

## Многолетняя динамика подводных ландшафтов прибрежной зоны мыс Коса Северная – мыс Толстый (Севастополь)

Т. В. Панкеева\*, Н. В. Миронова

*Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН,  
Севастополь, Россия*

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

### Аннотация

Впервые приведены сведения о многолетней динамике подводных ландшафтов прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый за период с 1964 по 2017 г. На основе проведенных ландшафтных и гидробиологических исследований составлены ландшафтные карты исследуемой акватории, показано распространение донных природных комплексов с ключевыми черноморскими фитоценозами. Установлено, что за более чем 50-летний период изменилось пространственное распределение подводных ландшафтов, а также качественные и количественные показатели их растительной компоненты, что, вероятно, связано как с влиянием природных факторов, так и с возросшей антропогенной деятельностью. Выявлено, что наименьшие изменения претерпели донные природные комплексы глыбово-валунного бенча и подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, с доминированием эрикарии косматой и гонголарии бородатой, характерные для глубин 0.5–5 м. Эти изменения коснулись лишь конфигурации их границ и глубины распространения. В донных природных комплексах отмечены изменения растительной компоненты: увеличились значения биомассы макрофитобентоса, выявлены высокая доля эдификаторов фитоценозов и значительный вклад эпифитов, появились макрофиты, предпочитающие районы с повышенным уровнем эвтрофирования морской среды. Наиболее существенная трансформация донных природных комплексов произошла на глубинах 5–15 м. Отмечены изменения глубины распространения донного комплекса слабонаклонной аккумулятивной равнины, сложенной псаммитовыми отложениями с примесью битой ракушки, где доминирует филлофора курчавая, и донного комплекса подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где преобладает гонголария бородатая, с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушкой донных осадков, где господствует филлофора курчавая. Растительная компонента этих комплексов характеризуется резким снижением вклада эдификаторов фитоценозов, заменой многолетних видов макрофитов на однолетние и вертикальным снижением глубин обитания глубоководных видов, которое, вероятно, связано с уменьшением освещенности.

**Ключевые слова:** прибрежная зона, донный природный комплекс, динамика ландшафтов, макрофитобентос, Черное море, Севастополь

© Панкеева Т. В., Миронова Н. 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

**Благодарности:** исследование выполнено в рамках государственного задания Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН (№ гос. регистрации 121030300149-0). Выражаем благодарность водолазам-дайверам Дмитрию Шапкину и Игорю Тамойкину за помощь в отборе проб макрофитобентоса, фото- и видеосъемках подводных ландшафтов.

**Для цитирования:** Панкеева Т. В., Миронова Н. В. Многолетняя динамика подводных ландшафтов прибрежной зоны мыс Коса Северная – мыс Толстый (Севастополь) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. № 2. С. 70–85. doi:10.22449/2413-5577-2022-2-70-85

## Long-term Dynamics of Underwater Landscapes of the Coastal Zone Cape Kosa Severnaya – Cape Tolsty (Sevastopol)

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

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

\* e-mail: [tatyanapankeeva@yandex.ua](mailto:tatyanapankeeva@yandex.ua)

### Abstract

Data on the long-term dynamics of underwater landscapes of the coastal zone at Cape Kosa Severnaya–Cape Tolsty are given for the first time for the period from 1964 to 2017. Landscape maps of the water area are made on the basis of landscape and hydrobotanical studies. The distribution of bottom natural complexes with key Black Sea phytocenoses is shown. It is found that the spatial distribution of underwater landscapes and the qualitative and quantitative indicators of their vegetation component have changed over a period of more than 50 years. It is probably due to both natural factors and increased anthropogenic activity. The bottom natural complexes of the boulder benches and upper shoreface formed by psephitic sediments with dominance of *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* typical of depths of 0.5–5 m have changed the least. These changes concerned only the configuration of their boundaries and the depth of their distribution. Changes were noted in the vegetation component: macrophytobenthos biomass values increased, a high proportion of phytocenosis edificators was identified, epiphytes made a significant contribution, and macrophytes appeared that prefer areas with higher levels of marine eutrophication. The most significant transformation of the bottom natural complexes occurred at a depth of 5–15 m. It was noted that the depth of distribution of the following bottom complexes had changed: 1) that of a gently dipping accumulation plain formed by psammitic deposits with admixed shell fragments and predominated by *Phyllophora crispa*, and 2) that of the upper shoreface formed by psephitic deposits predominated by *Gongolaria barbata* with alternation of pebble and gravel deposits and broken shells, where *Phyllophora crispa* predominates. The vegetation component is characterized by a sharp decrease in the contribution of phytocenosis edificators, substitution of perennial macrophyte species by annual ones, and a vertical decrease of the depth of habitat of deep-water species. This is probably due to a decrease in light exposure.

**Keywords:** coastal zone, bottom natural complex, dynamics, macrophytobenthos, Black Sea, Sevastopol

**Acknowledgments:** this work was carried out under state assignment of A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the Russian Academy of Sciences

(no. 121030300149-0). The authors are grateful to divers Dmitry Shapkin and Igor Tamoikin for their help in sampling macrophytobenthos and taking photos and videos of underwater landscapes.

**For citation:** Pankeeva, T.V. and Mironova, N.V., 2022. Long-term Dynamics of Underwater Landscapes of the Coastal Zone Cape Kosa Severnaya – Cape Tolsty (Sevastopol). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 70–85. doi:10.22449/2413-5577-2022-2-70-85

## Введение

Современное природопользование в прибрежной зоне моря приводит к формированию неблагоприятной экологической ситуации, снижению качества и количества природных ресурсов, сокращению биологического и ландшафтного разнообразия. Для решения вопросов рационального природопользования в прибрежье необходимо «определить, в каком направлении, с какой скоростью и как конкретно изменяются свойства ландшафта и в пространстве, и во времени» [1, с. 198]. По мнению В. Б. Сочавы с коллегами, динамика ландшафта может быть понята только при исследовании пространственных и временных аспектов «в их неразрывной связи»<sup>1)</sup>. В работах Г. А. Исаченко [2] рассмотрены основные положения концепции многолетней динамики ландшафтов. Вопросы по изучению динамики территориальных ландшафтов достаточно широко освещены в работах В. Н. Сукачева [3], Н. А. Солнцева [4], Н. Л. Беручашвили<sup>2)</sup>, А. А. Крауклиса<sup>3)</sup>, В. А. Бокова<sup>4)</sup>, А. Г. Исаченко [5], И. И. Мамай [6].

