

Ярусная структура эрикариево-гонголяриевого фитоценоза в прибрежной зоне особо охраняемых природных территорий Севастополя

Д. А. Кандаурова *, Н. А. Мильчакова

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

* e-mail: dkandaurova@ibss-ras.ru

Аннотация

Дана характеристика таксономического разнообразия эрикариево-гонголяриевого фитоценоза (*Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*), ключевого в составе макрофитобентоса особо охраняемых природных территорий г. Севастополя. Материал отбирали по стандартной методике в акваториях шести заповедных объектов на глубинах от 1 до 5 м в летний сезон с 2016 по 2021 г. в пик вегетационного периода макрофитов. При анализе проб учитывали видовой состав фитоценоза, продолжительность жизненного цикла макроводорослей, их распределение по ярусам и глубинам. Установлено, что ярусная структура фитоценоза характеризуется высоким разнообразием таксонов видового ранга. Из 34 выявленных видов макроводорослей в первом ярусе встречались два, во втором – семь и в третьем – 25 видов. Наибольшим разнообразием характеризовались красные (Rhodophyta) водоросли, на долю которых приходилось 52 % общего количества таксонов, вклад бурых (Ochrophyta) и зеленых (Chlorophyta) был меньше почти в 2.2 раза (по 24 %). По продолжительности жизненного цикла преобладали многолетние и однолетние водоросли, доля которых составляла 44 и 38 % соответственно, максимальный вклад многолетних видов (70 %) зарегистрирован у м. Айя и м. Сарыч. Показано, что на разных участках особо охраняемых природных территорий эрикариево-гонголяриевый фитоценоз характеризовался низким флористическим сходством, значения коэффициента Жаккара (K_j) варьировали от 7.1 до 66.7 % при среднем значении 21 %. Таксономическое разнообразие, полночленная ярусная структура и преобладание многолетних видов отражают устойчивость ключевого фитоценоза и могут свидетельствовать об эффективности действующего природоохранного режима на особо охраняемых природных территориях г. Севастополя.

Ключевые слова: макрофитобентос, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, фитоценоз, вертикальная структура фитоценоза, видовой состав, охраняемые акватории, Юго-Западный Крым, Черное море

© Кандаурова Д. А., Мильчакова Н. А., 2025



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

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ гос. регистрации 124022400148-4). Авторы приносят искреннюю благодарность коллективу лаборатории фиторесурсов отдела биотехнологий и фиторесурсов ФИЦ ИнБЮМ за помощь в проведении экспедиционных исследований и обработке проб макрофитобентоса.

Для цитирования: Кандаурова Д. А., Мильчакова Н. А. Ярусная структура эрикариево-гонголяриевого фитоценоза в прибрежной зоне особо охраняемых природных территорий Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2025. № 3. С. 54–66. EDN EZUNRP.

The Tier Structure of the *Ericaria*–*Gongolaria* Phytocenosis in the Coastal Zone of Protected Areas of Sevastopol

D. A. Kandaurova *, N. A. Milchakova

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

* e-mail: dkandaurova@ibss-ras.ru

Abstract

The paper describes the taxonomic diversity of the *Ericaria*–*Gongolaria* phytocenosis (*Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*), which is the key part of the coastal ecosystems of specially protected natural areas of Sevastopol. The material was collected according to a standard procedure in the waters of six protected sites at depths of 1–5 m in summers from 2016 to 2021 during the peak of the macrophyte growing season. When analyzing the samples, we considered the species composition of the phytocenosis, the duration of life cycle of macroalgae, and their distribution by tiers and depths. The phytocenosis structure was found to be characterized by a high phyto-diversity. Totally, 34 species of macroalgae were recorded. Two of them were found in the first tier, seven species were included in the second tier, and 25 taxa were represented in the third tier. The greatest diversity was found in red (Rhodophyta) algae: their share accounted for 52% of the total number of species. The contribution of brown (Ochrophyta) and green (Chlorophyta) macroalgae was 2.2 times less (24% each). In terms of life cycle, perennial and annual algae predominated: their share was 44 and 38%, respectively. The largest contribution of perennial species (70%) was registered near Cape Aya and Cape Sarych. In general, *Ericaria*–*Gongolaria* phytocenosis of different specially protected natural areas was characterized by low floral similarity: the values of the Jacquard coefficient (Kj) ranged from 7.1 to 66.7% and the average value was 21%. The taxonomic diversity, full tier structure and the predominance of perennial species indicate the stability of the key phytocenosis in specially protected natural areas of Sevastopol and effectiveness of their environmental regime.

Keywords: macrophytobenthos, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, phytocenosis, phytocenosis vertical structure, species composition, marine protected areas, southwestern Crimea, Black Sea

Acknowledgements: This work was carried out within the framework of IBSS state research assignment “Biodiversity as the basis for the sustainable functioning of marine ecosystems, criteria and scientific principles for its conservation” (no. 124022400148-4). The authors sincerely thank the staff of the Laboratory of Phytoreources of the Department

of Biotechnology and Phytoresources of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS for their assistance in processing samples of macrophytobenthos.

