
ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

УДК 579:582.2. 262.5

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ КРЫМСКОГО
ПРИБРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ *

Рябушко Л.И., Широян А.Г., Лишаев Д.Н.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: larisa.ryabushko@yandex.ru

Приведены оригинальные данные по видовому разнообразию диатомовых водорослей эпифитона красной, бурой водорослей и морской травы в разных, по степени антропогенной нагрузки, районах крымского побережья Чёрного моря, в том числе впервые в зал. Донузлав. Обнаружено 129 видов и ввт Bacillariophyta, принадлежащих к трём классам, 24 родам, из них в Казачьей бухте отмечено 100 видов, Мартыновой бухте – 20 и зал. Донузлав – 38. Из флоры преобладают массовые, бентосные, колониальные, космополитные, морские виды. Выявлено 23 вида диатомовых водорослей – индикаторов органического загрязнения морских вод, из них группа β -мезосапробионтов занимает 87%, что характерно для умеренно загрязнённых органических вод. В эпифитоне красной водоросли *Gracilaria verrucosa* найдено 94 вида с максимальными значениями численности $N=366 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и биомассы $B=0,82$ мг·см⁻² сообщества в конце марта при $t_{\text{воды}}=10^\circ\text{C}$; эпифитоне бурой водоросли *Cystoseira crinita* – 35 видов, $N=104 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и $B=0,422$ мг·см⁻² при $t_{\text{воды}}=25^\circ\text{C}$; на листьях *Zostera marina* – 45 видов, $N=656 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² в январе при $t_{\text{воды}}=8^\circ\text{C}$, в июне $31,6 \cdot 10^3$ кл.·см⁻². Полученные данные обсуждаются. В работе представлены фотоснимки и микрофотографии микроводорослей.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, эпифитон макрофитов, крымское побережье, Чёрное море.

Введение

Изучение диатомовых водорослей эпифитона консорции макрофит-базифит имеет существенное значение для биомониторинга окружающей среды, так как можно одновременно использовать свойства микрофитов и субстрата для их заселения. Сравнительный аспект интерпретации накопленных данных позволяет точнее оценить их совместный вклад в продукционную составляющую водоёма и установить закономерности их расселения в море.

Анализ видового состава и оценка сезонной динамики популяций и сообществ донных диатомовых водорослей, их продукционных возможностей в экосистемах крымского побережья показал, что продуктивность микрофитобентоса Чёрного моря имеет высокие величины, превышающие продуктивность фитопланктона (Алеев и др., 2005; Рябушко, 2013; Рябушко и др., 2013, 2014). Поэтому при учёте общего баланса вещества и энергии необходимо изучать не только фитопланктон, как исторически сложившееся направление в гидробиологии, но и микрофитобентос. Несмотря на ряд методических трудностей в изучении микрофитобентоса, связанных в большей степени с разнообразными нишами и экотопами заселения бентосными микроводорослями, нами получены оригинальные данные по их видовому составу и количественному распределению в зависимости от района исследования, сезонной динамики, характера субстрата, отношения

* Работа выполнена по теме государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № 4 АААА-А18-118021350003-6.

видов к солёности и сапробности воды, а также географии их распространения в Мировом океане (Рябушко, 2013; Ryabushko et al., 2018; Ryabushko et al., 2019).

Залив Донузлав был выбран как новый район для исследования микрофитобентоса, крымского побережья, который здесь никогда не изучался. Этот полузакрытый морской залив с площадью водного зеркала 47,5 кв. км является перспективным для развития марикультуры. В настоящее время здесь находятся марихозяйства по выращиванию мидии и устрицы. Отметим, что залив Донузлав морского происхождения, ранее и сейчас указан в литературе как лиман и как озеро (Мильчакова, Александров, 1999; Петренко и др., 2009; Давидович и др., 2019). Основным негативным фактором для экосистемы залива является промышленная добыча строительного песка, которая осуществляется с 1963 г. Евпаторийским морским торговым портом, и отрицательно влияет на донную растительность в местах повышенной антропогенной нагрузки (Петренко и др., 2009).

Следует отметить, что широкий спектр субстратов и значительная протяжённость крымского побережья Чёрного моря, имеющего разнообразные подводные ландшафты, гидрологические и гидрохимические условия обитания для донной растительности, которая рассматривается как потенциальный субстрат для заселения микроводорослей. Учитывая слабую изученность диатомовых водорослей эпифитона макрофитов и недостаточность их микрофотографий в прижизненном состоянии, обоснована актуальность данного сообщения.

