



УДК 574.583, 574.587

https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_2_46

EDN: FUTKHM



Для цитирования: Поспелова Н.В., Приймак А.С., Широян А.Г. Избирательность питания мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819: значение вида и размера микроводорослей. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2025. Т. 8, № 2: 46–59. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_2_46.

For citation: Pospelova N.V., Priymak A.S., Shiroyan A.G. Feeding selectivity of Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819: The role of microalgae species and size. *Aquatic Bioresources & Environment*. 2025. Vol. 8, no. 2: 46–59. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_2_46. (In Russian).

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПИТАНИЯ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819: ЗНАЧЕНИЕ ВИДА И РАЗМЕРА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Н. В. Поспелова, А. С. Приймак*, А. Г. Широян

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (ФИЦ ИнБЮМ), Севастополь 299011, Россия

*E-mail: 123klimova321@gmail.com

Аннотация

Введение. Фундаментальные знания о питании двустворчатых моллюсков необходимы для понимания их экологической роли и взаимодействия с окружающей средой. **Актуальность.** Несмотря на многочисленные исследования, направленные на изучение питания моллюсков-фильтраторов, механизм его избирательности до конца не ясен. Большинство работ проведены в экспериментальных условиях, тогда как питание мидии в естественной среде обитания изучено недостаточно. **Цель** работы — оценить избирательность питания черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* в зависимости от таксономической принадлежности, формы и размеров клеток микроводорослей. **Методы.** Пробы моллюсков и воды были отобраны в Артиллерийской бухте (г. Севастополь) в 2021 г. Определены видовой состав, численность и биомасса микроводорослей в морской воде и желудках моллюсков. Проанализированы форма и линейные размеры видов микроводорослей, наиболее часто встречаемых в планктоне и пищевом комке моллюсков. **Результаты.** В воде выявлено 34 вида фитопланктона, в желудках мидий — 62. Видовое сходство микрофлоры желудков и фитопланктона в пробах воды было низким (индекс Брея–Кертиса $\leq 0,33$). Все виды микроводорослей были разделены на три размерные группы (по длине клетки): 7–57 мкм, 58–114 мкм и более 114 мкм; выявлены доминирующие группы по числу видов и численности в структуре фитопланктона и содержимом желудков моллюсков. В фитопланктоне преобладали крупноклеточные и колониальные диатомовые водоросли, в содержимом желудков — мелкоклеточные динофлагелляты округлой формы и пеннатные диатомовые. **Выводы.** Работа

доказывает наличие механической избирательности в питании моллюсков *M. galloprovincialis* на стадии предпищевого отбора на основе размера, формы и вида клеток микроводорослей.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, микроводоросли, избирательность, питание, содержимое желудка, размер клеток

FEEDING SELECTIVITY OF MEDITERRANEAN MUSSEL *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819: THE ROLE OF MICROALGAE SPECIES AND SIZE

N. V. Pospelova, A. S. Priymak*, A. G. Shiroyan

Federal Research Center "A.O. Kovalevsky Institute of Biology
of the Southern Seas of RAS" (FRC IBSS), Sevastopol 299011, Russia

*E-mail: 123klimova321@gmail.com

Abstract

Background. A comprehensive understanding of the nutritional ecology of bivalves is imperative for elucidating their ecological functions and interactions with their environment. **Relevance.** Despite the multitude of studies conducted on the subject of nutrition of filter-feeding molluscs, the mechanisms underlying their selective feeding remain to be fully identified. The majority of these studies have been conducted under experimental conditions, while the feeding process of the mussel in its natural habitat has received comparatively less attention. The **aim** of this work was to evaluate the feeding selectivity of Mediterranean mussel *M. galloprovincialis* in the Black Sea population in regard to the taxonomic affiliation, shape and size of microalgae cells. **Methods.** Mollusc and water samples were collected in Artillery Bay (Sevastopol) in 2021. The species composition, abundance and biomass of microalgae in seawater and molluscan stomachs have been determined. The shape and linear dimensions of the microalgae species most frequently occurring in the plankton and mussel food bolus have been analyzed. **Results.** A total of thirty-four phytoplankton species have been identified in the water, and sixty-two in the mussel stomachs. The similarity of microalgae species in stomach contents and water samples was low (Bray–Curtis Dissimilarity Index ≤ 0.33). All microalgae species have been divided into three size groups (based on their cell length): 7–57 μm , 58–114 μm , and over 114 μm . The dominant groups in terms of abundance and number of their species have been identified in the phytoplankton composition and molluscan stomach contents. The analysis has revealed that large-celled and colonial diatom algae prevailed in the phytoplankton, while small-celled rounded dinoflagellates and pennate diatoms were dominant in the stomach contents. **Conclusion.** This study confirms the presence of mechanical selectivity in the feeding process of *M. galloprovincialis* at the stage of pre-feeding selection based on the size, shape, and type of microalgae cells.

Keywords: bivalve molluscs, microalgae, selectivity, feeding, stomach content, cell size

ВВЕДЕНИЕ

Средиземноморская мидия *Mytilus galloprovincialis* широко распространена в прибрежных морских водах обоих полушарий и считается одним из 100 самых инвазивных видов в мире, так как может успешно выживать в различных условиях [1, 2]. В Черном море этот вид является одним из средообразующих, как формируя самостоятельные биоценозы, так и входя в состав других сообществ, где он играет значимую роль в качестве основного компонента пелагических и донных пищевых цепей [3–5]. Мидии используют

в пищу разнообразные взвешенные частицы (фитопланктон, детрит, зоопланктон, минеральные вещества) и сортируют их, пропуская через жабры, чем оказывают влияние на морские системы (в процессе питания осуществляя контроль численности, биомассы и разнообразия фитопланктона, а также способствуя сокращению вредоносного цветения водорослей и ускорению седиментации) [3, 6, 7]. Однако, как показывают исследования, при питании микроводорослями (планктонными и бентосными) мидии демонстрируют более высокие темпы роста и ускорен-

ное развитие гонад по сравнению с таковыми при питании детритом [8]. Пищевая ценность разных видов микроводорослей (МВ) для двусторчатых моллюсков может быть различной, однако этот вопрос еще недостаточно освещен. Исследование спектра питания мидии *M. galloprovincialis* и роли в нем МВ имеет важное значение для изучения роста моллюска, динамики его популяций и его экологического взаимодействия со средой. Некоторые авторы считают, что видовой состав МВ в рационе мидий аналогичен видовому составу фитопланктона окружающей воды [8]. При этом ряд исследований указывает на несоответствие МВ содержимого желудков моллюсков и среды [3, 9–11], что показано и для *M. galloprovincialis*, обитающей в прибрежных районах Черного моря [10]. Это может быть связано с размером и формой поглощаемых частиц как основами их сортировки [7], а также с их химическими и физическими особенностями (электростатическим зарядом и гидрофобностью поверхности, наличием метаболитов МВ, химическим составом поверхности клеток), концентрацией частиц в среде и т. д.

