
**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ
И ЕГО СОХРАНЕНИЕ**

УДК 582.26/.27-152.632(262.5)

DOI: [10.21072/eco.2024.09.1.01](https://doi.org/10.21072/eco.2024.09.1.01)

**МАКРОВОДОРОСЛИ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ
КРЫМА: ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ***

Евстигнеева И. К., Танковская И. Н.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: ikevstigneeva@gmail.com

Аннотация: Изучены видовой состав, таксономическая структура, экологическое разнообразие и батиметрическая изменчивость донных и перифитонных водорослей в акватории мыса Киик-Атлама на юго-восточном побережье Крыма, включающей бухты Двужорную и Провато, в разные годы. Составлен аннотированный список из 48 видов водорослей (27 видов красных, 12 — зелёных и 9 — бурых). Из них 28 видов произрастают в бухте Двужорной и 38 видов (с учётом фитоперифитона) — в бухте Провато. На исследованных участках акватории обитают 10 видов с охранным статусом. В обеих бухтах на разных глубинах доминируют Rhodophyta и роды, представленные одним видом. Наибольшее число видов характерно для ведущей, одно- и многолетней, олигосапробной и морской экогрупп. Таксономический состав альгофлоры в бухтах отличается незначительно, но в пределах каждого участка для неё характерна батиметрическая неоднородность. Сравнительный анализ выявил достаточно высокое сходство альгофлоры на разных участках исследованной акватории, обусловленное принадлежностью фитоценозов к одной и той же ассоциации, а также различие, связанное с локальными особенностями среды обитания. В обрастании бетонного субстрата участвовали 26 видов (76 % от числа видов в фитобентосе бухты Провато). Фитоперифитон, подобно фитобентосу, характеризовался низким родовым коэффициентом, но при этом отличался высокой видовой насыщенностью родов у Chlorophyta, семейств и порядков — у Rhodophyta. В бухте Двужорной в смежные годы проявлялось незначительное различие в числе видов и родов и более заметное несоответствие друг другу видовых пропорций отделов, которые к концу наблюдений демонстрировали возрастание роли Rhodophyta и Chlorophyta. Качественные отличия в смежные годы выражены сильнее количественных, что подтверждает низкий коэффициент Жаккара (30 %). Долгопериодные изменения бентосной флоры в бухте Провато сопровождались увеличением общего числа видов, видового разнообразия Rhodophyta и Chlorophyta.

Ключевые слова: Чёрное море, Крым, макроводоросли, виды, экологическая структура, изменчивость

Введение

Получение достоверных данных об объектах охраны (теоретический аспект), разработка и реализация мер по их охране (практический аспект) являются необходимыми условиями сохранения биоразнообразия на суше и в море [Селиванова, 2004]. Нередко реализация указанной проблемы начинается с заповедования тех или иных участков при отсутствии полных и точных сведений

*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).

об объекте охраны. Нехватка базовых данных или даже недостаточная изученность территорий, игнорирование обязательной в данном случае организации долгопериодных наблюдений за происходящими процессами могут представлять угрозу сохранению биологического разнообразия вообще и макрофитов в частности как на локальном, так и на региональном уровнях. К числу таких объектов относится акватория мыса Киик-Атлама. Мыс и его акватория являются частью центра рекреации юго-восточного Крыма и одновременно — важным центром сохранения биологического и ландшафтного разнообразия Крыма [Костенко, 1997]. Совмещение двух функций вынуждает внимательно относиться к исследованию экосистем региона, постоянно осуществлять мониторинг антропогенного давления на природные биоценозы и процессы их трансформации [Зайцев, Поликарпов, 2002].

К настоящему моменту видовой состав донных макроводорослей, выполняющих ключевую роль в функционировании шельфовых экосистем, в акваториях юго-восточного побережья изучен неравномерно [Костенко, Евстигнеева, Танковская, 2018]. Наиболее полные сведения касаются водорослей в районе Карадага. В последние десятилетия фрагментарные данные получены и о водорослях других районов побережья, в частности бухты Провато. О бухте Двужкорной, омывающей с водами бухты Провато мыс Киик-Атлама, такие сведения вовсе отсутствуют.

Акватории обеих бухт характеризуются сходством и отличием условий обитания донных и перифитонных водорослей. Бухта Двужкорная располагается между мысом Святого Ильи на северо-востоке и мысом Киик-Атлама на юго-западе. Берега возвышенные и обрывистые, отличаются высокой степенью изрезанности. Для этой части юго-восточного побережья характерны такие процессы, как абразия, оползни, обвалы, существует угроза землетрясения [Игнатов, Орлова, Санин, 2014]. С севера бухту окаймляет хребет Тепе-Оба, в северо-западном направлении тянется высокий хребет Биюк-Янышар. Между хребтами к бухте ведёт долина, по которой весной к морю стекают талые воды и осадки с гор. Пляж галечно-валунный. Бухта относится к открытому типу и практически не подвержена техногенному загрязнению. Содержание поллютантов, способных оказывать воздействие на видовое богатство и продукционные характеристики бентосных водорослей, в рыхлых грунтах бухты близки к аналитически нулевым значениям (кроме солей Mn и Zn), что подтверждает экологическую чистоту ранее закрытой для посещения акватории [Неврова, Петров, 2016]. Значительная часть её берегов используется слабо (освоены 5–10 % от общей длины береговой линии), и в основном неорганизованными рекреантами [Игнатов, Орлова, Санин, 2014]. Здесь нет крупных поселений, слабо развито транспортное и сельскохозяйственное природопользование.

Бухта Провато располагается между посёлком Коктебель и городом Феодосией, ограничена Пятым мысом и мысом Киик-Атлама, а с севера — мысом Джан-Хуторан. Бухта соседствует с Двужкорной и Тихой бухтами. Степень расчленённости рельефа, по сравнению с бухтой Двужкорной, заметно сниженная, многие склоны террасированы. Для этой части берега характерны те же динамические процессы, что и для бухты Двужкорной. Пляжи бухты Провато в основном песчаные или галечные. Часть берега бухты занята набережной, а склон, ведущий к урезу моря, укреплен бетонными плитами. Такие искусственные сооружения и субстраты активно заселяются водорослями, вносящими свой вклад в поддержание разнообразия биоты бухты. Инфраструктура расположенного здесь посёлка Орджоникидзе ориентирована на решение туристско-рекреационных задач [Долотов, Иванов, 2007]. Кроме рекреации и пешеходного туризма здесь имеет место селитебное природопользование.

Учитывая недостаточность или даже отсутствие сведений о макроводорослях данного участка юго-восточного Крыма, нами были организованы новые гидрботанические исследования в акваториях обеих бухт. Цель таких исследований — выявление флористического состава и структурной организации растительных сообществ в прибрежной акватории обеих бухт. Для реализации

поставленной цели были сформулированы следующие задачи: 1) определить видовой состав макрководорослей района исследований в современных условиях; 2) провести таксономический и экологический анализы макрководорослей бентоса в бухте Двужкорной, а также бентоса и перифитона в бухте Провато с выделением их количественных и качественных особенностей в разные периоды.

Статья по обозначенной тематике позволит уточнить и расширить представления о современном состоянии макрководорослей на морских участках, подверженных всё возрастающему антропогенному давлению. Анализ полученных данных в дальнейшем даст возможность оценить направленность коротко- и долгопериодных изменений морских растительных сообществ одного из районов юго-восточного Крыма.

