

УДК 582.232/.275–155.7+597.6/599+12:59.006

## МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ АЛЬГОФЛОРА КАРАДАГСКОГО ДЕЛЬФИНАРИЯ

*Гольдин Е. Б.*

*Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины  
«Крымский агротехнологический университет», Симферополь, Evgeny\_goldin@mail.ru*

Изучена микроскопическая альгофлора среды содержания черноморских афалин и их кожных покровов в бассейнах Карадагского дельфинария. Выявлены таксономическая структура, сезонная динамика состава сообществ, экологические особенности распределения микроводорослей в закрытых бассейнах и прилегающей морской акватории, определено влияние микроводорослей на санитарно-гигиеническую ситуацию в искусственных водных микроэкосистемах и их значение в патологии морских млекопитающих при содержании в неволе.

*Ключевые слова:* альгофлора, диатомовые водоросли, обрастания, эпибионты, морские млекопитающие, Черное море, дельфинарий, Карадаг.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Характеристика микроскопической альгофлоры в природных и искусственных водных экосистемах позволяет получить информацию о состоянии мест обитания морских млекопитающих, включая степень загрязненности, особенностях межвидовых отношений в бассейнах и наметить пути оптимизации условий содержания животных. На основании выявленных показателей, касающихся таксономического состава, структуры и сезонной динамики альгоценозов, можно судить об экологической ситуации в дельфинарии и планировать санитарно-гигиенические мероприятия. Ранее проведенными исследованиями нами впервые были определены закономерности формирования микроскопической альгофлоры Карадагского дельфинария и факторы, оказывающие на нее влияние, в т. ч. биологическое разнообразие микроводорослей прилегающей акватории и особенности, типичные для искусственных водоемов [1–8]. В представленной публикации дана подробная характеристика микроскопической альгофлоры Карадагского дельфинария – состав, экологические группы, сезонная динамика и биологическая активность. Предпринята попытка рассмотрения разнообразия альгофлоры на трех уровнях и оценить ее функциональное значение в формировании микроэкосистемы.

Район Карадага принадлежит к числу наиболее изученных локальных участков черноморского побережья в отношении видового состава и динамики его микроскопической альгофлоры [9]. Обращаясь к материалам авторов, проводивших эти исследования в различные периоды [10–22], нужно отметить ряд интересных особенностей. С 1932 года, когда впервые были описаны синузии обрастаний на раковинах моллюсков (цианобактерии, зеленые водоросли, «много одноклеточных диатомей», в т.ч. восемь новых видов) [10], детально изучались планктонные альгоценозы. На основании сборов 1936 и 1938 гг. В. Г. Стройкина [11] выявила 86