[12–15]. Ранние исследования по селективности питания двусторчатых моллюсков в основном были сфокусированы на МВ с длиной клеток менее 60 мкм [13, 16, 17]. Несмотря на большой объем информации, эта проблема еще не до конца изучена и требует тщательного анализа, дальнейших экспериментов и наблюдений. Цель настоящей работы — оценить избирательность питания черноморской *M. galloprovincialis* в зависимости от таксономической принадлежности, формы и размеров клеток микроводорослей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Артиллерийская бухта, где проводились исследования, представляет собой небольшую часть Севастопольской бухты Черного моря (44°36'54", 33°31'12") (рис. 1). Глубина Артиллерийской бухты около 15 м, а ее акватория по сравнению с Севастопольской бухтой является слабозагрязненной [18]. В бухте осуществляется паромное и катерное сообщение, что стало причиной высокого содержания растворенного органического вещества, нефтяных углеводородов и фенолов [19],

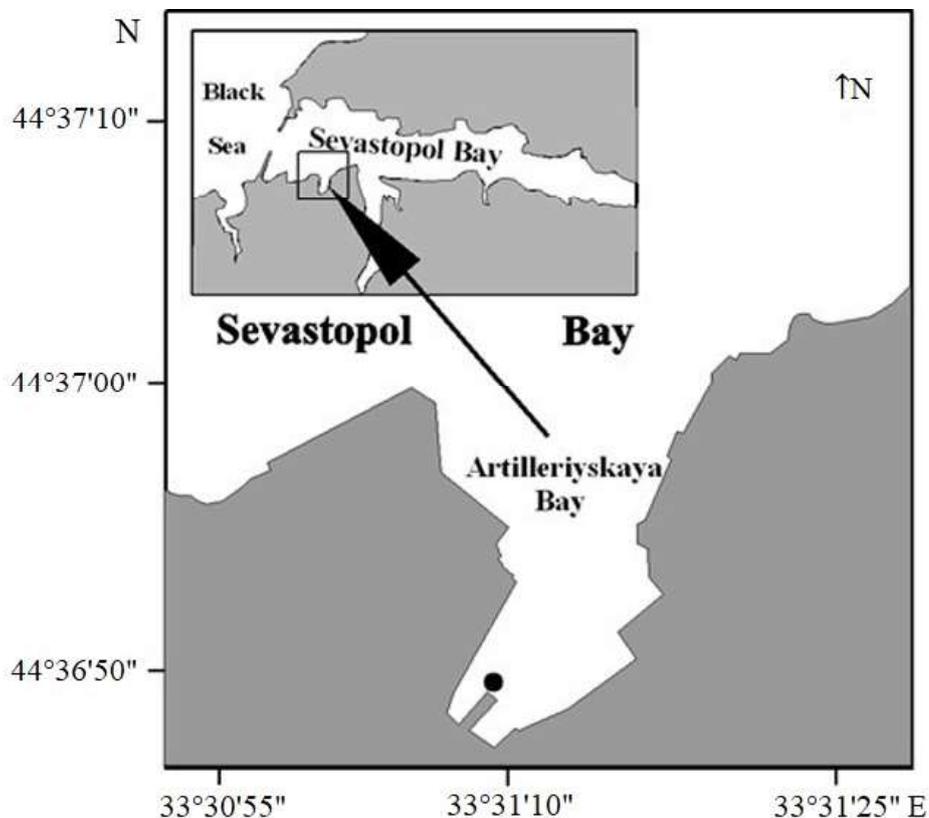


Рис. 1. Место отбора проб

Fig. 1. Location of the sampling site

также здесь отмечено активное развитие денитрифицирующих, тионовых и сульфатредуцирующих бактерий в перифитоне причальной стенки, доминирующим компонентом которого являются мидии [20].

В течение исследуемого периода было проанализировано 10 проб фитопланктона и 56 экземпляров моллюсков. Пробы морской воды ($V=1,5-2$ л) ежемесячно отбирали с поверхности моря (0–1 м) в бутылки из полиэтилена и концентрировали методом обратной фильтрации через трековые мембраны ($D_{пор}=1$ мкм, Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна) до объема 20–40 мл. Концентрированные образцы фиксировали раствором Люголя. Моллюсков с размером раковины 4–5 см (доминирующая группа) отбирали с причала бухты одновременно с пробами воды. Препарировали желудок 5–6 моллюсков, содержимое каждого анализировали с помощью микроскопа в трех повторностях. Подсчет клеток МВ проводили в аликвотах 0,01 мл и в камере объемом 0,5 мл трижды с использованием микроскопа Olympus BX43 при увеличениях 100×, 200× и 400×. Биомассу МВ определяли с помощью компьютерной программы «Глория» [21], которая основана на методе геометрических моделей. Учитывали МВ, являющиеся представителями размерных групп нано-, микро- и мезопланктона (>5 мкм). Идентификацию видов проводили с помощью определителей [22–24]. Названия таксонов представлены в соответствии с данными AlgaeBase и WoRMS.

Для выявления уровня сходства/различия между видовыми составами фитопланктона и содержимого желудков моллюсков использовали индекс Брея–Кертиса. Индекс рассчитывали с помощью программного пакета PAST 4.03 (PAleontological STatistics), основываясь на присутствии/отсутствии данного вида в морской воде и желудках моллюсков. Если вид присутствует в выборке, ему присваивается значение 1, если отсутствует — 0. Индекс Брея–Кертиса варьирует в диапазоне от 0 до 1, где 0 означает полное несходство, 1 — полное сходство обеих выборок.

Размеры микроводорослей в планктоне и желудках мидий варьировали от 7 до 180 мкм. Микроводоросли разделили на 3 размерные группы (РГ) (РГ 1 — 7–57 мкм, РГ 2 — 58–114 мкм, РГ 3 — более 114 мкм), величину интервала групп определяли с помощью уравнения [25]:

$$РГ = \frac{l_{max} - l_{min}}{n},$$

где l_{max} — максимальная длина клеток, l_{min} — минимальная длина, n — количество групп ($n=3$).

В результатах приведены средние значения размеров клеток, рассчитанные по измерениям не менее 10 клеток каждого вида, а также средние значения численности и биомассы фитопланктона воды и микроводорослей содержимого желудков мидий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопланктон бухты включал 34 вида МВ, из которых 25 относятся к диатомовым, 8 — к динофитовым и 1 — к гаптофитовым. В течение года доминировали диатомовые водоросли родов *Chaetoceros*, *Licmophora*, *Pseudo-nitzschia*, а также динофитовые рода *Prorocentrum*. Максимальное число видов (19) отмечено в мае (таблица). Низкое видовое разнообразие фитопланктона Севастопольской бухты отмечали и ранее [18]. Однако общее число выявленных нами видов значительно меньше, чем в 1990-е гг. (84 вида) [26], что может быть связано с современным неблагоприятным экологическим состоянием акватории.

В содержимом желудков мидий отмечено 62 вида МВ, из них 35 видов — диатомовые, 23 — динофитовые, 4 — представители других таксонов. Наиболее часто встречались МВ родов *Nitzschia*, *Navicula*, *Licmophora*, *Prorocentrum*. В воде виды этих родов были очень немногочисленны или отсутствовали. Наибольшее разнообразие МВ в пищевом комке мидий отмечалось в весенний и осенний периоды, а также в феврале (таблица).

Общее число видов МВ в желудках мидий (62 вида) почти в 2 раза превышает видовое разнообразие фитопланктона (34 вида), в основном за счет присутствия бентосных видов МВ. Известно, что мидии способны собирать частицы пищи мускулистой ногой, в т. ч. с раковин других моллюсков, которые являются субстратом для бентосных диатомовых [27]. Индекс Брея–Кертиса не превышал 0,33, что свидетельствует о низком уровне флористического сходства (таблица). Мидии характеризуются высокой фильтрационной активностью ($V_{\text{фильтрации}} > 1$ л/ч у моллюсков с размером раковины более 4 см), тогда как скорость прохождения пищи через желудочно-кишечный

Видовой состав микроводорослей в воде и желудках мидий, индекс сходства Брея–Кертиса (d)
Species composition of microalgae in the water and mussel stomachs, Bray–Curtis Dissimilarity Index (d)

