



DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-241112>

EDN: <https://elibrary.ru/aadjlj>

УДК 502.75:581.526.323(262.5)

*Научная статья*

## **Пространственно-временные изменения макрофитобентоса у западного побережья г. Севастополя**

Н.В. Миронова\* , Т.В. Панкеева 

*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, 29900, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2*

\**dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

**Аннотация.** На основе многолетних исследований (1964, 2009 и 2020 гг.) в акватории западного побережья г. Севастополя было выделено три фитоценоза, в составе и структуре которых обнаружена существенная перестройка. Изменения отмечены в количественных показателях доминирующих видов макрофитов и в их пространственном распределении, что, вероятно, связано с комплексным воздействием природных факторов, так и возросшей хозяйственной деятельностью на побережье. Показано, что за более чем 50-летний период в составе изученных фитоценозов появились виды водорослей, обитающие в среде с повышенным уровнем эвтрофирования. В фитоценозе *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata*, зарегистрированном на глубине 0.5(1)–5 м, отмечено увеличение его биомассы (в 1.3–2.9 раза) в основном за счет появления сопутствующих и эпифитирующих видов водорослей, при этом доля доминирующих макрофитов существенно снизилась (с 91–100 до 36–95%), а вклад эпифитов возрос (с 0–7 до 4–17% общей биомассы макрофитов). В фитоценозе (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa*, зафиксированном на глубине 5–10(15) м, выявлено снижение его количественных показателей. Доля доминирующего вида 1-го яруса несколько снизилась с 54–88 до 21–80%, а 2-го яруса – незначительно повысилась (5–43 и 1–54% соответственно), при этом возрос вклад эпифитов (с 1–6 до 7–15% общей биомассы макрофитов). Фитоценоз *Phyllophora crispa*, впервые описанный в 2020 г. на глубине 10–15 м, характеризовался господством его эдификатора (82–90% общей биомассы макрофитов).

**Ключевые слова:** *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, фитоценоз, эпифит, прибрежная зона, Черное море

**Финансирование.** 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).

**ORCID:**

Н.В. Миронова, <https://orcid.org/0000-0001-7110-7081>

Т.В. Панкеева, <https://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

**Для цитирования:** Миронова, Н.В., Панкеева, Т.В., 2026. Пространственно-временные изменения макрофитобентоса у западного побережья г. Севастополя. *Трансформация экосистем* 9 (1), 110–124. <https://doi.org/10.23859/estr-241112>

Поступила в редакцию: 12.11.2024

Принята к печати: 15.02.2025

Опубликована онлайн: 27.02.2026

---

DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-241112>

EDN: <https://elibrary.ru/aadjlj>

UDC 502.75:581.526.323(262.5)

## Article

# Spatio-temporal changes in the macrophytobenthos of the western coast of Sevastopol

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

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Prospekt Nakhimova St. 2, Sevastol, 299011 Russia

\*[dr.nataliya.mironova@yandex.ru](mailto:dr.nataliya.mironova@yandex.ru)

---

**Abstract.** Based on long-term research (1964, 2009, and 2020), three phytocenoses are recognized in the coastal waters off the western coast of Sevastopol, showing significant changes in their composition and structure. The study has recorded significant shifts in the quantitative indicators of dominant macrophyte species and their spatial distribution, likely driven by the combined effects of natural processes and intense human activity along the coast. It is shown that over a period of more than 50 years, algal species adapted to high-nutrient, eutrophic conditions emerged within what had previously been more diverse phytocenoses. In the *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* phytocenosis, recorded at a depth of 0.5(1)–5 m, an increase in its biomass (1.3–2.9 times) was recorded, mainly due to the appearance of **associated** and epiphytic algal species, while the proportion of dominant macrophytes significantly decreased (from 91–100 to 36–95%), and the contribution of epiphytes increased (from 0–7 to 4–17% of the total macrophyte biomass). The (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa* phytocenosis, recorded at a depth of 5–10(15) m, experienced a significant decline in quantitative indicators. The proportion of the dominant species in the first tier decreased slightly from 54–88% to 21–80%, while that in the second tier increased slightly (5–43% and 1–54%, respectively), while the contribution of epiphytes increased (from 1–6% to 7–15% of the total macrophyte biomass). The *Phyllophora crispa* phytocenosis, first described in 2020 at a depth of 10–15 m, was dominated by its edifier (82–90% of the total macrophyte biomass).

**Keywords:** *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, phytocenosis, epiphyte, coastal waters, Black Sea

**Funding.** This work was carried out within the framework of the government task in the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the Russian Academy of Sciences (No. 124022400152-1).

**ORCID:**N.V. Mironova, <https://orcid.org/0000-0001-7110-7081>T.V. Pankeeva, <https://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

**To cite this article:** Mironova, N.V., Pankeeva, T.V., 2026. Spatio-temporal changes in the macrophytobenthos off the western coast of Sevastopol. *Ecosystem Transformation* 9 (1), 110–124. <https://doi.org/10.23859/estr-241112>

Received: 12.11.2024

Accepted: 15.02.2025

Published online: 27.02.2026

---

**Введение**

Известно, что донная растительность, являясь первичным продуцентом и основной трофической цепи, имеет большое значение для поддержания баланса прибрежных экосистем (de la Torre-Castro et al., 2014; Orth et al., 2006). Возросшая в последние десятилетия интенсификация освоения береговой зоны, в том числе и Черного моря, приводит к увеличению антропогенного пресса на морскую биоту и ее растительную компоненту. В настоящее время научные исследования показали, что многолетние фитоценозы макрофитобентоса оказались достаточно уязвимыми, что выражается прежде всего в изменении разнообразия макроводорослей, снижении их количественных показателей; кроме того, наблюдается замена многолетних видов-доминантов сопутствующими и короткоживущими видами эпифитов (Мильчакова и др., 2011; Fourqurean et al., 2001). В связи с этим актуальным направлением является мониторинг состояния донной растительности.

Макрофитобентос западного побережья г. Севастополя до последнего времени оставался слабо изученным. Впервые два зарослевых биоценоза – цистозиры и филлофоры в прибрежной зоне этого района были выделены Е.Б. Маккавеевой в 1964 г. (1964). Более детальному изучению структуры фитоценозов и определению биомассы массовых видов макрофитов посвящена статья А.А. Калугиной-Гутник и Н.М. Куликовой (1974). Спустя более чем полвека (2020 г.) в работах И.К. Евстигнеевой и И.Н. Танковской (2021, 2022, 2023) отмечено, что на этом участке побережья произошла трансформация фитоценозов с возрастанием видовой насыщенности зеленых и красных водорослей, характерных для районов с загрязнением водной среды, что свидетельствовало об ухудшении экологической обстановки в акватории.

