

Мейобентос Севастопольской бухты (Черное море): современное состояние и многолетние изменения

Е. В. Гусева, С. В. Алёмов*

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

*e-mail: alyomov_sv@ibss-ras.ru

Аннотация

Приведены данные о плотности и таксономическом составе мейобентосного населения б. Севастопольской (Черное море) в 2018 г., которые сравнены с результатами предыдущих исследований. Данные получены стандартными гидробиологическими методами. В составе многоклеточного мейобентоса бухты определены 11 крупных таксонов: Nematoda, Harpacticoida, Ostracoda, Kinorhyncha, Halacaridae, которые отнесены к эвмейобентосу, и мелкие экземпляры Polychaeta, Oligochaeta, Turbellaria, Nemertea, Amphipoda, Cumacea псевдомейобентоса. Доминировали нематоды, составляя в среднем от 37.7 до 88.5 % общей численности мейобентоса. Численность мейобентоса изменялась от 8 до 248 экз./10 см², при этом наблюдалась неравномерность распределения мейобентоса по бухте. Стабильно низкими показателями численности характеризуются б. Артиллерийская и участок в центре б. Севастопольской. На других участках наблюдали широкую вариабельность характеристик мейобентоса. Более подробно рассмотрены вершина б. Севастопольской и б. Южная, где за 25 лет произошли наибольшие изменения по изучаемым параметрам. В 2018 г. здесь отмечены самые высокие показатели таксономического разнообразия и плотности поселения организмов мейобентоса. Неравномерность распределения мейобентоса в очень протяженной б. Севастопольской связана как с разным гранулометрическим составом донных отложений, так и с влиянием многочисленных разнообразных источников загрязнения. Эта неравномерность сохраняется в течение длительного времени при достоверной разнице между показателями разных лет, изменения в различных частях бухты происходят довольно синхронно.

Ключевые слова: мейобентос, многолетние изменения, Севастопольская бухта, Черное море

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБИОМ «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 121031500515-8), гранта РФФИ № 18-44-920028 р_а «Анализ современного состояния структурно-функциональной организации донных биоценозов Севастопольского региона и их устойчивости под влиянием изменчивости природно-антропогенных факторов».

© Гусева Е. В., Алёмов С. В., 2022



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

Для цитирования: Гусева Е. В., Алёмов С. В. Мейобентос Севастопольской бухты (Черное море): современное состояние и многолетние изменения // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. № 1. С. 104–112. doi:10.22449/2413-5577-2022-1-104-112

Meiobenthos of Sevastopol Bay (Black Sea): Current State and Long-Term Changes

E. V. Guseva, S. V. Alyomov*

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

**e-mail: alyomov_sv@ibss-ras.ru*

Abstract

The paper presents data (density, taxonomic composition) on the meiobenthos population of Sevastopol Bay (the Black Sea) in 2018 as compared with the results of previous studies. The data were obtained using standard hydrobiological methods. Eleven large taxa were identified as part of the bay's multicellular meiobenthos: Nematoda, Harpacticoida, Ostracoda, Kinorhyncha, Halacaridae categorized as eumeobenthos, and small specimens of Polychaeta, Oligochaeta, Turbellaria, Nemertea, Amphipoda, Cumacea categorized as pseudomeiobenthos. Nematodes dominated, averaging from 37.7 to 88.5 % of the total number of meiobenthos. The meiobenthos density varied from 8 to 248 ind./10 cm² while the meiobenthos distribution across the bay was uneven. Artilleryyskaya Bay and an area in the centre of Sevastopol Bay were marked by consistently low values of the meiobenthos density. At other sites, meiobenthos characteristics varied widely. The paper considers in greater detail Yuzhnaya Bay and the top of Sevastopol Bay, where the largest changes in the studied parameters have occurred over the past 25 years. In 2018, the highest indices of taxonomic diversity and the density of meiobenthos organisms were noted here. Uneven distribution of meiobenthos in very extended Sevastopol Bay is associated both with different particle size distribution of bottom sediments and with the influence of numerous various sources of pollution. This unevenness persists for a long time with a significant difference among the values of various years; changes in different parts of the bay occur rather synchronously.

