

СОСТАВ И СТРУКТУРА БЕНТОСНОЙ МАКРОФЛОРЫ ОХРАНЯЕМЫХ АКВАТОРИЙ (КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

© 2025. И.К. Евстигнеева*, И.Н. Танковская**

Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,
пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Россия
*e-mail: ikevstigneeva@gmail.com, **e-mail: itankovskay@gmail.com

Аннотация. Сведения о видовом составе и таксономической структуре бентосной флоры охраняемых объектов в Чёрном море нельзя считать полными, тем более часть данных была получена в прошлом веке. Отсюда цель исследования – изучить видовой состав, таксономическую структуру и особенности встречаемости видов в макрофлоре охраняемых территорий Крыма на современном этапе. Исследования проводили в акватории памятников природы у мысов Лукулл, Фиолент, Сарыч, у Херсонеса Таврического, у скалы Дива и горы Кошка. Сбор проб проводили летом 2020–2021 гг. методом вертикальных разрезов. На глубинах 0.5; 1, 3, 5, 10 и 15 м закладывали по четыре учетных рамки размером 25 x 25 см. В макрофлоре были обнаружены 114 видов водорослей 71 рода, 40 семейств, 26 порядков, 6 классов отделов Chlorophyta, Heterokontophyta, Rhodophyta. Высоким видовым разнообразием среди таксонов отличались Rhodophyta, Ceramiales, Rhodomelaceae, *Ulva*, *Cladophora*. Стабильными элементами таксономической структуры были соотношения вид/семейство, вид/порядок, семейство/порядок. Свыше 24% видов имели природоохранный статус. Их основная часть относилась к видам, обилие которых сейчас сокращается. Встречаемость видов в среднем составляла 70%. Основа флоры была сформирована видами постоянной группы, вторую позицию занимали случайные виды. Среди видов, освоивших все акватории, доминировали представители Rhodophyta. В константное ядро флоры входили *Gongolaria barbata* (Stackh.) Kuntze, *Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry и *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon. Коэффициент Жаккара и индексы гомотонности свидетельствовали о высокой качественной однородности исследованной флоры.

Ключевые слова: макрофлора, виды, таксономическая структура, встречаемость, особо охраняемые природные территории, Крым, Черное море.

Поступила в редакцию: 10.03.2025. **Принято к публикации:** 30.08.2025.

Для цитирования: Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2025. Состав и структура бентосной макрофлоры охраняемых акваторий (Крым, Черное море). — Фиторазнообразие Восточной Европы. 19(3): 76–93. DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-3-76-93

ВВЕДЕНИЕ

Одним из способов сохранения морского биоразнообразия является выделение акваторий с разным охранным статусом (Choi, Lim, 2024). Такой тип природопользования известен для отдельных участков крымского побережья (Pankeeva, Mironova, 2024). К сожалению, охраняемые объекты так же, как и неохраняемые, испытывают интенсивное антропогенное воздействие. В связи с этим возникает необходимость составления прогнозов последствий этого влияния, которые должны основываться на результатах многолетних наблюдений. Тем более, такой характер исследований предусмотрен в качестве основной деятельности на территории морских объектов с разной степенью охранности. При этом известны ситуации, когда реализация проблемы сохранения ценных сообществ и видов начинается с придания тем или иным участкам статуса охраняемых, не имея при этом полных и, что не менее важно, актуальных сведений о биоте объектов охраны (Belich et al., 2019). Отсутствие базовых данных или даже недостаточная изученность акваторий, несоблюдение необходимости организации

долгосрочных наблюдений за происходящими процессами могут сами по себе стать источником угрозы для сохранения морского биоразнообразия, важным элементом которого, в частности, являются макрофиты. Имеющиеся сведения о видовом составе и таксономической структуре их сообществ в Чёрном море в настоящее время нельзя считать полными, их получение нередко носит спорадический характер, а масштаб самих исследований для разных объектов не одинаков. Часть данных о видовом разнообразии макроводорослей охраняемых объектов Крыма была получена в прошлом веке, почему и возникает необходимость их актуализации. (Milchakova, 2003; Milchakova et al., 2019). Учитывая сказанное, летом 2021–2022 гг. были организованы гидробиотические исследования в акватории основных памятников природы Крыма, результатом которых должны были стать актуальные сведения о состоянии их бентосной макрофлоры.

Цель работы – изучить видовой состав, таксономическую структуру и особенности встречаемости видов в бентосной макрофлоре пяти памятников природы Крыма.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа базируется на результатах летних ботанических съемок в акватории таких памятников природы, как «ПАК (прибрежный аквальный комплекс) у мыса Лукулл», «ПАК у мыса Фиолент», «ПАК у мыса Сарыч», «ПАК у Херсонеса Таврического», относящихся к городу федерального значения Севастополю, и в зоне «ПАК у скалы Дива и горы Кошка», расположенной на Южном берегу Крыма (Evstigneeva, Tankovskaya, 2021; Evstigneeva et al., 2022; Evstigneeva, Tankovskaya, 2022, 2023, 2024a) (рис.). Отбор проб проводили с применением легководолазного снаряжения и с использованием маломерных судов. В акватории охраняемых объектов были заложены трансекты, перпендикулярные к берегу. На глубинах 0,5, 1; 3; 5; 10 и 15 метров (до нижней границы фитали) водоросли собирали с четырех учетных площадок размером 25x25 см (Kalugina, 1969). Всего было собрано 268 количественных и 67 качественных проб. Их первичная обработка проходила в лаборатории, где определяли видовой состав водорослей с применением микроскопа «Армед XS-90». При идентификации видов руководствовались отечественным определителем (Zinova, 1967) и учитывали результаты последних номенклатурных ревизий (Guiry, Guiry, 2025).



Рис. Районы исследования: I – «ПАК у мыса Лукулл», II – «ПАК у Херсонеса Таврического», III – «ПАК у мыса Фиолент», IV – «ПАК у мыса Сарыч», V – «ПАК у скалы Дива и горы Кошка»

Fig. Study areas: I – «NAC at Cape Lukullus», II – «NAC at Chersonesos Tauric», III – «NAC at Cape Fiolent», IV – «NAC at Cape Sarych», V – «NAC at Diva Rock and Mount Koshka»

Для описания таксономической структуры применяли сведения о пропорциях флоры, а данные по видовому составу привлекали для оценки принадлежности морской флоры к конкретной географической зоне (коэффициент Фельдманна) и для определения степени эвтрофирования водной среды в районе исследования (индекс Ченея) (Feldmann, 1937; Tolmachev, 1974; Cheney, 1977). Для сравнения флоры на разных участках охраняемых акваторий рассчитывали коэффициент общности видов по Жаккару (K_j , %). Сведения о встречаемости видов (R , %) легли в основу расчетов индексов гомотонности сложения видовой структуры ($J_{1,2}$) и учитывались при распределении видов между группами постоянства (Mirkin et al., 1989; Dajo, 1975). По соотношению групп видов с разной встречаемостью определяли степень соответствия их распределения закону встречаемости Раункиера (Greig-Smit, 1967; Bakaev, 2005).

Для выявления вариабельности анализируемых характеристик вычисляли их среднее значение с доверительным интервалом и коэффициент вариации (C_v , %). С учетом величины C_v определяли степень изменчивости признаков по шкале Г.Н. Зайцева (верхне- и нижненормальная, значительная, большая, очень большая, аномально высокая) (Zaitsev, 1990).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Видовой состав и таксономическая структура макрофлоры охраняемых объектов. В состав летней макрофлоры бентоса морских охраняемых объектов, расположенных вдоль крымских берегов Черного моря, входили 114 видов водорослей 71 рода, 40 семейств, 26 порядков, 6 классов отделов Chlorophyta (Ch), Heterokontophyta (Het) и Rhodophyta (Rh) (табл. 1).