Материалы и методы

Отбор проб бентосных макрководорослей проводили на глубинах 0,2–0,5 м на станциях в бухтах Двужкорной и Провато по стандартной гидрботанической методике, в летний период, в четырёхкратной повторности, с применением учётных площадок размером 25 x 25 см [Калугина-Гутник, 1969]. Одновременно пробы собирали на бетонных плитах в центральной части бухты Провато (рис. 1). Первичную обработку альгологического материала проводили в лаборатории, где определяли видовой состав водорослей с помощью базового определителя А. Д. Зиновой и с учётом современных таксономических ревизий [Зинова, 1967; Guiry M., Guiry G., 2024]. При описании таксономической структуры привлекали сведения о пропорциях флоры. Для фитоиндикации среды рассчитывали индекс Ченя, а для определения принадлежности флоры к конкретной географической зоне — коэффициент Фельдманна [Cheney, 1977; Feldmann, 1938]. Экологический состав идентифицировали в соответствии с классификацией водорослей, созданной с учётом таких показателей, как сапробность, встречаемость в Чёрном море, сроки вегетации и галобность видов [Калугина-Гутник, 1975]. Для сравнения флоры на разных участках акватории применяли коэффициенты общности видов по Жаккару (K_j , %) и их встречаемости (R , %) [Миркин, Розенберг, Наумова, 1989].

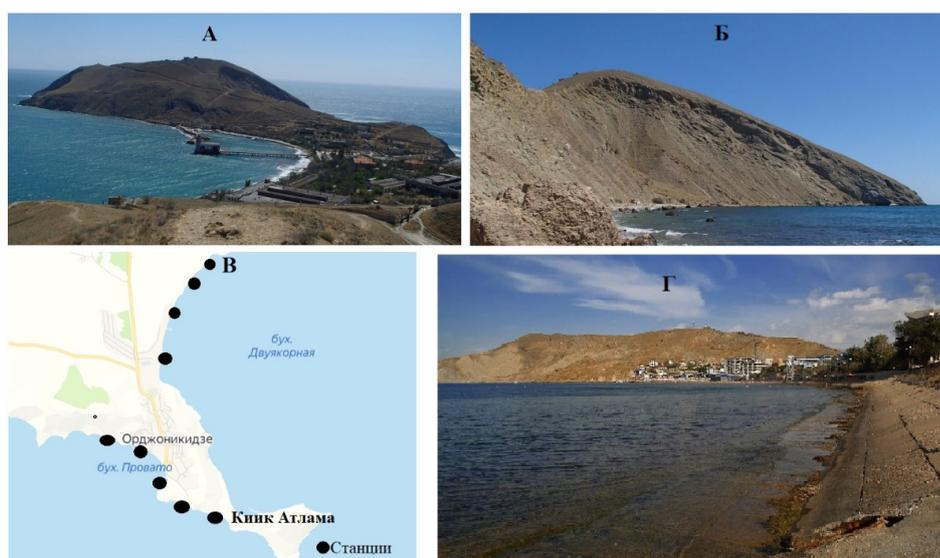


Рис. 1. Районы исследования: А — бухта Двужкорная, Б — бухта Провато у мыса Киик-Атлама, В — карта-схема отбора станций, Г — бухта Провато, искусственный субстрат

Результаты и обсуждения

Общая характеристика макроводорослей района исследований. За период исследований с 2007 по 2023 г. в акваториях мыса Киик-Атлама обнаружены макроводоросли 48 видов, в том числе 27 видов красных (Rhodophyta — Rh), 12 видов зелёных (Chlorophyta — Ch) и 9 видов бурых (Heteroscontophyta — Het) (табл. 1). Из них 28 видов произрастали в бухте Двужкорной и 38 (с учётом фитоперифитона) — в бухте Провато.

На исследованных участках акватории обитают 10 видов, нуждающихся в особой охране. Они внесены в Красные книги Российской Федерации, Украины, Крыма, города Севастополя и международные списки — Black Sea Red Data List и Black Sea Red Data Book [Красная книга Российской Федерации ... , 2008; Червона книга ... , 2009; Красная книга Республики Крым ... , 2015; Красная книга города Севастополя, 2018; Black Sea Red Data List; Dumont, 1999]. В их число входят: зелёные водоросли — один, бурые — четыре, красные — пять видов, что составляет почти четверть (21 %) видового состава в районе исследований.

Таблица 1

Видовой состав макроводорослей бентоса и перифитона у мыса Киик-Атлама

№	Таксон	Районы		
		Бухта Провато		Бухта Двужкорная
		Субстрат		
		1*	2**	1
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.	+	–	–
<i>Cladophora</i> Kütz.				
2	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kütz.	+	+	+
3	<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillw.) Kütz.	–	–	+
4	<i>Cladophora vadorum</i> (Aresch.) Kütz.	–	–	+
Boodleaceae Børgesen <i>Cladophoropsis</i> Børgesen				
5	<i>Cladophoropsis membranacea</i> (Bang ex C. Agardh) Børgesen (KKY)***	+	+	+
Ulvales F.F. Blackman et Tansley Ulvaceae J.V. Lamour. ex Dumort. <i>Ulva</i> L.				
6	<i>Ulva rigida</i> C. Agardh.	–	+	+
7	<i>Ulva intestinalis</i> L.	+	+	+
8	<i>Ulva linza</i> L.	–	+	–
9	<i>Ulva prolifera</i> O.F. Müll.	+	+	–
10	<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen	–	–	+
Ulvellaceae Schmidle <i>Ulvella</i> P. Crouan et H. Crouan				
11	<i>Ulvella scutata</i> (Reinke) R. Nielsen, O’Kelly et B. Wysor	+	–	–

Продолжение на следующей странице...

МАКРОВОДОРОСЛИ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА:
ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

№	Таксон	Районы		
		Бухта Провато		Бухта Двужорная
		Субстрат		
		1*	2**	1
	Bryopsidales J.H. Schaffn. Codiaceae Stackhouse <i>Codium</i> Stackhouse			
12	<i>Codium vermilara</i> (Olivi) Delle Chiaje	+	-	-
Число видов Ch — 12		7	6	7
	Heterokontophyta Moestrup, R.A. Andersen et Guiry Phaeophyceae Kjellm.			
	Fucales Bory Sargassaceae Kütz. <i>Gongolaria</i> Boehmer			
13	<i>Gongolaria barbata</i> (Stackhouse) Kuntze (КкК, RDL, RDB)	+	+	+
	<i>Ericaria</i> Stackhouse			
14	<i>Ericaria crinita</i> (Duby) Molinari et Guiry (КкК, RDL, RDB)	+	+	+
	Sphacelariales Mig. Cladostephaceae Oltm. <i>Cladostephus</i> C. Agardh			
15	<i>Cladostephus spongiosus</i> (Huds.) C. Agardh (КкУ)	+	+	+
	Sphacelariaceae Decne. <i>Sphacelaria</i> Lyngb.			
16	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh	+	+	+
17	<i>Sphacelaria nana</i> Nägeli ex Kützing	-	-	+
	Dictyotales Bory Dictyotaceae J.V. Lamour. ex Dumortier <i>Dictyota</i> J.V. Lamour.			
18	<i>Dictyota fasciola</i> (Roth) J.V. Lamour.	+	+	+
	<i>Padina</i> Adanson			
19	<i>Padina pavonica</i> (L.) Thivy	+	+	-
	Ectocarpales Bessey Chordariaceae Grev. <i>Stilophora</i> J. Agardh			
20	<i>Stilophora tenella</i> (Esper) P.C. Silva (КкРФ, КкК, КкС, КкУ)	+	-	-
	<i>Corynophlaea</i> Kütz.			
21	<i>Corynophlaea umbellata</i> (C. Agardh) Kütz.	+	+	-
Число видов Het — 9		8	7	6
	RHODOPHYTA Wettst. Florideophyceae Cronquist Ceramiales Nägeli Rhodomelaceae Horan. <i>Vertebrata</i> Gray			
22	<i>Vertebrata subulifera</i> (C. Agardh) Kuntze	+	+	+
	<i>Carradoriella</i> P.C. Silva			
23	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillw.) Savoie et G.W. Saunders (КкК)	+	-	-
24	<i>Carradoriella elongata</i> (Huds.) Savoie et G.W. Saunders	-	+	-
	<i>Polysiphonia</i> Grev.			
25	<i>Polysiphonia opaca</i> (C. Agardh) Moris et De Not.	+	+	-
	<i>Laurencia</i> J.V. Lamour.			
26	<i>Laurencia coronopus</i> J. Agardh (КкК, КкУ)	+	+	+

Продолжение на следующей странице...

