

УДК 582.271/275:502.7(262.5)

DOI 10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33

ГИДРОБОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОХРАНЯЕМОЙ АКВАТОРИИ ЗАПАДНОГО КРЫМА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

© 2021 И.К. Евстигнеева*, И.Н. Танковская**

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

Аннотация. Крым – мировой центр разнообразия дикорастущих растений. Вдоль его берегов располагаются объекты заповедного фонда. С увеличением антропогенного влияния на охраняемые морские объекты происходит сокращение их биоразнообразия. Возникает необходимость составления прогнозов воздействия на береговую зону. Прогнозы должны базироваться на результатах многолетних наблюдений. В акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» такие наблюдения проводились эпизодически, в середине XX века. К настоящему времени сведения о флористическом составе памятника немногочисленны. Целью работы стало изучение состава, структуры и пространственной изменчивости макрофлоры памятника в современных условиях. Гидрботанические исследования проводили летом 2020 года. Пробы отбирал дайвер на трех трансектах на глубине 0.5, 1, 3, 5 и 10 м. Сформирован список из 61 вида Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta. Четверть видов имеет природоохранный статус. Основу флоры составляет ограниченное число надвидовых таксонов. Среди отделов таксономическим лидером является Rhodophyta. Таксономическая структура Ochrophyta выглядит наиболее упрощенной. Константное ядро флоры включает 44% видов. Максимум большинства таксономических параметров фитобентоса приурочен к мысу Вай-Вай, минимум – мысу Тюбек. Спустя полвека видовое разнообразие Chlorophyta увеличилось, Rhodophyta и фитоценона уменьшилось. Экологическая трансформация фитоценона сопровождалась возрастанием видовой насыщенности экогрупп Chlorophyta и Rhodophyta, особенно мезосапробной и солоноватоводно-морской. Chlorophyta пополнился солоноватоводными и полисапробными видами, у Ochrophyta снизилось разнообразие морской, коротковегетирующей и олигосапробной групп, что свидетельствовало об ухудшении экологической обстановки в районе исследований.

Ключевые слова: Черное море, Севастополь, особо охраняемые природные территории, макрофитобентос, видовой состав, встречаемость, изменчивость.

Поступила в редакцию: 30.10.2021. **Принято к публикации:** 15.11.2021.

Для цитирования: Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2021. Гидрботанические исследования охраняемой акватории Западного Крыма (Черное море). — Фиторазнообразие Восточной Европы. 15(4): 16–33. DOI: 10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33

ВВЕДЕНИЕ

Морские экосистемы с их видовым и экологическим разнообразием в отдельных регионах нуждаются в обеспечении сохранности и защиты (Coad et al., 2019; Öztürk et al., 2017). Одним из эффективных инструментов защиты является выделение охраняемых районов Мирового океана. Такие территории помимо прямого назначения становятся полигонами для мониторинга, результаты которого должны быть приняты за основу при усовершенствовании природоохранных мероприятий (Fernández et al., 2015).

Крымский полуостров выделен Всемирным фондом дикой природы (WWF) и Международным союзом охраны природы (IUCN) в качестве мирового центра разнообразия дикорастущих растений (Johnson, 1995). Вдоль или вблизи морских берегов полуострова располагаются объекты природно-заповедного фонда и структурные элементы экологических сетей (Sadogursky et al., 2019). С увеличением антропогенного влияния на охраняемые морские объекты происходит сокращение их ландшафтного и биологического разнообразия. Этот факт редко учитывается разработчиками и реализаторами проектов по освоению и благоустройству прибрежной зоны моря. Поэтому возникает необходимость составления прогнозов воздействия на такую зону при принятии управленческих решений (Goryachkin et al., 2020). В большинстве случаев прогнозы должны базироваться на результатах многолетних наблюдений, которыми охвачены далеко не все участки побережья. К ним относятся мысы Лукулл, Тюбек и Вай-Вай с прилегающей акваторией. Это уникальные объекты природного фонда, которые находятся в зоне взаимодействия моря и суши и относятся к памятнику природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» (Goryachkin (Ed.), 2015). Он был организован в 1972 г. решением Крымского облисполкома от 22.02.1972 г. № 97, а позже был внесен в перечень особо охраняемых природных территорий регионального значения, расположенных в г. Севастополе. Памятник природы является полигоном для изучения гидрологических и геолого-морфологических процессов, а его экологическая ценность обусловлена высокой степенью сохранности морских биоценозов. Сведения о флористическом составе как элементе биоразнообразия охраняемой акватории крайне скудны, к тому же часть их относится к прошлому веку (Kalugina-Gutnik et al., 1967; Milchakova, 2003; Milchakova et al., 2019). В связи с этим *целью работы* стало изучение видового состава, таксономической структуры, встречаемости видов, качественного сходства и изменчивости бентосной макрофлоры на трех ключевых участках гидрологического памятника природы в современных условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гидрологический памятник природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» (ПАК) расположен в северо-восточной части г. Севастополя. Общая протяженность береговой линии составляет 3448.6 м, ширина акватории – 300 м. Площадь охраняемой территории достигает 128.6 га, из них 88% приходится на морскую часть (Cadastral..., 2021). Восточная граница памятника природы совпадает с административной границей г. Севастополя, а южная проходит в 600 м от пляжа поселка Андреевки. Справа от мыса Лукулл находится мыс Тюбек, слева – мыс Вай-Вай. Граница ПАК и координаты трансект представлены на рисунке 1.

Побережье охраняемой территории представляет зону перехода морфоструктур горной части к морфоструктурам шельфа равнинно-платформенных областей. В прибрежной акватории сосредоточено нагромождение плит и глыб конгломерата, образующих выступы дна и отдельные банки. Аквальные ландшафты представлены подводными пологими склонами, образованными гравийно-галечниковыми отложениями с отдельно стоящими валунами.

