

Научная статья
УДК 502.75:581.526.323(262.5)
EDN XGKJBD

Распределение донной растительности в восточной части Севастопольской бухты

Н. В. Миронова, Т. В. Панкеева *

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

* e-mail: tatyana.pankeeva@yandex.ru

Аннотация

Представлены результаты исследования современного состояния макрофитобентоса в восточной части б. Севастопольской. В ходе изучения собраны сведения о распределении ключевых видов макрофитов и проведен сравнительный анализ изменений их вклада в общую биомассу макрофитобентоса за период более 40 лет. Гидроботанические исследования выполняли согласно стандартной методики по одним и тем же разрезам в летний период 1977, 2017 и 2024 гг. Выявлено, что в настоящее время (2017 и 2024 гг.) в составе донной растительности доминируют *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita*, также обильно представлены зеленые водоросли (*Cladophora laetevirens*, *Ulva intestinalis*, *U. rigida*). В 2024 г. почти на всех разрезах на глубине 0.5 м отмечено снижение общей биомассы макрофитов, доли *G. barbata* и *E. crinita* вследствие разрушительного воздействия экстремального шторма. При этом на глубине 1 и 3 м количественные показатели биомассы макрофитобентоса были примерно вдвое выше, чем в 2017 г. Сравнительный анализ распределения макрофитобентоса за почти полувековой период показал, что наиболее существенная трансформация растительной компоненты произошла в кутовой части бухты, где произрастающая здесь ранее высшая водная растительность (*Zostera marina*, *Z. noltei*, *Stuckenia pectinata*, *Zannichellia* sp., *Ruppia* sp.) сменилась зарослями многолетних водорослей (*G. barbata* и *E. crinita*). Эти изменения, вероятно, можно объяснить повышением солености воды в приустьевой зоне р. Черной, а также изменением интенсивности вдольбереговых потоков наносов в акватории. В восточной части бухты за этот период зарегистрирована смена доминантных видов водорослей: вместо представителей рода *Ulva* начали преобладать виды *G. barbata* и *E. crinita*, что, возможно, свидетельствует об улучшении качества среды. Результаты работы могут быть применены при мониторинге состояния морской среды в бухте, а также при планировании охранных мероприятий прибрежной зоны моря.

Ключевые слова: макрофитобентос, *Gongolaria barbata*, *Ericaria crinita*, *Ulva rigida*, *Cladophora laetevirens*, Черное море, Севастополь

© Миронова Н. В., Панкеева Т. В., 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: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИНБИОМ по теме «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов» № гос. регистрации 124022400152-1.

Для цитирования: Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Распределение донной растительности в восточной части Севастопольской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2025. № 3. С. 67–80. EDN XGKJBD.

Distribution of Bottom Vegetation in the Eastern Part of Sevastopol Bay

N. V. Mironova, T. V. Pankeeva *

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

** e-mail: tatyapankeeva@yandex.ru*

Abstract

The paper studies the current state of macrophytobenthos in the eastern part of Sevastopol Bay. The study collected information on the distribution of key macrophyte species and compared changes in their contribution for over 40 years. Hydrobotanical surveys were performed using standard methodology on the same profiles during the summers of 1977, 2017, and 2024. *Gongolaria barbata* and *Ericaria crinita* were found to dominate the bottom vegetation composition at present (2017 and 2024), and green algae (*Cladophora laetevirens*, *Ulva intestinalis*, *U. rigida*) were also abundant. In 2024, almost all profiles at 0.5 m depth showed a decrease in total macrophyte biomass and the proportion of *G. barbata* and *E. crinita* due to the damaging effects of the extreme storm. However, at depths of 1 and 3 m, quantitative macrophytobenthos biomass values were about twice as high as those in 2017. A comparative analysis of macrophytobenthos distribution for almost half a century showed that the most significant transformation of the vegetation component was observed in the eastern part of the bay, where higher aquatic vegetation (*Zostera marina*, *Z. noltei*, *Stuckenia pectinata*, *Zannichellia* sp., *Ruppia* sp.) was replaced by thickets of perennial algae (*G. barbata* and *E. crinita*). These changes are probably due to increase in water salinity in the Chyornaya River estuarine zone and changes in the intensity of long-shore sediment fluxes in the water area. In the eastern part of the bay, a change in the predominance of *Ulva* species to *G. barbata* and *E. crinita* was recorded during this period, possibly indicating some improvement in environmental quality. The study results can be applied during monitoring of the marine environment state in the bay, as well as for developing coastal protection measures.

Keywords: macrophytobenthos, *Gongolaria barbata*, *Ericaria crinita*, *Ulva rigida*, *Cladophora laetevirens*, Black Sea, Sevastopol

Acknowledgments: This work was carried out within the framework of 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: Mironova, N.V. and Pankeeva, T.V., 2025. Distribution of Bottom Vegetation in the Eastern Part of Sevastopol Bay. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (3), pp. 67–80.

Введение

В стабилизации прибрежных геосистем ведущую роль играет макрофитобентос, обеспечивая ряд экосистемных функций и услуг [1–3]. Общеизвестно, что подводный растительный покров активно реагирует на изменения окружающей среды. В связи с этим изменения видового состава и количественных характеристик макрофитов позволяют использовать фитобентос в качестве своеобразного индикатора экологического состояния прибрежных вод.

Глубина распространения донной растительности определяется границей фотического слоя, где происходит фотосинтез водорослей, который во многом зависит от прозрачности воды. В связи с этим исследование макрофитобентоса приобретает актуальность для акваторий, которые подвержены интенсивному влиянию хозяйственной деятельности.