№	Таксон	Районы		
		Бухта Провато		Бухта Двужкорная
		Субстрат		
		1*	2**	1
27	<i>Laurencia obtusa</i> (Huds.) J.V. Lamour (RDL)	+	–	+
<i>Chondria</i> C. Agardh				
28	<i>Chondria capillaris</i> (Huds.) M.J. Wynne	+	+	–
<i>Palisada</i> K.W. Nam				
29	<i>Palisada thuyoides</i> (Kütz.) Cassano, Senties, Gil-Rodríguez et M.T. Fujii	+	+	–
<i>Brongniartella</i> Bory				
30	<i>Brongniartella byssoides</i> (Goodenough et Woodward) F. Schmitz	+	+	–
Ceramiaceae Dumort. <i>Ceramium</i> Roth				
31	<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightf.) Roth	+	+	+
32	<i>Ceramium virgatum</i> Roth	+	+	–
33	<i>Ceramium ciliatum</i> (Ell.) Ducl.	+	+	+
34	<i>Ceramium secundatum</i> Lyngb.	–	+	+
Callithamniaceae Kütz. <i>Callithamnion</i> Lyngb.				
35	<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngb.	+	–	–
Wrangeliaceae J. Agardh <i>Spermothamnion</i> Aresch.				
36	<i>Spermothamnion strictum</i> (C. Agardh) Ardiss.	–	–	+
Delesseriaceae Bory <i>Dasya</i> C. Agardh				
37	<i>Dasya apiculata</i> (C. Agardh) J. Agardh	–	–	+
38	<i>Dasya pedicellata</i> (C. Agardh) C. Agardh	+	–	+
<i>Gelidiales</i> Kylin Gelidiaceae Kützing <i>Gelidium</i> J.V. Lamour.				
39	<i>Gelidium spinosum</i> (S.G. Gmel.) P.C. Silva (RDL)	+	–	–
40	<i>Gelidium crinale</i> (Hare et Turner)	+	–	+
Rhodymeniales F. Schmitz Lomentariaceae Willkomm <i>Lomentaria</i> Lyngb.				
41	<i>Lomentaria clavellosa</i> (Lightfoot ex Turner) Gaillo	–	+	–
Gigartinales F. Schmitz Phylloporaceae Willk. <i>Phyllophora</i> Grev.				
42	<i>Phyllophora crispa</i> (Huds.) P.S. Dixon (ККРФ, ККК, ККС, RDL, RDB)	+	–	+
Corallinales P.C. Silva et H.W. Johans. Corallinaceae J.V. Lamour. <i>Corallina</i> L.				
43	<i>Corallina officinalis</i> L.	+	–	–
<i>Ellisolandia</i> K.R. Hind & G.W. Saunders				
44	<i>Ellisolandia elongata</i> (J. Ellis et Solander) K.R. Hind et G.W. Saunders	–	–	+
Hydrolithaceae R.A. Townsend et Huisman <i>Hydrolithon</i> (Foslie) Foslie				
45	<i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V. Lamour.) Penrose et Y.M. Chamb.	+	–	+

Продолжение на следующей странице...

№	Таксон	Районы		
		Бухта Провато		Бухта Двужорная
		Субстрат		
		1*	2**	1
Acrochaetiales Feldmann Acrochaetiaceae Fritsch ex W.R. Taylor <i>Acrochaetium</i> Näg.				
46	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngb.) Näg.	–	+	+
Nemaliales F. Schmitz Nemaliaceae De Toni et Levi <i>Nemalion</i> Duby				
47	<i>Nemalion elminthoides</i> (Vellay) Batters	+	–	–
Compsopogonophyceae G.W. Saunders et Hommersand Erythropeltales Garbary, G.I. Hansen et Scagel Erythrotrichiaceae G.M. Smith <i>Erythrotrichia</i> Aresch.				
48	<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillw.) J. Agardh	–	–	+
Число видов Rh — 27		19	13	15
Всего видов — 48		34	26	28

Примечание: 1* — естественный, 2* — искусственный; *** — Красная книга РФ (КкРФ), Красная книга Украины (КкУ), Красная книга Крыма (КкК), Красная книга Севастополя (КкС), Black Sea Red Data List (RDL), Black Sea Red Data Book (RDB).

Таксономическим и флористическим лидером являются красные водоросли, на долю которых приходится 53 % порядков, 60 % семейств, 59 % родов и 56 % видов. Зелёные водоросли по наличию видов занимают второе место, а по разнообразию надвидовых таксонов они уступают не только красным, но и бурым водорослям (табл. 2). Наиболее многочисленными являются роды *Cladophora*, *Ulva* и *Ceramium*. Остальные роды представлены одним видом, реже двумя. Соотношение между количеством красных и бурых водорослей указывает на близость флоры к субтропической (Rh/Het = 3,0). Общая пропорция таксонов совпадает с таковой у лидирующего отдела. Все отделы объединены сходством надвидовых пропорций. Следует отметить высокую видовую насыщенность порядков в границах фитоценоза и у зелёных водорослей, в частности. Для зелёных водорослей исследуемой акватории также характерны высокие значения пропорций в/р и в/с.

Таблица 2

Пропорции таксонов и таксономические спектры макрофлоры

Отдел/ценоз	Количество				Пропорция таксонов (п : с : р : в)	в/р	в/с	в/п	с/п
	п	с	р	в					
Ch	3	5	6	12	1 : 2 : 2 : 4	2	2,4	4,0	1,7
Och	4	5	8	9	1 : 1 : 2 : 2	1,1	1,8	2,2	1,2
Rh	8	12	20	27	1 : 1 : 2 : 3	1,4	2,2	3,4	1,5
Ценоз	15	22	33	48	1 : 1 : 2 : 3	1,5	2,2	3,2	1,5

Примечание: здесь и далее п, с, р, в — порядок, семейство, род, вид.

Идентифицированные виды относятся к 12 эколого-флористическим группам. Наибольшим числом видов отличаются ведущая, одно- и многолетняя, олигосапробная и морская группы. Доля таких групп в общем составе равняется 40–67 %. Вторая позиция занята сопутствующими, мезосапробными и солоноватоводно-морскими видами (20–31 %). Спектры экогрупп отделов отличаются степенью полноты состава и комбинацией базовых групп. Наиболее редуцированным и однородным выглядит экоспектр Het, полнотой состава характеризуется Ch. Экологический спектр Ch особенно выделяется своим набором ключевых (по числу видов) групп, среди которых полисапробная и солоноватоводно-морская, служащие индикаторами высокой степени органического загрязнения и средней степени распреснения морской среды. Только в этом отделе встречаются солоноватоводные элементы (рис. 2).

