

Распределение макрофитобентоса в ландшафтах памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч»

Н. В. Миронова, Т. В. Панкеева *

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

* e-mail: tatyapankeeva@yandex.ru

Аннотация

Впервые на основе ландшафтного подхода оцениваются флористический состав, качественные и количественные характеристики макрофитобентоса и особенности его распределения в акватории памятника природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Южный берег Крыма, район г. Севастополя). Использованы материалы гидроботанической и ландшафтной съемок, проведенных в этом районе летом 2021 г. Составлена ландшафтная карта акватории, выделено семь подводных ландшафтов с участием ключевых видов макрофитов *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*. Для каждого ландшафтного контура рассчитаны общая биомасса макрофитов и доля ключевых видов макрофитобентоса. Сравнительный анализ показал, что ландшафты мелководной зоны (глубина 0.5–1 м) отличаются наибольшей вариабельностью общей биомассы макрофитов – (2036.5 ± 264.6) – (8167.6 ± 465.7) г·м⁻² сырой массы – и доли *E. crinita*, *G. barbata* (4–83 %). Вклад эпифитов не превышает (3–21 % общей биомассы макрофитов). Максимальные значения общей биомассы макрофитов – (6972.8 ± 371.2) – $(10\,673.3 \pm 654.8)$ г·м⁻² сырой массы – и высокий вклад *E. crinita*, *G. barbata* (53–77 %) отмечены в ландшафтах, относящихся к подводному склону (глубина 1–5 м), где также зарегистрирована наибольшая доля эпифитных водорослей (23–34 %). Показатели общей биомассы макрофитов в ландшафтах слабонаклонной равнины (глубина 5–15 м) относительно невысоки и слабо варьируют – от (1312.7 ± 141.3) до (2463.0 ± 196.7) г·м⁻² сырой массы; при этом вклад *P. crispa* резко возрастает с глубиной (с 20 до 87 %), а доля *E. crinita* и *G. barbata* – существенно снижается (с 66 до 2 %), доля эпифитной синузии составляет 8–23 %. В составе морской флоры зарегистрировано значительное количество видов водорослей, занесенных в Красные книги, что подтверждает высокую природоохранную ценность изучаемой акватории. Однако в альгофлоре памятника природы обнаружены виды макрофитов, которые косвенно указывают на загрязнение охраняемой акватории. В прибрежной зоне, испытывающей рекреационную нагрузку, отмечено массовое развитие зеленых водорослей (*Ulva rigida*, *U. intestinalis*, *Cladophora laetevirens*), наибольшая доля полисапробионтов и максимальный вклад однолетних и сезонно-летних видов макрофитов, обитающих в воде с повышенным уровнем антропогенной эвтрофикации. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации природоохранного режима памятника природы.

© Миронова Н. В., Панкеева Т. В., 2026



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

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

Ключевые слова: донная растительность, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, особо охраняемые природные территории, ландшафтная структура, Черное море, Севастополь

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов» (№ гос. регистрации 124022400152-1).

Для цитирования: Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Распределение макрофитобентоса в ландшафтах памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2026. № 3. С. 110–124. EDN BCBKRB.

Distribution of Macrophytobenthos in the Landscapes of the Natural Monument “Coastal Aquatic Complex at Cape Sarych”

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

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

* e-mail: tatyapankeeva@yandex.ru

Abstract

For the first time, based on a landscape approach, the features of the spatial distribution of benthic vegetation, floristic composition, and qualitative and quantitative characteristics of the macrophyto-benthos of the regional natural monument “Coastal Aquatic Complex at Cape Sarych” (Southern Coast of Crimea, Sevastopol region) are shown. The study used materials from hydrobotanical and landscape surveys conducted in this area in the summer of 2021. A landscape map of the water area was compiled, and seven underwater landscapes were identified, featuring the key macrophyte species *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* and *Phyllophora crispa*. For each landscape contour, the total macrophyte biomass (TMB) and the proportion of key macrophyto-benthic species were calculated. The comparative analysis showed that the landscape of the shallow zone (0.5–1 m) has the greatest variability in TMB values (2036.5 ± 264.6)–(8167.6 ± 465.7) g·m⁻² raw mass and proportions of *E. crinita*, *G. barbata* (4–83%). The contribution of epiphytes does not exceed (3–21% TMB). Maximum values of TMB (6972.8 ± 371.2)–($10\,673.3 \pm 654.8$) g·m⁻² raw mass and high contribution of *E. crinita*, *G. barbata* (53–77%) were observed in the landscapes upper shoreface (1–5 m), where the highest proportion of epiphytic algae was also recorded (23–34%). The TMB in landscapes of the gently (5–15 m) dipping accumulation plain was characterized by relatively low values, which varied slightly (1312.7 ± 141.3)–(2463.0 ± 196.7) g·m⁻² raw mass, with the contribution of *P. crispa* increasing sharply with depth (from 20 to 87%), whereas that of *E. crinita* and *G. barbata* significantly decreasing (from 66 to 2%); the proportion of epiphytic plants was 8–23%. It was established that the marine flora contained a significant number of algal species listed in Red Data Books, which confirms the conservation value of the studied aquatic area. However, species of macrophytes, indirectly indicating pollution of the protected water area, were found in the algoflora of the nature monument. In the coastal zone under recreational pressure, a mass development of green algae (*Ulva rigida*, *Ulva intestinalis*, *Cladophora laetevirens*) was observed, along with the highest proportion of polysaprobic and the maximum contribution of annual and summer macrophyte species inhabiting waters with an elevated organic content. The obtained results can be utilized for optimizing the conservation regime of the natural monument.

Keywords: bottom vegetation, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, specially protected natural areas, landscape structure, 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., 2026. Distribution of Macrophytobenthos in the Landscapes of the Natural Monument “Coastal Aquatic Complex at Cape Sarych”. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (3), pp. 110–124.