В качестве модельного региона выбрана восточная часть б. Севастопольской, подверженная длительному антропогенному воздействию, в частности в бухту поступают существенные объемы сточных вод [4–6]. Изучаемая акватория является зоной активного судоходства, проведения дноуглубительных и иных гидротехнических работ, что обуславливает повышенные значения загрязняющих веществ в воде [7, 8]. Характерно, что этой части бухты посвящено значительное количество современных исследований, касающихся гидролого-гидрохимических показателей среды [9, 10], литологической структуры донных отложений [11–14], количественных характеристик сообществ мейо- и макрозообентоса [15–18], однако работы по изучению донной растительности остаются малочисленными [19–22].

Целью статьи является оценка современного состояния макрофитобентоса в восточной части б. Севастопольской и выявление особенностей межгодовой динамики распределения доминирующих видов макрофитов за 1977–2024 гг.

Материалы и методы исследования

Восточная часть б. Севастопольской имеет среднюю глубину 13.1 м с максимальными значениями по фарватеру до 19.5 м. Морская акватория отличается сложным гидродинамическим режимом, который определяется двумя встречными потоками: один направлен с востока на запад со стороны р. Черной, а второй – с запада на восток со стороны открытой части моря. На экологическое состояние вод этой части бухты также оказывает влияние водообмен с б. Южной [4, 6, 23].

Кутовая часть бухты мелководна, ее средняя глубина составляет 4.7 м, максимальная – 10.8 м [7]. На эту полузамкнутую часть акватории оказывает влияние р. Черная, что проявляется в опреснении поверхностных вод бухты и поступлении с речным стоком значительного объема аллохтонных органических и минеральных веществ, в том числе биогенных элементов и загрязняющих веществ [23].

В современных условиях территории, прилегающая к восточному берегу бухты, претерпела существенные изменения. В последние десятилетия были проведены работы по укреплению берега, построены волнорезы и причалы. Так, в преобразованном устье р. Черной расположен ковш Севастопольского морского порта, при этом пойменная часть реки занята молом и судоходным каналом «Река Черная» [24].

Материалом для исследования послужили пробы фитобентоса, собранные в б. Севастопольской в июле 2017 и 2024 гг. Пробы отбирали по методу вертикальных разрезов с помощью водолаза на глубинах 0.5; 1; 3 и 5 м до границы распространения макрофитов в четырехкратной повторности с применением учетных площадок размером 25×25 см¹⁾. В результате собрано и обработано 96 количественных проб (табл. 1). Целью работы было изучение распределения и биомассы макрофитобентоса в прибрежной зоне восточной части бухты (разрезы 1–5) (рис. 1). Для определения координат разрезов использовали портативный GPS-приемник *Oregon 650*. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Донную растительность описывали с использованием доминантной классификации, предложенной А. А. Калугиной-Гутник²⁾. Для анализа структуры фитосообществ был рассчитан индекс видового разнообразия Шеннона (H). При идентификации видов водорослей руководствовались определителем³⁾ с учетом последних номенклатурных ревизий⁴⁾. Данные о составе и распространении донной растительности в бухте за 1977 г. были получены одним из авторов, который участвовал в сборе материала в летний период в исследуемых районах и его обработке с использованием аналогичной методики.

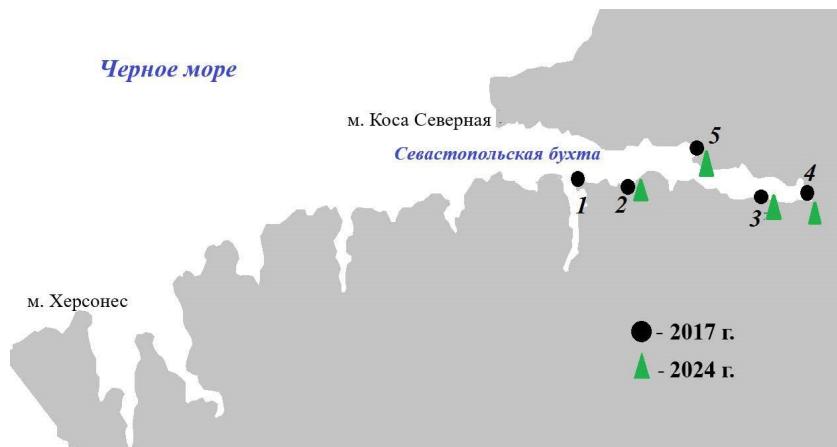


Рис. 1. Картосхема гидроботанических разрезов в восточной части б. Севастопольской: 1 – м. Павловский; 2 – балка Ушакова; 3 – ТЭЦ; 4 – Инкерман; 5 – Голландия

Fig. 1. Schematic map of hydrobotanical profiles in the western part of Sevastopol Bay: 1 – Cape Pavlovsky; 2 – Ushakov Beam; 3 – thermal station; 4 – Inkerman; 5 – Gollandia

¹⁾ Калугина А. А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. Москва : Наука, 1969. С. 105–113.

²⁾ Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. Киев : Наукова думка, 1975. 248 с.

³⁾ Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Ленинград : Наука, 1967. 397 с.

⁴⁾ URL: <http://www.algaebase.org> (date of access: 22 August 2025).