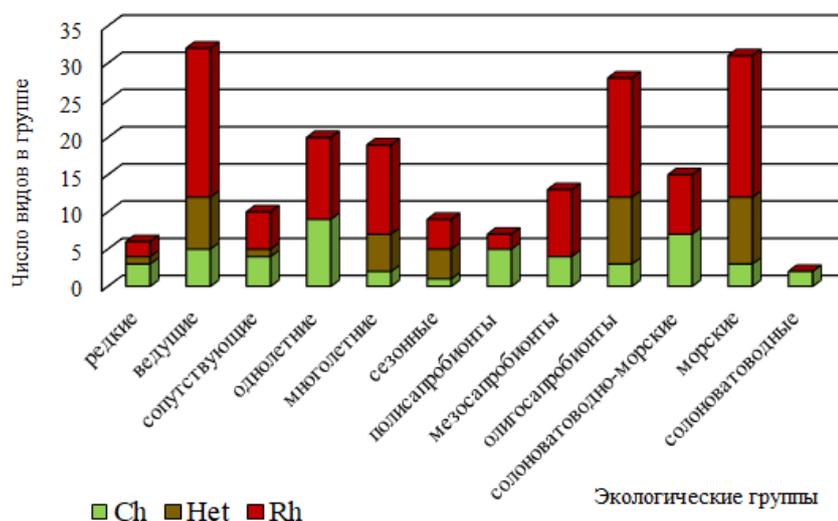


Рис. 2. Флористический состав экологических групп и их видовая насыщенность в районе исследований

Макроводоросли бентоса бухты Двужерной. В результате обработки собранного материала в составе бентоса бухты обнаружены 28 видов макроводорослей, в том числе 7 видов Ch, 6 видов Het и 15 видов Rh. Отмечено присутствие в пробах одного вида морских трав. Идентифицированные виды относятся к 19 родам, 16 семействам и 11 порядкам. Доля Rh в общем составе равна 53 %, у других отделов она вдвое меньше. Видовая пропорция отделов выглядит как 1Ch : 1Het : 2Rh. Она идентична видовому соотношению отделов водорослей в акватории заказника «Мыс Айя» [Агаркова-Лях, 2015] — прибрежной зоны урочища Батилиман как части охраняемой территории этого же заказника на юго-западе Крыма, а также памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» [Евстигнеева, Танковская, 2010; Евстигнеева, Танковская, 2022]. Пропорция трёх отделов по числу родов представлена как 1Ch : 2Het : 4Rh. Обе пропорции демонстрируют таксономическое превосходство красных водорослей. Среди отделов Ch отличается самой высокой видовой насыщенностью родов, семейств и порядков (табл. 3).

Все отделы и формируемое ими сообщество в целом характеризуются одинаковым соотношением порядков и семейств, а Het и Rh — ещё и родов, и видов. Спектр родов, отличающихся высоким разнообразием видов, включает пять соответствующих таксонов. Эти роды объединяют в своем составе 46 % идентифицированных в данной бухте видов. Девять видов входят в состав родов первого ранга, четыре — второго (табл. 4). Оставшиеся 79 % родов представлены одним видом, что свидетельствует о высокой таксономической «пестроте» бентосной флоры бухты Двужерной.

Таблица 3

Пропорции таксонов и таксономические спектры макрофлоры									
Отдел/ценоз	Количество				Пропорция таксонов (п : с : р : в)	в/р	в/с	в/п	с/п
	п	с	р	в					
бухта Провато (естественный субстрат)									
Ch	3	5	6	7	1 : 2 : 2 : 2	1,7	1,4	2,3	1,7
Och	4	5	8	8	1 : 1 : 2 : 2	1	1,6	2	1,2
Rh	5	8	15	19	1 : 2 : 3 : 4	1,3	2,4	3,8	1,6
Ценоз	12	15	24	34	1 : 1 : 2 : 3	1,4	2,3	2,8	1,2
бухта Провато (искусственный субстрат)									
Ch	2	3	3	6	1 : 1 : 1 : 3	2	2	3	1,5
Och	4	5	7	7	1 : 1 : 2 : 2	1	1,4	1,7	1,2
Rh	3	4	10	13	1 : 1 : 3 : 4	1,3	3,2	4,3	1,3
Ценоз	9	12	20	26	1 : 1 : 2 : 3	1,3	2,2	2,9	1,3
бухта Двужорная (естественный субстрат)									
Ch	2	3	3	7	1 : 1 : 1 : 3	2,3	2,3	3,5	1,5
Och	3	4	5	6	1 : 1 : 2 : 2	1,2	1,5	2	1,3
Rh	6	9	11	15	1 : 1 : 2 : 2	1,4	1,7	2,5	1,5
Ценоз	11	16	19	28	1 : 1 : 2 : 2	1,5	1,7	2,5	1,5

Таблица 4

Таксон	Спектры ведущих родов с указанием их ранга			
	Бухта Двужорная		Бухта Провато	
	количество видов	ранг	количество видов	ранг
<i>Cladophora</i>	3	I	—	—
<i>Ulva</i>	3	I	2	II
<i>Ceramium</i>	3	I	3	I
<i>Dasya</i>	2	II	—	—
<i>Laurencia</i>	2	II	2	II
<i>Gelidium</i>	—	—	2	II
Количество многовидовых родов	5		4	
Всего родов	19		29	

Сформированная в этой бухте флора, судя по величине коэффициента Фельдманна (2,5), по своему характеру была субтропической. Сравнение альгофлоры в смежные годы (2007 и 2009 гг.) показало небольшое различие в числе видов и родов. Для водорослей бентоса в 2007 г. характерно немногим большее число таких таксонов у Net (на два видовых и родовых таксона), а также видов у Rh и во всем сообществе (больше на два и три таксона соответственно). В состав бентосной альгофлоры в 2009 г. входило на один вид Ch больше. Более заметным было несоответствие друг другу пропорций отделов по числу входящих в них видов (1Ch : 1Net : 2,5Rh в 2007 г. и 2Ch : 1Net : 3Rh в 2009 г.) и родов (1Ch : 2Net : 3Rh в 2007 г. и 1Ch : 1Net : 3Rh в 2009 г.). Обе пропорции подтверждали лидирующую позицию красных водорослей, особенно в 2009 г., а также возрастание к этому времени доли участия Ch в сложении флоры бухты. Если на количественном уровне специфика видового состава в разные годы была не столь выраженной, то на качественном — степень отличия была значительнее. Этому соответствовала величина коэффициента Жаккара (30 %), показывавшая, что в 2007 и 2009 гг. присутствовало малое

число одинаковых видов (2 вида Ch и по 3 вида Het и Rh). Следовательно, даже в такой краткий срок наблюдений трансформация сообщества может быть существенной. Известно, что изменения состава и структуры сообщества связаны с колебаниями условий внешней среды в отдельные годы и периоды продолжительностью в несколько лет [Василевич, 1983]. Вместе с тем возникшие изменения длятся недолго и после прекращения воздействия, вызвавшего их причины, происходит возврат к исходному или близкому к нему состоянию [Работнов, 1983].

Экологический анализ показал, что базовыми элементами в районе исследований стали морские, ведущие, одно- и многолетние, олигосапробные виды, что является характерной чертой сообществ бентосных водорослей на большинстве участков верхней сублиторали Чёрного моря [Калугина-Гутник, 1975; Евстигнеева, Танковская, 2023]. Доля участия лидирующих групп достигала 61–72 % от общего числа идентифицированных видов. Однолетники и многолетники, сопутствующие и ведущие виды были представлены поровну, мезосапробная группа втрое преваляровала над полисапробной. Тем не менее следует обратить внимание на величину суммарного вклада в общий состав групп-индикаторов высокой и средней степеней эвтрофирования морской среды в районе исследований, достигающую 39 %. Индекс Ченя равнялся 3,7, что указывало на наличие органического загрязнения средней степени.

