

## МИКРОВОДОРОСЛИ БЕНТОСА ЗАПОВЕДНИКА «ЛЕБЯЖЬИ ОСТРОВА» (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Д. С. Балычева, Л. И. Рябушко

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, Россия  
e-mail: dashik8@gmail.com

Поступила в редакцию: 17.03.2017

В статье впервые представлен список микроводорослей бентоса заповедника «Лебяжьих островов», включая Каркинитский залив и Сары-Булатский лиман. В течение 2015, 2016 гг. обнаружено 78 видов и внутривидовых таксонов, принадлежащих к трем отделам: Bacillariophyta – 69, Cyanoprokaryota – 6, Nartophyta – 3. В Каркинитском заливе найдено 45 видов, в Сары-Булатском лимане – 56 при коэффициенте сходства Чекановского-Серенсена 46%. Основу флоры составляют диатомовые *Cocconeis scutellum*, *Entomoneis alata*, *Halamphora coffeiformis*, *Nitzschia scalpelliformis*, *Pleurosigma angulatum*, *Pl. elongatum*, *Psammodictyon panduriforme*, в том числе *Coronia daemeliana*, *Surirella striatula*, *Tryblionella circumscuta*, которые являются редкими для микрофитобентоса крымского побережья Черного моря. Найдено два потенциально токсичных вида диатомовых *H. coffeiformis* и *Pseudo-nitzschia calliantha*, встречавшихся единично. Преобладают бентосные микроводоросли (86%), морские виды (49%) и космополиты (30%). Выявлено 20 видов-индикаторов качества воды, большинство из которых относится к индикаторам умеренно загрязненных вод. При сравнении флор заповедных регионов крымского побережья Черного моря выявлено 38 общих видов бентосных диатомовых водорослей между заповедником «Лебяжьих островов» и заказником «Казачья бухта», Карадагским природным заповедником – 43 и Казантипским природным заповедником (Азовское море) – 21. Впервые на примере каменистых грунтов Сары-Булатского лимана в октябре 2015 г. проведено изучение количественных характеристик микроводорослей, численность которых варьировала от 81000 до 331000 кл.·см<sup>-2</sup>, биомасса – 0.012–0.018 мг·см<sup>-2</sup>, обилие видов – 11–13. При этом значительный вклад вносят цианобактерии с численностью 256000 кл.·см<sup>-2</sup> и биомассой – 0.007 мг·см<sup>-2</sup>. Численность диатомовых водорослей варьировала от 48000 до 75000 кл.·см<sup>-2</sup>, биомасса достигала 0.011 мг·см<sup>-2</sup> с доминированием *Seminavis ventricosa*. Исследования микроводорослей показали, что существует необходимость регулярного изучения микрофитобентоса орнитологического заповедника «Лебяжьих островов» с целью выявления качественных и количественных характеристик массовых, редких, токсичных видов микроводорослей и оценки качества водной среды с помощью видов-индикаторов.

**Ключевые слова:** диатомовые водоросли, заповедник «Лебяжьих островов», микроводоросли, микрофитобентос, Черное море

### Введение

Микроводоросли бентоса заповедных акваторий российских морей относятся к слабо изученным (Рябушко, 2009, 2013; Рябушко и др., 2013, 2015; Бегун и др., 2015; Рябушко, Бегун, 2015; Begun et al., 2015) или совершенно не исследованным. Это же касается и природного заповедника «Лебяжьих островов», принадлежащего Орнитологическому филиалу Крымского заповедника, занимающего акваторию площадью 95.6 км<sup>2</sup>. Острова находятся на пролетном пути многих видов водоплавающих птиц. Водное пространство Лебяжьих островов, помимо открытого моря и лиманов с более высокой соленостью, включает в себя практически закрытые небольшие водоемы с ограниченным сообщением с морем. Такие разнообразные по экологическим условиям места обитания представляют интерес для выявления биологического разнообразия флоры и фауны заповедника.

С 1988 г. в орнитологическом заповеднике «Лебяжьих островов» сотрудниками Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского и Никитского ботанического сада начаты комплексные исследования гидрохимических, радиоэкологических и токсикологических характеристик, распределения фитопланктона и зоопланктона, макрофитобентоса и паразитарных организмов (Жерко, 1998; Садогурский, 1999, 2009; Евстигнеева, Танковская, 2010; Ломакин и др., 2011; и др.). Несмотря на относительную изученность заповедника, данные о донных микроводорослях до сих пор отсутствуют. В то же время в прибрежных акваториях некоторых заповедных регионов Крыма: Черное море – Карадагский природный заповедник (КаПРИЗ), заказник «Бухта Казачья» и Азовское море – Казантипский природный заповедник (далее – КПЗ) проведена инвентаризация и ревизия видового состава фитопланктона и микро-

фитобентоса (Рябушко, 2006; 2013; Рябушко, Бондаренко, 2011; Рябушко и др., 2013, 2015). Кроме того, в заповедниках были выявлены вредоносные виды, способные вызывать «цветение» воды и «красные приливы», включая потенциально токсичные виды микроводорослей, представляющие угрозу для беспозвоночных и млекопитающих животных, рыб и водоплавающих птиц (Рябушко, 2003, 2013). В связи с тем, что микроводоросли не только первопища для многих видов водных животных, но и индикаторы качества среды, т.е. показатели солености и сапробности водоемов, а также среди них имеются потенциально опасные виды, негативно влияющие на обитателей орнитологического заповедника «Лебяжьих островов», изучение флористического состава и количественного распределения особенно актуально.