For citation: Kandaurova, D.A. and Milchakova, N.A., 2025. The Tier Structure of the *Ericaria–Gongolaria* Phytocenosis in the Coastal Zone of Protected Areas of Sevastopol. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (3), pp. 54–66.

Введение

Природоохранная сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) г. Севастополя представлена 19 объектами, их общая площадь составляет 23 768 км² (30 % территории города), что является одним из самых высоких показателей для субъектов Российской Федерации¹⁾. Хотя морские охраняемые акватории (МОА) занимают всего 3 % общей площади заповедных объектов, они играют значительную роль в сохранении биоразнообразия прибрежных экосистем. По разным оценкам²⁾, в акваториях ООПТ на долю охраняемых макрофитов приходится от 18.2 до 45.5 % количества их видов, занесенных в Красную книгу Севастополя³⁾.

В составе донной растительности МОА доминирует эрикариево-гонголяриевый фитоценоз *Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*, относящийся к ключевым для прибрежных экосистем Черного моря и охраняемый на международном уровне^{4), 5)}. Охраненный статус имеют также ценозообразующие виды фитоценоза – *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry и *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze^{6), 7)}. Вдоль открытых берегов Юго-Западного Крыма эрикариево-гонголяриевый фитоценоз формирует поясной тип⁸⁾ растительности [1], его максимальные продукционные показатели и эколого-фитоценотический оптимум *E. crinita* и *G. barbata* зафиксированы на глубинах от 1 до 5 м⁸⁾, где влияние многих факторов, вызывающих трансформацию донных сообществ, наиболее выражено. Основным таким фактором является антропогенное воздействие, приводящее к разрушению биотопов, загрязнению акваторий слабоочищенными или неочищенными хозяйственно-бытовыми стоками и т. д. [2, 3].

¹⁾ Ежегодный государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2023 год. Севастополь : Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя, 2023. Часть 1. 194 с.

²⁾ Морские охраняемые акватории Крыма. Научный справочник / Под ред. Н. А. Мильчаковой. Севастополь; Симферополь : Н. Оріанда, 2015. 300 с.

³⁾ Красная книга города Севастополя. Калининград ; Севастополь : Издательский Дом «РОСТ-ДОАФК», 2018. 432 с.

⁴⁾ Habitats Directive 92/43/EEC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0043> (date of access: 22.08.2025).

⁵⁾ European Red List of Habitats. Part 1. Marine habitats / S. Gubbay [et al.]. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016. 52 p. <https://doi.org/10.2779/032638>

⁶⁾ Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Под ред. А. В. Ены, А. В. Фатерги. Симферополь : АРИАЛ, 2015. 480 с.

⁷⁾ Black Sea Red Data Book / Edited by H. J. Dumont. New York : United Nations Office for Project Services, 1999. 413 p.

⁸⁾ Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. Киев : Наукова думка, 1975. 246 с.

За последние два десятилетия под влиянием негативных антропогенных факторов у берегов Крыма и в других районах Черного моря, в том числе в заповедных акваториях, зафиксировано сокращение видового разнообразия макрофитов, смещение к берегу их нижней границы произрастания, снижение продукционных показателей макрофитобентоса, изменение пространственного распределения фитоценозов и их вертикальной структуры [2, 4–6]. В условиях высокого антропогенного пресса и загрязнения прибрежных акваторий трансформация макрофитобентоса сопровождалась вспышками развития короткоциклических и эпифитирующих водорослей, изменением ярусной структуры донных фитоценозов, снижением их устойчивости и, как следствие, самоочистительной функции прибрежных экосистем [4, 5, 7–12]. В результате антропогенной сукцессии макрофитобентоса на многих участках прибрежной зоны Кавказского шельфа, у берегов Румынии, Болгарии и Турции, включая МОА, *E. crinita* и *G. barbata* утратили свое доминирующее положение [11, 13, 14], а в Средиземном море в их фитоценозах, особенно в нижних ярусах, зафиксировано замещение многолетних видов короткоциклическими или эфемероидами, среди которых преобладают зеленые и кальцифильные красные водоросли [6, 15–20]. При этом в прибрежной зоне многих МОА Средиземноморья значительно сократилась площадь, занимаемая фитоценозами многолетних бурых водорослей, в том числе видов рода *Ericaria* и *Gongolaria*, что связывают с разрушением биотопов из-за отсутствия строгого регулирования рыболовства в заповедных объектах [19–22].

С учетом роли ключевых фитоценозов бурых водорослей – основных первичных продуцентов прибрежных экосистем Юго-Западного Крыма – и слабой изученности их структуры была поставлена цель работы: охарактеризовать видовой состав и ярусность эрикариево-гонголяриевого фитоценоза и оценить степень его устойчивости в акваториях ООПТ г. Севастополя.

