



DOI 10.23859/estr-230620

EDN FLEVKC

УДК 582.271/275:502.7(262.5)

*Научная статья*

## **Фитомасса и доминантный комплекс бентосных продуцентов гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Черное море)**

И.К. Евстигнеева\*<sup>id</sup>, И.Н. Танковская<sup>id</sup>

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, 299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2*

*\*ikevstigneeva@gmail.com*

**Аннотация.** Исследование фитобентоса акватории мыса Сарыч показало, что базовым продуцентом среди отделов является Heterokontophyta, среди видов – *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Vertebrata subulifera* и *Phyllophora crispa*. Фитомасса бентоса варьирует широко с минимумом на больших глубинах. Направленность изменений фитомассы ценоза и Heterokontophyta по глубинам идентична. Локация максимума фитомассы (0.5 м – у Chlorophyta, 5 м – у остальных) наглядно подтверждает зависимость от светового режима на горизонтах и состава фотопигментов у видов разных отделов. Для внутригодовых изменений фитомассы характерен ее весенний максимум у Chlorophyta и Heterokontophyta, летний – у Rhodophyta и всего фитоценоза, а также высокая степень проявления. Многолетние наблюдения в реперной точке показывают, что за 20 лет фитомасса бентоса увеличилась втрое за счет Heterokontophyta. Продукционная неоднородность ценоза, оцененная по индексам Шеннона и Пиелу, во времени ниже, чем в пространстве. Среди индикаторов галобности и сапробности среды по фитомассе и видовому разнообразию лидируют морские и олигосапробные виды, на участке с антропогенным прессом массово развиваются солоноватоводные, поли- и мезосапробные.

**Ключевые слова:** макрофитобентос, биомасса, встречаемость, пространственно-временная изменчивость, индикаторные группы, Крым

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН (проект № 124022400152-1).

**ORCID:**

И.К. Евстигнеева, <https://orcid.org/0000-0001-7473-251X>

И.Н. Танковская, <https://orcid.org/0000-0002-4907-0179>

**Для цитирования:** Евстигнеева, И.К., Танковская, И.Н., 2025. Фитомасса и доминантный комплекс бентосных продуцентов гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Черное море). *Трансформация экосистем* 8 (1), 185–200. <https://doi.org/10.23859/estr-230620>

Поступила в редакцию: 20.06.2023

Принята к печати: 28.07.2023

Опубликована онлайн: 07.03.2025

---

DOI 10.23859/estr-230620

EDN FLEVKC

UDC 582.271/275:502.7(262.5)

### Article

# The phytomass and dominant complex of benthic producers in the hydrological natural monument "Coastal aquatic complex at Cape Sarych" (the Black Sea)

I.K. Evstigneeva\* , I.N. Tankovskaya 

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

\*[ikevstigneeva@gmail.com](mailto:ikevstigneeva@gmail.com)

---

**Abstract.** Phytobenthos studies in the waters of Cape Sarych suggest that Heterokontophyta is the basic producer among the divisions and *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Vertebrata subulifera*, *Phyllophora crispa* among the species. Indicators of benthic phytomass vary widely, being the least at great depths. By-depth changes of the cenosis phytomass and Heterokontophyta demonstrate similarity. Location of the phytomass maximum (0.5 m for Chlorophyta and 5 m for the rest) clearly indicates its dependence on light regime at the horizons and photopigment composition in species of different divisions. In terms of intra-annual dynamics, phytomass peak is noted in spring for Chlorophyta and Heterokontophyta, while for Rhodophyta and the entire phytocenosis in summer. It is characterized by strong manifestation. Long-term observations at the reference site show a threefold increase (over 20 years) in the benthic phytomass due to the Heterokontophyta development. Productional heterogeneity of the cenosis, estimated from the Shannon and Pielou indices, is lower in time than in space. By indicators of halobity and saprobity, marine and oligosaprobic species dominate by phytomass and species diversity. Brackish-water, poly- and mesosaprobic species develop en masse in sites with anthropogenic pressure.

**Keywords:** macrophytobenthos, biomass, occurrence, spatiotemporal variability, indicator groups, Crimea

**Funding.** The work was carried out within the framework of the State Assignment of the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the Russian Academy of Sciences (project No. 124022400152-1).

**ORCID:**

I.K. Evstigneeva, <https://orcid.org/0000-0001-7473-251X>

I.N. Tankovskaya, <https://orcid.org/0000-0002-4907-0179>

**To cite this article:** Evstigneeva, I.K., Tankovskaya, I.N., 2025. The phytomass and dominant complex of benthic producers in the hydrological natural monument "Coastal aquatic complex at Cape Sarych" (the Black Sea). *Ecosystem Transformation* 8 (1), 185–200. <https://doi.org/10.23859/estr-230620>

Received: 20.06.2023

Accepted: 28.07.2023

Published online: 07.03.2025

---

## Введение

В конце 80-х годов прошлого столетия началось формирование новой парадигмы охраны биоты, базирующейся на идее сохранения биоразнообразия. Теоретической основой нового подхода должна стать концепция растительного покрова как интегральной формы структурно-функциональной организации фитобиоты в двух проявлениях: качественном – флористическом и количественном – фитоценотическом. Возникающая в дальнейшем проблема планирования и разработки методов эксплуатации и охраны морской донной растительности требует создания базы данных о структуре фитоценозов в локальных и региональных масштабах. Среди них особую важность приобретают сведения о качественных и количественных показателях биоты на охраняемых природных территориях. Тем более отсутствие таких сведений придает процессу формирования региональных экосетей формальный характер (Белич и др., 2019; Евстигнеева и Танковская, 2022; Садогурский и др., 2019), и без них нельзя создать систему критериев выделения морских участков, нуждающихся в защите (Darbyshire et al., 2017; Edgar et al., 2008; Heino, 2010).

Примером охраняемых природных территорий является гидрологический памятник природы (ПП) регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч». Он расположен на юго-западе Крыма и является частью бухты Ласпи. Бухта длительное время рассматривалась как одна из чистых акваторий Севастопольского региона. Ее открытый тип обеспечивал динамическую активность и аэрацию вод, среди других бухт ЮБК она была менее подвержена сбросу сточных вод. В последние годы ситуация существенно изменилась из-за возросшего интереса к побережью бухты как к району перспективного строительства. Сейчас на ее склонах и у мыса Сарыч возводятся многоэтажные объекты, что сопровождается уничтожением краснокнижных растений, сокращением лесных площадей и активизацией обвально-оползневых процессов (Панкеева и Миронова, 2022). В настоящее время в бухте Ласпи и у мыса Сарыч повышение величины биологического потребления кислорода можно наблюдать даже на значительном расстоянии от берега. По мнению исследователей, источник загрязнения – сброс стоков с канализационных очистных сооружений поселка Форос (Заскоков, 2017). В сложившихся условиях важным становится соблюдение законодательно регламентированных принципов деятельности на охраняемых территориях, одним из которых является проведение научных исследований и контроль последствий хозяйственного освоения (Мокиевский, 2002).

