

УДК 582. 275. 54 581.55

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ – КОЛОНИЗАТОРОВ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЧЕРНОМ МОРЕ

И.К. Евстигнеева¹, И.Н. Танковская²

Макрофлора береговых сооружений в Черном море и степень устойчивости ее функционирования под действием внешних абиотических факторов остаются малоизученными. В связи с этим были проведены *in situ* исследования структурно-функциональной организации макроальгообрастания искусственных сооружений вдоль всего крымского побережья Черного моря методом учетных площадок, принятого в гидробиологии. Морские исследования позволили впервые дать эколого-систематическую характеристику макроводорослей-образователей и описать особенности их встречаемости в 31 районе северо-западного, западного, юго-западного, южного и юго-восточного побережья Крыма. Сообщество обрастания включает 99 видов 54 родов, 30 семейств, 21 порядка отделов Chlorophyta, Ochrophyta и Rhodophyta. Видовое соотношение отделов свидетельствует о преимущественном вкладе красных водорослей. Флористический коэффициент Фельдмана показывает, что исследованный фитоценоз по составу близок к субтропической флоре. Пропорции соподчиненных таксонов в фитоценозе, у Chlorophyta и Rhodophyta свидетельствуют об их высокой насыщенности видами. Большая доля родов и семейств, представленных соответственно одним видом и одним родом свидетельствует о пестроте таксономического состава. Распределение видов по группам постоянства отличается неравномерностью, при которой вклад случайных видов в несколько раз больше, чем добавочных и постоянных. Экологический анализ выявил доминирование ведущей, однолетней, олигосапробной и морской групп. В составе обрастания обнаружены 8 видов, обладающих природоохранным статусом и включенных в Красную Книгу Крыма.

Ключевые слова: Черное море, Крым, гидротехническое сооружение, фитообрастание, эколого-таксономический состав, встречаемость.

Работы по исследованию обрастания рифов имеют не только теоретический, но и практический смысл, поскольку их результаты, с одной стороны, могут стать основой для разработки способов борьбы (или профилактики) с оседанием пропагул, ростом и развитием из них организмов-образователей, а с другой стороны, позволят оценить возможность использования искусственных поверхностей для размещения видов, которые могут способствовать очищению моря и применяться в хозяйственной деятельности человека (Кашин и др., 2003; Капков и др., 2016; Левенец, Гордеева, 2017; Levenets, 2007). К важнейшим компонентам сообществ обрастания относятся макрофиты. Исследований, посвященных макрофитоперифитону (МФП) в Черном море, весьма мало (Евстигнеева, Танковская, 2010а; 2010б;

2014; 2015), и к настоящему времени такие сообщества большинства участков крымского побережья остаются неизученными. Степень устойчивости функционирования макрофлоры обрастания под действием внешних абиотических факторов также мало изучена (Звягинцев, 2007). Для решения этой проблемы на первом этапе были проведены *in situ* исследования состава и организации макрофитоперифитона защитных гидротехнических сооружений (ГТС) вдоль всего крымского побережья Черного моря.

Цель работы – дать общую характеристику видового состава, встречаемости видов и эколого-таксономической структуры в сообществе обрастания береговых ГТС в разных районах Черного моря. Полученные данные могут служить основой для оценки пространственной изменчивости

¹ Евстигнеева Ирина Константиновна – ст. науч. сотр. отдела биотехнологий и фиторесурсов ФГБУН Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, канд биол. наук (ikevstigneeva@gmail.com), ² Танковская Ирина Николаевна – мл. науч. сотр. отдела биотехнологий и фиторесурсов ФГБУН Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, (Logrianin@nm.ru).

различных параметров МФП при проведении второго этапа исследований.

Материал и методы

Объектом исследования стали макроводоросли, обитающие на искусственных гидротехнических сооружениях (бунах) в 31 районе северо-западного, западного, юго-западного, южного и юго-восточного берегов Крыма (рис. 1). Летом, в период массовой вегетации многих черноморских макроводорослей, пробы отбирали с бун (в их центральной части) на одной и той же боковой грани и на равном расстоянии от поверхности воды (до 0,2 м). Пробы отбирали в четырехкратной повторности с применением учетных площадок размером 25×25 см (Калугина, 1969). При камеральной обработке проб определяли видовой состав макроводорослей с учетом последних номенклатурных изменений (Зинова, 1967; Guiry, Guiry, 2018). Для описания видовой структуры рассчитывали коэффициент встречаемости видов (R , %), индексы гомотонности ($J_{1,2}$), флористический коэффициент Фельдмана (Feldman, 1937; Розенберг, 2005), а для описания экологической структуры применяли шкалу А.А. Калугиной-Гутник, учитывающую сроки вегетации водорослей, встречаемость в Черном море, галобность и сапробность (Калугина-Гутник, 1975). На основании значений коэффициента R виды делили

на постоянные, добавочные и случайные (Дажо, 1975), выявляли особенности их распределения между классами встречаемости (А, В, С, D, E) и соответствие этого распределения закону $A > B > C >, =, < D < E$ (Грейг-Смит, 1967).