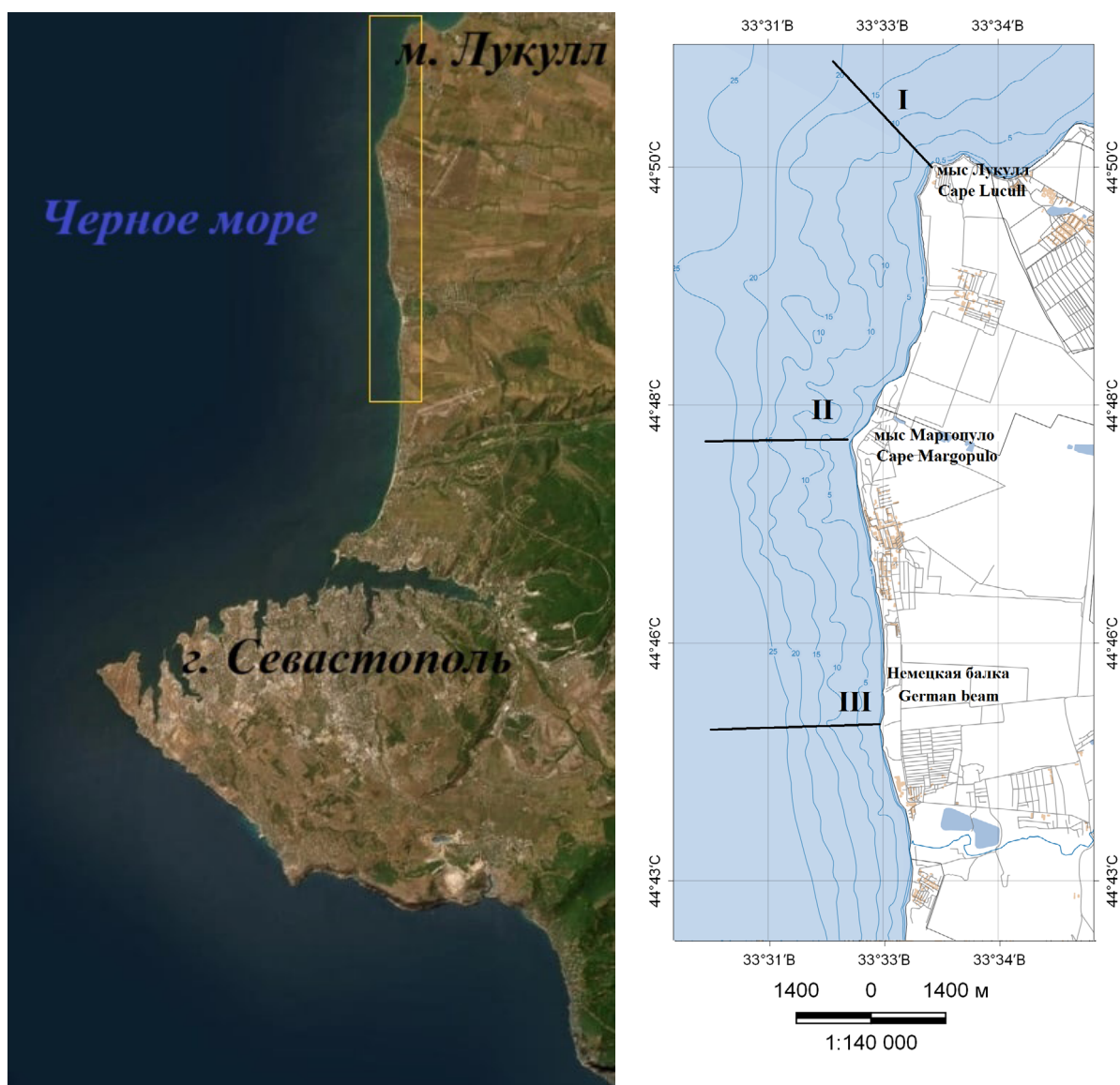
В связи с этим целью нашей работы было выполнение сравнительного анализа пространственно-временных изменений состава, структуры и количественных характеристик макрофитобентоса у западного побережья г. Севастополя за период с 1964 по 2020 гг.

**Материалы и методы**

Исследуемый участок побережья находится в западной части города федерального значения Севастополя и простирается от м. Тюбек до устья Немецкой балки (Рис. 1). Подводный склон отменный, сложенный в основном песчаными отложениями, для него характерны выходы коренных пород (Горячкин и Долотов, 2019). На большей части изучаемого побережья выражен гравийно-галечниково-глыбовый бенч. В акватории сосредоточено нагромождение плит и глыб конгломератов, которые образуют выступы дна и отдельные пятна (банки) от уреза воды до глубины 10 м (Панкеева и Миронова, 2021). Изменения литологического состава береговой зоны в значительной степени обусловлены вдольбереговым перемещением объемов прибрежно-морских наносов. Направление и интенсивность вдольбереговых потоков определяется характеристиками ветро-волнового режима на прилегающей акватории. Главными для движения наносов являются штормовые волнения, приходящие из сектора юг – северо-запад (Особо охраняемые..., 2020).

Гидробиологические исследования выполняли с применением легководолазного снаряжения и с использованием маломерных судов в летний период 2020 г. Для изучения состава макрофитобентоса было заложено три разреза, отбор проб производили по стандартной методике (Рис. 1, Табл. 1) (Калугина-Гутник, 1969). На глубинах 0.5, 1, 3, 5, 10 и 15 м закладывали по четыре учетные площадки размером 25×25 см. Таким образом, всего было отобрано 72 количественные пробы. Выделение фитоценозов осуществляли согласно доминантной классификации по А.А. Калуги-

ной-Гутник (1975). При анализе структуры фитоценозов использовали индекс видового разнообразия Шеннона (H). С целью уточнения границ фитоценозов в акватории западного побережья дополнительно проведены исследования на шести разрезах. В стандартных точках отбора проб (изобаты 0.5, 1, 3, 5, 10 и 15 м) аквалангист выполнял фото- и видеосъемку, отмечал доминирующие виды водорослей. Сопряженный анализ батиграфической и литологической карт, а также сведений подводной съемки позволил провести экстраполяцию участков дна со сходными параметрами. Эти данные стали основой для картографирования ареалов фитоценозов. Ярусы в сообществах выделены по аспектильным видам с учетом биомассы макрофитов. Идентификацию водорослей проводили по определителю А.Д. Зиновой (1967) с учетом последних номенклатурных изменений (AlgaeBase<sup>1</sup>).



**Рис. 1.** Картограмма расположения гидробиотических разрезов на западном побережье г. Севастополя. Римскими цифрами обозначены разрезы: I – м. Лукулл; II – м. Маргопуло; III – м. у Немцкой балки. Прямоугольником обозначены границы района исследования.

<sup>1</sup> AlgaeBase, World-wide electronic publication, National University of Ireland, Ireland. Электронный ресурс. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 15.12.2024).

Табл. 1. Характеристики разрезов западного побережья г. Севастополя в 2020 г.

Разрез	Координаты		Диапазон глубины, м	Ширина фитали, м
	Северная широта	Восточная долгота		
I	44°50.411'	33°33.274'	0.5–10	850
II	44°47.383'	33°32.115'	0.5–15	1450
III	44°45.225'	33°32.758'	0.5–15	950

Гидробиотические съемки за 1964 и 2009 г. были выполнены в летний период в тех же районах по аналогичной методике, что позволило провести сравнительный анализ многолетних изменений состава и структуры макрофитобентоса. Сведения за 1964 г. взяты из архивов Института биологии южных морей, за 2009 г. – получены одним из авторов, участвовавшим в сборе и обработке проб, использованы также опубликованные данные (Калугина-Гутник и Куликова, 1974).

## Результаты и обсуждение

На основе многолетних исследований в акватории западного побережья г. Севастополя были выделены три фитоценоза, в составе, структуре, количественных показателях и пространственном распределении которых произошли изменения за период с 1964 по 2020 г.

### Фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata*

Более полувека назад в 1964 г. этот фитоценоз был зарегистрирован на разрезах I и II на глубине 1–5 м (Рис. 2). Его биомасса при увеличении глубины незначительно возрастала, при этом доля господствующих видов была высокой (Табл. 2). В сообществе отмечался незначительный вклад эпифитной синузии, представленной *Vertebrata subulifera* (C. Ag.) Kuntz. (2–6%) и видами рода *Ceramium* (1–5% общей биомассы макрофитов). Характерно, что на разрезе III этот же фитоценоз был описан на глубине 3–10 м. Его биомасса при увеличении глубины от 3 до 5 м возрастала в 1.3 раза и достигала максимума, затем снижалась примерно вдвое. Доля господствующих видов также была высокой, зарегистрированы практически «чистые» заросли *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = (*Cystoseira crinita*) и *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = (*Cystoseira barbata*). Относительно низкие значения индекса видового разнообразия (H) свидетельствуют об однородной структуре фитоценоза с преобладанием видов-доминантов (Табл. 3).

Через 45 лет в 2009 г. на разрезах I и III фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* был описан в интервале глубин 0.5–5 м, тогда как на разрезе II его ареал расширился и стал занимать глубины 0.5–10 м (Рис. 2). Показательно, что на разных разрезах биомасса фитоценоза по-разному варьировала при увеличении глубины. Так, на разрезе I при увеличении глубины от 0.5 до 5 м количественные показатели снижались в 1.2 раза, а вклад доминирующих видов уменьшался почти вдвое (Табл. 2). Характерно, что на этом разрезе в изучаемом интервале глубин значения биомассы фитоценоза были соизмеримы, тогда как доля его эдификаторов была ниже, особенно на нижней границе сообщества, по сравнению с аналогичными показателями, зарегистрированными в 1964 г. В составе фитоценоза отмечены представители рода *Gelidium* (1–6%), *Cladostephus spongiosus* (Huds.) C. Ag. (1–7%) и *Ulva intestinalis* L. (1% общей биомассы макрофитов). В 2009 г. на разрезе I было зафиксировано резкое увеличение эпифитов в основном на нижней границе фитоценоза, где в составе эпифитной синузии господствовали *Vertebrata subulifera* (1–24%), *Ceramium virgatum* Roth (4–6%) и виды *Laurencia* (1–8% общей биомассы макрофитов).

На разрезе II в 2009 г. при увеличении глубины от 0.5 до 10 м общая биомасса макрофитов снизилась в 19 раз, тогда как вклад доминирующих видов варьировал в узком интервале (Табл. 2). За период с 1964 по 2009 г. зарегистрировано резкое уменьшение биомассы фитоценоза на его нижней границе, тогда как на верхней границе значения были соизмеримыми, при этом доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* существенно снизилась. В составе сообщества макроводорослей на глубине 0.5–3 м обильно встречались виды рода *Ulva*, их вклад при увеличении глубины уменьшался с 13 до 1%, на глубине 5–10 м отмечены *Cladostephus spongiosus* (5–22%)

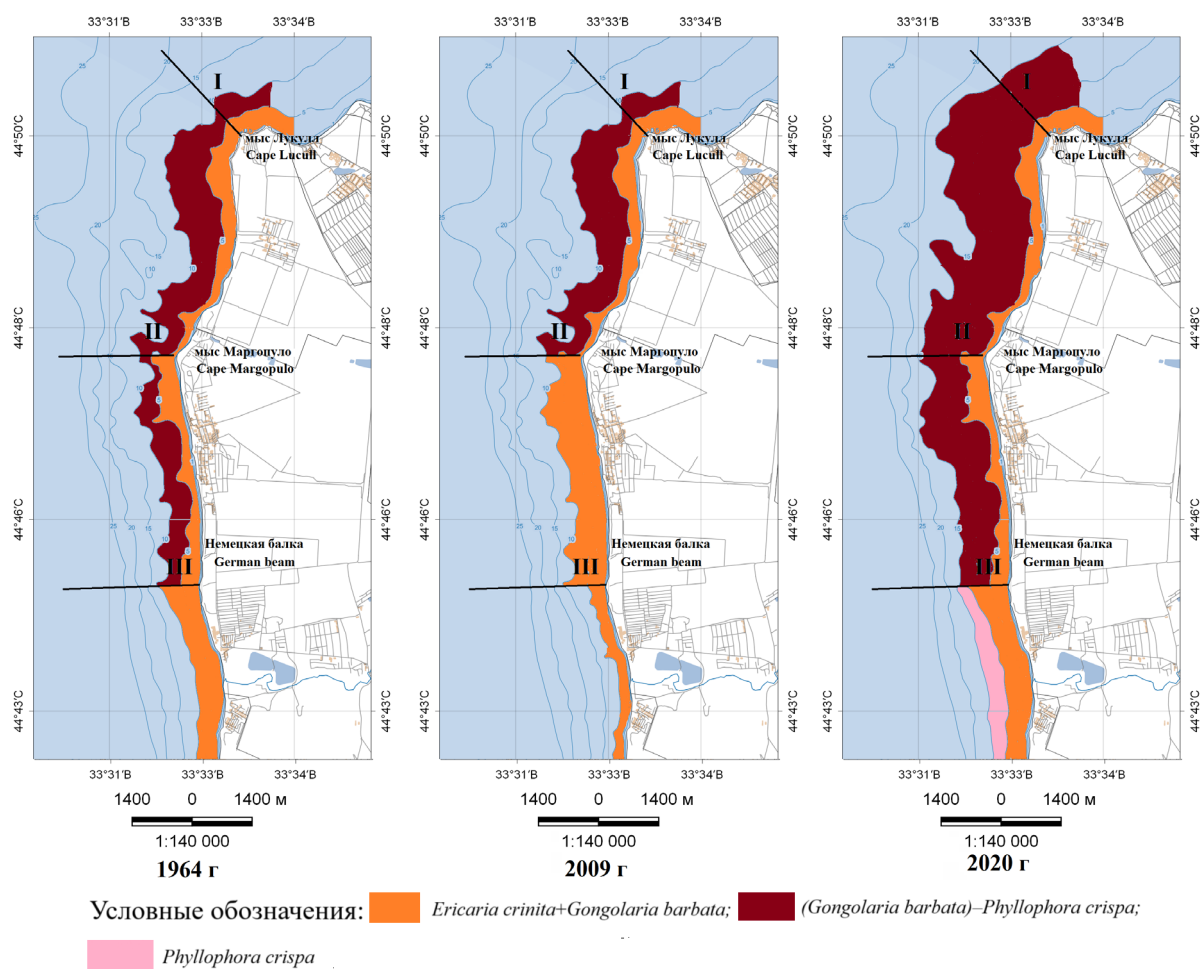


Рис. 2. Картограмма распространения фитоценозов *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata*, (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa* и *Phyllophora crispa* на западном побережье г. Севастополя по глубинам и годам.

и *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon (1–5% общей биомассы макрофитов). Доля эпифитных водорослей возросла более чем на порядок по сравнению с аналогичными значениями, зафиксированными в 1964 г. Среди представителей эпифитной синузии преобладал *Ceramium virgatum* (4–8%), также встречались *Vertebrata subulifera* (1–8%) и *Stilophora tenella* (Esper) P.C. Silva (1–2% общей биомассы макрофитов). В 2009 г. на этом разрезе на глубине 10 м проходила нижняя граница произрастания макрофитобентоса.