Keywords: meiobenthos, long-term changes, Sevastopol Bay, Black Sea

Acknowledgements: the work was performed under state assignment of IBSS on topic “Molismological and biogeochemical foundations of the marine ecosystems homeostasis” (no. 121031500515-8) and RFBR grant “Analysis of the current state of the structural and functional organization of bottom biocenoses of the Sevastopol region and their stability under the influence of variability of natural and anthropogenic factors” (no. 18-44-920028 p_a).

For citation: Guseva, E.V. and Alyomov, S.V., 2022. Meiobenthos of Sevastopol Bay (Black Sea): Current State and Long-Term Changes. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (1), pp. 104–112. doi:10.22449/2413-5577-2022-1-104-112

Введение

Изучение мейобентоса прибрежных акваторий Севастополя имеет значительную историю. Так, первые сведения о нематодах даны в работах И. Н. Филиппева в 1918 г. Фаунистические исследования разных таксономических групп этой группировки бентоса проводились в течение XX в. [1]

и продолжают сейчас [2, 3]. Направление работ, выполняемых в отделе морской санитарной гидробиологии ФИЦ ИнБЮМ, – изучение зависимости распределения мейобентосных организмов от уровня загрязнения донных осадков. Эти работы начаты более 30 лет назад и выполняются с периодичностью комплексных санитарно-биологических съемок раз в три года. Севастопольская бухта вытянута в широтном направлении и имеет протяженность 7 км, в вершине находится место впадения р. Черной, чьим палеоруслом бухта и является; устье, суженное молами, раскрыто на запад. Береговая линия сильно изрезана и образует множество меньших бухт, которые отличаются друг от друга глубиной, типами донных осадков и характером водообмена. По берегам и в акватории бухты расположены различные промышленные объекты, которые, как и жилищная прибрежная застройка, являются источниками гетерогенных загрязнений [4]. Характер и уровень загрязнения бухты за четверть века неоднократно менялись, что было вызвано социально-экономическими причинами [5, 6].

В связи с накопленными в ходе многолетнего мониторинга новыми данными цель работы – охарактеризовать современное состояние мейобентоса б. Севастопольской и провести сравнение с аналогичными показателями предыдущих лет [7, 8]. Подробнее рассмотрены наиболее замкнутые участки с ограниченным водообменом, относимые к умеренно- и сильно-загрязненным [9, 10].

Материалы и методы

В 2018 г. мейобентос донных осадков б. Севастопольской исследовали на 27 постоянных мониторинговых станциях (рис. 1) в сезон «биологического лета» [11] (в июле – августе), как и во время съемок 1994–2006 гг. Материал отбирали трубкой диаметром 3.4 см в трех повторностях из грунта, поднятого на борт судна дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.038 м². Пробы донных отложений промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм для отделения организмов макробентоса. Фильтрат улавливали мельничным газом 76ПА-50 (размер ячеек 0.082 мкм), осадок фиксировали 96 %

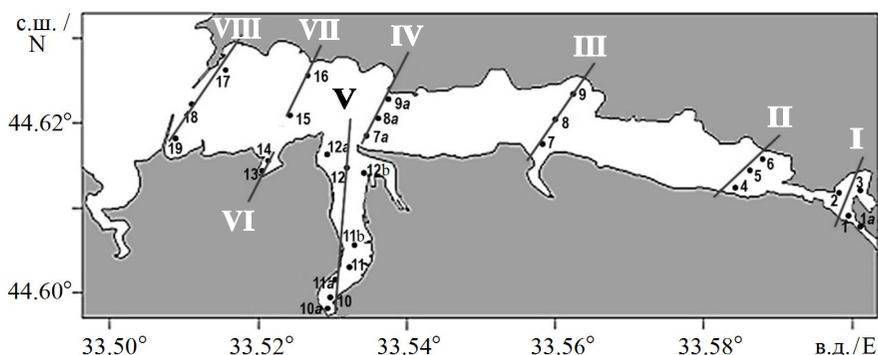


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб мейобентоса в комплексных санитарно-биологических съемках. Римскими цифрами обозначены разрезы