Материалы и методы исследования

Ярусную структуру эрикариево-гонголяриевого фитоценоза изучали в шести ООПТ г. Севастополя, в том числе в акваториях двух государственных природных ландшафтных заказников (ГПЛЗ) («Мыс Айя» и «Караньский») и четырех памятников природы (ПП) («Прибрежный аквальный комплекс (ПАК) у м. Сарыч», «ПАК у м. Фиолент», «ПАК у Херсонеса Таврического», «ПАК у м. Лукулл») (рис. 1). В прибрежной зоне указанных заповедных объектов данный фитоценоз произрастает на каменисто-глыбовых субстратах в диапазоне глубин от 0.5 до 10 м.

Объект исследования – макроводоросли-литофиты эрикариево-гонголяриевого фитоценоза, ключевого в составе макрофитобентоса Черного моря⁸⁾.

Материал отбирали на глубинах 1, 3 и 5 м в зоне эколого-фитоценотического оптимума видов *E. crinita* и *G. barbata* в летний период 2016–2021 гг. При отборе количественных проб макрофитов использовали стандартную методику⁸⁾, на каждом глубинном горизонте закладывали учетную рамку 25 × 25 см в четырехкратной повторности, а для анализа видового разнообразия ярусов отбирали качественные пробы на горизонтах в зоне распространения фитоценоза.

При обработке проб учитывали видовой состав и биомассу макрофитов по ярусам, численность ценозообразующих литофитов, общее проективное



Р и с . 1. Карта-схема размещения ООПТ г. Севастополя: 1 – ПП «ПАК у м. Лукулл»; 2 – ПП «ПАК у Херсонеса Таврического»; 3 – ПП «ПАК у м. Фиолент»; 4 – ГПЛЗ «Караньский»; 5 – ГПЛЗ «Мыс Айя»; 6 – ПП «ПАК у м. Сарыч» (границы объектов выделены красным цветом)

Fig. 1. The map of specially protected natural areas of Sevastopol: 1 – Natural Monument at Cape Lukull, 2 – Natural Monument at Tauric Chersonese, 3 – Natural Monument at Cape Fiolent, 4 – State Nature Preserve Karansky, 5 – State Nature Preserve Cape Aya, 6 – Natural Monument at Cape Sarych (the borders of objects are highlighted in red colour)

покрытие фитоценоза. Всего на шести вертикальных трансектах, выполненных в центральной части акваторий ООПТ, собрано и обработано 93 количественных и 20 качественных проб макрофитобентоса.

В настоящей работе для характеристики ярусной структуры фитоценоза использовали данные о видовом составе литофитов 1–3-го ярусов эрикариево-гонголяриевого фитоценоза, для 4-го яруса, состоящего из корковых литофитов, отмечали только присутствие и/или отсутствие видов, согласно методике подводной фотофиксации [6].

Сравнительный анализ разнообразия синузий литофитов выполняли для трех ярусов, определяя соотношение видов по отделам (Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta) и по продолжительности их жизненного цикла. Для каждого вида рассчитывали коэффициент встречаемости P_o (%):

$$P_o = P \frac{a}{n} 100,$$

где a – количество площадок, на которых отмечен вид; n – общее число отобранных учетных площадок⁹⁾.

Сходство видовой структуры фитоценоза в акваториях исследуемых ООПТ определяли по коэффициенту Жаккара Kj (%)⁹⁾

$$Kj = 100 \frac{c}{a + b - c},$$

где a – количество видов для одного объекта; b – количество видов для другого объекта; c – количество общих видов для обоих объектов.

⁹⁾ Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва : Наука, 1982. 287 с.

Для выявления степени сходства ярусной структуры эрикариево-гонголяриевого фитоценоза в акваториях ООПТ проводили кластерный анализ по данным о встречаемости, присутствии и/или отсутствии видов ¹⁰⁾. Названия макроводорослей приводили с учетом таксономических ревизий и номенклатурных изменений ¹¹⁾.

Результаты и обсуждение

Фиторазнообразие ярусной структуры эрикариево-гонголяриевого фитоценоза в прибрежной зоне ООПТ г. Севастополя характеризовалось высоким видовым богатством. Оно насчитывало 34 вида, из которых в составе первого, второго и третьего ярусов встречалось 2, 7 и 25 видов макроводорослей соответственно. Первый ярус был сформирован ценозообразующими видами – *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, во втором доминировали *Phyllophora crispa* (Hudson) P. S. Dixon, *Cladostephus spongiosus* (Hudson) C. Agardh и *Ulva rigida* C. Agardh, в третьем – *Apoglossum ruscifolium* (Turner) J. Agardh, *Chondria dasyphylla* (Woodward) C. Agardh, *Dictyota fasciola* (Roth) J. V. Lamouroux, *Ellisolandia elongata* (J. Ellis & Solander) K. R. Hind & G. W. Saunders, *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon, *G. spinosum* (S. G. Gmelin) P. C. Silva, *Jania rubens* (Linnaeus) J. V. Lamouroux, *J. virgata* (Zanardini) Montagne, *Laurencia coronopus* J. Agardh и *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze.