Целью работы является изучение видового разнообразия диатомовых водорослей эпифитона макрофитов в разных районах российского сектора крымского побережья Чёрного моря.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили пробы макрофитов, собранных в 1987–1989, 1996 и 2018 гг. в разных районах крымского побережья Чёрного моря: Казачья, Мартынова бухты и зал. Донузлав (рис. 1, I–III) с глубины от 0,5 до 4,0 м. В заливе сборы слоевищ макрофитов проводили в том числе и в районе марихозяйства (рис. 2) в июне при температуре 23,4–25°C и солёности воды от 18,01 до 18,54‰.

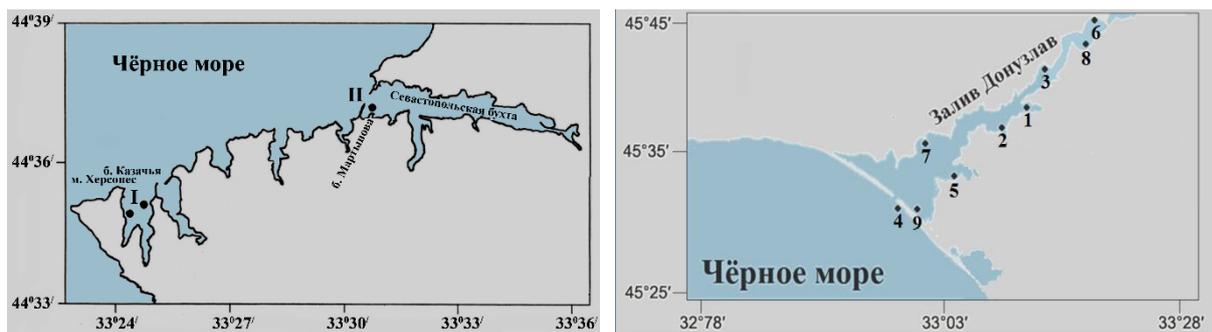


Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб микрофитобентоса в Казачьей (I) и Мартыновой (II) бухтах, заливе Донузлав (III) крымского побережья Чёрного моря

Для флористического и количественного анализа микрофитобентоса были использованы единая методология и методы изучения микроводорослей на популяционном уровне и на уровне сообществ (Рябушко, 2013). Подсчёт клеток диатомей осуществляли в камере Горяева объёмом 0,9 мм³ в трёх повторах, обилие видов (*S*), численность (*N*) и биомассу (*B*) микрофитов, а также площадь поверхности макрофита-базифита определяли по методике (Миничева, 1992).



Рис. 2. Вид мест отбора проб эпифитона макрофитов в заливе Донузлав в районе марихозийства (автор фото Д.Н. Лишаев)

Видовой состав диатомовых водорослей идентифицировали, используя следующие источники: Косинская, 1948; Прошкина-Лавренко, 1963; Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2016; Geitler, 1932; Lundholm et al., 2003).

Экологические и фитогеографические характеристики приведены по (Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2016; Varinova et al., 2019; Guiry, Guiry, 2018; Ryabushko et al., 2019). Статистическая обработка количественных данных проведена с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и обсуждение

В районах исследования в эпифитоне красных, бурых водорослей-макрофитов и морской травы zostеры обнаружено 129 видов и внутривидовых таксонов (ввт) бентосных диатомовых водорослей, принадлежащих к трём классам (Coscinodiscaceae, Fragilariaceae и Bacillariophyceae) отдела Bacillariophyta и 24 родам. В Казачьей бухте отмечено 100 видов водорослей, Мартыновой бухте – 20 и зал. Донузлав – 38 видов (Рябушко и др., 2018). Из общего числа обнаруженных видов в Казачьей бухте в эпифитоне красной водоросли *Gracilaria verrucosa* найдено 94 вида с наибольшим количеством в зимне-весенний период, в том числе 23 вида встречены во все сезоны года (Рябушко, 2013). В эпифитоне *Z. marina* найдено 45 видов диатомовых.

В июне 2018 г. впервые исследованы диатомовые водоросли эпифитона цистозир и zostеры в зал. Донузлав. Всего обнаружено 38 видов диатомовых, в том числе на листьях zostеры – 15 видов, на талломах цистозир – 35 видов, для обоих макрофитов отмечено 13 общих видов (табл. 1). Здесь макрофиты изучены слабо, указано 17 видов, в том числе бурая водоросль *Cystoseira barbata* var. *repens* A. Zinova et Kalugina и 4 вида цветковых растений, из них два вида рода *Zostera* (*Z. marina* L. и *Z. noltii* Hornem) (Мильчакова, Александров, 1999).