Введение

Гидробиологические исследования последних лет показали, что глобальные экологические и климатические изменения, рост интенсивности штормов представляют собой значительную угрозу для экосистем прибрежной зоны Мирового океана, которая на 30 % занята зарослями макрофитов [1–3]. Усиление эвтрофикации морской воды и существенный рост антропогенной нагрузки на побережье Мирового океана, в том числе Черного моря, также приводят к негативной трансформации растительного покрова дна [4–9].

Известно, что площадь акватории, где встречается донная растительность, значительно сокращается. Так, согласно сведениям Программы ООН по окружающей среде (*United Nations Environment Programme*), начиная с 1930 г. площадь местообитания макрофитов уменьшается на 7 %. Например, среднегодовая скорость сокращения площади, где произрастает ламинария, составляет 2 % [10]. Показательно, что разрушение биотопов фитобентоса, приводящее к снижению биомассы макрофитов, характерно и для охраняемых морских акваторий [11, 12].

В Севастополе выделяют шесть особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые включают морскую охраняемую акваторию (МОА). Значительную долю площади МОА занимают государственные природные ландшафтные заказники регионального значения «Мыс Айя» и «Караньский». Гидрологические памятники природы охватывают 391.9 га, что составляет 54.6 % всей охраняемой площади акватории в Севастополе. В пределах этих ООПТ научную и природоохранную ценность представляют эрикариево-гонголяриевые, филлофоровые фитоценозы и сообщества высшей водной растительности, которые относятся к ключевым звеньям экосистемы Черного моря и имеют охранный статус международного, государственного и регионального уровня [13]. В научной литературе приведены данные о флористическом составе макрофитобентоса и ландшафтном разнообразии ООПТ в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе [11, 12, 14]. При этом сведения о пространственном распределении и биомассе макрофитов для подводных ландшафтов охраняемых акваторий остаются ограниченными.

Цель работы – оценить распределение макрофитобентоса и его количественных и качественных показателей в ландшафтах памятника природы «ПАК у мыса Сарыч».

Материалы и методы исследования

Гидрологический памятник природы регионального значения «ПАК у мыса Сарыч» расположен в южной части Севастополя. Протяженность береговой линии составляет 1900 м, ширина акватории – 300 м. Общая площадь памятника – 62.28 га, из которых 3.51 га приходится на сушу, а 58.77 га – на акваторию [13].

На большей части побережья встречается глыбовый бенч, переходящий в участки галечникового [15]. Узкий бенч резко обрывается на значительную глубину. Подводный склон приглубый. Открытые берега у м. Сарыч способствуют активному перемешиванию водных масс, что обеспечивает высокую прозрачность и низкую трофность воды [16]. В течение всего года здесь преобладают антициклонические течения. Летом температура воды у берега значительно снижается из-за подъема глубинных вод, обновляющих толщу воды при сгонных ветрах [17].

Летом 2021 г. в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» были проведены гидроботанические и ландшафтные исследования. В рамках этих исследований были заложены три трансекты, которые располагали перпендикулярно береговой линии (рис. 1). Для определения их координат использовали портативный GPS-приемник модели *Oregon 650*. При выборе мест заложения трансект учитывали особенности геолого-геоморфологического строения прибрежной зоны и тип природопользования. Трансекты I ($44^{\circ}23.566'$ с. ш., $33^{\circ}43.624'$ в. д.) и III ($44^{\circ}23.244'$ с. ш., $33^{\circ}43.266'$ в. д.) проходят

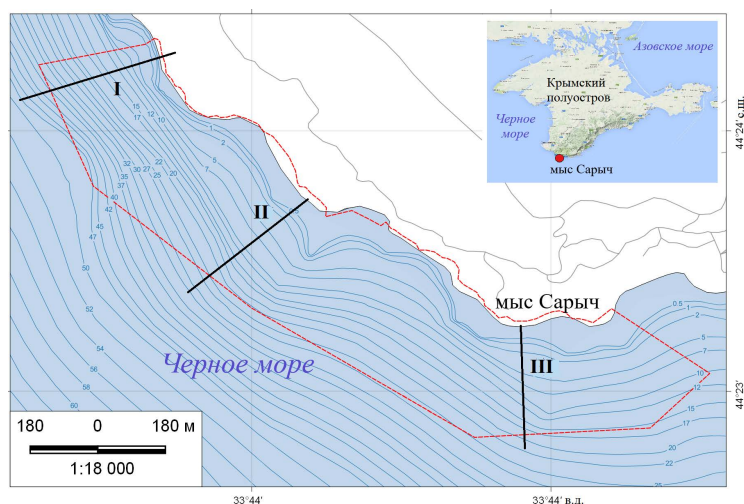


Рис. 1. Карта-схема акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» с границами ООПТ (красный контур) и расположением трансект (I–III), 2021 г. На врезке – Крымский п-ов, красным кружком отмечен район исследований

Fig. 1. A schematic map of the waters of the “Coastal Aquatic Complex (CAC) at Cape Sarych” natural monument, showing the boundaries of the protected area (red outline) and location of the profiles (I–III), 2021. The inset shows the Crimean Peninsula, with the study area marked by a red circle

у подножия клифов, где прибрежная зона занята глыбовым навалом и наблюдается резкий спад глубин. В настоящее время прилегающее побережье в районе трансекты I находится в зоне активной застройки, тогда как у м. Сарыч, где расположена трансекта III, антропогенная деятельность почти отсутствует. Трансекта II (44°23.477' с. ш., 33°43.836' в. д.) проходит по участку галечникового бенча, на котором находится пляж, а прилегающая территория занята коттеджным поселком.

