxygen saturation of the waters varied from 93 to 126.6%, and hypoxia was not observed throughout the year. During the study period, the maximum density of mussel larvae (82 ind·m⁻³) was recorded in March at a water temperature of 9°C, whereas the autumn peak was not observed. The results of the monitoring showed moderate correlation (0.51) between water temperature and the number of bivalve larvae in the plankton. The effect of nutrients on the density of *Mytilus galloprovincialis* larvae was not established. The results confirm that the conditions in the farm's waters are favourable for shellfish cultivation and underscore the need for continued monitoring.

Keywords: mariculture, nutrients, meroplankton, Bivalvia, the Black Sea

Acknowledgments: We thank S. V. Shchurov for his help in collecting the material. This work was carried out under IBSS state research assignment “Comprehensive study of the functioning mechanisms of marine biotechnological complexes with the aim of obtaining bioactive substances from hydrobionts” (no. 124022400152-1).

For citation: Borisova, D.S., Lisitskaya, E.V. and Ryabushko, V.I., 2025. Density Dynamics of Mussel Larvae *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 and Hydrological and Hydrochemical Parameters on a Marine Farm in the Waters of Sevastopol (the Black Sea). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (4), pp. 147–156.

Введение

Искусственное воспроизводство водных биоресурсов (аквакультура) обеспечивает продовольствием миллионы людей во всем мире [1]. Для устойчивого развития аквакультуры важно оценивать последствия изменений окружающей среды. Чтобы снизить риски гибели моллюсков на фермах и получать большие урожаи, необходимо всесторонне изучать факторы, влияющие на функционирование бентосных и планктонных сообществ [1, 2]. В прибрежных районах Крыма и Кавказа в настоящее время интенсивно развивается марикультура двустворчатых моллюсков. Одним из основных объектов выращивания является мидия *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. Биотехника культивирования мидий в Черном море основана на естественном оседании пелагических личинок на искусственные субстраты. Основа будущего урожая закладывается уже на начальном этапе – при сборе спата [3]. Для успешного сбора спата необходимо учитывать материал и качество поверхности коллекторов, глубину погружения и время их постановки в море, температуру воды, турбулентность.

Концентрация в планктоне личинок мидий на стадии великонхи «с глазком» является одним из основных факторов, влияющих на интенсивность оседания моллюсков на коллекторы. Сезонные и межгодовые изменения многих абиотических и биотических факторов, обилие пищи оказывают влияние на сроки нереста моллюсков и динамику плотности личинок [3, 4]. Таким образом, промышленное выращивание моллюсков невозможно без контроля качества вод и состояния биоты в акваториях морских хозяйств. Комплексный экологический мониторинг позволяет проследить сезонную динамику плотности личинок мидий, гидрологических и гидрохимических параметров [5–7].

Цель работы – изучить сезонную динамику плотности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* и проанализировать ее связь с гидролого-гидрохимическими показателями среды в акватории морского хозяйства по культивированию двустворчатых моллюсков.

Материал и методы

Комплексные исследования проводили в акватории фермы по выращиванию двустворчатых моллюсков, расположенной на внешнем рейде г. Севастополя между б. Карантинной и южным молотом, ежемесячно в течение 2023 г. (рис. 1). Ферма занимает площадь 4 га над глубинами 10–16 м. Пробы меропланктона отбирали в среднем 1–2 раза в месяц в слое 10–0 м сетью Джели. Всего отобрано 69 проб. Материал обрабатывали в живом виде путем тотального подсчета пелагических личинок донных беспозвоночных в камере Богорова под световыми микроскопами МБС-9 и «Микмед-5» [5, 6, 8]. Отдельно подсчитывали плотность личинок мидий и суммарную плотность личинок



Рис. 1. Юго-западный район Крымского п-ова. На врезке показана западная часть Севастопольской бухты: 1 – б. Карантинная; 2 – южный мол. Черным прямоугольником обозначен район исследований

Fig. 1. South-western region of the Crimean peninsula. The inset shows the western part of Sevastopol Bay: 1 – Karantinnaya Bay, 2 – south pier. The research area is marked with a black rectangle

донных беспозвоночных. Для идентификации ¹⁾ личинок моллюсков использовали литературные данные [9].

Одновременно отбирали пробы воды в поверхностном слое для определения солёности, температуры, концентрации растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅), перманганатной окисляемости в щелочной среде, концентрации аммония, нитритов, нитратов, фосфатов и кремния согласно общепринятым методикам ^{2), 3)}. Содержание кислорода определяли по методу Винклера, биогенные элементы – фотометрически. Фосфаты определяли методом Морфи и Райли; нитриты – методом Бендшнайдера и Робинсона («единым» цветным реактивом), нитраты – восстановлением нитратов до нитритов с помощью омедненного кадмия, азот аммонийный – методом Грассхоффа – Юхансена, кремний – методом Королева. Всего выполнено 475 гидролого-гидрохимических анализов.