Таблица 1. Координаты разрезов, диапазон глубин, количество отобранных проб макрофитобентоса в б. Севастопольской

Table 1. Coordinates and depth range of hydrobotanical profiles, number of sampled macrophytobenthos in Sevastopol Bay

Разрез / Profile	Координаты / Coordinates		Глубина, м / Depth, m				Количество проб / Number of samples
	° с. ш.	° в. д.	0.5	1	3	5	
1	44°36'57"	33°32'4"	+/0	+/0	+/0	+/0	16
2	44°36'57"	33°32'42"	+/+	+/+	+/+	+/-	28
3	44°36'37"	33°34'57"	+/+	+/+	-	-	16
4	44°36'30"	33°36'05"	+/+	+/+	-	-	16
5	44°37'23"	33°33'39"	+/+	+/+	-/+	-	20

Примечание. В числителе указаны пробы, отобранные в 2017 г., в знаменателе – в 2024 г. Символ «+» означает наличие донной растительности, «–» – отсутствие, «0» – пробы не отбирали.

Note: Numerator – samples taken in 2017; denominator – samples taken in 2024. Symbol “+” denotes presence of bottom vegetation, and symbol “–” denotes its absence, “0” – no samples were taken.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных показал, что донная растительность в восточной части б. Севастопольской сосредоточена в основном на глубине от 0.5 до 3 м, а в кутовой части – на глубине от 0.5 до 1 м. В начале 2000-х гг. О. Г. Миронов и его коллеги отмечали в этой части бухты на глубине более 5 м темно-серые и черные илы, которые часто пахнули сероводородом и мазутом [11]. Известно, что загрязнение акваторий органическими веществами, нефтью и ее производными, которые попадают в воду с речными, промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками, приводит к ухудшению кислородного режима, значительному заиливанию грунта и, как следствие, к деградации ландшафтного и биологического разнообразия [6, 13–15, 25].

Распределение донной растительности в восточной части бухты в 2017 и 2024 гг.

Разрез 1. В 2017 г. на этом разрезе общая биомасса макрофитов (ОБМ) с увеличением глубины от 0.5 до 1 м снижалась в 1.5 раза, при этом доля господствующего вида сокращалась примерно вдвое (табл. 2). На этих глубинах доминировала *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze (= *Cystoseira barbata*) (рис. 2). В составе макрофитобентоса на исследованных глубинах встречались *Dictyota fasciola* (Roth) Howe (9–18 %) и *Cladophora laetevirens* (Dillw.) Kütz. (10–21 % ОБМ) (рис. 2). Доля эпифитов на глубинах 0.5–1 м была незначительная (табл. 2). Характерно, что на глубине 5 м донная растительность почти отсутствовала, основной вклад в ОБМ вносили *C. laetevirens* (60 %) и *Ulva rigida* L. (17 %). В составе сообщества на этой глубине единично регистрировали особи *Zostera marina* L. Индекс видового разнообразия с увеличением глубины возрастал от 1.07 до 2.07, что свидетельствует об усложнении структуры сообщества.

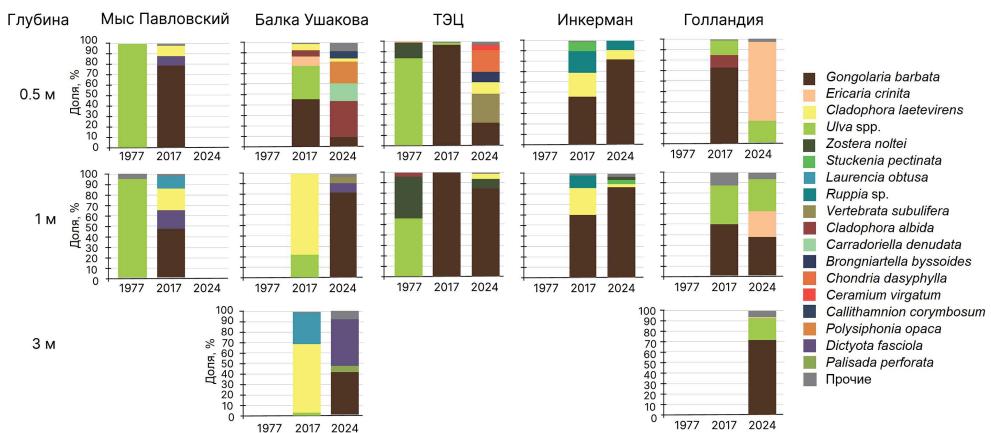


Рис. 2. Межгодовая и пространственная динамика видового состава доминирующих макрофитов

Fig. 2. Interannual and spatial dynamics of species composition of dominant macrophytes

Разрез 2. В 2017 г. на этом разрезе на глубине 0.5 м свыше половины ОБМ приходилось на *G. barbata* и *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry (= *Cystoseira crinita*) (табл. 2). На этой глубине в составе макрофитобентоса были обильно представлены зеленые водоросли: *U. rigida* (32 %), *C. laetevirens* (6 %), *C. albida* (Nees) Kütz. (6 % ОБМ) (рис. 2). На глубине 1–3 м господствовала *C. laetevirens* (рис. 2). ОБМ с увеличением глубины в этом диапазоне снижалась в 1.4 раза, при этом вклад преобладающего вида достигал 66–78 % (табл. 2). В составе сообщества на этих глубинах также отмечена *U. rigida* (3–22 % ОБМ) (рис. 2). Характерно, что на глубине 3 м обильно встречалась литофитная форма *Laurencia obtusa* (Huds.) J. V. Lamour. (30 % ОБМ) (рис. 2). На глубине 5 м ОБМ была низкой, среди водорослей доминировала *C. albida*, на ее долю приходилось 94 % (табл. 2). На этом горизонте в составе макрофитобентоса была зафиксирована *C. laetevirens* (3 % ОБМ) (рис. 2). Вклад эпифитных водорослей в ОБМ на разрезе 2 был невысокий и варьировал от 0 до 5 % (табл. 2). Индекс видового разнообразия с увеличением глубины снижался примерно в пять раз (с 2.00 до 0.43) (табл. 2).