Цель работы – исследовать качественный состав и эколого-фитогеографические характеристики микроводорослей в разных экотопах заповедника «Лебяжьих островов».

### Материал и методы

Заповедник «Лебяжьих островов» включает прибрежные акватории Каркинитского залива (I) и Сары-Булатского лимана (II) Черного моря и расположен у северо-западного побережья Крымского полуострова на островах, сложенных песчано-ракушечными наносами и подверженных постоянным изменениям своей конфигурации. Дно акваторий заповедника составляют в основном илистые, илисто-песчаные, ракушечно-песчаные грунты, содержащие сероводород. В акватории «Лебяжьих островов» среди макрофитобентоса преобладают морские травы, а наиболее массовым видом является *Zostera marina* L. (Садогурский, 1999).

Исследования микрофитобентоса проведены в двух акваториях (I, II) в 2015, 2016 гг. на шести станциях (рис. 1) при соответствующих координатах. Сары-Булатский лиман: станция №1: 45°85'46" с.ш., 33°49'46" в.д., дно здесь представляет собой слой гнилой zostеры с илом под ним; станция №2 – протока, соединяющая лиман с открытым морем: 45°85'72" с.ш., 33°50'24" в.д., грунт – ракушечник, песок, ил и zostера; станция №3: 45°85'61" с.ш., 33°49'59" в.д., грунт – вязкий ил с песком и ракушей, в верхнем слое отмечено наличие сероводорода, в небольшом ко-

личестве присутствуют каменистые грунты; станция №5: 45°85'14" с.ш., 33°49'35" в.д. – закрытый водоем, длиной около 35 м, шириной 2–7 м, глубиной до 20 см, периодически соединяющийся с лиманом после дождей, паводков, сильного ветра, верхний слой грунта состоит из ила с запахом сероводорода; станция №6: 45°85'54" с.ш., 33°49'36" в.д. – мелководный залив, соединяющийся с лиманом посредством бетонной трубы, под верхним слоем грунта – сероводород. Каркинитский залив: станция №4: 45°85'34" с.ш., 33°48'27" в.д. – пляж с. Портовое (береговая граница заповедника), грунт – песок, битая ракушка, немного ила.

Соленость в Каркинитском заливе изменяется от 17.94‰ до 18.59‰. В конце 1980-х гг. на Сары-Булатский лиман сильное влияние оказывали стоки рисовых чеков, опресняя его воды до 7–12‰ (Жерко, 1998). В настоящее время чеки не функционируют, а соленость лимана возросла до 18.14–21.35‰ (по данным Т.А. Богдановой).

14 проб микроводорослей твердых (камни) и рыхлых (песок, ракушечник, сероводородный ил) грунтов отбирали в октябре, ноябре 2015 г., мае и октябре 2016 г. на глубине до 0.5 м. С камней производили соскобы с помощью щетки и смывали фильтрованной морской водой. Микроводоросли илисто-песчаных грунтов отделяли методом декантации. Состав микроводорослей двух районов изучали в прижизненном состоянии и в фиксированном виде (из расчета 2 мл 96% этилового спирта на 100 мл пробы) в световом микроскопе «Axioskop 40» С. Zeiss при разных увеличениях. Микрофотосъемку видов осуществляли с помощью фотоаппарата Canon PowerShot A-640 и программы AxioVision Rel. 4.6. Очистку клеток диатомовых водорослей от органических веществ проводили «холодным» методом с применением концентрированной серной кислоты (Рябушко, 2013). Сходство видового состава определяли по коэффициенту Чекановского-Серенсена ( $K_s$ ). Количественный учет микроводорослей эпилитона каменистых грунтов выполнен по пробам из Сары-Булатского лимана. Подсчет клеток микроводорослей осуществляли в камере Горяева объемом 0.9 мм<sup>3</sup>, расчет численности ( $N$ ), биомассы ( $B$ ), обилия видов ( $s$ ) проводили по методике, описанной в работе (Рябушко, 2013).



Рис. 1. Карта-схема станций (1–6) отбора проб микрофитобентоса в акватории заповедника «Лебяжьих острова» Черного моря.

Fig. 1. The map of the microphytobenthos sampling stations (1–6) in the water area of the Lebyazhy'i Ostrova Reserve in the Black Sea.

### Результаты и обсуждение

Впервые в микрофитобентосе заповедника «Лебяжьих острова» зарегистрировано 78 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, принадлежащих к трем отделам: Bacillariophyta – 69, Cyanoprokaryota – 6, Haptophyta – 3. В районе I найдено 45 видов, в районе II – 56 при коэффициенте сходства Чекановского-Серенсена ( $K_s$ ) 46% (табл.). Выявлено 67 бентосных видов, 8 планктонных и 3 бентопланктонных. По отношению к солености воды отмечены морские (49%) и солоноватоводно-морские (33%) виды, солоноватоводные составили 11%, пресноводно-солоноватоводные – 7% (табл.). По фитогеографической характеристике наибольшее количество видов является космополитами (30%), что позволяет им обитать в различных акваториях Черного моря и во всех зонах Мирового океана. Бореальные элементы флоры составили 14%, аркто-бореальные – 10%, бореально-тропические и аркто-бореально-тропические – по 23% (табл.).