Месяц Month	В морской воде / In the seawater	d
	В пищевом комке мидий / In the mussel food bolus	
02	<i>Chaetoceros compressus</i> , <i>C. subtilis</i> , <i>Proboscia alata</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>P. pungens</i> , <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> , <i>Skeletonema costatum</i>	0,1
	<i>Achnanthes brevipes</i> , <i>A. longipes</i> , <i>Cocconeis</i> sp. , <i>Gymnodinium</i> sp., <i>Limnophora ehrenbergii</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>Melosira</i> sp., <i>Parlibellus delognei</i> , <i>Proboscia alata</i> , <i>Prorocentrum compressum</i> , <i>P. micans</i> , <i>Scrippsiella acuminata</i> , <i>Striatella unipunctata</i> , <i>Tabularia fasciculata</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i>	
04	<i>P. alata</i> , <i>P. delicatissima</i> , <i>P. pungens</i> , <i>S. unipunctata</i>	0,06
	<i>Amphora ovalis</i> , <i>Berkeleya rutilans</i> , <i>Coccolithus</i> sp., <i>Caloneis liber</i> , <i>Cyclotella caspia</i> , <i>Dinophysis acuminata</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>Diploneis</i> sp. , <i>Haslea ostrearia</i> , <i>Kryptoperidinium</i> <i>triquetrum</i> , <i>Limnophora abbreviata</i> , <i>L. ehrenbergii</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>Nitzschia ramosissima</i> , <i>N. distans</i> , <i>N. sigma</i> , <i>Parlibellus hamulifer</i> , <i>P. delognei</i> , <i>Pleurosigma</i> sp. , <i>Prorocentrum</i> <i>balticum</i> , <i>P. compressum</i> , <i>P. micans</i> , <i>Protoperidinium claudicans</i> , <i>P. pyriforme</i> , <i>P. pellucidum</i> , <i>S. acuminata</i> , <i>S. unipunctata</i> , <i>T. fasciculata</i> , <i>T. tabulata</i>	
05	<i>A. longipes</i> , <i>B. rutilans</i> , <i>Cerataulina pelagica</i> , <i>Chaetoceros peruvianus</i> , <i>C. seiracanthus</i> , <i>C. affinis</i> , <i>C. curvisetus</i> , <i>C. scabrosus</i> , <i>C. wighamii</i> , <i>L. ehrenbergii</i> , <i>P. alata</i> , <i>P. balticum</i> , <i>P. compressum</i> , <i>P. micans</i> , <i>Protoperidinium steinii</i> , <i>P. calliantha</i> , <i>P. delicatissima</i> , <i>S. costatum</i> , <i>T. nitzschioides</i>	0,33
	<i>A. brevipes</i> , <i>B. rutilans</i> , <i>Coccolithus</i> sp., <i>D. acuminata</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>Grammatophora marina</i> , <i>Gymnodinium cnecoides</i> , <i>L. abbreviata</i> , <i>L. ehrenbergii</i> , <i>N. hybrida</i> , <i>N. sigma</i> , <i>P. balticum</i> , <i>P. compressum</i> , <i>P. micans</i> , <i>Protoperidinium divergens</i> , <i>P. steinii</i> , <i>P. crassipes</i> , <i>P. pyriforme</i> , <i>P. subinermis</i> , <i>Rhabdonema arcuatum</i> , <i>S. acuminata</i> , <i>S. unipunctata</i> , <i>T. nitzschioides</i> , <i>Tryblionella punctata</i>	
06	<i>C. curvisetus</i> , <i>C. scabrosus</i> , <i>C. wighamii</i> , <i>Navicula ramosissima</i>	0
	<i>B. rutilans</i> , <i>Dinophysis caudata</i> , <i>Gymnodinium wulffii</i> , <i>P. balticum</i> , <i>P. cordatum</i> , <i>P. lima</i> , <i>P. maximum</i> , <i>P. micans</i> , <i>P. compressum</i> , <i>Protoperidinium pyriforme</i> , <i>P. steinii</i> , <i>Pterosperma</i> sp., <i>S. acuminata</i> , <i>Spirulina</i> sp., <i>N. sigma</i>	
07	<i>C. wighamii</i> , <i>P. calcar-avis</i>	0
	<i>P. balticum</i> , <i>P. micans</i> , <i>P. pyriforme</i> , <i>P. compressum</i> , <i>S. acuminata</i>	
08	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> , <i>Nitzschia tenuirostris</i> , <i>Peridiniopsis quadridens</i> , <i>P. alata</i> , <i>P. micans</i>	0,25
	<i>Acanthoica</i> sp., <i>Coccolithus</i> sp., <i>Coelastrum</i> sp. , <i>P. balticum</i> , <i>P. compressum</i> , <i>P. micans</i>	
09	<i>C. wighamii</i> , <i>D. fragilissimus</i> , <i>N. tenuirostris</i> , <i>P. alata</i> , <i>P. micans</i> , <i>P. divergens</i> , <i>P. delicatissima</i>	0,09
	<i>B. rutilans</i> , <i>Coccolithus</i> spp., <i>D. acuminata</i> , <i>Halamphora hyalina</i> , <i>L. abbreviata</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>L. ehrenbergii</i> , <i>Navicula distans</i> , <i>N. perrhombus</i> , <i>P. balticum</i> , <i>P. micans</i> , <i>P. compressum</i> , <i>S. unipunctata</i> , <i>Spirulina</i> sp., <i>T. tabulata</i> , <i>Trachyneis aspera</i>	
10	<i>C. pelagica</i> , <i>G. wulffii</i> , <i>Pontosphaera nigra</i> , <i>P. alata</i> , <i>P. micans</i>	0,3
	<i>Coccolithus</i> sp., <i>D. acuminata</i> , <i>Emiliana huxleyi</i> , <i>Navicula</i> sp. , <i>P. balticum</i> , <i>P. compressum</i> , <i>P. micans</i> , <i>P. divergens</i> , <i>P. steinii</i> , <i>P. nigra</i> , <i>T. fasciculata</i>	
11	<i>C. compressum</i> , <i>L. ehrenbergii</i> , <i>P. micans</i>	0,25
	<i>Coccolithus</i> sp., <i>L. ehrenbergii</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>N. hybrida</i> , <i>N. ramosissima</i> , <i>N. sigma</i> , <i>Octactis</i> <i>octonaria</i> , <i>P. balticum</i> , <i>P. compressum</i> , <i>P. hamulifer</i> , <i>P. micans</i> , <i>P. pellucidum</i> , <i>T. fasciculata</i>	
12	<i>Gonyaulax spinifera</i> , <i>L. ehrenbergii</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>P. delognei</i> , <i>P. micans</i> , <i>S. costatum</i>	0,18
	<i>B. rutilans</i> , <i>Coccolithus</i> sp., <i>P. balticum</i> , <i>P. compressum</i> , <i>P. micans</i> , <i>T. nitzschioides</i>	

Примечание: Жирным шрифтом выделены бентосные виды микроводорослей

Note: Benthic species of microalgae are indicated in bold

тракт составляет более 2 часов [28]. В связи с этим при низкой численности отдельные виды МВ могут не попадать в пробы воды объемом 1,5–2 л, тогда как моллюски улавливают их при фильтрации.

Видовые составы МВ планктона и содержимого пищевого комка мидий значительно различались (таблица). Так, в воде доминирующими по численности видами в разные сезоны были диатомовые водоросли: крупноклеточные *Proboscia alata* (все сезоны, длина клеток 280–450 мкм), *Cerataulina pelagica* (осень, длина клеток 60–100 мкм) и колониальные *Pseudo-nitzschia* spp. (зимне-весенний период, заостренные концы клеток, длина колонии 150–750 мкм), *Chaetoceros* spp. (весна, лето, осень, длина колонии 20–105 мкм, длинные острые щетинки длиной 70–120 мкм), *Skeletonema costatum* (зима, длина колонии 30–150 мкм). Основной вклад в общую численность микроводорослей в желудках в течение всего года вносили динофлагелляты *Prorocentrum* spp. (круглогодично, гладкая овальная сплюснутая форма клеток, размер 18–43 мкм), *Scrippsiella acuminata* (зима, весна, лето, гладкая округлая форма клеток, размер 23–30 мкм), бентосные диатомовые водоросли *Licmophora* spp. (круглогодично, треугольная сплюснутая форма клеток, длина 35–118 мкм), *Berkeleya rutilans* (круглогодично, пеннатная форма клеток, длина 21–30 мкм), *Parlibellus delognei* (зима, весна, пеннатная форма клеток, длина 24–35 мкм), *Achnanthes* spp. (зима, весна, пеннатная форма клеток, длина 38–78 мкм). Таким образом, моллюски предпочитают поглощать МВ округлой или овальной формы (динофлагелляты) или пеннатные формы диатомовых длиной до 60 мкм без длинных острых щетинок, шипов. В воде же большей частью доминируют крупные удлиненные или колониальные формы диатомовых, имеющие острые концы или длинные щетинки. Известно, что диатомовые такой формы преобладают в олиготрофных водах с низким содержанием биогенных веществ [29], к каковым относятся воды прибрежных акваторий Крыма [18–20].