Экоспектр каждого отдела имел свои особенности распределения видов между группами. В состав Ch входили виды 12 экогрупп, среди которых лидировали солоноватоводно-морские, однолетние, поли- и мезосапробные водоросли, а группы встречаемости (редкая, сопутствующая, ведущая) были представлены примерно равным числом видов. Доля групп с высоким видовым разнообразием составляла 43–71 %. Экоспектр Het был редуцирован до морской, многолетней и олигосапробной групп. Для него был характерен достаточно высокий уровень участия ведущих видов. Малое количество экогрупп и их существенное видовое представительство придавали спектру Het однородный характер. Среди Rh отсутствовали полисапробные виды, а наибольшее развитие получали морские, одно- и многолетние, олигосапробные и ведущие виды (40–80 %). Большое качественное сходство комплекса лидирующих групп проявляли Rh и Het (рис. 3).

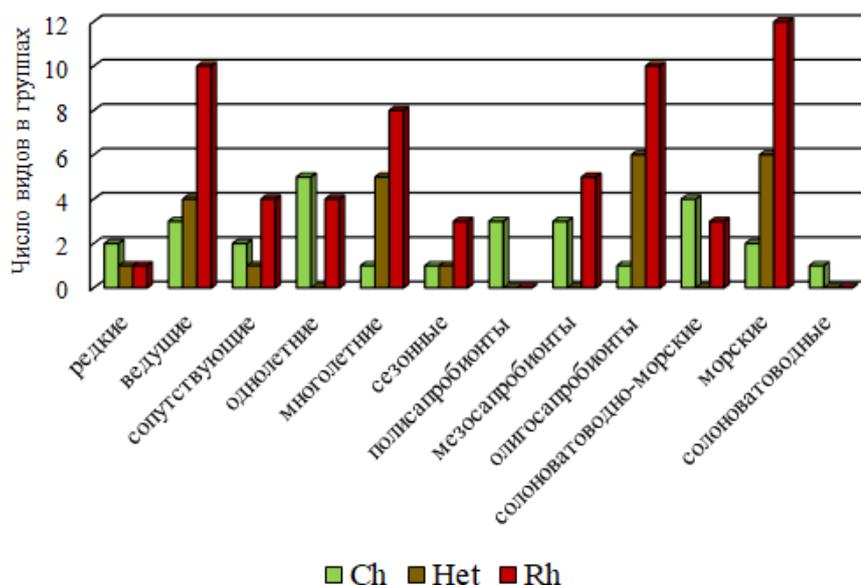


Рис. 3. Флористический состав экологических групп и их видовая насыщенность в акватории бухты Двуйкорной

Примечательно, что в смежные годы первая позиция большинства экогрупп оставалась неизменной (рис. 4). Исключение составляли много- и однолетники. Занимавшие в 2007 г. первое место, многолетники в 2009 г. переместились на второе, а однолетники — на первое. Отмечен переход со второй позиции в 2007 г. редкой и сопутствующей групп на третью в 2009 г. Индекс Ченя в 2007 г. достигал 2,8, а в 2009 г. — уже 4,3. Такие данные свидетельствовали о наметившейся тенденции изменения качества среды в бухте Двужкорной: с чистой — к среднезагрязнённой. Скорее всего, это было связано с активизацией освоения берегов ранее закрытой для посещения бухты.

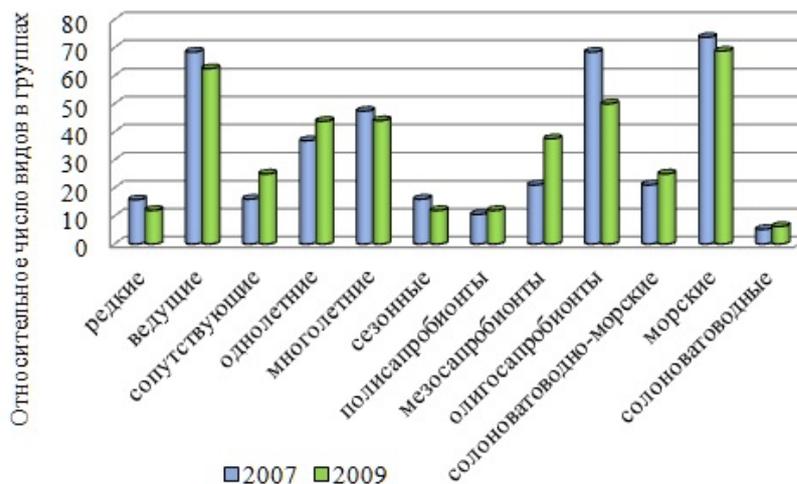


Рис. 4. Видовая насыщенность (%) экологических групп водорослей в акватории бухты Двужкорной

Макроводоросли бентоса бухты Провато. В прибрежной зоне бухты за весь период наблюдений обнаружены макроводоросли 34 видов, 29 родов, 15 семейств, 12 порядков отделов Ch (7 видов), Het (8 видов) и Rh (19 видов). Видовое соотношение отделов представлено как 1Ch : 1Het : 3Rh. На долю лидирующего отдела приходится 56 % всего видового состава в прибрежье бухты. Родовая пропорция отделов выглядит как 1Ch : 1Het : 2,5Rh, повторяя практически видовую. Родовой коэффициент у зелёных, красных водорослей в целом не превышает 1,3, у бурых он равен 1,0. (табл. 3). Это указывает на «пестроту» таксономического состава и превалирование родов, представленных одним видом. На их долю приходится 83 % от общего числа родов. Спектр родов, отличающихся высоким разнообразием видов, включает четыре соответственных таксона (табл. 4). Единственный род первого ранга (*Ceramium*) представлен тремя видами, роды второго ранга (*Ulva*, *Laurencia*, *Gelidium*) — двумя. Они объединяют в своём составе вдвое меньшее количество видов (26 %), чем в бухте Двужкорной. Факты того, что вклад родов первых двух рангов по количеству объединяемых видов невелик, а весомость одновидовых родов высокая, свидетельствуют о ещё большей таксономической «пестроте» бентосной флоры бухты Провато по сравнению с таковой в бухте Двужкорной.

В ключевые роды входят 26 % видов от всего состава флоры бухты Провато. Наиболее высокой видовой насыщенностью надвидовых таксонов характеризуется Rh. Пропорции всех таксонов у отделов отличаются друг от друга.

Состав бентосной флоры бухты Провато в промежутке между 2013 и 2023 годами изменялся следующим образом. В первый год наблюдений он был представлен 22 видами (Ch — 3 вида, Het — 7, Rh — 12). Соотношение отделов по числу видов и родов совпадало и выглядело как 1Ch : 2Het : 4Rh. Родовой коэффициент у отделов был крайне малым, особенно у Het и Ch.

Отношение числа видов Rh к числу видов Het равнялось 1,7, что указывало на близость флоры 2013 г. к бореальной. Индекс Ченя (2,14) свидетельствовал об отсутствии органического загрязнения морской среды. К 2023 г. общее число видов возросло до 31. Количество Ch увеличилось вдвое, а Rh и Het — на 4 и 1 таксон соответственно. Видовое соотношение отделов выглядело как 1Ch : 1Het : 2Rh. Следовательно, количественная трансформация видового состава в одной и той же акватории в начале и конце десятилетнего периода наблюдений была более существенной, чем в смежные годы в соседней бухте. Лидирующая позиция красных водорослей в сопоставляемые годы сохранялась, но с более низким вкладом в общий состав, который у бурых водорослей тоже изменился и стал таким же, как у зелёных. Значение коэффициента Фельдманна в 2023 г. почти не менялось. Индекс Ченя увеличивался до 2,9, что указывало на наметившееся изменение качества морской среды в сторону качества вод со средней степенью загрязнения. Эта тенденция подтверждалась возрастанием разнообразия зелёных водорослей, известных своей широкой экологической амплитудой. Коэффициент общности видов Жаккара был выше, чем в бухте Двужорной в смежные годы, и достигал 56 %. Большое количество одинаковых видов было характерно для Het (87,5 %), среди Ch их было 43 %, среди Rh — 47 %, что также превышало эти показатели в смежной бухте (K_j для Ch — 29 %, Het — 60 %, Rh — 20 %).