Анализ соотношения видов по отделам показал, что наибольший вклад характерен для красных (Rhodophyta) водорослей – 52 %, на долю бурых (Ochrophyta) и зеленых (Chlorophyta) приходилось по 24 % общего количества видов. Следует отметить, что соотношение видов в ярусах существенно различалось, доля бурых водорослей во втором ярусе была в семь раз больше, чем в третьем (57 и 8 % соответственно), тогда как зеленых и красных – в 2–2.2 раза меньше (29 и 64 % и 14 и 28 % соответственно).

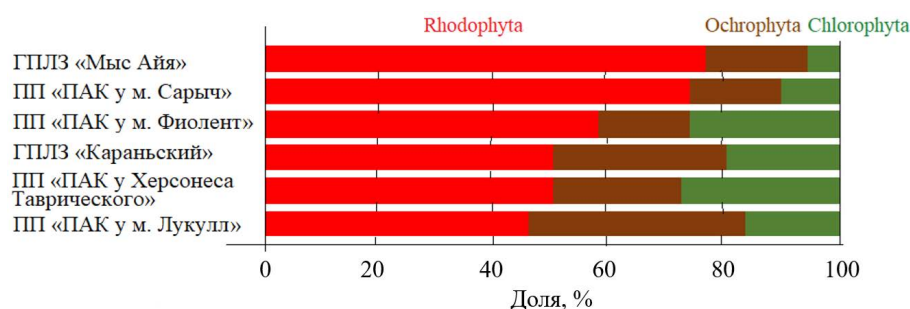
Количество видов в разных ООПТ существенно варьировало в обоих ярусах: от одного до пяти во втором и от одного до восьми – в третьем. Наибольшая встречаемость во втором ярусе ($P_0 = 75 \dots 100$ %) выявлена у *C. spongiosus*, *Ph. crispa* и *U. rigida*, в третьем ярусе ее высокие значения (от 50 до 75 %) отмечены у *A. ruscifolium*, *D. fasciola*, *E. elongata*, *G. crinale*, *G. spinosum*, *J. rubens*, *J. virgata*, *C. dasyphylla*, *L. coronopus* и *V. subulifera*.

Максимальное видовое богатство литофитов в составе второго и третьего ярусов выявлено в акватории ПП «ПАК у м. Фиолент», минимальное – ГПЛЗ «Караньский» (рис. 2). Наибольший вклад красных водорослей отмечен в прибрежной зоне ГПЛЗ «Мыс Айя» и ПП «ПАК у м. Сарыч» (67 и 80 % общего количества видов соответственно), бурых – у ПП «ПАК у м. Лукулл» (23 %), что позволяет отнести ⁸⁾ эти акватории к условно чистым [2]. Высокая доля зеленых водорослей (38 %) зафиксирована в ПП «ПАК у м. Фиолент», что, возможно, связано с высокой рекреационной нагрузкой в прибрежной зоне этого района в весенне-летний период.

Анализ видового богатства ярусов показал, что в акваториях ООПТ оно незначительно изменяется по глубинам. Так, первый ярус формируют *E. crinita*

¹⁰⁾ Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике. Москва : Наука, 1990. 296 с.

¹¹⁾ URL: <http://www.algaebase.org> (date of access: 22.08.2025).



Р и с . 2. Соотношение видов зеленых, бурых и красных водорослей в составе эрикариево-гонголяриевого фитоценоза охраняемых акваторий ООПТ г. Севастополя

Fig. 2. Ratio of green, brown and red algae of the *Ericaria–Gongolaria* phytocenosis in the marine area of specially protected natural areas of Sevastopol

и *G. barbata*, произрастающие соответственно на глубинах от 1 до 5 м и от 3 до 5 м. Во втором и третьем ярусах наибольшее количество видов зафиксировано на глубинах 1 и 5 м (по 22 вида), на глубине 3 м их разнообразие меньше (15 видов). Соотношение видов по отделам также слабо варьировало по глубинам, на всех участках вклад красных водорослей был вдвое больше, чем зеленых и бурых. При этом в третьем ярусе доля Rhodophyta втрое превышала Ochrophyta и Chlorophyta, для второго яруса такая закономерность не выявлена.

На разных участках ООПТ количество видов в ярусах также незначительно изменялось с глубиной (рис. 3). Максимальное фиторазнообразие характерно для ПП «ПАК у м. Фиолент» на глубине 1 м. Во втором ярусе наибольшее богатство макроводорослей (пять видов) зарегистрировано для фитоценоза ПП «ПАК у м. Фиолент» на глубине 1 м, минимальное (один вид) – ГПЛЗ «Караньский» и ПП «ПАК у м. Сарыч» на глубине 3 м. У м. Лукулл количество видов во втором ярусе незначительно росло при увеличении глубины до 5 м.