Значения численности фитопланктона в воде варьировали от 280 до 45000 кл./л, биомассы — от 0,4 до 290 мкг/л, с максимальными значениями в сентябре и августе, соответственно (рис. 2А, Б). Преобладали диатомовые водоросли — 83–100 % от суммарной численности, 47–100 % от суммар-

ной биомассы; в августе и сентябре основу фитоплана составляли крупноклеточные виды. Вклад динофлагеллят в общую численность фитопланктона не превышал 16,7 %, биомассу — 45 %. Известно, что диатомовые, динофитовые и гаптофитовые являются основными компонентами структуры фитопланктона Черного моря. В зимний и весенний периоды наибольшим разнообразием характеризуются диатомовые, которые являются доминирующими в планктоне бухт Севастополя. В теплое время года наблюдается сдвиг таксономического состава сообщества в пользу динофлагеллят [30–32].

В отличие от планктона, в пищевом комке мидий круглогодично, за исключением зимнего периода, количественно доминировали динофлагелляты (рис. 2В, Г). В декабре в рационе моллюсков значительную долю численности (64–67 %) МВ составляли бентосные диатомовые *Parlibellus delognei*, *Licmophora* spp., *Achnanthes* spp. и кокколитофориды (округлая форма клеток, размер 20–22 мкм) (рис. 2Г), в феврале — планктонная диатомовая *Thalassionema nitzschioides* (пеннатная форма клеток, длина 48–58 мкм).

Пики численности и биомассы МВ в планктоне и желудках мидий не совпадали. Вспышки численности фитопланктона отмечались в мае-июне и сентябре (рис. 2Б), биомассы — в августе и сентябре (рис. 2А). Максимальная наполненность желудков микроводорослями наблюдалась в весенний (более 8000 кл./экз., 66 мкг/экз. в мае) и осенний (более 2000 кл./экз., 35 мкг/экз. в октябре) периоды. Минимально моллюски потребляли МВ в августе и декабре (рис. 2В, Г). Как было показано, основной вклад в количественные показатели МВ в желудках в течение всего года вносили динофлагелляты рода *Prorocentrum* (*Prorocentrum micans* (35–42 мкм), *P. balticum* (18–20 мкм), *P. compressum* (32–44 мкм)) — от 21 % от суммарной численности в зимний период и до 97 % летом. Наряду с ними в зимне-весенний период 24–37 % численности МВ пищевого комка составили бентосные диатомовые рода *Licmophora*.

По одним сведениям, видовой состав микроводорослей в желудках *Mytilus* spp. и окружающей воде сходен [33], по другим — значительно или незначительно различается [34]. Наши данные указывают на значительную разницу как в видовом составе, так и в соотношении биомас-

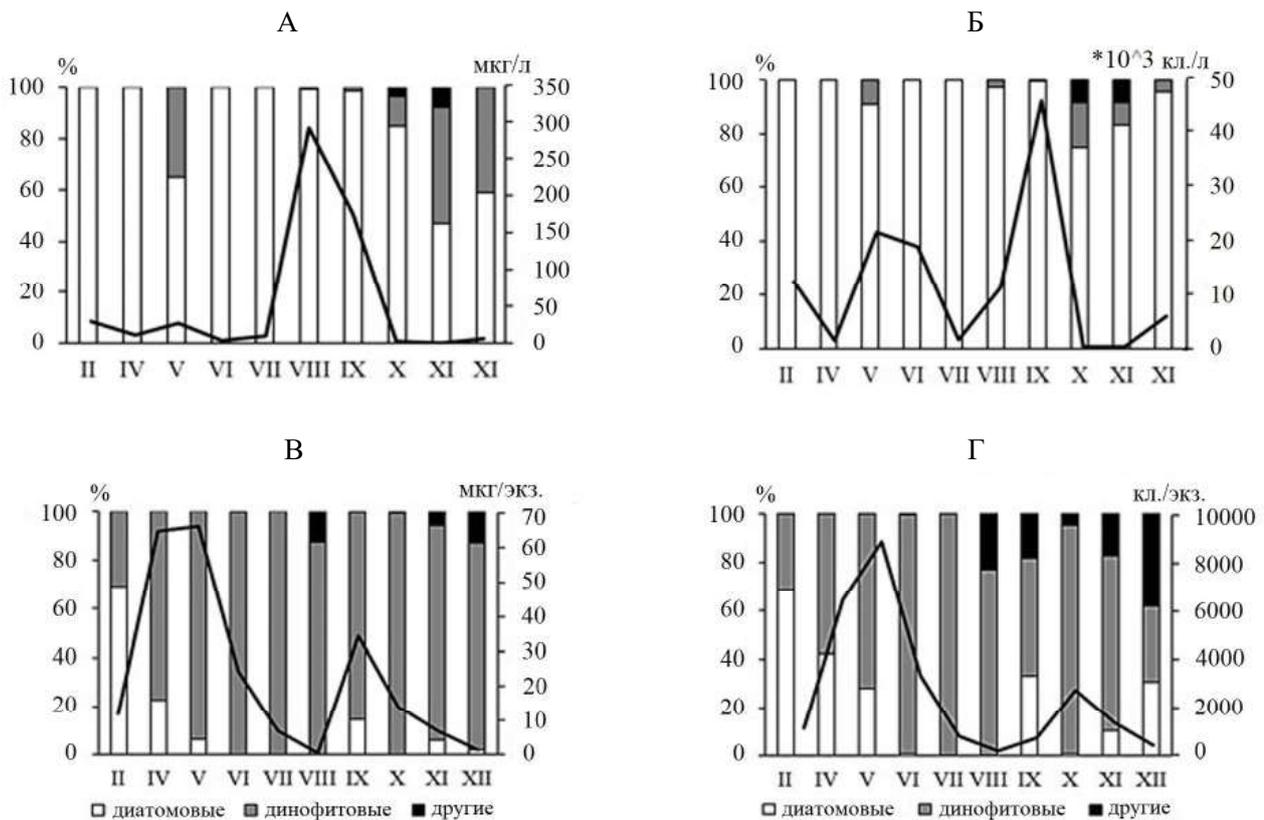


Рис. 2. Соотношение (%) биомассы (А, В) и численности (Б, Г) основных групп фитопланктона в воде (А, Б) и желудках мидий (В, Г)

Fig. 2. Ratio (%) of biomass (A, B) and abundance (Б, Г) of the main taxonomic groups of phytoplankton in the water (A, Б) and the mussel stomachs (В, Г)

сы и численности доминирующих таксонов, что подтверждается и значениями индекса сходства Брея–Кертиса (таблица). Если в фитопланктоне доминировали диатомовые водоросли, то в желудках наблюдался сдвиг состава МВ в пользу динофитовых (рис. 2). Это подчеркивает важность динофлагеллят в рационе *Mytilus galloprovincialis*. Очевидно, что мидии способны избирательно питаться как в естественных, так и в экспериментальных условиях, о чем свидетельствуют работы [35, 36]. Например, в желудках мидий, культивируемых в прибрежье Крыма, доля динофитовых составляла от 25 до 30 % от суммарного количества МВ, тогда как численность динофлагеллят в воде, по сравнению с другими группами фитопланктона, была очень низкой [34]. Sidari et al. [36] обнаружили, что *M. galloprovincialis* из Средиземного моря предпочитает питаться динофитовыми, а не диатомовыми водорослями. У мидии *Mytilus edulis* из Бискайского залива также обнаружено большее

обилие динофлагеллят в желудках по сравнению с фитопланктоном [11].