Результаты и обсуждение

Гидролого-гидрохимические характеристики

В 2023 г. получены новые данные о гидрологических и гидрохимических характеристиках морской воды в акватории фермы по выращиванию мидий и устриц (табл. 1). Температура поверхности воды изменялась от минимальной в феврале (8.1 °C) до максимальной в августе (26.5 °C). Концентрация кислорода варьировала в пределах от 7.51 мг/л в августе до 10.42 мг/л в июне; насыщенность воды кислородом изменялась от 93 до 126.6 %. В течение всего года гипоксия не отмечена. Высокая концентрация кислорода в акватории фермы в марте и апреле совпадала с весенним «цветением» фитопланктона [10].

¹⁾ Захваткина К. А. Личинки двустворчатых моллюсков – Bivalvia // Определитель фауны Черного и Азовского морей / Отв. ред. В. А. Водяницкий. Киев : Наукова думка. 1972. Т. 3. С. 250–270. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/6078> (дата обращения: 12.11.2025).

²⁾ Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов / В. В. Сапожников [и др.]. Москва : ВНИРО, 1988. 119 с.

³⁾ Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : утв. приказом Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 № 20. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/upload/iblock/3df/prikaz-FAR-20100118-20.pdf> (дата обращения: 26.11.2025).

Т а б л и ц а 1. Гидрологические и гидрохимические характеристики поверхностной воды в акватории мидийно-устричной фермы в 2023 г.

Table 1. Thermohaline and hydrochemical parameters in the surface layer of the water area of the mussel and oyster farm in 2023

Месяц / Month	T, °C	S, ‰	O ₂		Содержание, мкг/л / Content, µg/L					O, мгО/л / PI, mgO/L
			мг/л / mg/L	%	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Si	
Январь / January	9.5	18.5	10.14	99.2	2.9	16.1	5.9	4.2	83.8	3.62
Февраль / February	8.1	18.5	9.71	93.0	2.2	21.5	3.1	7.0	43.5	3.19
Март / March	9.0	18.3	10.14	98.3	0.8	0.4	8.7	2.4	34.1	2.64
Апрель / April	11.8	18.3	10.28	107.2	0.9	16.6	9.4	2.7	76.2	3.61
Май / May	15.2	18.2	9.71	107.5	1.0	7.7	7.0	3.0	85.6	3.62
Июнь / June	19.6	17.7	10.42	126.6	1.1	42.7	24.0	2.1	174.4	4.43
Июль / July	24.0	18.2	8.71	103.7	1.4	56.0	31.0	6.4	158.3	4.93
Август / August	26.5	17.7	7.51	101.2	0.5	22.6	10.5	3.8	35.1	4.13
Сентябрь / September	24.2	17.7	8.01	105.9	2.4	219.8	4.7	1.3	89.4	5.97
Октябрь / October	18.2	18.5	9.31	110.4	0.4	4.2	6.8	1.3	60.9	2.77
Ноябрь / November	16.3	18.4	8.45	96.53	2.2	8.1	60.9	4.4	87.4	3.01
Декабрь / December	12.1	18.4	9.34	97.57	3.0	87.9	20.5	6.3	160.3	7.86

Примечание: О – перманганатная окисляемость.

Note: PI – permanganate index.

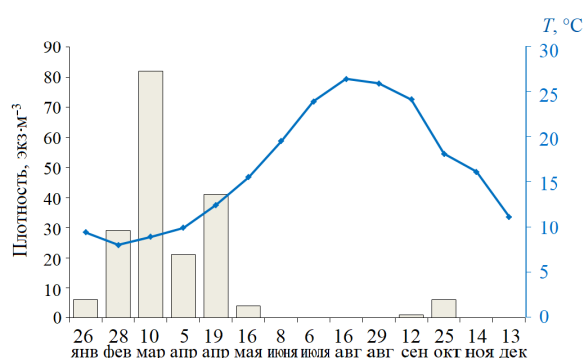
Соленость воды в течение года находилась в пределах 17.70–18.50 ‰. Понижение солености воды летом, вероятно, вызвано влиянием хозяйственно-бытовых стоков вследствие возрастания антропогенной нагрузки.