Микроводоросли отдела Cyanoprokaryota зарегистрированы только в Сары-Булатском лимане, из них наиболее часто встречались виды, принадлежащие родам *Phormidium* и *Lynbya*, единично отмечены *Chamaecalyx*

*swirenkoi*, *Merismopedia glauca* и *Spirulina tenuissima*. Представители отдела Haptophyta встречались на всех станциях единично. Во флоре микроводорослей преобладают представители отдела Bacillariophyta, относящиеся к трем классам, 16 порядкам, 25 семействам, 41 роду. Наиболее обильно представлены рода *Navicula* – 6 видов, *Mastogloia* – 5, *Tryblionella* – 4. В микрофитобентосе всех акваторий «Лебяжьих острова» встречается комплекс видов диатомовых *Cocconeis scutellum*, *Entomoneis alata*, *Halamphora coffeiformis*, *Nitzschia scalpelliformis*, *Pleurosigma angulatum*, *Pl. elongatum*, *Psammodictyon panduriforme*, а также *Coronia daemeliana*, *Surirella striatula*, *Tryblionella circumscuta*, которые являются редкими для микрофитобентоса крымского побережья Черного моря (рис. 2). Кроме того, в районах исследования найдено два потенциально токсичных вида диатомовых *H. coffeiformis* (рис. 2, №6) и *Pseudo-nitzschia calliantha*, встречавшихся единично во всех пробах. Эти виды ранее были указаны для акваторий, прилегающих к заповедным регионам Крыма: *H. coffeiformis* в КПЗ и заказнике «Бухта Казачья», *P. calliantha* в КаПРИЗ и «Бухте Казачья» (Рябушко и др., 2015).

**Таблица.** Видовой состав микроводорослей бентоса заповедника «Лебяжий острова»  
**Table.** Species composition of benthos microalgae of the Lebyazhy'i Ostrova Reserve

Таксон	Каркинитский залив	Сары-Булатский лиман	ЭК	ФГ	S
Cyanoprokaryota					
<i>Chamaecalyx swirenkoi</i> (Sirsov) Komárek et Anagn. 1986	–	+	С	Б	–
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing 1845	–	+	М	БТ	–
<i>Spirulina tenuissima</i> Kützing 1836	–	+	М	БТ	–
<i>Phormidium nigro-viride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	–	+	М	БТ	–
<i>Phormidium</i> sp.	–	+	–	–	–
<i>Lyngbya</i> sp.	–	+	–	–	–
Haptophyta					
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (G. Murray & V.H. Blackman) Loeblich & Tappan 1978 *	–	+	М	БТ	–
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) J. Schiller 1930 *	+	–	М	БТ	–
<i>Oolithotus fragilis</i> (Lohmann) Martini & C. Müller 1972 *	+	+	ПС	Б	–
Bacillariophyta					
<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh 1824	–	+	СМ	К	–
<i>A. longipes</i> C.A. Agardh 1824	–	+	М	АБТ нот	$\beta$
<i>Achnantheopsis delicatula</i> (Kütz.) Lange-Bertalot 1997	–	+	ПС	Б	$\beta$
<i>Amphora angusta</i> Gregory 1857	+	+	СМ	АБТ нот	$\beta$
<i>A. hyalina</i> Kützing 1844	–	+	СМ	АБТ нот	$\beta$
<i>A. proteus</i> Gregory 1957	+	+	СМ	К	$\beta$
<i>Ardissonaea crystallina</i> (C. Agardh) Grunow 1880	+	+	СМ	БТ	$\beta$
<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) Cleve 1894	+	–	М	К	–
<i>Coronia daemeliana</i> (Grunow) Ruck & Guiry 2016*	+	+	М	Б нот	–
<i>Cocconeis costata</i> Gregory 1855	+	–	М	К	$\beta$
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg 1838	+	+	СМ	К	$\beta$
<i>Cyclotella</i> sp. *	–	+	–	–	–
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964 **	–	+	СМ	К	$\beta$
<i>Delphineis minutissima</i> (Hustedt) Simonsen 1987	+	–	М	БТ	–
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1894	+	+	М	АБТ нот	–
<i>D. chersonensis</i> (Grunow) Cleve 1892	+	+	М	БТ	–
<i>D. smithii</i> (Brébison) Cleve 1894	+	–	СМ	К	–
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845	–	+	С	АБ нот	–
<i>E. paludosa</i> (W. Smith) Reimer 1975 *	–	+	СМ	АБ нот	–
<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) A.J. Stickle et Mann 1990	+	+	М	АБТ	–
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg 1841	+	–	М	К	–
<i>G. marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	+	+	М	К	$\beta$
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst 1853	–	+	СМ	АБТ нот	–
<i>G. spenceri</i> (W. Smith) Griffith & Henfrey 1856	–	+	С	К	–
<i>Halamphora coffeiformis</i> (C. Agardh) Levkov 2009	+	+	СМ	АБТ	–
<i>Haslea crystallina</i> (Hustedt) Simonsen 1974	–	+	М	Б	–
<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh 1831	–	+	М	АБ	$\beta$
<i>Lyrella hennedyi</i> (W. Smith) A.J. Stickle et D.G. Mann 1990	+	–	М	АБТ нот	–
<i>L. lyroides</i> (Hendey) D.G. Mann 1990	–	+	М	Б	–
<i>Mastogloia angulata</i> Lewis 1861	–	+	М	Б нот	–