планктонных видов, 55,0% которых приходилось на диатомовые (как наиболее обычные из них указаны *Rhizosolenia calcar-avis* (Schulze) (= *Pseudosolenia calcar-avis* (Schulze) Sündstrom), *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, *Ditylum brightwellii* (T. West) Grunow и др.). В дальнейших исследованиях автора [12] подчеркивается доминирующая роль диатомовых в фитопланктоне (52 вида), по данным 1938–1939 гг., но основу альгоценозов Карадагской бухты составляли 8–10 видов. В целом, сезонные колебания численности планктона были весьма ощутимыми и связывались с развитием основных видов, дающих бурные вспышки развития. К ним отнесены *P. calcar-avis*, *Rhizosolenia alata* Brightwell (= *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström), *Chaetoceros affinis* Lauder, *Ch. curvisetus* Cleve, *Ch. danicus* Cleve, *Ch. compressus* Lauder, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Th. nitzschioides*, *D. brightwellii* и *Hemiaulus hauckii* Grunow. Наиболее продолжительное «цветение» – с осени до конца весны (весенний максимум значительно превосходил осенний) – отмечено у *Ch. curvisetus*, *Ch. danicus* и *Th. nitzschioides*, интенсивное весеннее «цветение» у *S. costatum*, а *P. calcar-avis*, *Ch. compressus* и *H. hauckii* развивались только осенью. При этом максимум видового разнообразия наблюдали весной и осенью, а минимум зимой. Работы В. В. Кошевого [13] позволили расширить сведения о видовом составе (дополнительно определено 109 видов, и список увеличился до 203 названий), динамике и численности фитопланктона. Диатомовые и перидинеи были выделены в качестве основных групп, два максимальных показателя численности и биомассы диатомей указаны для весны (март) и конца лета – начала осени. Однако данных о систематическом составе микроводорослей района Карадага и сезонной динамике альгоценозов было недостаточно для формирования цельной картины, и особенно ощутимо выглядело отсутствие сведений о диатомовых бентоса [14, 15]. В начале 80-х годов исследованиями А. М. Рощина и В. А. Чепурнова (по данным 1983–1986 гг.) [16] установлен видовой состав и динамика бентосных альгоценозов прибрежного каменистого мелководья (0,2 м). Диатомовые были представлены в них 69 видами, разновидностями и формами (позже это число возросло до 80 [20]). В альгоценозах доминировали виды *Nitzschia* Hassall, 1845 (12), *Licmophora* C. Agardh, 1827 (9), *Amphora* Ehrenberg ex Kützing, 1844 (9) и *Navicula* Bory de St.-Vincent, 1822 (7). К наиболее массовым авторами относили неколонизальных подвижных диатомовых, встречающихся на протяжении всего года, *Haslea subagnita* (Pr.-Lavr.) Makar. et Kar. (= *Navicula subagnita* Pr.-Lavr.) (максимум численности в марте), *Nitzschia tenuirostris* Mereschkowsky (июнь), *Nitzschia closterium* (Ehrenberg) W. Smith (= *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reiman et Lewin) (январь), а также колониальную форму *Melosira moniliformis* var. *subglobosa* Grunow (май), причем именно эти доминанты определяли высокую численность диатомей в период с июня по декабрь. Изучение донных диатомовых, обитающих на каменистых субстратах, летом 1986 г. выявило 80 таксонов, причем максимум составляли виды *Licmophora* (7), *Navicula* (12), *Nitzschia* (12), *Amphora* (14) [18]. Особенно интенсивное развитие альгофлоры отмечалось на мелководье наиболее эвтрофированного участка (место вывода хозяйственно-бытовых стоков биостанции), а в качестве самых массовых видов там указаны *Trachyneis aspera*

(Ehrenberg) Cleve, *N. closterium* (= *C. closterium*) и *Achnantes brevipes* C.A. Agardh. Предполагается определенная степень корреляции между распространением этих видов и повышенным содержанием органических веществ. Кроме них в ведущем комплексе альгоценоза присутствовали *Navicula pennata* var. *pontica* Mereschkowsky, 1902, *N. ramosissima* (C. Agardh) Cleve, *Pleurosigma angulatum* (Queckett) W. Smith, *Haslea subagnita* (Pr.-Lavr.) Makar. et Kar. (= *Navicula subagnita* Pr.-Lavr.), *Synedra tabulata* (C. Agardh) Kützing (= *Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijis) и *Cocconeis scutellum* Ehrenberg. Сопоставление полученных материалов с данными предыдущих исследований [17] свидетельствуют о значительном возрастании численности диатомовых в прибрежной зоне Карадага (18,6 против  $29,6 \cdot 10^9$  экз./м<sup>2</sup>), что объясняется «большой нестабильностью и разнообразием условий». Впоследствии число зарегистрированных видов диатомовых водорослей на территории Карадагского заповедника и в его окрестностях достигло 118 [20]. Было установлено, что *P. calcar-avis* встречается круглый год, а наибольшим таксономическим разнообразием (1993–1996 гг.) диатомового комплекса отличались ранневесенний и осенний сезоны, но летние пробы были также богаты диатомеями. При этом состав видов-лидеров в разных точках отбора оставался идентичным, но в отдельные сезоны отмечали различное распределение ролей между ними [21]. Исследованиями М.И. Сеничевой (1985–2003 гг.) [22] в разное время года были зарегистрированы 89 видов микроводорослей: диатомовые (40), динофитовые (35) и др. Отмечена роль вида *S. costatum*, на долю которого в феврале 1991 и 2003 гг. приходилось до 99,0% фитопланктона. В ранневесенний период 1989 г. (апрель) на поверхности моря в большом количестве встречались *L. ehrenbergii* и представители *Navicula*, а также *Heterocapsa triquetra* (Ehrenberg) Stein и *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech ex Loeblich. В августе 1990 г. наблюдали массовое развитие *Emiliania huxleyi* (Lohman) Nau et Mohler. Автором [22] отмечены три максимума в сезонной динамике фитопланктона: ранневесенний (февраль), поздневесенний (май) и летний (август) при минимальном развитии ранней осенью (сентябрь) и зимой (декабрь).