Для изучения ландшафтной структуры акватории применяли метод ландшафтного профилирования, включающий детальное описание трансект и ключевых участков. Пробы отбирали в соответствии с общепринятой методикой¹⁾ на глубинах 0.5–15 м. В общей сложности было собрано и проанализировано 84 количественные пробы (по 28 проб на каждой трансекте). Виды водорослей определяли по определителю²⁾ с учетом последних изменений в номенклатуре (URL: <http://www.algaebase.org>). Уровень загрязнения морской воды оценивали косвенно по флористическому индексу Чейни [18]. Структуру и состав макрофитобентоса анализировали с использованием индекса видового разнообразия Шеннона (H') [19]. Распределение видов водорослей по экологическим группам (продолжительность вегетации и сапробность) приведено в соответствии с классификацией А. А. Калугиной-Гутник³⁾.

Для создания ландшафтной карты использовали программный пакет QGIS 3.28.13 и оцифрованную навигационную карту с геопривязкой. Ландшафтная структура исследована на уровне местностей.

Результаты и обсуждение

В ландшафтной структуре акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» выделено семь подводных ландшафтов, шесть из них различаются по доминирующим видам макрофитов: эрикарии косматой (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry = *Cystoseira crinita*), гонголярии бородатой (*Gongolaria barbata* (Stackh.) Kuntze = *Cystoseira barbata*) и филлофоры курчавой (*Phyllophora crispa* (Huds.) P. S. Dixon), в ландшафте 7 растительность отсутствует (рис. 2).

Глыбово-валунный бенч с преобладанием эрикарии косматой и гонголярии бородатой (I) занимает глубины 0.5–1 м в западной (трансекта I) и восточной (трансекта III) частях памятника природы (см. рис. 2). Проективное покрытие дна макрофитами (ПП) на этих глубинах достигает 100 %.

Общая биомасса макрофитобентоса (ОБМ) варьирует от (2036.5 ± 264.6) до (7197.3 ± 494.5) г·м⁻² сырой массы (табл. 1). Доля эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) колеблется в широких пределах от 4 до 83 % ОБМ: максимум отмечен в акватории трансекты I на глубине 1 м, минимум – в акватории этой же трансекты на глубине 0.5 м, где в составе донной растительности обильно представлены палисада продырявленная (*Palisada perforata* (Bory) K. W. Nam) (31 %), кораллина лечебная (*Corallina*

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

²⁾ Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Москва ; Ленинград : Наука, 1967. 397 с.

³⁾ Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. Киев : Наукова думка, 1975. 248 с.

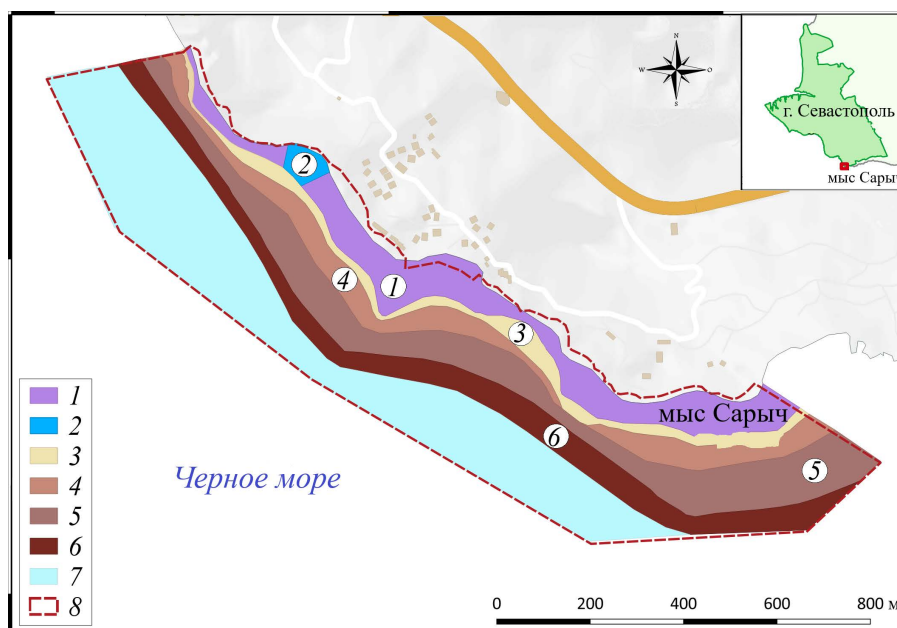


Рис. 2. Карта-схема ландшафтной структуры акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» с выделенными подводными ландшафтами: 1 – глыбово-валунный бенч с преобладанием эрикарии косматой и гонголярии бородастой; 2 – галечниково-валунный бенч с отдельными глыбами, где преобладает эрикария косматая и гонголярия бородастая; 3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголярия бородастая; 4 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголярия бородастая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей, на которых преобладает филлофора курчавая; 5 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где господствует филлофора курчавая, а на отдельных глыбах доминируют эрикария косматая и гонголярия бородастая; 6 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-щебнистыми отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая; 7 – слабонаклонная равнина, сложенная песчаными отложениями, где донная растительность отсутствует; 8 – границы памятника природы. На врезке красным прямоугольником отмечен район исследований

Fig. 2. Schematic map of the landscape structure of the water area of the natural monument "CAC at Cape Sarych" with defined underwater landscapes: 1 – boulder benches predominated by *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata*; 2 – pebble-boulder benches with individual blocks, predominated by *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata*; 3 – upper shoreface consisting of psephitic sediments predominated by *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata*; 4 – upper shoreface consisting of psephitic deposits predominated by *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* with mosaic alternation of pebble and gravel deposits and shell fragments predominated by *Phyllophora crispa*; 5 – gently dipping accumulation plain formed by gravel-psammitic deposits with inclusion of shell fragments predominated by *Phyllophora crispa*, and individual blocks predominated by *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata*; 6 – gently dipping accumulation plain formed by psammitic deposits with inclusion of shell fragments predominated by *Phyllophora crispa*; 7 – gently dipping accumulation plain formed by sandy sediments, with no bottom vegetation; 8 – boundaries of the natural monument.