В 2024 г. на разрезе 2 донная растительность была зарегистрирована до горизонта 3 м. На глубине 0.5 м ОБМ была почти на порядок ниже, чем в 2017 г. (табл. 2). На этой глубине вместо зарослей *G. barbata* и *E. crinita* обнаружены лишь их проростки, доля которых составляла всего 9 % ОБМ (рис. 2). Здесь обильно встречались *C. albida* (35 %), *Polysiphonia opaca* (C. Ag.) Moris et De Notaris (21 %), *Carradoriella denudata* (Dillwyn) Savoie et G. W. Saunders (17 %), *Callithamnion corymbosum* (Smith) Lyngb. (7 % ОБМ) (рис. 2). Эпифитирующие виды водорослей не зафиксированы. На глубине 1–3 м ОБМ была в два – три раза выше, чем в 2017 г. (табл. 2). На этих глубинах преобладала *G. barbata*, хотя ее вклад с увеличением глубины от 1 до 3 м снижался вдвое, тогда как доля *D. fasciola* возрастила с 9 до 45 % ОБМ (рис. 2). Вклад эпифитов колебался в пределах 6–7 % ОБМ. Показательно, что за изучаемый период

Таблица 2. Распределение доминирующих и эпифитирующих видов макрофитов и индекса видового разнообразия H в Севастопольской бухте в 1977, 2017 и 2024 гг. (по глубинам)

Table 2. Distribution of dominant macrophyte and epiphyte species and diversity index H in Sevastopol Bay in 1977, 2017 and 2024 (by depths)

Разрез / Profile	Глубина, м / Depth, m	Год / Year	ОБМ, $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$ / Total biomass of macrophytes, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	Доля, % / Proportion, %		H
				<i>Gongolaria barbata,</i> <i>Ericaria crinita</i>	эпифитов / Epiphytic	
1	0.5	1977	858.3 ± 45.7	0	0	0.67
		2017	1783.8 ± 837.9	79	1	1.07
	1	1977	1171.7 ± 207.8	0	0	1.18
		2017	1192.5 ± 189.9	47	2	1.96
	3	1977	145.2 ± 37.9	0	0	0
2	5	2017	16.1 ± 2.5	0	5	2.07
		2017	3333.2 ± 603.6	55	5	2.00
	0.5	2024	357.2 ± 93.5	9	0	2.91
		2017	1332.3 ± 192.3	0	0	0.77
	3	2024	3782.4 ± 786.9	82	7	1.05
		2017	980.0 ± 326.9	0	2	1.13
3	5	2024	1834.6 ± 247.2	41	6	1.77
		2017	49.5 ± 5.16	0	0	0.43
	0.5	1977	231.6 ± 55.8	0	0	1.42
		2017	4042.8 ± 1738.5	97	0	0.24
	1	2024	1394.8 ± 198.5	22	0	2.60
		1977	353.8 ± 96.2	0	0	1.74
4	1	2017	1957.4 ± 665.0	100	0	0.05
		2024	3308.8 ± 976.9	85	5	0.80
	0.5	2017	1738.0 ± 540.5	46	1	4.27
		2024	4340.7 ± 1067.3	82	0	0.89
	5	2017	1467.4 ± 493.8	60	5	1.03
		2024	2811.4 ± 273.5	87	0	0.88
5	0.5	2017	4532.2 ± 456.7	73	14	1.23
		2024	3888.4 ± 1158.5	76	1	1.09
	1	2017	3146.3 ± 336.9	92	5	0.69
		2024	7307.7 ± 1754.1	94	0	0.68
	3	2024	1647.8 ± 583.2	73	4	1.48

Примечание. Сведения за 1977 г. получены из статьи А. А. Калугиной-Гутник [26].

Note: Data for 1977 are taken from the article by A. A. Kalugina-Gutnik [26].

на всех исследованных глубинах отмечено увеличение индекса видового разнообразия, что свидетельствует об усложнении структуры альгосообщества (табл. 2).

Разрез 3. В 2017 г. на этом разрезе ОБМ с увеличением глубины от 0.5 до 1 м снижалась в два раза (табл. 2). На этих глубинах господствовала *G. barbata*, доля вида достигала максимальных значений (рис. 2). В составе сообщества единично отмечены *U. rigida* и *C. laetevirens*. Эпифитные водоросли не обнаружены. Низкие значения индекса видового разнообразия *H* свидетельствуют об однородной структуре фитосообщества с преобладанием вида-доминанта (табл. 2).

В 2024 г. на разрезе 3 на глубине 0.5 м ОБМ снизилась в три раза, а на глубине 1 м возросла вдвое по сравнению с аналогичными показателями в 2017 г. (табл. 2). На этих горизонтах также преобладала *G. barbata*, хотя ее вклад уменьшился, особенно на глубине 0.5 м, где была высока доля лиофитных форм *Vertebrata subulifera* (C. Ag.) Kütz. (28 %), *Brongniartella byssoides* (Good. et Wood.) F. Schmitz (10 %), *Chondria dasypylla* (Woodw.) C. Ag. (21 %), *C. laetevirens* (11 %) и *Ceramium virgatum* Roth (5 % ОБМ) (рис. 2). Характерно, что на глубине 1 м, при доминировании *G. barbata*, на прогалинах с илисто-песчаным дном встречалась *Zostera noltei* Hornem. (9 % ОБМ). Эпифитные водоросли были представлены *C. laetevirens*. Упрощение структуры альгосообщества с увеличением глубины подтверждается более чем трехкратным уменьшением значения индекса видового разнообразия (табл. 2).