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что в состав макрофлоры обрастания береговых ГТС, расположенных вдоль крымских берегов Черного моря, входят 99 видов водорослей 54 родов, 30 семейств, 21 порядка отделов Chlorophyta (Ch), Ochrophyta (Och), Rhodophyta (Rh) (табл. 1). Среди них обнаружены 8 видов, обладающих природоохранным статусом и включенных в Красную Книгу (КК) Крыма и КК РФ (Красная книга Крыма, 2015; Красная книга РФ, 2008). К ним относятся *Ulva maeotica*, *Cladophora siwachensis*, *Cystoseira crinita*, *Cystoseira barbata*, *Dictyota spiralis*, *Halopteris scoparia*, *Osmundea truncata*, *Laurencia coronopus*, *Dermocorynus dichotoma*. Видовое соотношение отделов (2Ch : 1Och : 3Rh) свидетельствует о некотором преимуществе красных водорослей и малом вкладе бурых в общую видовую структуру. Подобное распределение видов между отделами во многом соответствует такому в сообществах обрастания естественных твердых субстратов всего Черного моря и на его отдельных участках. Количественная пропорция



Рис. 1. Картограмма районов исследования: 1 – пос. Портовое, 2 – пос. Межводное, 3 – Евпаторийский залив, 4 – пос. Новофедоровка, 5 – пос. Песчаное, 6 – пос. Орловка, 7 – пос. Любимовка, 8 – бухта Голландия, 9 – Килен-бухта, 10 – Аполлонова бухта, 11 – мыс Николаевский, 12 – бухта Мартынова, 13 – бухта Карантинная, 14 – бухта Песочная, 15 – бухта Круглая, 16 – бухта Камышовая, 17 – Золотой пляж, 18 – бухта Ласпи, 19 – пос. Форос, 20 – пос. Качивели, 21 – пос. Мисхор, 22 – мыс Мартьян, 23 – мыс Плака, 24 – пос. Малый Маяк, 25 – Профессорский уголок, 26 – Алуштинский залив, 27 – пос. Малореченское, 28 – Карадагская бухта, 29 – пос. Орджоникидзе, 30 – Феодосийский залив, 31 – пос. Приморский

Т а б л и ц а 1

**Список видов и их встречаемость (R) в составе макрофлоры обрастания ГТС
в Черном море**

Порядковый номер	Таксон	R, %
Chlorophyta		
Ulvophyceae		
Ulvales		
Ulvaceae		
1	<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen	16
2	<i>U. intestinalis</i> L.	74
3	<i>U. linza</i> L.	58
4	<i>U. rigida</i> C. Agardh	71
5	<i>U. torta</i> (Mertens) Trevisan	35
6	<i>U. prolifera</i> O.F. Mu	13
7	<i>U. maeotica</i> (Proshkina-Lavrenko) P.M. Tsarenko	3
8	<i>U. compressa</i> L.	3
Ulvellaceae		
9	<i>Ulvella viridis</i> (Reinke) R. Nielsen, O'Kelly & R. Wysor	3
Bryopsidales		
Bryopsidaceae		
10	<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh	19
11	<i>B. corymbosa</i> J. Agardh	19
12	<i>B. cupressina</i> J.V. Lamouroux	6
13	<i>B. hypnoides</i> J.V. Lamouroux	6
Cladophorales		
Boodleaceae		
14	<i>Cladophoropsis membranacea</i> (H. Bang ex C. Agardh) Børgesen	39
Cladophoraceae		
15	<i>Chaetomorpha aërea</i> (Dillwyn) Kütz.	32
16	<i>Ch. linum</i> (O.F. Müll.) Kütz.	48
17	<i>Ch. ligustica</i> (Kütz.) Kütz.	10
18	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kütz.	87
19	<i>Cl. laetevirens</i> (Dillwyn) Kütz.	61
20	<i>Cl. sericea</i> (Hudson) Kütz.	68
21	<i>Cl. vadorum</i> (Aresch.) Kütz.	23
22	<i>Cl. liniformis</i> Kütz.	13
23	<i>Cl. coelothrix</i> Kütz.	6
24	<i>Cl. siwashensis</i> C.J. Meyer	3