В третьем ярусе разнообразие видовых таксонов было наибольшим в акватории ПП «ПАК у м. Херсонес Таврический» и «ПАК у м. Сарыч» на глубине 5 м (7 и 8 видов соответственно), минимальное – на глубинах 3 и 5 м в ГПЛЗ «Караньский» и на глубине 1 м в ПП «ПАК у м. Херсонес Таврический» (по одному виду). Показательно, что на некоторых участках ГПЛЗ «Мыс Айя» и «Караньский», а также ПП «ПАК у м. Фиолент» на глубинах от 3 до 5 м в зоне эколого-фитоценотического оптимума фитоценоза⁸⁾ во втором и третьем ярусах водоросли не обнаружены, что, вероятно, связано с высокой плотностью ценозообразующих видов первого яруса [1].

Сравнительный анализ фиторазнообразия трех ярусов эрикариево-гонголяриевого фитоценоза показал, что общее количество видов в ООПТ Севастополя в 1.3 раза больше (34 вида), чем в других районах крымского и кавказского побережья (27 видов) [1, 2, 5, 8, 10, 11, 13, 14, 23]. Однако в охраняемых акваториях обилие таксонов в ярусах варьировало от 8 до 17 видов, а на других участках российского шельфа Черного моря от 6 до 27. При этом в фитоценозах

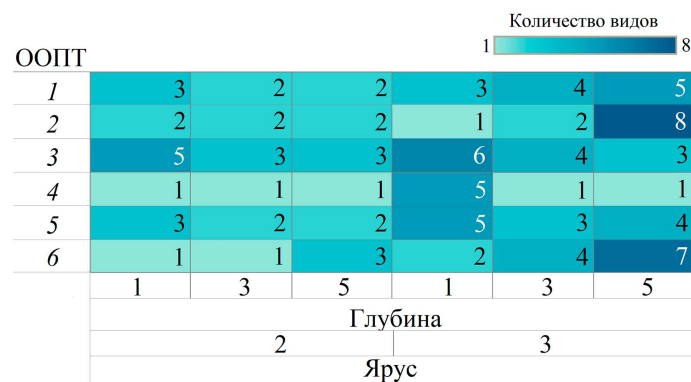


Рис. 3. Количество видов во втором и третьем ярусах эрикариево-гонголяриевого фитоценоза на глубине 1, 3 и 5 м в акваториях ООПТ Севастополя (см. рис. 1)

Fig. 3. The change in the number of species in the 2nd and 3rd tiers of the *Ericaria*–*Gongolaria* phytocenosis at depths of 1, 3 and 5 m in the marine area of specially protected natural areas of Sevastopol (see Fig. 1)

заповедных объектов количество видов во втором ярусе было 7 видов, что в 1.6 раза меньше, чем описанных видов (11), а в третьем в исследуемом фитоценозе видов насчитывалось в 1.5 раза больше, чем у других авторов (21 вид и 14 видов соответственно). Повышение разнообразия в третьем ярусе может быть связано с тем, что некоторые макроводоросли, в частности *A. ruscifolium*, *C. dasyphylla*, *L. coronopus*, *L. obtusa* и *V. Subulifera*, мы обнаружили в составе литофитов, тогда как на других участках они типичны для эпифитных синузид [8].

Изучение соотношения видов разной продолжительности жизненного цикла в составе ярусов показало, что на долю многолетних водорослей приходилось 44 %, однолетних – 38 %, эфемероидов – 18 % общего количества видов, выявленных в эрикариево-гонголяриевом фитоценозе акваторий ООПТ. Среди многолетних и короткоциклических видов преобладали бурые водоросли, среди красных – многолетние и однолетние, а среди зеленых – однолетние. Если в составе первого яруса были представлены только многолетние виды, то во втором и третьем ярусах их вклад составлял 43 и 40 %, а короткоциклических – 57 и 52 % соответственно. Наибольшая доля многолетних видов (78 %) обнаружена в акватории ПП «ПАК у м. Сарыч» (рис. 4), наименьшая – в ГПЛЗ «Караньский» (18 %). Преобладание однолетних видов (67 %) в ГПЛЗ «Караньский» связано, вероятно, с поступлением в его акваторию при определенных синоптических условиях хозяйственно-бытовых и промышленных стоков из коллектора г. Балаклавы [24, 25].

Суммарно наибольший вклад многолетних водорослей составлял 50–70 % в акваториях ПП «ПАК у Херсонеса Таврического» (глубина 1 м), ПП «ПАК у м. Сарыч» и ГПЛЗ «Мыс Айя» (глубина 3 и 5 м), при этом в составе фитоценоза двух последних объектов не обнаружены сезонные виды или эфемероиды.