На разрезе III в 2009 г. на глубине 0.5–1 м биомасса фитоценоза *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* отличалась низкими значениями ( $623.2 \pm 92.6$ – $618.0 \pm 184.2$  г·м<sup>-2</sup>). Эти показатели при увеличении глубины от 1 до 3 м возрастали почти в 3 раза, затем вновь снижались более чем вдвое (Табл. 2). Сравнительный анализ значений показал, что биомасса фитоценоза на всех исследуемых глубинах стала существенно ниже, чем таковая в 1964 г. Доля доминирующих видов водорослей на глубине 0.5–1 м была высокой (97–85%), тогда как на глубине 3–5 м их вклад был более чем вдвое ниже (40–44% общей биомассы макрофитов). В составе макрофитобентоса встречались виды рода *Ulva* (1%), *Cladostephus spongiosus* (1–3%), *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon. (1–6% общей биомассы макрофитов). На глубине свыше 5 м была обильно представлена *Phyllophora crispa*. В 2009 г. отмечено существенное повышение вклада эпифитной синузии при увеличении глубины, при этом ее доля была на порядок выше, чем таковая в 1964 г. Среди эпифитов на малых глубинах преобладали представители рода *Cladophora* (1%), а на глубине 3–5 м – *Vertebrata subulifera* (10–29%), *Ceramium virgatum* (2–6%) и виды рода *Laurencia* (5–7% общей биомассы макрофитов). Величины значений индекса видового разнообразия Шеннона (H) свидетельствуют о полидоминантной структуре фитоценоза, существенном вкладе эпифитных видов водорослей (Табл. 3).

Табл. 2. Изменение параметров макрофитобентоса на разрезах западного побережья г. Севастополя при увеличении глубины по годам.

Фитоценоз	Глубина, м	Год	Общая биомасса макрофитов, г·м <sup>-2</sup>	Доля, %		Эпифиты
				<i>Ericaria crinita</i> , <i>Gongolaria barbata</i>	<i>Phyllophora</i> <i>crispa</i>	
<i>Ericaria crinita</i> + <i>Gongolaria barbata</i>	0.5(1)–5	1964	3953.7 ± 294.9–4290.0 ± 683.9	94–91	0–2	6–7
		2009	4589.6 ± 508.6–3902.5 ± 650.6	78–44	0	9–47
		2020	6013.6 ± 561.5–5495.8 ± 634.8–	76–82	0–1	16–17
	(10–15)	1964	2485.0 ± 399.9–2599.0 ± 254.0	88–72	5–24	6–4
		2009	3408.2 ± 544.2–920.2 ± 149.7	61–55	0–21	36–19
		2020	3997.4 ± 501.3–3591.0 ± 311.2	59–61	1–24	38–13
<i>Ericaria crinita</i> + <i>Gongolaria barbata</i>	0.5(1)–5(10)	1964	4030.0 ± 366.5–4717.0 ± 504.4	100–99	0	0–1
		2009	4263.4 ± 898.3–222.6 ± 86.1	78–65	0–5	20–12
		2020	5484.1 ± 747.3–8504.4 ± 457.2	82–95	0	5–4
	(10–15)	1964	5375.0 ± 467.4–4249.0 ± 167.5	86–54	8–43	6–1
		2020	3722.4 ± 294.6–1730.4 ± 201.1	80–21	6–54	7–15
		2009	623.2 ± 155.2–784.4 ± 133.6	97–44	0–22	1–30
<i>Phyllophora crispa</i>	10–15	1964	2820.0 ± 123.3–1915.0 ± 107.6	100–97	0–2	0–1
		2009	623.2 ± 155.2–784.4 ± 133.6	97–44	0–22	1–30
		2020	1049.3 ± 106.3–7170.7 ± 401.9	36–77	0–4	11–15
	5–10	1964	2951.0 ± 289.5–1965.7 ± 186.5	10–3	82–90	5–4
		2009	62.7 ± 5.4	32	14	24
		2020	62.7 ± 5.4	32	14	24

**Табл. 3.** Изменение индекса видового разнообразия Шеннона (H) на западном побережье г. Севастополя по глубинам и годам. Прочерк – отсутствие данных.

Разрез	Год	Глубина, м					
		0.5	1	3	5	10	15
I	1964	–	1.30	1.33	1.55	1.75	–
	2009	1.47	1.90	2.44	2.13	2.74	–
	2020	2.16	1.31	1.88	1.74	2.02	–
II	1964	–	0.33	0.63	1.34	1.72	–
	2009	1.85	1.74	1.43	2.52	1.98	–
	2020	1.38	1.16	1.18	2,00	1.63	1.83
III	1964	–	–	0	0.70	1.20	–
	2009	0.45	1.81	2.46	2.50	3.13	–
	2020	2.96	1.83	1.95	2.28	1.07	0.66

В 2020 г. на разрезах I и II фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* описан на глубине 0.5–5 м, тогда как на разрезе III это сообщество занимало глубины 0.5-10 м (Рис. 2). Его биомасса на первых двух разрезах с увеличением глубины от 0.5 до 1 м возрастала в 1.2 и 2 раза соответственно, а на разрезе III – в 8 раз (Табл. 2). При дальнейшем повышении глубины на всех разрезах эти величины снижались примерно в 1.4 раза. Сравнительный анализ показал, что на разрезах I–III как на верхней, так и на нижней границе изучаемого фитоценоза биомасса была выше в 1.3–1.7, 1.8–4.9 и в 1.8–3.1, 1.3–1.8 раза соответственно, чем эти показатели в 2009 и 1964 гг. Вклад доминирующих видов в 2020 г. на разрезах I и II был высоким и варьировал в пределах 76–95%, тогда как на разрезе III он был несколько ниже и изменялся от 36 до 84% общей биомассы макрофитов (Табл. 2). В 2009 г. доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* на всех разрезах с увеличением глубины колебалась от 78–97 до 44–65%, а в 1964 – от 94–100 до 91–99% общей биомассы макрофитов (Табл. 2). В составе макрофитобентоса на всех разрезах на глубине 0.5–1 м среди зарослей *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* обильно встречались зеленые виды водорослей и литофитные формы представителей рода *Ceramium*. Доля видов рода *Ulva* существенно варьировала на различных разрезах: на разрезе I вклад представителей этого рода составлял 2–6%, на разрезе II – 3–12%, а на разрезе III – 23 % общей биомассы макрофитов. В структуре фитоценоза на глубине 3–5 м зарегистрированы *Cladostephus spongiosus* (1–4%) и *Phyllophora crispa* (1–4% общей биомассы макрофитов). Доля эпифитных водорослей на разрезах изменялась в широком диапазоне (Табл. 2). На разрезе I на глубине 0.5–1 м среди эпифитов обнаружены *Polysiphonia opaca* (С. Ag.) Moris et De Notaris (1–4%), *Cladophora albida* (Nees) Kütz. (1–4%), *Vertebrata subulifera* (1–2%) и виды рода *Ceramium* (1–2% общей биомассы макрофитов), а на глубине 3–5 м преобладали виды рода *Laurencia* (2–3%) и *Sphacelaria cirrhosa* (Roth) С. Ag. (1–2%), при этом существенно возрастала роль *Vertebrata subulifera* (до 10% общей биомассы макрофитов). На разрезе II эпифиты были представлены слабо, их максимальный вклад приходился на *Cladophora albida* (1–4% общей биомассы макрофитов). На разрезе III доля эпифитной синузии довольно высокая, наибольшая величина этого показателя отмечена на глубине 1 м, а наименьшая – на глубине 0.5 и 3 м. В состав эпифитов на глубине 0.5 м входили виды родов *Cladophora* (7%) и *Polysiphonia* (2%), единично регистрировали *Callithamnion corymbosum* (Smith) Lyngb., тогда как на глубине 1 м обильно встречались виды рода *Ceramium* (24%), а глубже – *Laurencia obtusa* (Huds.) J. V. (2–4%), *Vertebrata subulifera* (2–3% общей биомассы макрофитов). На

всех разрезах доля эпифитной синузии была существенно выше, чем в 1964 г., но значительно ниже, чем в 2009 г. (Табл. 2). Значения индекса видового разнообразия в 2020 г. свидетельствуют о сложной полидоминантной структуре фитоценоза, где отмечен высокий вклад сопутствующих видов макрофитов и водорослей-эпифитов (Табл. 3).