Окончание таблицы

Таксон	Каркинитский залив	Сары-Булатский лиман	ЭК	ФГ	S
<i>M. crucicula</i> (Grunow) Cleve 1895	+	–	М	БТ	–
<i>M. pumila</i> (Cleve et Möller) Cleve 1895	+	–	ПС	БТ	–
<i>M. smithii</i> Thwaites ex W. Smith 1856	+	–	СМ	Б	–
<i>Mastogloia</i> sp.	+	–	–	–	–
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh 1824**	+	–	М	АБТ нот	$\alpha$
<i>Navicula digitoradiata</i> (W. Gregory) Ralfs in Pritchard 1861	+	–	СМ	АБТ	–
<i>N. directa</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard 1861	+	–	М	К	–
<i>N. pennata</i> A. Schmidt 1876	+	+	М	БТ нот	–
<i>N. ramosissima</i> (Agardh) Cleve 1895	+	+	СМ	АБТ	–
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	–	+	СМ	Б	$\beta$
<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853 **	+	–	С	АБТ	$o$
<i>N. scalpelliformis</i> Grunow 1880	–	+	С	БТ нот	–
<i>Placoneis placentula</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky 1903	–	+	ПС	К	–
<i>Plagiotropis elegans</i> (W. Smith) Grunow 1885	–	+	М	Б	$o$
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W. Smith 1852	+	+	М	К	–
<i>P. elongatum</i> W. Smith 1852	+	+	СМ	К	–
<i>P. formosum</i> W. Smith 1852	–	+	М	АБТ нот	–
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986 *	–	+	М	К	–
<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) D.G. Mann 1990	–	+	М	БТ нот	–
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Lundholm, Moestrup et Hasle 2003 *	+	–	М	К	–
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	+	–	–	–	–
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing 1844	+	+	М	БТ нот	–
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.F. Müller 1895	+	+	ПС	АБТ	–
<i>R. musculus</i> (Kützing) O.F. Müller 1844	+	+	СМ	АБТ нот	–
<i>Seminavis ventricosa</i> (Gregory) M. Garcia-Baptista 1993	–	+	М	К	$\beta$
<i>Stauroneis glacialis</i> Heiden 1928	–	+	М	БТ	–
<i>Staurophora salina</i> (W. Smith) Mereschkowsky 1903	+	+	СМ	АБ	–
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow 1881	+	+	СМ	АБ	–
<i>Surirella fustuosa</i> Ehrenberg 1840	+	+	СМ	АБТ нот	–
<i>S. striatula</i> Turpin 1828	–	+	С	БТ	–
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round 1986	–	+	СМ	К	$\alpha$
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	+	–	М	К	$\beta$
<i>Tryblionella circumscuta</i> (Bailey) Ralfs in Pritchard 1861	+	+	С	АБ	–
<i>T. coarctata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	–	+	СМ	БТ	$\alpha$
<i>T. granulata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	+	+	М	К	–
<i>T. hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	+	–	С	К	–
<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenberg) L.I. Ryabushko 2006	+	–	СМ	АБТ	$\beta$
Всего: 78	45	56	–	–	20

Примечание: (+) – вид встречен; (–) – вид не встречен; (\*) – планктонные виды микроводорослей; (\*\*\*) – бентопланктонные виды; ЭК – экологическая характеристика вида: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской, С – солоноватоводный, ПС – пресноводно-солоноватоводный; ФГ – фитогеографическая характеристика вида: Б – бореальный, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный; S – индексы сапробности:  $\alpha$  – альфамезосапробионты – индикаторы значительно загрязненных вод;  $\beta$  – бетамезосапробионты – виды-индикаторы умеренно загрязненных вод и  $o$  – олигосапробионты – индикаторы чистых вод.

В рыхлых грунтах и на фрагментах *Z. marina* в Каркинитском заливе в массе встречался вид *C. scutellum* (рис. 2, №5). Для илисто-песчаных грунтов Сары-Булатского лимана характерно обилие диатомовых водорослей родов *Gyrosigma* и *Pleurosigma*, из них особенно часто, а иногда и в массе встречались живые, движущиеся в илистом субстрате, клетки *Gyrosigma spenceri*, *P. angulatum*, *P. elongatum*. В сероводородных илах лимана отмечено обилие нитей Цианопрокариота родов *Phormidium* и *Lyngbya*. В эпилимне лимана выявлено 27 видов и внутривидовых таксонов Bacillariophyta и 2 вида Цианопрокариота.