Разрез 4. В 2017 г. на этом разрезе ОБМ незначительно снижалась с увеличением глубины от 0.5 до 1 м, при этом возрастала доля преобладающего вида (*G. barbata*) (табл. 2). На этой глубине в составе макрофитобентоса, помимо зеленых водорослей (*C. laetevirens* (23–26 %) и *U. rigida* (1–2 %)), была отмечена высшая водная растительность, представленная родами *Ruppia*, *Stuckenia*, *Zannichellia* (12–30 % ОБМ) (рис. 2). Вклад эпифитов с увеличением глубины возрастал от 1 до 5 % ОБМ. Показательно, что на глубине 0.5 м было зарегистрировано максимальное значение индекса видового разнообразия, что свидетельствует о полидоминантной структуре сообщества (табл. 2).

В 2024 г. на разрезе 4 распределение фитобентоса по глубинам оставалось неизменным по сравнению с предыдущими годами. ОБМ с увеличением глубины от 0.5 до 1 м снижалась в 1.5 раза, при этом ее значения были примерно вдвое выше, чем в 2017 г. (табл. 2). На этих горизонтах доминирующим видом являлась *G. barbata*. В составе макрофитобентоса отмечены *C. laetevirens* (3–9 %) и морские травы *Ruppia spiralis* L., *Stuckenia pectinata* (L.) Börner (= *Potamogeton pectinatus*), *Z. noltei* (7–9 % ОБМ) (рис. 2). Эпифитные водоросли не обнаружены. Индекс видового разнообразия варьирует в узком интервале (табл. 2).

Разрез 5. В 2017 г. на этом разрезе ОБМ с увеличением глубины от 0.5 до 1 м снижалась в 1.4 раза (табл. 2). На этих глубинах господствовала *G. barbata*, ее доля была высокой и изменялась от 73 до 92 % ОБМ. На этих горизонтах также отмечены *U. rigida* и *C. albida*, при этом их вклад с глубиной снижался от 14 до 6 % и от 12 до 1 % ОБМ соответственно (рис. 2). Характерно, что с увеличением глубины доля эпифитов уменьшалась почти в три раза, упрощалась структура сообщества, индекс видового разнообразия уменьшался вдвое (табл. 2).

В 2024 г. на разрезе 5 донная растительность была зарегистрирована до горизонта 3 м. Наибольшая ОБМ была отмечена на глубине 1 м, на глубине 0.5 м этот показатель был ниже почти вдвое, а на глубине 3 м – вчетверо (табл. 2). На всех исследованных горизонтах доминировали *E. crinita* и *G. barbata*, их вклад варьировал от 73 до 94 % ОБМ. Остальная часть ОБМ приходилась в основном на виды рода *Ulva* (рис. 2). Показательно, что за изучаемый период на глубине 0.5 м значения ОБМ и доли господствующих видов оказались соизмеримыми, тогда как на глубине 1 м показатель ОБМ в 2024 г. был вдвое выше, чем в 2017 г., хотя вклад преобладающих видов был примерно одинаковый (табл. 2). Эпифитные водоросли были представлены слабо (0–4 % ОБМ). Индекс видового разнообразия изменялся от 0.68 до 1.48, что характерно для альгосообщества с преобладанием доминирующих видов.

Таким образом, за прошедшие семь лет (с 2017 по 2024 г.) в восточной части б. Севастопольской в распределении макрофитобентоса по глубинам произошли перестройки, хотя в целом видовой состав массовых макрофитов изменился незначительно. Показательно, что в 2024 г. на всех разрезах, за исключением разреза 4, ОБМ на глубине 0.5 м была ниже, а на глубине 1 и 3 м примерно вдвое выше, чем в 2017 г. Причину существенного снижения ОБМ на глубине 0.5 м, вероятно, можно объяснить последствием разрушительного воздействия экстремального шторма, произошедшего осенью 2023 г. [27]. Так, в 2024 г. на разрезе 2 ОБМ почти в десять раз ниже, чем в 2017 г. (табл. 2). На этой глубине были отмечены лишь проростки *G. barbata* и *E. crinita*, их доля за изучаемый период уменьшилась с 55 до 9 % ОБМ (рис. 2). На разрезе 3 на глубине 0.5 м ОБМ снизилась в три раза, по сравнению с аналогичным значением, зафиксированным в 2017 г. (табл. 2). Здесь были зарегистрированы единичные слоевища *G. barbata*, вклад которой за этот период уменьшился с 97 до 22 % ОБМ (рис. 2). На разрезе 5 за прошедшие семь лет на глубине 0.5 м снижение ОБМ было незначительным, при этом доля *G. barbata* варьировала в интервале (73–76 % ОБМ) (табл. 2). Характерно, что в 2024 г. на всех исследованных разрезах на глубине 0.5 м в составе донной растительности преобладали водоросли, вегетирующие в течение одного года (*Cladophora albida*, *Carradoriella denudata*, *Callithamnion corymbosum*, *Vertebrata subulifera*, *Brongniartella byssoides*, *Chondria dasypylla*, *Ceramium virgatum*), что также свидетельствует о влиянии осеннего шторма.