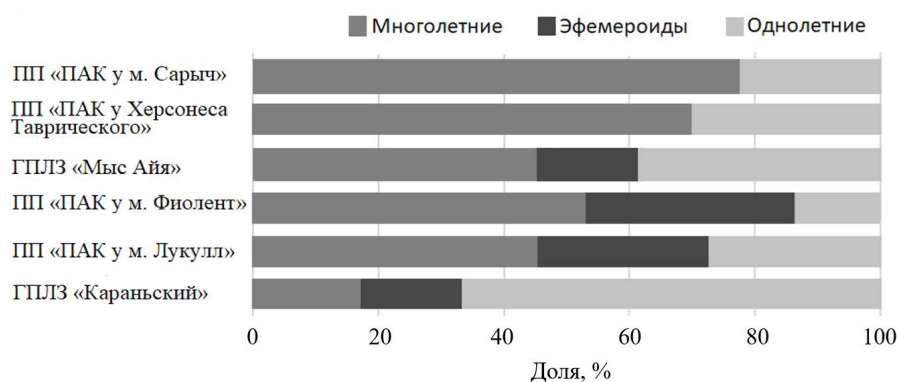


Рис. 4. Соотношение видов в составе эрикариево-гонголяриевого фитоценоза по продолжительности вегетации в акваториях ООПТ Севастополя

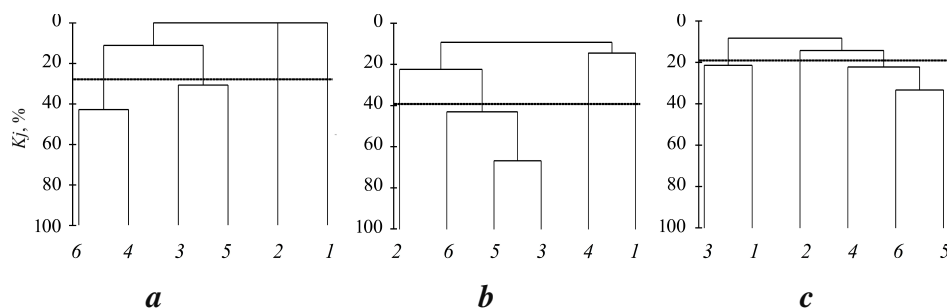
Fig. 4. The ratio of *Ericaria*–*Gongolaria* phytocenosis species by their life history in the marine area of specially protected natural areas of Sevastopol

Известно, что соотношение видов разной продолжительности вегетации отражает не только состояние донных фитоценозов, но и их устойчивость к негативным факторам⁸⁾ [4, 18]. Поскольку в составе эрикариево-гонголяриевого фитоценоза преобладали многолетние виды (рис. 4), это может свидетельствовать о благоприятных условиях для макрофитобентоса в прибрежной зоне ООПТ Севастополя, что подтверждается данными об улучшении качества среды в охраняемых акваториях в последние десятилетия [12, 24–26].

Ранее показано, что повышение хозяйственно-бытового загрязнения и эвтрофирования приводит к уменьшению количества видов в фитоценозах многолетних бурых водорослей Черного моря, снижению биомассы видов-эдиктаторов первого и второго ярусов и ее увеличению у кораллиновых кальцефильных макроводорослей третьего яруса [1, 2, 4, 8, 11, 13, 16]. Под воздействием этих негативных факторов в некоторых ключевых фитоценозах Средиземного моря выявлено замещение многолетних бурых водорослей первого яруса красными кораллиновыми, такими как *Corallina officinalis* Linnaeus, *E. elongata*, *J. rubens* и другими, которое привело к существенной трансформации структуры и снижению продукционных показателей макрофитобентоса [17–20].

В целом анализ видового разнообразия ярусов эрикариево-гонголяриевого фитоценоза исследуемых ООПТ показал низкое сходство их структуры. Среднее значение Kj между объектами не превышало 21 % (рис. 5), тогда как на других участках прибрежной зоны Крыма значения этого коэффициента варьировали от 56 до 62 %⁸⁾. Наибольшее количество общих видов отмечено в фитоценозах ГПЛЗ «Мыс Айя» и ПП «ПАК у м. Сарыч» (Kj от 33.3 до 46.2 %), у других объектов значения Kj меньше в 3–5 раз.

Значительное варьирование Kj наблюдалось в зависимости от глубины: максимальное видовое сходство отмечено у фитоценозов у м. Айя и м. Фиолент на глубине 3 м ($Kj = 66.7$ %), минимальное – у ГПЛЗ «Караньский» и ПП «ПАК у м. Лукулл» на глубинах 3 и 5 м ($Kj = 7.1$ %).