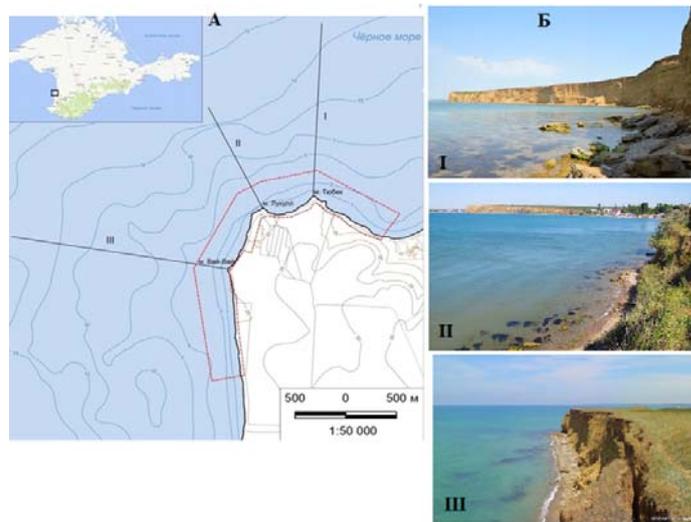


Рис. 1. Район исследования: А. Гидробо­танические трансекты и граница ПАК; Б. I – мыс Тюбек (северная широта $44^{\circ}50.483'$, восточная долгота $033^{\circ}33.642'$), II – мыс Лукулл (северная широта $44^{\circ}50.411'$, восточная долгота $033^{\circ}33.274'$), III – мыс Вай-Вай (северная широта $44^{\circ}50.061'$, восточная долгота $033^{\circ}32.996'$)

Fig. 1. Study area: А. Hydrobotanical transects and NAC boundary; Б. I - Cape Tyubek (northern latitude $44^{\circ}50.483'$, eastern longitude $033^{\circ}33.642'$), II - Cape Lukull (northern latitude $44^{\circ}50.411'$, eastern longitude $033^{\circ}33.274'$), III - Cape Wai-Wai (northern latitude $44^{\circ}50.061'$, eastern longitude $033^{\circ}32.996'$)

Гидролого-гидрохимические исследования прибрежной акватории г. Севастополя выявили высокую обеспеченность среды кислородом, низкие значения БПК₅, окисляемости, концентрации минеральных форм азота и фосфора (Ryabushko et al., 2020). Концентрации биогенных веществ типичны для незагрязненных прибрежных вод, что согласуется со значениями индекса эвтрофикации ($E-TRIX = 1.44 - 2.20$), свидетельствующими, что воды акватории обладают низким трофическим уровнем. Во время исследований не было установлено влияние пресных вод рек Бельбек и Кача на распределение солёности. Вместе с тем известно, что на побережье от мыса Лукулл до мыса Сарыч функционируют 35 выпусков сточных вод различной степени очистки, а русла рек, расположенных на охраняемых территориях, зачастую принимают сточные воды организованных и неорганизованных источников (Gruzinov et al., 2019). В непосредственной близости от района исследования находятся канализационно-очистные сооружения (КОС «Маргопуло») и аварийные выпуски поселка Качи. В августе 2020 г., в районе мыса Лукулл было зарегистрировано существенное превышение предельно допустимой концентрации по БПК₅ (D'yakov et al., 2020). В это время воды рек Бельбек и Кача отличались высоким уровнем загрязнения металлами и нефтепродуктами. В поселке Андреевка (мыс Вай-Вай) в апреле 2017 г. запустили новые КОС, которые обеспечивали очистку стоков согласно требованиям природоохранного законодательства и минимизировали негативную нагрузку на окружающую среду посредством прекращения сброса загрязняющих веществ в Черное море. В поселках Песчаное и Угловое (мыс Тюбек) очистных сооружений нет, а трубы, выводящие стоки без очистки, часто прорываются. Очевидно, что дальнейшее наращивание объемов загрязнения может негативно сказаться на качестве среды обитания гидробионтов.

Гидробо­танические исследования проводили в июле 2020 г. с помощью легководо­лазного снаряжения и с применением маломерного судна. При отборе проб применяли метод трансект (разрезов), заложенных от границ буферной зоны памятника до нижней границы обитания водорослей. На глубинах 0.5, 1, 3, 5 и 10 м закладывали по четыре учетных рамки размером 25 x 25 см (Kalugina, 1969). Всего на трансектах были собраны 56 количественных и 20 качественных проб.

Видовой состав макрофитобентоса определяли с помощью базового определителя А.Д. Зиновой и с учетом современных таксономических ревизий (Zinova, 1967; Guiry et Guiry, 2021). При описании таксономической структуры привлекали сведения о пропорциях флоры. Для фитоиндикации среды рассчитывали коэффициент Ченя, а для определения принадлежности флоры к конкретной географической зоне – коэффициент Фельдманна (Cheney, 1977; Feldmann, 1937). Экологический состав идентифицировали в соответствии с классификацией водорослей, созданной с учетом таких показателей, как сапробность, встречаемость в Черном море, сроки вегетации и галобность видов (Kalugina-Gutnik, 1975). Для сравнения флоры на разных участках акватории применяли коэффициенты общности видов по Жаккару (K_j , %) и их встречаемости (R , %) (Mirkin et al., 1989). На базе данных о величине R рассчитывали индексы гомотонности фитоценона (J) и распределяли виды на группы постоянства (постоянные, добавочные, случайные) (Mirkin et al., 1989; Dajo, 1975).

Для выявления variability характеристик сообщества 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 ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во флоре ПАК обнаружен 61 вид макроводорослей 42 родов, 22 семейств, 16 порядков, 4 классов отделов Chlorophyta (Ch), Ochrophyta (Och), Rhodophyta (Rh). 57% видового состава приходится на Rh, 25% – на Ch и оставшееся – на Och. Видовое соотношение отделов на исследованной акватории совпадает с таковым во всем Черном море и свидетельствует о трехкратном преимуществе Rh (1Ch : 1Och : 3Rh). Приводим список видов, обнаруженных летом 2020 г. (табл. 1).