Fig. 1. Grid of meibenthos sampling stations during complex sanitary and biological surveys. Roman numerals stand for transects

этанолом. Пробы микроскопировали с использованием камеры Богорова для определения численности представителей основных таксономических групп мейобентоса с пересчетом плотности организмов на 10 см².

Результаты и обсуждение

В отобранных пробах обнаружены представители таксонов Nematoda, Harpacticoida, Ostracoda, Kinorhyncha, Halacaridae, относимых к эвмейобентосу, и мелкие Polychaeta, Oligochaeta, Turbellaria, Nemertea, Amphipoda, Cumacea, относящиеся к псевдомейобентосу. Всего определено 11 крупных таксонов (рис. 2).

На рис. 2 видно, что доминируют нематоды, составляя в среднем от 34.9 до 85.7 % общей численности мейобентоса. Гарпактикоиды также представлены на всех станциях, составляя от 14.6 до 25.1 %. Остальные группы встречены не на всех станциях, и их доля составляла менее 10 %, за исключением киноринх в устьевой части бухты (16.6 %) и полихет в вершине (25.7 %), а также в устье (15.2 %). Численность мейобентоса изменялась от 8 до 248 экз./10 см² (рис. 3). Минимальные значения отмечены на разрезах III и VI (б. Артиллерийская), максимальные – на разрезе V (б. Южная).

Подробно рассмотрены участки бухты, где донные отложения в течение длительного времени относятся к загрязненным [7, 8, 10]. Это районы Инкерманского ковша и прилегающей акватории (разрезы I и II), а также б. Южная (разрез V).

Мейобентос вершины б. Севастопольской на ст. 1–6 представлен восьмью крупными таксонами с преобладанием эвмейобентоса, в котором, в свою очередь, доминировали нематоды (от 20.0 до 100.0 %) (рис. 4). Гарпактикоиды составляли до 41.4 % общей численности. На ст. 3 значительный вклад в численность вносили остракоды. Псевдомейобентос представлен червями с преобладанием полихет, вклад которых в общую численность был значительным на предустьевом участке (место впадения р. Черной, ст. 1). В самом устье (ст. 1а) численность мейобентоса незначительная. Общая

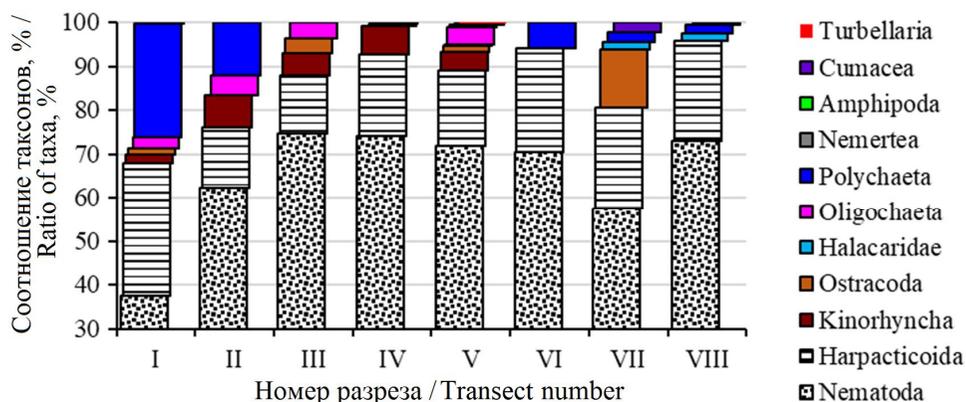
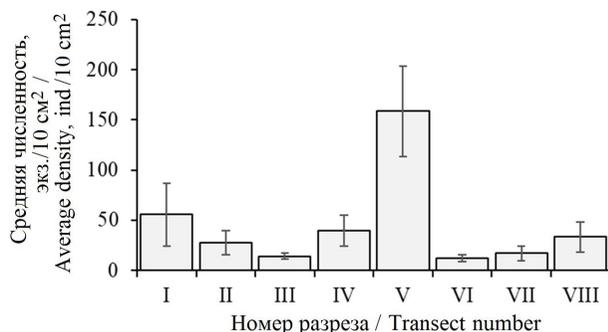