Сравнительный анализ состава и количественных показателей макрофитобентоса за 2017–2024 гг. на глубинах 1 и 3 м также выявил некоторые различия. На разрезе 2 в 2017 г. в слое 1–3 м господствовала *C. laetevirens*, доля которой колебалась в диапазоне 66–78 %, при этом виды *G. barbata* и *E. crinita* не были зарегистрированы, тогда как в 2024 г. вклад *G. barbata* достигал 41–82 % ОБМ (рис. 2). В течение исследуемого периода на разрезе 3 на глубине 1 м доля *G. barbata* была высокой и изменялась в диапазоне 85–100 % ОБМ (рис. 2). На разрезе 4 за этот период отмечено возрастание вклада *G. barbata* (с 46–60 до 82–87 %) и снижение доли морских трав (с 12–30 до 7–9 % ОБМ) (рис. 2). Показательно, что на разрезе 5 в 2024 г. донная растительность была зафиксирована до глубины 3 м, тогда как в 2017 г. макрофитобентос встречался только до глубины 1 м (табл. 2). За изучаемый период на глубине 1 м доля *G. barbata* и *E. crinita* была высокой и незначительно варьировала от 92 до 94 % ОБМ (рис. 2).

Анализ пространственно-временных изменений макрофитобентоса за почти полувековой период показал его существенную трансформацию. Так, по результатам гидроботанической съемки б. Севастопольской, состоявшейся в 1977 г., А. А. Калугина-Гутник показала, что в восточной части бухты на твердом субстрате на глубине 0.5–5 м преобладали в основном виды рода *Ulva*, а глубже, помимо этих видов, в составе макрофитобентоса встречались *G. barbata* и *E. crinita* [26]. Характерно, что в начале XX в. в этой части бухты С. А. Зернов (1913) указывал на «чистые» заросли *G. barbata* и *E. crinita*⁵⁾. В кутовой части бухты (ее вершине), согласно ряду авторов, на протяжении более чем столетия на мягких грунтах отмечали скопления взморников (*Zostera marina* и *Z. noltei*)^{5), 6)}. В 1977 г. в этой части бухты в составе высшей водной растительности были зарегистрированы еще и виды рода *Ulva* [26].

Согласно работе А. А. Калугиной-Гутник, в 1977 г. вдоль прибрежья у разрезов 1–3 на глубине 0.5 м встречались в основном виды рода *Ulva* (85–100 % ОБМ) (рис. 2) [26]. Позднее в статье И. К. Евстигнеевой и И. Н. Танковской было зафиксировано, что в 2003–2005 гг. на этой глубине в акватории разреза 2 стали произрастать *G. barbata* и *E. crinita* [21]. Исследования, проведенные в 2017 г. на разрезах 1–3 на глубине 0.5 м, показали доминирование *G. barbata* и *E. crinita*, биомасса которых составляла 1412.4 ± 543.9 , 1818.9 ± 476.2 и $3921.9 \pm 776.2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ соответственно (79, 55 и 97 % ОБМ).

На разрезе 1 в 1977 г. донная растительность распространялась до глубины 3 м, где макрофитобентос был представлен почти чистыми скоплениями видов рода *Ulva* (95–100 % ОБМ). К 2017 г. произошло расширение вертикального распространения макрофитов до глубины 5 м, при этом на горизонте 1 м доминировала *G. barbata* (47 %), а на глубине 3–5 м преобладали виды рода *Cladophora* (60 % ОБМ) (рис. 2).

На разрезе 3 в 1977 г. на глубине 1 м, помимо видов рода *Ulva*, была отмечена *Zostera noltei*, при этом характерно, что с увеличением глубины от 0.5 до 1 м доля видов рода *Ulva* снижалась с 85 до 56 %, а вклад *Z. noltei* возрастал с 15 до 40 % ОБМ (рис. 2) [26]. В 2017 г. показатель ОБМ значительно превысил значения за 1977 г., что связано с формированием почти монодоминантных зарослей *G. barbata* (97–100 % ОБМ) (рис. 2).

Таким образом, анализ литературных источников и собственных данных о распределении макрофитобентоса в восточной части б. Севастопольской за почти полувековой период показал, что распространение и состав макрофитобентоса значительно изменились. Наиболее существенная трансформация растительной компоненты отмечена в кутовой части бухты, где произошла замена произрастающей здесь ранее высшей водной растительности (*Zostera marina*, *Z. noltei*, *Stuckenia pectinata*, *Zannichellia* sp., *Ruppia* sp.) на заросли многолетних водорослей (*G. barbata* и *E. crinita*). Эти изменения, вероятно, можно объяснить, во-первых, повышением солености воды в приустьевой зоне р. Черной [23]. В работе [23] был сделан вывод, что в последние

⁵⁾ Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Черного моря // Записки Императорской Академии Наук. Санкт-Петербург, 1913. Серия VIII. Т. 32, № 1. 304 с.

⁶⁾ Калугина-Гутник А. А. Донная растительность Севастопольской бухты // Биология моря. Киев : Наукова думка, 1974. Вып. 32. С. 133–164.

десятилетия в восточной части бухты наблюдается устойчивая тенденция к повышению солености воды как у поверхности, так и у дна. Приведены сведения, что на расстоянии около 1000 м от устья реки соленость воды составляла 17 ‰, при этом в период межени этот показатель во всей кутовой части бухты достигал 17.6–17.9 ‰ [23]. Во-вторых, возведение северной и южной частей мола, строительство пирсов и причалов, интенсивные дноуглубительные работы вызвали изменение вдольбереговых потоков наносов и уменьшение степени абразии по всей акватории бухты [28], что, возможно, привело к смене состава донных отложений, в кутовой части бухты на разрезах 3 и 4, где ранее на мягких грунтах произрастали морские травы, стали обнажаться коренные породы, являющиеся субстратом для прикрепления водорослей.