Таким образом, за период с 1964 по 2020 гг. в акватории западного побережья г. Севастополя в составе, структуре и количественных показателях фитоценоза *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* произошли изменения. Изменилось и пространственное распространение сообщества. Так, если этот фитоценоз, зарегистрированный на разрезах I и II, за более чем полвека практически не изменил своих границ обитания, то это же сообщество на разрезе III, занимающее в 1964 г. глубины от 3 до 10 м, в последующие годы было описано на глубине 0.5–5 (10) м (Табл. 2). Появление макрофитобентоса на этом участке на глубине до 3-х м, вероятно, связано с особенностями вдольберегового наноса. В пользу нашего предположения может служить работа Т. В. Ефремовой и Ю. Н. Горячкина (2022), где указывалось, что наибольшее влияние на изменение литодинамики Западного Крыма оказывают гидротехническое строительство и уменьшение твердого стока рек (Бельбек, Кача, Альма) в результате зарегулирования их русел. Известно, что до вмешательства человека особенностью литодинамики от г. Евпатории до г. Севастополя был почти единый вдольбереговой поток наносов, тогда как в настоящее время из-за строительства поперечных пляже-удерживающих сооружений он оказался фактически разбит на ряд отдельных литодинамических ячеек, почти не обменивающихся наносами (Ефремова и Горячкин, 2022). В современных условиях в приурезовой зоне этого района из-за сокращения мощности песчаных отложений резко возросло содержание крупной гальки и валунов, что способствовало формированию субстрата для произрастания донной растительности, начиная с глубины 0.5 м.

Характерно, что на этом побережье в структуре типичного четырехъярусного фитоценоза (*Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*) отмечена редукция нижних ярусов. Это связано с тем, что нижние части слоевищ *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, а также макрофиты 2–4-го ярусов часто засыпаются песчаными донными осадками, характерными для исследуемой прибрежной зоны. Водоросли погибают при длительном нахождении под слоем песка, при этом фитоценоз приобретает простую олигодоминантную структуру. Подобные сообщества описаны для кавказского и крымского берегов (Калугина-Гутник, 1975).

Фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata*, занимающий глубины 0.5(1)–5(10) м и зарегистрированный на подводном склоне на глыбово-валунных отложениях, был отмечен на всех разрезах на протяжении всего периода изучения. В 1964 г. на глубине 0.5–3 м макрофиты, входящие в состав 2–3-го ярусов фитоценоза, не встречены, тогда как в 2009 и 2020 гг. в его составе были зафиксированы представители рода *Ulva*, что свидетельствует об увеличении уровня эвтрофирования водной среды. Показательно, что виды этого рода наиболее обильно зарегистрированы на разрезах II и III. На разрезе II с 2000-х гг. происходит выпуск с очистных сооружений воинских частей и северной стороны города, а на разрезе III проводится наиболее активная хозяйственная деятельность по освоению береговой зоны (планируется строительство коттеджного поселка) (Грузинов и др., 2019). В тоже время на сапробионтный состав донной растительности на разрезе I, вероятно, оказывает положительное влияние расположенный здесь гидрологический памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» (Евстигнеева и Танковская, 2023; Панкеева и др., 2021). Под пологом эдификаторов 1-го яруса на глубине свыше 3-х м отмечали *Cladostephus spongiosus* и низкорослые водоросли, образующие плотные дерновины (*Gelidium spinosum* (S.G. Gmel.) P.C. Silva, *G. crinale*, *Ellisolandia elongata* (J. Ellis & Solander) K.R. Hind & G.W. Saunders, *Cladophoropsis membranacea* (Hofm. Bang ex C. Ag.) Vørgesen). В 1964 г. эпифитные синузии на слоевищах *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* были представлены слабо, тогда как в 2009 и 2020 гг. доля эпифитов резко возросла (Табл. 2). Среди эпифитирующих водорослей доминировали *Vertebrata subulifera* и виды рода *Ceramium* (*Ceramium virgatum*, *C. ciliatum* (Ell.) Ducl., *C. diaphanum* (Lightf.) Roth), также встречались *Sphacelaria cirrhosa*, *Laurencia coronopus* J. Ag., *L. obtusa*, *Osmundea pinnatifida* (Huds.) Stackhouse, *Polysiphonia opaca*, *Antithamnion cruciatum* (C. Ag.) Nägeli, *Apoglossum ruscifolium* (Turner) J. Ag., *Chondria dasyphylla* (Woodw.) C. Ag., *Ch. capillaries* (Huds.) M.J. Wynne, *Stilophora tenella* и виды родов *Cladophora* и *Chaetomorpha*. В 2020 г. в акватории разреза III, где на побережье происходила интенсивная хозяйственная деятельность, эпифитная синузия была представлена наиболее обильно (Табл. 2). В ее составе помимо водорослей рода *Ulva* стал встречаться *Callithamnion corymbosum*, относящийся к видам, произрастающим в значительно загрязненных водах.

В 1964 г. биомасса фитоценоза *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* в изучаемом интервале глубин в целом была сравнима на всех трех разрезах, поскольку в середине 1960-х гг в приморской зоне западного побережья г. Севастополя антропогенная нагрузка практически отсутствовала. Акватория находилась в естественном или близком к нему состоянии, при этом фитоценозы отличались высокой степенью сохранности (Калугина-Гутник, 1975; Калугина-Гутник и Куликова, 1974).

Сравнительный анализ биомассы фитоценоза в 2009 г. показал, что на разрезе I различия были незначительные и в целом соизмеримы, тогда как на разрезах II и III отмечено резкое уменьшение биомассы на нижней границе сообщества по сравнению с аналогичными значениями в 1964 г. За 45-летний период на всех разрезах снизился вклад видов-доминантов и существенно возросла доля эпифитной синузии. Общеизвестно, что массовое развитие эпифитов, вызывающих угнетение доминирующих видов, характерно для районов, подверженных антропогенному воздействию, где существенно увеличились объемы хозяйственно-бытовых стоков (Калугина-Гутник, 1975; Мильчакова и др., 2011).