The red rectangular in the inset shows the study area

officinalis L.) (24 %), кладофора шелковистая (*Cladophora serisea* (Huds.) Kütz.) (14 %) и виды рода церамиум (*Ceramium*) (21 %).

В акватории трансекты III в ландшафте, помимо господствующих эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*), отмечен кладо-стефус губчатый (*Cladostephus spongiosus* (Huds.) C. Agardh) (2–6 %), при этом на глубине 0.5 м зарегистрирована падина павлинья (*Padina pavonica* (L.) Thivy) (3 %), а на глубине 1 м – каррадориелла удлинённая (*Carradoriella elongata* (Huds.) Savoie et G. W. Saunders) (16 % ОБМ).

В этом диапазоне глубин в границах изучаемого ландшафта преобладают эпифиты: вертебрата шилоносная (*Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze) (1–17 %), церамиум реснитчатый (*Ceramium ciliatum* (Ell.) Ducl.) (3–5 %), церамиум прозрачный (*C. diaphanum* (Lightf.) Roth) (1–3 %), лауренция чаше-видная (*Laurencia coronopus* J. Agardh) (1–2 % ОБМ).

Существенное варьирование значений индекса видового разнообразия *H* свидетельствует о довольно сложной структуре сообщества макрофитобентоса, обусловленной чередованием в районе трансект доминирующих видов водорослей при высоком вкладе эпифитов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Общая биомасса макрофитов, доля доминирующих видов водорослей и эпифитов, индекс видового разнообразия Шеннона *H* в ландшафтной структуре памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» по градиенту глубины (2021 г.)

Table 1. Total biomass of macrophytes, percentage of dominant species and their epiphyts species, diversity index *H* in the landscape structure of the natural monument “CAC at Cape Sarych” by depth in 2021

Ланд- шафт / Land- scapes	Глубина, м / Depth, m	Биомасса макрофитов, г·м ⁻² / Biomass of macrophytes, g·m ⁻²	Доля, % / Proportion of, %			<i>H</i>
			<i>Ericaria crinita</i> , <i>Gongolaria barbata</i>	<i>Phyllophora crispa</i>	эпифитов / epiphytic plants	
1	0.5–1	(2036.5 ± 264.6)– (7197.3 ± 494.5)	4.1–82.8	0	3.0–19.6	1.12– 2.87
2	0.5–1	(6772.2 ± 403.8)– (8167.6 ± 465.7)	55.3–72.7	0–0.1	8.2–21.4	1.92– 2.46
3	1–3	(6972.8 ± 371.2)– (8195.3 ± 481.4)	68.3–77.0	0.6–6.0	22.7–24.3	0.95– 1.77
4	3–5	(7681.9 ± 397.8)– (10 673.3 ± 654.8)	53.5–62.0	11.5–22.8	15.2–34.4	1.47– 1.78
5	5–10	(1370.3 ± 126.8)– (2463.0 ± 196.7)	30.8–65.9	19.7–51.9	8.4–17.3	1.43– 1.91
6	10–15	(1312.7 ± 141.3)– (1967.6 ± 164.2)	0–1.8	76.9–87.1	11.1–23.1	0.59– 0.78

Примечание: нумерация и описание подводных ландшафтов соответствует сведениям, представленным в тексте и на рис. 2.

Note: The numbering and description of underwater landscapes correspond to the information presented in the text and in Fig. 2.

Галечниково-валунный бенч с отдельными глыбами, где преобладает эрикария косматая и гонголярия бородатая (2), расположен на глубине 0.5–1 м в центральной (трансекта II) части памятника природы (см. рис. 2). Значения ПП на этих глубинах достигают 60–70 %. ОБМ незначительно изменялась в диапазоне от (6772.2 ± 403.8) до (8167.6 ± 465.7) г·м⁻² сырой массы (табл. 1). Характерно, что в акватории этой трансекты на глубине 0.5 м при доминировании эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) (55 %) в составе макрофитобентоса обнаружены значительные скопления ульвы жесткой (*Ulva rigida* C. Agardh) (29 %) и ульвы кишечницы (*U. intestinalis* L.) (2 % ОБМ). На глубине 1 м на этом ландшафте вклад эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) возрастает в 1.3 раза, тогда как доля видов рода *Ulva* снижается до 1.4 % ОБМ. Показательно, что с увеличением глубины роль представителей эпифитной синузии повышается более чем вдвое (рис. 2), при этом на глубине 0.5 м господствует кладофора ярко-зеленая (*Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kütz.) (4 %), а на глубине 1 м – вертебрата шилоносная (*V. subulifera*) (17 % ОБМ).

Видовая разнородность фитоценоза подтверждается высокими значениями индекса Шеннона *H* (табл. 1).

Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголярия бородатая (3), расположен вдоль побережья на глубине 1–3 м (см. рис. 2). Подводный склон крутой, осложнен глыбовым навалом. Значения ПП на этих глубинах максимальные (100 %). ОБМ изменяется в довольно узком интервале от (6972.8 ± 371.2) до (8195.3 ± 481.4) г·м⁻² сырой массы (табл. 1). Вклад эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) варьирует от 68 до 77 % ОБМ. В составе донной растительности отмечены кладостефус губчатый (*C. spongiosus*) (1–3 %) и филлофора курчавая (*P. crispa*) (1–6 %). Характерно, что в этом интервале глубин обильно представлена эпифитная синузия, среди эпифитов преобладает вертебрата шилоносная (*V. subulifera*) (19–22 %), встречается антигамнион крестовидный (*Antithamnion cruciatum* (Agardh) Nägeli) (1–3 % ОБМ).

Об однородной структуре сообщества макрофитобентоса с преобладанием видов-доминантов свидетельствуют относительно низкие значения индекса видового разнообразия *H* (табл. 1).

Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголярия бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей, на которых преобладает филлофора курчавая (4), занимает глубины 3–5 м (см. рис. 2). Подводный склон крутой, между глыбами расположены участки, покрытые галькой, гравием и битой ракушей. Значения ПП на этих глубинах высокие (90–100 %). ОБМ колеблется от (7681.9 ± 397.8) до $(10\,673.3 \pm 654.8)$ г·м⁻² сырой массы (табл. 1). Доля эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) варьирует от 53 до 62 %, тогда как вклад филлофоры курчавой (*P. crispa*) изменяется в пределах 11–23 % ОБМ. В составе эпифитов господствует вертебрата шилоносная (*V. subulifera*) (12–32 %), отмечен антигамнион крестовидный (*A. cruciatum*) (1–3 % ОБМ), при этом максимальный вклад эпифитной синузии зафиксирован в акватории трансекты II, а минимальный – в районе трансекты III.

Сложная полидоминантная структура сообщества макрофитобентоса, в котором отмечена существенная доля эпифитирующих видов водорослей, подтверждается значениями индекса видового разнообразия H (табл. 1).

Слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где господствует филлофора курчавая, а на отдельных глыбах доминируют эрикария косматая и гонголярия бородатая (5), распространена на глубине 5–10 м (см. рис. 2). Рельеф представляет собой равнину, которая характеризуется сглаженными формами и хаотично расположенными глыбами и валунами. Значения ПП составляют 90 %. ОБМ варьирует от (1370.3 ± 126.8) до (2463.0 ± 196.7) г·м⁻² сырой массы (табл. 1). Доля эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) колеблется в диапазоне 31–66 %, а филлофоры курчавой (*P. crispa*) – от 20 до 52 % ОБМ. В составе донной растительности зарегистрированы кодиум червеобразный (*Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje) (3 %) и нерейя нитевидная (*Nereia filiformis* (J. Agardh) Zanard) (1 % ОБМ). Вклад эпифитных водорослей относительно невысокий, в их составе преобладает родохортон пурпуровый (*Rhodochorton purpureum* (Light.) Rosenv.) (8–17 % ОБМ).

Значения индекса видового разнообразия H свидетельствуют о высоком вкладе доминирующих видов водорослей в составе сообщества макрофитобентоса (табл. 1).

Слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-щебнистыми отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая (6), занимает глубины 10–15 м (см. рис. 2). Рельеф – наклонная равнина с незначительным уклоном. Значения ПП в этом диапазоне глубин достигают 90 %. ОБМ изменяется в узком интервале от (1312.7 ± 141.3) до (1967.6 ± 164.2) г·м⁻² сырой массы (табл. 1). Вклад филлофоры курчавой (*P. crispa*) колеблется от 77 до 87 %, тогда как доля эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) не превышает 2 % ОБМ. В составе донной растительности отмечена нерейя нитевидная (*N. filiformis*) (1 % ОБМ). Среди эпифитов господствует родохортон пурпуровый (*R. purpureum*) (11–23 % ОБМ).

Низкие значения индекса видового разнообразия Шеннона H свидетельствуют о довольно однородной структуре сообщества макрофитобентоса с преобладанием вида-доминанта (табл. 1).

Слабонаклонная равнина, сложенная песчаными отложениями, где донная растительность отсутствует (7), занимает глубины свыше 15 м (см. рис. 2).

По полученным данным, наибольшей вариабельностью в ландшафте глыбово-валунного бенча (1) отличаются значения ОБМ и доля ключевых видов (эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*)). В то же время в ландшафте галечниково-валунного бенча с отдельными глыбами (2) показатели ОБМ и этих же доминирующих видов колеблются незначительно. Максимальные значения ОБМ и высокий вклад эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) отмечены в ландшафтах, относящихся к подводному склону (3–4). На этих ландшафтах также зарегистрирована наибольшая доля эпифитных водорослей. Показатели ОБМ в ландшафтах слабонаклонной равнины (5–6) характеризуются относительно невысокими значениями, которые слабо изменяются. Вклад ключевого вида филлофоры курчавой (*P. crispa*) резко возрастает с увеличением глубины, а эрикарии косматой (*E. crinita*) и гонголярии бородатой (*G. barbata*) – существенно снижается, также уменьшается роль эпифитной синузии.

Таким образом, соотношение значений биомассы ключевых видов макрофитов и литофитных водорослей, входящих в состав макрофитобентоса подводных ландшафтов, зависит, помимо изменения градиента освещенности с увеличением глубины, от особенностей литологии дна и гидродинамического режима исследуемой прибрежной зоны [20].

Значения ОБМ в ландшафтах глыбово-валунного бенча памятника природы и прилегающего побережья, не входящего в его состав, оказались в целом соизмеримыми. В то же время в ландшафтах подводного склона этот показатель был в 2–3 раза выше, а в ландшафтах слабонаклонной равнины – примерно вдвое выше по сравнению с неохраняемой акваторией [21].

В настоящее время в акватории памятника природы в составе донной растительности встречается восемь видов водорослей, занесенных в Красные книги РФ (2024)⁴⁾ и Севастополя (2018)⁵⁾, из них два вида: филлофора курчавая (*P. crista*) и стилофора нежная (*Stilophora tenella* (Esper) P.C. Silva) – в обе книги; шесть видов: кодиум червеобразный (*C. vermilata*), нерейя нитевидная (*N. filiformis*), диктиота спиральная (*Dictyota spiralis* Montagne), диктиота дихотомическая (*D. dichotoma* (Huds.) J. V. Lamour.), сперматохнус особенный (*Spermatocchnus paradoxus* (Roth) Kütz.), дермокоринус дихотомический (*Dermocorynus dichotomus* (J. Agardh) Gargiulo, M. Morabito et Manghisi) – только в Красную книгу Севастополя.

Характерно, что сравнительный анализ охраняемых видов макрофитов (занесенных в Красные книги РФ и Севастополя), входящих в состав гидрологических памятников природы Севастополя, показал: максимальное количество таких видов (восемь) зарегистрировано именно в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч», тогда как минимум (три вида) зафиксирован в акватории «ПАК у мыса Лукулл». В акватории «ПАК у Херсонеса Таврического» и «ПАК у мыса Фиолент» их обнаружено равное количество (по пять видов) [13].