Р и с. 5. Дендрограмма сходства видового состава эрикариево-гонголяриевого фитоценоза в акваториях ООПТ Севастополя (см. рис. 1): *a* – на глубине 1 м; *b* – 3 м; *c* – 5 м

Fig. 5. Dendrogram of similarity in species composition of *Ericaria*–*Gongolaria* phytocenosis in the specially protected natural areas of Sevastopol (see Fig. 1): *a* – depth of 1 m, *b* – 3 m, *c* – 5 m

Закключение

Эрикариево-гонголяриевый фитоценоз (*Ericaria crinita* + *Gongolaria barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*), ключевой для макрофитобентоса Черного моря, характеризуется высоким таксономическим разнообразием в приморских ООПТ г. Севастополя. В составе синузий литофитов трех ярусов выявлено 34 вида макроводорослей, из которых на долю Chlorophyta и Ochrophyta приходилось по 24 %, Rhodophyta – 52 %. Первый ярус формировали ценозообразующие бурые водоросли (Ochrophyta), во втором и третьем ярусах на их долю приходилось 57 и 28 %, на долю красных (Rhodophyta) – 29 и 64 %, зеленых (Chlorophyta) – 14 и 8 % соответственно. Соотношение видов разных отделов в ярусах изменялось незначительно по районам и на разных глубинах, при этом повсеместно доля бурых и красных водорослей была в 2–3 раза больше, чем зеленых.

В составе ярусных синузий фитоценоза преобладали многолетние виды, их наибольший вклад (53–78 %) выявлен для фитоценозов ПП «ПАК у м. Фиолент», ПП «ПАК у м. Сарыч» и ГПЛЗ «Мыс Айя», в других заповедных акваториях он варьировал от 17 до 46 %. Флористическое сходство видового состава ярусов в фитоценозах ООПТ низкое, наибольшее количество общих видов зафиксировано для ГПЛЗ «Мыс Айя», ПП «ПАК у м. Сарыч» и ПП «ПАК у м. Фиолент».

Для эрикариево-гонголяриевого фитоценоза прибрежной зоны ООПТ выявлены элементы восстановительной сукцессии, отражающие его устойчивость, к ним относятся полночленная структура, высокое флористическое разнообразие ярусов, доминирование многолетних бурых и красных водорослей. Эколого-фитоценозные особенности фитоценоза позволяют отнести охраняемые акватории Севастополя к условно чистым. Из-за поступления значительных объемов мазута в акватории ГПЛЗ «Мыс Айя» и ПП «ПАК у м. Фиолент» важной природоохранной задачей является регулярный мониторинг состояния ключевых донных фитоценозов, которые играют ключевую роль в самоочищении водных масс прибрежной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мильчакова Н. А. Макрофитобентос // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / Под ред. В. Н. Еремеева, А. В. Гавеской. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. С. 152–208. EDN WPAIVX.
2. Мильчакова Н. А., Петров А. Н. Морфофункциональный анализ многолетних изменений структуры цистозировых фитоценозов (бухта Ласпи, Черное море) // Альгология. 2003. Т. 13, № 4. С. 355–370. EDN ZNMSE.
3. Мильчакова Н. А., Александров В. В., Рябогина В. Г. Состояние ключевых фитоценозов морских охраняемых акваторий и проблемы их сохранения (Юго-западный Крым, Черное море) // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2019. № 149. С. 113–123. EDN SAJCKY. <https://doi.org/10.36305/0201-7997-2019-149-113-123>
4. Мильчакова Н. А. Состояние макрофитобентоса Карадагского природного заповедника и прилегающих особо охраняемых природных территорий (Крым, Черное море) // 100 лет Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского : сборник научных трудов. Симферополь : Н. Оріанда, 2015. С. 506–523. EDN XEVDIZ.
5. Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Гидрботанические исследования охраняемой акватории Западного Крыма (Черное море) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2021. Т. 15, № 4. С. 16–33. EDN KBBFGT. <https://doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33>
6. Distribution and abundance of phytobenthic communities: implications for connectivity and ecosystem functioning in a Black Sea Marine Protected Area / D. Berov [et al.] // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2018. Vol. 200. P. 234–247. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.11.020>
7. Оценка реакции альгосообществ черноморских экосистем на воздействие климатических факторов / Г. Г. Миничева [и др.] // Альгология. 2018. Т. 28, № 2. С. 121–135. <https://doi.org/10.15407/alg28.02.121>
8. Чернышева Е. Б. Изменение структуры цистозировых фитоценозов в различных экологических условиях (Черное море, Севастополь) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 3. С. 72–81. EDN WLCJLS. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2019-3-2-81>
9. Ковардаков С. А., Празукин А. В. Структурно-функциональные характеристики донного фитоценоза бухты Круглой (Севастополь) // Экосистемы. 2012. № 7. С. 138–148. EDN VIKBKJ.
10. Костенко Н. С., Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Фитобентос // Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / Н. С. Костенко (отв. ред.). Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 172–233. EDN RPQUMF. <https://doi.org/10.21072/978-5-907032-04-0>
11. Лисовская О. А., Никитина В. Н. Макрофитобентос Кавказского побережья Черного моря в районе Туапсе и Большого Сочи // Вестник СПбГУ. Серия 3. Биология. 2007. Вып. 2. С. 22–33. EDN RTSWRL.
12. Макрофитобентос памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» (г. Севастополь) / Н. А. Мильчакова [и др.] // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». Симферополь : ИТ АРИАЛ, 2023. № 14. С. 183–188. EDN ZEIZTS. <https://doi.org/10.25684/2413-3019-2023-14-183-188>
13. Сообщества макроводорослей заповедника «Утриш» / У. В. Симакова [и др.] // Научные исследования на заповедных территориях : тезисы докладов Всероссийской научной конференции. Симферополь : ИТ АРИАЛ, 2017. С. 47. EDN LAOITR.