Таблица 1. Аннотированный список видов водорослей с указанием их встречаемости и охранного статуса

Table 1. Annotated list of algal species with their occurrence and conservation status

№	Таксон Taxon	Охранный документ Conservation document	Районы Areas					R,%
			I*	II	III	IV	V	
CHLOROPHYTA Rchb. Ulvophyceae Mattox et K.D. Stewart								
Cladophorales Haeckel Cladophoraceae Wille Chaetomorpha Kütz.								
1	Chaetomorpha linum (O.F. Müll.) Kütz.		+	+	+	+	+	100
2	Chaetomorpha aerea (Dillwyn) Kütz.		+	+	+	+	+	100
Cladophora Kütz.								
3	Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kütz.		+	+	+	+	+	100
4	Cladophora albida (Nees) Kütz.		+	+	+	+	+	100
5	Cladophora dalmatica Kütz.	КкУ** (NT)***	+					20
6	Cladophora liniformis Kütz.		+	+	+	+	+	100
7	Cladophora sericea (Huds.) Kütz.		+	+	+	+	+	100
8	Cladophora vadorum (Aresch.) Kütz.				+	+		40
9	Cladophora vagabunda (L.) Hoek					+		20
Cladophorales Haeckel Boodleaceae Børgesen Cladophoropsis Børgesen								
10	Cladophoropsis membranacea (Hofm. Bang ex C. Agardh)	КкУ (NT) КкК (LC)	+	+			+	60

Продолжение таблицы 1

№	Таксон Taxon	Охранный документ Conservation document	Районы Areas					R,%
			I*	II	III	IV	V	
Ulvales F.F. Blackman et Tansley Ulvaceae J.V. Lamour. ex Dumort. Ulva L.								
11	Ulva torta (Mertens) Trevisan		+	+		+		60
12	Ulva intestinalis L.		+	+	+	+	+	100
13	Ulva linza L.		+		+	+		60
14	Ulva rigida C. Agardh.		+	+	+	+	+	100
15	Ulva kylinii (Bliding) H.S. Hayden, Blomster, Maggs, P.C. Silva, Stanhope et Waaland		+					20
16	Ulva prolifera O.F. Müller					+		20
17	Ulva flexuosa Wulfen					+		20
Ulvellaceae Schmidle Ulvella P. Crouan et H. Crouan								
18	Ulvella viridis (Reinke) R. Nielsen, O'Kelly et B. Wysor	RDL (EN)	+	+		+	+	80
19	Ulvella scutata (Reinke) R. Nielsen, C.J. O'Kelly et B. Wysor					+		20
20	Ulvella lens P. Crouan et H. Crouan					+		20
Kornmanniaceae L. Golden et K.M. Cole Blidingia Kylin								
21	Blidingia marginata (J. Agardh) P.J L. Dangeard et Bliding					+		20
Ulotrichales Borzi Ulotrichaceae Kütz. Ulothrix Kütz.								
22	Ulothrix implexa (Kütz.) Kütz.			+	+	+	+	80
Bryopsidales J.H. Schaffner Bryopsidaceae Bory Bryopsis J.V. Lamour.								
23	Bryopsis plumosa (Huds.) C. Agardh		+				+	40
24	Bryopsis hypnoides J.V. Lamour.					+	+	40
25	Bryopsis cupressina var. adriatica (J. Agardh) M.J. Wynne					+		20
Codiaceae Kütz. Codium Stackhouse								
26	Codium vermilara (Olivi) Delle Chiaje	KKK (EN)				+		20
Acrosiphoniales S. Jónsson Acrosiphoniaceae S. Jónsson Spongomorpha Kütz.								
27	Spongomorpha aeruginosa (Linnaeus) Hoek						+	20
	Число видов Ch: 27		15	12	11	22	14	
HETEROKONTOPHYTA Moestrup, R.A. Andersen & Guiry Phaeophyceae Kjellm.								
Ectocarpales Bessey Acinetosporaceae G. Hamel ex Feldmann Feldmannia Hamel								
28	Feldmannia lebelii (Aresch. ex P. Crouan et H. Crouan) Hamel.		+	+	+			60
29	Feldmannia irregularis (Kütz.) Hamel			+	+	+		60

Продолжение таблицы 1

№	Таксон Taxon	Охранный документ Conservation document	Районы Areas					R, %
			I*	II	III	IV	V	
	Chordariaceae Grev. <i>Stilophora</i> J. Agardh							
30	<i>Stilophora tenella</i> (Esper) P.C. Silva	КкРФ (EN) КкУ (EN) КкК (EN) ККК (EN)	+	+	+	+	+	100
31	<i>Stilophora nodulosa</i> (C. Agardh) P.C. Silva in P.C. Silva			+				20
<i>Corynophlaea</i> Kütz.								
32	<i>Corynophlaea umbellata</i> (C. Agardh) Kütz			+	+	+	+	80
33	<i>Corynophlaea flaccida</i> (C. Agardh) Kütz.				+	+		40
<i>Litosiphon</i> Harvey								
34	<i>Litosiphon laminariae</i> (Lyngb.) Harvey		+					20
<i>Striaria</i> Grev.								
35	<i>Striaria attenuata</i> (Grev.) Grev.		+					20
Ectocarpaceae C. Agardh <i>Ectocarpus</i> Lyngb.								
36	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillw.) Lyngb.	КкУ (EN)		+		+		40
<i>Myriactula</i> Kuntze								
37	<i>Myriactula arabica</i> (Kütz.) Feldmann					+		20
38	<i>Myriactula rivulariae</i> (Suhr ex Aresch.) Feldmann				+			20
<i>Myrionema</i> Grev.								
39	<i>Myrionema balticum</i> (Reinke) Foslie					+		20
<i>Desmotrichum</i> Kütz.								
40	<i>Desmotrichum tenuissimum</i> (C. Agardh) Athanasiadis					+		20
<i>Spermatochnus</i> Kütz.								
41	<i>Spermatochnus paradoxus</i> (Roth) Kütz.	ККК (EN)				+		20
<i>Punctaria</i> Grev.								
42	<i>Punctaria latifolia</i> Grev.				+	+		40
43	<i>Punctaria tenuissima</i> (C. Agardh) Grev.				+			20
Fucales Bory Sargassaceae Kütz. <i>Gongolaria</i> Boehmer								
44	<i>Gongolaria barbata</i> (Stackh.) Kuntze	КкК (EN), RDL (EN) RDB (EN)	+	+	+	+	+	100
<i>Ericaria</i> Stackhouse								
45	<i>Ericaria crinita</i> (Duby) Molinari et Guiry	КкК (EN), RDL (EN) RDB (EN)	+	+	+	+	+	100
Sphacelariales Mig. Sphacelariaceae Decne. <i>Sphacelaria</i> Lyngb.								
46	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh		+	+	+	+	+	100
<i>Sphacelorbis</i> Draisma Prud'homme et H. Kawai								
47	<i>Sphacelorbis nanus</i> (Nageli et Kütz.) Draisma, Prud'homme et H. Kawai					+		20
Cladostephaceae Oltm. <i>Cladostephus</i> C. Agardh								
48	<i>Cladostephus spongiosus</i> (Huds.) C. Agardh	КкУ (NT) КкК (NT)	+			+	+	60
49	<i>Cladostephus hirsutus</i> (L.) Boudouresque et M. Perret-Boudouresque ex Heesch et al.	КкУ (EN)	+	+				40
Stypocaulaceae Oltmanns <i>Halopteris</i> Kütz								
50	<i>Halopteris scoparia</i> (L.) Sauvageau	КкК (NT)			+	+		40