Актуальность исследования, результаты которого легли в основу предлагаемой статьи, обусловлена еще и тем, что для полного представления о морских фитоценозах большое значение имеют сведения о биомассе, формируемой растениями (фитомассе), и о дифференциации видов по участию в продукционном процессе. Фитомасса является опосредованной характеристикой продукционного потенциала как отдельных видов макроводорослей, так и их группировок (Папченков, 2003; Работнов, 1978). Кроме того, важно учитывать, что фитоценозы – сложные системы не только биологически, но и экологически различных видов растений. В зависимости от их отношения к факторам солености и сапробности среды выделены индикаторные группы галобности и сапробности, уровень развития которых и место в структуре бентосных сообществ позволяют судить о состоянии среды обитания гидробионтов (Калугина-Гутник, 1975).

Отсюда целью работы стало изучение особенностей количественного развития донного фитоценоза и состава доминантного комплекса продуцентов, структурно-функциональный анализ

развития и распределение индикаторных экологических групп в охраняемой акватории «Прибрежного аквального комплекса (ПАК) у мыса Сарыч».

## Материалы и методы

Работа основана на анализе проб макрофитобентоса (МФБ), собранных летом 2020 г. по геоботанической методике, модифицированной для подводных исследований (Калугина, 1969). Отбор проб проводили с применением легководолазного снаряжения и с использованием маломерного судна. Макроводоросли собирали на трех вертикальных гидроботанических разрезах с глубин 0.5, 1, 3, 5, 10 и 15 м в четырехкратной повторности и с применением учетных площадок размером 25×25 см. На Рис. 1 представлена схема расположения разрезов.

Разрез I заложен в районе Скалы-туннеля, разрез II – по центру охраняемой территории, где функционирует городской пляж и действуют выпуски сточных вод, разрез III – возле Маяка. Координаты разрезов определяли при помощи GPS-приемника Oregon 650. Всего собрано 56 количественных и 20 качественных проб. При их обработке идентифицировали видовой состав водорослей по базовому определителю с учетом современных номенклатурных изменений (Зинова, 1967; AlgaeBase<sup>1</sup>). Для описания структуры фитоценоза применяли индекс видового разнообразия Шеннона (H), вычисленный по биомассе популяций, составляющих сообщество, и индекс Пиелу (E) (Розенберг, 2010). По шкале Е.Л. Любарского и с учетом индивидуальной фитомассы видов выделяли группы доминантов, субдоминантов, второстепенных и малозначимых элементов сообщества. Определяли частоту доминирования ключевых продуцентов по Де Фризу (Баканов, 2005).

Для оценки пространственно-временной вариабельности характеристик сообщества вычисляли их среднее значение с доверительным интервалом и коэффициент вариации ( $C_v, \%$ ) (Жукова и Минец, 2019). На основе величины  $C_v$  устанавливали степень изменчивости признаков по



**Рис. 1.** Район исследования: гидроботанические разрезы и граница ПАК. Разрез I – N 44°23.569' E 033°43.616', Скала-туннель; разрез II – N 44°23.475' E 033°43.839', центр Памятника Природы; разрез III – N 44°23.243' E 033°44.267', Маяк.

<sup>1</sup> AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Ireland. Электронный ресурс. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 20.05.2023).

шкале Г.Н. Зайцева: верхне- и нижненормальная, значительная, большая, очень большая, аномально высокая (Зайцев, 1990). Для описания внутри- и межгодовых изменений продукционного потенциала МФБ в акватории мыса Сарыч воспользовались результатами исследований, проведенных авторами в периоды с марта по октябрь 2007 г. и летом 2002–2020 гг. в районе Маяка (разрез III) на одной и той же глубине (0.5 м).

## Результаты и обсуждение

### Разрез I (Скала-туннель)

Общая биомасса макроводорослей на станциях разреза I неодинакова и колеблется от 1313 до 7773 г/м<sup>2</sup> (Табл. 1).

На глубине от 1 до 10 м господствуют виды Heterokontophyta (Het), за ними идут представители Rhodophyta (Rh), которые на остальных горизонтах занимают позицию лидеров. Зеленые водоросли (Chlorophyta, Ch) зарегистрированы на 0.5 и 1 м и по своей продукционной активности занимают второе и третье место после красных. Кривые, описывающие пространственные изменения абсолютной фитомассы, во многом совпадают у фитоценоза и Het, что подчеркивает роль последних как ключевых продуцентов МФБ (Рис. 2). Пространственная локация максимума абсолютной фитомассы разных отделов не совпадает. С учетом величины коэффициента вариации абсолютной фитомассы отделы и ценоз располагаются в порядке: Ch > Het > ценоз > Rh. То есть наибольшую устойчивость в пространстве проявляет фитомасса Rh.

На всех горизонтах, кроме 0.5 м, Het лидируют и по уровню относительной фитомассы. На самой малой глубине позицию доминанта занимают виды Rh.

Вклад Het в среднюю общую фитомассу ценоза является наибольшим среди отделов (66%), а Ch – наименьшим (1.1%). Основная часть средней фитомассы Ch обеспечена за счет *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz. На нее приходится примерно 1% средней фитомассы ценоза и 92% фитомассы всех зеленых водорослей на разрезе. Среди бурых водорослей в продукционном процессе самое активное участие принимает *Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry (63%). Базовыми продуцентами среди красных водорослей являются *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze и *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon. На них приходится около 70% средней фитомассы отдела. Только на 0.5 м доминирует *Palisada perforata* (Bory) K.W. Nam (Табл. 2).

По Де Фризу частота доминирования на станциях разреза у *Ericaria crinita* составляет 67%, у *Phyllophora crispa* и *Vertebrata subulifera* – 17%. Все ключевые продуценты относятся к группе олигосапробионтов – индикаторов чистых вод. Субдоминанты на станциях разреза представлены 8 видами с преобладанием красных водорослей, прежде всего видов *Ceramium* Roth. На малой глубине флористический состав субдоминантной группы не только самый разнообразный, но и включающий представителя зеленых водорослей. В отличие от доминантного комплекса продуцентов, субдоминантный состоит как из олигосапробионтов, так и из видов, относящихся к индикаторам средней и высокой степени трофности и распреснения морской среды.

Значения индекса Шеннона варьируют широко с максимумом на 0.5 м и минимумом на 15 м. На глубине 0.5 м условия обитания водорослей отличаются разнообразием и высокой динамичностью, что способствует формированию здесь полидоминантных фитоценозов. Более однообразные условия обитания на больших глубинах обеспечивают развитие ограниченного числа видов. Средняя величина индекса H составляет 1.5. Это свидетельство того, что тип изучаемого сообщества является переходным между поли- и монодоминантным. Индекс Пиелу равен 0.3. Величины двух индексов иллюстрируют неоднородность донного ценоза по фитомассе.

Система продукционного доминирования, построенная на данных об относительной фитомассе, включает виды всех категорий, кроме доминантной. Первую позицию занимают малозначимые по фитомассе виды, каждый пятый вид является второстепенным (Табл. 3).