Таблица 1.
Видовой состав и встречаемость бентосных диатомовых водорослей в эпифитоне *Cystoseira crinita* Duby (C) и *Zostera marina* L. (Z), их экологическая (Э, S*) и фитогеографическая (ФГ) характеристики, зал. Донузлав Чёрного моря

Таксон	Встречаемость		Характеристики		
	C	Z	Э	S*	ФГ
<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh 1824	+	+	СМ	β	К
<i>A. longipes</i> C.A. Agardh 1824	+	+	М	β	АБТ
<i>Amphora hyalina</i> Kützing 1844	+	+	М	β	АБТ нот
<i>Ardissonea crystallina</i> (C.A. Agardh) Grunow 1880	+	–	СМ	β	БТ
<i>Berkeleya micans</i> (Lyngbye) Grunow ex V.Heurck 1880	+	–	СМ	β	Б нот
<i>B. rutilans</i> (Trentepohl) Grunow 1880	+	–	СМ	β	К
<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) Cleve 1894	+	–	М	–	К

Таксон	Встречаемость		Характеристики		
	C	Z	Э	S*	ФГ
<i>Cocconeis costata</i> Gregory 1855	+	–	М	β	К
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg 1838	+	+	СМ	β	К
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimer et Lewin 1964	+	+	СМ	β	К
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	+	–	М	–	БТ нот
<i>D. smithii</i> (Brébisson) Cleve 1894	+	+	СМ	β	К
<i>D. splendida</i> (Gregory) Cleve 1894	–	+	М	–	АБТ
<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer 1975	–	+	СМ	–	АБ нот
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalsina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	+	–	М	–	Б
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	+	+	М	β	К
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) Griffen et Henfrey 1856	+	–	М	–	АБТ
<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.A. Agardh) Levkov 2009	+	+	СМ	–	АБТ
<i>Haslea ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen 1974	+	–	М	–	Б
<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh 1931	+	–	М	β	К
<i>L. flabellata</i> C.A. Agardh 1930	+	–	М	β	БТ нот
<i>Licmophora hastata</i> Mereschkowsky 1901	+	–	М	β	Б
<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i> Grunow 1882	+	–	СМ	–	АБ
<i>N. cancellata</i> Donkin 1873	+	–	М	–	К
<i>N. ramosissima</i> (C.A. Agardh) Cleve 1895	+	+	СМ	β	АБТ
<i>N. palpebralis</i> Brébisson ex W. Smith 1853	+	–	М	–	АБТ
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	+	–	СМ	–	Б
<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs ex Pritch. 1861	+	–	СМ	–	К
<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853	+	+	СМ	α	АБТ
<i>Parlibellus delognei</i> (V. Heurck) E.J. Cox 1988	+	–	М	β	АБТ
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith 1852	+	–	СМ	β	К
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow 1885	+	–	СМ	β	АБТ
<i>St. unipunctata</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1832	+	+	М	β	БТ
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.A. Agardh) Williams et Round 1986	+	+	СМ	β - α	К
<i>T. tabulata</i> (C.A. Agardh) Snoeijs 1992	+	–	СМ	β - α	К
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve 1903	+	+	М	–	К
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	+	–	М	β	АБТ нот
<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenberg) L.I. Ryabushko 2006	+	–	СМ	–	АБТ
Всего:	36	15			

Примечание. Э – отношение вида к галобности (солёности) воды в море: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской; S* – отношение видов к сапробности воды, дано по работам (Рябушко, 2013; Varinova et al., 2019; Ryabushko et al., 2019): β – бетамезосапробионт, β - α – бета-альфамезосапробионт, α – альфамезосапробионт; ФГ – фитогеографические элементы флоры : Б – бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный; «–» – отсутствие данных, «+» – наличие данных.