В 2020 г. вдоль всего западного побережья г. Севастополя на глубине 0.5–3 м значительно увеличилась биомасса макрофитобентоса (в 2–4 раза), в основном за счет появления сопутствующих и эпифитирующих водорослей, при этом доля доминирующих видов снизилась. Известно, что с конца прошлого столетия на многих участках крымского шельфа, где регистрируется повышение уровня эвтрофирования водных масс, в верхней сублиторальной зоне наблюдается увеличение плотности зарослей макрофитов, в том числе *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. Это, вероятно, связано со снижением прозрачности воды (Мильчакова и др., 2011). В последние десятилетия в акватории этого побережья значительно возросло количество загрязняющих веществ, поступающих с речными и хозяйственно-бытовыми стоками, что не могло не сказаться на растительной компоненте биоценозов (Грузинов и др., 2019; Овсяный и др., 2001). В настоящее время на западном побережье г. Севастополя в составе макрофитобентоса отмечено повсеместное доминирование олигосапробионтных видов, многочисленность мезосапробионтов и присутствие полисапробионтов, что позволяет охарактеризовать прибрежные воды этого района как мезотрофные (Евстигнеева и Танковская, 2023).

### **Фитоценоз (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa***

Этот фитоценоз в 1964 г. был описан только на разрезах I и II на глубине 5–10 м. Его биомасса в интервале этих глубин незначительно варьировала (Табл. 2). Вклад доминирующего вида 1-го яруса колебался от 17 до 46%, 2-го – от 5 до 43% общей биомассы макрофитов. В составе сообщества была отмечена высокая доля *Ericaria crinita* (25–69% общей биомассы макрофитов). Эпифитные водоросли были представлены слабо. Среди них встречалась лишь *Vertebrata subulifera* (1–6% общей биомассы макрофитов). Относительно высокие значения индекса Шеннона свидетельствуют о более сложной структуре фитоценоза, по сравнению с сообществом на меньших глубинах (Табл. 3).

В 2009 г. фитоценоз (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa*, который фиксировали в 1964 г., был зарегистрирован только на разрезе I на глубине 5–10 м (Табл. 2). Его биомасса с увеличением глубины снижалась почти в 4 раза, при этом она была в 1.4 раза выше на верхней границе и почти втрое меньше – на нижней, чем в 1964 г. Вклад эдификатора 1-го яруса составлял 32–57% общей биомассы макрофитов, что в целом было несколько выше, чем величины в 1964 г. Доля представителя 2-го яруса варьировала в пределах 1–21% общей биомассы макрофитов и была примерно вдвое ниже, чем показатели в 1964 г. В составе фитоценоза изредка встречался *Cladostephus spongiosus* (1–2%), при этом роль *Ericaria crinita* (4–23% общей биомассы макрофитов) снизилась по сравнению с показателями в 1964 г. За прошедший период значительно увеличилась доля эпифитных водорослей. Среди них преобладали *Vertebrata subulifera* (5–7%), *Ceramium virgatum* (1–5%) и *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngb. (1–5% общей биомассы макрофитов). Значения индекса видового разнообразия свидетельствуют о полидоминантной структуре фитоценоза, где отмечен высокий вклад сопутствующих и эпифитирующих видов водорослей (Табл. 3).

В 2009 г. на разрезах II и III на глубине 10 м донная растительность практически отсутствовала. Биомасса сильно деградированного разреженного сообщества макрофитов была очень низкой. Единично встречались *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Cladostephus spongiosus*, *Phyllophora crispa*, *Chondria dasyphylla*, *Ch. capillaris*, *Cladophoropsis membranacea*. В состав эпифитной синузии входили *Cladophora dalmatica* Kütz., *Vertebrata subulifera*, *Ceramium virgatum*, *Laurencia obtusa*.

В 2020 г. фитоценоз (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa* был описан только на разрезах I (глубина 5–10 м) и II (глубина 5–15 м). Его биомасса на разрезе I колебалась в нешироком диапазоне. Значения рассматриваемого показателя на верхней границе сообщества были примерно вдвое выше и соизмеримы с таковыми в 1964 и 2009 гг. (Табл. 2). Наиболее существенная разница в величинах биомассы фитоценоза отмечена на нижней границе обитания донной растительности, где эти показатели выше в 1.4 и 4 раза, чем таковые в 1964 и 2009 гг. соответственно.

На разрезе II в 2020 г. в диапазоне глубин 5–10 м общая биомасса макрофитобентоса изменялась незначительно, при увеличении глубины от 10 до 15 м – снижалась почти вдвое (Табл. 2). В сложении фитоценоза на обоих разрезах на долю эдификатора 1-го яруса (*Gongolaria barbata*) приходилось 21–57%, а 2-го (*Phyllophora crispa*) – 1–54% общей биомассы макрофитов. На разрезах I и II в составе сообщества отмечена *Ericaria crinita* (1–47% общей биомассы макрофитов). Однако, если в состав фитоценоза на разрезе I входил *Cladostephus spongiosus* (2–3%), то на разрезе II – *Nereia filiformis* (J. Ag.) Zanard. (1–8%) и *Zanardinia typus* (Nardo) P.C. Silva (2–6% общей биомассы макрофитов). Эпифиты на этих разрезах на глубине 5–10 м представлены в основном *Vertebrata subulifera* (5–30%) и *Laurencia obtusa* (1–4%), при этом на разрезе II на глубине 10–15 м господствовал *Spermothamnion strictum* (C. Ag.) Ardissonne (6–15% общей биомассы макрофитов). Значения индекса видового разнообразия свидетельствуют о полидоминантной структуре фитоценоза, высоком вкладе эпифитных видов водорослей (Табл. 3).

Фитоценоз (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa*, встречающийся на глубине 5–10(15) м и зафиксированный на подводном склоне на глыбово-валунных отложениях с мозаичным чередованием галечно-гравийных с битой ракушкой донных осадках, был описан на разрезе I на протяжении всего периода изучения, на разрезе II – в 1964 и 2020 гг. В составе 1-го яруса, помимо его эдификатора, встречалась *Ericaria crinita*. Второй ярус представлен *Phyllophora crispa*, видом, приуроченным в основном к песчаному ракушечнику с примесью гравия и гальки, но произрастающим и на грубообломочном субстрате. В 1964 г. в структуре фитоценоза регистрировали лишь *Cladostephus spongiosus*, в 2009 г. в него входили все вышеперечисленные виды, отмеченные в составе фитоценоза *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata*, тогда как в 2020 г. на глубине 10–15 м стали встречаться типичные глубоководные виды альгофлоры (*Nereia filiformis* и *Zanardinia typus*).

Известно, что на черноморском побережье Крыма в 1960–1970-х гг. *Zanardinia typus* и *Nereia filiformis* фиксировали на глубине свыше 25 м (Калугина-Гутник, 1975). В настоящее время в изучаемой акватории эти сциафильные (тенелюбивые) виды были обнаружены на меньшей глубине, что свидетельствует о вертикальном изменении глубин их обитания, по-видимому, связанном со снижением прозрачности воды из-за увеличения ее трофности.

В 1964 г. в структуре изучаемого фитоценоза доля эпифитов была незначительной, среди них отмечены представители родов *Laurencia* и *Polysiphonia*. В 2009 и 2020 гг. их вклад резко возрос. В состав эпифитных водорослей входили все вышеперечисленные виды, отмеченные на меньших глубинах. Показательно, что в фитоценозе стал встречаться сезонно-зимний вид *Ectocarpus siliculosus*, что, вероятно, связано с низкими температурами воды на глубине свыше 5 м из-за снижения ее прозрачности.