### Разрез II (центр ПП)

Абсолютная фитомасса МФБ на станциях разреза колеблется широко. Наименьшие значения ее приходится на большие глубины, в остальной части фиталя она в 5–7 раз больше. На глубинах от 0.5 до 5 м доминируют виды Het, на 10 и 15 м – Rh. Зеленые водоросли зарегистрированы на 0.5, 1 и 5 м, где они по участию в продукционном процессе находятся на втором (0.5 м) и третьем местах (1 и 5 м). Направленность пространственных изменений абсолютной биомассы фитоценоза и Het совпадает (Рис. 2). Ход изменений анализируемого показателя у Rh и ценоза

**Табл. 1.** Параметры пространственной изменчивости фитомассы отделов и ценоза на разрезах.  $X_{cp}$  – средняя,  $\Delta$  – доверительный интервал,  $x_{min} - x_{max}$  – минимальное и максимальное значения,  $C_{v,\%}$  – коэффициент вариации.

Разрез	Параметры и тип изменчивости фитомассы (В, г·м <sup>-2</sup> )					
	$x_{cp} \pm \Delta$	$x_{min} - x_{max}$	размах	$C_{v,\%}$	тип	глубина
Chlorophyta						
I	51.4 ± 98.4	0.004–302.5	302.4	239	аномальный	0.5 м
II	44.9 ± 707.7	0.1–2205.3	2205.2	213	аномальный	0.5 м
III	23.4 ± 23.3	0.004–68.8	6883.6	124	аномальный	10 м
Heterokontophyta						
I	3110.1 ± 2294.4	110.2–6100.0	5989.8	92	большой	1 м, 3 м
II	3441.8 ± 2084.7	49.2–6271.6	6222.4	76	большой	1 м
III	3714.0 ± 2972.0	12.6–6621.9	6609.3	72	большой	5 м
Rhodophyta						
I	1577.1 ± 568.2	838.56–2854.4	2015.8	45	значительный	5 м
II	1823.3 ± 962.0	552.7–4009.0	3456.3	66	значительный	5 м
III	1964.4 ± 957.7	901.2–4051.3	3150.1	61	значительный	5 м
фитоценоз						
I	4738.6 ± 2487.5	1312.7–7773.5	6460.9	66	значительный	1 м, 3 м, 5 м
II	5680.1 ± 2608.5	1370.3–9098.7	7728.4	57	значительный	5 м
III	5707.3 ± 2713.5	1967.6–10673.3	8705.4	59	значительный	5 м

тоже одинаковый, но только ниже горизонта 5 м. Исходя из величины коэффициента  $C_v$ , отделы и ценоз располагаются так: Ch > Het > Rh > ценоз. Отметим, что распределение абсолютной и относительной фитомассы отделов по глубинам соответствует друг другу. Изменения относительной фитомассы Rh находятся в прямой зависимости от глубины обитания. У Het показатель возрастает при увеличении глубины с 0.5 до 1 м, после чего их связь становится обратной. Вариации показателя у всего ценоза носят колебательный характер.

Основная часть фитомассы Ch приходится на *Ulva rigida*, вклад которой в среднюю фитомассу МФБ и фитомассу отдела составляет 6 и 78% соответственно. Продукционным лидером среди видов Het и во всем сообществе на разрезе является *Ericaria crinita*. На нее приходится почти половина фитомассы ценоза и 86% таковой у бурых водорослей в центре ПП. Среди Rh только два вида (*Carradoriella denudata* (Dillwyn) Savoie et G.W. Saunders, *Phyllophora crispa*) формируют 28% фитомассы МФБ и 86% – красных водорослей, обнаруженных на станциях разреза II. Область господства *Ericaria crinita* охватывает глубины от 1 до 5 м, частота ее доминирования достигает 50%. На глубине 0.5 м преобладает *Gongolaria barbata*, на 10 и 15 м – *Phyllophora crispa* (Табл. 2).

В системе продукционного доминирования отсутствуют «абсолютно доминантные» виды и преобладают малозначимые (Табл. 3).

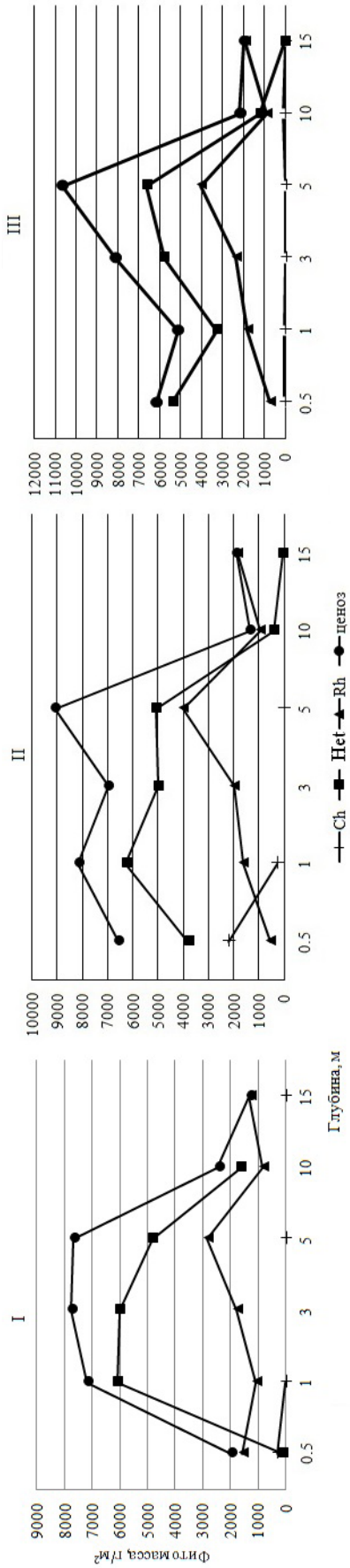


Рис. 2. Батиметрические изменения абсолютной фитомассы в акватории ПАК у мыса Сарыч. I, II, III – номера разрезов; Ch – Chlorophyta, Het – Heterokontophyta, Rh – Rhodophyta.