Таким образом, многолетние данные свидетельствуют о том, что годовая динамика микроскопической альгофлоры в акватории Карадага варьирует в зависимости от ряда факторов. В прибрежных водах выражены два (а в отдельные годы три) периода массового развития микроводорослей. При анализе динамики альгофлоры за последние десятилетия нужно отметить, что в отдельные периоды в планктоне и бентосе доминировали несколько видов диатомовых водорослей, например, *S. costatum*, *N. hybrida* f. *hyalina*, *L. ehrenbergii*, *G. marina*, *Pseudo-nitzschia seriata* и др. Они имели определяющее значение в прибрежных экосистемах на протяжении всего года, и изменение состава этой группы может отражать в целом динамику альгоценозов в бассейнах дельфинария. Это указывает на необходимость постоянного осуществления направленного мониторинга в зоне Карадага и, особенно, в дельфинарии, где формирование сообществ происходит в условиях сочетания природных процессов с усиленным антропогенным воздействием. В Карадагском дельфинарии, который можно рассматривать как природно-антропогенную микроэкосистему, сформировались специфические условия, характерные для искусственных водных бассейнов (ограниченный объем воды,

частые санитарные обработки, определенный уровень температуры и освещения, постоянные флуктуации объема воды, снижающие таксономическое разнообразие и т. д.) способствуют формированию особой структуры альгоценозов. Биологические системы, существующие в дельфинарии, включают несколько типичных планктонных и бентосных видов-доминантов, устойчивых к влиянию негативных факторов и связанных комплексом взаимоотношений с другими микроводорослями, макрофитами, беспозвоночными и морскими млекопитающими [6]. С другой стороны, сообщества микроводорослей обладают высокой чувствительностью к уровню загрязнения, имеют высокую скорость воспроизводства, и это позволяет альгоценозам быстро реагировать на условия среды.

Таким образом, результаты комплексного мониторинга служат основой построения стабильной альгологической шкалы и разработки новых приемов для диагностики состояния окружающей среды в местах содержания морских млекопитающих.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На протяжении 1989–1991 гг. и последующего периода проводились комплексные исследования существующих связей между микроводорослями и китообразными в естественных местообитаниях и дельфинариях Черного моря. В рамках этой программы образцы альгообрастаний ежемесячно получали методами соскобов и мазков с кожных покровов афалин, стенок и подводных конструкций закрытых бассейнов Карадагского дельфинария; контрольные соскобы и отбор планктонных проб также производили в литоральной зоне. Изучение обрастаний в бассейнах вели на трех условных горизонтах теневой и освещенной сторон (верхнем, среднем и нижнем) на глубинах 1,0–5,0 м.