14. Афанасьев Д. Ф., Камнев А. Н., Сушкова Е. Г. Структура и сезонная динамика сообществ *Cystoseira crinita* (Fucales Phaeophyceae) северо-кавказского шельфа Черного моря // Ботаника в современном мире. Труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире» (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Т. 3 : Споровые растения. Микология. Структурная ботаника. Физиология и биохимия растений. Эмбриология растений. Махачкала : АЛЕФ, 2018. С. 14–16. EDN ZDNLWH.
15. Sava D., Doroftei E., Arcuş M. Ecology and distribution of macrophytic red algae from the Romanian Black Sea coast // Botanica Serbica. 2011. Vol. 35, iss. 1. P. 37–41.
16. Birben Ü. The effectiveness of protected areas in biodiversity conservation: the case of Turkey // Cerne. 2020. Vol. 25, iss. 4. P. 424–438. <https://doi.org/10.1590/01047760201925042644>
17. Marine biodiversity in the Mediterranean in the era of global warming / C. F. Boudouresque [et al.] // La Mer. 2024. Vol. 61, iss. 3–4. P. 189–231. https://doi.org/10.32211/lamer.61.3-4_189
18. Decline and local extinction of Fucales in French Riviera: the harbinger of future extinctions? / T. Thibaut [et al.] // Mediterranean Marine Science. 2015. Vol. 16, iss. 1. P. 206–224. <https://doi.org/10.12681/mms.1032>
19. Coleman M. A., Wernberg T. Forgotten underwater forests: The key role of fucoids on Australian temperate reefs // Ecology and Evolution. 2017. Vol. 7, iss. 20. P. 8406–8418. <https://doi.org/10.1002/ece3.3279>
20. Standardized protocol for reproductive phenology monitoring of fucalean algae of the genus *Cystoseira* s.l. with potential for restoration / F. Rindi [et al.] // Frontiers in Marine Science. 2023. Vol. 10. 1250642. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1250642>
21. Regional environmental conditions determine tolerance to future warming of a marine macroalgae forests / J. Verdura [et al.] // PeerJ PrePrints. 2018. 2 p. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.26766v1>
22. The Lush Fucales Underwater Forests off the Cilento Coast: An Overlooked Mediterranean Biodiversity Hotspot / F. Rendina [et al.] // Plants. 2023. Vol. 12, iss. 7. 1497. <https://doi.org/10.3390/plants12071497>
23. Павшенко Д. А. Применение геоботанических методов для изучения донной растительности Черного моря // Экосистемы. 2023. № 36. С. 18–29. EDN IDQFXM. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10370568>
24. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья / Е. А. Куфтаркова [и др.] // Труды Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанологии. Керчь : ЮгНИРО, 2008. Т. 46. С. 110–117. EDN VSMAKD.
25. Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района / В. М. Грузинов [и др.] // Океанология, 2019. Т. 59, № 4. С. 579–590. EDN VEOVBV. <https://doi.org/10.31857/S0030-1574594579-590>
26. Щуров С. В., Ковригина Н. П., Ладыгина Л. В. Сезонная изменчивость абиотических факторов среды и фитопланктона в районе мидийной фермы бухты Ласпи (2010–2011 гг.) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5, № 2. С. 184–201. EDN CQSIKZ.

Поступила 09.04.2025 г.; одобрена после рецензирования 01.06.2025 г.;
принята к публикации 24.06.2025 г.; опубликована 30.09.2025 г.

Об авторах:

Кандаурова Дарья Андреевна, аспирант, младший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), **SPIN-код: 9972-8733, ORCID ID: 0009-0009-2966-6811, dkandaurova@ibss-ras.ru**

Мильчакова Наталия Афанасьевна, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории фиторесурсов, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **SPIN-код: 9004-5654, ORCID ID: 0000-0001-5407-7706, ResearcherID: I-1280-2016, nmilchakova@ibss-ras.ru**

Заявленный вклад авторов:

Кандаурова Дарья Андреевна – обработка проб макрофитобентоса, анализ результатов исследования, подготовка текста статьи

Мильчакова Наталия Афанасьевна – постановка проблемы, определение видового состава макрофитобентоса, анализ результатов исследования, подготовка текста статьи

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.