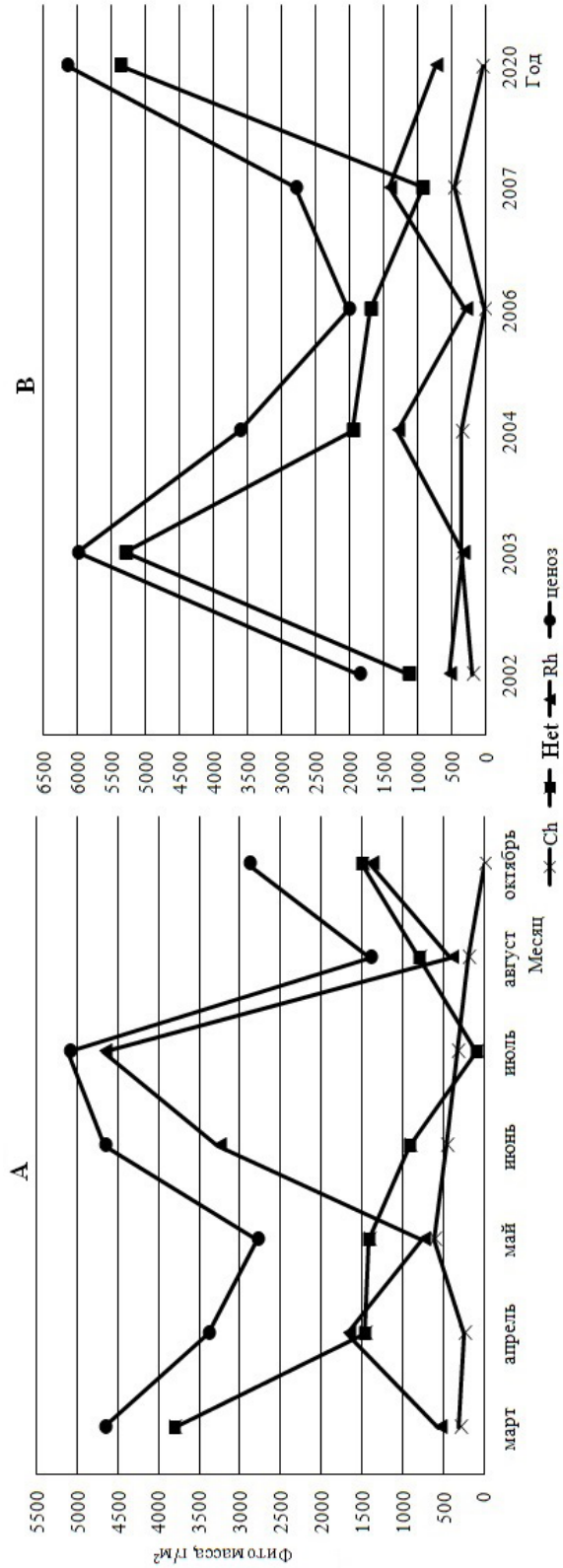


Рис. 3. Внутри- (А) и межгодовая (В) изменчивость абсолютной фитомассы макроводорослей акватории ПАК.

Табл. 2. Видовой состав доминантного комплекса МФБ в акватории ПАК.

Глубина, м	Разрез	Вид-доминант (доля фитомассы, %)	Виды-субдоминанты	Индекс Шеннона
0.5	I	<i>Palisada perforata</i> (31)	<i>Cladophora sericea</i> , <i>Ceramium virgatum</i> Roth, <i>Ceramium diaphanum</i> (Lightf.) Roth, <i>Ceramium ciliatum</i> (Ell.) Ducl., <i>Corallina officinalis</i> L.	2.8
	II	<i>Gongolaria barbata</i> (Stackhouse) Kuntze (33), <i>Ulva rigida</i> C. Agardh (28)	<i>Ericaria crinita</i>	3.8
	III	<i>Gongolaria barbata</i> (72)	<i>Ericaria crinita</i>	1.7
1	I	<i>Ericaria crinita</i> (81)	–	1.1
	II	<i>Ericaria crinita</i> (60)	<i>Gongolaria barbata</i> , <i>Vertebrata subulifera</i>	2.3
	III	<i>Ericaria crinita</i> (48)	<i>Gongolaria barbata</i> , <i>Vertebrata subulifera</i> , <i>Carradoriella elongata</i> (Huds.) Savoie et G.W. Saunders	2.3
3	I	<i>Ericaria crinita</i> (76)	<i>Vertebrata subulifera</i>	1.0
	II	<i>Ericaria crinita</i> (68)	<i>Vertebrata subulifera</i>	1.6
	III	<i>Ericaria crinita</i> (60)	<i>Vertebrata subulifera</i> , <i>Gongolaria barbata</i>	1.7
5	I	<i>Ericaria crinita</i> (59)	<i>Vertebrata subulifera</i> , <i>Phyllophora crispa</i>	1.8
	II	<i>Ericaria crinita</i> (53)	<i>Vertebrata subulifera</i> , <i>Phyllophora crispa</i>	1.7
	III	<i>Ericaria crinita</i> (62)	<i>Vertebrata subulifera</i> , <i>Phyllophora crispa</i>	1.5
10	I	<i>Ericaria crinita</i> (66)	<i>Phyllophora crispa</i>	1.5
	II	<i>Phyllophora crispa</i> (52)	<i>Ericaria crinita</i> , <i>Spermothamnion strictum</i> (C. Agardh)	1.5
	III	<i>Ericaria crinita</i> (44)	<i>Phyllophora crispa</i>	1.9
15	I	<i>Phyllophora crispa</i> (77)	<i>Spermothamnion strictum</i>	0.8
	II	<i>Phyllophora crispa</i> (86)	<i>Spermothamnion strictum</i>	0.7
	III	<i>Phyllophora crispa</i> (87)	–	0.6



**Табл. 3.** Группы продукционного доминирования видов на трех разрезах. N – абсолютное число видов, % – доля от общего числа.

Группа видов	Разрез I			Разрез II			Разрез III		
	N	%	Вид	N	%	Вид	N	%	Вид
малозначимая	39	73	–	51	86	–	39	80	–
второстепенная	11	21	–	4	7	–	6	12	–
субдоминантная	2	4	<i>Vertebrata subulifera</i> <i>Phyllophora crispa</i>	3	5	<i>Vertebrata subulifera</i> <i>Phyllophora crispa</i> <i>Gongolaria barbata</i>	3	6	<i>Vertebrata subulifera</i> <i>Phyllophora crispa</i> <i>Gongolaria barbata</i>
доминантная	–	–	–	1	2	<i>Ericaria crinita</i>	1	2	<i>Ericaria crinita</i>
абсолютно доминантная	1	2	<i>Ericaria crinita</i>	0	0	–	–	–	–

Наименьшее значение индекса N приходится на глубину 15 м, наибольшее – на 0.5 м. В отличие от разнообразных и динамичных условий обитания водорослей вблизи суши, в отдалении от берега на глубине 15 м среда характеризуется определенной однородностью. Низкая средняя величина индекса N (1.9), большое отклонение индекса Пиелу от 1 (0.19) свидетельствуют о разнородности структуры МФБ разреза II по фитомассе.

### Разрез III (Маяк)

Фитомасса ценоза на этом участке ПП колеблется настолько сильно, что ее крайние значения отличаются на порядок (Табл. 1). Основной вклад в общую фитомассу на глубинах до 10 м осуществляют виды Het, и только на 15 м они уступают в этом Rh. В остальных случаях красные водоросли располагаются на второй позиции, зеленые – на третьей. Средняя для разреза абсолютная фитомасса Het вдвое выше, чем у Rh и на два порядка, чем у Ch. Кривые батиметрических изменений фитомассы Het и фитоценоза идентичны друг другу. Это же характерно и для Rh, но в диапазоне глубин от 1 до 10 м (Рис. 2). Максимум фитомассы ценоза, Het и Rh приходится на одну и ту же глубину (5 м). Как и на других участках ПП, распределение абсолютной фитомассы отделов по глубинам в районе Маяка напрямую зависит от особенностей прохождения света в воде и от набора светочувствительных пигментов у представителей каждого отдела. С учетом коэффициента вариации абсолютной фитомассы, отделы и ценоз располагаются следующим образом: Ch > Het > Rh > ценоз.