В ходе исследований в дельфинарии было выделено 330 альгологических проб в различных точках отбора – из воды (86), с поверхности кожи дельфинов (89), стенок бассейнов, металлических и деревянных конструкций (130) и в прилегающей акватории (25). Пробы фиксировали 70°-ным этанолом (или слабым 2,0–4,0% раствором формалина) или высевали на среду Гольдберга, после чего идентифицировали. Для просмотра клеток использовали световой микроскоп «Биолам Л-212» при увеличении  $\times 250$ – $\times 1000$  в трех-пяти повторностях. Водоросли идентифицировали в прижизненном состоянии, фиксированном виде и в постоянных препаратах [14, 15]. Видовой состав части материала определен и проконсультирован в Институте биологии южных морей НАН Украины Л.И. Рябушко (лаборатория экологии шельфа) и О.А. Паниной (лаборатория фитопланктона).

Для определения роли различных видов в альгоценозах и выявления доминантов были введены индексы частоты встречаемости и временной встречаемости (%). Частоту встречаемости определяли как отношение числа проб, содержащих конкретный вид, к общему числу исследованных проб. Временная встречаемость представляла собой отношение числа моментов времени, когда вид регистрировали в альгоценозе, к общему числу моментов отбора проб. При этом к доминантам относили виды с индексом временной встречаемости свыше 60,0%, к

типичным – свыше 30,0%, к промежуточным – в пределах 10,0-30,0%, а к случайным – менее 10,0%. Принятая система оценки дает возможность провести сравнительный анализ многолетних данных, полученных различными исследователями [20-22]. Фактические данные представлены по системе Р. Уиттекера [23] – на трех уровнях исследования биологического разнообразия – таксономическом, ценолитическом и биогеографическом ( $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Таксономический уровень биоразнообразия ( $\alpha$ -diversity): видовой состав и локализация.** Из планктонных и бентосных проб и из соскобов с поверхности кожи дельфинов были выделены и идентифицированы 68 видов микроводорослей, относящихся к Bacillariophyta (59), Dinophyta (2), Chlorophyta (4) и Cyanobacteriales (3) (табл. 1). Из диатомовых, зарегистрированных в бассейнах Карадагского дельфинария, роды *Amphora* (девять видов), *Navicula* (семь), *Nitzschia* (шесть), *Licetophora* (пять), и *Cocconeis* Ehrenberg, 1837 (три), *Achnantes* Bory de St.-Vincent, 1822 (три вида) отличаются широким распространением и видовым разнообразием. По сравнению с ними, другие диатомеи встречаются несколько реже. К ним относятся *Grammatophora* Ehrenberg, 1840, *Melosira* C. Agardh, 1824, *Striatella* C. Agardh, 1832 и *Pleurosigma* W. Smith, 1852 (по два вида), а также *Berkeleya* Greville, 1827, *Rhoicosphenia* Grunow, 1860, *Cymbella* C. Agardh, 1830, *Cylindrotheca* Rabenhorst, 1859 emend. Reiman et Lewin, 1964, *Entomoneis* Ehrenberg, 1845, *Climacosphenia* Ehrenberg, 1841, *Bacillaria* Gmelin, 1791, *Stauroneis* Ehrenberg, 1843 и др. (по одному виду).

Таблица 1

Микроскопические водоросли Карадагского дельфинария (классификация приведена по F.E. Round et al., 1990 [24]).

Видовой состав	Локализация и фенология	Экологические группы	Географическое распространение
Отдел BACILLARIOPHYTA			
Класс Coscinodiscophyceae			
Подкласс Thalassiosirophycidae			
Порядок Thalassiosirales Glezer et Makarova, 1986			
Сем. Stephanodiscaceae Glezer et Makarova, 1986			
<i>Cyclotella</i> sp.	pw, 5, 6	н	н
Подкласс Coscinodiscophycidae			
Порядок Melosirales Crawford, 1990			
Сем. Melosiraceae Kützing, 1844			
<i>Melosira moniliformis</i> (O. F. Müll.) C. Agardh, 1824	pla, 3; pw, 5	мс	аб/к
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> Grunow, 1878	pw, 5, 6	м	аб
<i>Melosira</i> sp.	pw, 5, 6	н	н