Однако научных работ, посвященных изучению динамики подводных ландшафтов, незначительное количество вследствие ограниченного опыта подобных исследований, отсутствия методологических основ<sup>5)</sup> и накопленного массива данных [7–9]. В связи с этим исследование пространственно-временных изменений подводных ландшафтов является актуальной задачей географической науки.

До сих пор вопрос об индикаторах динамики подводных ландшафтов остается дискуссионным. Известно, что для морских геосистем ведущую функциональную роль в формировании среды и обеспечении устойчивого развития биотической компоненты прибрежной экосистемы шельфа играют макрофиты, которые считаются ландшафтообразующим фактором и индикатором своеобразия морфологических комплексов горизонтального расчленения подводных ландшафтов<sup>5)</sup>. Будучи уязвимым компонентом прибрежной

---

<sup>1)</sup> Сочава В. Б., Крауклис А. А., Михеев В. С. Динамика ландшафта и представление об эпифафии // Современное состояние теории ландшафтоведения : тезисы докл. и сообщ. VII Всесоюз. совещ. по вопросам ландшафтоведения / [Ред. коллегия: Ю. М. Матарзин (гл. ред.) и др.]. Пермь, 1974. С. 9.

<sup>2)</sup> Беручашвили Н. Л. Сезонная динамика структуры и функционирования фаций // Ландшафтный сборник. Тбилиси, 1972. С. 100–115.

<sup>3)</sup> Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск : Наука, 1979. 232 с.

<sup>4)</sup> Боков В. А. Пространственно-временная организация геосистем. Симферополь : СГУ, 1983. 55 с.

<sup>5)</sup> Петров К. М. Подводные ландшафты: теория, методы исследования. Л. : Наука, 1989. 126 с.

зоны, макрофитобентос активно реагирует на изменения среды, что позволяет использовать его количественные и качественные показатели для изучения состояния подводных ландшафтов [10].

В качестве модельного полигона выбрана прибрежная зона м. Коса Северная – м. Толстый (г. Севастополь), которая отличается биологическим и ландшафтным разнообразием. В составе донной растительности изучаемой акватории встречаются виды макрофитов, занесенные в списки Красной книги Российской Федерации<sup>6)</sup> и Красной книги Севастополя<sup>7)</sup>, – *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon и *Stilophora tenella* (Esper) P.C. Silva.

В связи с этим цель статьи – выявление пространственно-временных изменений ландшафтной структуры прибрежной зоны между м. Коса Северная и м. Толстым на основе количественных и качественных характеристик макрофитобентоса за более чем 50-летний период (1964–2017 гг.).

### Материалы и методы исследования

Авторами собраны, проанализированы и обобщены материалы полевых ландшафтных и гидробиотических исследований (летний период 1997, 2006 и 2017 гг.), проведенных в прибрежной зоне м. Коса Северная – м. Толстый. Работы в акватории побережья выполняли с применением легководолазного снаряжения и маломерных судов. При изучении структуры ландшафтов дна применяли метод ландшафтного профилирования с детальным описанием ключевых участков (см. работу<sup>5)</sup> и [8]). В 2017 г. заложены три ландшафтных и один гидробиотический профили, а в 1997 и 2006 гг. были проведены гидробиотические съемки (рис. 1). Координаты трансект определяли при помощи портативного GPS-приемника (*Oregon 650*) (табл. 1).

Дайверы-исследователи проходили вдоль профиля, выполняя фото- и видеосъемку, визуально описывали донные отложения, пользуясь классификацией морских обломочных осадков по гранулометрическому составу [8]. Отбор проб макрофитобентоса проводили по стандартной методике<sup>8)</sup>. Идентифицировали водоросли по определителю<sup>9)</sup> с учетом последних номенклатурных изменений. Выделение фитоценозов осуществляли согласно доминантной классификации по А. А. Калугиной-Гутник<sup>8)</sup>. Всего собрано и обработано 64 количественные пробы. При анализе структуры фитоценозов использовали индекс видового разнообразия Шеннона (*H*). Для анализа многолетних изменений состава и структуры макрофитов (глубины 1–15 м) привлекали архивные материалы Института биологии южных морей за 1964 г. и опубликованные данные, известные для этого района и собранные по аналогичной методике [11].

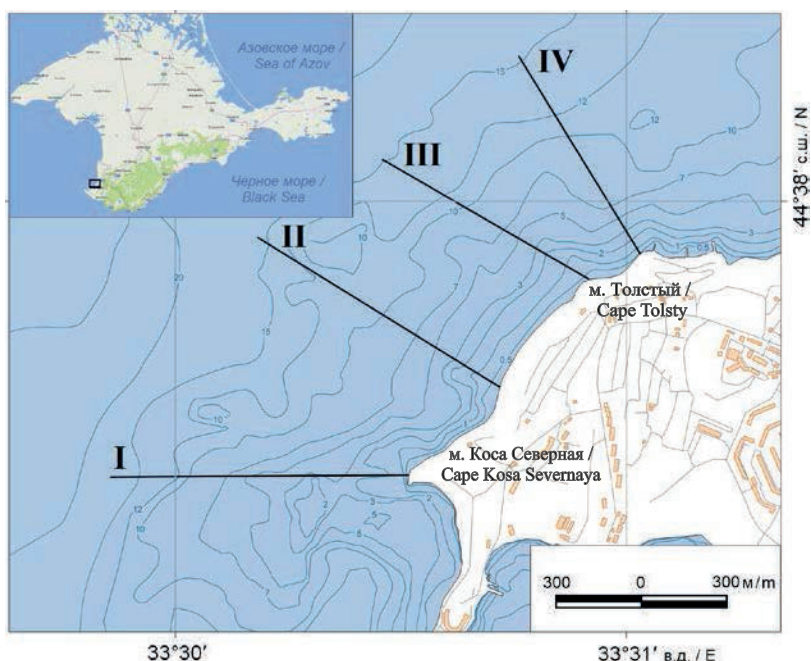
---

<sup>6)</sup> Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.