Таким образом, памятник природы «ПАК у мыса Сарыч», организованный для сохранения видового и ландшафтного разнообразия, в современных условиях выполняет свою функцию. Об этом свидетельствуют видовой состав фитобентоса, значительное количество видов водорослей, охраняемых на региональном и государственном уровне, высокие значения ОБМ и существенная доля доминирующих в его составе видов макрофитов в подводных ландшафтах.

Показательно, что в альгофлоре памятника природы были выявлены виды макрофитов, которые косвенно указывают на загрязнение морской воды. Как известно, водоросли и морские травы активно реагируют на изменения качества среды прибрежной зоны, что позволяет рассматривать их сообщества в качестве индикаторов трофности среды [6, 12, 22, 23]. В работе А. А. Калугиной-Гутник³⁾ показано, что с увеличением степени эвтрофирования акватории растет общее число видов макрофитов и в целом отмечается тенденция к повышению количества красных (Rhodophyta) и зеленых (Chlorophyta) водорослей по сравнению с бурыми (Heterokontophyta)³⁾.

⁴⁾ Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / под ред. Д. В. Гельмана. Москва : ВНИИ «Экология», 2024. 944 с.

⁵⁾ Красная книга города Севастополя. Калининград ; Севастополь : Издательский Дом «РОСТ-ДООАФК», 2018. 432 с.

С использованием аннотированного списка видов макрофитов, полученного в ходе совместной с И. К. Евстигнеевой и И. Н. Танковской [14] гидробиотической съемки, был проведен сравнительный анализ флористического состава водорослей. Показано, что наибольшее количество видов макрофитов и массовое развитие зеленых водорослей зарегистрировано на ландшафтах галечниково-валунного бенча с отдельными глыбами и подводном склоне, сложенном грубообломочными отложениями в акватории трансекты II, где расположены пляж и очистные сооружения (табл. 2). В то же время в районе трансекты III, где подход к берегу затруднен и отсутствуют селитебная застройка и рекреационная нагрузка, отмечено наименьшее количество видов. При этом индекс Чейни, учитывающий соотношение зеленых, бурых и красных водорослей, также имеет минимальное значение, что косвенно подтверждает относительную чистоту морской воды в этой части акватории памятника природы [18] (табл. 2). Максимальный показатель индекса Чейни зарегистрирован в районе трансекты I, где, вероятно, на видовой состав макрофитобентоса оказывает негативное влияние строительство рекреационных объектов на прилегающей территории (табл. 2).

Макроводоросли, произрастающие в районе памятника природы «ПАК у мыса Сарыч», отличаются по сапробионтному составу, что опосредованно подтверждает различающуюся трофность морской воды в акватории трех трансект³⁾. Так, максимальная доля олигосапробных и минимальный вклад мезосапробных видов макрофитов отмечены в районе трансекты III, тогда как в акватории трансекты II зарегистрированы наибольшая доля полисапробов

Таблица 2. Флористический и сапробионтный состав макрофитов в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» в летний период 2021 г.

Table 2. The floral and saprobiont composition of macrophytes in the water area of the natural monument "CAC at Cape Sarych" in the summer of 2021

Трансекта / Profile	Общее количество видов / Total number of species	Из них / Of these,			Доля, % / Proportion, %		K_{Ch}	Доля по сапробионности, % / Proportion of species by saprobicity, %		
		Ch	H	Rh	A	P		Олиго- / Oligo-	Мезо- / Meso-	Поли- / Poly-
I	52	7	12	33	63	37	3.33	71	23	6
II	58	14	17	27	67	33	2.63	62	26	12
III	50	7	14	29	58	42	2.57	74	20	6
Всего / Total	77	19	19	39	65	35	3.05	61	30	9

Примечания: аннотированный список видов макрофитов памятника природы составлен И. К. Евстигнеевой и И. Н. Танковской [14].

Обозначения: K_{Ch} – индекс Чейни; Ch – Chlorophyta; H – Heterokontophyta; Rh – Rhodophyta; A – однолетники; P – многолетники.

Note: the annotated list of macrophyte species of the natural monument was compiled by I. K. Evstigneyeva and I. N. Tankovskaya [14].

Notations: K_{ch} – Cheney index; Ch – Chlorophyta; H – Heterokontophyta; Rh – Rhodophyta; A – annual macrophytes; P – perennial macrophytes.

и наименьшая – видов, обитающих на чистых побережьях моря (табл. 2). Показатели вклада водорослей по шкале сапробионтности в акватории трансекты I занимают промежуточное положение (табл. 2). Однако в районе этой трансекты отмечено обилие кораллины лечебной (*C. officinalis*), что предполагает умеренную степень загрязнения среды. Об этом свидетельствуют исследования, проведенные на Средиземном море, в которых было установлено, что в местах, близко расположенных к сбросу сточных вод, формируется растительный покров с преобладанием кораллиновых видов водорослей [4, 8]. В акваториях трансекты I и II встречается улотрикс перепутанный (*Ulothrix implexa* (Kütz.) Kütz.) – вид, указывающий на эвтрофикацию воды. В районе трансекты III данный вид не зафиксирован. Однако в ее акватории был обнаружен кодиум червеобразный (*C. vermilara*) – типичный представитель чистых вод.

Отметим, что в составе донной растительности в условиях антропогенной нагрузки происходит замещение многолетних видов водорослей на сезонные и однолетние [12, 24]. Сравнительный анализ видового состава макрофитобентоса показал, что максимальный вклад многолетних видов водорослей зарегистрирован в районе трансекты III, а минимальный – в акватории трансекты II (табл. 2).