По данным Wayne et al. [13], пищевой спектр моллюсков-фильтраторов зависит от трех параметров: размера взвешенных частиц, соотношения перевариваемых и неперевариваемых частиц, биохимической структуры перевариваемых частиц. В нашей работе подтверждено, что размер клеток микроводорослей — важный для избирательности питания мидии параметр. На основании полученных данных построен интервальный вариационный ряд распределения клеток микроводорослей по размерам [25]. Выделено три размерные группы (РГ): РГ 1 — 7–57 мкм, РГ 2 — 58–114 мкм и РГ 3 — более 114 мкм. Моллюски предпочитали для потребления виды МВ, относящиеся к РГ 1 (рис. 3В), тогда как в воде доминировали большей частью виды — представители РГ 2 и РГ 3, за исключением октября и декабря (рис. 3А, таблица). По количеству клеток ситуация аналогична: чис-

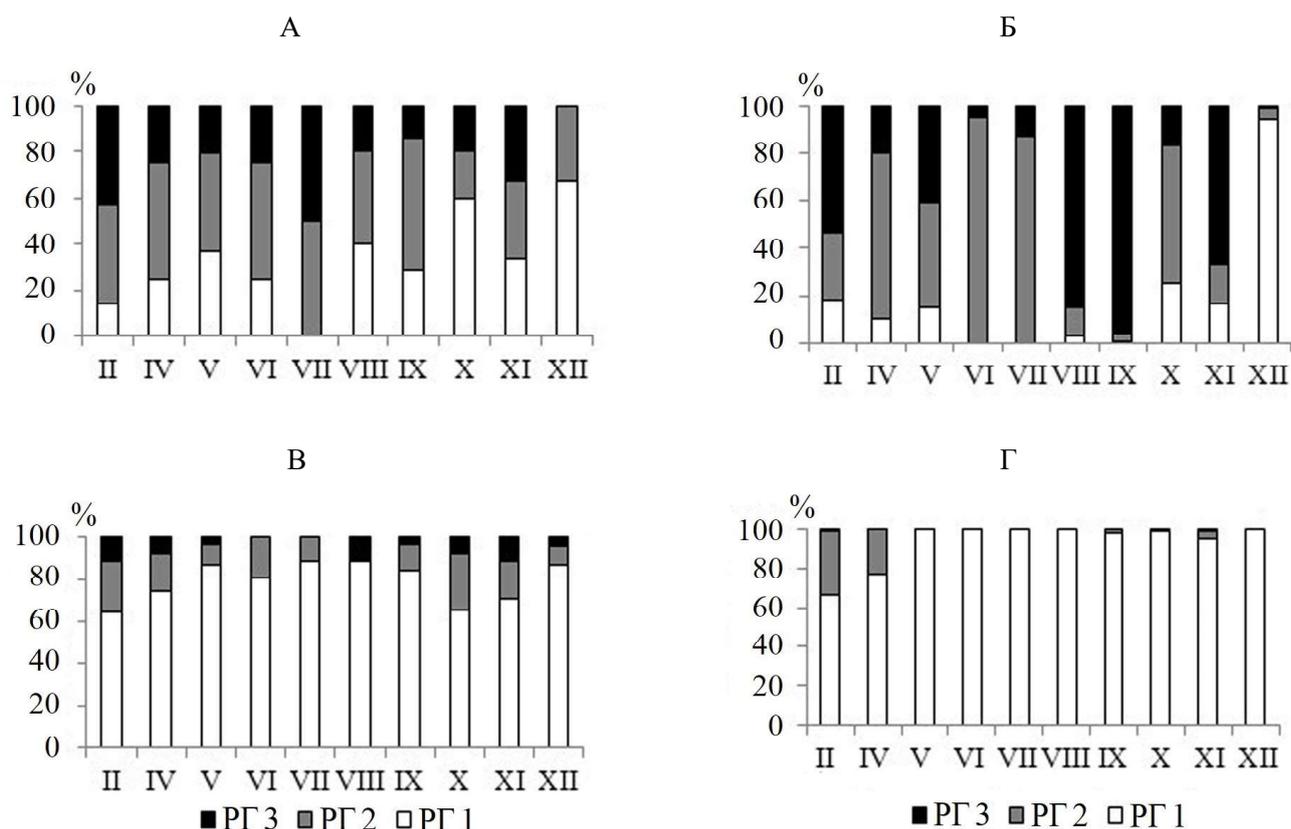


Рис. 3. Соотношение (%) микроводорослей трех размерных групп (РГ) по числу видов (А, В) и численности (Б, Г) в воде (А, Б) и в желудках мидий (В, Г)

Fig. 3. Ratio (%) of microalgae of three size groups (SG) based on the number of species (А, В) and abundance (Б, Г) in the water (А, Б) and in the mussel stomachs (В, Г)

ленность клеток МВ наименьшей РГ в желудках мидий составляла от 67 до 100 % (рис. 3В). В планктоне численность клеток размером менее 57 мкм не превышала 25 %, за исключением декабря, когда 89 % суммарной численности фитопланктона составила холодолюбивая мелкоклеточная (размер клеток 7–14 мкм) диатомовая *Skeletonema costatum* (рис. 3А, таблица), формирующая длинные колонии клеток. Представленные данные свидетельствуют о механической избирательности питания *Mytilus galloprovincialis*. Такой пассивный механизм связан с особенностями строения ктенидий жабр со сложными ресничками и лабиальных пальцев, что обуславливает более тщательный пассивный отбор пищевых частиц по размеру мидиями, по сравнению с другими видами двустворчатых моллюсков [7].

Предполагается, что избирательное питание, основанное на различных свойствах клеток, включая их форму и размер, выгодно с энергетической точки зрения [37]. Однако речь не идет о пищевом

поведении и/или физиологических особенностях моллюсков, обуславливающих активную избирательность. Экспериментально доказано, что микропластик с размером частиц менее 65 мкм также избирательно потребляется мидиями, в отличие от более крупных частиц [37, 38], но это не связано с пищевой ценностью пластика. Более мелкие клетки имеют бóльшую площадь поверхности и объем, чем крупные клетки с аналогичной биомассой, что облегчает их переваривание. Несмотря на то, что процесс отбора клеток МВ двустворчатыми моллюсками хорошо изучен и в природных, и в лабораторных условиях, реальные механизмы избирательности, которые обуславливали бы предпочтение более мелких частиц более крупным, остаются неясными. Такие исследования сохраняют свою актуальность, особенно в аспекте взаимодействия мидий с окружающей средой. Предпочтение мелких клеток крупным при питании мидий может существенно повлиять на видовой состав фитопланктона в местах больших

поселений моллюсков в прибрежье (причалы, скалы, морские фермы). Предпочтительный захват мелкоклеточных видов фитопланктона моллюсками выводит эти виды из взвеси, оставляя в экосистеме более крупные. Это может влиять на качество и количество пищи для зоопланктона и зообентоса, изменяя их состав и численность, и, как следствие, отражаться на динамике пелагических и бентосных пищевых цепей [35, 38, 39].