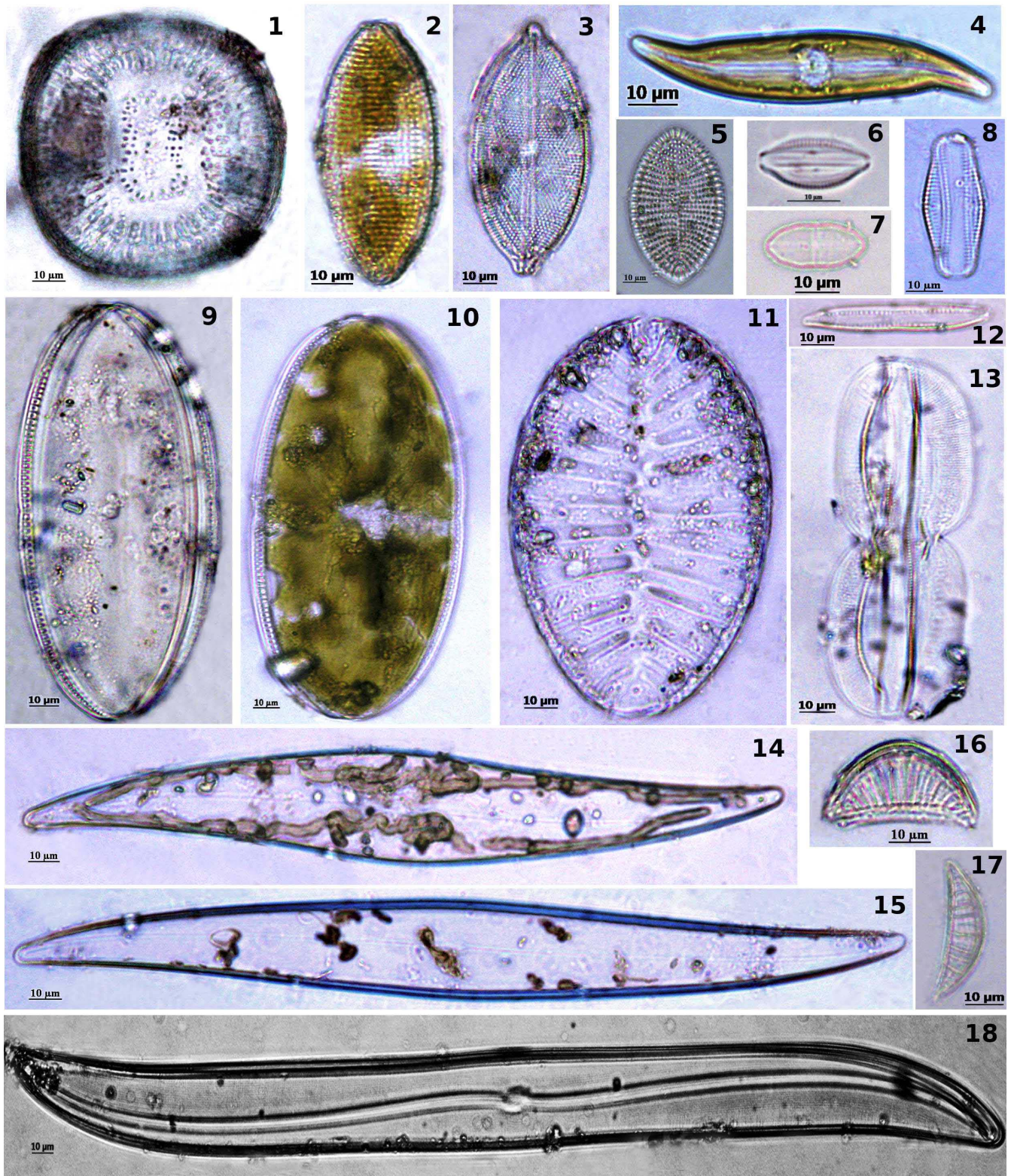
Рассмотрим изменения состава микроводорослей Каркинитского залива и Сары-Булатского лимана в весенний и осенний сезоны 2015 и 2016 гг. В октябре 2015 г. в Каркинитском заливе найдено лишь пять видов, два из которых были обнаружены без хлоропластов. В Сары-Булатском лимане часто встречались живые цианобактерии, а также диатомовые *E. alata*, *G. spenceri*, *G. balticum*, *Pl. angulatum*, *C. scutellum* и *T. circumscuta* (рис. 2).

В ноябре в сероводородных илах лимана видовой состав сходен с предыдущим месяцем, но с большей частотой встречаемости диатомовой *Staurophora salina*. Интересно отметить, что в мае 2016 г. в пробах илисто-песчаных грунтов Сары-Булатского лимана микроводоросли практически отсутствовали, в то время как в Каркинитском заливе обнаружено 37 видов. Вероятно, это связано с тем, что в это время в микрофитобентосе Черного моря обычно после вспышки численности в зимне-весенний период сокращается количество диатомовых, а цианобактерии активно развиваются в основном в летне-осенний сезон (Рябушко, 2013; Балычева, 2014). В Каркинитском заливе чаще всего отмечен *C. daemeliana*, клетки которого содержали хлоропласты в отличие от других проб, а также *C. scutellum*, *Rh. musculus*, *Rh. gibberula*. Кроме того, отмечены представители родов диатомовых *Diploneis* (три вида), *Fallacia*, *Lyrella*, *Surirella* и *Rhabdonema* (по одному виду), характерные для рыхлых грунтов Черного моря. В октябре 2016 г. в сероводородном иле лимана отмечены в основном панцири диатомей *C. scutellum* и *Rh. gibberula*, а также живые клетки *Ardissonea crystallina* и нити цианопрокариот. Пробы из Каркинитского залива также содержали в большом количестве

*C. scutellum* (рис. 2, №5), часто встречались виды рода *Mastogloia*, особенно *M. smithii*.

Для акваторий орнитологического заповедника, где ежегодно скапливаются десятки тысяч водоплавающих птиц, важно проводить оценку качества водной среды. По индексам сапробности среди микроводорослей выявлено 20 видов-индикаторов состояния качества воды, из них 15 видов –  $\beta$ -бетамезосапробионты – индикаторы умеренно загрязненных вод, три –  $\alpha$ -альфамезосапробионты – индикаторы значительно загрязненных вод и два вида  $\alpha$ -олигосапробионтов – индикаторы чистых вод (табл.). По литературным данным (Евстигнеева, Танковская, 2010), в 2005 и 2007 гг. в заповеднике преобладали олигосапробионтные виды макрофитов. Однако к 2008 г. сведения по таким загрязнителям антропогенного происхождения, как содержание растворенного органического вещества и нефтепродуктов, указывают на резкое ухудшение экологических показателей водной среды (Ломакин и др., 2011). Поэтому преобладание  $\beta$ -бетамезосапробионтных видов указывает на некоторые неблагоприятные экологические условия заповедника «Лебяжий острова» и в настоящее время.