Продолжение таблицы 1

№	Таксон Taxon	Охранный документ Conservation document	Районы Areas					R,%
			I*	II	III	IV	V	
Tilopteridales Bessey Cutleriaceae J.W. Griffith et A. Henfrey Zanardinia Nardo ex Zanard.								
51	Zanardinia typus (Nardo) P.C. Silva in Greuter		+	+			+	60
Sporochnales Sauvageau Sporochnaceae Grev. Nereia Zanard.								
52	Nereia filiformis (J. Agardh) Zanard.	КкК (EN), КкС (NT)	+	+		+	+	80
Dictyotales Bory Dictyotaceae J.V. Lamour. ex Dumortier Dictyota J.V. Lamour.								
53	Dictyota fasciola (Roth) J.V. Lamour.		+	+	+	+	+	100
54	Dictyota spiralis Montagne	ККС (EN)				+		20
55	Dictyota dichotoma (Hud.) J.V. Lamour.	ККС (CR)				+		20
Padina Adanson								
56	Padina pavonica (L.) Thivy				+	+	+	60
	Число видов Het: 29		12	13	14	21	10	
RHODOPHYTA Wettst. Florideophyceae Cronquist								
Acrochaetiales Feldmann Acrochaetiaceae Fritsch ex W.R. Taylor Grania (Rosenvinge) Kylin								
57	Grania efflorescens (J. Agardh) Kylin		+			+		40
Acrochaetium Näg								
58	Acrochaetium secundatum (Lyngb.) Näg. Näg. et Cramer		+	+	+		+	80
Rhodochortonaceae Rhodochorton Näg								
59	Rhodochorton purpureum (Light.) Rosenv.	КкУ (NT)	+	+	+			60
Corallinales P.C. Silva et H.W. Johans. Corallinaceae J.V. Lamour. Corallina L.								
60	Corallina officinalis L.		+	+	+	+	+	100
Ellisolandia K.R. Hind et G.W. Saunders								
61	Ellisolandia elongata (J. Ellis et Solander K.R. Hind et G.W. Saunde		+	+	+	+		80
Hydrolithon (Foslie) Foslie								
62	Hydrolithon farinosum (J.V. Lamour.) Penrose et Y.M. Chamb.		+	+	+	+	+	100
Pneophyllum Kütz.								
63	Pneophyllum confervicola		+					20
Jania J.V. Lamour.								
64	Jania rubens (L.) J.V. Lamour.				+			20
65	Jania virgata (Zanard.) Montagne						+	20
Hapalidiaceae J.E. Gray								
Phymatolithon Foslie								
66	Phymatolithon lenormandii (Aresch.) W.H. Adey					+		20
Hapalidiales W.A. Nelson, J.E. Sutherland, T.J. Farr et H.S. Yoon Hapalidiaceae J.E. Gray Melobesia J.V. Lamour.								
67	Melobesia membranacea (Esper) J.V. Lamour.		+		+			40

Продолжение таблицы 1

№	Таксон Taxon	Охранный документ Conservation document	Районы Areas					R,%
			I*	II	III	IV	V	
Gigartinales F. Schmitz Phyllophoraceae Willk. <i>Phyllophora</i> Grev.								
68	<i>Phyllophora crispa</i> (Huds.) P.S. Dixon	КкПФ (EN) КкК (EN) КкС (EN) RDL (EN) RDB (EN)	+	+	+	+	+	100
<i>Coccotylus</i> Kütz.								
69	<i>Coccotylus brodiei</i> (Turner) Kütz	RDL (EN) RDB (EN)		+				20
Ceramiales Nägeli Rhodomelaceae Horan. <i>Vertebrata</i> Gray								
70	<i>Vertebrata fucoides</i> (Huds.) Kuntze		+		+	+		60
71	<i>Vertebrata subulifera</i> (C. Agardh) Kuntze		+	+	+	+	+	100
72	<i>Vertebrata byssoides</i> (Goodenough et Woodward) Kuntze						+	20
<i>Carradoriella</i> P.C. Silva								
73	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) Savoie et G.W. Saunders	ККС (NT)	+	+	+	+	+	100
74	<i>Carradoriella elongata</i> (Huds.) Savoie et G.W. Saunders		+	+		+	+	80
<i>Polysiphonia</i> Grev.								
75	<i>Polysiphonia opaca</i> (C. Agardh) Moris et De Notaris		+		+	+		60
76	<i>Polysiphonia breviarticulata</i> (C. Agardh) Zanard.		+		+	+		60
77	<i>Polysiphonia stricta</i> (Mertens ex Dillw.) Grev.		+					20
78	<i>Polysiphonia sanguinea</i> (C. Agardh) Zanard.					+		20
79	<i>Polysiphonia subulata</i> (Ducluzeau) Kütz.				+			20
<i>Leptosiphonia</i> Kylin								
80	<i>Leptosiphonia brodiei</i> (Dillw.) Savoie et G.W. Saunders		+	+		+		60
<i>Chondria</i> C. Agardh								
81	<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodw.) C. Agardh		+	+	+	+	+	100
82	<i>Chondria capillaris</i> (Huds.) M.J. Wynne		+	+	+	+	+	100
<i>Laurencia</i> J.V. Lamour.								
83	<i>Laurencia obtusa</i> (Huds.) J.V. Lamour.	RDL (EN)	+	+	+	+	+	100
84	<i>Laurencia coronopus</i> J. Agardh	КкУ (NT) КкК (EN)	+	+	+	+	+	100
<i>Osmundea</i> Stackhouse								
85	<i>Osmundea pinnatifida</i> (Huds.) Stackhouse	КкУ (EN) КкК (EN)	+	+	+	+	+	100
86	<i>Osmundea hybrida</i> (A.P. de Candolle) K.W. Nam in K.W. Nam	КкУ (EN) КкК (EN)	+				+	40
<i>Palisada</i> K.W. Nam								
87	<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W. Nam			+	+	+	+	80
<i>Lophosiphonia</i> Falkenberg								
88	<i>Lophosiphonia obscura</i> (C. Agardh) Falkenberg					+		20
Ceramiaceae Dumort. <i>Ceramium</i> Roth								
89	<i>Ceramium virgatum</i> Roth		+	+	+	+	+	100
90	<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightf.) Roth		+	+	+	+	+	100
91	<i>Ceramium ciliatum</i> (Ell.) Ducl.		+	+	+	+	+	100