Таблица 1. Аннотированный список видов водорослей
Table 1. An annotated list of algae species

№	Таксон	Охранный документ	Мыс			R, %
			Вай-Вай	Лукулл	Тюбек	
CHLOROPHYTA Rchb. Ulvophyceae Mattox et K.D. Stewart Cladophorales Haeckel Cladophoraceae Wille <i>Chaetomorpha</i> Kütz.						
1	<i>Chaetomorpha linum</i> (O.F. Müll.) Kütz.		+	+	+	100
2	<i>Chaetomorpha aërea</i> (Dillwyn) Kütz.			+		33
<i>Cladophora</i> Kütz.						
3	<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kütz.		+	+	+	100
4	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kütz.		+	+	+	100
5	<i>Cladophora dalmatica</i> Kütz.	КкУ* (3)**	+	+	+	100
6	<i>Cladophora liniformis</i> Kütz.		+		+	67
7	<i>Cladophora sericea</i> (Huds.) Kütz.		+		+	67

Продолжение таблицы 1

№	Таксон	Охранный документ	Мыс			R,%
			Вай-Вай	Лукулл	Тюбек	
Ulvales F.F. Blackman et Tansley Ulvaceae J.V. Lamour. ex Dumort. <i>Ulva</i> L.						
8	<i>Ulva torta</i> (Mertens) Trevisan			+		33
9	<i>Ulva intestinalis</i> L.		+	+	+	100
10	<i>Ulva linza</i> L.		+	+	+	100
11	<i>Ulva rigida</i> C. Agardh.		+	+	+	100
12	<i>Ulva kylinii</i> (Bliding) H.S. Hayden, Blomster, Maggs, P.C. Silva, Stanhope et Waaland		+			33
Ulvellaceae Schmidle <i>Ulvella</i> P. Crouan et H. Crouan						
13	<i>Ulvella viridis</i> (Reinke) R. Nielsen, O'Kelly et B. Wysor	RDL	+			33
Cladophorales Haeckel Boodleaceae Børgesen <i>Cladophoropsis</i> Børgesen						
14	<i>Cladophoropsis membranacea</i> (Hofm. Bang ex C. Agardh) Børgesen	КкУ (3) КкК (5)	+	+	+	100
Bryopsidales J.H. Schaffner Bryopsidaceae Bory						
15	<i>Bryopsis plumosa</i> (Huds.) C. Agardh			+		33
OCHROPHYTA Caval.-Sm. Phaeophyceae Kjellm. Ectocarpales Bessey Acinetosporaceae G. Hamel ex Feldmann <i>Feldmannia</i> Hamel						
16	<i>Feldmannia lebelii</i> (Aresch. ex P. Crouan et H. Crouan) Hamel.		+	+		67
17	<i>Stilophora tenella</i> (Esper) P.C. Silva	КкРФ (2) КкУ (2) КкК (2) КкС (2)		+		33
Chordariaceae Grev. <i>Litosiphon</i> Harvey						
18	<i>Litosiphon laminariae</i> (Lyngb.) Harvey		+			33
<i>Striaria</i> Grev.						
19	<i>Striaria attenuata</i> (Grev.) Grev.		+		+	67

Продолжение таблицы 1

№	Таксон	Охранный документ	Мыс			R, %
			Вай-Вай	Лукулл	Тюбек	
Fucales Bory Sargassaceae Kütz. <i>Gongolaria</i> Boehmer						
20	<i>Gongolaria barbata</i> (Stackh.) Kuntze	КкК (2), RDL, RDB	+	+	+	100
21	<i>Ericaria crinita</i> (Duby) Molinari et Guiry	КкК (2), RDL, RDB	+	+	+	100
Sphacelariales Mig. Sphacelariaceae Decne. <i>Sphacelaria</i> Lyngb.						
22	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh		+	+	+	100
Cladostephaceae Oltm. <i>Cladostephus</i> C. Agardh						
23	<i>Cladostephus spongiosus</i> (Huds.) C. Agardh	КкУ (3) КкК (3)	+	+	+	100
Tilopteridales Bessey Cutleriaceae J.W. Griffith et A. Henfrey <i>Zanardinia</i> Nardo ex Zanard.						
24	<i>Zanardinia typus</i> (Nardo) P.C. Silva in Greuter		+	+		67
Sporochnales Sauvageau Sporochnaceae Grev. <i>Nereia</i> Zanard.						
25.	<i>Nereia filiformis</i> (J. Agardh) Zanard.	КкК (2), КкС (3)	+			33
Dictyotales Bory Dictyotaceae J.V. Lamour. ex Dumortier <i>Dictyota</i> J.V. Lamour.						
26	<i>Dictyota fasciola</i> (Roth) J.V. Lamour.			+		33
RHODOPHYTA Wettst. Florideophyceae Cronquist Acrochaetiales Feldmann Acrochaetiaceae Fritsch ex W.R. Taylor <i>Grania</i> (Rosenvinge) Kylin						
27	<i>Grania efflorescens</i> (J. Agardh) Kylin				+	33
<i>Acrochaetium</i> Näg						
28	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngb.) Näg. in Näg. et Cramer		+			33
Rhodochortonaceae <i>Rhodochorton</i> Näg						
29	<i>Rhodochorton purpureum</i> (Light.) Rosenv.	КкУ (3)	+			33

Продолжение таблицы 1

№	Таксон	Охранный документ	Мыс			R,%
			Вай-Вай	Лукулл	Тюбек	
Corallinales P.C. Silva et H.W. Johans. Corallinaceae J.V. Lamour. <i>Corallina</i> L.						
30	<i>Corallina officinalis</i> L.		+			33
<i>Ellisolandia</i> K.R. Hind et G.W. Saunders						
31	<i>Ellisolandia elongata</i> (J. Ellis et Solander) K.R. Hind et G.W. Saunde		+	+	+	100
<i>Hydrolithon</i> (Foslie) Foslie						
32	<i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V. Lamour.) Penrose et Y.M. Chamb.		+	+	+	100
<i>Pneophyllum</i> Kütz.						
33	<i>Pneophyllum confervicola</i> (Kütz.) Y.M. Chamb.		+			33
Hapalidiales W.A. Nelson, J.E. Sutherland, T.J. Farr et H.S. Yoon Hapalidiaceae J.E. Gray						
34	<i>Melobesia membranacea</i> (Esper) J.V. Lamour.		+			33
Gigartinales F. Schmitz Phylloporaceae Willk. <i>Phyllophora</i> Grev.						
35	<i>Phyllophora crista</i> (Huds.) P.S. Dixon	ККРФ (2) ККК (2) ККС (2) RDL, RDB	+	+	+	100
Ceramiales Nägeli Rhodomelaceae Horan. <i>Vertebrata</i> Gray						
36	<i>Vertebrata fucoides</i> (Huds.) Kuntze		+	+	+	100
37	<i>Vertebrata subulifera</i> (C. Agardh) Kuntze		+	+	+	100
<i>Carradoriella</i> P.C. Silva						
38	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) Savoie et G.W. Saunders		+		+	67
39	<i>Carradoriella elongata</i> (Huds.) Savoie et G.W. Saunders		+	+		67
<i>Polysiphonia</i> Grev.						
40	<i>Polysiphonia opaca</i> (C. Agardh) Moris et De Notaris			+	+	67
41	<i>Polysiphonia breviararticulata</i> (C. Agardh) Zanard.		+			33
42	<i>Polysiphonia stricta</i> (Mertens ex Dillw.) Grev.		+			33