В части фитали, ограниченной глубинами 0.5 и 10 м, Het лидирует по уровню относительной фитомассы, и только на 15 м, как и в случае с абсолютным показателем, он замещается Rh. Средняя относительная фитомасса Ch в десятки раз меньше. Почти половина фитомассы зеленых водорослей приходится на *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje. Среди бурых водорослей фитомасса *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita* составляет 63% от средней фитомассы МФБ и 97% от таковой у Het. У Rh основными продуцентами являются *Vertebrata subulifera* и *Phyllophora crispa*.

В сообществе отсутствуют абсолютные доминанты, наибольшим разнообразием отличаются малозначимые виды, за которыми следуют второстепенные (Табл. 3). Группа видов высокой категории доминирования состоит из субдоминантов *Gongolaria barbata*, *Vertebrata subulifera*, *Phyllophora crispa* и доминанта *Ericaria crinita*. Эрикария в роли доминанта функционирует в сообществе на

горизонтах 1, 3, 5 и 10 м. На 0.5 м эту функцию выполняет *Gongolaria barbata*, на 15 м – *Phyllophora crispa*. Частота доминирования эрикарии составляет 67%, гонголарии и филлофоры – по 17%.

Индекс Шеннона колеблется от 0.6 до 2.3. Наиболее ощутимый структурный «перекос» характерен для сообщества на 15 м, наименее выраженный – на малых глубинах. Индекс Пиелу низок и равен 0.3 (Табл. 2).

### **Сравнительная характеристика продукционного потенциала МФБ на разных участках ПП в 2020 г.**

Анализ результатов, представленных в Табл. 1, показал, что на разрезе I средняя фитомасса Ch вдвое меньше, чем на других участках ПП. Локация максимума фитомассы зеленых водорослей приходится на малые глубины разрезов I и II, а также на станцию 10 м разреза III. На всех разрезах по средней фитомассе доминирует Het. Максимум этого же показателя у Rh и в большинстве случаев у фитоценоза приходится на одну и ту же глубину 5 м. Фитомасса Rh и фитоценоза повсеместно мало изменчива, у Ch же она подвержена существенным пространственным вариациям («аномально» высокая). Расположение отделов и ценоза по степени батиметрической изменчивости фитомассы на разрезах II и III одинаковое и отличается от такового на разрезе I тем, что она меньше всего у ценоза, а не у Rh (Табл. 1).

Сходство системы продукционного доминирования на разрезах проявляется в превалировании малозначимых видов с очень небольшой относительной фитомассой, второй позиции у второстепенных элементов и в обязательном наличии среди субдоминантов *Vertebrata subulifera* и *Phyllophora crispa* (Табл. 3). При этом в состав МФБ на разрезах I и III входит равное число малозначимых видов, а на разрезах II и III отмечены одинаковые видовой состав и вклад в общую структуру субдоминантов, доминантов и отсутствие видов категории «абсолютный доминант». Среди водорослей разреза I абсолютное и относительное число второстепенных видов выше, чем на других участках ПП. Только здесь *Ericaria crinita* функционирует как абсолютный доминант, выполняя в остальных случаях роль доминанта.

Общий состав доминантной и субдоминантной групп, выделенных на основе относительной фитомассы без учета градации показателя, предложенной Е.Л. Любарским, включает 13 видов: два вида Ch, столько же Het и остальные – Rh. Из них 5 видов занимают позицию доминантов и 11 – субдоминантов. Такие виды, как *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa* и *Ericaria crinita* совмещают обе функции, что позволяет их считать факультативными доминантами. *Palisada perforata* в качестве доминанта отмечена только на глубине 0.5 м разреза I. Здесь же единственный раз *Cladophora sericea*, *Ceramium virgatum*, *Ceramium diaphanum*, *Ceramium ciliatum* и *Corallina officinalis* формируют группу субдоминантов. На глубине 1 м в районе Маяка, наряду с *Gongolaria barbata* и *Vertebrata subulifera*, субдоминантом сообщества является *Carradoriella elongata*.

На центральный участок ПП приходится самый высокий размах вариации и наибольшее среднее значение индекса Шеннона.

### **Внутри- и межгодовая изменчивость таксономического состава МФБ ПП**

Видовой состав и структура сообществ макрофитов подвержена сезонной и годовой смене, которая определяется комплексом гидрологических и гидрохимических условий, изменяющихся на протяжении года и ряда лет. Среди них наиболее важными являются солнечная радиация, температурный режим и загрязненность воды (Калугина-Гутник, 1973). Данные, иллюстрирующие особенности внутригодовой изменчивости фитомассы ценоза и входящих в него отделов, представлены на Рис. 3. Максимум абсолютной фитомассы у Ch и Het приходится на весенние месяцы (март и май), у Rh и ценоза – на летние (июнь, июль). Близка к максимальной фитомасса МФБ в марте, когда еще нет заметного повышения температуры воды, но идет активное прорастание спор. В апреле вода прогревается до +15 °С, что сопровождается бурным ростом макрофитов. Минимум абсолютной фитомассы ценоза, Rh и Ch зафиксирован в октябре, Het – в июле. Внутригодовая неоднородность фитоценоза по продукционному показателю связана как с онтогенетическими особенностями видов, так и с сезонным распределением значений абиотических факторов среды. Помесячная динамика общей фитомассы бентосных водорослей и зеленых, в частности по степени проявления по шкале Г.Н. Зайцева, относится к «значительной». У остальных отделов внутригодовая изменчивость анализируемого показателя отличается большей интенсивностью ( $C_v = 81–87\%$ ). Колебания абсолютной фитомассы МФБ синхронны с таковыми у Het, а также у Rh, но начиная с

**Табл. 4.** Внутригодовые изменения системы продукционного доминирования. N – абсолютное число видов, % – доля от общего числа.

Группа видов	Месяц													
	март		апрель		май		июнь		июль		август		октябрь	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
малозначимая	15	52	13	39	10	56	10	38	5	26	7	33	–	–
второстепенная	11	38	15	45	3	17	12	46	11	58	10	48	2	33.3
субдоминантная	1	3	4	12	4	22	3	12	2	11	3	14	2	33.3
доминантная	2	7	1	3	1	6	1	4	0	0	1	5	2	33.3
абсолютно доминантная	–	–	–	–	–	–	–	–	1	5	–	–	–	–

апреля. Смена отделов, доминирующих по абсолютной и относительной фитомассе, в период с марта по октябрь происходит в следующем порядке: Het → Rh → Het → Rh → Rh → Het → Het + Rh.