Биомасса фитоценоза (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa* в 1964 г. варьировала в пределах  $2485.0 \pm 399.9 - 5375.0 \pm 467.4$  г·м<sup>-2</sup>, в 2009 и 2020 гг., ее значения при увеличении глубины снижались в 4 и 2 раза соответственно (Табл. 2). Таким образом, наиболее значительные негативные изменения в количественных показателях фитоценоза были выявлены на его нижней границе. Наши исследования совпадают с результатами многолетнего изучения донной растительности у берегов Крыма, где в последние десятилетия, особенно в нижней сублиторальной зоне (глубина 5–15 м), отмечены существенные структурные перестройки фитоценозов, их трансформация и снижение продукционных характеристик (Мильчакова и др., 2011; Pankeeva and Mironova, 2019).

### **Фитоценоз *Phyllophora crispa***

Этот фитоценоз был зарегистрирован только в 2020 г. на разрезе III на глубине 10–15 м. Его биомасса снижалась в полтора раза при увеличении глубины (Табл. 2). На глубине 10–15 м выявлена высокая доля эдификатора сообщества, тогда как вклад *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* при повышении глубины уменьшался более чем втрое. В составе фитоценоза также встречались *Nereia filiformis* (2–3%) и *Zanardinia typus* (1% общей биомассы макрофитов). Эпифитная сингузия представлена в основном *Spermothamnion strictum* (4–5% общей биомассы макрофитов). Упро-

щение структуры фитоценоза при увеличении глубины отражается на значениях индекса видового разнообразия, показатели которого снижаются более чем в 3 раза (Табл. 3).

Фитоценоз *Phyllophora crispa* распространен на слабонаклонной равнине на гравийно-песчаных с битой ракушкой отложениях. В составе его сообщества, помимо эдификатора, на твердых включениях встречались *Nereia filiformis* и *Zanardinia typus*, также отмечены *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Cladostephus spongiosus*, *Gelidium crinale*. В эпифитной синузии господствовал *Spermothamnion strictum*, единично обнаружены *Vertebrata subulifera*, *Cladophora dalmatica*.

Согласно сведениям А. А. Калугиной-Гутник (1975), у берегов Крыма в 1960–1970-х гг. нижняя граница произрастания *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* была зафиксирована на глубине 18–20 м, а экологический оптимум *Phyllophora crispa* находился на глубине 18–25 м. В настоящее время скопления зарослей филлофоры были обнаружены на меньшей (10–15 м) глубине – вероятно, в связи со снижением прозрачности воды.

## Выводы

1. На основе проведенных многолетних исследований в акватории западного побережья г. Севастополя были выделены фитоценозы, в составе, структуре, количественных показателях и пространственном распределении которых произошли существенные изменения за период с 1964 по 2020 гг. Это, вероятно, связано с комплексным воздействием как природных факторов, так и возросшей антропогенной деятельности на побережье.

2. На изучаемом побережье на разрезах I–III (м. Лукулл – м. у Немецкой балки) было описано три фитоценоза: *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata*, (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa* и *Phyllophora crispa*, в составе которых за исследуемый период появились виды водорослей, обитающие в воде с повышенным уровнем эвтрофирования.

3. В фитоценозе *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata*, зарегистрированном на глубине 0.5(1)–5 м, за период с 1964 по 2020 гг. отмечено увеличение его биомассы (в 1.3–2.9 раза) в основном за счет появления сопутствующих и эпифитирующих видов водорослей, при этом доля доминирующих макрофитов существенно снизилась (с 91–100 до 36–95%), а вклад эпифитов возрос (с 0–7 до 4–17% общей биомассы макрофитов).

4. В фитоценозе (*Gongolaria barbata*) – *Phyllophora crispa*, зафиксированном на глубине 5–10(15) м, с 1964 по 2020 гг. отмечено снижение его количественных показателей. На всех разрезах в этом интервале глубин доля доминирующего вида 1-го яруса несколько снизилась с 54–88 до 21–80%, а 2-го яруса – незначительно повысилась (5–43 и 1–54% соответственно), при этом возрос вклад эпифитов (с 1–6 до 7–15% общей биомассы макрофитов).

5. Фитоценоз *Phyllophora crispa*, впервые описанный в 2020 г. на глубине 10–15 м, характеризовался высокими значениями биомассы, где преобладал доминирующий вид (82–90% общей биомассы макрофитов), при этом доля эпифитирующих водорослей была низкой и незначительно варьировала (4–5% общей биомассы макрофитов).

## Список литературы

- Горячкин, Ю.Н., Долотов, В.В., 2019. Морские берега Крыма. Колорит, Севастополь, Россия, 256 с.
- Грузинов, В.М., Дьяков, Н.Н., Мезенцева, И.В., Мальченко, Ю.А., Жохова, Н.В. и др., 2019. Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района. *Океанология* 59 (4), 579–590. <http://www.doi.org/10.31857/S0030-1574594579-590.20>
- Евстигнеева, И.К., Танковская, И.Н., 2021. Гидробиотические исследования охраняемой акватории Западного Крыма (Черное море). *Фиторазнообразие Восточной Европы* 15 (4), 16–33. <http://www.doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33>
- Евстигнеева, И.К., Танковская, И.Н., 2022. Бентосные водоросли памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» и их пространственное распределение. *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН* 2 (22), 35–52. <http://www.doi.org/10.21072/eeco.2022.22.03>

- Евстигнеева, И.К., Танковская, И.Н., 2023. Экологическая структура сообщества макроводорослей на западе Крыма. *Трансформация экосистем* 6 (1), 108–120. <https://www.doi.org/10.23859/estr-220529>
- Ефремова, Т.В., Горячкин, Ю.Н., 2022. Антропогенное воздействие на литодинамику черноморского побережья Крымского полуострова (обзор). *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря* 1, 6–30. <http://www.doi.org/10.22449/2413-5577-2022-1-6-30>
- Зинова, А.Д., 1967. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Наука, Москва-Ленинград, СССР, 397 с.
- Калугина-Гутник, А.А., 1969. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники. В: Мантейфель, Б.П. (ред.), *Морские подводные исследования*. Наука, Москва, СССР, 105–113.
- Калугина-Гутник, А.А., 1975. Фитобентос Черного моря. Наукова Думка, Киев, СССР, 248 с.
- Калугина-Гутник, А.А., Куликова, Н.М., 1974. Донная растительность у западного побережья Крыма. *Биология моря* 32, 111–132.
- Маккавеева, Е.Б., 1964. Макрофауна биоценоза зарослей Западного побережья Крыма. *Труды Севастопольской биологической станции* 15, 180–195.
- Мильчакова, Н.А., Миронова, Н.В., Рябогина В.Г., 2011. Морские растительные ресурсы. В: Еремеев, В.Н. и др. (ред.), *Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей*. Экопси-Гидрофизика, Севастополь, Украина, 117–139.
- Овсяный, Е.И., Романов, А.С., Миньковская, Р.Я., Красновид, И.И., Озюменко, Б.А. и др., 2001. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, комплексное исследование ресурсов шельфа* 2, 138–152.
- Особо охраняемые природные территории Севастополя, 2020. Голубева, Е.И. и др. (ред.). Ариал, Симферополь, Россия, 40 с.
- Панкеева, Т.В., Миронова, Н.В., 2021. Ландшафтная структура западного побережья города Севастополя. *Геополитика и экогеодинамика регионов* 7 (2), 276–291.
- Панкеева, Т.В., Миронова, Н.В., Пархоменко, А.В., 2021. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл». *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН* 2 (18), 36–48. <https://doi.org/10.21072/eco.2021.18.03>
- de la Torre-Castro, M, Di Carlo, G., Jiddawi, N.S., 2014. Seagrass importance for a small-scale fishery in the tropics: The need for seascape management. *Marine Pollution Bulletin* 83 (2), 398–407. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.034>
- Fourqurean, J.W., Willsie, A., Rose, C.D., Rutten, L.M., 2001. Spatial and temporal pattern in seagrass community composition and productivity in south Florida. *Marine Biology* 138 (2), 341–354. <https://doi.org/10.1007/s002270000448>
- Orth, R.J., Carruthers, T.J.B., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W. et al., 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *Biosci* 56 (12), 987–996. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[987:AGCFSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2)

Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., 2019. Spatiotemporal changes in the macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea). *Oceanology* **59**, 86–98. <http://www.doi.org/10.1134/S0001437019010168>

## References

de la Torre-Castro, M, Di Carlo, G., Jiddawi, N.S., 2014. Seagrass importance for a small-scale fishery in the tropics: The need for seascape management. *Marine Pollution Bulletin* **83** (2), 398–407. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.034>

Efremova, T.V., Goryachkin, Yu.N., 2022. Antropogennoe vozdeistvie na litodinamiku chernomorskogo poberezh'ya Krymskogo poluostrova (obzor) [Anthropogenic Impact on the lithodynamics of the Coastal Zone of the Southern and Western Black Sea Coast (Review)]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shelfovoi zon morya [Environmental Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea]* (1), 6–30. (In Russian). <http://www.doi.org/10.22449/2413-5577-2022-1-6-30>

Evstigneeva, I.K., Tankovskaya, I.N., 2021. Gidrobotanicheskie issledovaniya ohranyaemoi akvatorii Zapadnogo Kryma (Chernoe more) [Hydro-botanical studies of the protected water area of the Western Crimea (Black Sea)]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy [Phytodiversity of Eastern Europe]* **15** (4), 16–33. (In Russian). <http://www.doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33>

Evstigneeva, I.K., Tankovskaya, I.N., 2022. Bentosnye vodorosli pamyatnika prirody «Pribrezhnyi akval'nyi kompleks u mysa Lukull» i ih prostranstvennoe raspredelenie [Benthic algae of the natural monument «Costal aqutic complex near Cape Lucullus» and their spatial distribution]. *Trudy Karadagskoi nauchnoi stancii im. T.I. Vyazemskogo – prirodnoho zapovednika RAN [Proceedings of the Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky – Nature Reserve RAS]* **2** (22), 35–52. (In Russian). <http://www.doi.org/10.21072/eco.2022.22.03>

Evstigneeva, I.K., Tankovskaya, I.N., 2023. The ecological structure of the macroalgal community in western Crimea. *Ecosystem Transformation* **6** (1), 108–120. <https://www.doi.org/10.23859/estr-220529>

Fourqurean, J.W., Willsie, A., Rose, C.D., Rutten, L.M., 2001. Spatial and temporal pattern in seagrass community composition and productivity in south Florida. *Marine Biology* **138** (2), 341–354. <https://doi.org/10.1007/s002270000448>

Goryachkin, Yu.N., Dolotov, V.V., 2019. Berega Kryma [Sea coasts of Crimea]. Colorit, Sevastopol, Russia, 256 p. (In Russian).

Gruzinov, V.M., Dyakov, N.N., Mezentseva, I.V., Malchenko, Y.A., Zhokhova, N.V. et al., 2019. Istochniki zagryazneniya pribrezhnykh vod Sevastopol'skogo raiona [Sources of coastal water pollution near Sevastopol]. *Okeanologiya [Oceanology]* **59** (4), 579–590. (In Russian). <http://www.doi.org/10.31857/S0030-1574594579-590.20>

Kalugina-Gutnik, A.A., 1969. Issledovanie donnoi rastitel'nosti Chernogo morya s primeneniem legkovodolaznoi tekhniki [Investigation of the bottom vegetation of the Black Sea with the use of light diving equipment]. In: Manteifel, B.P. (ed), *Morskie podvodnye issledovaniya [Marine underwater research]*. Nauka, Moscow, USSR, 105–113. (In Russian).

Kalugina-Gutnik, A.A., 1975. Fitobentos Chernogo morya [Phytobenthos of the Black Sea]. Naukova Dumka, Kiev, USSR, 248 p. (In Russian).

Kalugina-Gutnik, A.A., Kulikova, N.M., 1974. Donnaya rastitel'nost' u zapadnogo poberezh'ya Kryma [Bottom vegetation off the western coast Crimea]. *Biologiya morya [Biology of the Sea]* **32**, 111–132. (In Russian).

- Makkaveeva, E.B., 1964. Makrofauna biocenoza zaroslei Zapadnogo poberezh'ya Kryma [Macrofauna of the brushwood biocenosis of the West Coast of Crimea]. *Trudy Sevastopolskoi biologicheskoi stancii [Proceedings of the Sevastopol Biological Station]* **15**, 180–195. (In Russian).
- Mil'chakova, N.A., Mironova, N.V., Ryabogina, V.G., 2011. Morskiye rastitel'nyye resursy [Marine plant resources]. In: Ereemeev, V.N. et al. (ed.), *Commercial bioresources of the Black and Azov Seas [Biological resources of the Black Sea and Sea of Azov]*. Ekosi-Gidrofizika, Sevastopol, Ukraine, 117–139. (In Russian).
- Orth, R.J., Carruthers, T.J.B., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W. et al., 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *Biosci* **56** (12), 987–996. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[987:AGCFSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2)
- Osobo ohranyaemye prirodnye territorii Sevastopolya [Especially protected natural area of Sevastopol], 2020. Golubeva, E.I., Pozachenyuk, E.A. (eds.). Arial, Simferopol, Russia, 40 p. (In Russian).
- Ovsyanyi, E.J., Romanov, A.S., Min'kovskaya, R.Ya., Krasnovid, I.I., Ozyumenko, B.A. et al., 2001. Osnovnye istochniki zagryazneniya morskoi sredy Sevastopol'skogo regiona [Basic polluting sources of sea near Sevastopol]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon morya [Environmental Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea]* **2**, 138–152. (In Russian).
- Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., 2019. Spatiotemporal changes in the macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea). *Oceanology* **59**, 86–98. <http://www.doi.org/10.1134/S0001437019010168>
- Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., 2021. Landshaftnaia struktura zapadnogo pribrezh'ia goroda Sevastopolya [Landscape structure of the western coast of Sevastopol city]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions]* **7** (2), 276–291. (In Russian).
- Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., Parkhomenko, A.V., 2021. Landshaftnye issledovaniya pamyatnika prirody «Pribrezhnyi akval'nyi kompleks u mysy Lukull» [Landscape researches natural monument «Costal Marine Protected Areas at Cape Lucull»]. *Trudy Karadagskoi nauchnoi stancii im. T.I. Vyazemskogo – prirodnogo zapovednika RAN [Proceedings of the Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky – Nature Reserve RAS]* **2** (18), 36–48. (In Russian). <http://www.doi.org/10.21072/eco.2021.18.03>
- Zinova, A.D., 1967. Opredelitel' zelenyh, buryh i krasnyh vodoroslei yuzhnyh morei SSSR [Key to green, brown and red algae of the southern seas of the USSR]. Nauka, Moscow – Leningrad, USSR, 397 p. (In Russian).