Продолжение таблицы 1

№	Таксон	Охранный документ	Мыс			R,%
			Вай-Вай	Лукулл	Тюбек	
<i>Leptosiphonia</i> Kylin						
43	<i>Leptosiphonia brodiei</i> (Dillw.) Savoie et G.W. Saunders		+	+		67
<i>Chondria</i> C. Agardh						
44	<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodw.) C. Agardh		+	+	+	100
45	<i>Chondria capillaris</i> (Huds.) M.J. Wynne		+	+		67
<i>Laurencia</i> J.V. Lamour.						
46	<i>Laurencia obtusa</i> (Huds.) J.V. Lamour.	RDL	+	+	+	100
47	<i>Laurencia coronopus</i> J. Agardh	КкУ (3) КкК (2)	+	+	+	100
<i>Osmundea</i> Stackhouse						
48	<i>Osmundea pinnatifida</i> (Huds.) Stackhouse	КкУ (2) КкК (2)		+	+	67
49	<i>Osmundea hybrida</i> (A.P. de Candolle) K.W. Nam	КкУ (2) КкК (2)			+	33
Ceramiaceae Dumort. <i>Ceramium</i> Roth						
50	<i>Ceramium virgatum</i> Roth		+	+	+	100
51	<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightf.) Roth		+	+	+	100
52	<i>Ceramium ciliatum</i> (Ell.) Ducl.		+	+	+	100
Callithamniaceae Kütz. <i>Callithamnion</i> Lyngb.						
53	<i>Callithamnion corymbosum</i> (J.E. Smith.) Lyngb.		+	+	+	100
<i>Antithamnion</i> Näg.						
54	<i>Antithamnion cruciatum</i> (C. Agardh) Näg.		+	+	+	100
<i>Pterothamnion</i> Näg.						
55	<i>Pterothamnion plumula</i> (J. Ellis) Nägeli			+		33
Delesseriaceae Bory <i>Apoglossum</i> (J. Agardh) J. Agardh						
56	<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turn.) J. Agardh		+	+	+	100
Wrangeliaceae J. Agardh <i>Spermothamnion</i> Aresch.						
57	<i>Spermothamnion strictum</i> (C. Agardh) Ardissonne		+	+	+	100

Продолжение таблицы 1

№	Таксон	Охранный документ	Мыс			R,%
			Вай-Вай	Лукулл	Тюбек	
Gelidiales Kylin Gelidiaceae Kütz. <i>Gelidium</i> J.V. Lamour.						
58	<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon		+	+	+	100
59	<i>Gelidium spinosum</i> (S.G. Gmel.) P.C. Silva	RDL	+	+		67
<i>Parviphycus</i> Santelices						
60	<i>Parviphycus antipae</i> (Celan) B. Santelices			+		33
Compsopogonophyceae G.W. Saunders et Hommersand Erythropeltales Garbary, G.I. Hansen et Scagel Erythrotrichiaceae G.M. Smith <i>Erythrotrichia</i> Aresch.						
61	<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillw.) J. Agardh		+	+		67

Примечание: * 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: 2 – сокращающиеся в численности, 3 – редкие, 5 – восстанавливаемые и восстанавливающиеся

Note: * 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. ** category of conservation status: 2 – decreasing in numbers, 3 – rare, 5 – restorable and recoverable

Каждый четвертый вид имел природоохранный статус. Их основная часть (53%) относилась к Rh, меньше всего таких видов было среди Ch (13%). Наибольшее число видов упоминается в списках КкК и КкУ (табл. 2). Часть таксонов включена в международные охраняемые списки RDL и RDB, а также в КкС и КкРФ (Red..., 2015; Red..., 2008; Red..., 2018; Red..., 2009; Black..., 1997; Black..., 1999). Природоохранный статус большинства видов относится ко второй и третьей категориям.

Таблица 2. Флористический состав охраняемого фитокомплекса ПАК
Table 2. Floristic composition of the protected phytocomplex NAC

Охранный документ	Отдел			Число охраняемых видов
	Ch	Och	Rh	
КкК	1*	5	4	10
КкС	-	2	1	3
КкРФ	-	1	1	2
КкУ	2	2	4	8
RDL	1	2	2	5
RDB	-	2	1	3

Примечание: * – абсолютное число видов. *Note:* * – absolute number of species

Сопоставление пропорций таксонов у всего фитоценона и отделов показало, что они совпадают на уровне количественного соотношения порядков и семейств (табл. 3).

Таблица 3. Таксономическая характеристика макрофитобентоса ПАК
Table 3. Taxonomic characteristics of NAC macrophytobenthos

Отдел	Количество таксонов				Пропорции таксонов				
	п*	с	р	в	п:с:р:в	в/р	в/с	в/п	с/п
Ch	3	3	6	15	1:1:2:5	2.5	5.0	5.0	1.0
Och	6	8	11	11	1:1:2:2	1.0	1.4	1.8	1.3
Rh	7	11	25	35	1:1:3:5	1.4	3.2	5.0	1.6
Ценоз	16	22	42	61	1:1:3:4	1.4	2.8	3.8	1.4

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

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

Кроме того, сходство распространяется на надвидовые таксоны у Ch и Och, а также у Rh и всего сообщества. У Ch выявлена высокая видовая насыщенность родов, семейств и порядков. Для Rh характерно большое численное значение пропорций в/п и с/п. Среди отделов таксономическая структура Och является наиболее упрощенной.

В таблице 4 представлены данные о ранговом распределении таксонов макрофитобентоса ПАК. Основу таксономического разнообразия составляет ограниченное число надвидовых таксонов, в большинстве своем относящихся к Ch и Rh.