Продолжение таблицы 1

№	Таксон Taxon	Охранный документ Conservation document	Районы Areas					R, %
			I*	II	III	IV	V	
92	<i>Ceramium secundatum</i> Lyngb.			+	+	+	+	80
93	<i>Ceramium deslongchampsii</i> Chauvin et Duby				+	+	+	60
<i>Nitophyllum</i> Grev.								
94	<i>Nitophyllum punctatum</i> (Stackh.) Grev.			+				20
<i>Antithamnion</i> Näg.								
95	<i>Antithamnion cruciatum</i> (Agardh) Näg.		+	+	+	+	+	100
<i>Pterothamnion</i> Näg.								
96	<i>Pterothamnion plumula</i> (J. Ellis) Nägeli		+	+	+	+	+	100
Callithamniaceae Kütz. <i>Callithamnion</i> Lyngb.								
97	<i>Callithamnion corymbosum</i> (J.E. Smith.) Lyngb.		+	+	+	+	+	100
98	<i>Callithamnion granulatum</i> (Ducluzeau) C. Agardh				+			20
<i>Gaillona</i> Bonnemaison								
99	<i>Gaillona seposita</i> (Gunnerus) Athanasiadis				+			20
Delesseriaceae Bory <i>Apoglossum</i> (J. Agardh) J. Agardh								
100	<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turn.) J. Agardh		+	+	+	+	+	100
Wrangeliaceae J. Agardh <i>Spermothamnion</i> Aresch.								
101	<i>Spermothamnion strictum</i> (C. Agardh)		+	+	+	+	+	100
Gelidiales Kylin Gelidiaceae Kütz. <i>Gelidium</i> J.V. Lamour.								
102	<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner)		+	+	+	+	+	100
103	<i>Gelidium spinosum</i> (S.G. Gmel.) P. C. Silva	RDL (EN)	+	+	+	+	+	100
Dasyaceae Kütz. <i>Dasya</i> C. Agardh								
104	<i>Dasya apiculata</i> (C. Agardh) J. Agardh	KKK (NT)		+		+		40
105	<i>Dasya pedicellata</i> (C. Agardh) C. Agardh						+	20
<i>Parviphycus</i> Santelices								
106	<i>Parviphycus antipae</i> (Celan) B. Santelices		+					20
Halymeniales G.W. Saunders & Kraft Halymeniaceae Bory <i>Dermocorynus</i> P. Crouan & H. Crouan								
107	<i>Dermocorynus dichotomus</i> (J. Agardh) Gargiulo, M. Morabito et Manghisi	KKC (CR)		+	+	+	+	80
Nemaliales F. Schmitz Nemaliaceae De Toni et Levi <i>Nemalion</i> Duby								
108	<i>Nemalion elminthoides</i> (Vellay) Batters				+	+	+	60
Peyssonneliales Kravesky, Fredericq et J.N. Norris Peyssonneliaceae Denizot <i>Peyssonnelia</i> Decaisne								
109	<i>Peyssonnelia armorica</i> (P. Crouan et H. Crouan) Weber Bosse					+		20
Rhodymeniales F. Schmitz Lomentariaceae Willkomm <i>Lomentaria</i> Lyngb.								
110	<i>Lomentaria clavellosa</i> (Turn.) Gail.			+	+	+	+	80

Продолжение таблицы 1

№	Таксон Taxon	Охранный документ Conservation document	Районы Areas					R,%
			I*	II	III	IV	Y	
Bonnemaisoniales Feldmann et G. Feldmann Bonnemaisoniaceae F. Schmitz Bonnemaisonia C. Agardh								
111	Bonnemaisonia hamifera Hariot						+	20
Compsopogonophyceae G.W. Saunders et Hommersand Erythropeltales Garbary, G.I. Hansen et Scagel Erythrotrichiaceae G.M. Smith Erythrotrichia Aresch.								
112	Erythrotrichia carnea (Dillw.) J. Agardh		+	+	+	+	+	100
Bangiophyceae Wettstein Bangiales Nägeli Bangiaceae Duby Bangia Lyngb.								
113	Bangia atropurpurea (Mertens et Roth) C. Agardh					+		20
Stylonematophyceae H.S. Yoon, K.M. Müller, R.G. Sheath, F.D. Ott et D. Bhattacharya Stylonematales K.M. Drew Stylonemataceae K.M. Drew Chroodactylon Hansgirg								
114	Chroodactylon ornatum (C. Agardh) Basson				+			20
	Число видов Rh: 58		35	33	39	40	34	
	Всего видов: 114		62	58	64	83	58	

Примечание: * районы исследования: I – «ПАК у мыса Лукулл», II – «ПАК у Херсонеса Таврического», III – «ПАК у мыса Фиолент», IV – «ПАК у мыса Сарыч», Y – «ПАК у скалы Дива и горы Кошка»; ** здесь и в таблице 2: КкРФ – Красная книга РФ, КкУ – Красная книга Украины, КкК – Красная книга Крыма, КкС – Красная книга Севастополя, RDL – Black Sea Red Data List, RDB – Black Sea Red Data Book; *** категория природоохранного статуса: CR – под угрозой уничтожения, EN – сокращающиеся в численности, NT – редкие, LC – восстанавливаемые и восстанавливающиеся виды

Note: *research areas: I – «NAC at Cape ucullus», II – «NAC at Chersonesos Tauric», III – «NAC at Cape Fiolen», IV – «NAC at Cape Sarych», Y – «NAC at Diva Rock and Mount Koshka»; ** here and in table 2: Red Data Book of the Russian Federation, Red Data Book of Ukraine, Red Data Book of Crimea, Red Data Book of Sevastopol, RDL – Black Sea Red Data List, RDB – Black Sea Red Data Book; *** conservation status category: CR – threatened with extinction, EN – declining in numbers, NT – rare, LC – recovering and recovering species

Видовое соотношение отделов выглядело как 1Ch : 1Het : 2Rh, демонстрируя численное превосходство красных водорослей. Существенность доминирования Rh повышалась при анализе распределения видов между отделами во флоре каждого объекта в отдельности. Видовое соотношение отделов во флоре «ПАК у мыса Сарыч» совпадало с общим для всех ПАК, на других участках охраняемой акватории оно выражалось как 1Ch : 1Het : 3Rh.

Во флоре охраняемых объектов 24% видов имели природоохранный статус разных категорий (табл.1). В таблице 2 приведены сведения о флористическом составе охраняемого комплекса.

Таблица 2. Флористический состав охраняемого комплекса**Table 2.** Floristic composition of the conservation complex

Охранный документ Conservation document	Отдел Phylum			Число охраняемых видов Number of conservation species
	Ch	Het	Rh	
КкК	2*	6	5	13
КкС	–	5	3	8
КкРФ	–	1	1	2
КкУ	2	4	4	10
RDL	1	2	4	7
RDB	–	2	2	4

Примечание: * абсолютное число видов

Note: * absolute number of species

Охраняемые виды Het и Rh упоминаются во всех Красных книгах и международных списках, Ch – в трех из них (Red..., 2015; Red..., 2008; Red..., 2018; Red..., 2024; Black..., 1997; Black..., 1999). Среди Rh и Het таких видов было 11 (по 42% от всех охраняемых видов) в каждом из них, среди Ch – 4 (15%). По районам число видов с охранным статусом изменялось от 12 (мыс Фиолент) до 20 (мыс Сарыч). На остальных участках оно составляло 15 (у горы Кошка) – 18 (Херсонес Таврический) видов.

Среди отделов наибольшим таксономическим разнообразием отличался Rh, на долю которого приходилось 51% всех идентифицированных видов, 56% родов, 52% семейств и 54% порядков (табл. 3). На второй позиции находился Het. Низкое разнообразие родов (14% от общего числа родов) и примерно равное с Het число остальных таксонов выводило Ch на третье место.