Анализ флоры диатомовых эпифитона цистозеры показал много сходных черт, характерных и для других субстратов Чёрного моря. В целом во всех сообществах диатомовых преобладают морские и солоноватоводно-морские виды, которые составляют соответственно 47 и 45%. Виды-космополиты преобладают (39%) и являются массовыми, заселяющими разнообразные местообитания в море. Группа аркто-бореально-тропических элементов флоры составляет 32%. Кроме этого, большинство видов, характеризующих ацидификацию вод в Чёрном море, относится к массовым и широко распространённым в море алкалифильным с элементами индифферентных форм. К последним относятся *Tabularia fasciculata* и *T. tabulata*, найденные в эпифитоне разных видов макрофитов, в том числе на талломах цистозеры и листьях зостеры в зал. Донузлав (табл. 1). Выявлено 23 вида диатомовых водорослей – индикаторов органического загрязнения морских вод, из них группа β -мезосапробионтов занимает ведущее место (87%), характерная для умеренно загрязнённых вод, что типично для зал. Донузлав и акваторий крымского побережья Чёрного моря (Ryabushko et al, 2019). Основными доминантами, определяющими структуру диатомового сообщества в эпифитоне макрофитов, являются колониальные виды диатомовых водорослей (рис. 3–5).

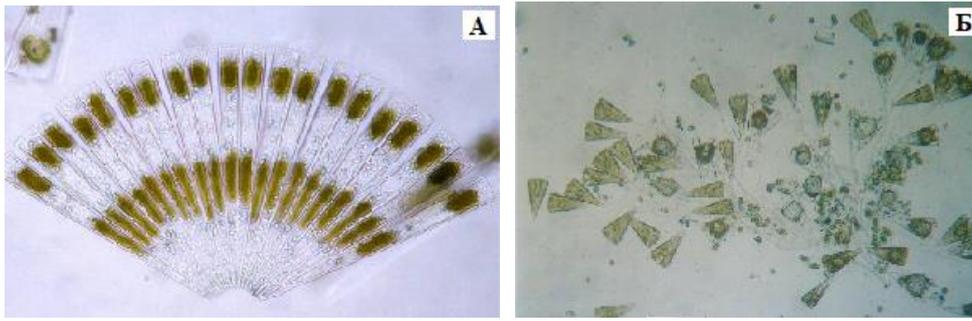


Рис. 3. СМ. Колонии массовых видов-образователей *Licmophora flabellata* (А) и *L. abbreviata* (Б)

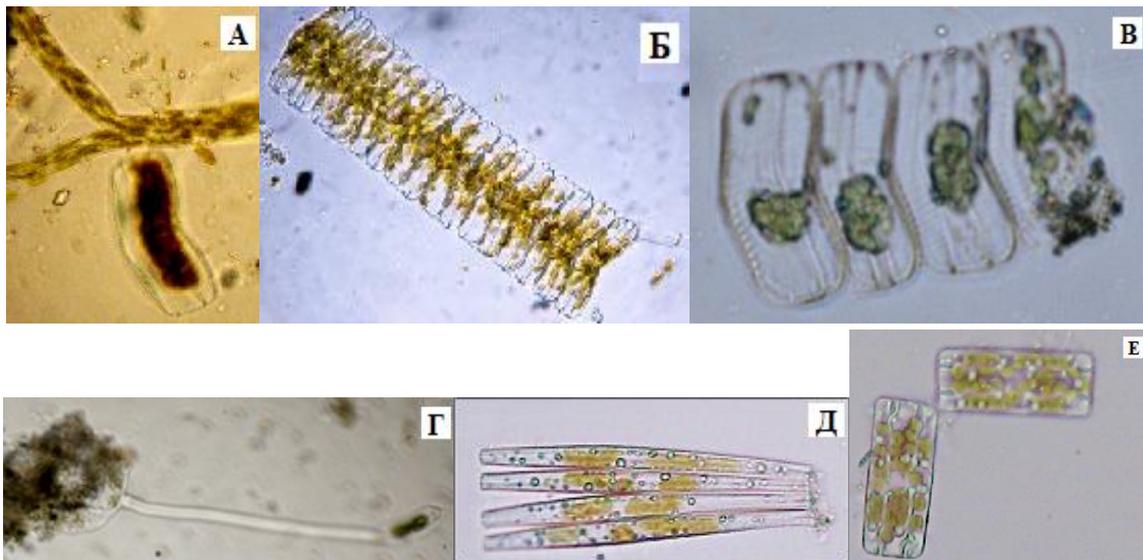


Рис. 4. СМ. Виды-образователи колониальных диатомовых водорослей эпифитона макрофитов. Панцири *Achnanthes longipes* (А–В); клетка, прикреплённая к колонии *Berkeleyya rutilans* (А); колонии (Б, В); вид со слизистой «ножкой», прикреплённой к детриту (Г); колонии *Tabularia tabulata* (Д) и *Grammatophora marina* (Е) с хлоропластами; виды, обнаруженные в эпифитоне цистозир и зостеры в заливе Донузлав Чёрного моря; В, Д, Е (автор фото Д.Н. Лишаев); А, Б, Г (из: Рябушко, 2013)