Таблица 4. Ранговое распределение таксонов в макрофитобентосе ПАК
Table 4. Rank distribution of taxa in NAC macrophytobenthos

Таксоны						
с высоким разнообразием видов				с высоким разнообразием родов		
ранг	порядки	семейства	роды	ранг	порядки	семейства
I	Ceramiales (21)	Rhodomelaceae (14)	<i>Ulva</i> (5) <i>Cladophora</i> (5)	I	Ceramiales (13)	Rhodomelaceae (7)
II	Cladophorales (8) Ulvales (6)	Ulvaceae (5) Ceramiaceae (7)	<i>Ceramium</i> (3) <i>Polysiphonia</i> (3)	II	Cladophorales (3) Corallinales (4) Acrochaetiales (3)	Ceramiaceae (5)
III	Ectocarpales (4) Corallinales (4)	Chordariaceae (3) Corallinaceae (3)	все остальные	III	все остальные	Cladophoraceae (3) Corallinaceae (3)

Примечание: в скобках число видов или родов

Note: the number of species or genus in parentheses

Значение коэффициента Фельдманна показывает, что макрофитобентос ПАК занимает промежуточное положение между растительностью субтропической и тропической зон (3.2), а, судя по величине индекса Ченя (5.8), среда обитания водорослей яв-

ляется средне загрязненной. Необходимо учесть, что полученное значение индекса Ченя близко к крайнему, после которого можно говорить о неблагоприятии экологической обстановки в данном районе. Среди обследованных участков последнее обстоятельство наиболее характерно для побережья мыса Тюбек.

Качественная характеристика макрофитобентоса может быть дополнена сведениями о встречаемости видов и степени сходства их комплексов на исследованных участках. Установлено, что встречаемость видов в акватории трех мысов изменяется от 33 до 100% и в среднем составляет 70%. В зависимости от величины коэффициента R виды были распределены на две группы постоянства. Виды с максимально высокой встречаемостью (100%) объединены в константную группу (ядро флоры) (рис. 2).

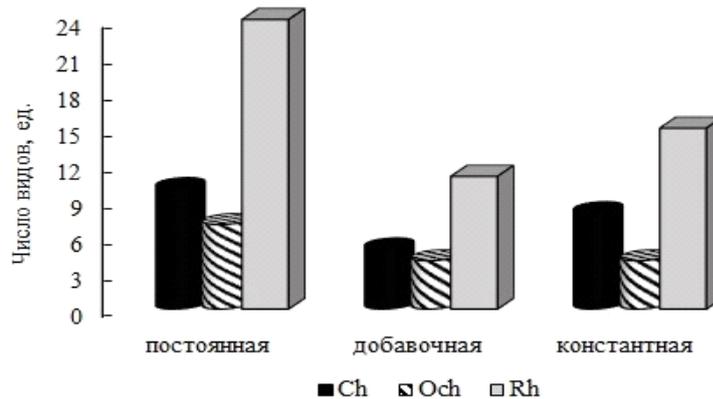


Рис. 2. Флористический состав групп постоянства
Fig. 2. Floristic composition of constancy groups

Постоянные виды с R выше 50% доминируют в каждом отделе. Количественное соотношение постоянной и добавочной групп выглядит как 2 постоянных вида : 1 добавочный. 44% видов с максимально высокой встречаемостью образуют константное ядро бентосной флоры. К ним относятся 8 видов зеленых, 4 вида бурых и 15 видов красных водорослей (рис. 2). По абсолютному числу константных видов отделы располагаются в порядке: Rh>Ch>Och. По относительному вкладу в формирование ядра флоры расположение отделов меняется на Ch>Rh>Och. Константные виды относятся к 12 экологическим группам из 13, известных для черноморского фитобентоса. Среди них разнообразнее всего представлены морская, ведущая, однолетняя, олигосапробная группы (55 – 70% видов). Преимущество однолетников над многолетниками выражено незначительно.

Величина коэффициента Жаккара варьирует от 55 до 66%. Его средняя величина свидетельствует о том, что видовой состав на участках различается на 40%. Качественная неоднородность особенно характерна видам Och, большинство которых проявляет высокую требовательность к условиям обитания ($K_j = 47\%$). Их различие наиболее проявляется при сопоставлении видовых списков в районе мысов Вай-Вай и Лукулл (58%), Вай-Вай и Тюбек (56%).

Видовое сходство Rh выше, чем у Och (среднее для участков значение $K_j = 58\%$), что наиболее заметно при попарном сравнении видов мыса Лукулл с видами на других участках (более 60%). На 50% не совпадает видовой состав у мысов Вай-Вай и Тюбек, что связано с различием условий обитания водорослей. Ch, по сравнению с Rh и Och, на всей акватории ПАК качественно более однороден. Значения коэффициента Жаккара для зеленых водорослей изменяются от 53 до 75%, достигая в среднем 65%. Скорее всего это связано с высокой экологической толерантностью большинства видов Ch. Среди них много общих видов обнаружено как на смежных участках (мыс Тюбек и мыс Лукулл), так и на разобщенных (мысы Вай-Вай и Тюбек).

Сходство видовой структуры отделов увеличивается в ряду: Ch > Rh > Och (65 – 58 – 47%). Родовое сходство макрофитобентоса мысов Вай-Вай и Тюбек составляет 60%, Вай-Вай и Лукулл – 66%, Тюбек и Лукулл – 73%. Значения индексов гомотонности структуры (J) свидетельствуют о том, что фитобентос на разных участках ПАК проявляет качественную неоднородность состава.

Исследования показали, что количественный максимум большинства параметров таксономической структуры приурочен к акватории мыса Вай-Вай, минимум – мыса Тюбек. Низкие показатели фиторазнообразия у мыса Тюбек и частично у мыса Лукулл могут быть обусловлены следующими причинами. Известно, что активизация оползневых процессов на участке от мыса Лукулл до мыса Тюбек, орографические и гидродинамические особенности района приводят к накоплению глинистых отложений, затрудняющих функционирование макроводорослей. Ниже 5 м формируется слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная песчаным грунтом, препятствующим закреплению пропагул водорослей. У мыса Тюбек обрывы отступают от уреза воды, образуя песчано-галечные пляжи, активно посещаемые отдыхающими.

Наименьшей пространственной однородностью отличается таксономический состав Och, наибольшей – Rh и весь фитоценоз (табл. 5).