Таблица 3. Общая таксономическая характеристика макрофлоры бентоса в акватории гидрологических памятников природы**Table 3.** General taxonomic characterization of benthos macroflora in the water area of hydrological natural monuments

Отдел Phylum	Число таксонов Number of taxa				Пропорции флоры Proportions of flora				
	п*	с	р	в	п:с:р:в	в/р	в/с	в/п	с/п
Ch	6	9	10	27	1:1:2:4	2.7	3.0	4.5	1.5
Het	6	10	21	29	1:2:3:5	1.4	2.9	4.6	1.7
Rh	14	21	40	58	1:1:3:4	1.4	2.8	4.1	1.5
Всего Total	26	40	71	114	1:1:3:4	1.6	2.8	4.2	1.5

Примечание: * п, с, р, в – порядок, семейство, род, вид

Note: * o, f, g, s – order, family, genus, species

К показателям таксономического разнообразия относятся пропорции флоры, численные выражения которых представлены в табл. 3. Пропорция п:с:р:в у отделов между собой не совпадала, исключением стало одинаковое соотношение порядков и семейств (1:1) у Ch, Rh и всей флоры. Отмечена полная аналогия пропорции п:с:р:в у флоры и у Rh в отдельности. Соотношения в/с, в/п и с/п проявили себя как наиболее стабильные структурные единицы бентосной флоры охраняемых объектов. Видовая насыщенность родов у Ch была вдвое выше, чем у остальных отделов. Всем отделам было характерно высокое видовое обилие порядков.

Таксоны с учетом их видовой и родовой насыщенности были распределены по рангам (табл. 4).

Таблица 4. Ранговое распределение таксонов во флоре гидрологических памятников природы**Table 4.** Rank distribution of taxa in the flora of hydrological natural monuments

Ранг Rank	Таксоны Taxa				
	с высоким разнообразием видов with high species diversity			с высоким разнообразием родов with high genus diversity	
	порядки order	семейства family	роды genus	порядки order	семейства family
I	Ceramiales (32)	Rhodomelaceae (19)	<i>Ulva</i> (7)	Ceramiales (17)	Rhodomelaceae (9)
II	Ectocarpales (16)	Ulvaceae (11)	<i>Cladophora</i> (6)	Ectocarpales (11)	Ectocarpaceae (6)
III	Ulvales (11)	Cladophoraceae (9)	<i>Ceramium</i> (5) <i>Polysiphonia</i> (5)	Corallinales (6)	Corallinaceae (5)
IV	Cladophorales (9)	Ceramiceae (8) Ectocarpaceae (8)	<i>Ulvella</i> (3) <i>Myriactula</i> (3) <i>Dictyota</i> (3) <i>Vertebrata</i> (3)	Acrochaetiales (3) Ulvales (3) Gelidiales (3) Sphacelariales (3)	Chordariaceae (4) Ceramiceae (4)
Всего Total	68	55	35	46	28

Примечание: в скобках абсолютное число видов или родов

Note: absolute number of species or genus in parentheses

Ведущие надвидовые таксоны относились к трем отделам и объединяли 31–60% видов и 39–65% родов. Среди порядков и семейств по уровню видового разнообразия лидировали представители Rh, среди родов – Ch. Наибольшим числом видов отличались Ceramiales, Rhodomelaceae и *Ulva*. Самая высокая родовая насыщенность была отмечена у Ceramiales и Rhodomelaceae.

Важными качественными характеристиками макрофлоры являются встречаемость видов и степень сходства их комплексов на разных участках исследованной акватории. Представители каждого из трех отделов присутствовали в акватории всех охраняемых объектов. Встречаемость конкретных видов изменялась от 20 до 100% и в среднем составляла 70%. В зависимости от величины коэффициента R виды были распределены между тремя группами: постоянной, добавочной и случайной. Половина видов с высоким показателем встречаемости (R более 50%) входили в постоянную группу. За ними следовали виды случайной группы (37% от всего видового состава) с низким коэффициентом R. Количественное соотношение групп постоянства выглядело, как 5 постоянных : 1 добавочный : 3 случайных вида. На долю видов с максимально высоким коэффициентом R приходилось 30% от общего видового состава. Большая часть таких видов (62%) относилась к красным водорослям, меньшая – к бурым (15%).

Распределение видов между пятью классами (A – 1–20%, B – 21–40%, C – 41–60%, D – 61–80%, E – 81–100%) полностью соответствовало закону Раункиера о встречаемости ($A > B > C > D > E$).

Судя по величине коэффициента Жаккара, степень сходства видов в районах исследований изменялась в широком диапазоне (52–66%) и в среднем достигала 56%. Уровень видовой неоднородности отделов отличался между собой. У Нет виды совпадали на 48%, у Ch – на 56% и у Rh – на 62%.

Значения индексов гомотонности сложения видовой структуры составляли: $J_1 = 1.7$ и $J_2 = 5.0$, что свидетельствовало о качественной однородности исследуемой флоры. Эта особенность была наиболее характерна красным водорослям, на что указывали высокие средний коэффициент K_j (63%) и лимиты его вариации (58–70%).

Данные о видовом разнообразии отделов и их количественном соотношении были привлечены для фитоиндикации качества среды обитания водорослей и определения типа флоры у каждого из исследованных объектов. На основе этих данных были рассчитаны коэффициент Фельдманна и индекс Ченея. Результаты расчетов представлены в таблице (табл. 5). Величина коэффициента Фельдманна от района к району варьировала в широких границах с размахом вариации, равным 1.4 и в среднем равнялась 2.7. Среднее значение индекса Ченея для всей исследованной акватории достигало 3.8. Минимумы оценочных показателей были отмечены у водорослей «ПАК у мыса Сарыч», максимумы – «ПАК у скалы Дива и горы Кошка».

Таблица 5. Значения коэффициента Фельдманна и индекса Ченея для охраняемых акваторий и их флоры

Table. 5. Feldmann coefficient and Cheney index values for protected areas and their flora

Показатель Indicator	Районы Areas				
	I	II	III	IV	V
Коэффициент Фельдманна Feldmann coefficient	3.0	2.5	2.8	2.0	3.4
Индекс Ченея Cheney index	4.2	3.5	3.6	3.0	4.8

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные были сопоставлены со списком видов для всего крымского побережья, представленного в монографии (Minicheva et al., 2020). После преобразования списка с учетом результатов современной таксономической ревизии, был сделан вывод о высоком разнообразии флоры охраняемых объектов в настоящее время. Существенность такого заключения повышается, если принять во внимание тот факт, что пробы в каждой акватории были собраны авторами только летом и в течение одного дня съемки. Число видов во флоре охраняемых объектов составляло почти 70% от видового состава бентосной флоры Крыма. Доля зеленых водорослей достигала 60%, а бурых и красных – 70% от числа видов каждого из отделов, упомянутого в монографии. Количественное соотношение отделов, представленных в двух сравниваемых списках разным числом видов, совпадало (1Ch : 1Het : 2Rh). В этом случае проявлялось действие такого механизма, как «конгенерический гомотаксис» (Uitekker, 1980). В соответствии с ним отдельные элементы биосистемы в ответ на возмущающее внешнее воздействие могут меняться, но при этом их соотношение остается постоянным. Если изменения носят адаптивный характер и не являются критичными для функционирования всей системы, то они должны способствовать сохранению ее стабильности в изменчивых условиях прибрежной зоны моря (Evstigneeva, Tankovskaya, 2019).

Виды, входившие в охраняемый комплекс, имели четыре категории природоохранного статуса (CR, EN, NT, LC). Основная часть их относилась к видам категорий NT (редкие) и EN (с сокращающейся численностью). Среди видов, находящихся под угрозой уничтожения, оказались присутствующие в нашем списке *Dictyota dichotoma* (Huds.) J.V. Lamour. и *Dermocorynus dichotomus* (J. Agardh) Gargiulo, M. Morabito et Manghisi. Необходимо отметить, что, вопреки присвоенной категории, *D. dichotomus* в исследованной акватории отличался высокой встречаемостью (80%). Кроме этого, результаты наших многолетних исследований в реперных точках указывали на постоянное присутствие вида и его вегетацию не только в летний период, как это считалось ранее (Zinova, 1967; Kalugina-Gutnik, 1975), но и в осенний (Evstigneeva, Tankovskaya, 2024b). Группа видов с категорией LC была представлена *Cladophoropsis membranacea* (Hofm. Bange ex C. Agardh). К ней относят виды с восстанавливающейся численностью.