Рис. 2. Представленность и соотношение таксонов мейобентоса в б. Севастопольской в 2018 г.

Fig. 2. Representation and ratio of meiobenthos taxa in Sevastopol Bay in 2018



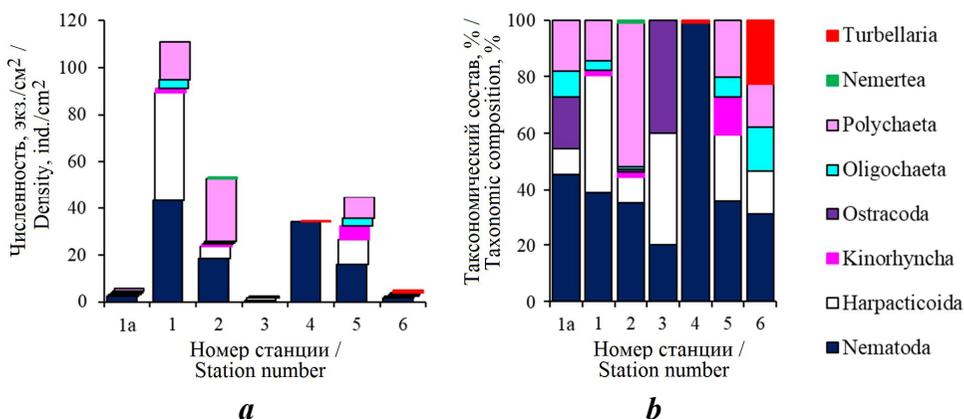
Р и с. 3. Средняя численность мейобентоса в б. Севастопольской в 2018 г.

Fig. 3. The average density of meiobenthos of Sevastopol Bay in 2018

численность изменялась в пределах 4.4–128.2 экз./10 см² с максимальными значениями на ст. 1, там же отмечено максимальное таксономическое разнообразие.

Мейобентос б. Южной (ст. 10–12) представлен девятью крупными таксонами со значительным преобладанием эвмейобентоса (рис. 5). В нем, в свою очередь, доминировали нематоды (37.1–83.0 %). Гарпактикоиды составляли от 3.1 до 58.4 % общей численности. Псевдомейобентос представлен в основном ювенальными экземплярами червей с преобладанием олигохет. На двух станциях отмечены высшие ракообразные (кумацеи). Общая численность мейобентоса изменялась в пределах 32.3–321.6 экз./10 см² с тенденцией к возрастанию по направлению к выходу из бухты.

Ввиду малого объема выборки для сравнения полученных на станциях I, II, V данных о численности мейобентосного населения и его таксономического богатства в 2018 г. с аналогичными показателями прошлых



Р и с. 4. Численность (a) и таксономический состав (b) мейобентоса вершинной трети б. Севастопольской бухты, 2018 г.