ВЫВОДЫ

Показано наличие механической сортировки пищи при питании моллюсков *Mytilus galloprovincialis* на стадии предпищевого отбора на основе размера, формы и вида клеток микроводорослей. В содержимом желудков моллюсков идентифицировано почти в два раза больше видов микроводорослей (62), чем в морской воде (34), за счет присутствия в рационе питания мидий бентосных видов диатомовых. В морской воде преобладали виды родов *Chaetoceros*, *Licmophora*, *Pseudo-nitzschia*, *Prorocentrum*, в желудках моллюсков — *Licmophora*, *Berkeleya*, *Prorocentrum*. По численности и биомассе в воде доминировали крупные или колониальные диатомовые из размерных групп более 58 мкм, имеющие вытянутую форму с заостренными концами или длинные щетинки, в десятки раз превышающие длину клетки. Моллюски в течение года предпочитали потреблять динофитовые и бентосные диатомовые МВ, из которых более 60 % приходилось на долю мелкоклеточных видов (7–57 мкм) с клетками округлой, овальной или пеннатной формы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность д. б. н. И.В. Довгалю за ценные рекомендации. Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по темам № 124022400152-1 и 124022400148-4.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their sincerest gratitude to Igor Dovgal, Dr. Sci. (Biology), for his support and valuable advice. This work has been conducted as part of the State Assignment to the Federal Research Center “A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS”, research topics No. 124022400152-1 and No. 124022400148-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Han G.-D., Dong Yu.-W. Rapid climate-driven evolution of the invasive species *Mytilus galloprovincialis* over the past century. *Anthropocene Coasts*. 2020. Vol. 3, issue 1: 14–29. <https://doi.org/10.1139/anc-2019-0012>.
- Lins D.M., Zbawicka M., Wenne R., Poćwierz-Kotus A., Molina J.R.A., Alves L.P., Rocha R.M. Ecology and genetics of *Mytilus galloprovincialis*: A threat to bivalve aquaculture in southern Brazil. *Aquaculture*. 2021. Vol. 540. e736753. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736753>.
- Lauringson V., Kotta J., Orav-Kotta H., Kaljurand K. Diet of mussels *Mytilus trossulus* and *Dreissena polymorpha* in a brackish nontidal environment. *Marine Ecology*. 2013. Vol. 35, suppl. 1: 56–66. <https://doi.org/10.1111/maec.12120>.
- Norling P., Kautsky N. Structural and functional effects of *Mytilus edulis* on diversity of associated species and ecosystem functioning. *Marine Ecology Progress Series*. 2007. Vol. 351: 163–175. <https://doi.org/10.3354/meps07033>.
- Arribas L.P., Donnarumma L., Palomo M.G., Scrosati R.A. Intertidal mussels as ecosystem engineers: Their associated invertebrate biodiversity under contrasting wave exposures. *Marine Biodiversity*. 2014. Vol. 44: 203–211. <https://doi.org/10.1007/s12526-014-0201-z>.
- Morioka H., Kasai A., Miyake Y., Kitagawa T., Kimura S. Food composition for blue mussels (*Mytilus edulis*) in the Menai Strait, UK, based on physical and biochemical analyses. *Journal of Shellfish Research*. 2017. Vol. 36, issue 3: 659–668. <https://doi.org/10.2983/035.036.0315>.
- Rosa M., Ward J.E., Shumway S.E. Selective capture and ingestion of particles by suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish Research*. 2018. Vol. 37, issue 4: 727–746. <https://doi.org/10.2983/035.037.0405>.
- Иванов В.Н., Холодов В.И., Сеничева М.И., Пиркова А.В., Булатов К.В. Биология культивируемых мидий. К.: Наукова думка, 1989. 100 с.
- Tan K.S., Ransangan J. Feeding behaviour of green mussels, *Perna viridis* farmed in Marudu Bay, Malaysia. *Aquaculture Research*. 2017. Vol. 48, issue 3: 1216–1231. <https://doi.org/10.1111/are.12963>.
- Pospelova N.V., Priimak A.S. The role of microalgae of the genus *Prorocentrum* in the diet of mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) (Black Sea) in suspended culture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 937, issue 2. e022072: 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022072>.
- Rouillon G., Rivas J.G., Ochoa N., Navarro E. Phytoplankton composition of the stomach contents of the mussel *Mytilus edulis* L. from two popula-

- tions: Comparison with its food supply. *Journal of Shellfish Research*. 2005. Vol. 24, issue 1: 5–14. [https://doi.org/10.2983/0730-8000\(2005\)24\[5:PCOTSC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2005)24[5:PCOTSC]2.0.CO;2).
12. Moruf R.O., Okunade G.F., Elegbeleye O.W. Bivalve mariculture in two-way interaction with phytoplankton: A review of feeding mechanism and nutrient recycling. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*. 2020. Vol. 77, issue 2. e1. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:2020.0010>.
 13. Bayne B.L., Hawkins A.J.S., Navarro E. Feeding and digestion by the mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia: Mollusca) in mixtures of silt and algal cells at low concentrations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1987. Vol. 111, issue 1: 1–22. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(87\)90017-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(87)90017-7).
 14. Rosa M., Ward J.E., Shumway S.E., Wikfors G.H., Pales-Espinosa E., Allam B. Effects of particle surface properties on feeding selectivity in the eastern oyster *Crassostrea virginica* and the blue mussel *Mytilus edulis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2013. Vol. 446: 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.05.011>.
 15. Rosa M., Ward J.E., Ouvrard M., Holohan B.A., Pales-Espinosa E., Shumway S.E., Allam B. Examining the physiological plasticity of particle capture by the blue mussel, *Mytilus edulis* (L.): Confounding factors and potential artifacts with studies utilizing natural seston. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2015. Vol. 473: 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.09.005>.
 16. Tuttle-Raycraft S., Ackerman J.D. Does size matter? Particle size vs. quality in bivalve suspension feeding. *Freshwater Biology*. 2018. Vol. 63, issue 12: 1560–1568. <https://doi.org/10.1111/fwb.13184>.
 17. Strohmeier T., Strand Ø., Alunno-Bruscia M., Duinker A., Cranford P.J. Variability in particle retention efficiency by the mussel *Mytilus edulis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2012. Vol. 412: 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.11.006>.
 18. Лопухин А.С., Овсяный Е.И., Романов А.С., Ковардаков С.А., Сысоева И.В., Брянцева Ю.В., Рылькова О.А., Гаврилова Н.А., Губанов В.В., Лопухин С.А., Каменир Ю.Г., Гомис К., Вильсон Д.Г., Кемп Р.Б. Сезонные особенности гидролого-гидрохимической структуры вод Севастопольской бухты, микропланктон и распределение его биохимических компонент (Черное море, наблюдения 2004–2005 гг.). *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. 2007. Вып. 15: 74–109.
 19. Миронов О.Г., Алемов С.В., Осадчая Т.С., Гусева Е.В., Миронова Т.О., Муравьева И.П., Миронов О.А., Енина Л.В., Алифанова Д.А., Волков Н.Г. Мониторинг экологического состояния бухты Артиллерийская (Севастополь, Черное море). *Морской экологический журнал*. 2012. Т. 11, № 1: 41–52.
 20. Бурдиян Н.В. Анаэробные бактерии перифитона бухты Артиллерийская (Севастополь, Черное море). *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2014. Вып. 11: 174–178.
 21. Лях А.М., Брянцева Ю.В. Компьютерная программа для расчета основных параметров фитопланктона. *Экология моря*. 2001. Т. 58: 87–90.
 22. Киселев И.А. Определитель по фауне СССР. Панцирные жгутиконосцы (Dinoflagellata) морей и пресных вод СССР. Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. 280 с.
 23. Крахмальний А.Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель). К.: Альтерпресс, 2011. 444 с.
 24. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. 224 с.
 25. Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. 4-е изд. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
 26. Лопухина О.А., Брянцева Ю.В., Кемп Р.Б. Сезонная динамика фитопланктона Севастопольской бухты в 1998 г. *Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу* / под ред. Е.В. Павловой, Н.В. Шадрина. Севастополь: Аквавита, 1999: 131–141.
 27. Ryabushko L.I., Pospelova N.V., Balycheva D.S., Kovrigina N.P., Troshchenko O.A., Kapranov S.V. Epizoon microalgae of the cultivated mollusk *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819, phytoplankton, hydrological and hydrochemical characteristics in the mussel-and-oyster farm area (Sevastopol, Black Sea). *Marine Biological Journal*. 2017. Vol. 2, no. 4: 67–83. <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.07>.
 28. Цихон-Луканина Е.А. Трофология водных моллюсков. М.: Наука, 1987. 175 с.
 29. Kléparski L., Beaugrand G., Edwards M., Ostle C. Phytoplankton life strategies, phenological shifts and climate change in the North Atlantic Ocean from 1850 to 2100. *Global Change Biology*. 2023. Vol. 29, issue 13: 3833–3849. <https://doi.org/10.1111/gcb.16709>.
 30. Mikaelyan A.S., Kubryakov A.A., Silkin V.A., Pautova L.A., Chasovnikov V.K. Regional climate and patterns of phytoplankton annual succession in the open waters of the Black Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2018. Vol. 142: 44–57. <https://doi.org/10.1016/J.DSR.2018.08.001>.
 31. Mikaelyan A.S., Mosharov S.A., Kubryakov A.A., Pautova L.A., Fedorov A., Chasovnikov V.K. The impact of physical processes on taxonomic composition, distribution and growth of phytoplankton in the open Black Sea. *Journal of Marine Systems*.