Анализ рангового распределения таксонов с учетом их видовой и родовой насыщенности позволил выделить из них наиболее важные по вкладу в разнообразие бентосной флоры охраняемых акваторий. Среди порядков высоким видовым разнообразием отличались четыре (15% от их общего числа во флоре охраняемых акваторий), три из которых выделялись еще и

своим родовым богатством. Среди таксонов 12% семейств и 11% родов включали наибольшее число видов. Значительная часть ведущих таксонов во флоре охраняемых объектов и в настоящее время остаются важными структурными элементами всей бентосной флоры Черного моря (Kalugina-Gutnik, 1975; Milchakova, 2003).

Для определения силы связи вида с сообществом и его фитоценотической активности применяют данные об уровне встречаемости в исследуемых районах (Bakanov, 2005; Savinov, Nikitin, 2017). С применением такой характеристики появляется возможность выделения константного ядра флоры и оценки особенностей распределения видов между группами с разной степенью присутствия в ней. Высокий уровень средней встречаемости видов в акватории охраняемых объектов (70%), доминирование постоянной группы свидетельствовали о выраженной однородности сложения видовой структуры вдоль исследованных участков берега. Особое место в постоянной группе занимали виды с максимально высоким уровнем встречаемости. Такие фитоценотически активные виды, образующие ядро флоры, имелись в каждом отделе, но господствующие в общем составе красные водоросли и здесь находились в преимущественном положении. Причиной этого, прежде всего, могла стать эвритопность, присущая большинству представителей отдела. Меньше всего видов с высокой встречаемостью было обнаружено у бурых водорослей (15%). Среди них были отмечены такие важные ценозообразующие виды, как *Gongolaria barbata* (Stackh.) Kuntze и *Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry.

Многочисленность постоянных видов, создающих основу фиторазнообразия прибрежной экосистемы, обеспечила соответствие распределения видов в исследуемом пространстве закону Раункиера, в противном случае надо было бы говорить о неоднородности видового комплекса водорослей охраняемых объектов (Dajo, 1975). Треть идентифицированных видов входила в случайную группу. Несмотря на низкий коэффициент R, весомость вклада таких видов в общий состав позволяла рассматривать их как потенциальный резерв биоразнообразия в динамичных условиях морского побережья.

Величины коэффициента Жаккара показали, что видовая структура одноименных отделов на обследованных участках различалась степенью пространственной однородности. Низкая качественная однородность была особенно характерна видовым комплексам Het. Большая часть видов данного отдела стенотопна, поскольку отличалась повышенной требовательностью к качеству среды обитания или неспособностью выносить существенные изменения ее факторов (Kalugina-Gutnik, 1975). Гетерогенность видового комплекса Het наиболее полно проявлялась в таких сравниваемых парах объектов, как «ПАК у мыса Лукулл» и «ПАК у мыса Фиолент», «ПАК у мыса Лукулл» и «ПАК у мыса Сарыч», «ПАК у мыса Фиолент» и «ПАК у скалы Дива и горы Кошка». Перечисленные ПАК отличаются географическим положением, геолого-морфологическим строением подводного склона, степенью гидродинамической активности моря и рекреационной нагрузкой на береговую зону (Mironova, Pankeeva, 2024). Существование различий в условиях обитания водорослей в акватории данных ПАК частично подтверждалось данными о ширине фитали. Так, в районе мыса Сарыч она составляла 40 м, а у мыса Лукулл – 400–1600 м. Среднее значение коэффициента Жаккара у Ch было выше, чем у Het. Зеленые водоросли, в отличие от бурых, способны адаптироваться к местообитаниям с широким диапазоном содержания биогенов и уровня солености воды (Kalugina-Gutnik, 1975; Berezina, 2011; Maksimova, 2013; Prazukin et al., 2019). Наиболее успешными в освоении охраняемых акваторий оказались красные водоросли. Средний коэффициент их встречаемости и коэффициент общности видового состава были самыми высокими среди отделов. Они не только обитали в акватории большинства охраняемых объектов, но и на них приходилась основная часть ядра флоры. Величина индекса гомотонности J_1 была меньше, а J_2 значительно выше 2.0, что стало очередным доказательством качественной однородности исследуемых видовых комплексов.

Значение среднего для всех районов коэффициента Фельдманна, равное 2.0, свидетельствовало о субтропическом характере флоры охраняемых объектов. Индекс Ченя, достигавший 3.0, указывал на наличие средней степени эвтрофирования среды вдоль исследованных участков побережья. Среди районов выделялась флора южнобережного «ПАК у скалы Дива и горы Кошка», для которой величины коэффициента Фельдманна и индекса Ченя были максимальными. Это означало, что флора ПАК по своему характеру была ближе к тропической, а среда обитания в силу высокой антропогенной освоенности более загрязненной, чем на других участках. По данным исследователей, часть ЮБК от поселка Кацивели,

граничащего с «ПАК у скалы Дива и горы Кошка», до Ялтинского залива практически на 100% используется в рекреационных, селитебных и сельскохозяйственных целях (Ignatov et al., 2014).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В состав летней макрофлоры бентоса морских охраняемых объектов входят 114 видов водорослей 71 рода, 40 семейств, 26 порядков, 6 классов отделов Chlorophyta, Heterokontophyta и Rhodophyta. Наибольшим видовым разнообразием среди отделов отличается Rhodophyta, среди порядков, семейств и родов – Ceramiales, Rhodomelaceae, *Ulva* и *Cladophora*.

Высокое разнообразие летней флоры охраняемых объектов подтверждается тем, что в настоящее время на долю ее видов приходится почти 70% от видового состава макроводорослей, известных для побережья Крыма.

Показано, что соотношения в/с, в/п и с/п являются стабильными структурными единицами флоры в районах исследования. Видовая насыщенность родов у Ch вдвое выше, чем у остальных отделов. Для всех отделов характерно высокое видовое обилие порядков.

Выявлено, что встречаемость видов в акватории всех ПАК изменяется в широком диапазоне, достигая в среднем 70%. Основу бентосной флоры составляют виды постоянной группы, вторую позицию занимают случайные виды с низким уровнем встречаемости. Обе группы видов представляют современный и потенциальный резерв фиторазнообразия в изменчивых условиях побережья.

Среди фитоценоотически активных видов, освоивших все охраняемые акватории, доминируют представители Rhodophyta. В константное ядро флоры входят такие ценные ценообразующие виды, как *Gongolaria barbata* (Stackh.) Kuntze, *Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry и *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon.

Значения коэффициента Жаккара и индексов гомотонности свидетельствуют о высокой качественной однородности бентосной флоры в районах исследования.

Установлено, что в условиях охраняемых объектов обитают свыше 24% видов с природоохранным статусом разных категорий. Их основная часть относится к видам, численность которых в настоящее время сокращается или они редко встречаются в Чёрном море.

БЛАГОДАРНОСТИ

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

Выражаем признательность коллегам отдела биотехнологий и фиторесурсов д.г.н., с.н.с. Панкеевой Т.В. и к.б.н., с.н.с. Мироновой Н.В. за совместную работу по первичной обработке проб макрофитобентоса, а также благодарность м.н.с. Тамойкину И.Ю. за помощь в проведении водолазных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Bakanov] Баканов А.И. 2005. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. — В кн.: Количественные методы экологии и гидробиологии. Розенберг Г.С. (Ред.). Тольятти. С. 37–67.

[Belich et al.] 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.