Концентрации минеральных форм азота в воде имели невысокие значения. Содержание нитритов менялось от 0.4 в октябре до 3.0 мкг/л в декабре, нитратов – от 0.4 мкг/л в марте до 219.8 мкг/л в сентябре. Пониженные концентрации нитратов в марте, по-видимому, вызваны их расходом в связи с весенней вегетацией фитопланктона [11]. Повышенные концентрации нитратов в летний пе-

риод обусловлены сезонным усилением антропогенной нагрузки на акваторию [4]. Концентрация азота аммонийного изменялась от 3.1 мкг/л в феврале до 60.9 мкг/л в ноябре, что характеризует исследуемую акваторию как незагрязненную. Содержание фосфора минерального находилось в пределах 1.3–7.0 мкг/л. Предельно допустимые концентрации (ПДК) биогенных элементов в воде составляют: NO_2^- – 20 мкг/л, NO_3^- – 9000 мкг/л, NH_4^+ – 390 мкг/л, окисляемость – 4.0 мгО/л. Все указанные концентрации биогенных элементов существенно ниже ПДК (табл. 1). Превышение нормативов окисляемости отмечено в летний период и, неожиданно, в декабре. Таким образом, все представленные в таблице термохалинно-гидрохимические показатели морской воды были типичными для данного района и близкими к многолетним сезонным средним значениям [4].

Меропланктон

Пелагические личинки донных беспозвоночных составляют меропланктон – временный компонент зоопланктона. В акватории марихозайства одним из постоянных компонентов меропланктона являются личинки двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*). Они встречаются в планктоне круглый год, но их видовой состав и численность изменяются по сезонам. В период гидрологической зимы на долю личинок двустворчатых моллюсков приходилось от 25 до 69 % суммарной плотности меропланктона. При прогреве воды до 15.2 °С плотность личинок не превышала 5 экз.·м⁻³, при этом их доля составляла всего 1 % суммарного меропланктона. В летне-осенний период на долю личинок *Bivalvia* приходилось 20–30 % суммарного меропланктона, и лишь в сентябре при температуре воды 24.2 °С она достигала 80 %. Наиболее часто встречаются в планктоне двустворчатые моллюски семейства *Mytilidae*. К данному семейству относится и мидия *M. galloprovincialis*. Поскольку этот моллюск является одним из основных видов, выращиваемых на морской ферме, мы исследовали динамику плотности его пелагических личинок в зависимости от времени года и температуры воды (рис. 2). Личинки мидии преобладали в планктоне с осени до весны, в летний период они почти не встречались.



Р и с . 2 . Динамика плотности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* в зависимости от температуры воды

F i g . 2 . Dynamics of the density of *Mytilus galloprovincialis* mussel larvae depending on the water temperature

В зимний период количество личинок не превышало $29 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$, все они находились на стадии великонхи «с глазком». Учитывая, что «глазок» у великонх появляется только на 30-е сутки [9], а в планктоне они находятся длительное время, можно предположить, что это личинки осенней генерации. Максимальная плотность личинок мидий ($82 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$) зарегистрирована в марте при температуре воды 9°C . Именно в этот период было отмечено минимальное содержание нитритов и нитратов (табл. 1). По гидрологическим характеристикам март можно отнести к зимнему сезону. На стадии великонхи плотность личинок составляла $15 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$, а на более поздней стадии великонхи «с глазком» – $67 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. В апреле при прогреве воды до 11.8°C количество личинок не превышало $41 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$, а в мае при температуре воды 15.2°C – всего $4 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. В летние месяцы личинки *M. galloprovincialis* в планктоне не обнаружены. Осенний пик численности личинок мидий не зарегистрирован, их количество не превышало $6 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$.

Плотность личинок мидий в разные сезоны и годы различается. Так, в январе 2014 г. при температуре воды 8.9°C плотность великонх достигала $100 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. В конце сентября 2016 г. отмечен осенний пик численности личинок (более $500 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$) [8]. Однако результаты, полученные нами в 2023 г., хорошо согласуются с данными многолетних исследований, где показано, что численность личинок мидий в прибрежных водах Крыма в среднем выше в весенний период, чем осенью, а максимальная плотность характерна для апреля [12]. На плотность личинок в планктоне могут существенно влиять изменения гидролого-гидрохимических условий в акватории и состояние кормовой базы. Таким образом, контроль состояния экосистемы и тенденций ее изменчивости необходим для оптимального функционирования марихозяйства [5, 7].