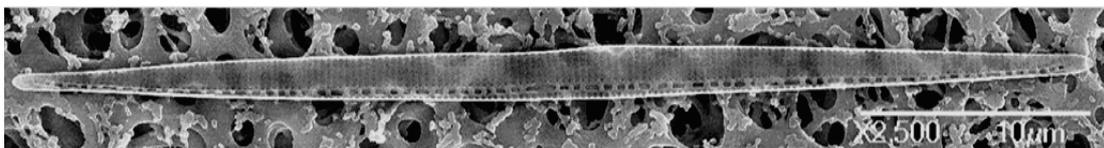


Рис. 5. СЭМ. Вид *Pseudo-nitzschia calliantha* из крымских вод Чёрного моря. СЭМ (Рябушко и др., 2008; Besiktepe et al., 2008)

Виды, указанные выше, встречаются в местах с повышенным органическим загрязнением вод. Здесь ведущее место занимают виды-мезосапробионты (87%), характерные для умеренно загрязнённых вод (табл. 1). Их можно отнести к индикаторам качества вод. К этим же видам относятся и потенциально опасные виды микроводорослей, которые обитают в Чёрном море (Рябушко, 2003). Например, токсичный вид пеннатной диатомовой водоросли *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle 2003 (рис. 5), указанный в планктоне у крымских и турецких берегов Чёрного моря (Рябушко и др., 2008; Besiktepe et al., 2008). Водоросль часто встречается в разных экотопах бентоса Чёрного моря.

Токсичность вида и его таксономический статус описаны ранее (Lundholm et al., 2003), что было подтверждено и нашими исследованиями для черноморского клона в

ходе совместного Украинско-Турецкого международного проекта 2004–2005 гг. (Рябушко и др., 2008; Besiktepe et al., 2008).

Летом в море в эпифитоне макрофитов также встречаются потенциально опасные виды динофлагеллят рода *Prorocentrum* Ehrenb.: *Pr. lima* (Ehrenberg) Dodge и *Pr. micans* Ehrenberg (рис. 6 А–В).

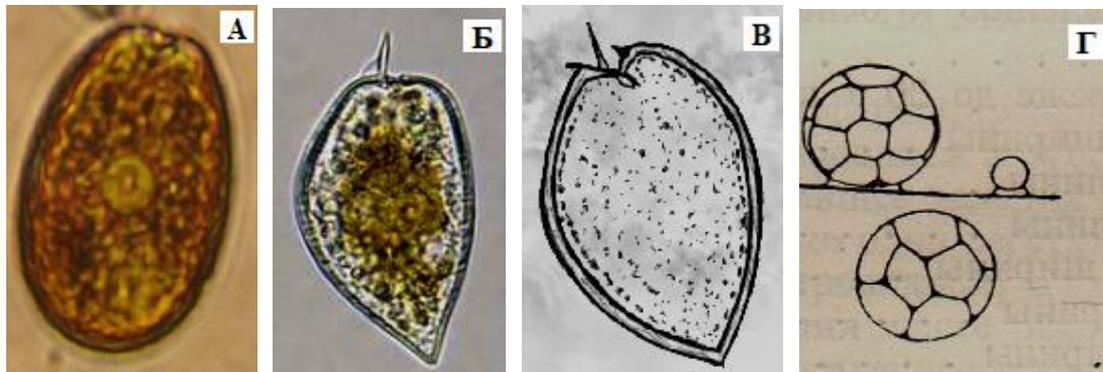


Рис. 6. СМ. Виды рода *Prorocentrum* Ehrenberg 1834: А – *Pr. lima*, Б, В – *Pr. micans*; А, В (автор фото Рябушко, 2013) и Г – цианобактерия *Stanieria minima* на разных стадиях развития (по: Geitler, 1932)

В эпифитоне макрофитов зал. Донузлав впервые для Чёрного моря обнаружена цианобактерия *Stanieria minima* (Geitler) Silva et R.N. Pienaar 2000 (Basionym: *Dermocarpa minima* Geitler 1932; Synonym: *Cyanocystis minima* (Geitler) Komárek et Anagnostidis 1986; Guiry, Guiry, 2018, ранее неизвестный вид для морей СССР (Косинская, 1948). Этот морской, бореально-тропический вид (рис. 6 Г) указан в водах Мавритании (Западная Африка) при температуре морской воды 20°C и Квазулу Наталь (Южная Африка) при $t_{\text{воды}}$ от 12–17 до 21–26°C в зависимости от сезона года (Silva, Pienaar, 2000a, b).