[Berezina] Березина М.О. 2011. Эколого-таксономический состав морских фитоценозов зеленых макроводорослей естественных и загрязненных местообитаний о-ва Большой Соловецкий. — Arctic environmental research. 3: 12–19.

Black Sea Red Data Book. 1999. New York: United Nations Office for Project Services. 413 p.

Black Sea Red Data List. 1997. [online] Available at: <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/about/datalist.htm> [Дата обращения 22.01.2025]

Cheney D.T. 1977. R + C/P anew and improved ratio for comparing seaweed floros. — Journal Phycology. V. 13(2). 12. p.

- Choi J., Lim S. 2024. Establishing a Marine Protected Area in the Waters Surrounding Dokdo: Necessity and Legality. — *Sustainability*. 16(2). 611 p. <https://doi.org/10.3390/su16020611>
- [Dajo] Дажо Р. 1975. Основы экологии. М. Прогресс. 245 с.
- Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2019. Structure and Dynamics of Macrophyte Fouling of a Hydraulic Structure (Black Sea). — *Power Technology and Engineering*. 53(1): 14–22. <https://doi.org/10.1007/s10749-019-01027-7>
- [Evstigneeva, Tankovskaya] Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2021. Гидробиотические исследования охраняемой акватории Западного Крыма (Черное море). — *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 15(4): 16–33. DOI: 10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33
- [Evstigneeva et al.] Евстигнеева И.К., Танковская И.Н., Евстигнеев В.П. 2022. Макрофитобентос памятника природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического». — *Экосистемы*. 30: 22–37.
- [Evstigneeva, Tankovskaya] 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.
- [Evstigneeva, Tankovskaya] Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2023. Таксономический анализ макрофитобентоса акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» (Черное море). — *Вестник Пермского университета. Серия Биология*. 2: 179–194.
- [Evstigneeva, Tankovskaya] Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2024a. Таксономическое разнообразие бентосной альгофлоры у западного берега Крымского полуострова. — *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 129(1): 54–70.
- [Evstigneeva, Tankovskaya] Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2024b. Пространственно-временная вариабельность морфопоказателей ценопопуляции *Dermocorynus dichotomus* (Rhodophyta) в Чёрном море. — *Российский журнал прикладной экологии*. 4: 30–40.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la Végétation Marine de la Méditerranée - La Côte des Albères. — *Revue Algology*. 10: 1–339.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2025. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org>. [Date accessed 20.01.2025].
- [Grejg-Smit] Грейг-Смит П. 1967. Количественная экология растений. М.: Мир 358 с.
- [Ignatov et al.] Игнатов Е.И., Орлова М.С., Санин А.Ю. 2014. Береговые морфосистемы Крыма. Севастополь. 267 с.
- [Kalugina] Калугина А.А. 1969. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники. — В кн.: *Морские подводные исследования*. М. С. 105–113.
- [Kalugina-Gutnik] Калугина-Гутник А.А. 1975. Фитобентос Черного моря. Киев. 248 с.
- [Maksimova] Максимова О.В. 2013. Соленость среды и морские макроводоросли: проявление эколого-морфологической пластичности in vitro in situ. — *Труды Зоологического института РАН. Приложение 3*: 168–174.
- [Milchakova] Мильчакова Н.А. 2003. Макрофитобентос. — В кн.: *Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор)*. Под ред. Еремеева В.Н., Гаевской А.В. Севастополь. С. 152–208.
- [Milchakova et al.] Мильчакова Н.А., Александров В.В., Рябогина В.Г. 2019. Состояние ключевых фитоценозов морских охраняемых акваторий и проблемы их сохранения (юго-западный Крым, Черное море). — *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 149: 113–123. <https://doi.org/10.36305/0201-7997-2019-149-113-123>
- Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. 2020. Black Sea monitoring guidelines. Macrophytobenthos. Dnipro: Seredniak T.K. 81 p.
- [Mirkin et al.] Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. 1989. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М. 223 с.
- [Mironova, Pankeeva] Миронова Н.В., Панкеева Т.В. 2024. Запасы макрофитобентоса охраняемых акваторий города Севастополя. — *Трансформация экосистем*. 7(2): 160–17.
- [Pankeeva, Mironova] Панкеева Т.В., Миронова Н.В. 2024. Ландшафтная структура памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у скалы Дива и горы Кошка» (Чёрное море). — *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 20(1): 190–201.

- [Prazukin et al.] Празукин А.В., Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. 2019. Фотосинтетическая активность матов нитчатых водорослей гиперсоленого озера Херсонесское (Крым). — Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2: 87–102.
- [Red...] Красная книга города Севастополя. 2018. Калининград, Севастополь. 432 с.
- [Red...] Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. 2015. Симферополь. 480 с.
- [Red...] Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2024. М. 944 с.
- [Red...] Червона книга України. Рослинний світ. 2009. Київ. 912 с.
- [Savinov, Nikitin] Савинов А.Б., Никитин Ю.Д. 2017. Развитие представлений об активности растений, ее экологической роли и способах оценки в экосистемах. — Принципы экологии. 3: 20–39.
- [Tolmachev] Толмачев А.И. 1974. Введение в географию растений. Л. 244с.
- [Uitekker] Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М. 227 с
- [Zaitsev] Зайцев Г.Н. 1990. Математика в экспериментальной ботанике. М. 296 с.
- [Zinova] Зинова А.Д. 1967. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.; Л. 397 с.

COMPOSITION AND STRUCTURE OF BENTHIC MACROFLORA OF PROTECTED WATER AREAS (CRIMEA, BLACK SEA)

© 2025 I.K. Evstigneeva*, I.N. Tankovskaya**

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS
2, Nakhimov Avenue, Sevastopol, 299011, Russia

*e-mail: ikevstigneeva@gmail.com, **e-mail: itankovskaya@gmail.com

Abstract. Along the coast of Crimea there are 31 objects of the reserve fund, including natural monuments of hydrological profile. With the increase of anthropogenic impact on protected marine objects, their biodiversity is decreasing. There is a need to make forecasts of the impact on the coastal zone based on the results of long-term observations. The available information on the composition and structure of the benthic flora of protected sites in the Black Sea cannot be considered complete at present, especially as some of it was obtained in the last century. Hence the aim of the study was to investigate the species composition, taxonomic structure and peculiarities of species occurrence in the benthic macroflora of specially protected natural areas of Crimea. The research was conducted in the water area of natural monuments near the capes Lukull, Fiolent, Sarych, near the Chersonese Tauride, near the Diva Rock and Mount Koshka. Samples were collected in the summer of 2020–2021 using the methods of vertical transects and survey sites. The summer macroflora of the protected sites included 114 species of algae of 71 genera, 40 families, 26 orders, 6 classes of Chlorophyta, Heterokontophyta and Rhodophyta. The greatest species diversity among the divisions is characterized by Rhodophyta, among orders, families and genera – Ceramiales, Rhodomelaceae, *Ulva* and *Cladophora*. The most stable components of the taxonomic structure are quantitative ratios of species/family, species/order and family/order. Species saturation of genera in Chlorophyta is twice higher than in other divisions. All divisions are characterized by high species abundance of orders. More than 24% of species with conservation status of different categories inhabit protected sites. Most of them belong to the category of species whose abundance indicators are currently decreasing. The occurrence of species in the water area of all natural monuments varied widely, reaching on average 70%. The basis of the benthic flora was formed by species of the permanent group, the second position was occupied by occasional species with a low level of occurrence. Rhodophyta representatives dominate among the species that have occupied all protected water areas. The constant core of the flora includes *Gongolaria barbata* (Stackh.) Kuntze, *Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry and *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon. The values of Jaccard's species commonality coefficient and homotony indices indicated a high degree of qualitative homogeneity of the benthic flora in the study areas.