Продолжение таблицы 1

Видовой состав	Локализация и фенология	Экологические группы	Географическое распространение
Подкласс Rhizosoleniophycidae			
Порядок Rhizosoleniales Silva, 1962			
Сем. Rhizosoleniaceae De Toni, 1890			
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schulze) Sündstrom, 1986	plb, 10*	м	бг
Класс Fragilariophyceae			
Подкласс Fragilariophycidae			
Порядок Fragilariales Silva, 1962			
Сем. Fragilariaceae Greville, 1833			
<i>Synedra curvata</i> A.I. Proschkina-Lavrenko, 1951	pw, 7	с-см	б+
<i>Tabularia tabulata</i> (C.A. Agardh) Snoeijs, 1992 (= <i>Synedra (Fragilaria) tabulata</i> (C. Agardh) Kützing, 1844)	pla, 3*, 4; pw, 5*, 6*	см	к
Порядок Licmophorales Round, 1990			
Сем. Licmophoraceae Kützing, 1844			
<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh, 1831	fl, tr, lp, 3, 4; pw, 4; pla, 4	м	к
<i>L. dalmatica</i> (Kützing) Grunow, 1867	sh, 3, 4; pw, 5, 6	м	б
<i>L. ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow ex V.H., 1881	df, ab, lp, 1, 7; pw, 4, 7*	м	аб-к
<i>L. flabellata</i> (Greville) C. Agardh, 1830	pw, 4*, 5, 6	м	к
<i>Licmophora</i> sp.	pw, 4*, 5*, 6*; pla, 7	н	н
Порядок Thalassionematales Round, 1990			
Сем. Thalassionemataceae Round, 1990			
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky, 1902	pw, 7; pla, plb, 1	э	ба-к
Порядок Striatellales Round, 1990			
Сем. Striatellaceae Kützing, 1844			
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex V.H., 1885	pw, 4	м	к
<i>S. unipunctata</i> (Lyngb.) C. Agardh, 1832	pw, 5*, 6*	м	к
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg, 1841	pw, sh, 3, 4, 5	м	
<i>G. marina</i> (Lyngb.) Kützing, 1844	lp, fl, 4, 7; pw, 4, 5*, 7*; sh, 3, 4, 5*	мс	к
Порядок Climacospheniales Round, 1990			
Сем. Climacospheniaceae Round, 1990			
<i>Climacosphenia</i> sp.	pw, 4	н	н

Продолжение таблицы 1

Видовой состав	Локализация и фенология	Экологические группы	Географическое распространение
Класс Bacillariophyceae			
Подкласс Bacillariophycidae			
Порядок Cymbellales D.G. Mann, 1990			
Сем. Rhoicospheniaceae Chen et Zhu, 1983			
<i>Rhoicosphenia marina</i> (W. Smith) M. Schmidt, 1889	pw, 1*, 12; pla, 3	м	аб
Сем. Cymbellaceae Greville, 1833			
<i>Cymbella</i> sp.	pw, 4*, 5, 12	н	н
Порядок Achnantales Silva, 1962			
Сем. Achnantaceae Kützing, 1844			
<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh, 1824	pw, 12	мс	к
<i>A. longipes</i> C.A. Agardh, 1824	pw, 3, 4, 12	м	к
<i>Achnanthes</i> sp.	pw, 1,3,4,7	м	н
Сем. Cocconeidaceae Kützing, 1844			
<i>Cocconeis costata</i> Gregory, 1855	pw, 1	см	аб
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg, 1838	pw, 1	м	к
<i>Cocconeis</i> sp.	pw, 1, 5, 12; sh, 3, 5; pla, 5	н	н
Порядок Naviculales Bessey, 1907			
Сем. Berkeleyaceae D.G. Mann, 1990			
<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880 (= <i>Amphipleura rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) P.T. Cleve, 1894)	fl, 4; pw, 4	см	б
Сем. Pinnulariaceae D.G. Mann, 1990			
<i>Diatomella</i> sp.	pla, 3	н	н
Сем. Naviculaceae Kützing, 1844			
<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i> Grunow, 1822	pw, 1, 4, 5; pla, 5	см	к
<i>Navicula grevillei</i> (C. Agardh) Heiberg, 1863 (= <i>Navicula grevillei</i> (C. Agardh) Cleve, 1894)	pw, 3, 12	м	аб
<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschkowsky, 1902	df, fp (l), fl, pw, sh, 3*, 4, 7	с	б
<i>N. ramosissima</i> (C. Agardh) Cleve, 1895		м	б
<i>Navicula</i> sp. <sup>1</sup>	ab, lp, 3; pw, 1, 4, 5, 6, 10, 12; pla, 5	н	н
<i>Navicula</i> sp. <sup>2</sup>	pw, 1, 4, 5, 6, 10, 12; pla, 5	н	н
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	pw, 1	м	бт