Система продукционного доминирования в течение года претерпевает изменения. Они касаются перечня и количественной представленности всех категорий видов, входящих в эту систему, а также таксономической принадлежности ключевых продуцентов. Так, группа «абсолютных доминантов» в системе доминирования представлена *Phyllophora crispa* только в июле, в остальное время ее замещают виды категории «доминант». Комплекс «доминантов» состоит из трех видов Het и двух видов Rh (Табл. 4). В марте среди доминантов оказывается *Scytosiphon lomentaria* (Lyngb.) L., типично зимний вид, входящий в состав простых монодоминантных сезонно зимних фитоценозов одноименной ассоциации. Более ранние исследования показывают, что наибольшего развития ассоциация достигает именно в марте (Калугина-Гутник, 1975). В период созревания и выхода спор клетки таллома сцитосифона постепенно разрушаются, и к маю ассоциация замещается весенне-летними сообществами. С апреля по май большая часть фитомассы формируется за счет отдельных видов бурых водорослей, в июне и июле – красных, в августе – роль ключевого продуцента выполняет бурая водоросль *Gongolaria barbata*, в октябре – одновременно представители Het и Rh. Субдоминантная группа таксономически разнообразнее доминантной. В ее состав, помимо Het и Rh, в апреле, мае и августе входят виды Ch. В апреле и мае наряду с бурыми основная часть фитомассы сформирована ульвовыми водорослями, в конце лета – кладофоровыми. Летом от сильного прогрева водной массы в бухтах под пологом ульвы возникает кислородный дефицит, происходит массовое отмирание водорослей. Большая же часть кладофор произрастает в неприкрепленном состоянии и располагается над скоплением других видов вне зоны замора.

Ежемесячно, кроме октября, в составе МФБ преобладают виды малозначимой категории, на долю которых приходится 26–56% от общего числа видов. В октябре их доля составляет 13%, что вдвое меньше, чем у второстепенных, субдоминантных и доминантных видов. Изменения числа малозначимых видов в течение года характеризуются постепенным снижением, у второстепенных элементов они носят колебательный характер. Наибольшее число субдоминантных видов отмечено в апреле–мае, наименьшее – в марте, то есть когда разнообразие доминантов минимально.

Рис. 4 отражает направленность изменений абсолютной и относительной фитомассы двух ценозообразующих черноморских видов *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita*. Ход внутригодовых изменений абсолютной фитомассы двух видов примерно одинаков. У относительной фитомассы с середины весны кривые вариаций приобретают взаимнообратный характер, когда очередной пик в продукционном вкладе одного из видов сопровождается его спадом у другого. Такой характер вну-

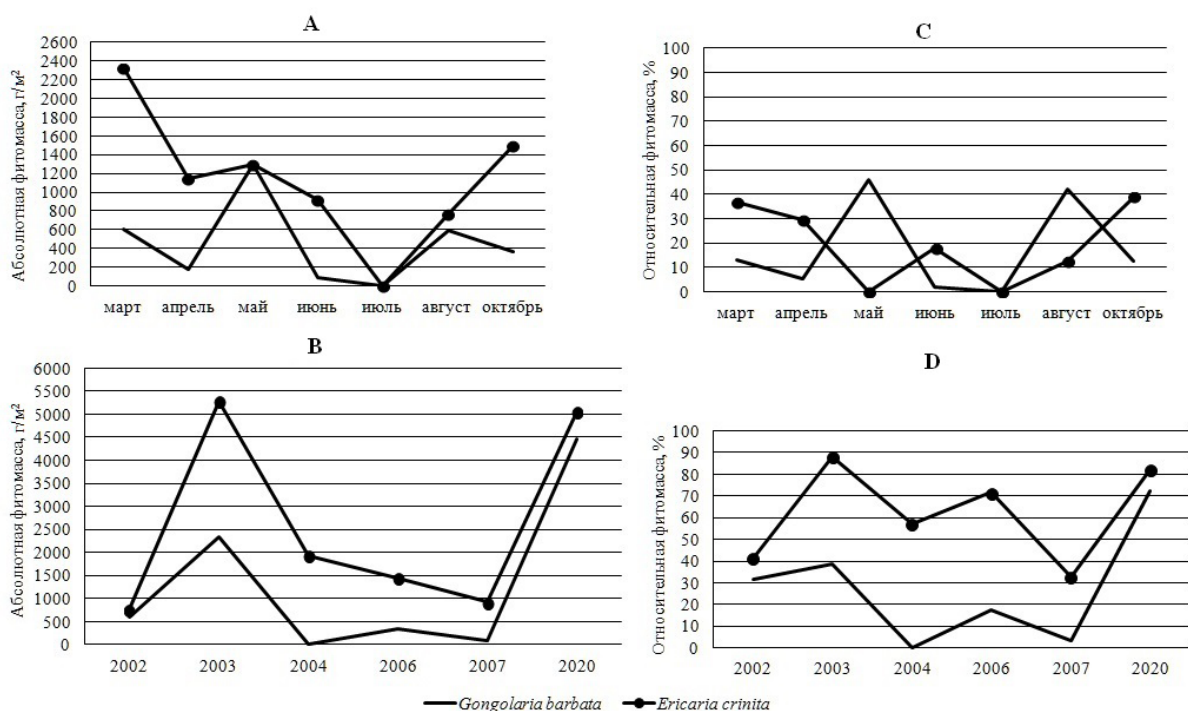


Рис. 4. Изменчивость абсолютной (А – внутри-, В – межгодовой) и относительной (С – внутри-, D – межгодовой) фитомассы ценозообразующих видов.

тригодовых колебаний абсолютной и относительной фитомассы ключевых видов можно считать компенсационным и обеспечивающим устойчивое развитие всего ценоза в районе исследований.

Индекс Шеннона по месяцам меняется в диапазоне от 2.05 в октябре до 4.05 в апреле ( $C_v = 24\%$ ). Индекс Пielу достигает 0.51, что позволяет утверждать, что степень разнородности сообщества по фитомассе в разные месяцы и на одной и той же глубине ниже, чем на разных глубинах.

Общая фитомасса ценоза в течение ряда лет (с 2002 по 2020 г.) изменялась широко с размахом  $4299 \text{ г/м}^2$ . Почти за два десятилетия фитомасса сообщества увеличилась втрое. Только в 2002 и 2006 г. ее уровень был взаимно сопоставимым (Рис. 3). Наибольший вклад в среднюю фитомассу ценоза вносили бурые водоросли (73% среднего показателя для сообщества). Пятая часть общей средней фитомассы приходилась на красные водоросли, доля зеленых водорослей (9%) была незначительной. Большую часть анализируемого периода времени в сообществе количественно доминировал *Net*, который только в 2007 г. уступил *Rh*. К этому же году своего максимума достигла абсолютная и относительная фитомасса *Ch*. Степень проявления межгодовых изменений абсолютной фитомассы отделов и ценоза не всегда совпадала: у *Ch* и *Net* по шкале Г.Н. Зайцева она являлась «большой» ( $C_v = 75\%$ ), у остальных – «значительной» ( $C_v < 64\%$ ). Тенденции многолетних изменений абсолютной и относительной фитомассы базовых продуцентов *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita* во многом сходны между собой.