Fig. 4. Density (a) and taxonomic composition (b) of meiobenthos at the top third of Sevastopol Bay, 2018

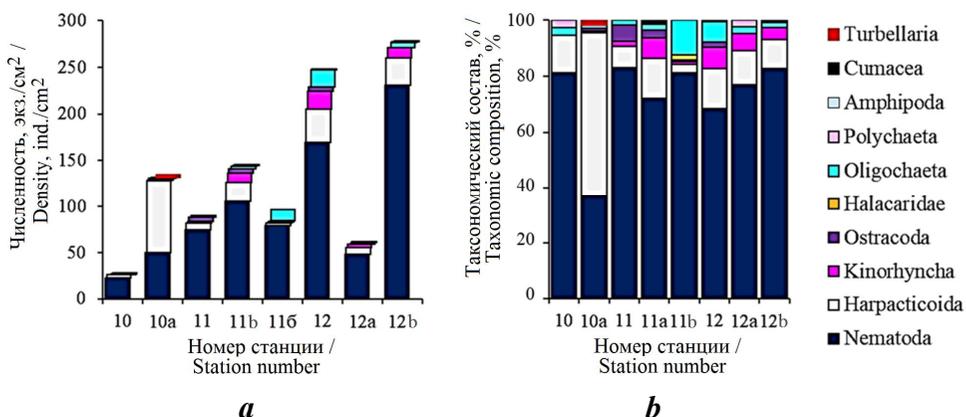


Рис. 5. Численность (а) и таксономический состав (б) мейобентоса б. Южной, 2018 г.

Fig. 5. Density (a) and taxonomic composition (b) of meiobenthos of Yuzhnaya Bay, 2018

съемок использовали непараметрические методы статистики. Для проверки достоверности гипотезы о пространственной и межгодовой изменчивости плотности поселения и его таксономического разнообразия мейобентоса использовали дисперсионный анализ Фридмана (*Friedman ANOVA and Kendall's concordance*). Различия считали статистически достоверными при уровне значимости 0.05. Обработку данных производили с помощью программных пакетов *Microsoft Excel* и *Statistica 12*.

Дисперсионный анализ показал отсутствие статистически достоверных различий в изменении плотности поселения мейобентоса по станциям разрезов I, II, V ($p = 0.48$, коэффициент конкордации ($CC = 0.14$)) (рис. 6, а).

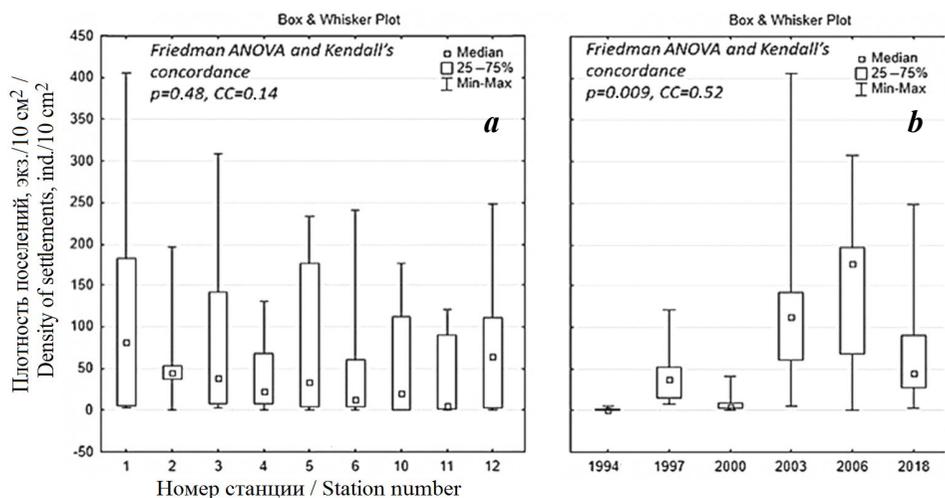
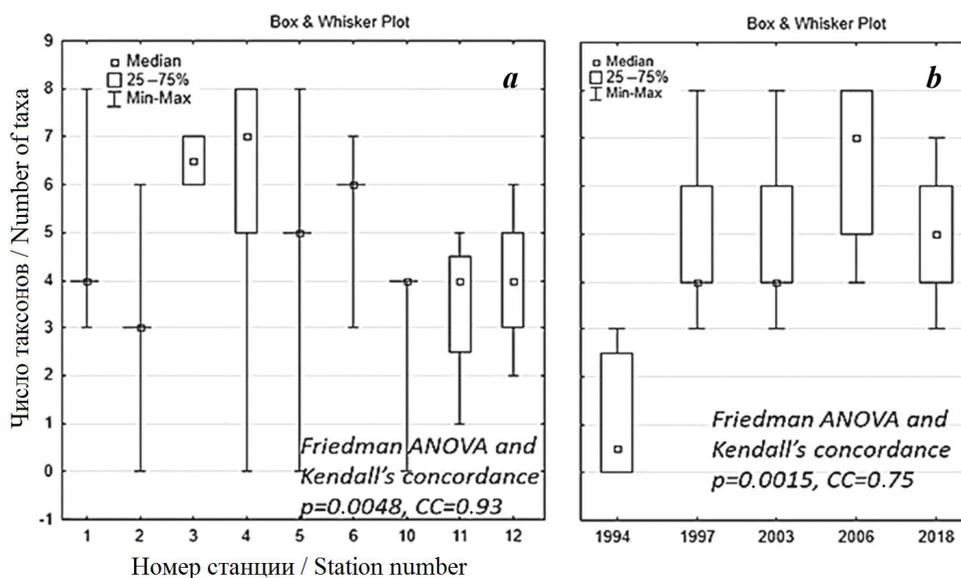