Продолжение табл. 1

Порядковый номер	Таксон	R, %
25	<i>Rhizoclonium tortuosum</i> (Dillwyn) Kütz.	10
26	<i>R. riparium</i> (Roth) Harv.	6
Ulotrichales		
Ulotrichaceae		
27	<i>Ulothrix tenuissima</i> Kütz.	10
28	<i>Spongomorpha aeruginosa</i> (L.) C. Hoek	3
29	<i>Urospora penicilliformis</i> (Roth) Aresch.	3
30	<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) Gain	3
Ochrophyta		
Phaeophyceae		
Sphacelariales		
Cladostephaceae		
31	<i>Cladostephus spongiosum</i> (Huds.) C. Agardh	42
Sphacelariaceae		
32	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh	58
33	<i>Sphacelorbis nanus</i> (Nageli ex Kützing) Draisma, Prud'homme & H. Kawai	3
Stypocaulaceae		
34	<i>Halopteris scoparia</i> (L.) Sauv.	3
Fucales		
Sargassaceae		
35	<i>Cystoseira crinita</i> Duby	61
36	<i>C. barbata</i> (Stackh.) C. Agardh	29
Ectocarpales		
Ectocarpaceae		
37	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngb.	13
Acinetosporaceae		
38	<i>Feldmannia irregularis</i> (Kütz.) Hamel	6
39	<i>F. lebelii</i> (Areschoug ex P. Crouan & H. Crouan) Hamel	3
Chordariaceae		
40	<i>Corynophlaea umbellata</i> (C. Agardh) (Kütz.)	10
41	<i>Myriactula rivularia</i> (Suhr ex Aresch.) Feldmann	3
42	<i>Punctaria latifolia</i> Greville	10
43	<i>P. tenuissima</i> (C. Agardh) Grev.	10
Scytosiphonaceae		
44	<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngb.) Link	6

Продолжение табл. 1

Порядковый номер	Таксон	R, %
Dictyotales		
Dictyotaceae		
45	<i>Padina pavonica</i> (L.) Thivy	19
46	<i>Dictyota spiralis</i> Mont.	6
47	<i>D. fasciola</i> (Roth) J.V. Lamour.	32
Tilopteridales		
Cutleriaceae		
48	<i>Zanardinia typus</i> (Nardo) P.C. Silva	3
Rhodophyta		
Florideophyceae		
Acrochaetiales		
Acrochaetiaceae		
49	<i>Rhodochorton purpureum</i> (Lightf.) Rosenv.	3
50	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngb.) Nägeli	29
Nemaliales		
Nemaliaceae		
51	<i>Nemalion elminthoides</i> (Velle) Batters	3
Colaconematales		
Colaconemataceae		
52	<i>Colaconema savianum</i> (Menegh.) R. Nielsen	3
Ceramiales		
Wrangeliaceae		
53	<i>Spermothamnion strictum</i> (C. Agardh) Ardissonne	26
Ceramiaceae		
54	<i>Callithamnion corymbosum</i> (Sm.) Lyngb.	77
55	<i>C. granulatum</i> (Ducluz.) C. Agardh	21
56	<i>Ceramium virgatum</i> Roth	71
57	<i>C. diaphanum</i> (Lightf.) Roth	61
58	<i>C. ciliatum</i> (J. Ellis) Ducluz.	45
59	<i>C. deslongchampsii</i> Chauv. ex Duby	13
60	<i>C. siliquosum</i> var. <i>elegans</i> (Roth) G. Furnari	3
61	<i>C. echionotum</i> J. Agardh	3
62	<i>Antithamnion cruciatum</i> (C. Agardh) Nägeli	13
63	<i>A. tenuissimum</i> (Hauck) Schiffner	10
64	<i>Pterothamnion plumula</i> (J. Ellis) Nägeli	10