Количественная характеристика. Наряду с изучением флористических особенностей бентосных диатомовых водорослей, получены также количественные данные. Так, в Казачьей бухте в эпифитоне красной водоросли *Gracilaria verrucosa* максимальные значения численности диатомовых водорослей $N=366 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² с биомассой 0,82 мг·см⁻² зарегистрированы в конце марта при $t_{\text{воды}} = 10$ °C, а в эпифитоне морской травы *Z. marina* ($N=656 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) в январе при $t_{\text{воды}} = 8$ °C (Рябушко, 2013).

В зал. Донузлав в районе марихозьяства (рис. 2) в эпифитоне *Cystoseira crinita* обнаружено 36 видов диатомовых водорослей с максимальным обилием видов ($S=21$), численность которых изменялась от $11 \cdot 10^3$ до $104 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² с наибольшей биомассой 0,422 мг·см⁻² при $t_{\text{воды}} = 25$ °C и солёности воды 18,52‰ (табл. 1, 2).

Таблица 2.

Количественные данные бентосных диатомовых водорослей в эпифитоне *Cystoseira crinita* и *Zostera marina* в заливе Донузлав Чёрного моря, 2018 г.

Дата отбора проб	Глубина, м	Солёность, ‰	Температура воды, t°С	Обилие видов, S	Численность, N·10 ³ кл.·см ⁻²	Биомасса, B, мг·см ⁻²
<i>Cystoseira crinita</i>						
19 июня	1,0	18,01	23,4	18	101±5,5	0,011±0,001
20 июня	0,5	18,52	25,0	21	104,0±19,7	0,422±0,05
-«-	0,5	18,52	25,0	18	194±42,3	0,081±0,01
21 июня	1,0	18,54	24,4	19	31,0±7,8	0,134±0,06
<i>Zostera marina</i>						
20 июня	0,5	18,52	25,0	5	31,6±25,5	0,01±0,003
-«-	4,0	18,52	25,0	15	–	–

В эпифитоне морской травы *Z. marina* на глубине 4,0 м при $t_{\text{воды}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ найдено 15 видов диатомовых водорослей, численность составляла $31,6 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ на глубине 0,5 м при тех же значениях температуры и солёности воды (табл. 1, 2).

Ранее было установлено, что виды макрофитов, имеющие талломы осевого типа, например, представители родов *Cystoseira*, *Gracillaria*, *Bryopsis* и др. обрастают диатомовыми водорослями интенсивнее, чем макрофиты, имеющие пластинчатый тип (Рябушко, 2013). Однако при этом необходимо учитывать такие факторы как сезонность, глубина, гидрохимические показатели воды (Рябушко и др., 2017). Поэтому крайне важно набрать базу качественных и количественных характеристик диатомовых водорослей в разных локальных их местообитаниях.

Выводы

1. В трёх районах исследования в прибрежье Чёрного моря в эпифитоне трёх видов макрофитов обнаружено 129 видов и ввт диатомовых водорослей, принадлежащих к трём классам отдела Bacillariophyta, 24 родам. Из них в Казачьей бухте отмечено 100 видов, Мартыновой бухте – 20 и зал. Донузлав – 38 видов.

2. В Казачьей бухте в эпифитоне красной водоросли *Gracillaria verrucosa* найдено 94 вида с наибольшим их количеством в зимне-весенний период, в том числе 23 вида встречены во все сезоны года; в эпифитоне бурой водоросли *Cystoseira crinita* – 35 видов; в эпифитоне морской травы *Zostera marina* – 45 видов. Из флоры преобладают бентосные, массовые, колониальные, космополитные виды, морские и β -мезосапробионтные, которые особенно обильны в местах умеренного органического загрязнения вод, их можно использовать при оценке качества окружающей среды. К видам-индикаторам относятся и токсичные виды – диатомовая водоросль *Pseudonitzschia calliantha* и динофлагелляты рода *Prorocentrum*, отмеченные в районах исследования.