Для выявления зависимости между гидролого-гидрохимическими параметрами и количеством личинок *Bivalvia* на мидийно-устричной ферме рассчитан коэффициент парной корреляции Пирсона (табл. 2). Показано, что на плотность личинок двустворчатых моллюсков в определенной степени влияла температура воды (коэффициент корреляции 0.51). Известно, что от температуры воды зависят сроки размножения моллюсков и, следовательно, появления их личинок в планктоне [3, 9]. В акватории марихозяйства повышение температуры воды зарегистрировано с июня по август (табл. 1). При таких температурах мидии *M. galloprovincialis* не размножаются [9], что и объясняет отсутствие их личинок в планктоне.

Для абиотических параметров отмечены значимые отрицательные коэффициенты корреляции температуры воды с соленостью (-0.77) и содержанием кислорода (-0.73), что отражает обратную статистическую связь. Известно, что при повышении температуры концентрация растворенного в воде кислорода снижается. Взаимосвязь температуры воды с соленостью достаточно сложный процесс, который подвержен влиянию множества факторов. В 2023 г. в акватории марихозяйства минимальные значения солености (менее 17.7‰) зарегистрированы в июне, августе и сентябре (табл. 1). По литературным данным показатели солености в летний период также были ниже, что объяснялось поступлением распресненных вод из северо-западной части Черного моря, а также повышенным стоком местных рек при увеличении атмосферных осадков [7]. Диапазон изменчивости термohалинных параметров в акватории

Таблица 2. Матрица коэффициентов парной корреляции по Пирсону

Table 2. Pearson's pairwise correlation coefficient matrix

Параметр / Parameter	T, °C	S, ‰	O ₂ , мг/л / O ₂ , mg/L	Содержание, мкг/л / Content, µg/L				N, экз.·м ⁻³ / N, ind.·m ⁻³	O, мгО/л / PI, mgO/L
				NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Si		
T, °C		-0.77	-0.73	-0.31	0.46	-0.28	0.15	0.51	0.25
S, ‰	-0.77		0.39	0.30	-0.45	-0.45	-0.13	-0.51	-0.24
O ₂ , мг/л / O ₂ , mg/L	-0.73	0.39		-0.03	-0.43	-0.07	0.15	-0.61	-0.61
NO ₂ ⁻ , мкг/л / NO ₂ ⁻ , µg/L	-0.31	0.30	-0.03		0.44	0.18	0.32	-0.42	0.52
NO ₃ ⁻ , мкг/л / NO ₃ ⁻ , µg/L	0.46	-0.45	-0.45	0.44		-0.29	-0.29	-0.07	0.71
PO ₄ ³⁻ , мкг/л / PO ₄ ³⁻ , µg/L	-0.28	0.65	-0.07	0.18	-0.29		0.06	0	0.04
Si, мкг/л / Si, µg/L	0.15	-0.13	0.15	0.32	-0.29	0.06		-0.29	0.65
N, экз.·м ⁻³ / N, ind.·m ⁻³	0.51	-0.51	-0.61	-0.42	-0.07	0	-0.29		0
O, мгО/л / PI, mgO/L	0.25	-0.24	-0.61	0.52	0.71	0.04	0.65	0	

Примечание: N – плотность Bivalvia; O – окисляемость.

Note: N – density of Bivalvia; PI – permanganate index.

марихозайства большую часть года был оптимальным для выращивания двустворчатых моллюсков [4, 7], что подтверждается и нашими исследованиями. Высокую корреляцию между величиной окисляемости и содержанием нитратов (0.71), вероятно, можно объяснить антропогенным влиянием, так как чем выше загрязнение вод, например ливневыми стоками или аварийным сбросом хозяйственно-бытовых вод, тем выше содержание нитратов и окисляемость. Прямой зависимости между плотностью личинок моллюсков и содержанием биогенных элементов, по данным 2023 г., не обнаружено, коэффициенты корреляции по Пирсону не превышали -0.42 (табл. 2). Отмеченный в марте минимум содержания нитратов (см. табл. 1) может в весенний период лимитировать развитие микроводорослей, являющихся кормовой базой мидий.