Продолжение табл. 1

Порядковый номер	Таксон	R, %
Delesseriaceae		
65	<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turner) J. Agardh	19
Dasyaceae		
66	<i>Dasya baillouviana</i> (S.G. Gmel.) Mont.	6
67	<i>D. hutchinsiae</i> Harvey	6
Rhodomelaceae		
68	<i>Polysiphonia fibrillosa</i> (Dillwyn) Spreng.	3
69	<i>P. stricta</i> (Mertens ex Dillwyn) Greville	6
70	<i>P. denudata</i> (Dillwyn) Grev. ex Harv.	45
71	<i>P. opaca</i> (C. Agardh) Moris & De Not.	39
72	<i>Leptosiphonia brodiei</i> (Dillwyn) A.M. Savoie & G.W.Saunders	10
73	<i>P. elongata</i> (Huds.) Spreng.	26
74	<i>P. sanguinea</i> (C. Agardh) Zanardini	6
75	<i>Vertebrata byssoides</i> (Goodenough & Woodward) Kuntze	3
76	<i>V. subulifera</i> (C. Agardh) Kuntze	55
77	<i>V. fucoides</i> (Hudson) Kuntze	26
78	<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W. Nam	32
79	<i>Osmundea truncata</i> (Kützing) K.W. Nam & Maggs	10
80	<i>Laurencia coronopus</i> J. Agardh	48
81	<i>L. obtusa</i> (Hudson) J.V.	32
82	<i>Chondria capillaris</i> (Huds.) M.J. Wynne	19
83	<i>C. dasyphylla</i> (Woodw.) C. Agardh	13
84	<i>Xiphosiphonia pennata</i> (C. Agardh) Savoie & G.W. Saunders	6
85	<i>Lophosiphonia obscura</i> (C. Agardh) Falkenberg	10
Gelidiales		
Gelidiaceae		
86	<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon	52
87	<i>G. spinosum</i> (S.G. Gmel.) P.C. Silva	32
Corallinales		
Corallinaceae		
88	<i>Jania virgata</i> (Zanardini) Mont.	3
89	<i>J. rubens</i> (L.) J.V. Lamour.	10
90	<i>Ellisolandia elongata</i> (J. Ellis & Sol.) K.R. Hind & G.W. Saunders	55
91	<i>Corallina officinalis</i> L.	23
Lithothamniaceae		
92	<i>Phymatolithon lenormandii</i> (Areschoug) W.H. Adey	16

Окончание табл. 1

Порядковый номер	Таксон	R, %
Hydrolithaceae		
93	<i>Pneophyllum confervicola</i> (Kütz.) Y.M. Chamberlain	3
94	<i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V. Lamour.) Penrose & Y.M. Chamberlain	26
Gigartinales		
Phylloporaceae		
95	<i>Phyllophora crispa</i> (Huds.) P.S. Dixon	13
Halymeniales		
Halymeniaceae		
96	<i>Dermocorynus dichotomus</i> (J. Agardh) Gargiulo, Morabito & Manghisi	19
Rhodymeniales		
Lomentariaceae		
97	<i>Lomentaria clavellosa</i> (Lightf. ex Turner) Gaillon	26
Compsopogonophyceae		
Erythropeltales		
Erythrotrichiaceae		
98	<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh	32
Bangiophyceae		
Bangiales		
Bangiaceae		
99	<i>Pyropia leucosticta</i> (Thur.) Neefus & J. Brodie	13

видов Rh и Och (флористический коэффициент Фельдмана) показывает, что исследованный фитоценоз по составу близок к субтропической флоре (2,8). Ведущие надвидовые таксоны принадлежат только отделам Ch и Rh, объединяя в родах и семействах соответственно 29 и 60% идентифицированных видов. Первые ранговые места во флористическом спектре занимают *Ulva*, Rhodomelaceae и Ceramiales, вторые – *Polysiphonia*, *Ceramium*, *Cladophora*, Cladophoraceae и Cladophorales (табл. 2).

Каждой флоре свойственна своя систематическая структура, показателем которой служат различные таксономические спектры или распределение видов по родам, семействам и т.д. (Толмачев, 1986). Пропорции соподчиненных таксонов в ценозе обрастания у каждого отдела и таксономические спектры флоры представлены в табл. 3.

Пропорции соподчиненных таксонов в фитоценозе, у Ch и Rh свидетельствуют о высокой насыщенности видами таксонов более высокого ранга. В свою очередь, пропорция таксонов в ценозе полностью соответствует таковой у доминирующего среди отделов Rh. У других отделов надвидовые таксоны соотносятся друг с другом одинаково. Для всех отделов и фитоценоза в целом характерно соотношение порядков и семейств, равное 1:1.

Высокая доля родов и семейств (по 67%), представленных соответственно одним видом и одним родом, свидетельствует о пестроте таксономического состава. Подтверждением этому служат небольшие значения соотношения видов и семейств, родов и семейств, а также насыщенности родов видами.

Показатели разнообразия, обилия и т.д. существенно дополняют встречаемость видов (Девят-

Т а б л и ц а 2

Флористический спектр ведущих (по числу видов N) надвидовых таксонов в макрофлоре обрастания гидротехнических сооружений

Таксон								
род	N, ед.	ранг	семейство	N, ед.	ранг	порядок	N, ед.	ранг
<i>Ulva</i>	8	1	Rhodomelaceae	18	1	Ceramiales	34	1
<i>Polysiphonia</i>	7	2	Cladophoraceae	14	2	Cladophorales	13	2
<i>Cladophora</i>	7	2	Ceramiaceae	12	3	Ulvales	9	3
<i>Ceramium</i>	7	2	Ulvaceae	9	4	всего 56 видов		
Всего 29 видов			Corallinaceae	7	5			
			всего 60 видов					