Экологический анализ показал, что за всё время наблюдений бентос бухты Провато включал макроводоросли 12 экогрупп. Среди них наибольшим числом видов отличались те же группы, что и в бухте Двужорной. На их долю приходилось от 38 до 79 %. Однако спектры базовых групп у одноимённых отделов не совпадали. При этом комплекс зелёных водорослей отличался от таких же водорослей в бухте Двужорной доминированием сопутствующей группы, равной долей участия поли- и олигосапробионтов, в остальном же экоспектры Ch в обеих бухтах совпадали. Отличительной особенностью видового комплекса Het в бухте Провато стало совместное доминирование многолетних и сезонных видов, по другим показателям экоспектры бурых водорослей не отличались. Среди Rh отсутствовали сопутствующие виды и были зарегистрированы полисапробионты, что не было характерно для красных водорослей в бухте Двужорной. Рисунок 5 иллюстрирует особенности распределения видов между экогруппами в 2013 и 2023 гг. К ним относится более высокий уровень развития групп ведущих, многолетних, мезосапробионных и морских видов в начальный год наблюдений. Сообщество водорослей, сформированное спустя почти десять лет, отличалось уже более высоким разнообразием редких, сопутствующих, однолетних, поли- и олигосапробионных, а также солоноватоводных видов. Без изменений оставалась лидирующая позиция ведущих, одно- и многолетних, олигосапробионных и морских видов. Обращает на себя внимание появление в 2023 г. большего количества полисапробионтов, солоноватоводно-морских и солоноватоводных видов, то есть индикаторов распреснения и органического загрязнения морской среды. Причиной этого могут стать многолетнее активное рекреационное освоение берегов бухты Провато, выход канализационных и ливневых стоков в её мелководную зону, а также заиливание дна в результате активного обрушения береговых склонов, приводящее ещё и к снижению прозрачности воды.

Макроводоросли перифитона бухты Провато. В данной бухте водоросли обитают на изредка встречающихся в прибрежной зоне камнях и валунах, активно заселяют искусственные субстраты и сооружения. В частности, такие поселения формируются там, где часть берега укреплена массивом из бетонных плит. Вода здесь прогревается очень рано и сохраняет своё тепло до конца октября, признаки заиливания дна не наблюдаются. Непосредственно в этой части набережной располагается труба ливневых выпусков. Поселения водорослей заметно структурированы: ближе к границе с сушей, на глубине 10–20 см, формируется пояс зелёных водорослей, глубже образуется пояс таких бурых водорослей, как *Gongolaria barbata*, *Ericaria crinita*, *Cladostephus spongiosus*, среди которых и на которых селятся многочисленные представители Rh.

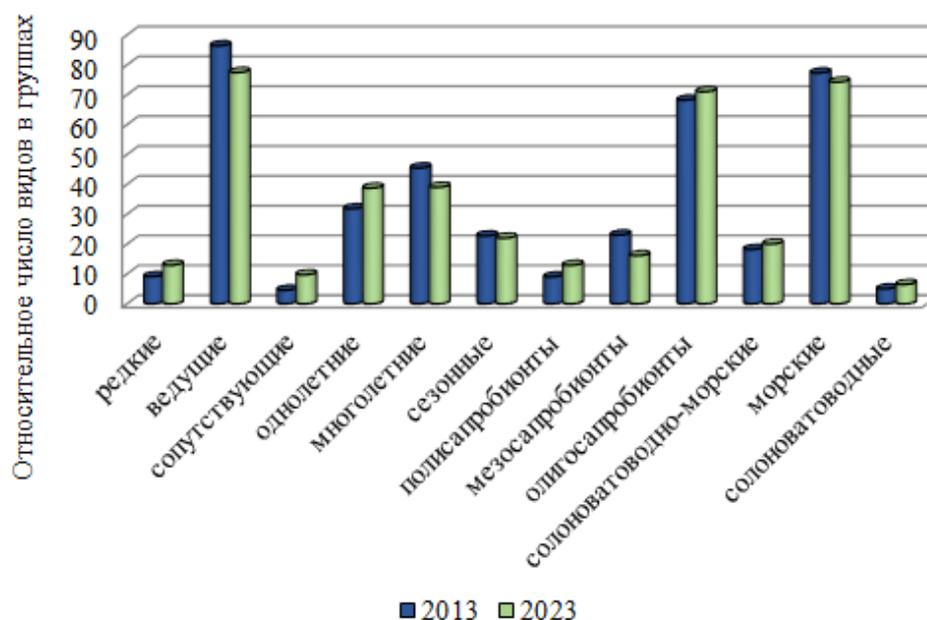


Рис. 5. Видовая насыщенность (%) экологических групп водорослей в акватории бухты Провато

Всего в перифитоне бетонного сооружения обнаружены 26 видов, что составляет 76 % от числа бентосных видов бухты. Это свидетельствует о существенности вклада фитообрастания в поддержание и сохранение естественного биоразнообразия, особенно в водоёмах с небольшой площадью твёрдых грунтов, пригодных для заселения макрофитами. Среди водорослей-колонизаторов бетонного субстрата половина видов приходится на Rh, 23 % — на Het и 27 % — на Ch. Видовое соотношение зелёных, бурых и красных водорослей выглядит как 1Ch : 1Het : 2Rh. Примечательно, что если на естественном субстрате в обеих бухтах обитает примерно равное или таковое количество видов и надвидовых таксонов Ch и Het, то на искусственном по этим же показателям бурые водоросли вдвое превосходят зелёные. В сообществе колонизаторов бетона, как и на естественном субстрате, родовой коэффициент невысок и составляет 1,4. Зелёные водоросли отличаются высокой видовой насыщенностью своих родов, красные — семейств и порядков, бурые водоросли занимают в этом отношении промежуточное положение (табл. 3).

Водоросли, обитающие на бетоне, относятся к 12 экогруппам. Среди них наибольшим числом видов представлены ведущая, однолетняя, олигосапробная и морская группы. На долю базовых групп приходится от 50 до 69 % видового состава. Третья часть видов являются многолетними, мезосапробными и солонатоводно-морскими. Относительно высокое содержание видов индикаторных групп следует рассматривать как факт приспособленности к выживанию в условиях с элементами распреснения и органического загрязнения среды. Непосредственно в зоне выхода сточных вод о подобной адаптации свидетельствуют такие особенности, как равенство вклада типично морских видов и совокупной доли солонатоводно-морских и солонатоводных, превалирование однолетников и сезонных видов. Доминирование ведущих и короткоциклических видов характерно для мелководной зоны Чёрного моря с её высокодинамичными условиями. В зоне выхода сточной трубы господствуют мезосапробионты, совместный вклад которых с полисапробионтами втрое выше, чем у олигосапробионтов, обычно отличающихся высокой степенью развития при низких концентрациях органического загрязнения среды.