Заключение

Полученные нами данные показали, что структура меропланктона в акватории мидийно-устричной фермы в течение года существенно изменялась. В зимний период на долю личинок *Bivalvia* приходилось до 70 % суммарного меропланктона, в летне-осенний – до 30 %. Личинки *Mytilus galloprovincialis* преобладали в зимний и весенний сезоны. Максимальная плотность личинок мидий отмечена в марте (82 экз.·м⁻³), осенний пик зарегистрирован не был. Проанализирована связь между плотностью личинок мидии *M. galloprovincialis* и гидролого-гидрохимическими параметрами среды на акватории марихозяйства. Отмечена умеренная положительная корреляция (0.51) между температурой воды и количеством личинок в планктоне. Прямого влияния биогенных элементов на плотность личинок мидии *M. galloprovincialis* по результатам исследований 2023 года не выявлено. Это подтверждает правильность выбора места размещения мидийно-устричной фермы, поскольку в период исследований концентрации биогенных элементов ни разу не превышали ПДК. Отмеченный в марте минимум содержания нитратов не имеет прямой зависимости от плотности личинок мидий. Учитывая, что гидролого-гидрохимические и гидробиологические условия акватории марихозяйства в разные сезоны и годы могут изменяться, необходимо продолжать комплексный экологический мониторинг мест выращивания моллюсков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aquaculture at the crossroads of global warming and antimicrobial resistance / M. Reverter [et al.] // Nature Communications. 2020. Vol. 11. 1870. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15735-6>
2. Suplicy F. M. A review of the multiple benefits of mussel farming // Reviews in Aquaculture. 2020. Vol. 12, iss. 1. P. 204–223. <https://doi.org/10.1111/raq.12313>
3. Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Выращивание мидий и устриц в Черном море. Воронеж : ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. 508 с. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5523> (дата обращения: 12.11.2025).
4. Long-term variations of thermohaline and hydrochemical characteristics in the mussel farm area in the coastal waters off Sevastopol (Black Sea) in 2001–2018 / S. V. Kapranov [et al.] // Continental Shelf Research. 2020. Vol. 206. 104185. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104185>
5. Комплексные экологические исследования прибрежной зоны западного Крыма с целью выбора места размещения морской фермы (Черное море) / В. И. Рябушко [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 2. С. 67–77. EDN TZKQUH. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2019-2-67-77>
6. Комплексные исследования экологического состояния прибрежной акватории Севастополя (Западный Крым, Черное море) / В. И. Рябушко [и др.] // 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>
7. Троценко О. А., Субботин А. А., Еремин И. Ю. Изменчивость основных лимитирующих факторов среды в процессе выращивания двустворчатых моллюсков на ферме в районе Севастополя // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5, № 2. С. 308–321. EDN KNUVMC.

8. *Лисицкая Е. В.* Таксономический состав и сезонная динамика меропланктона в районе мидийно-устричной фермы (Севастополь, Черное море // Морской биологический журнал. 2017. Т. 2, № 4. С. 38–49. EDN YKZKST. <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.04>
9. *Пиркова А. В., Ладыгина Л. В.* Морфометрические особенности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Mytilidae) в онтогенезе // Ruthenica: Русский малакологический журнал. 2024. Т. 34, № 3. С. 127–138. [https://doi.org/10.35885/ruthenica.2024.34\(3\).4](https://doi.org/10.35885/ruthenica.2024.34(3).4)
10. *Стельмах Л. В.* Закономерности роста фитопланктона и его потребления микрозоопланктоном в Черном море. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2024. 194 с. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/14229> (дата обращения: 12.11.2025).
11. Structural and functional parameters of the Black Sea phytoplankton during the summer bloom of the coccolithophore *Emiliania huxleyi* / L. V. Stelmakh [et al.] // Regional Studies in Marine Science. 2024. Vol. 76. 103594. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103594>
12. *Казанкова И. И.* Особенности сезонной динамика численности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* у берегов Крыма (по многолетним данным) // Гидробиологический журнал. 2014. Т. 50, № 1. С. 15–23.

Поступила 05.03.2025 г.; одобрена после рецензирования 11.08.2025 г.; принята к публикации 17.09.2025 г.; опубликована 30.12.2025 г.

Об авторах:

Борисова Диана Сергеевна, аспирант, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), **Scopus Author ID: 59141486300**, **SPIN-код: 9427-6982**, borisova_ds@ibss.su

Лисицкая Елена Васильевна, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0002-8219-4616**, **Scopus Author ID: 57211271270**, **ResearcherID: T-1970-2017**, **SPIN-код: 4973-5446**, e.lisitskaya@gmail.com

Рябушко Виталий Иванович, главный научный сотрудник, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), доктор биологических наук, **ORCID ID: 0000-0001-5052-2024**, **Scopus Author ID: 7801673501**, **ResearcherID: H-4163-2014**, **SPIN-код: 7326-8423**, rabushko2006@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Борисова Диана Сергеевна – сбор и обработка материала, проведение гидрохимических анализов, подготовка графических материалов

Лисицкая Елена Васильевна – обработка проб меропланктона, анализ состава и численности меропланктона, формирование статьи

Рябушко Виталий Иванович – постановка задачи исследования, редактирование рукописи

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.