Т а б л и ц а 3

Пропорции таксонов и таксономические спектры макрофлоры обрастания гидротехнических сооружений

Пропорции таксонов (порядок : семейство : род : вид)		Таксономические спектры	
Фитоценоз	1 : 1 : 3 : 5	вид/род	1,8
Chlorophyta	1 : 1 : 2 : 7	вид/семейство	3,3
Ochrophyta	1 : 1 : 2 : 2	вид/порядок	4,7
Rhodophyta	1 : 1 : 3 : 5	род/семейство	1,8

Т а б л и ц а 4

Встречаемость видов макрофлоры обрастания и их распределение между группами постоянства

Группы постоянства								
постоянная			добавочная			случайная		
Ch	Och	Rh	Ch	Och	Rh	Ch	Och	Rh
6/43	2/14	5/43	4/18	3/14	14/68	20/31	13/20	32/49

П р и м е ч а н и е: перед чертой представлено абсолютное число видов, после черты – процентное содержание видов в группе.

кин, Митропольская, 1994). Использование этого параметра позволяет устранить ложные выводы о роли различных групп водорослей в формировании биологического разнообразия. Встречаемость видов, входящих в состав макрофлоры обрастания ГТС, варьирует в широких границах, достигая в среднем 25, 23 и 17% у видов Ch, Rh и Och соответственно. Таким разбросом значений коэффициента *R* обусловлена небольшая средняя встречаемость видов всего фитоценоза (23%). Для обрастания ГТС наиболее характерны виды, у которых значение *R* превышает 50%. К этой группе относится каждый десятый вид, среди них виды родов *Ulva*, *Cladophora*, *Ceramium*, *Callithamnion*, *Gelidium*, *Ellisolandia* и *Vertebrata*.

Виды с максимально высокой встречаемостью (100%) не обнаружены.

Распределение видов по группам постоянства в зависимости от показателя *R* отличается неравномерностью. Так, вклад случайных видов ($R < 25\%$) в несколько раз больше, чем добавочных ($50\% > R > 25\%$) и постоянных ($R > 50\%$) (табл. 4).

Каждая группа постоянства включает виды трех отделов. В любом отделе по абсолютному числу видов преобладает случайная группа. Весомость ее вклада в общую структуру и величина индексов гомотонности ($J_{1,2}$) свидетельствуют о высокой степени гетеротонности фитоценоза обрастания ($J_1 = 0,2$; $J_2 = 0,9$). С учетом

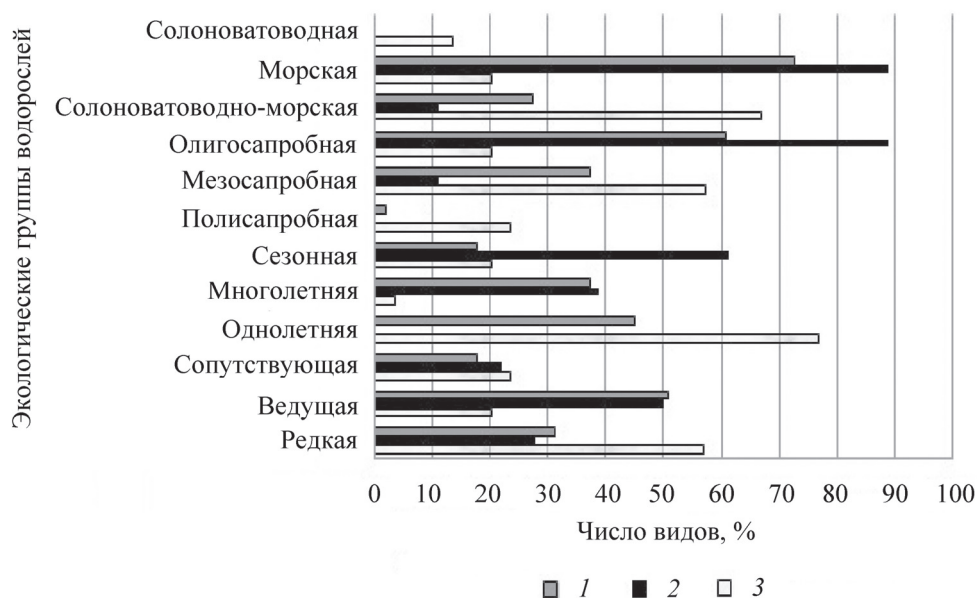


Рис. 2. Экологический состав макрофитоперифитона гидротехнических сооружений в Черном море (1 – Rh, 2 – Och, 3 – Ch)

относительного числа видов среди Ch больше представителей постоянной категории (43%), среди Och – случайной (20%), а среди Rh – добавочной (68%).