Таблица 5. Параметры пространственной изменчивости таксономической структуры
Table 5. Parameters of the spatial variability of the taxonomic structure

Таксоны	Параметры изменчивости			
	min/max	$\bar{x}_{cp} \pm \sigma^*$	$C_v, \%^{**}$	тип
Chlorophyta				
Порядки	2/3	2.33±0.65	25	«верхняя» норма
Семейства	2/3	2.67±0.65	22	«нижняя» норма
Роды	4/5	4.67±0.65	12	«-»
Виды	10/12	11.00±1.13	9	«-»
Ochrophyta				
Порядки	3/5	4.33±1.31	27	«верхняя» норма
Семейства	4/7	6.00±1.96	29	«-»
Роды	5/9	7.33±2.36	28	«-»
Виды	5/9	7.33±2.36	28	«-»
Rhodophyta				
Порядки	5/7	5.67±1.31	20	«нижняя» норма
Семейства	8/11	9.00±1.96	19	«-»
Роды	16/21	18.67±2.85	13	«-»
Виды	21/29	25±4.53	16	«-»
Фитоценоз				
Порядки	10/14	12.33±2.36	17	«нижняя» норма
Семейства	14/21	17.67±3.97	20	«-»
Роды	25/35	30.67±5.81	17	«-»
Виды	36/50	43.33±7.95	16	«-»

Примечание: * $\bar{x}_{cp} \pm \sigma$ – среднее с доверительным интервалом, ** C_v – коэффициент вариации

Note: * $\bar{x}_{cp} \pm \sigma$ – mean with confidence interval, ** C_v – coefficient of variation

Пространственная изменчивость родового коэффициента у Ch по шкале Г.Н. Зайцева находится между «небольшой» и «нижненормальной», а у Och и всего сообщества она вовсе отсутствует. Таким образом, видовой состав макрофитобентоса ПАК в количест-

венном отношении однообразен и слабо меняется от участка к участку. Более выраженной является его качественная неоднородность, подтверждаемая значениями индексов гомотонности и коэффициента Жаккара.

Полученные авторами данные были сопоставлены с результатами подобных исследований ПАК у мыса Лукулл прошлых лет. В работе (Milchakova, 2003) представлены списки макрофитов для шести охраняемых объектов, среди которых и ПАК у мыса Лукулл. К сожалению, неизвестно к каким годам или году, сезонам или сезону, координатам и диапазону глубин относятся интересующие нас сведения. Это снижает степень корректности сравнительной процедуры, но позволяет уточнить имеющиеся списки видов. Сравнение таких списков, преобразованных с учетом современных таксономических ревизий, показало, что в июле 2020 г. в фитоценоне было зарегистрировано больше видов зеленых (на 6 видов), меньше красных (на 3 вида), бурых (на 12 видов) водорослей и их общего числа (на 9 видов). Не зная исходных условий проведения более ранних исследований, трудно судить о причинах такой трансформации видового состава. Доля общих видов для каждого отдела в сравниваемые периоды составляла 41 – 45%, а для всего сообщества – 44%. Родовое сходство отделов и всего фитоценона превышало видовое. У Ch, Rh и Och роды совпадали, соответственно, на 83%, 50% и 47%. Для всего фитоценона этот показатель равнялся 51%. 56% видов, среди которых преобладали красные водоросли, проявляли 100%-ную встречаемость в сравниваемые периоды. Вклад таких видов в состав каждого отдела был примерно одинаковым. Видовое соотношение отделов не совпадало (1Ch : 1Och : 3Rh – в 2020 г. и 1Ch : 3Och : 4Rh – в 1964 – 1989 гг.), но всегда свидетельствовало о преимущественном положении Rh и подчиненном – Ch.

В сравниваемые периоды произошла экологическая трансформация фитоценона. Увеличилась видовая представленность всех 12 экологических групп Ch и прежде всего редкой, однолетней, мезосапробной, солоноватоводно-морской и морской. Среди зеленых водорослей добавились по одному представителю солоноватоводной и полисапробной групп, являющихся индикаторами высокой степени распреснения и загрязнения окружающей среды. Среди красных водорослей возросло участие морских, сопутствующих, редких, однолетних и мезосапробных видов. Среди бурых водорослей стало существенно меньше морских, коротковегетирующих и особенно олигосапробных видов, что могло быть связано с наметившимся ухудшением экологической обстановки в акватории ПАК. В более поздней работе, опубликованной в 2019 г., для акватории «Прибрежного аквального комплекса у мыса Лукулл» приводятся сведения о количестве видов в фитоценозе с доминированием видов *Ericaria* и *Gongolaria* летом 2008 – 2017 гг. (Milchakova et al., 2019). Сравнение с нашими результатами показало совпадение числа видов зеленых водорослей и примерно одинаковый уровень показателя у других отделов. Общее число видов в 2020 г. стало больше на 4 таксона.

Обобщение имеющихся данных показало, что на текущий момент бентосная флора аквального комплекса у мыса Лукулл состоит из 93 видов (16 видов Ch, 25 – Och и 52 – Rh), а ее таксономическим лидером является Rhodophyta. Таким образом, было расширено и уточнено представление о современной фиторазнообразии охраняемой акватории, а полученные данные смогут стать базой для дальнейших мониторинговых мероприятий. Фитоиндикация экологического состояния среды, результаты которой подтверждены гидролого-гидрохимическими исследованиями, приводят к выводу о том, что антропогенный пресс в его разных формах остается реальной угрозой для природного биоразнообразия даже охраняемой территории.

ВЫВОДЫ

1. В бентосной флоре прибрежно-аквального комплекса у мыса Лукулл летом 2020 г. обнаружен 61 вид 43 родов, 22 семейств, 16 порядков, 4 классов Chlorophyta, Ochrophyta и Rhodophyta. С учетом ранее полученных данных флора охранной зоны включает 93 вида.

2. Четверть зарегистрированных видов имеет природоохранный статус второй и третьей категорий. Большинство видов занесено в Красные книги Крыма и Украины, часть видов включена в международные охраняемые списки Black Sea Red Data List и Black Sea Red Data Book, а также в Красные книги Севастополя и РФ.

3. Основу таксономического разнообразия флоры охраняемой акватории составляет ограниченное число надвидовых таксонов. У Chlorophyta отмечена высокая видовая насыщенность надвидовых таксонов, у Rhodophyta – порядков и семейств. Среди отделов таксономическая структура Ochrophyta является наиболее упрощенной.