В других заповедных акваториях крымского побережья Черного моря отмечено высокое видовое разнообразие микроводорослей за счет не только микрофитобентоса, но и фитопланктона, который не был включен в состав только КПЗ. В КаПРИЗ насчитывается 516 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, в заказнике «Бухта Казачья» – 211, в микрофитобентосе КПЗ Азовского моря – 176 (Рябушко и др., 2015). И хотя в настоящее время провести сравнительный анализ видового состава между указанными заповедными районами преждевременно, однако в целом отметим, что ведущей группой во всех акваториях являются бентосные диатомовые водоросли. При сравнении флор заповедных регионов крымского побережья Черного моря выявлено 38 общих видов бентосных диатомовых водорослей между заповедником «Лебяжий острова» и заказником «Казачья бухта», КаПРИЗ – 43 и КПЗ – 21. Кроме того, такие виды как *C. daemeliana* (рис. 2, №1), *T. circumscuta* (рис. 2, №9, №10) и *S. striatula* (рис. 2, №11) часто встречаются в илисто-песчаных грунтах заповедника, но для бентоса крымского побережья Черного моря они являются редкими (Прошкина-Лавренко, 1963; Гусяков и др., 1992).



**Рис. 2.** Диатомовые водоросли микрофитобентоса заповедника «Лебяжьи острова», Черное море: 1 – *Coronia daemeliana*; 2 – *Tryblionella granulata*; 3 – *Mastogloia angulata*; 4 – *Gyrosigma spenceri*; 5 – *Cocconeis scutellum*; 6 – *Halamphora coffeiformis*; 7 – *Mastogloia crucicula*; 8 – *Seminavis ventricosa*; 9, 10 – *Tryblionella circumsuta*; 11 – *Surirella striatula*; 12 – *Nitzschia scalpelliformis*; 13 – *Entomoneis alata*; 14 – *Pleurosigma angulatum*; 15 – *Pl. elongatum*; 16 – *Rhopalodia gibberula*; 17 – *Rh. musculus*; 18 – *Gyrosigma balticum* (ориг.).

**Fig. 2.** Diatoms of the microphytobenthos of the Lebyazyh'i Ostrova Reserve in the Black Sea: 1 – *Coronia daemeliana*; 2 – *Tryblionella granulata*; 3 – *Mastogloia angulata*; 4 – *Gyrosigma spenceri*; 5 – *Cocconeis scutellum*; 6 – *Halamphora coffeiformis*; 7 – *Mastogloia crucicula*; 8 – *Seminavis ventricosa*; 9, 10 – *Tryblionella circumsuta*; 11 – *Surirella striatula*; 12 – *Nitzschia scalpelliformis*; 13 – *Entomoneis alata*; 14 – *Pleurosigma angulatum*; 15 – *Pl. elongatum*; 16 – *Rhopalodia gibberula*; 17 – *Rh. musculus*; 18 – *Gyrosigma balticum* (origin.).

Кроме флористических исследований, впервые на примере каменистых грунтов заповедника Сары-Булатского лимана (рис. 1, станция №3) получены количественные характеристики микроводорослей. В октябре 2015 г. общая численность колебалась от 81000 до 331000 кл.·см<sup>-2</sup>, биомасса – 0.012–0.018 мг·см<sup>-2</sup>, обилие видов – от 11 до 13 видов. Численность диатомовых водорослей варьировала от 48000 до 75000 кл.·см<sup>-2</sup>, а средняя биомасса составляла 0.011 мг·см<sup>-2</sup> с доминированием *Seminavis ventricosa* (рис. 2, №8). Значительный вклад в количественную составляющую вносили цианобактерии, численность которых достигала 256000 кл.·см<sup>-2</sup>, а биомасса – 0.007 мг·см<sup>-2</sup>. Несмотря на то, что изучение количественных характеристик микроводорослей заповедника «Лебяжьего острова» не входило в задачу данной работы, полученные результаты дают представление о вкладе разных компонентов сообщества микробиобентоса.

### Выводы

1. Впервые изучены микроводоросли бентоса орнитологического заповедника «Лебяжьего острова», составлен список, включающий 78 видов и внутривидовых таксонов, из них отдел Bacillariophyta представлен наибольшим количеством видов – 69, Суанорпрокариота – 6, Нартопхита – 3. В Каркинитском заливе найдено 45 видов, Сары-Булатском лимане – 56 при 46% сходстве флор.

2. Среди микроводорослей заповедника преобладают бентосные (67 видов), морские (49%) и космополитные (30%) виды; основу микробиобентоса на всех станциях составляют 10 видов диатомовых: *C. scutellum*, *E. alata*, *H. coffeiformis*, *N. scalpelliformis*, *P. angulatum*, *P. elongatum*, *P. panduriforme*, *C. daemeliana*, *S. striatula* и *T. circumscuta*, из них 3 последних вида являются редкими для микробиобентоса крымского побережья Черного моря, а также выявлено два потенциально токсичных вида.

3. В заповеднике выявлено 20 видов-индикаторов качества морских вод, из них 15 видов β-бетамезосапробионтов – индикаторов умеренно загрязненных вод, три вида α-альфамезосапробионтов – индикаторов значительно загрязненных вод и два вида о-олигомезосапробионтов – индикаторов чистых вод.

4. Впервые для микробиобентоса каменистых грунтов Сары-Булатского лимана получены количественные характеристики микроводо-

рослей. Основной вклад в общую численность и биомассу вносят донные виды Bacillariophyta и нитчатые формы Суанорпрокариота. В октябре 2015 г. общая численность микробиобентоса изменялась от 81000 до 331000 кл.·см<sup>-2</sup>, биомасса – 0.012–0.018 мг·см<sup>-2</sup>, обилие видов – 11–13. Численность диатомовых водорослей варьировала от 48000 до 75000 кл.·см<sup>-2</sup>, биомасса достигала 0.011 мг·см<sup>-2</sup> с доминированием *Seminavis ventricosa*, численность цианопрокариот составляла 256000 кл.·см<sup>-2</sup> при биомассе 0.007 мг·см<sup>-2</sup>.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИМБИ имени А.О. Ковалевского РАН к.б.н. В.Е. Гиригосову, к.б.н. Ю.М. Корнийчук за отбор проб микробиобентоса, Т.А. Богдановой за данные по определению солёности воды в исследуемых акваториях.