Распределение видов по классам встречаемости большей частью соответствуют закону (табл. 5):

$$A > B > C >, =, < D < E$$

Его некоторое нарушение проявляется на уровне соотношения классов D и E. Необходимо отметить, что среди таких отделов, как Och и Rh представители класса E отсутствуют вовсе, а класс D включает только один вид из Ch.

Идентифицированные виды-обрастатели относятся к 12 экологическим группам из 13 известных для макрофитобентоса Черного моря (рис. 2). Здесь отсутствуют представители пресноводно-солонатоводной группы. Наибольший вклад в общую структуру вносят такие

группы, как ведущая, однолетняя, олигосапробная и морская, т.е. именно те группы, которые известны как ключевые для прибрежных фитоценозов на естественном субстрате. На их долю приходится от 41 до 59% общего видового состава. При этом роль ведущих, морских и олигосапробных видов не столь велика, поскольку более трети видов приходится на долю редкой, мезосапробной и солонатоводно-морской групп, которые занимают в общем составе вторую позицию.

Спектры отделов отличаются друг от друга степенью полночленности и комбинациями базовых экогрупп. Экологические спектры всего фитоценона и входящего в него Ch относятся к полночленным, тогда как у других отделов спектры неполночленные вследствие отсутствия у Och однолетних, полисапробных и солонатоводных видов, а у Rh – солонатоводных (рис. 2).

Каждый отдел обладает своей комбинацией экологических групп с высоким видовым разнообразием, что показано в табл. 6. У Ch – это редкая, однолетняя, мезосапробная, солонатоводно-морская группы (57–77%), у Och – ведущая, сезонная, олигосапробная, морская (50–89%), у Rh – ведущая, однолетняя, олигосапробная и морская (45–73%). Наибольшим качественным своеобразием отличается отдел Ch – это единственный отдел, участвующий в обрастании ГТС, который содержит представителей солонатоводной группы. У двух других отделов перечень ключевых экогрупп совпадает, за исключением того, что среди Och много сезонных видов,

Т а б л и ц а 5

Число видов в различных классах встречаемости в макрофитоперифитоне

Класс	R, %	Число видов
A	0–20	61
B	21–40	19
D	41–60	10
C	61–80	8
E	81–100	1

Т а б л и ц а 6

Флористический состав экологических групп макрофитоперифитона

Группа	Chlorophyta		Ochrophyta		Rhodophyta	
	ед.	%*	ед.	%*	ед.	%*
Редкая	17	57	5	28	16	31
Ведущая	6	20	9	50	26	51
Сопутствующая	7	23	4	22	9	18
Однолетняя	23	77	–	–	23	45
Многолетняя	1	3	7	39	19	37
Сезонная	6	20	11	61	9	18
Полисапробная	7	23	–	–	1	2
Мезосапробная	17	57	2	11	20	37
Олигосапробная	6	20	16	89	30	61
Солоноватоводно-морская	20	67	2	11	14	27
Морская	6	20	16	89	37	73
Солоноватоводная	4	13	–	–	–	–

* Процентное содержание общего числа видов в отделе.

а среди Rh – однолетников. В целом, экологические спектры трех отделов во многом соответствуют таковым в сообществах на естественных субстратах.

Заключение

Впервые дана эколого-систематическая характеристика макроводорослей искусственных сооружений в разных районах северо-западного, западного, юго-западного, южного и юго-восточного побережья Крыма. Макрофлора обрастания включает 99 видов, 54 рода, 30 семейств, 21 порядок, отделы Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta. Экологический анализ выявил доминирование ведущей, однолетней, олигосапробной и морской групп.

Видовое соотношение отделов свидетельствует о преимущественном вкладе красных водорослей. Флористический коэффициент Фельдмана показывает, что исследованный фитонен по составу близок к субтропической флоре.

Пропорции соподчиненных таксонов в фитонене, у Chlorophyta и Rhodophyta свидетельствуют об их высокой насыщенности видами. Большая доля родов и семейств, представленных соответственно одним видом и одним родом, свидетельствует о пестроте таксономического состава.

Распределение видов по группам постоянства отличается неравномерностью, при которой вклад случайных видов в несколько раз больше, чем добавочных и постоянных.

Показано, что по ряду качественных и количественных параметров экологическая и таксономическая структуры макрофлоры обрастания искусственных сооружений подобны структуре макрофитобентоса прибрежной зоны Черного моря, что можно трактовать как существенное подтверждение биопозитивности искусственных конструкций, особенно там, где нет надлежащих условий для прикрепления и вегетирования морских водорослей.