4. Средняя встречаемость видов в акватории мысов достигает 70%. Доминирует группа постоянных видов (R более 50%), разнообразие которой вдвое выше, чем добавочной. Константное ядро флоры включает 44% видов.

5. Степень сходства видового состава ценоза на трех участках превышает 50%. Качественная неоднородность видовых комплексов отделов уменьшается в ряду Och > Rh > Ch. Неоднородность структуры фитобентоса ПАК подтверждена индексами гомотонности.

6. Количественный максимум большинства таксономических параметров фитобентоса приурочен к мысу Вай-Вай, минимум – к мысу Тюбек. Таксономический состав Rhodophyta, фитоценона и родовой коэффициент в пространстве меняются слабо, у Ochrophyta такой процесс протекает интенсивнее, но без превышения биологической нормы.

7. Сравнение списков видов показало, что спустя более полувека увеличилось видовое разнообразие зеленых водорослей и уменьшилось – красных и всего фитоценона. Доля общих и константных видов в отделах в сравниваемые периоды составляет примерно 50%. Видовое соотношение отделов изменилось, но неизменно отражает лидирующее положение Rhodophyta и подчиненное – Chlorophyta.

8. Экологическая трансформация фитоценона сопровождалась увеличением видовой насыщенности всех экогрупп Chlorophyta и Rhodophyta и среди них мезосапробной и солоноватоводно-морской, успешно развивающихся в условиях со средней степенью распреснения и загрязнения. Состав Chlorophyta пополнился видами солоноватоводной и полисапробной групп, что также свидетельствовало о наметившейся тенденции ухудшения экологической обстановки в акватории памятника природы. Возможно, по этой же причине разнообразие Ochrophyta снизилось за счет морских, коротковегетирующих и особенно олигосапробных видов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации 121030300149-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 22.03.2021]

[Cadastral...] Кадастровый отчет по ООПТ гидрологический памятник природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл». <http://oopt.aari.ru/oopt/Прибрежный-аквальный-комплекс-у-мыса-Лукулл> [Дата обращения 20.05.2021].

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

Coad L., Watson J.E., Geldmann J., Burgess N.D., Leverington F., Hockings M., Knights K., Marco M. 2019. Widespread shortfalls in protected area resourcing undermine efforts to conserve biodiversity. — *Frontiers in Ecology and the Environment*. 17(5): 259–264. <https://doi.org/10.1002/fee.2042>

[Dajo] Дажо Р. 1975. Основы экологии. М. Прогресс. 245 с.

[D'yakov et al.] Дьяков Н.Н., Мальченко Ю.А., Липченко А.Е., Боброва С.А., Тимошенко Т.Ю. 2020. Гидролого-гидрохимические характеристики прибрежных вод Крыма и необходимые мероприятия по снижению уровня загрязнения рекреационных зон. — *Труды ГОИН*. 221: 163–194.

Feldmann J. 1937. Recherches sur la Végétation Marine de la Méditerranée - La Côte des Albères. — *Revue Algology*. 10: 1–339.

Fernández C.G., Paulo D., Serrão E.A., Engelen A.H. 2016. Limited differences in fish and benthic communities and possible cascading effects inside and outside a protected marine area in Sagres (SW Portugal) — *Journal Marine Environmental Research*. 114: 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.12.003>

[Goryachkin et al.] Горячкин Ю.Н., Федоров А.П., Долотов В.В., Удовик В.Ф. 2020. Природные условия и антропогенное изменение береговой зоны в районе пос. Кача. — *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. 4: 5–21. doi:10.22449/2413-5577-2020-4-5-21

[Goryachkin] Горячкин Ю.Н. (Ред.) 2015. Современное состояние береговой зоны Крыма. Севастополь. 252 с.

[Gruzinov et al.] Грузинов В.М., Дьяков Н.Н., Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А., Жохова Н.В., Коршенко А.Н. 2019. Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района. — *Океанология*. 59(4): 579–590. <https://doi.org/10.31857/S0030-1574594579-590>

Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org>. [Date accessed 20.09 2021].

Johnson N.C. 1995. Biodiversity in the balance: Approaches to Setting Geographic Conservation Priorities. Biodiversity Support Program: Washington. 116 p.

[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.

[Kalugina-Gutnik et al.] Калугина-Гутник А.А., Куликова, Н.М., Лачко О.А. 1967. Качественный состав и количественное распределение фитобентоса в Каркинитском заливе. — В кн.: *Донные биоценозы и биология бентосных организмов Черного моря*. Киев. С. 112–130.

[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>

[Mirkin et al.] Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. 1989. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М. 223 с.

Öztürk B., Fach B., Keskin C., Arkin S., Topaloğlu B., Öztürk A. 2017. Prospects for Marine Protected Areas in the Turkish Black Sea — In: Management of Marine Protected Areas. P. 247–262. DOI: 10.1002/9781119075806.ch13

[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). 2008. М. 885 с.

[Red...] Червона книга України. Рослинний світ. 2009. Київ. 912 с.

[Ryabushko et al.] Рябушко В.И., Щуров С.В., Ковригина Н.П., Лисицкая Е.В., Попелова Н.В. 2020. Комплексные исследования экологического состояния прибрежной акватории Севастополя (Западный Крым, Черное море). — Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 1: 103–118. DOI: 10.22449/2413-5577-2020-1-103-118

[Sadogursky et al.] Садогурский С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.А. 2019. Макрофиты прибрежно-морских акваторий природных заповедников Крымского полуострова (Черное и Азовское моря). — *Algologia*. 29(3): 322–351. <https://doi.org/10.15407/alg29.03.322>

[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.