### Литература

- Балычева Д.С. 2014. Видовой состав и структурно-функциональные характеристики микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Черного моря. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.10 – гидробиология. Севастополь. 24 с.
- Бегун А.А., Рябушко Л.И., Звягинцев А.Ю. 2015. Видовой состав Bacillariophyta перифитона акваторий залива Посьета, прилегающих к Дальневосточному морскому государственному природному биосферному заповеднику (Японское море) // Альгология. Т. 25(1). С. 2–15.
- Гуслияков Н.Е., Закордонец О.А., Герасимюк В.П. 1992. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. Киев: Наукова Думка. 112 с.
- Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2010. Макробиобентос и макрофитоперифитон заповедника «Лебяжьего острова» (Черное море, Украина) // Альгология. Т. 20(2). С. 176–191.
- Жерко Н.В. 1998. Геохимический фоновый мониторинг заповедника «Лебяжьего острова» // Материалы науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Крымского природного заповедника «Состояние природных комплексов Крымского природного заповедника и других заповедных территорий Украины, их изучение и охрана». Алушта. С. 26–28.
- Ломакин П.Д., Чекменева Н.И., Чепыженко А.А. 2011. Гидрофизические условия и характеристика загрязнения прибрежных вод орнитологического заповедника «Лебяжьего острова» (Каркинитский залив, Черное море) в летний сезон // Морской экологический журнал. Т. 10(1). С. 43–49.
- Прошкина-Лавренко А.И. 1963. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. М.; Л.: Наука. 243 с.
- Рябушко Л.И. 2003. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 288 с.



- Рябушко Л.И. 2006. Микроводоросли бентоса Черного моря (Чек-лист, синонимика, комментарий). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 143 с.
- Рябушко Л.И. 2009. Микрофитобентос Черного моря. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Севастополь. 44 с.
- Рябушко Л.И. 2013. Микрофитобентос Черного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 416 с.
- Рябушко Л.И., Бегун А.А. 2015. Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря. В 2-х т. Т. 1. Симферополь: Н. Орианда. 288 с.
- Рябушко Л.И., Бондаренко А.В. 2011. Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 211 с.
- Рябушко Л.И., Поспелова Н.В., Бондаренко А.В., Лохова Д.С. 2013. Видовое разнообразие диатомовых водорослей акваторий Карадагского (Черное море) и Казантипского (Азовское море) заповедников Крыма: фитопланктон и микрофитобентос // Материалы XIII междунар. конф. диатомологов, посвященной 120-летию со дня рождения А.И. Прошкиной-Лавренко «Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований» (Борок, 24–29 августа 2013 г.). Кострома. С. 80–81.
- Рябушко Л.И., Поспелова Н.В., Бондаренко А.В., Балычева Д.С. 2015. Современное состояние изученности микрофитобентоса прибрежных акваторий Черного и Азовского морей близ заповедных территорий Крыма // Сборник статей II Всероссийской науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий» (Сочи, 2–4 декабря 2015 г.). Сочи. С. 259–266.
- Садогурский С.Е. 1999. Отмирание зарослей *Zostera marina* L. у Сары-Булатских островов (Каркинитский залив, Черное море) // Заповідна справа в Україні. Т. 5(2). С. 17–22.
- Садогурский С.Е. 2009. Флора и растительность акваторий филиала Крымского природного заповедник «Лебяжий острова» (Черное море): современное состояние и пути сохранения // Заповідна справа в Україні. Т. 15(2). С. 41–50.
- Begun A.A., Ryabushko L.I., Zvyaginsev A.Yu. 2015. Bacillariophyta of Periphyton of Navigation Buoys in the Posiet Bay Area (the Sea of Japan, Russia) // International Journal on Algae. Vol. 17(1). P. 23–27.
- Posiet Bay Area (the Sea of Japan, Russia). *International Journal on Algae* 17(1): 23–27.
- Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. 2010. Macrophytobenthos and macrophytoperiphyton «Lebyazhy'i Ostrova» Reserve (the Black Sea, Ukraine). *Algologiya* 20(2): 176–191. [In Russian]
- Guslyakov N.E., Zakordonets O.A., Gerasimyuk V.P. 1992. *Atlas of benthic diatoms north-western part of the Black Sea and adjacent waters*. Kiev: Naukova Dumka. 112 p. [In Russian]
- Lomakin P.D., Chekmeneva N.I., Chepyzhenko A.A. 2011. Hydrophysical conditions and characteristics of the coastal water pollution in Ornithological «Lebyazhy'i Ostrova» Reserve (Karkinitzky Gulf, the Black Sea) in summer. *Marine Ecological Journal* 10(1): 43–49. [In Russian]
- Proshkina-Lavrenko A.I. 1963. *Diatoms of the Black Sea benthos*. Moscow; Leningrad: Nauka. 243 p. [In Russian]
- Ryabushko L.I. 2003. *Potentially harmful microalgae of the Azov and Black sea basin*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika. 288 p. [In Russian]
- Ryabushko L.I. 2006. *Microalgae of the Black Sea Benthos (Check-list, Synonyms, Comment)*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika. 143 p. [In Russian]
- Ryabushko L.I. 2009. *Microphytobenthos of the Black Sea*. Doctoral thesis abstract. Sevastopol. 44 p. [In Russian]
- Ryabushko L.I. 2013. *Microphytobenthos of the Black Sea*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika. 416 p. [In Russian]
- Ryabushko L.I., Bondarenko A.V. 2011. *Microalgae of plankton and benthos of the Azov Sea (Check-list, Synonyms, Comment)*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika. 211 p. [In Russian]
- Ryabushko L.I., Pospelova N.V., Bondarenko A.V., Lokhova D.S. 2013. Species diversity of diatoms of Karadag (Black Sea) and Kazantip (Azov Sea) Reserves of the Crimea: phytoplankton and microphytobenthos. In: *Diatoms: current status and prospects of researches*. Kostroma. P. 80–81. [In Russian]
- Ryabushko L.I., Pospelova N.V., Bondarenko A.V., Balycheva D.S. 2015. The current state of knowledge microphytobenthos coastal waters of the Black and Azov seas near the Protected Areas of the Crimea. In: *Sustainable development of Protected Areas*. Sochi. P. 259–266. [In Russian]
- Ryabushko L.I., Begun A.A. 2015. *Diatoms of the microphytobenthos of the Japanese Sea*. In 2 vol. Vol. 1. Simferopol: N. Orianda. 288 p. [In Russian]
- Sadogursky S.E. 1999. The withering away of *Zostera marina* L. undergrowth near Sarah-Bulat Islands (Karkinitzky Gulf, Black Sea). *Wildness protection in Ukraine* 15(2): 17–22. [In Russian]
- Sadogursky S.E. 2009. Flora and vegetation of water areas in branch of the Crimean Nature Reserve «Lebyazhy'i Ostrova» (Black Sea): current status and way of preservation. *Wildness protection in Ukraine* 15(2): 41–50. [In Russian]
- Zherko N.V. 1998. Geochemical background monitoring of «Lebyazhy'i Ostrova» Reserve. In: *State of natural complex of the Crimean Natural Reserve and other protected areas of Ukraine, their study and conservation*. Alushta. P. 26–28. [In Russian]