В период с 2003 по 2007 г. происходило постепенное увеличение значения индекса Шеннона, после чего этот показатель снижался. Наибольшим разнообразием продукционных субдоминантов сообщество характеризовалось в начале наблюдений, когда доля господствующей *Gongolaria barbata* составляла почти треть фитомассы ценоза (32%). В последующие годы происходило нарастание доминирования в сообществе одного – двух видов. Например, в 2003 г. 88% общей биомассы было сформировано за счет таких видов, как *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita*. В последний год наблюдений фитомасса только *Gongolaria barbata* составила 72%.

Большую часть времени *Gongolaria barbata* и *Ericaria crinita* сменяли друг друга на позициях доминанта и абсолютного доминанта, выделенных по шкале Е.Л. Любарского, за исключением последнего года наблюдений, когда *Ericaria crinita* приобрела статус субдоминанта. Несмотря на существование различий в уровне относительной и абсолютной фитомассы, у обоих видов межгодовые изменения этих показателей были однонаправленными: с 2002 по 2003 г. формируется резкий подъем, сменяющийся понижением к 2007 г. и очередным повышением в 2020 г. (Рис. 4).

### **Флористический состав, продукционная характеристика и распределение индикаторных групп галобности и сапробности (2020 г.)**

В ходе исследований установлено, что на каждом участке ПАК лидируют морские и олигосапробные виды. На их долю приходится свыше половины видов в фитоценозе. В состав Ch на всех участках входит равное число олигосапробных видов. Для Het не характерны представители солоноватоводно-морской и полисапробной экогрупп. Среди Rh нет солоноватоводных видов, сопоставимым между собой является абсолютное число видов мезо- и полисапробной принадлежности.

Для комплекса водорослей в акватории Скалы-туннеля характерно отсутствие солоноватоводных видов, преобладание солоноватоводно-морских видов среди зеленых водорослей, примерно равное число видов в мезо- и олигосапробной группах, а также качественно однородный состав Het. На центральном участке ПАК, где активно функционирует городской пляж и периодически сбрасываются канализационные воды, самое большое для всех участков развитие получают такие индикаторные группы, как солоноватоводная (сильное распреснение морской среды), поли- и мезосапробная (высокая и средняя степень эвтрофирования) группы. В районе Маяка также господствуют индикаторы средней степени распреснения морской среды и примерно поровну представлены олиго- и мезосапробионты.

Олигосапробионты и морская группа доминируют не только по числу видов, но и по фитомассе. Их вклад в общую фитомассу достигает 91–98% от этого показателя у всего сообщества. На долю мезосапробных и солоноватоводно-морских видов приходится 1.5–8% общей фитомассы, у полисапробионтов и солоноватоводных растений она еще меньше.

### **Выводы**

1. В ходе исследований получены сведения о продукционном потенциале макрофитобентоса и определена роль видов и их экологических группировок в формировании биомассы на разных участках ПАК.

2. Показано, что в бентосе охраняемой акватории ключевым продуцентом является Heterokontophyta, вторую и третью позицию занимают Rhodophyta и Chlorophyta. К видам высоких категорий доминирования относятся *Vertebrata subulifera*, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*.

3. Абсолютная фитомасса МФБ на всех участках ПАК колеблется широко с минимумом на больших глубинах, в остальной части фитоценоза она в несколько раз больше. Кривые батиметрических изменений фитомассы Het и фитоценоза идентичны.

4. Системе продукционного доминирования на разрезах свойственно преобладание малозначимых видов, вторая позиция у второстепенных элементов и обязательное наличие среди субдоминантов *Vertebrata subulifera* и *Phyllophora crispa*.

5. Внутригодовую изменчивость фитомассы отличает ее весенний максимум у Chlorophyta и Heterokontophyta, летний – у Rhodophyta и всего фитоценоза, а также высокая степень проявления («значительная» – «аномально» большая).

6. Многолетние наблюдения показывают, что фитомасса бентоса изменяется по годам широко и за почти 20 лет увеличивается втрое за счет активного функционирования Heterokontophyta.

7. Степень продукционной неоднородности сообщества, оцененная по индексам Шеннона и Пиелу, во времени ниже, чем на разных глубинах.

8. Среди индикаторов галобности и сапробности среды по фитомассе и видовому разнообразию лидируют морская и олигосапробная экогруппы, на участке с высоким антропогенным прессом массово развиваются солоноватоводные, поли- и мезосапробные виды.

### **Список литературы**

Баканов, А.И., 2005. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. В: Розенберг, Г.С. (ред.), *Количественные методы экологии и гидробиологии*. СамНЦ РАН, Тольятти, Россия, 37–48.

Белич, Т.В., Садогурская, С.А., Садогурский, С.Е., 2019. К изучению водорослей-макрофитов и цианобактерий прибрежно-аквальных комплексов юго-восточного района Крыма. *Бюллетень ГНБС* 131, 61–69.

Евстигнеева, И.К., Танковская, И.Н., 2022. Флористический состав и таксономическая структура макрофитобентоса гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Черное море) в современных условиях. *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия* **8** (3), 32–56.

Жукова, А.А., Минец, М.Л., 2019. Биометрия. Описательная статистика: учебное пособие. Ч. 1. БГУ, Минск, Беларусь, 100 с.

Зайцев, Г.Н., 1990. Математика в экспериментальной ботанике. Наука, Москва, СССР, 296 с.

Заскоков, Г.Д., 2017. Ласпи, Коктебель и Большая Ялта лидируют по сливу неочищенных канализационных стоков в море. Новый день. Электронный ресурс. URL: <https://newdaynews.ru/crimea/615881.html> (дата обращения: 20.05.2023).

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

Калугина, 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., 1973. Фитобентос южного побережья Крыма и его фитогеографический состав. В: Громов, В.В. (ред.), *Гидробиологические исследования северо-восточной части Черного моря*. Издательство Ростовского университета, Ростов-на-Дону, СССР, 50–68.

Калугина-Гутник, А.А., 1975. Фитобентос Черного моря. Наукова думка, Киев, СССР, 248 с.

Мокиевский, В.О., 2002. Морские резерваты – современные проблемы создания и функционирования. *Заповедники и национальные парки* **39**, 45–46.

Панкеева, Т.В., Миронова, Н.В., 2022. Ландшафтная структура береговой зоны памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч». *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН* **1** (21), 51–60. <https://doi.org/10.21072/eco.2022.21.06>

Папченков, В.Г., 2003. Продукция макрофитов вод и методы ее изучения. *Материалы школы по гидробиологии «Гидробиология: методология, методы»*. Борок, Россия, 137–145.

Работнов, Т.А., 1983. Фитоценология. МГУ, Москва, СССР, 384 с.

Розенберг, Г.С., 2010. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер.... *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии* **19** (2), 4–25.

Садогурский, С.Е., Белич, Т.В., Садогурская, С.А., 2019. Макрофиты прибрежно-морских акваторий природных заповедников Крымского полуострова (Черное и Азовское моря). *Альгология* **29** (3), 322–351.