HYDRO-BOTANICAL STUDIES OF THE PROTECTED WATER AREA OF THE WESTERN CRIMEA (BLACK SEA)

© 2021 I.K. Evstigneeva*, I.N. Tankovskaya**

*A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas
of the Russian Academy of Sciences*

2, Nakhimov Avenue, Sevastopol, 299011, Russia

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

Abstract. Crimea is the world center of wild plant diversity. Objects of the reserve fund are located along its banks. With an increase in anthropogenic impact on protected marine objects, their biodiversity is decreasing. There is a need to make forecasts of the impact on the coastal zone. Forecasts should be based on the results of long-term observations. In the water area of the natural monument «Coastal Aquatic Complex at Cape Lucull», such observations were carried out sporadically in the middle of the twentieth century. Information on the floristic composition of the site is scarce. The aim of the work was to study the composition, structure, occurrence of species and spatial variability of the macroflora collected from three sites of the monument. Hydrobotanical research was carried out in the summer of 2020. Samples were taken by a diver on three transects at a depth of 0.5, 1, 3, 5 and 10 m. A list of 61 species of Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta has been compiled. A quarter of the species have a conservation status. The flora is based on a limited number of supraspecific taxa. The taxonomic structure of Ochrophyta is the most simplified. The constant core of the flora includes 44% of the species. The maximum of most taxonomic parameters of phytobenthos is associated with Cape Vai-Vai, and the minimum with Cape Tyubek. After half a century, the species diversity of Chlorophyta has increased, Rhodophyta and phytocene has decreased. The ecological transformation of the phytocene is accompanied by an increase in the species rich-

ness of the Chlorophyta and Rhodophyta ecogroups, especially the mesosaprobic and brackish-water-marine ones. Chlorophyta was replenished with brackish and polysaprobic species; in Ochrophyta, the diversity of the marine, short-growing and oligosaprobic groups decreased, which indicated the deterioration of the ecological situation in the studied area. Based on the studies carried out, a list of species was compiled, the level of taxonomic diversity and parameters of spatial variability of the community of the protected water area were determined.

Key words: the Black Sea, the Sevastopol, specially protected natural areas, macrophytobenthos, species composition, occurrence, variability.

For citation: 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

Submitted: 30.10.2021. **Accepted for publication:** 15.11.2021.

ACKNOWLEDGMENTS

The work was performed as a part of the state assignment of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences (Project No 121030300149-0).

REFERENCES

- 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> [Date accessed 22.03.2021]
- Cadastral report on protected areas hydrological natural monument of regional significance «Coastal aquatic complex at Cape Lucullus». [online] Available at: <http://oopt.aari.ru/oopt/Прибрежный-аквальный-комплекс-у-мыса-Лукулл> [Date accessed 20.05.2021] (In Russ.).
- Cheney D.T. 1977. R + C/P anew and improved ratio for comparing seaweed floros. — *Journal Phycology*. V. 13(2): 12.
- Coad L., Watson J.E., Geldmann J., Burgess N.D., Leverington F., Hockings M., Knights K., Marco M. 2019. Widespread shortfalls in protected area resourcing undermine efforts to conserve biodiversity — *Frontiers in Ecology and the Environment*. V. 17(5): 259–264. <https://doi.org/10.1002/fee.2042>
- Dajo R. 1975. *Fundamentals of Ecology*. Moscow. Progress. 245 p. (In Russ.).
- Dyakov N.N., Malchenko Y.A., Lipchenko A.E., Bobrova S.A., Timoshenko T.Y. 2020. Hydrological and hydrochemical characteristics of the coastal waters of the Crimea and the necessary measures to reduce the level of pollution of recreational areas. — *Proceedings of GOIN*. 221: 163–194. (In Russ.).
- Feldmann J. 1937. *Recherches sur la Végétation Marine de la Méditerranée - La Côte des Albères*. — *Revue Algology*. V. 10: 1–339.
- Fernández C.G., Paulo D., Serrão E.A., Engelen A.H. 2016. Limited differences in fish and benthic communities and possible cascading effects inside and outside a protected marine area in Sagres (SW Portugal) — *Journal Marine Environmental Research*. 114: 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.12.003>
- Goryachkin Yu.N., Fedorov A.P., Dolotov V.V., Udovik V.F. 2020. Natural conditions and anthropogenic changes in the coastal zone in the area of Kacha village — *Ecological safety of the coastal and shelf zones of the sea*. 4: 5–21. doi: 10.22449 / 2413-5577-2020-4-5-21 (In Russ.).

- Goryachkin Yu.N. (Ed.) 2015. The current state of the coastal zone of Crimea. Sevastopol: EKOSI- Hydrophysics. 252 p. (In Russ.).
- Gruzinov V.M., Diakov N.N., Mezentseva I.V., Malchenko Y.A., Zhokhova N.V., Korshenko A.N. 2019. Sources of pollution in coastal waters of the Sevastopol region — *Oceanology*. 59(4): 579–590. <https://doi.org/10.31857/S0030-1574594579-590> (In Russ.).
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org>. [Date accessed 20.09 2021].
- Johnson N.C. 1995. Biodiversity in the balance: Approaches to Setting Geographic Conservation Priorities. Biodiversity Support Program: Washington. 116 p.
- 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.).
- Kalugina-Gutnik A.A., Kulikova N.M., Lachko O.A. 1967. Qualitative composition and quantitative distribution of phytobenthos in the Karkinitzky Bay. — In: *Bottom biocenoses and biology of benthic organisms of the Black Sea*. Kiev. P. 112–130. (In Russ.).
- Milchakova N.A. 2003. *Macrophytobenthos*. — In: *The Current State of Biodiversity of Coastal Waters of Crimea (Black Sea sector)*. Ed. by Eremeev 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.).
- Mirkin B.M., Rosenberg G.S., Naumova L.G. 1989. *Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology*. Moscow. 223 p. (In Russ.).
- Öztürk B., Fach B., Keskin C., Arkin S., Topaloğlu B., Öztürk A. 2017. Prospects for Marine Protected Areas in the Turkish Black Sea. — In: *Management of Marine Protected Areas*. P. 247–262. DOI: 10.1002/9781119075806.ch13
- Red 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). 2008. Moscow. 885 p. (In Russ.).
- Red Book of Ukraine. Flora. 2009. Kyiv. 912 p. (In Ukr.).
- Ryabushko V.I., Shchurov S.V., Kovrigina N.P., Lisitskaya E.V., Pospelova N.V. 2020. Comprehensive studies of the ecological state of the coastal water area of Sevastopol (Western Crimea, Black Sea). — *Ecological safety of the coastal and shelf zones of the sea*. 1: 103–118. DOI: 10.22449 / 2413-5577-2020-1-103-118 (In Russ.).
- Sadogursky S.E., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. 2019. Macrophytes of coastal marine areas of natural reserves of the Crimean peninsula (Black and Azov seas) — *Algologia*. 29(3): 322–351. <https://doi.org/10.15407/alg29.03.322> (In Russ.).
- 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.).