3. В Казачьей бухте в эпифитоне красной водоросли *G. verrucosa* зарегистрирована максимальная численность диатомовых водорослей $N=366 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ с биомассой $0,82 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$ в конце марта при $t_{\text{воды}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$; эпифитоне *Z. marina* $N=656 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ в январе при $t_{\text{воды}} = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. В зал. Донузлав эпифитоне *C. crinita* в июне при $t_{\text{воды}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ численность сообщества диатомовых водорослей достигала $104 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ с наибольшей биомассой $0,422 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$, а на листьях *Z. marina* численность была в 3 раза меньше.

5. В целом для всех акваторий значения численности диатомовых водорослей летом ниже по сравнению с другими сезонами года.

Список литературы

1. Алеев М.Ю., Рябушко В.И., Рябушко Л.И., Торская А.В. Биоиндикация состояния прибрежной зоны Чёрного моря с помощью анализа продукционных показателей микрофитобентоса // *Современные проблемы водной токсикологии* (Борок, 20–24 сент. 2005 г.). – 2005. – С. 7–8.
2. Давидович Н.А., Давидович О.И., Подунай Ю.А., Полякова С.Л., Бальчева Д.С., Воробьёва И.А. Размерные характеристики крупнейшей черноморской диатомеи *Toxarium undulatum* Bailey в природной популяции озера Донузлав. В кн.: *Материалы II научно-практической конференции* (Керчь, 15–17 мая 1919 г.). – Симферополь. 2019. – С. 43–47.
3. Косинская Е.К. *Определитель морских синезелёных водорослей*. – М.; Л.: АН СССР, 1948. – 278 с.

4. Мильчакова Н.А., Александров В.В. Донная растительность некоторых районов лимана Донузлав (Чёрное море) // Экология моря. – 1999. – Вып. 49. – С. 68–71.
5. Миничева Г.Г. Аллометрический метод определения удельной поверхности водорослей-макрофитов // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 4. – С. 93–96.
6. Петренко О.А., Себах Л.К., Жугайло С.С. Состояние водной среды оз. Донузлав в современных условиях // Системы контроля окружающей среды. – 2009. – Вып. 12. – Севастополь: МГИ. – С. 301–304.
7. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря. – М.; Л.: Наука. 1963. – 243 с.
8. Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна / Ред. В.И. Рябушко. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2003. – 288 с.
9. Рябушко Л.И. Микрофитобентос Чёрного моря / Ред. А.В. Гаевская. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2013. – 416 с.
10. Рябушко Л.И., Бесиктепе С., Едигер Д., Илмаз Д., Зенгинер А., Рябушко В.И., Ли Р.И. Токсичная диатомовая водоросль *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle из Чёрного моря: морфология, таксономия, экология // Мор. экол. журн. 2008. Т. 7, № 3. – С. 51–60.
11. Рябушко Л.И., Фирсов Ю.К., Лохова Д.С., Ерёмин О.Ю. Состав, количественные и продукционные характеристики фитоперифитона стеклянных пластин при разных сроках экспозиции в Чёрном море // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 1. – С. 69–81.
12. Рябушко Л.И., Балычева Д.С., Поповичев В.Н., Фирсов Ю.К., Рябушко В.И. Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (крымское побережье Чёрного моря) // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 4. – С. 504–517.
13. Рябушко Л.И., Бегун А.А. Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря (Синописис и Атлас). Т. 2. Севастополь: ПК «КИА». – 2016. – 324 с.:100 ил.
14. Рябушко Л.И., Широян А.Г., Лишаев Д.Н. Сравнительный аспект изучения диатомовых водорослей эпифитона макрофитов в разных районах крымского побережья Чёрного моря. В кн.: Микология и Альгология в России. XX–XXI век. Смена парадигм. тез. Всерос. конф. с междунар. участием (Москва, 19–20 ноября 2018 г.). – Москва. – 2018. – С. 212.
15. Рябушко Л.И., Поспелова Н.В., Балычева Д.С., Ковригина Н.П., Троценко О.А., Капранов С.В. Исследования микрофитобентоса эпизоона *Mytilus galloprovincialis* Lam., фитопланктона и гидролого-гидрохимических характеристик акватории мидийной фермы (Севастополь, Чёрное море) // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 67–83. DOI: [10.21072/mbj.2017.02.4.07](https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.07).
16. Barinova S.S., Bondarenko A.V., Ryabushko L.I. & Kapranov S.V. Microphytobenthos as indicator of water quality and organic pollution in the Western coastal zone of the Sea of Azov // Oceanol. and Hydrobiol. Stud. – 2019. – 48, № 2 – С. 21–35. ISSN 1730-413X eISSN 1897-3191.
17. Besiktepe S., Ryabushko L., Ediger D., Yilmaz D., Zenginer A., Ryabushko V., Lee R. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle (Bacillariophyta) isolated from the Black Sea // *Harmful Algae*. – 2008. – Vol. 7. – P. 438–442.
18. Geitler L. *Cyanophyceae*. Rabenhorst's Kryptogamenflora. Leipzig: Acad. Verlag. – 1932. – Bd. 14. – 1196 s.
19. Guiry M.D. & Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> 2018 (дата обращения: 20.12.2018)