Darbyshire, I., Anderson, S., Asatryan, A., Byfield, A., Cheek, M. et al., 2017. Important Plant Areas: revised selection criteria for a global approach to plant conservation. *Biodiversity and Conservation* **26** (8), 1767–1800. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1336-6>

Edgar, G.J., Langhammer, P.F., Allen, G., Brooks, T.M., Brodie, J. et al., 2008. Key Biodiversity Areas as globally significant target sites for marine conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **18**, 969–983.

Heino, J., 2010. Are indicator groups and cross-taxon congruence useful for predicting biodiversity in aquatic ecosystems? *Ecological Indicators* **10** (2), 112–117.

## References

Bakanov, A.I., 2005. Kolichestvennaya otsenka dominirovaniya v ekologicheskikh soobshchestvakh [Quantitative assessment of dominance in ecological communities]. In: Rosenberg, G.S. (ed.), *Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii [Quantitative methods of ecology and hydrobiology]*. Samara Scientific Center RAS, Togliatti, 37–48. (In Russian).

Belich, T.V., Sadogurskaya, S.A., Sadogurskiy, S.E., 2019. K izucheniiu vodoroslei-makrofitov i tsianobakterii pribrezhno-akval'nykh kompleksov iugo-vostochnogo raiona Kryma [Towards the study of macrophyte algae and cyanobacteria of coastal- aquatic complexes of the south-eastern region of Crimea]. *Bulleten' GNBS [Bulletin of Nikita State Botanical Garden]* **131**, 61–69. (In Russian).

Darbyshire, I., Anderson, S., Asatryan, A., Byfield, A., Cheek, M. et al., 2017. Important Plant Areas: revised selection criteria for a global approach to plant conservation. *Biodiversity and Conservation* **26** (8), 1767–1800. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1336-6>

Edgar, G.J., Langhammer, P.F., Allen, G., Brooks, T.M., Brodie, J. et al., 2008. Key Biodiversity Areas as globally significant target sites for marine conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **18**, 969–983.

Евстигнеева, И.К., Танковская, И.Н., 2022. Floristicheskii sostav i taksonomicheskaya struktura makrofitobentosa gidrologicheskogo pamyatnika prirody "Pribrezhnyi akval'nyi kompleks u mysa Sarych" (Chernoe more) v sovremennykh usloviyakh [Floristic composition and taxonomic structure of macrophytobenthos of the hydrological natural monument "Coastal aquatic complex near Cape Sarych" (Black Sea) in modern conditions]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya [Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry]* **8** (3), 32–56. (In Russian).

Heino, J., 2010. Are indicator groups and cross-taxon congruence useful for predicting biodiversity in aquatic ecosystems? *Ecological Indicators* **10** (2), 112–117.

Kalugina, A.A., 1969. Issledovanie donnoi rastitel'nosti Chernogo moria s primeneniem legkovodolaznoi tekhniki [Black Sea bottom vegetation survey using light diving equipment]. In: Manteifel, B.P. (ed.), *Morskie podvodnye issledovaniia [Marine underwater research]*. Nauka, Moscow, USSR, 105–113. (In Russian).

Kalugina-Gutnik, A.A., 1973. Fitobentos yuzhnogo poberezh'ya Kryma i ego fitogeograficheskii sostav [Phytobenthos of the southern coast of Crimea and its phytogeographic composition]. *Gidrobiologicheskie issledovaniya severo-vostochnoj chasti Chernogo moria [Hydrobiological studies of the northeastern part of the Black Sea]*. Publishing House of the Rostov-on-Don University Rostov-on-Don, USSR, 50–68. (In Russian).

Kalugina-Gutnik, A.A., 1975. Fitobentos Chernogo moria [Phytobenthos of the Black Sea] *Naukova dumka*, Kiev, Ukraine, 248 p. (In Russian).

Mokievsky, V.O., 2002. Morskie rezervaty – sovremennyye problemy sozdaniya i funktsionirovaniya [Marine reserves – modern problems of creation and functioning]. *Zapovedniki i natsional'nye parki [Reserves and National Parks]* **39**, 45–46. (In Russian).

Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., 2022. Landshaftnaya struktura beregovoi zony pamyatnika prirody "Pribrezhnyi akval'nyi kompleks u mysa Sarych" [Landscape structure of the coastal zone of the natural monument "Coastal aquatic complex at Cape Sarych"]. *Trudy Karadagskoi nauchnoi stantsii*

im. T.I. Vyazemskogo – prirodnogo zapovednika RAN [Proceedings of the Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky – Nature Reserve of the RAS] 1 (21), 51–60. (In Russian). <https://doi.org/10.21072/eco.2022.21.06>

Papchenkov, V.G., 2003. Produktsiya makrofitov vod i metody izucheniya [Macrophyte production of waters and methods of its study]. *Materialy shkoly po gidrobotanike "Gidrobotanika: metodologiya, metody"* [Proceedings of the school on hydrobotany "Hydrobotany: Methodology, methods"] .Borok, Russia, 137–145. (In Russian).

Rabotnov, T. A., 1983. Fitotsenologiya [Phytocenology]. Moscow State University, Moscow, USSR, 384 p. (In Russian).

Rosenberg, G.S., 2010. Informatsionnyi indeks i raznoobrazie: Bol'tsman, Kotel'nikov, Shennon, Uiver... [Information index and diversity: Boltzmann, Kotelnikov, Shannon, Weaver...]. *Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii* [Samarskaya Luka: Problems of Regional and Global Ecology] 19 (2), 4–25. (In Russian).

Sadogurskiy, S.E., Belich, T.V., Sadogurskaya, S.A., 2019. Makrofity pribrezhno-morskikh akvatorii prirodnykh zapovednikov Krymskogo poluostrova (Chyornoe i Azovskoe morya) [Macrophytes of coastal and marine aquatic areas of natural reserves of the Crimean Peninsula (Black and Azov seas)] *Al'gologiya* [Algology] 29 (3), 322–351. (In Russian).

Zaitsev, G.N., 1990. Matematika v eksperimental'noi botanike [Mathematics in experimental botany]. Nauka, Moscow, USSR, 296 p. (In Russian).

Zaskokov, G.D., 2017. Laspi, Koktebel' i Bol'shaya Yalta lideruyut po slivu neochishchennykh kanalizacionnykh stokov v more [Laspi, Koktebel and Bolshaya Yalta lead in the discharge of untreated sewage into the sea]. *Novyi den'* [New Day]. Web page. URL: <https://newdaynews.ru/crimea/615881.html> (accessed: 20.05.2023). (In Russian).

Zhukova, A.A., Minets, M.L., 2019. Biometriya. Opisatel'naya statistika: uchebnoe posobie. Chast 1 [Biometrics. Descriptive statistics: a training manual. Part 1]. Belarus State University, Minsk, Belarus', 100 p. (In Russian).

Zinova, A.D., 1967. Opredelitel' zelenykh, burykh i krasnykh vodoroslei iuzhnykh morei SSSR. [Identifier of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR]. Nauka, Moscow – Leningrad, USSR, 397 p. (In Russian).