Общеизвестно, что уменьшение биомассы макрофитобентоса происходит в результате негативного воздействия поступающих в воду загрязнений [12, 22, 24]. Так, в акватории трансекты II наблюдается снижение вклада в ОБМ ключевых многолетних видов – эрикарпии косматой (*E. crinita*), гонголярии бородастой (*G. barbata*), предпочитающих чистые районы открытых побережий. В то же время здесь увеличена доля однолетних и сезонно-летних зеленых водорослей, относящихся к роду ульва (*Ulva*) и кладофора (*Cladophora*), которые обитают в среде с повышенным содержанием органических соединений. Показательно, что в современных условиях в Черном и Балтийском морях на эвтрофированных участках доминируют виды рода *Ulva* [7, 12, 23–25]. Характерно, что не только у черноморского побережья, но и в Средиземном море, в районах с чрезмерной рекреационной нагрузкой и подтоком сточных вод, происходит замена водорослей видов-доминантов [4, 9, 22]. На этих участках акватории зафиксировано снижение биомассы многолетних видов рода цистозира (*Cystoseira*), при этом отмечено сокращение площади их обитания.

На современном этапе акватория, прилегающая к памятнику природы «ПАК у мыса Сарыч», подвергается негативному антропогенному воздействию, обусловленному наличием на побережье рекреационных объектов и коттеджного поселка.

Для оптимизации природоохранного режима важно соблюдать режим водоохранной зоны шириной 500 м, как указано в ст. 65 Водного кодекса РФ. В этой зоне действует особый порядок хозяйственной и другой деятельности. В будущем необходимо уточнить границы памятника природы и его буферной зоны, учитывая природные особенности и влияние антропогенной нагрузки на побережье. Важную роль в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия может сыграть создание южнобережного наземно-морского резервата, в состав которого будут входить природные заказники «Мыс Айя», «Скалы Ласпи», заповедное урочище «Скалы Ласпи» и памятник природы «ПАК у мыса Сарыч» [20].

Выводы

1. В результате подводных исследований в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» выделено семь ландшафтов с участием доминирующих видов макрофитов: *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*.

2. Ландшафты мелководной зоны (1–2) (глубина 0.5–1 м) отличаются наибольшей вариабельностью значений ОБМ – от (2036.5 ± 264.6) до (8167.6 ± 465.7) г·м⁻² сырой массы – и доли *E. crinita*, *G. barbata* (4–83 %). Вклад эпифитов не превышает 3–21 % ОБМ. Максимальные значения ОБМ – от (6972.8 ± 371.2) до $(10\,673.3 \pm 654.8)$ г·м⁻² сырой массы – и высокий вклад *E. crinita*, *G. barbata* (53–77 %) отмечены в ландшафтах подводного склона (3–4) на глубинах 1–5 м, где зарегистрирована и наибольшая доля эпифитных водорослей (23–34 %). В ландшафтах слабонаклонной равнины (5–6) на глубине 5–15 м ОБМ характеризуется относительно невысокими значениями, которые слабо варьируют – от (1312.7 ± 141.3) до (2463.0 ± 196.7) г·м⁻² сырой массы, при этом с увеличением глубины вклад *P. crispa* резко возрастает с 20 до 87 %, а вклад *E. crinita* и *G. barbata* падает с 66 до 2 %, доля эпифитной синузии составляет 8–23 %.

3. В подводных ландшафтах памятника природы отмечено существенное варьирование значений индекса видового разнообразия *H*, что свидетельствует о сложной структуре сообществ макрофитобентоса. Относительно низкие значения индекса Шеннона *H* (0.59–1.77) характерны для довольно однородной структуры сообществ макрофитов, где преобладают виды-доминанты. Видовая разнородность фитосообществ, которая обусловлена в основном значительным вкладом эпифитов, подтверждается высокими значениями индекса *H* (1.92–2.87).

4. В морской флоре памятника природы выявлено восемь видов водорослей (*Phyllophora crispa*, *Stilophora tenella*, *Codium vermilara*, *Nereia filiformis*, *Dictyota spiralis*, *D. dichotoma*, *Spermatochnus paradoxus*, *Dermocorynus dichotomus*), занесенных в Красные книги РФ и Севастополя, что подтверждает высокую природоохранную ценность изучаемой акватории.

5. В районе трансекты II, испытывающей наибольшую рекреационную нагрузку и влияние очистных сооружений, отмечены признаки эвтрофирования: максимальная доля видов зеленых водорослей (24 %), минимальный вклад многолетников (33 %), наибольшая доля полисапробных видов (12 %). В акватории трансекты III (с минимальной антропогенной нагрузкой) эти показатели соответствуют относительно чистой воде (олигосапробионты – 74 %, полисапробионты – 6 %, многолетники – 42 %, наименьший индекс Чейни (2.57).

Полученные результаты могут быть использованы для мониторинговых исследований донной растительности, редких и охраняемых видов макрофитов, а также для решения вопросов по оптимизации природоохранного режима памятника природы и ООПТ Севастополя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boudouresque C. F., Blanfune A., Changeux T., Pergent G. et al. Marine biodiversity in the Mediterranean in the era of global warming // La Mer. 2024. Vol. 61, iss. 3–4. P. 189–231. https://doi.org/10.32211/lamer.61.3-4_189
2. Duarte C. M., Gattuso J. P., Hancke K., Gundersen H. et al. Global estimates of the extent and production of macroalgal forests // Global Ecology and Biogeography. 2022. Vol. 31, iss. 7. P. 1422–1439. <https://doi.org/10.1111/geb.13515>