Работа выполнена по теме госзадания ФГБУН ИМБИ РАН «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах в целях разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» номер госрегистрации АААА-А18-118021350003-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[REFERENCES]

- Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М., 1967. 358 с. [Greig-Smit P. Kolichestvennaya ekologiya rastenii. M., 1967. 358 s.]
- Дажо Р. Основы экологии. М., 1975. 245 с. [Dazho R. Osnovy ekologii. M., 1975. 245 s.]
- Десяткин В.Г., Митропольская И.В. Встречаемость видов водорослей как показатель биологического разнообразия альгоценозов // Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России. Ярославль, 2002. С. 5–22 [Devyatkin V.G., Mitropol'skaya I.V. Vstrechaemost' vidov vodoroslei kak pokazatel' biologicheskogo raznoobraziya al'gotsenozov // Dinamika raznoobraziya gidrobiontov vo vnutrennikh vodoemakh Rossii. Yaroslavl', 2002. S. 5–22].
- Звягинцев А.Ю. Изучение морского обрастания в Институте биологии моря ДВО РАН (1968–2006 гг.) // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 4. С. 3–16 [Zvyagintsev A.Yu. Izuchenie morskogo obrastaniya v Institute biologii morya DVO RAN (1968–2006 gg.) // Vestn. DVO RAN. 2007. № 4. S. 3–16].
- Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.; Л., 1967 397 с. [Zinova A.D. Opredelitel' zelenykh, burykh i krasnykh vodoroslei yuzhnykh morei SSSR. M.; L., 1967 397 s.]
- Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Макроводоросли перифитона и бентоса побережья бухты Ласпи (Крым, Чёрное море) // Экология моря. 2010а. Спец. вып. 81. Биотехнология водорослей. С. 40–49 [Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Makrovodorosli perifitona i bentosa pribrezh'ya bukhty Laspi (Krym, Chernoe more) // Ekologiya morya. 2010a. Spets. vyp. 81. Biotekhnologiya vodoroslei. S. 40–49].
- Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Макрофитобентос и макрофитоперифитон заповедника «Лебяжий острова» (Черное море, Украина) // Альгология. 2010б. Т. 20. № 2. С. 176–191 [Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Makrofitobentos i makrofitoperifiton zapovednika «Lebyazh'i ostrova» (Chernoe more, Ukraina) // Al'gologiya. 2010b. T. 20. № 2. S. 176–191].
- Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Макроводоросли биологического литоконтур акватории Карадагского природного заповедника (Крым) // Альгология. 2014. Т. 24. № 3. С. 388–393 [Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Makrovodorosli biologicheskogo litokontura akvatorii Karadagskogo prirodnogo zapovednika (Krym) // Al'gologiya. 2014. T. 24. № 3. S. 388–393].
- Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Альгоценозы искусственного и естественного субстратов прибрежной зоны Феодосийского залива (Черное море) // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сб. науч. тр. Симферополь, 2015. С. 493–506 [Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Al'gotsenozy iskusstvennogo i estestvennogo substratov pribrezhnoy zony Feodosiiskogo zaliva (Chernoe more) // 100 let Karadagskoi nauchnoi stantsii im. T.I. Vyazemskogo: sb. nauch. tr. Simferopol', 2015. S. 493–506].
- Калугина А.А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники / Морские подводные исследования. 1969. М., С. 105–113 [Kalugina A.A. Issledovanie donnoi rastitel'nosti Chernogo morya s primeneniem legkovodolaznoi tekhniki / Morskie podvodnye issledovaniya. 1969. M., S. 105–113].
- Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. Киев, 1975. 245 с. [Kalugina-Gutnik A.A. Fitobentos Chernogo morya. Kiev, 1975. 245 s.]
- Карков В.И., Шошина Е.В., Беленикина О.А. Биоремедиация морских прибрежных экосистем: использование искусственных рифов // Вестн. МГТУ. 2016. Т. 19. № 1/2. С. 286–295 [Karkov V.I., Shoshina E.V., Belenikina O.A. Bioremediatsiya morskikh pribrezhnykh ekosistem: ispol'zovanie iskusstvennykh rifov // Vestn. MGTU. 2016. T. 19. № 1/2. S. 286–295].
- Кашин И.А., Багавеева Э.В., Чаплыгина С.Ф. Сообщества обрастания гидротехнических сооружений в заливе Находка (Японское море) // Биол. моря. 2003. Т. 29. № 5. С. 307–319 [Kashin I.A., Bagaveeva E.V., Chaplygina S.F. Soobshchestva obrastaniya gidrotekhnicheskikh sooruzhenii v zalive Nakhodka (Yaponskoe more) // Biol. morya. 2003. T. 29. № 5. S. 307–319].
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Под ред. докт. биол. наук, проф. А.В. Ена, канд. биол. наук А.В. Фатерыга. Симферополь, 2015. 480 с. https://bst-sev.ru/sites/default/files/Krasnaya_kniga_Respubliki_Krym_2015.pdf [Krasnaya kniga Respubliki Krym. Rasteniya, vodorosli i griby / Pod red. dokt. biol. nauk, prof. A.V. Ena, kand. biol. nauk A.V. Fateryga. Simferopol', 2015. 480 s. https://bst-sev.ru/sites/default/files/Krasnaya_kniga_Respubliki_Krym_2015.pdf].
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. 885 с. [Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (rasteniya i griby). M., 2008. 885 s.]
- Левенец И.Р., Гордеева З.В. Состав макроводорослей обрастания причалов и судов в северо-западной части Японского и южной части Охотского моря // Вестн. Красноярского ГАУ. 2017. № 11. С. 197–202 [Levenets I.R., Gordeeva Z.V. Sostav makrovodoroslei obrastaniya prichalov i sudov v severo-zapadnoi chasti Yaponskogo i yuzhnoi chasti Okhotskogo morya // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. 2017. № 11. S. 197–202].
- Розенберг Г.С. Количественные методы экологии и гидробиологии // Сб. науч. тр., посвящ. памяти А.И. Баканова (Отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг). Тольятти, 2005. 404 с. [Rozenberg G.S. Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii // Sb. nauch. tr., posvyashch. pamyati A.I. Bakanova (Otv. red. chl.-korr. RAN G.S. Rozenberg). Tol'yatti, 2005. 404 s.]
- Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза / Новосибирск, 1986. 192 с. [Tolmachev A.I. Metody sravnitel'noi floristiki i problemy florigeneza / Novosibirsk, 1986. 192 s.]
- Levenets I.R. Macroflora of natural and anthropogenic substrates of Peter the Great Bay, Sea of Japan // Biodiversity of the marginal seas of the Northwestern Pacific Ocean:

Proceedings of the Workshop, Institute of Oceanology CAS, Qingdao, China, November 21–23, 2007. Qingdao, 2007. P. 51–56.
Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.

<http://www.algaebase.org>; searched on *Date Month February* 2019.
Feldman J. Recherches sur la végétation mariner de la Méditerranée. La côte des Alberes // *Rev. algol.* 1937. Vol. 10. P. 1–339.

Поступила в редакцию / Received 15.05.2019
Принята к публикации / Accepted 13.10.2019

GENERAL CHARACTERISTICS OF MACROALGAE COMMUNITIES AS COLONIZERS OF ARTIFICIAL CONSTRUCTIONS IN THE BLACK SEA

*I.K. Evstigneeva*¹, *I.N. Tankovskaya*²

Macroflora of seashore constructions in Black sea and degree of their sustainability against action of external abiotic factors remains less investigated. In order to get insight into this problem we accomplished in situ studies of structure-functional organization of macroalga-fouling of such installations along the Crimean coastal zone of Black sea by the method of accounting areas accepted in hydrobotanics. Marine studies enabled for the first time to give ecology-systematic characteristics of macroalgae of artificial constructions, and to describe peculiarities of their occurrence in 31 regions of north-western, western, south-western, southern and south-eastern coast of Crimea. The fouling community comprises 99 species, 54 types, 30 families, 21 divisions of Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta. Species' interrelation of divisions evidences predominant contribution of red algae. Feldman floristic coefficient shows that the investigated phytocenon is very similar to subtropical flora by composition. Proportions of subordinated taxons in phytocenon for Chlorophyta and Rhodophyta point out on their high saturation by species. The largest fraction of divisions and families, represented by one species and one type, respectively, evidences diversity of taxonomic composition. Distribution of species by groups of constant features differs by irregularity, for which the contribution from incidental species appears to be few times higher than from the added and constant ones. Ecology analysis established the predominance of leading one-year oligosaprobe and marine groups. In the composition of fouling community 8 species were found, featuring environmental status and included into the Red Book of Crimea.

Key words: the Black sea, Crimea, hydraulic structure, phytoperiphyton, ecology-taxonomic structure, occurrence.

Acknowledgement. The work has been accomplished within the framework of state budget project 'Study of the mechanisms of management of the production processes in biotechnological complexes with an aim of development scientific basis for obtaining biologically active compounds and technical products of marine origin', reg. num. AAAA-A18-118021350003-6.

¹ Evstigneeva Irina Konstantinovna, Ph.D., senior researcher at the Dept. of Biotechnology and Phytoresources of the Institute of Marine Biological Research RAS, 2 Nakhimov ave., Sevastopol 299011, Russia (ikevstigneeva@gmail.com); ² Tankovskaya Irina Nikolaevna, junior researcher at the Dept. of Biotechnology and Phytoresources of the Institute of Marine Biological Research RAS, 2 Nakhimov ave., Sevastopol 299011, Russia (Logrianin@nm.ru).