## References

- Balycheva D.S. 2014. *Species composition, structure and function characteristics of microalgae of antropogenic substrates periphyton in the Crimean coast of the Black Sea*. PhD thesis. Sevastopol. 24 p. [In Russian]
- Begun A.A., Ryabushko L.I., Zvyagintsev A.Yu. 2015. Species composition of the Bacillariophyta periphyton in the water areas of Posiet Bay adjoining the Far Eastern Marine State Biosphere Nature Reserve (the Sea of Japan). *Algologiya* 25(1): 2–15. [In Russian]
- Begun A.A., Ryabushko L.I., Zvyaginsev A.Yu. 2015. Bacillariophyta of Periphyton of Navigation Buoys in the Po-

## BENTHOS MICROALGAE OF THE LEBYAZHY'I OSTROVA RESERVE IN THE BLACK SEA

Darya S. Balycheva, Larisa I. Ryabushko

*Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Russia*

*e-mail: dashik8@gmail.com*

The paper presents for the first time a list of the benthic microalgae of the Lebyazhy'i Ostrova Reserve, including the Karkinitzky Gulf and Sary-Bulatsky liman. During 2015 and 2016, 78 taxa were found: Bacillariophyta – 69, Cyanoprokaryota – 6, Haptophyta – 3. In the Karkinitzky Gulf 45 taxa were found, in the Sary-Bulatsky liman – 56 taxa. The Czekanovski-Sorensen similarity coefficient between these locality is 46%. The basis of the flora is diatoms: *Cocconeis scutellum*, *Entomoneis alata*, *Halamphora coffeiformis*, *Nitzschia scalpelliformis*, *Pleurosigma angulatum*, *Pl. elongatum*, *Psammodictyon panduriforme*, including *Coronia daemeliana*, *Surirella striatula*, *Tryblionella circumscuta*, which are rare for the microphytobenthos of the Crimean coast of the Black Sea. According to different classifications, dominant algae are benthic (86%), marine (49%) and cosmopolite (30%) species. Two potentially toxic species of diatoms, *H. coffeiformis* and *Pseudo-nitzschia calliantha*, were found once, 20 species of saprobionts – indicators of water quality were found. A comparison of the floras in the protected regions of the Black Sea between the Lebyazhy'i Ostrova Reserve and the Kazachya Bay Sanctuary showed 38 common species of benthic diatoms, in the Karadag Nature Reserve – 43 and in the Kazantip Nature Reserve (Azov Sea) – 21. The total microalgae abundance of the epilithon of the stones of the Sary-Bulatsky liman varied from 81,000 to 331,000 cells·cm<sup>-2</sup>, biomass – 0.012–0.018 mg·cm<sup>-2</sup>, number of species – 11–13. A significant contribution was made by cyanobacteria, their average abundance reached 256,000 cells·cm<sup>-2</sup> and biomass – 0.007 mg·cm<sup>-2</sup>. The abundance of diatoms varied from 48,000 to 75,000 cells·cm<sup>-2</sup>, the biomass reached 0.011 mg·cm<sup>-2</sup> with the dominance of *Seminavis ventricosa*. The obtained data have shown the necessity of regular monitoring of the microphytobenthos of the Lebyazhy'i Ostrova Reserve in order to identify the qualitative and quantitative characteristics of mass, rare, toxic species and aquatic environment quality estimating using indicator species of microalgae.

**Key words:** Black Sea, diatoms, Lebyazhy'i Ostrova Reserve, microalgae, microphytobenthos