2020. Vol. 208. e103368. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103368>.
32. Silkin V.A., Pautova L.A., Giordano M., Chasovnikov V.K., Vostokov S.V., Podymov O.I., Pakhomova S.V., Moskalenko L.V. Drivers of phytoplankton blooms in the northeastern Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 2019. Vol. 138: 274–284. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.11.042>.
 33. Kamermans P. Similarity in food source and timing of feeding in deposit- and suspension-feeding bivalves. *Marine Ecology Progress Series*. 1994. Vol. 104: 63–75. <https://dx.doi.org/10.3354/meps104063>.
 34. 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. Вып. 1 (17): 24–34. <https://doi.org/10.21072/eco.2021.17.03>.
 35. Baker J.M., Levinton J.S., Kurdziel J.P., Shumway S.E. Selective feeding and biodeposition by zebra mussels and their relation to changes in phytoplankton composition and seston load. *Journal of Shellfish Research*. 1998. Vol. 17, issue 4: 1207–1214.
 36. Sidari L., Nichetto P., Cok S., Sosa S., Tubaro A., Honsell G., Della Loggia R. Phytoplankton selection by mussels, and diarrhetic shellfish poisoning. *Marine Biology*. 1998. Vol. 131: 103–111. <https://doi.org/10.1007/s002270050301>.
 37. Mladinich K., Holohan B.A., Shumway S.E., Brown K., Ward J.E. Determining the properties that govern selective ingestion and egestion of microplastics by the blue mussel (*Mytilus edulis*) and eastern oyster (*Crassostrea virginica*). *Environmental Science & Technology*. 2022. Vol. 56, issue 22: 15770–15779. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06402>.
 38. Ward J.E., Shumway S.E. Separating the grain from the chaff: Particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2004. Vol. 300, issues 1–2: 83–130. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.03.002>.
 39. Jin Z., Jin H., Gao B., Tong C., Jeppesen E., Rudstam L.G., Dumont H.J., González Sagrario M. de los A., Razlutskiy V., Liu Z., Tang Y., Zhang X. Effects of filter-feeding bivalves in benthic and pelagic habitats on plankton community and water quality in shallow systems: Implications for lake rehabilitation. *Aquatic Ecology*. 2025. Vol. 59: 53–66. <https://doi.org/10.1007/s10452-024-10147-w>.
 - Ecology and genetics of *Mytilus galloprovincialis*: A threat to bivalve aquaculture in southern Brazil. *Aquaculture*. 2021. Vol. 540. e736753. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736753>.
 3. Lauringson V., Kotta J., Orav-Kotta H., Kaljurand K. Diet of mussels *Mytilus trossulus* and *Dreissena polymorpha* in a brackish nontidal environment. *Marine Ecology*. 2013. Vol. 35, suppl. 1: 56–66. <https://doi.org/10.1111/maec.12120>.
 4. Norling P., Kautsky N. Structural and functional effects of *Mytilus edulis* on diversity of associated species and ecosystem functioning. *Marine Ecology Progress Series*. 2007. Vol. 351: 163–175. <https://doi.org/10.3354/meps07033>.
 5. Arribas L.P., Donnarumma L., Palomo M.G., Scrosati R.A. Intertidal mussels as ecosystem engineers: Their associated invertebrate biodiversity under contrasting wave exposures. *Marine Biodiversity*. 2014. Vol. 44: 203–211. <https://doi.org/10.1007/s12526-014-0201-z>.
 6. Morioka H., Kasai A., Miyake Y., Kitagawa T., Kimura S. Food composition for blue mussels (*Mytilus edulis*) in the Menai Strait, UK, based on physical and biochemical analyses. *Journal of Shellfish Research*. 2017. Vol. 36, issue 3: 659–668. <https://doi.org/10.2983/035.036.0315>.
 7. Rosa M., Ward J.E., Shumway S.E. Selective capture and ingestion of particles by suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish Research*. 2018. Vol. 37, issue 4: 727–746. <https://doi.org/10.2983/035.037.0405>.
 8. Ivanov V.N., Kholodov V.I., Senicheva M.I., Pirkova A.V., Bulatov K.V. *Biologiya kul'tiviruemykh midiy [Biology of cultivated mussels]*. Kyiv: Naukova dumka [Scientific Thought], 1989. 100 p. (In Russian).
 9. Tan K.S., Ransangan J. Feeding behaviour of green mussels, *Perna viridis* farmed in Marudu Bay, Malaysia. *Aquaculture Research*. 2017. Vol. 48, issue 3: 1216–1231. <https://doi.org/10.1111/are.12963>.
 10. Pospelova N.V., Priimak A.S. The role of microalgae of the genus *Prorocentrum* in the diet of mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) (Black Sea) in suspended culture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 937, issue 2. e022072: 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022072>.
 11. Rouillon G., Rivas J.G., Ochoa N., Navarro E. Phytoplankton composition of the stomach contents of the mussel *Mytilus edulis* L. from two populations: Comparison with its food supply. *Journal of Shellfish Research*. 2005. Vol. 24, issue 1: 5–14. [https://doi.org/10.2983/0730-8000\(2005\)24\[5:PCOTSC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2005)24[5:PCOTSC]2.0.CO;2).
 12. Moruf R.O., Okunade G.F., Elegbeleye O.W. Bivalve mariculture in two-way interaction with phytoplankton: A review of feeding mechanism and nutrient recycling. *Bulletin of University of Agricultural*

REFERENCES

1. Han G.-D., Dong Yu.-W. Rapid climate-driven evolution of the invasive species *Mytilus galloprovincialis* over the past century. *Anthropocene Coasts*. 2020. Vol. 3, issue 1: 14–29. <https://doi.org/10.1139/anc-2019-0012>.
2. Lins D.M., Zbawicka M., Wenne R., Poćwierz-Kotus A., Molina J.R.A., Alves L.P., Rocha R.M.