<sup>7)</sup> Красная книга города Севастополя. Калининград ; Севастополь : Издательский Дом «РОСТ-ДОАФК», 2018. 432 с.

<sup>8)</sup> Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. Киев : Наукова думка, 1975. 248 с.

<sup>9)</sup> Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Л. : Наука, 1967. 397 с.



Р и с. 1. Карта-схема расположения ландшафтных и гидробиотического профилей в прибрежной зоне м. Коса Северная – м. Толстый (2017 г.) (римскими цифрами обозначены профили)

Fig. 1. Schematic map of the location of landscape and hydrobotanical profiles in the coastal zone Cape Kosa Severnaya – Cape Tolsty (2017) (Roman numerals stand for profiles)

Таблица 1. Координаты и диапазон глубин гидробиотических профилей в прибрежной зоне м. Коса Северная – м. Толстый

Table 1. Coordinates and depth range of hydrobotanical profiles in the coastal zone Cape Kosa Severnaya – Cape Tolsty

Профиль / Profile	Координаты / Coordinates		Диапазон глубин, м / Depth range, m
	Северная широта / Northern latitude	Восточная долгота / Eastern longitude	
I	44°37.887'	33°30.653'	0.5–15
II	44°37.984'	33°30.811'	0.5–15
III	44°38.306'	33°31.254'	0.5–15
IV	44°38.305'	33°31.440'	0.5–15

Для создания ландшафтной карты использовали программный пакет QGIS 2.14.18 и электронную основу батиметрической карты. Сопряженный анализ карт геологического строения, топографической карты и сведений полевых съемок позволили провести экстраполяцию участков акватории со сходными параметрами для выделения границ донных природных комплексов (ДПК). ДПК представляют собой относительно однородные участки дна, характеризующиеся единством взаимосвязанных компонентов:

литогенной основы, придонной водной массы и населяющих их морских организмов [8]. Географическую привязку границ ландшафтных комплексов осуществляли с помощью программы *QGIS*. Ландшафтная карта является картографической основой, а ДПК – аквальными единицами для изучения многолетних изменений пространственного распространения состава и структуры макрофитобентоса.

Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ *MS Excel 2000 (Microsoft Corp.)* и *Statistica 6.0 (Statsoft Inc., OK, USA)*. В результате обработки полученных материалов были созданы ландшафтные карты за разные годы (рис. 2).

### Результаты и обсуждение

В ландшафтной структуре прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый выделены ДПК (в 1964 г. – 4; 1997 г. – 3; 2006 г. – 2; 2017 г. – 4) с участием доминирующих видов макрофитов эрикарии косматой (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = *Cystoseira crinita*), гонголарии бородатой (*Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = *Cystoseira barbata*) и филлофоры курчавой (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon)) (рис. 2).

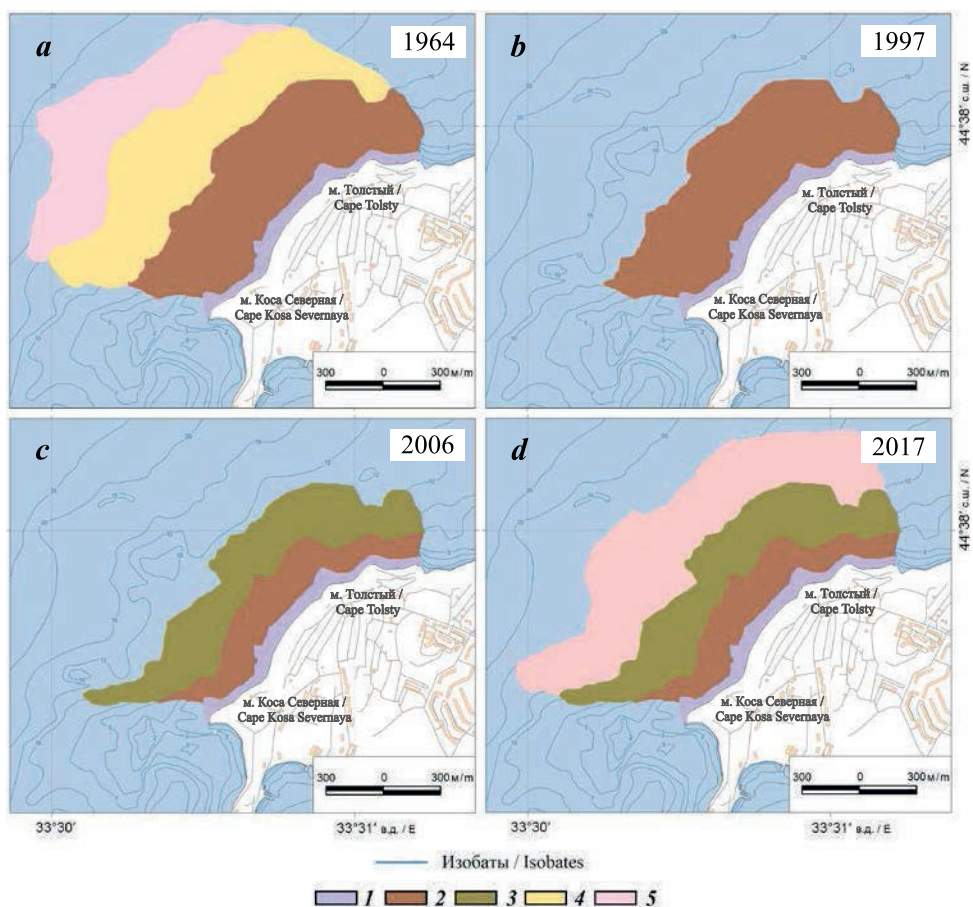
#### Ландшафтная структура прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый (1964 г.) (рис. 2, а):

1. Глыбово-валунный бенч с преобладанием эрикарии косматой был зарегистрирован на глубинах 0.5–1 м. В этом ДПК был описан фитоценоз *Ericaria crinita* – *Cladostephus spongiosus* – *Gelidium crinale*. Вклад эдификатора сообщества высокий (табл. 1). В составе альгоценоза отмечена *Ulva rigida* C. Ag., изредка встречалась *Padina pavonica* (L.) Thivy. Эпифитная синузия была представлена слабо (виды рода *Ceramium*) (табл. 2). Значения индекса Шеннона низкие, что свидетельствует об однородной структуре фитоценоза с преобладанием вида-доминанта (табл. 3).

2. Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголария бородатая, расположен на глубинах 1–5 м. В этом ДПК описан фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Gelidium crinale*. Значения биомассы в целом в слое 1–5 м и на меньших глубинах соизмеримы (табл. 2). Доля доминантов была максимальной за весь период наблюдений (табл. 2). В составе альгоценоза также отмечена *Ulva rigida*. Среди эпифитов встречалась *Vertebrata subulifera* (C. Ag.) Kuntz. Значение индекса видового разнообразия свидетельствует об олигодоминантной структуре фитоценоза (табл. 3).

3. Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминирует гонголария бородатая, с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушей донных осадков, где преобладает филлофора курчавая, расположен на глубинах 5–10 м. В этом ДПК описан фитоценоз (*Gongolaria barbata*)–*Phyllophora crispa* – *Gelidium spinosum*. Его биомасса и вклад *Gongolaria barbata* снижались почти вдвое, а доля *Phyllophora crispa* возрастала более чем втрое при увеличении глубины (табл. 2). Эпифитные виды водорослей практически отсутствовали (табл. 2). Значения индекса видового разнообразия были невысокие, что свидетельствует о малом вкладе сопутствующих и эпифитирующих видов макрофитов (табл. 3).





Р и с . 2 . Карта-схема ландшафтной структуры прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый:

1 – глыбово-валунный бенч с преобладанием эрикарии косматой; 2 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголария бородатая; 3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминирует гонголария бородатая, с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушкой донных осадков, где преобладает филлофора курчавая; 4 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где господствует вид рода диктиота; 5 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными с битой ракушкой отложениями, где доминирует филлофора курчавая

Fig. 2. Schematic map of the landscape structure of the coastal zone Cape Kosa Severnaya – Cape Tolstoy:

1 – boulder benches with dominance of *Ericaria crinita*; 2 – upper shoreface consisting of psephitic sediments predominated by *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata*; 3 – upper shoreface consisting of psephitic deposits predominated by *Gongolaria barbata* with mosaic alternation of pebble and gravel deposits and shell fragments predominated by *Phyllophora crispa*; 4 – upper shoreface consisting of psephitic sediments predominated by *Dictyota*; 5 – gently dipping accumulation plain formed by psammitic deposits with inclusion of shell fragments predominated by *Phyllophora crispa*

Таблица 2. Общая биомасса макрофитов, доля доминирующих видов и их эпифитов в ДПК прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый (рис. 2) в разные годы  
 Table 2. Total biomass of macrophytes, percentage of dominant species and their epiphytes in BNC of the coastal zone Cape Kosa Severnaya – Cape Tolsty (Fig. 2) in various years

Год / Year	ДПК / BNC	Глубина, м / Depth, m	Общая биомасса макрофитов, г·м <sup>-2</sup> / Total biomass of macrophytes, g·m <sup>-2</sup>	Доля, % / Proportion, %		
				<i>Ericaria crinita, Gongolaria barbata</i>	<i>Phyllophora crispa</i>	Epiphytic
1964	1	0.5–1	3040.0 ± 550.9	93	0	1
	2	1–5	3109.0 ± 273.9	94	0	2
	3	5–10	2451.0 ± 236.1 – 1615.0 ± 163.1	84–42	16–52	0
	5	10–15	826.0 ± 51.4	0	75	0
1997	1	0.5–1	3506.7 ± 572.9 – 1492.3 ± 451.5	89–32	0	1–3
	2	1–5	1444.0 ± 381.6	58	0	0
	3	5–10	1141.6 ± 319.3 – 571.1 ± 42.5	68–44	13–20	1
2006	1	0.5–1	3984.2 ± 771.1 – 2786.2 ± 136.1	86–67	0	12–29
	2	1–10	2247.0 ± 538.4 – 591.2 ± 151.9	48–38	0	51–57
2017	1	0.5–1	11457.8 ± 2031.5 – 12888.7 ± 4380.1	94–96	0	5–4
	2	1–10	5572.2 ± 825.2 – 3157.1 ± 501.9	78–65	0	16–33
	4	10–15	130.6 ± 41.2	5	0	15
	5	15–20	74.6 ± 18.6	0	96	3

Таблица 3. Значения индекса видового разнообразия Шеннона (H) в прибрежной зоне м. Коса Северная – м. Толстый в разные годы

Table 3. Changes in the values of the Shannon (H) index of species diversity at Cape Kosa Severnaya – Cape Tolsty in various years

Год / Year	Глубина, м / Depth, m					
	0.5	1	3	5	10	15
1964	–	0.46	0.45	0.68	0.98	0.99
1997	0.77	2.31	1.58	1.93	2.48	–
2006	0.87	2.03	2.43	1.90	1.84	–
2017	0.45	0.35	1.23	1.90	1.77	0.32



5. Слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными с битой ракушей отложениями, где доминирует филофора курчавая, зарегистрирована на глубинах 10–15 м. В этом ДПК описан фитоценоз *Phyllophora crispa*. Его биомасса и доля господствующего вида были относительно высокими (табл. 2). Эпифиты отсутствовали (табл. 1). В составе альгоценоза отмечены *Cladostephus spongiosus* (Huds.) C. Ag., *Gracilaria dura* (C. Ag.) J. Ag. и *Dictyota* sp. Значения индекса *H* свидетельствуют о невысоком видовом разнообразии фитоценоза (табл. 3).