Рис. 6. Изменения плотности поселений мейобентоса на станциях разрезов I, II, V в 1994–2018 гг.: а – по станциям; б – по годам

Fig. 6. Changes in the density of meiobenthos settlements at stations of transects I, II, V in 1994–2018: а – by stations; б – by years



Р и с . 7. Изменения числа таксонов мейобентоса на станциях разрезов I, II, V в 1994–2018 гг.: *a* – по станциям; *b* – по годам

F i g . 7. Changes in the number of meiobenthic taxa at stations of transects I, II, V in 1994–2018: *a* – by stations; *b* – by years

Анализ изменений во времени показал достоверность различий в численности мейобентоса на I, II, V разрезах в разные годы (рис. 6, *b*); большие значения наблюдали в 2003 и 2006 гг., минимальные – в 1994 и 2000 гг. Ранее было отмечено, что в начале XXI в. произошло увеличение численности и биомассы мейобентоса как в восточной части Черного моря, так и в приустьевом взморье Дуная [12, 13].

Анализ данных по таксономическому богатству мейобентоса в б. Севастопольской показывает достоверное различие как между станциями (рис. 7, *a*), так и между отдельными годами исследований (рис. 7, *b*).

З а к л ю ч е н и е

Приведенные результаты, отражающие современное состояние мейобентосного сообщества б. Севастопольской, показали, что в донных осадках акватории сохраняются ранее отмечаемые «депрессивные участки», – это б. Артиллерийская и центр б. Севастопольской. Южная бухта, напротив, имела в 2018 г. самые высокие показатели таксономического разнообразия и плотности поселения организмов мейобентоса. Высокая численность и разнообразие также отмечены в вершине б. Севастопольской.

С П И С О К Л И Т Е Р А Т У Р Ы

1. *Сергеева Н. Г., Колесникова Е. А.* Результаты изучения мейобентоса Черного моря // *Экология моря.* 1996. Т. 45. С. 54–62.
2. *Заика В. Е., Иванова Е. А., Сергеева Н. Г.* Сезонные изменения мейобентоса в бухтах Севастополя с анализом влияния донной гипоксии // *Морской экологический журнал.* 2011. Отд. вып. № 2. С. 29–36.