Сравнение данных за 2013 и 2023 гг. показало, что к концу декады увеличилось число видов Ch и Rh (на 2 и 5 таксонов соответственно), а число видов Net уменьшилось только на 1 таксон. Общий видовой состав перифитонных водорослей расширился с 16 до 22 видов (в 1,4 раза). Среди бурых водорослей, к сожалению, исчез один из важнейших для биоты Чёрного моря ценозоообразующий вид — *E. crinita*. Произошедшие изменения сказались на видовой пропорции отделов, которая в начале наблюдений выглядела как 1Ch : 2Net : 2Rh, а к концу их как 1Ch : 1Net : 2Rh. То есть вклад бурых водорослей снизился и сравнялся с таковым у зелёных. К концу наблюдений на бетонном субстрате бухты Провато можно было обнаружить не зарегистрированные ранее 3 представителя зелёных и 7 видов красных водорослей. Отмечено изменение значения коэффициента Фельдманна с 0,86 до 1,8. То есть в начале наблюдений соотношение числа красных и бурых водорослей было крайне низким, к концу наблюдений можно было утверждать, что сформированная флора является промежуточной между бореальной и субтропической. В Чёрном море она близка к флоре Каркинитского залива, Тарханкутско-Севастопольского и Южнобережного флористических районов [Калугина-Гутник, 1975]. Качественное сходство водорослей перифитона в сравниваемые годы было большим, чему соответствовала величина коэффициента Жаккара, равная 80 %.

Что же касается общих изменений в экоспектре групп за прошедший период, то после 2013 г. отмечается четырёхкратное увеличение процентного содержания редких, однолетних, морских и солоноватоводных видов, вдвое возрастает этот показатель у полисапробионтов. При этом снижается вклад ведущих, сопутствующих, олигосапробных и солоноватоводно-морских видов (табл. 5). Совсем незначительное понижение претерпевает относительное число видов в многолетней, сезонной, мезосапробной и морской группах. Среди видов, впервые появившихся к концу наблюдений, преобладали ведущие, однолетние, солоноватоводно-морские водоросли. Особое внимание вызывает их сапробная принадлежность. Доминирование среди них олигосапробионтов (5 видов) фактически нивелируется суммарным вкладом таких индикаторов органического загрязнения водной среды, как поли- и мезосапробионты (5 видов). На существование определённого распределения в местах сбора водорослей указывает то, что солоноватоводных и солоноватоводно-морских видов было вдвое больше (6 видов), чем морских.

Таблица 5

Относительное число (%) видов водорослей в экологических группах перифитона бухты Провато в разные годы

Экологические группы	Годы	
	2013	2023
Редкие	6	23
Ведущие	81	68
Сопутствующие	13	9
Однолетние	44	50
Многолетние	31	27
Сезонные	25	23
Полисапробионты	6	14
Мезосапробионты	31	27
Олигосапробионты	63	59
Солоноватоводно-морские	31	23
Морские	63	68
Солоноватоводные	6	9

Сопоставление состава и структуры флоры бентоса и перифитона в бухте Провато позволило выявить ряд отличий. Установлено, что на искусственном субстрате произрастало меньше видов в целом (в 1,3 раза) и красных водорослей в частности (в 1,5 раза), степень доминирования Rh была менее выраженной, отсутствовало совпадение таксономических пропорций у Ch. По соотношению числа видов отделы занимали равные позиции, родовой коэффициент был примерно одинаково невысоким. У Нет и сообщества в целом на обоих типах субстрата таксономические пропорции совпадали, у красных водорослей они незначительно отличались. Общий видовой состав был сходен наполовину. Точно такая же степень совпадения была обнаружена при сопоставлении водорослей бентоса и перифитона в 2013 г. Величина K_j в 2023 г. уменьшилась до 43 % за счёт появления на естественном субстрате нескольких новых видов.

Качественные и количественные отличия и совпадения обнаруживаются и при сопоставлении экоспектров водорослей на обоих субстратах. Установлено, что виды были распределены между одним и тем же числом экогрупп, среди которых высоким видовым разнообразием отличались одинаковые группы (ведущая, олигосапробная, однолетняя и морская). Несмотря на то что видовое разнообразие бентосных водорослей было выше, не всегда абсолютное число видов в каждой группе будет таким же. Выявлено, что число редких и мезосапробных видов в перифитоне было больше, чем в бентосе, но оно же в однолетней, солоноватоводно-морской и солоноватоводной группах не отличалось друг от друга. Для более объективной оценки количественных различий уместно воспользоваться сравнением с учётом относительного выражения числа видов. Оказалось, что среди водорослей-колонизаторов искусственного субстрата выше доля участия редких, однолетних, мезосапробных, солоноватоводно-морских видов и ниже — ведущих, многолетних, сезонных, поли- и олигосапробных, а также морских видов. Относительное содержание сопутствующих и солоноватоводных видов почти совпадает.

Единичные незначительные отличия характерны для экоспектров Rh и Нет. В остальном эколого-флористическая структура бентоса и перифитона не отличается друг от друга.

Выводы

1. На основе данных, полученных за период с 2007 по 2023 г., был составлен аннотированный список видов с указанием их охранного статуса и локацией в акватории мыса Киик-Атлама. Таксономическим лидером среди отделов являлся Rhodophyta, среди экогрупп — ведущая, одно- и многолетняя, олигосапробная и морская.

2. В составе бентоса бухты Двужорной были обнаружены 28 видов макроводорослей, относящихся к 19 родам, 16 семействам и 11 порядкам отделов Chlorophyta, Heterocontophyta, Rhodophyta, в прибрежье бухты Провато — 34 вида из 29 родов, 15 семейств, 12 порядков тех же отделов. Видовая и родовая пропорции отделов одинаково демонстрировали численное превосходство Rhodophyta, однако таксономические пропорции отделов в разных бухтах не совпадали. Родовой коэффициент свидетельствовал о превалировании родов, представленных одним видом.

4. В обрастании бетонного сооружения участвовали 26 видов, что составило 76 % от числа видов на естественном субстрате бухты Провато. Фитоперифитон, подобно фитобентосу, характеризовался низким родовым коэффициентом и отличался высокой видовой насыщенностью родов у Chlorophyta, семейств и порядков — у Rhodophyta.

5. Альгофлора в бухте Двужорной в смежные годы проявляла незначительное различие в числе видов и родов и более заметное несоответствие друг другу видовых пропорций отделов, которые к концу наблюдений демонстрировали возрастание роли Rhodophyta и Chlorophyta. Качественные отличия в смежные годы были выражены сильнее количественных, что подтверждалось величиной коэффициента Жаккара, равной 30 %.

6. Установлено, что в смежные годы у большинства экогрупп первая позиция оставалась неизменной. Увеличение индекса Ченя к 2009 г. указывало на наметившееся изменение качества среды в бухте Двужкорной: с чистой — к среднезагрязнённой. Появление в бухте Провато в период с 2013 по 2023 г. большого количества полисапробионтов, солоноватоводно-морских и солоноватоводных видов указывало на усиление не только органического загрязнения морской среды, но и её распреснения.

7. Долгопериодные изменения бентосных водорослей в бухте Провато сопровождалось увеличением общего числа видов, видового разнообразия Chlorophyta и Rhodophyta. Heterocontophyta проявляли постоянство видового состава. Наблюдалась замена изначальной видовой пропорции отделов на ту, которая хоть и свидетельствовала о сохранении Rhodophyta в качестве лидера, но на фоне снижения их вклада в общий состав и выравнивания его у Chlorophyta и Heterocontophyta.

8. За почти десятилетний период трансформация экоспектра групп в составе фитоперифитона в бухте Провато заключалась в четырёхкратном увеличении процентного содержания редких, однолетних, морских и солоноватоводных видов и двукратном — полисапробионтов. Снижался вклад ведущих, сопутствующих, олигосапробных и солоноватоводно-морских видов. Относительное число видов в многолетней, сезонной, мезосапробной и морской группах почти не менялось.