Ландшафтная структура прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый (1997 г.) (рис. 2, b):

1. Глыбово-валунный бенч с доминированием эрикарии косматой был зарегистрирован на глубинах 0.5–1 м. В этом ДПК в 1997 г., как и в 1964 г., описан фитоценоз *Ericaria crinita* – *Cladostephus spongiosus* – *Gelidium crinale*. Его биомасса и доля *Ericaria crinita* снижались более чем вдвое с увеличением глубины, при этом на глубине 0.5 м их значения были относительно сравнимы со значениями в 1964 г., а на глубине 1 м – в два и три раза соответственно ниже, чем в 1964 г. (табл. 2). В структуре альгоценоза на глубине 1 м обильно встречался *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon (35 % общей биомассы макрофитов), в этом диапазоне глубин были также отмечены *Gelidium spinosum* (S. G. Gmel.) P. C. Silva, *Ellisolandia elongata* (J. Ellis & Sol.) K. R. Hind & G.W. Saunders и *Ulva rigida*. Роль эпифитной синузии невелика (табл. 1). Значения индекса видового разнообразия свидетельствуют о полидоминантной структуре альгоценоза (табл. 3).

2. Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголария бородатая, в 2006 г. был расположен на глубинах 1–5 м, как и в 1964 г. В этом ДПК описан фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Gelidium crinale*. Его биомасса была в два раза ниже, чем в 1964 г. Доля эдификаторов – невысокая, почти вдвое ниже, чем в 1964 г. (табл. 2). В составе сообщества отмечен значительный вклад *Gelidium crinale* (33 % общей биомассы макрофитов), были обнаружены также *Ulva rigida*, *Ellisolandia elongata*, единично встречалась *Phyllophora crispa*. Эпифитные водоросли практически отсутствовали (табл. 2). Относительно высокие значения индекса видового разнообразия свидетельствуют о полидоминантной структуре фитоценоза (табл. 3).

3. Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминирует гонголария бородатая, с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушей донных осадков, где преобладает филофора курчавая, в 1997 г. зарегистрирован на глубинах 5–10 м, как и в 1964 г. В этом ДПК описан тот же фитоценоз (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa* – *Gelidium spinosum*. Его биомасса снижалась в два раза с увеличением глубины, при этом была в 2–3 раза ниже, чем в 1964 г. Вклад *Gongolaria barbata* уменьшался почти вдвое, а вклад *Phyllophora crispa* во столько же раз возрастал с увеличением глубины (табл. 2). В составе сообщества были обнаружены *Ericaria crinita*, *Cladostephus spongiosus*, *Ulva rigida*. Эпифитная синузия развита слабо (табл. 2). Значения индекса *H* свидетельствуют о сложной структуре фитоценоза, где отмечен высокий вклад сопутствующих видов водорослей (табл. 3).

Ландшафтная структура прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый (2006 г.) (рис. 2, с):

1. Глыбово-валунный бенч с преобладанием эрикарии косматой был зарегистрирован на глубинах 0.5–1 м. В 2006 г. в ДПК описан фитоценоз *Ericaria crinita* – *Cladostephus spongiosus* – *Gelidium crinale*. Его биомасса в изучаемом диапазоне глубин незначительно снижалась с увеличением глубины (табл. 2). Вклад эдификатора сообщества в целом достигал значительных величин (табл. 2). В структуре альгоценоза изредка встречались *Cladophoropsis membranacea* (Hofm. Bang ex C. Ag.), *Ulva rigida*, *Gelidium spinosum*. В составе сообщества был отмечен существенный вклад эпифитных водорослей в общую биомассу макрофитов (более чем на порядок выше, чем на этих же глубинах в 1964 и 1997 гг.). В эпифитной синузии преобладали *Vertebrata subulifera*, *Laurencia coronopus* J.Ag. и виды рода *Cladophora*. Значения индекса Шеннона свидетельствуют о высоком видовом разнообразии фитоценоза (табл. 3).

2. Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголария бородатая, расположен, в отличие от 1964 и 1997 гг., на глубинах 1–10 м. В этом ДПК описан тот же фитоценоз (*Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Gelidium crinale*). В 2006 г. его биомасса снижалась почти вчетверо с увеличением глубины и была на верхней границе сообщества примерно в полтора раза ниже, чем в 1964 г., и во столько же выше, чем в 1997 г. (табл. 2). Вклад доминантов альгоценоза был минимальный за весь период наблюдений. В составе фитоценоза в диапазоне глубин 1–5 м изредка встречались виды рода *Ulva*, тогда как на глубинах 5–10 м регистрировали *Carradoriella elongata* (Huds.) Savoie & G.W. Saunders. и единично *Phyllophora crispa*. Вклад эпифитной синузии достигал максимальных значений и составлял около половины общей биомассы макрофитов (табл. 1). Среди эпифитов на всех глубинах господствовала *Vertebrata subulifera*, на глубинах 3–5 м отмечены *Laurencia coronopus*, *Chondria capillaris* (Huds.) M. J. Wynne и виды рода *Cladophora*. Значения индекса *H* свидетельствуют о сложной структуре фитоценоза, где отмечен высокий вклад сопутствующих и эпифитирующих видов водорослей (табл. 3).

Ландшафтная структура прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый (2017 г.) (рис. 2, d):

1. Глыбово-валунный бенч с преобладанием эрикарии косматой расположен на глубинах 0.5–1 м. В настоящее время в этом ДПК описан фитоценоз *Ericaria crinita*. Его биомасса в изучаемом диапазоне глубин отличается высокими количественными показателями, величина которых незначительно возрастает при увеличении глубины (табл. 2). Вклад эдификатора сообщества также высокий (табл. 2). Среди зарослей *Ericaria crinita* единично встречаются *Cladostephus spongiosus*, *Gelidium crinale*. Эпифиты представлены слабо, их максимальный вклад приходится на *Vertebrata subulifera*. На этих глубинах в составе эпифитной синузии также отмечены *Laurencia coronopus*, *Myriactula rivulariae* (Suhr ex Aresch.) Feldmann, *Corynophlaea umbellata* (C. Ag.) Kütz. Значения индекса Шеннона низкие, что свидетельствует об однородной структуре фитоценоза с преобладанием вида-доминанта (табл. 3).

2. Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют эрикария косматая и гонголария бородастая, в 2017 г. зарегистрирован на глубинах 1–10 м, как и в 2006 г. В этом ДПК описан тот же фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Gelidium crinale*. Его биомасса снижается почти вдвое с увеличением глубины, при этом на верхней и нижней границах сообщества она была в 2.5–5 раз соответственно выше, чем в 2006 г. (табл. 2). Доля эдификаторов в этом интервале глубин характеризуется высокими значениями, которые примерно вдвое выше, чем в 2006 г. (табл. 2). В составе сообщества зарегистрированы представители рода *Ulva*. На этих глубинах отмечена существенная роль эпифитных водорослей (табл. 2). Среди них преобладает *Vertebrata subulifera*, встречаются *Stilophora tenella* (Esper) P.C. Silva и *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngb. Значения индекса Шеннона существенно выше по сравнению с показателями на меньших глубинах, что свидетельствует о более сложной структуре альгоценоза (табл. 3).

4. Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где господствует вид рода диктиота, расположен на глубинах 10–15 м. В этом ДПК описан фитоценоз *Dictyota* sp. Его биомасса низкая, при этом на долю эдификатора сообщества приходится 50 % общей биомассы макрофитов (табл. 2). На этих глубинах обильно встречается литофитная форма *Chondria capillaris*. В составе альгоценоза зарегистрированы также *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Osmundea pinnatifida* (Huds.) Stackh., *Cladostephus spongiosus*. Эпифитная синузия представлена в основном *Callithamnion corymbosum* (Smith) Lyngb. Сложная структура фитоценоза подтверждается значением индекса Шеннона (табл. 3).

5. Слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными с битой ракушкой отложениями, где преобладает филлофора курчавая, расположена на глубинах 15–20 м. В этом ДПК описан фитоценоз *Phyllophora crispa*. Его биомасса низкая, при этом на верхней границе сообщества она более чем на порядок ниже, чем в 1964 г. (табл. 2). Доминирует эдификатор альгоценоза. В составе сообщества встречается *Zanardinia typus* (Nardo) P. C. Silva. Среди эпифитов господствует *Ectocarpus siliculosus*. Значение индекса видового разнообразия свидетельствует об олигодоминантной структуре фитоценоза (табл. 3).

Таким образом, анализ полученного материала показал, что за более чем 50-летний период в прибрежной зоне м. Коса Северная – м. Толстый произошли изменения в пространственном распределении подводных ландшафтов, а также в качественных и количественных показателях их растительной компоненты.

Характерно, что ДПК глыбово-валунного бенча с преобладанием эрикарии косматой (*I*) отмечали на глубинах 0.5–1 м в течение всего исследуемого периода. Однако в 2017 г. на этих глубинах было зарегистрировано существенное увеличение общей биомассы макрофитов, в основном за счет *Ericaria crinita*, по сравнению с ее значениями в более ранние годы (рис. 2; табл. 2). Значения индекса Шеннона показывают, что за 53 года изменились состав и структура фитоценозов, они стали более однородными, а не полидоминантными. Доля эдификатора альгоценоза на протяжении периода

изучения в целом оставалась высокой и варьировала от 96 до 32 % общей биомассы макрофитов, при этом ее максимальное значение отмечено в 2017 г., а минимальное – в 1997 г. (табл. 2). В этом ДПК в 2006 г. в составе макрофитобентоса был зафиксирован наиболее значительный вклад эпифитов (12–29 %), тогда как в 1997 и 2017 гг. их доля не превышала 5 %, в 1964 г. – была около 1 % общей биомассы макрофитов (табл. 2).

ДПК подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют виды эрикарии косматой и гонголарии бородатой (2), также регистрировали в течение всего изучаемого периода. Однако глубина его распространения изменялась по годам. Так, если в 1964 и 1997 гг. ДПК был описан на глубинах 1–5 м, то в 2006 и 2017 гг. он регистрировался на глубинах 1–10 м (рис. 2; табл. 2). Этот ДПК характеризуется более сложной структурой альгоценоза. В состав его эдификаторов, помимо *Ericaria crinita*, входит *Gongolaria barbata*, которая предпочитает для произрастания участки, защищенные от волн на большей глубине<sup>8)</sup>. Преимущественное господство *Ericaria crinita* на малых глубинах объясняется высокой прибойностью приурезовой зоны района м. Коса Северная – м. Толстый. На верхней границе ДПК доля видов-доминантов достаточно высокая и варьирует от 48 (2006 г.) до 94 % (1964 г.), тогда как на нижней – уменьшается до 38 (2006 г.) – 65 % (2017 г.) общей биомассы макрофитов (табл. 2).

Показательно, что пространственное распределение ДПК 1 и 2, где преобладают эрикария косматая и гонголария бородатая, определяется устойчивостью литогенной основы дна, которая является субстратом для прикрепления макрофитов. Однако в составе и структуре макрофитобентоса этих ДПК произошли существенные перестройки, которые, по-видимому, являются откликом на изменения условий окружающей среды. Известно, что с конца прошлого столетия на многих участках крымского шельфа, где регистрируется повышение уровня эвтрофирования водных масс, наблюдается увеличение плотности зарослей *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в верхней сублиторальной зоне (глубины 0.5–3 м), что, вероятно, связано со снижением прозрачности воды [12]. Такие изменения на глубинах произрастания этих видов вызвали смещение их эколого-фитоценотического оптимума<sup>8)</sup>, который ранее был расположен на глубинах 3–5 м.