Продолжение таблицы 1

Видовой состав	Локализация и фенология	Экологические группы	Географическое распространение
Сем. Pleurosigmales Mereschkowsky, 1903			
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith, 1852	pw, 4, 5, 10	м	к
<i>P. formosum</i> W. Smith, 1852	pw, 5; pla, 5	м	к
<i>Donkinia recta</i> (Donkin) Grunow, 1883	pw, 4	м	
Сем. Stauroneidaceae D.G. Mann 1990			
<i>Stauroneis constricta</i> (Ehrenberg, 1843) Cleve, 1894	pw, 5*, 6*, 7; pla, plb, 7	см	к
Порядок Thalassiophysales D.G. Mann, 1990			
Сем. Catenulaceae Mereschkowsky, 1902			
<i>Amphora angusta</i> Gregory, 1857	pw, 6	см	к
<i>A. coffeaeformis</i> (C. Agardh) Kützing, 1844	pw, 4, 5, 6	м-см	к
<i>A. hyalina</i> Kützing, 1844	df, ab, 3; pla, 7	м	бт
<i>A. ocellata</i> Donkin, 1861	pw, 1	м	б
<i>A. parvula</i> A.I. Proschkina-Lavrenko, 1963		м	
<i>A. proteus</i> var. <i>oculata</i> H. Peragallo, 1898	pw, 3, 4	м-мс	б
<i>A. terroris</i> Ehrenberg 1853	pw, 3*	м	б
<i>A. wisei</i> (M. Salah) R. Simonsen, 1962 (= <i>A. turgida</i> Gregory, 1857)	fl, 3	м	к
<i>Amphora</i> sp.	pw, 1, 4, 5*, 6*, 7*	м	н
Порядок Bacillariales Hendey, 1937			
Сем. Bacillariaceae Ehrenberg, 1831			
<i>Bacillaria paxillifer(a)</i> (O.F. Müller) T. Marsson, 1901 (= <i>Bacillaria paradoxa</i> J.F. Gmelin in Linnaeus, 1788)	pw, 4	м-см	к
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (P.T. Cleve, 1897) Heiden ex Heiden et Kolbe, 1928 (= <i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve, 1897)	pw, 4, 5*, 6*, 7*; pla, plb, 7*	м	к
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (P.T. Cleve) H. Peragallo, 1908 (= <i>Nitzschia seriata</i> P.T. Cleve, 1883)	fl, 7; pw, 7*; plb, 1	м	ба
<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow in Cleve et Grunow, 1880	pw, 3, 4,	м	аб
<i>N. hybrida</i> Grunow in Cleve & Grunow, 1880 f. <i>hyalina</i> Proschkina-Lavrenko, 1963	drs, 12; pw, 1*, 3*, 4*, 5*, 6*, 7*, 12*; sh, pla, 5*; plb, 7*	с	б+