- Sciences and Veterinary Medicine Chuj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*. 2020. Vol. 77, issue 2. e1. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:2020.0010>.
13. Bayne B.L., Hawkins A.J.S., Navarro E. Feeding and digestion by the mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia: Mollusca) in mixtures of silt and algal cells at low concentrations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1987. Vol. 111, issue 1: 1–22. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(87\)90017-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(87)90017-7).
 14. Rosa M., Ward J.E., Shumway S.E., Wikfors G.H., Pales-Espinosa E., Allam B. Effects of particle surface properties on feeding selectivity in the eastern oyster *Crassostrea virginica* and the blue mussel *Mytilus edulis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2013. Vol. 446: 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.05.011>.
 15. Rosa M., Ward J.E., Ouvrard M., Holohan B.A., Pales-Espinosa E., Shumway S.E., Allam B. Examining the physiological plasticity of particle capture by the blue mussel, *Mytilus edulis* (L.): Confounding factors and potential artifacts with studies utilizing natural seston. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2015. Vol. 473: 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.09.005>.
 16. Tuttle-Raycraft S., Ackerman J.D. Does size matter? Particle size vs. quality in bivalve suspension feeding. *Freshwater Biology*. 2018. Vol. 63, issue 12: 1560–1568. <https://doi.org/10.1111/fwb.13184>.
 17. Strohmeier T., Strand Ø., Alunno-Bruscia M., Dünker A., Cranford P.J. Variability in particle retention efficiency by the mussel *Mytilus edulis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2012. Vol. 412: 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.11.006>.
 18. Lopukhin A.S., Ovsyanyy E.I., Romanov A.S., Kovardakov S.A., Sysoeva I.V., Bryantseva Yu.V., Rylkova O.A., Gavrilova N.A., Gubanov V.V., Lopukhin S.A., Kamenir Yu.G., Gomis K., Vilson D.G., Kemp R.B. Sezonnnye osobennosti gidrologo-gidrokhimicheskoy struktury vod Sevastopol'skoy bukhty, mikrop plankton i raspredelenie ego biokhimicheskikh komponent (Chernoe more, nablyudeniya 2004–2005 gg.) [Seasonal features of the hydrological and hydrochemical structure of the waters of the Sevastopol Bay, microplankton and distribution of its biochemical components (Black Sea, observations 2004–2005)]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. 2007. Issue 15: 74–109. (In Russian).
 19. Mironov O.G., Alemov S.V., Osadchaya T.S., Guseva E.V., Mironova T.O., Muravyeva I.P., Mironov O.A., Enina L.V., Alifanova D.A., Volkov N.G. Monitoring ekologicheskogo sostoyaniya bukhty Artilleriyskaya (Sevastopol', Chernoe more) [Ecological monitoring of Artilleriyskaya Bay (Sevastopol, Black Sea)]. *Morskoy ekologicheskiy zhurnal* [Marine Ecological Journal]. 2012. Vol. 11, no. 1: 41–52. (In Russian).
 20. Burdiyan N.V. Anaerobnye bakterii perifitona bukhty Artilleriyskaya (Sevastopol', Chernoe more) [Anaerobic bacteria in the periphyton of Artilleriyskaya Bay (Sevastopol, the Black Sea)]. *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana* [Optimization and Protection of Ecosystems]. 2014. Issue 11: 174–178. (In Russian).
 21. Lyakh A.M., Bryantseva Yu.V. Komp'yuternaya programma dlya rascheta osnovnykh parametrov fitoplanktona [Computer's program for the calculation of basic phytoplankton parameters]. *Ekologiya morya* [Ecology of the Sea]. 2001. Vol. 58: 87–90. (In Russian).
 22. Kiselev I.A. Opredelitel' po faune SSSR. Pantsirnye zhgutikonostsy (Dinoflagellata) morey i presnykh vod SSSR [Identification key on the fauna of the USSR. Thecate flagellates (Dinoflagellata) of the seas and freshwater bodies of the USSR]. Leningrad: Akademiya nauk SSSR [Academy of Sciences of the USSR] Publ., 1950. 280 p. (In Russian).
 23. Krakhmalnyy A.F. Dinofitovye vodorosli Ukrainy (illyustrirovannyi opredelitel') [Dinophytes of Ukraine (an illustrated guide)]. Kyiv: Al'terpress [Alterpress], 2011. 444 p. (In Russian).
 24. Proshkina-Lavrenko A.I. Diatomovye vodorosli planktona Chernogo morya [Diatoms of the Black Sea plankton]. Leningrad: Akademiya nauk SSSR [Academy of Sciences of the USSR] Publ., 1955. 224 p. (In Russian).
 25. Lakin G.F. Biometriya : uchebnoe posobie. 4-e izd. [Biometry. Study guide. 4th ed.]. Moscow: Vysshaya shkola [Higher School], 1990. 352 p. (In Russian).
 26. Lopukhina O.A., Bryantseva Yu.V., Kemp R.B. Sezonnaya dinamika fitoplanktona Sevastopol'skoy bukhty v 1998 g. [Seasonal dynamics of the Sevastopol Bay phytoplankton in 1998]. In: *Akvatoriya i berega Sevastopolya: ekosistemnye protsessy i uslugi obshchestvu* [Sevastopol aquatory and coast: Ecosystem processes and services for human society]. E.V. Pavlova, N.V. Shadrin (eds.). Sevastopol: Akvavita [Aquavita], 1999: 131–141. (In Russian).
 27. Ryabushko L.I., Pospelova N.V., Balycheva D.S., Kovrigina N.P., Troshchenko O.A., Kapranov S.V. Epizoon microalgae of the cultivated mollusk *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819, phytoplankton, hydrological and hydrochemical characteristics in the mussel-and-oyster farm area (Sevastopol, Black Sea). *Marine Biological Journal*. 2017. Vol. 2, no. 4: 67–83. <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.07>.
 28. Tsikhon-Lukanina E.A. Trofologiya vodnykh mollyuskov [Trophology of aquatic molluscs]. Moscow: Nauka [Science], 1987. 175 p. (In Russian).

29. Kléparski L., Beaugrand G., Edwards M., Ostle C. Phytoplankton life strategies, phenological shifts and climate change in the North Atlantic Ocean from 1850 to 2100. *Global Change Biology*. 2023. Vol. 29, issue 13: 3833–3849. <https://doi.org/10.1111/gcb.16709>.
30. Mikaelyan A.S., Kubryakov A.A., Silkin V.A., Pautova L.A., Chasovnikov V.K. Regional climate and patterns of phytoplankton annual succession in the open waters of the Black Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2018. Vol. 142: 44–57. <https://doi.org/10.1016/J.DSR.2018.08.001>.
31. Mikaelyan A.S., Mosharov S.A., Kubryakov A.A., Pautova L.A., Fedorov A., Chasovnikov V.K. The impact of physical processes on taxonomic composition, distribution and growth of phytoplankton in the open Black Sea. *Journal of Marine Systems*. 2020. Vol. 208. e103368. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103368>.
32. Silkin V.A., Pautova L.A., Giordano M., Chasovnikov V.K., Vostokov S.V., Podymov O.I., Pakhomova S.V., Moskalenko L.V. Drivers of phytoplankton blooms in the northeastern Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 2019. Vol. 138: 274–284. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.11.042>.
33. Kamermans P. Similarity in food source and timing of feeding in deposit- and suspension-feeding bivalves. *Marine Ecology Progress Series*. 1994. Vol. 104: 63–75. <https://dx.doi.org/10.3354/meps104063>.
34. Pospelova N.V., Priymak A.S. Osobennosti pitaniya midii *Mytilus galloprovincialis* Lam., kultiviruemy v pribrezh'e g. Sevastopolya [The feeding of *Mytilus galloprovincialis* Lam. cultivated in coastal waters of Sevastopol]. *Trudy Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vyazemskogo — prirodnogo zapovednika RAN [Proceedings of the T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences]*. 2021. Issue 1 (17): 24–34. <https://doi.org/10.21072/eeco.2021.17.03>. (In Russian).
35. Baker J.M., Levinton J.S., Kurdziel J.P., Shumway S.E. Selective feeding and biodeposition by zebra mussels and their relation to changes in phytoplankton composition and seston load. *Journal of Shellfish Research*. 1998. Vol. 17, issue 4: 1207–1214.
36. Sidari L., Nichetto P., Cok S., Sosa S., Tubaro A., Honsell G., Della Loggia R. Phytoplankton selection by mussels, and diarrhetic shellfish poisoning. *Marine Biology*. 1998. Vol. 131: 103–111. <https://doi.org/10.1007/s002270050301>.
37. Mladinich K., Holohan B.A., Shumway S.E., Brown K., Ward J.E. Determining the properties that govern selective ingestion and egestion of microplastics by the blue mussel (*Mytilus edulis*) and eastern oyster (*Crassostrea virginica*). *Environmental Science & Technology*. 2022. Vol. 56, issue 22: 15770–15779. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06402>.
38. Ward J.E., Shumway S.E. Separating the grain from the chaff: Particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2004. Vol. 300, issues 1–2: 83–130. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.03.002>.
39. Jin Z., Jin H., Gao B., Tong C., Jeppesen E., Rudstam L.G., Dumont H.J., González Sagrario M. de los A., Razlutskiy V., Liu Z., Tang Y., Zhang X. Effects of filter-feeding bivalves in benthic and pelagic habitats on plankton community and water quality in shallow systems: Implications for lake rehabilitation. *Aquatic Ecology*. 2025. Vol. 59: 53–66. <https://doi.org/10.1007/s10452-024-10147-w>.

Об авторах:

Поспелова Наталья Валериевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2), ORCID 0000-0002-3165-2090, nvpospelova@mail.ru

Приймак Анастасия Сергеевна, младший научный сотрудник ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2), ORCID 0000-0003-4366-474X, 123klimova321@gmail.com

Широян Армине Георгиевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2), ORCID 0000-0001-8346-7172, arminka_shir@mail.ru

Поступила в редакцию 20.01.2025

Поступила после рецензии 07.04.2025

Принята к публикации 12.04.2025

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.

Received 20.01.2025

Revised 07.04.2025

Accepted 12.04.2025

Conflict of interest statement

The authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.