Обильное развитие эпифитных видов, произрастающих на талломах *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и обладающих высокой площадью поверхности слоевищ, возможно, является ответной реакцией на увеличение растворенной органики в прибрежной зоне моря. Самая значительная доля эпифитных синузид на глубинах 0.5–1 и 1–10 м (12–29 и 51–57 % общей биомассы макрофитов соответственно) была зарегистрирована в 2006 г., что, возможно, связано с продолжающимся увеличением загрязнения воды по сравнению с 1964 и 1997 гг. Косвенно о повышении уровня трофности среды в районе мысов Коса Северная и Толстого свидетельствует индекс видового разнообразия, который был минимальным в 1964 г. и варьировал от 0.46 до 0.99, затем возрос в 1997 (0.77–2.48) и 2006 г. (0.87–2.43), несколько снизился в 2017 г. (0.32–1.90). В 2017 г. в ДПК 1 и 2 общая биомасса макрофитобентоса, доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* возросли, тогда как вклад эпифитирующих водорослей уменьшился, что позволяет

сделать вывод об улучшении состояния морской среды (табл. 1). Подтверждением нашего предположения могут служить сведения об отнесении в настоящее время этой акватории к условно чистым. Так, в 2018 г. значение *E-TRIX* изменялось от 1.44 до 2.20 (по этому критерию вода соответствует низкому трофическому уровню), тогда как в 2007 г. этот показатель был около 4 [13].

В 1964 и 1997 гг. на глубинах 5–10 м был описан ДПК подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где преобладала гонголария бородастая, с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушей донных осадков, где господствовала филофора курчавая (3). В 2006 и 2017 гг. ДПК на этих глубинах не был отмечен. Этот фитоценоз является характерным для черноморского побережья Крыма. На существование «переходной полосы», где на одной глубине встречаются одновременно несколько фитоценозов, обращала внимание А. А. Калугина-Гутник<sup>8)</sup> еще в конце прошлого века. Эта промежуточная зона ранее простиралась на глубинах 15–20 м. В настоящее время она сместилась на глубины 7–10 м. По данным У. В. Симаковой [14] эти участки представляют экоклин – зону с постепенным изменением состава донной растительности вдоль градиента освещенности [8]. Однако существование «переходных» ДПК во многом зависит от интенсивности гидро- и литодинамических процессов, происходящих в прибрежной зоне. Для изучаемой акватории характерно активное перераспределение наносов, где направление и интенсивность вдольбереговых потоков зависит от ветро-волнового режима [15].

Более 50 лет назад на глубинах 10–15 м был зарегистрирован ДПК слабонаклонной равнины, сложенной гравийно-песчаными с битой ракушей отложениями, где доминировала филофора курчавая. На этих глубинах были отмечены сравнительно значительные скопления господствующего вида (табл. 2). Исходя из анализа архивного материала, собранного вдоль крымского побережья в 1960–1970-х гг.<sup>8)</sup>, можно предположить, что на глубинах более 15 м биомасса филофоры была бы значительно больше (в районе бухты Ласпи на глубинах 15–25 м она составляла около 5000 г·м<sup>-2</sup>). В 2017 г. на глубинах 15–20 м встречались единичные экземпляры *Phyllophora crispera*, а на глубинах 10–15 м обильно произрастала однолетняя *Dictyota* sp. и изредка были отмечены *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita* (табл. 1).

Для черноморского побережья Крыма в 1960–1970-х гг. на глубинах свыше 25 м были описаны фитоценозы с участием глубоководных видов *Zanardinia typus*, *Nereia filiformis* и *Carradoriella elongata*. В настоящее время (2017 г.) в районе м. Коса Северная – м. Толстый эти виды были обнаружены в ДПК 4 и 5 на глубинах 10–15 м. Характерно, что в 1964 г. на этих глубинах они не были зарегистрированы, что свидетельствует о вертикальном снижении глубин их обитания, которое, вероятно, связано с уменьшением освещенности.

Таким образом, ДПК слабонаклонной аккумулятивной равнины, сложенной псаммитовыми отложениями с примесью битой ракуши, где преобладает филофора курчавая, и ДПК подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминирует гонголария бородастая, с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушей донных осадков,



где господствует филофора курчавая, оказались более подверженными трансформации, что нашло отражение в изменении глубины их распространения, деградации растительной компоненты и резком снижении вклада видов-эдификаторов.

Показательно, что за период с 1964 по 2017 г. антропогенная нагрузка на береговую зону м. Коса Северная – м. Толстый резко возросла. В последнее десятилетие шла активная застройка этого побережья селитебными и рекреационными объектами. Интенсивное строительство привело к активизации гравитационных процессов в береговой зоне. Кроме этого, значительно увеличились объемы выпуска сточных вод в акваторию этого района.

Пространственно-временные изменения ДПК в ландшафтной структуре, вероятно, связаны с влиянием как природных факторов, так и возросшей хозяйственной деятельности. Таким образом, в современных условиях под влиянием природно-антропогенных флуктуаций образуются новые ДПК, содержащие в себе элементы предыдущих. По мнению Л. А. Беспаловой [16], изучавшей антропогенное воздействие на ландшафтную структуру Азовского моря, возврат ее к ранее существовавшему состоянию невозможен из-за необратимых изменений в компонентах ландшафта. В пользу выдвинутого предположения можно также привести известный в теории эволюции закон Долло, из которого следует, что уменьшение влияния действующих на систему антропогенных и природных факторов не означает, что она вернется в прежнее состояние <sup>10</sup>).

В целом вопрос о причинах перестройки ДПК, в том числе структурных изменениях растительной компоненты ландшафта прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый, остается дискуссионным. Многие из высказанных положений требуют дальнейшей проработки и проведения комплексных исследований [8].

### **Заключение**

Анализ полученных материалов показал, что за период исследований в прибрежной зоне м. Коса Северная – м. Толстый изменилось пространственное распределение подводных ландшафтов, а также качественные и количественные показатели их растительной компоненты, что, вероятно, связано с влиянием как природных факторов, так и возросшей антропогенной деятельности.