Трансформация макрофитобентоса восточной части бухты характеризуется сменой доминирующих видов: ранее преобладавшие представители рода *Ulva* замещаются видами *G. barbata* и *E. crinita*, доля которых продолжает возрастать.

На протяжении последних двух столетий Севастопольская бухта подвергается интенсивному антропогенному воздействию, что проявляется в повышении концентраций биогенных элементов в воде до уровней, на 1–2 порядка превышающих их содержание в открытых акваториях Черного моря [4–6, 10, 23]. Повышенные концентрации загрязняющих веществ в акватории бухты, включая ее восточный сектор, оказали значительное влияние на биотические компоненты, в частности на структуру донных фитоценозов. На всех исследованных разрезах в восточной части бухты было зафиксировано обильное развитие зеленых водорослей, среди которых преобладали в основном *C. laetevirens*, *Ulva intestinalis* L. и *U. rigida* – виды, являющиеся индикаторами эвтрофирования акватории. Характерно, что эти водоросли, а также *Callithamnion corymbosum*, *Ceramium virgatum*, произрастают в воде, имеющей высокий уровень загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками.

В последние годы уделяется большое внимание природоохранным мероприятиям, направленным на сокращение поступлений загрязняющих веществ в б. Севастопольскую, что, несомненно, отражается на экологической обстановке акватории. Так, в работе Л. В. Малаховой с коллегами было показано, что в современных условиях в поверхностном слое донных осадков зарегистрированы более низкие концентрации полихлорированных бифенилов (ПХБ 5), чем на глубине от 5 до 20 см, что свидетельствует о снижении техногенного загрязнения бухты [12]. Возможно, улучшение качества среды проявилось в смене господствующих видов макрофитов. Так, в 2024 г. в изучаемой части бухты отмечено массовое произрастание *G. barbata* и *E. crinita*, встречаются *Dictyota fasciola*, *Laurencia obtusa*, *Palisada perforata* (Bory) K.W. Nam., *Vertebrata subulifera*. Известно, что обычно эти виды обитают на участках акватории, имеющей относительно невысокую степень эвтрофикации²⁾.

Выводы

1. Гидроботанические исследования восточного сектора Севастопольской бухты в 2017 и 2024 гг. показали существенные изменения вертикального распределения макрофитобентоса при относительной стабильности видового состава доминирующих макрофитов. В настоящее время в составе донной растительности преобладают *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita*, также обильно

представлены зеленые водоросли (*Cladophora laetevirens*, *Ulva intestinalis*, *U. rigida*). Характерно, что за этот период даже в кутовой части бухты зарегистрировано возрастание вклада *G. barbata* (с 46–60 до 82–87 %) и снижение доли морских трав (с 12–30 до 7–9 % ОБМ).

2. Показательно, что в 2024 г. почти на всех разрезах на глубине 0.5 м отмечено снижение ОБМ и доли *G. barbata* и *E. crinita* вследствие разрушительного воздействия экстремального шторма, произошедшего осенью 2023 г., при этом на глубине 1 и 3 м количественные показатели биомассы макрофитобентоса были примерно вдвое выше, чем в 2017 г.

3. Сравнительный анализ пространственного распределения макрофитобентоса за 1977–2024 гг. выявил существенную трансформацию состава растительной компоненты, наиболее выраженную в кутовой части бухты, где произошла полная смена ценозов высшей водной растительности (*Zostera marina*, *Z. noltei*, *Stuckenia pectinata*, *Zannichellia* sp., *Ruppia* sp.) на доминирующие заросли многолетних видов макрофитов (*G. barbata* и *E. crinita*). Эти изменения, вероятно, можно объяснить повышением солености воды в приустьевой зоне р. Черной, а также изменением динамики вдольбереговых потоков наносов. В восточной части бухты за этот период зафиксирована смена доминирования видов рода *Ulva* на *G. barbata* и *E. crinita*, что, возможно, свидетельствует о тенденции к улучшению экологических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital / R. Costanza [et al.] // Nature. 1997. Vol. 387. P. 150–156. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
2. Phillips R. C., Milchakova N. A. Seagrass ecosystems // Морской экологический журнал. 2003. Т. 2, № 2. Р. 29–39. EDN UCBJDJ.
3. Extinction risk assessment of the world's seagrass species / F. T. Short [et al.] // Biological Conservation. 2011. Vol. 144, iss. 7. P. 1961–1971. EDN OMTHDT. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.04.010>
4. О перспективах и возможностях оценки самоочистительной способности акватории Севастопольской бухты / Е. Е. Совга [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2014. Вып. 28. С. 153–164. EDN VBFSTF.
5. Миньковская Р. Я., Вержевская Л. В. Оценка качества воды рек Севастопольского региона для определения антропогенной нагрузки на прибрежную часть моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 2. С. 93–101. EDN WKTQRF.
6. Совга Е. Е., Мезенцева И. В., Хмара Т. В. Природно-климатические и антропогенные факторы, определяющие самоочистительную способность морских мелководных экосистем в отношении восстановленных форм азота // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 3. С. 23–36. EDN YUWVPQ. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2021-3-23-36>
7. Слепчук К. А., Совга Е. Е. Уровень эвтрофирования восточного района Севастопольской бухты по результатам численного моделирования индекса E-TRIX // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. № 2. С. 53–59. EDN YLLQLJ. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-2-53-59>