3. *Feehan C. J., Filbee-Dexter K., Thomsen S. M., Wernberg T. et al.* Ecosystem damage by increasing tropical cyclones // *Communications Earth & Environment*. 2024. Iss. 5. 674. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01853-2>
4. *Benedetti-Cecchi L., Pannacciulli F., Bulleri F., Moschella P. S. et al.* Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores // *Marine Ecology Progress Series*. 2001. Vol. 214. P. 137–150. <https://doi.org/10.3354/meps214137>
5. *Doncheva V. G., Hristova O. D., Dzhurova B. S., Slavova K. R.* Metal pollution assessment in sediments of the Bulgarian Black Sea coastal zone // *Ecologia Balkanica*. 2020. Vol. 12, iss. 1. P. 179–189.
6. *Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A.* Black Sea Monitoring Guidelines. Macrophytobenthos. Dnipro : Seredniak T. K., 2020. 81 p.
7. *Sava D., Doroftei E., Arcuş M.* Ecology and distribution of macrophytic red algae from the Romanian Black Sea coast // *Botanica Serbica*. 2011. Vol. 35, iss. 1. P. 37–42.
8. *Soltan D., Verlaque M. Boudouresque C. F., Francour P.* Changes in macroalgal communities in the vicinity of a mediterranean sewage outfall after the setting up of a treatment plant // *Marine Pollution Bulletin*. 2001. Vol. 42, iss. 1. P. 59–70. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00116-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00116-8)
9. *Thibaut T., Pinedo S., Torras X., Ballesteros E.* Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean) // *Marine Pollution Bulletin*. 2005. Vol. 50, iss. 12. P. 1472–1489. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.014>
10. *Krumhansl K. A., Okamoto D. K., Rassweiler A., Novak M. et al.* Global patterns of kelp forest change over the past half-century // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 2016. Vol. 113, iss. 48. P. 13785–13790. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606102113>
11. *Садогурский С. Е., Белич Т. В., Садогурская С. А.* Макрофиты прибрежно-морских акваторий природных заповедников Крымского полуострова (Черное и Азовское моря) // *Альгология*. 2019. Т. 29, № 3. С. 322–351. <https://doi.org/10.15407/alg29.03.322>
12. *Mironova N. V., Pankeeva T. V.* Spatiotemporal changes in the macrophytobenthos in the coastal zone of Karanskii Nature and Landscape Reserve (Sevastopol, Black Sea) // *Biology Bulletin*. 2021. Vol. 48, iss. 10. P. 1941–1949. EDN KEKAKA. <https://doi.org/10.1134/S1062359021100320>
13. *Панкеева Т. В., Миронова Н. В., Горбунов Р. В.* Пространственная организация ландшафтов прибрежной зоны г. Севастополя. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2025. 144 с.
14. *Евстигнеева И. К., Танковская И. Н.* Флористический состав и таксономическая структура макрофитобентоса гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Черное море) в современных условиях // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*. 2022. Т. 8, № 3. С. 32–56. EDN HFTRBG.
15. *Горячкин Ю. Н., Долотов В. В.* Морские берега Крыма. Севастополь : ООО «Колорит», 2019. 256 с. EDN ARVKTY.
16. *Щуров С. В., Ковригина Н. П., Ладыгина Л. В.* Сезонная изменчивость абиотических факторов среды и фитопланктона в районе мидийной фермы бухты Ласпи (2010–2011 гг.) // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2019. Т. 5, № 2. С. 184–201. EDN QQSIZK.
17. *Агаркова-Лях И. В.* Природные комплексы береговой зоны Южного берега Крыма // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2015. Т. 1, № 3. С. 42–58. EDN VSMBNJ.

18. *Калугина-Гутник А. А.* Изменение видового состава фитобентоса в бухте Ласпи за период 1964–1983 гг. // *Экология моря*. Киев : Наукова думка, 1989. Вып. 31. С. 7–11.
19. *Wilm J. L.* Use of biomass units in Shannon's formula // *Ecology*. 1968. Vol. 49, iss. 1. P. 153–156. <https://doi.org/10.2307/1933573>
20. *Панкеева Т. В., Миронова Н. В.* Ландшафтная структура береговой зоны памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» // *Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН*. 2022. Т. 7, № 1(21). С. 51–60. EDN YICMRI. <https://doi.org/10.21072/eco.2022.21.06>
21. *Панкеева Т. В., Миронова Н. В.* Пространственное распределение макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры дна в бухте Ласпи (Черное море) // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Наука о Земле*. 2019. Т. 29, № 1. С. 111–123. EDN BCFNET.
22. *Pinedo S., García M., Satta M. P., De Torres M. et al.* Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean // *Marine Pollution Bulletin*. 2007. Vol. 55, iss. 1–6. P. 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.08.044>
23. *Salo T., Salovius-Laurén S.* Green algae as bioindicators for long-term nutrient pollution along a coastal eutrophication gradient // *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 140. 109034. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109034>
24. *Кандаурова Д. А., Мильчакова Н. А.* Ярусная структура эрикариево-гонголяриевого фитоценоза в прибрежной зоне особо охраняемых природных территорий Севастополя // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. 2025. № 3. С. 54–66. EDN EZUNRP.
25. *Marin O. A., Filimon A.* Ulva species from the Romanian Black sea coast – between green blooms and nature's contribution to people // *Cercetări Marine – Recherches Marines*. 2024. Vol. 54, iss. 1. P. 90–103. <https://doi.org/10.55268/CM.2024.54.90>

Поступила 09.02.2026 г.; одобрена после рецензирования 17.03.2026 г.; принята к публикации 30.06.2026 г.; опубликована 30.09.2026 г.

Об авторах:

Миронова Наталия Всеволодовна, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **SPIN-код: 9889-3824, ORCID ID: 0000-0001-7110-7081, ResearcherID: AAC-9421-2022**, dr.nataliya.mironova@yandex.ru

Панкеева Татьяна Викторовна, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (Россия, 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, д. 2), доктор географических наук, **SPIN-код: 4920-0290, ORCID ID: 0000-0002-8933-6103, ResearcherID: FAA-2365-2022**, tatyanapankeeva@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Миронова Наталия Всеволодовна – обработка проб макрофитобентоса, анализ и описание результатов исследования, подготовка текста статьи, подбор, систематизация и анализ литературных источников

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.