20. Lundholm N., Moestrup Ø., Hasle G.R. & Hoef-Emden K. A study of the *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima/cuspidata* complex (Bacillariophyceae): what is *P. pseudodelicatissima*? // J. Phycol. – 2003. – Vol. 39. – P. 797–813.
21. Ryabushko L., Lishaev D. & Shiroyan A. The species, ecological and geographical diversity of microphytobenthos microalgae in the Crimean coast of the Black Sea. In: 2nd Intern. Black Sea Symposium Biodiversity : Abstract (Samsun, Turkey, 28–30 November 2018). – Samsun, 2018. – P. 33. <http://www.unidokap.org>.
22. Ryabushko L.I., Lishaev D.N. & Kovrigina N.P. Species Diversity of Epilithon Diatoms and the Quality of the Waters of the Donuzlav Gulf Ecosystem (Crimea, the Black Sea) // Diversity. – 2019. – Vol. 11, no. 7. – P. 1–12. DOI: 10.3390/d11070114
23. Silva S.M.F. & Pienaar R.N. Some Benthic Marine Cyanophyceae of Mauritius // Botanica Marina. – 2000a. – Vol. 43, no. 1. – P. 11–27.
24. Silva S.M.F. & Pienaar R.N. Benthic Marine Cyanophyceae from Kwa-Zulu Natal, South Africa. Berlin-Stuttgart // Bibliotheca Phycologica. – 2000b. – Bd. 107. – Vol. VII. – 456 p., 219 figures, 63 table.

DIATOMS OF MACROPHYTES EPIPHYTON IN THE CRIMEAN COASTAL WATERS OF THE BLACK SEA

Ryabushko L.I., Shiroyan A.G., Lishaev D.N.

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,
Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: larisa.ryabushko@yandex.ru

Original data of benthic diatoms species diversity in epiphyton of *Gracilaria verrucosa*, *Cystoseira crinita* and sea grass *Zostera marina* in different, according to the degree of anthropogenic load, areas of the Crimean coastal waters of the Black Sea, including the first time in the Donuzlav Bight were presented. Identified 129 taxa of Bacillariophyta belonging to three classes, 24 genera were found, of which 100 species were recorded in Kazachyaya Bay, 20 in Martynova Bay and Donuzlav – 38. The flora is dominated by mass, benthic, colonial, cosmopolitan, and marine species. 23 species of diatoms have been identified as indicators of organic pollution of marine waters, of which the group of β -mesosaprobionts (87%), which is typical for moderately polluted organic coastal waters of the Crimea. In epiphyton of red algae *Gracilaria verrucosa* was found 94 species with the highest values of abundance and biomass of the community $N=366 \cdot 10^3$ cells \cdot cm $^{-2}$ with $B=0.82$ mg \cdot cm $^{-2}$ at the end of March at $t_{\text{water}}=10^\circ\text{C}$; epiphyton the brown algae *Cystoseira crinita* – 35 species, $N=104 \cdot 10^3$ cells \cdot cm $^{-2}$ and $B=0.422$ mg \cdot cm $^{-2}$, with $t_{\text{water}}=25^\circ\text{C}$; *Zostera marina* on leaves – 45 species, $N=656 \cdot 10^3$ cells \cdot cm $^{-2}$ recorded in January at $t_{\text{water}}=8^\circ\text{C}$; in June was $31.6 \cdot 10^3$ cells \cdot cm $^{-2}$. Comparative data are discussed. In the paper presents photographs and micrographs of microalgae.

Keywords: diatoms, microphytobenthos, epiphyton, macrophytes, Crimean coastal waters, the Black Sea

Рябушко Лариса Ивановна	Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН», e-mail: larisa.ryabushko@yandex.ua
Широаян Армине Георгиевна	Ведущий инженер отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН», e-mail: arminka_shir@mail.ru
Лишаев Денис Николаевич	Младший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН», e-mail: chandler37@yandex.ua

Поступила в редакцию 28.03.2020 г.