Список литературы

1. Агаркова-Лях И. В. Природные комплексы береговой зоны Южного берега Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Сер.: География. Геология. – 2015. – Т. 1, № 3. – С. 42–58.
2. Василевич В. И. Очерки теоретической фитоценологии / отв. ред. В. С. Ипатов. – Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1983. – 248 с.
3. Долотов В. В., Иванов В. А. Повышение рекреационного потенциала Украины: кадастровая оценка пляжей Крыма / Мор. гидрофиз. ин-т НАН Украины. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – 193 с.
4. Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Макрофитобентос побережья экоцентра «Айя-Сарычский» (Чёрное море, Крым) // Заповедное дело в Украине. – 2010. – Т. 16, вып. 2. – С. 23–29.
5. Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Флористический состав и таксономическая структура макрофитобентоса гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Чёрное море) в современных условиях // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Сер.: Биология. Химия. – 2022. – Т. 8, № 3. – С. 32–56.
6. Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Экологическая структура сообщества макроводорослей на западе Крыма // Трансформация экосистем. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 108–120. – <https://doi.org/10.23859/estr-220529>
7. Зайцев Ю. П., Поликарпов Г. Г. Экологические процессы в критических зонах Чёрного моря: синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков // Морской экологический журнал. – 2002. – Т. 1, № 1. – С. 33–55. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/686>
8. Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР / АН СССР, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. – Москва [и др.] : Наука, 1967. – 397 с.
9. Игнатов Е. И., Орлова М. С., Санин А. Ю. Береговые морфосистемы Крыма. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – 267 с.

10. *Калугина-Гутник А. А.* Исследование донной растительности Чёрного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования / [редкол.: Б. П. Мантейфель и др.]. – Москва : Наука, 1969. – С. 105–113.
11. *Калугина-Гутник А. А.* Фитобентос Чёрного моря / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Киев : Наук. думка, 1975. – 248 с. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5645>
12. *Костенко Н. С.* Акваториальные природные объекты // Курорт Коктебель / Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского, Карадаг. фил. ; под ред. А. А. Вронского. – Киев : Наук. думка, 1997. – С. 63–68. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/12967>
13. *Костенко Н. С., Евстигнеева И. К., Танковская И. Н.* Фитобентос // Биология Чёрного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / Карадаг. науч. станция им. Т. И. Вяземского – природ. заповедник РАН ; под ред. Н. С. Костенко. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – Гл. 4.2. – С. 172–233. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5150>
14. Красная книга города Севастополя / Правительство Севастополя, Гл. упр. природ. ресурсов и экологии г. Севастополя ; отв. ред.: И. В. Довгаль, В. В. Корженевский. – Калининград ; Севастополь : РОСТ-ДООАФК, 2018. – 431 с.
15. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / М-во экологии и природ. ресурсов Респ. Крым ; отв. ред.: А. В. Ена, А. В. Фатерыга. – Симферополь : АРИАЛ, 2015. – 478 с.
16. Красная книга Российской Федерации: (растения и грибы) / М-во природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации [и др.] ; отв. ред.: Л. В. Бардунов, В. С. Новиков. – Москва : Т-во науч. изд. КМК, 2008. – 885 с.
17. *Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / АН СССР, Урал. отд-ние, Башк. науч. центр, Ин-т биологии ; отв. ред.: Т. А. Работнов, Ю. А. Злобин. – Москва : Наука, 1989. – 223 с.
18. *Неврова Е. Л., Петров А. Н.* Оценка таксономического разнообразия донных диатомовых водорослей (Bacillariophyta) бухты Двужкорная (Крым, Чёрное море) // Морские биологические исследования: достижения и перспективы : всерос. науч.-практ. конф. ... к 145-летию Севастоп. биол. станции, Севастополь, 19–24 сент. 2016 г. / Федер. агентство науч. орг. [и др.] ; ред. А. В. Гаевская. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 2. – С. 108–111. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/3140>
19. *Работнов Т. А.* Фитоценология. – 2-е изд. – Москва : Изд-во МГУ, 1983. – 384 с.
20. *Селиванова О. Н.* Макрофиты российского шельфа Берингова моря, Командорских островов и юго-восточной Камчатки: видовой состав, биоразнообразие, распределение, экология : дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16. – Петропавловск-Камчатский, 2004. – 456 с.
21. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. – Київ : Глобалконсалтинг, 2009. – 912 с.
22. Black Sea Red Data List : [website] / Marine Hydrophysical Inst. – Sevastopol, [199?]. – URL: <https://old.lefo.ro/iwlearn/bsein/redbook/index.htm> (access date: 22.03.2024).
23. *Cheney D. R.* R and C/P, a new and improved ratio for comparing seaweed floras // Journal of Phycology. – 1977. – Vol. 13, iss. 2. – P. 12.
24. *Dumont H.* Black Sea Red Data Book / United Nations Office for Project Services. – New York : UNOPS, 1999. – 413 p.
25. *Feldmann J.* Recherches sur la Végétation Marine de la Méditerranée. La Côte des Albères // Revue algologique. – 1938. – Т. 10, fasc. I–IV. – P. 1–339.
26. *Guiry M. D., Guiry G. M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication / Univ. of Galway. – 2024. – URL: <http://www.algaebase.org> (access date: 20.03. 2024).

**MACROALGAE OF SOME AREAS OF THE SOUTH-EASTERN COAST OF CRIMEA:
FLORISTIC AND ECOLOGICAL DIVERSITY**

Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: ikevstigneeva@gmail.com*

Abstract: The species composition, taxonomic structure, ecological diversity and bathymetric variability of benthic and periphyton algae in the water area of Kiik-Atlama Cape on the southeastern coast of Crimea, including Dvuyakornaya and Provato bays, in different years were studied. An annotated list of 48 algal species (27 red, 12 green and 9 brown) was compiled. Of these, 28 species grow in Dvuyakornaya Bay and 38 species (including phytoperiphyton) — in Provato Bay. There are 10 species with protected status in the studied water areas. Rhodophyta and genera represented by one species dominate in both bays and at different depths. The highest number of species is characteristic of the leading, one- and perennial, oligosaprobic and marine ecogroups. The taxonomic composition of algoflora in the bays differs insignificantly, but within each site it is characterized by bathymetric heterogeneity. The comparative analysis revealed a rather high similarity of algoflora in different parts of the studied water area due to the phytocenoses belonging to the same association, as well as differences related to the local peculiarities of the habitat. Twenty-six species (76 % of the number of species in the phyto-benthos of Provato Bay) were involved in the fouling of the concrete substrate. Phytoperiphyton, similarly to phyto-benthos, was characterized by low genus coefficient, but was distinguished by high species saturation of genera in Chlorophyta, families and orders in Rhodophyta. In Dvuyakornaya Bay in adjacent years, insignificant difference in the number of species and genera and more noticeable discrepancy between the species proportion of the departments, which by the end of observations showed an increasing role of Rhodophyta and Chlorophyta. Qualitative differences in adjacent years were more pronounced than quantitative ones, which is consistent with the low Jaccard coefficient (30 %). Long-period changes in the benthic flora in Provato Bay were accompanied by an increase in the total number of species, species diversity of Rhodophyta and Chlorophyta.

Keywords: Black Sea, Crimea, macroalgae, species, ecological structure, variability

Сведения об авторах

Евстигнеева Ирина Константиновна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Российская Федерация, ikevstigneeva@gmail.com
Танковская Ирина Николаевна	младший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Российская Федерация, itankovskay@gmail.com

*Поступила в редакцию 04.06.2024 г.
Принята к публикации 10.09.2024 г.*