Key words: macroflora, species, taxonomic structure, occurrence, specially protected natural areas, Crimea, Black Sea.

Submitted: 10.03.2025. **Accepted for publication:** 30.08.2025.

For citation: Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2025. Composition and structure of benthic macroflora of protected water areas (Crimea, Black Sea). — *Phytodiversity of Eastern Europe*. 19(3): 76–93. DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-3-76-93

ACKNOWLEDGMENTS

This work was carried out within the framework of IBSS state research assignment «Comprehensive study of the functioning mechanisms of marine biotechnological complexes with the aim of obtaining bioactive substances from hydrobionts» (No. 124022400152-1).

We express our gratitude to the colleagues senior researcher at the Dept. of Biotechnology and Phytoresources Dr. Pankeeva T.V. and Ph.D. in Biology Mironova N.V. for joint work on primary processing of macrophytobenthos samples, as well as gratitude to Mr. Tamoykin I.Yu. for assistance in diving operations.

REFERENCES

Bakanov A.I. 2005. Quantitative assessment of dominance in ecological communities. — In: Quantitative methods of ecology and hydrobiology. Rosenberg G.S. (Ed.). Togliatti. P. 37–67. (In Russ.).

Belich T.V., Sadogurskaya S.A., Sadogursky S.E. 2019. Toward the study of algal-macrophytes and cyanobacteria of coastal-aquatic complexes of the southeastern region of Crimea. — *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 131: C. 61–69. (In Russ.).

Berezina M.O. 2011. Ecological and taxonomic composition of marine phytocenoses of green macroalgae from natural and polluted habitats of Bolshoi Solovetsky Island. — *Arctic environmental research*. 3: 12–19. (In Russ.).

Black Sea Red Data Book. 1999. New York. 413 p.

Black Sea Red Data List. 1997. [online] Available at: <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/about/datalist.htm> [Дата обращения 22.01.2025]

Cheney D.T. 1977. R + C/P anew and improved ratio for comparing seaweed floros. — *Journal Phycology*. V. 13(2): 12.

Choi J., Lim S. 2024. Establishing a Marine Protected Area in the Waters Surrounding Dokdo: Necessity and Legality. — *Sustainability*. 16(2). 611 p. <https://doi.org/10.3390/su16020611>

Dajo R. 1975. Fundamentals of Ecology. Moscow. Progress. 245 p. (In Russ.).

Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2019. Structure and Dynamics of Macrophyte Fouling of a Hydraulic Structure (Black Sea). — *Power Technology and Engineering*. 53(1): 14–22. <https://doi.org/10.1007/s10749-019-01027-7>

Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2021. Hydro-botanical studies of the protected water area of the Western Crimea (Black Sea). — *Phytodiversity of Eastern Europe*. 15(4): 16–33. DOI: 10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33 (In Russ.).

Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N., Evstigneev V.P. 2022. Macrophytobenthos of the nature monument of regional importance «Coastal aquatic complex near Chersonesos Tavrichesky». — *Ecosystems*. 30: 22–37. (In Russ.).

Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2022. Floristic composition and taxonomic structure of macrophytobenthos of the hydrological natural monument «Coastal aquatic complex at Cape Sarych» (Black Sea) in modern conditions. — *Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 8(3): 32–56. (In Russ.).

Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2023. Taxonomic analysis of macrophytobenthos of the water area of the natural monument «Coastal aquatic complex near Cape Fiolent» (Black Sea). — *Bulletin of Perm University. Series Biology*. 2: 179–194. (In Russ.).

Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2024a. Taxonomic diversity of benthic algoflora near the western coast of the Crimean Peninsula. — *Bulletin of the Moscow Society of Nature Researchers. Dept. Biological*. 129(1): 54–70. (In Russ.).

- Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2024b. Spatial and temporal variability of morphoindicators of *Dermocorynus dichotomus* (Rhodophyta) cenopopulation in the Black Sea. — Russian Journal of Applied Ecology. 4: 30–40. (In Russ.).
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la Végétation Marine de la Méditerranée - La Côte des Albères. — Revue Algology. V. 10: 1–339.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2025. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org>. [Date accessed 20.01 2025].
- Greig-Smith P. 1967. Quantitative ecology of plants. M. Mir 358 p. (In Russ.).
- Ignatov E.I., Orlova M.S., Sanin A.Yu. 2014. Coastal morphosystems of the Crimea. Sevastopol. 267 p. (In Russ.).
- Kalugina A.A. 1969. Study on bottom vegetation of the Black Sea by means of light diving equipment. — In: Marine Underwater Research. Moscow. P. 105–113. (In Russ.).
- Kalugina-Gutnik A.A. 1975. Phytobenthos of the Black Sea. Kiev. 248 p. (In Russ.).
- Maximova O.V. 2013. Environmental salinity and marine macroalgae: manifestation of ecological and morphological plasticity in vitro in situ. — Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Appendix 3: 168–174. (In Russ.).
- Milchakova N.A. 2003. Macrophytobenthos. — In: The Current State of Biodiversity of Coastal Waters of Crimea (Black Sea sector). Ed. by Ereemeev V.N., Gaevskaya A.V. Sevastopol. P. 152–208. (In Russ.).
- Milchakova N.A., Alexandrov V.V., Ryabogina V.G. 2019. State of key phytocenoses of protected marine areas and problems of their preservation (southwestern Crimea, Black sea). — Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation. 149: 113–123. DOI: 10.36305 / 0201-7997-2019-149-113-123 (In Russ.).
- Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. 2020. Black Sea monitoring guidelines. Macrophytobenthos. DniproT.K. 81 p.
- Mirkin B.M., Rosenberg G.S., Naumova L.G. 1989. Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology. Moscow. 223 p. (In Russ.).
- Mironova N.V., Pankeeva T.V. 2024. Stocks of macrophytobenthos of protected water areas of Sevastopol city. — Transformation of Ecosystems. 7(2): 160–17. (In Russ.).
- Pankeeva T.V., Mironova N.V. 2024. Landscape structure of the natural monument «Coastal aqual complex near the Diva Rock and Mount Koshka» (Black Sea). — Geopolitics and ecogeodynamics of regions. 20(1): 190–201. (In Russ.).
- Prazukin A.V., Anufrieva E.V., Shadrin N.V. 2019. Photosynthetic activity of mats of filamentous algae of hypersaline Lake Chersonese (Crimea). — Bulletin of Tver State University. Series: Biology and ecology. 2: 87–102. (In Russ.).
- Red Data Book of the city of Sevastopol. 2018. Kaliningrad, Sevastopol. 432 p. (In Russ.).
- Red Data Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi. 2015. Simferopol. 480 p. (In Russ.).
- Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi). 2024. Moscow. 944 p. (In Russ.).
- Red Book of Ukraine. Flora. 2009. Kyiv. 912 p. (In Ukr.).
- Savinov A.B., Nikitin Y.D. 2017. Development of ideas about plant activity, its ecological role and methods of assessment in ecosystems. — Principles of Ecology. 3: 20–39. (In Russ.).
- Tolmachev A.I. 1974. Introduction to the geography of plants. Leningrad. 244 p. (In Russ.).
- Whittaker R. 1980. Communities and ecosystems. Moscow. 227 p.
- Zaitsev G.N. 1990. Mathematics in experimental botany. Moscow. 296 p. (In Russ.).
- Zinova A.D. 1967. Guide for identification of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR. Moscow, Leningrad. 397 p. (In Russ.).