8. Локальные изменения физико-биологических параметров поверхностных вод Севастопольской бухты под влиянием ливневого стока / А. В. Багаев [и др.] // Морской гидрофизический журнал. 2022. Т. 38, № 2. С. 165–184. EDN DTNJVC. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2022-2-165-184>
9. Орехова Н. А., Коновалов С. К., Овсяный Е. И. Изменение геохимических характеристик в донных осадках Крымского побережья // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2013. Вып. 27. С. 284–288. EDN VBFRZZ.
10. Орехова Н. А., Медведев Е. В., Овсяный Е. И. Влияние вод реки Черной на гидрохимический режим Севастопольской бухты (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. № 3. С. 84–91. EDN YLLQIH. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-3-84-91>
11. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. 185 с. EDN XXFQVL.
12. Малахова Л. В., Малахова Т. В., Егоров В. Н. Донные отложения морской акватории и пресных водоемов Крыма как депо стойких органических загрязнителей // «Ломоносовские чтения–2019» : ежегодная научная конференция МГУ. Севастополь, 3–4 апреля 2019 г. Севастополь : Филиал МГУ в г. Севастополе, 2019. С. 209–210. EDN RYQMKJ.
13. Полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях зоны смешения река – море на примере реки Черной и Севастопольской бухты (Черное море) / О. В. Соловьёва [и др.] // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 3. С. 362–372. EDN VYHDOC. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2021-3-362-372>
14. Чекалов В. П. Соотношение процессов аэробной и анаэробной деструкции органического вещества в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма (Чёрное море) // Морской биологический журнал. 2023. Т. 8, № 3. С. 87–96. EDN ZSYRFI.
15. Особенности пространственного распределения нефтяных углеводородов и структуры макрозообентоса бухт Севастопольская и Варна / Т. С. Осадчая [и др.] // Системы контроля окружающей среды. Севастополь, 2010. Вып. 13. С. 247–255. EDN ZTYQFF.
16. Витер Т. В. Донные сообщества в районе причалов б. Голландия и в районе ГРЭС (б. Севастопольская) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2013. Вып. 27. С. 431–438. EDN VBFSKT.
17. Макаров М. В., Витер Т. В. Пространственно-временные изменения в макрозообентосе устья реки Черной и вершины Севастопольской бухты (Юго-Западный Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7, № 4. С. 92–107. EDN SVHKYE.
18. 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. EDN NVOFQH. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2022-1-104-112>
19. Александров В. В. Оценка состояния ценопопуляций *Zostera marina* в районе Севастополя // Экология моря. 2000. Вып. 52. С. 26–30. EDN WIAELJ.
20. Александров В. В. Морфоструктура особей *Potamogeton pectinatus* в районе Севастополя (Черное море) // Экология моря. 2005. Вып. 68. С. 13–18. EDN UMCMAX.
21. Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Современное состояние и изменчивость макрофитобентоса ботанического памятника природы «Ушакова балка» (Черное море, Севастопольский регион) // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона : материалы IV Международной конференции. 8–9 октября 2008, Керчь. Керчь : Изд-во ЮГНИРО, 2008. С. 92–98.

22. Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Видовой состав, экологическая структура и количественная характеристика макроводорослей бухты Голландия (Черное море) // Вопросы современной альгологии. 2017. № 1. 7. EDN ZCDLIZ.
23. Согза Е. Е., Хмара Т. В. Влияние стока реки Черной в периоды паводка и межени на экологическое состояние кутовой части акватории Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36, № 1. С. 31–40. EDN NNGSDX. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2020-1-31-40>
24. Горячkin Ю. Н., Долотов В. В. Морские берега Крыма. Севастополь : Колорит, 2019. 256 с. EDN ARVKTY.
25. Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу / Под ред. Е. В. Павловой и Н. В. Шадрина. Севастополь : Аквавита, 1999. 290 с.
26. Калугина-Гутник А. А. Изменения в донной растительности Севастопольской бухты за период с 1967 по 1977 г. // Экология моря. 1982. Вып. 9. С. 48–62. EDN ZBPSLT.
27. Экстремальный черноморский шторм в ноябре 2023 года / В. А. Дулов [и др.] // Морской гидрофизический журнал. 2024. Т. 40, № 2. С. 325–347. EDN ESLTYQ.
28. Ефремова Т. В., Горячkin Ю. Н. Морфодинамика севастопольских бухт под воздействием антропогенной деятельности // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2023. № 1. С. 31–47. EDN THAAMX. <https://doi.org/10.29039/2413-5577-2023-1-31-47>

Поступила 19.01.2025 г.; одобрена после рецензирования 13.02.2025 г.;
принята к публикации 24.06.2025 г.; опубликована 30.09.2025 г.

Об авторах:

Миронова Наталья Всеолововна, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-7110-7081, ResearcherID: Y-1780-2018, dr.nataliya.mironova@yandex.ru

Панкеева Татьяна Викторовна, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), доктор географических наук, ORCID ID: 0000-0002-8933-6103, ResearcherID: 4920-0290, tatyana.pankeeva@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Миронова Наталья Всеолововна – обработка проб макрофитобентоса (1977, 2017, 2024 гг.), анализ и описание результатов исследования, подготовка текста статьи, подбор, систематизация и анализ литературных источников

Панкеева Татьяна Викторовна – подбор, систематизация и анализ литературных источников, подготовка текста статьи, картографических материалов и списка литературы

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.