3. Зообентос в условиях хронического техногенного загрязнения: состав и структурная организация (на примере Севастопольской бухты, Черное море) / Н. К. Ревков [и др.] // Проблемы биологической океанографии XXI века : Тезисы докладов международной научной конференции, посвященной 135-летию ИнБЮМ. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. С. 33.
4. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона / Е. И. Овсяный [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. Вып. 2. С. 138–152.
5. *Мионов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В.* Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. 185 с. URL: <https://repository.marine-research.org/handle/299011/1466> (дата обращения: 08.02.2022).
6. *Тихонова Е. А., Осадчая Т. С., Волков Н. Г.* Физико-химические характеристики и показатели загрязнения донных отложений // Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века. Симферополь : ИТ «Ариал», 2018. С. 50–79.
7. *Гусева Е. В., Алёмов С. В., Кирюхина Л. Н.* Мейобентос севастопольских бухт по данным 1994–1997 г. // Экология моря. 1998. Т. 47. С. 7–12.
8. *Гусева Е. В.* Мейобентос илистых донных осадков некоторых севастопольских бухт (Черное море) в период с 1994 по 2003 гг. // Экология моря. 2004. Т. 66. С. 37–41.
9. *Осадчая Т. С., Алёмов С. В., Витер Т. В.* Комплекс «донные осадки – бентос» в оценке экологического статуса Севастопольской бухты (Черное море) // Сб. статей Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 125-летию профессора В. А. Водяницкого, Севастополь, 28 мая – 1 июня, 2018 г. Севастополь : Колорит, 2018. С. 188–193.
10. *Стокозов Н. А.* Морфометрические характеристики Севастопольской и Балаклавской бухт // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. Вып. 23. С. 198–208.
11. *Сергеева Н. Г., Мазлумян С. А.* Изучение динамики трофической структуры мейобентоса рыхлых грунтов с помощью индекса сезонности (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь, 2001. Вып. 1. С. 128–138.
12. Многолетние изменения в мейобентосе восточной части Чёрного моря / В. О. Мокиевский [и др.] // Океанология. 2010. Т. 50, № 6. С. 994–1001.
13. *Воробьева Л. В., Кулакова И. И.* Мейобентос в системе биологического мониторинга контактных зон моря // Системы контроля окружающей среды. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. Вып. 19. С. 262–267.

Поступила 29.10.2021 г.; одобрена после рецензирования 25.01.2022 г.; принята к публикации 4.02.2022 г.; опубликована 25.03.2022 г.

Об авторах:

Гусева Елена Владимировна, младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, Севастополь, пр. Нахимова, 2), **AuthorID: 963363**, guseva_ev@ibss-ras.ru

Алёмов Сергей Викторович, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, Севастополь, пр. Нахимова, 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0002-3374-0027**, **Scopus Author ID: 24070027300**, **AuthorID: 658344**, *alyomov_sv@ibss-ras.ru*

About the authors:

Elena V. Guseva, Junior Research Associate, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimov Av., Sevastopol, 299011, Russian Federation), **AuthorID: 963363**, *guseva_ev@ibss-ras.ru*

Sergey V. Alyomov, Leading Research Associate, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimov Av., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Ph.D. (Biol.), **ORCID ID: 0000-0002-3374-0027**, **Scopus Author ID: 24070027300**, **AuthorID: 658344**, *alyomov_sv@ibss-ras.ru*

Заявленный вклад авторов:

Гусева Елена Владимировна – анализ состава и численности мейобентоса, подготовка графических материалов, анализ литературных данных, анализ результатов и их интерпретация, формирование статьи

Алёмов Сергей Викторович – постановка задачи исследования, анализ и обсуждение результатов, редактирование рукописи

Contribution of the authors:

Elena V. Guseva – analysis of composition and abundance of meiobenthos, preparation of graphic materials, literature data analysis, analysis of the results and their interpretation, article composition

Sergey V. Alyomov – research problem statement, analysis and discussion of the results, manuscript editing

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All the authors have read and approved the final manuscript.