Наименьшие изменения претерпели ДПК глыбово-валунного бенча и подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, с доминированием эрикарии косматой и гонголарии бородатой, расположенные на глубинах 0.5–5 м. Эти изменения коснулись лишь конфигурации их границ и глубины распространения, что, вероятно, объясняется в первую очередь устойчивостью литогенной основы, являющейся субстратом для прочного прикрепления макрофитов. Растительная компонента этих ДПК отличается максимальными значениями биомассы макрофитов, высокой долей эдификаторов фитоценозов и значительным вкладом эпифитов.

---

<sup>10</sup> *Dollo L.* Les Lois de l'évolution // Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie. 1893. Vol. 7. P. 164–166. URL: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/159645#page/183/mode/1up> (date of access: 25.05.2022).



Наиболее существенная перестройка произошла в ДПК, расположенных на глубинах 5–15 м: ДПК слабонаклонной аккумулятивной равнины, сложенной псаммитовыми отложениями с примесью битой ракушки, где доминирует филлофора курчавая, и ДПК подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где преобладает гонголария бородатая, с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушкой донных осадков, где господствует филлофора курчавая. За исследуемый период (1964–2017 гг.) произошли изменения глубины их распространения, деградация растительной компоненты, резкое снижение вклада эдификаторов фитоценозов, замена многолетних видов макрофитов на однолетние и вертикальное снижение глубин обитания глубоководных видов, которое, вероятно, связано с уменьшением освещенности.

Исследование динамики подводных ландшафтов позволит дать прогноз их развития и поведения в тех или иных условиях, научно обосновать вид природопользования, предусмотреть меры охраны природы, определить величину максимально допустимых нагрузок на ДПК.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хромых В. С.* Некоторые теоретические вопросы изучения динамики ландшафтов // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 298. С. 198–207.
2. *Исаченко Г. А.* Опыт интерпретации изменений культурного ландшафта с позиций динамического ландшафтоведения // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 1. С. 20–34. doi:10.15356/0373-2444-2017-1-20-34
3. *Сукачев В. Н.* Идея развития в фитоценологии // Советская ботаника. 1942. № 1–3. С. 5–17.
4. *Солнцев Н. А.* Некоторые теоретические вопросы динамики ландшафта // Вестник Московского университета. Серия V. География. 1963. № 2. С. 50–55.
5. *Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М. : Высшая школа, 1991. 368 с.
6. *Мамай И. И.* Динамика ландшафтов : методика изучения. М. : МГУ, 1992. 167 с.
7. *Папунов Д. В.* Макрофитобентос как индикатор динамики подводных ландшафтов береговой зоны моря // Вопросы современной альгологии. 2012. № 2 (2). URL: <http://algology.ru/121> (дата обращения: 24.05.2022).
8. *Панкеева Т. В., Миронова Н. В.* Пространственно-временные изменения макрофитобентоса акватории бухты Ласпи (Крым, Черное море) // Океанология. 2019. Т. 59, № 1. С. 93–107. doi:10.31857/S0030-157459193-107
9. *Миронова Н. В., Панкеева Т. В.* Пространственно-временные изменения макрофитобентоса бухты Круглая (Черное море) // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 2. С. 125–139. doi:10.18470/1992-1098-2020-2-125-139
10. *Панкеева Т. В., Миронова Н. В.* Запасы макрофитов как показатель состояния подводных ландшафтов (Черное море) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2019. № 6. С. 102–112.
11. *Калугина-Гутник А. А., Куликова Н. М.* Донная растительность у западного побережья Крыма // Биология моря. Киев : Наукова думка, 1974. Вып. 32. С. 111–132.
12. *Мильчакова Н. А., Миронова Н. В., Рябогина В. Г.* Морские растительные ресурсы // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 117–139.

13. Комплексные исследования экологического состояния прибрежной акватории Севастополя (Западный Крым, Чёрное море) / В. И. Рябушко [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2020. № 1. С. 103–118. doi:10.22449/2413-5577-2020-1-103-118
14. Симакова У. В. Влияние рельефа дна на сообщества цистозирры Северокавказского побережья Черного моря // Океанология. 2009. Т. 49, № 5. С. 725–733.
15. Горячкин Ю. Н., Долотов В. В. Морские берега Крыма. Севастополь : Колорит, 2019. 256 с.
16. Беспалова Л. А. Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря. Ростов-на-Дону : Ростовский ун-т, 2006. 262 с.

Поступила 03.12.2021 г.; одобрена после рецензирования 17.02.2022 г.; принята к публикации 27.04.2022 г.; опубликована 25.06.2022 г.

*Об авторах:*

**Панкеева Татьяна Викторовна**, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, Севастополь, пр. Нахимова, 2), кандидат географических наук, **ORCID ID: 0000-0002-8933-6103**, **ResearcherID: AAC-8694-2022**, *tatyanapankeeva@yandex.ru*

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

*About the authors:*

**Tatyana V. Pankeeva**, Senior Research Associate, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimov Av., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Ph.D. (Geogr.), **ORCID ID: 0000-0002-8933-6103**, **ResearcherID: AAC-8694-2022**, *tatyanapankeeva@yandex.ru*

**Nataliya V. Mironova**, Senior Research Associate, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimov Av., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Ph.D. (Biol.), **ResearcherID: AAC-9421-2022**, **ORCID ID: 0000-0001-7110-7081**, *dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

*Заявленный вклад авторов:*

**Панкеева Татьяна Викторовна** – постановка проблемы, подбор, систематизация и анализ литературных источников, организация ландшафтных исследований, анализ и описание результатов исследования, подготовка текста статьи, картографических материалов и списка литературы

**Миронова Наталия Всеволодовна** – обработка проб макрофитобентоса (1998, 2006, 2017 гг.), анализ и описание результатов исследования, подготовка текста статьи

*Contribution of the authors:*

**Tatyana V. Pankeeva** – problem setting, literature systematization and analysis, landscape study arrangement, analysis and description of the study results, preparation of the article text, cartographic materials and list of references

**Nataliya V. Mironova** – macrophytobenthos sample processing (1998, 2006, 2017), analysis and description of the study results, preparation of the article text

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.  
All the authors have read and approved the final manuscript.*