## Окончание таблицы 1

Видовой состав	Локализация и фенология	Экологические группы	Географическое распространение
<i>N. longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard, 1861	pw, 4, 5, 7*	м	к
<i>N. rupestris</i> Proschkina-Lavrenko, 1963	pw, 5*, 6*, 7*; plb, 7*	с	б+
<i>N. tenuirostris</i> Mereschkowsky, 1901	df, fl, 3; pw, plb, 1, 3, 4, 5*, 6*, 7*	с	б
<i>Nitzschia</i> sp.	lp, 3; pw, 3, 4, 7; sh, 3;	н	н
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reiman et Lewin, 1964 (= <i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith, 1853)	pw, plb, pla, 1, 3, 10	см – э	к
Порядок Surirellales D.G. Mann, 1990			
Сем. Entomoneidaceae Reimer in Patrick et Reimer, 1975			
<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer, 1975 (= <i>Amphiprora</i> <i>paludosa</i> W. Smith, 1853)	pw, 4	с	аб/к
Отдел CHLOROPHYTA			
<i>Cladophora</i> sp.	pw, 5	н	н
<i>Acutodesmus obliquus</i> (Turpin) P. Tsarenko, 2001 (= <i>Scenedesmus</i> <i>obliquus</i> Kützing)	pw, 5	п	б
<i>Ulothrix</i> sp.	lp, fp (l), 3	п	н
Chlorophyta (неидентифицированные)	pw, 3*	н	н
Отдел DINOPHYTA			
<i>Ceratium</i> sp.	pla, 10	н	н
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld, 1901) J.D. Dodge, 1975	pw, 10	мс	б
CYANOBACTERIALES			
<i>Anabaena</i> sp.	df, fl, 3; plb, 11	п	н
<i>Oscillatoria</i> sp.	pw, 4	п	н
Неидентифицированные цианобактерии	pw, 3, 5, 6; pla, plb, 7*	н	н

Примечания к таблице: Локализация: df – спинной плавник; ab – брюхо; fl – хвостовые лопасти; fp (l) и fp (r) – левый и правый плавники; tr – хвостовой стебель; drs – дорзальная часть тела; lp – латеральные части тела; pw – стенки бассейнов; sh – галька в литоральной зоне; pla – планктон в литоральной зоне; plb – планктон в бассейнах. Фенология: 1–12 – время обнаружения и выделения (месяц); \* – период массового развития. Экология и распространение: м – морской, мс – морской и солоноватоводный, см – солоноватоводно-морской, с – солоноватоводный, п – пресноводный, э – эвригалинный, н – вид с неустановленной галобностью или распространенностью, к – космополит, аб – арктическо-бореальный, ба – бореально-арктический, б – бореальный, бт – бореально-тропический, + – понтический эндемик.

По сравнению с прилегающей морской акваторией, альгофлора дельфинария значительно беднее и характеризуется некоторыми видовыми различиями. Эти особенности обусловлены более высокой температурой воды в зимнее время – в среднем на 5°C, – и периодическими санитарными обработками бассейнов. Тем не менее, резких контрастов в таксономическом составе не выявлено.

**Ценотический уровень биоразнообразия ( $\beta$ -diversity): сезонная динамика сообществ.** Набор видов в альгоценозах весьма разнороден в течение календарного года и зависит от сезона. Так, максимальное видовое разнообразие наблюдалось весной: в марте (24), апреле (30) и мае (27). Эти показатели несколько снижались летом – в июне и июле (по 18), – и достигали минимума в октябре (6) и декабре (8). Следующий пик роста видового разнообразия приходился на январь (15) (табл. 2).

Таблица 2

Распределение сообществ микроводорослей в Карадагском дельфинарии по сезонам

Месяц	Видовой состав сообществ	Локализация
Январь	<i>Achnanthes</i> sp., <i>Amphora ocellata</i> , <i>Amphora</i> sp., <i>Cocconeis kamtschatkuensis</i> , <i>C. scutellum</i> , <i>Cocconeis</i> sp., <i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> , <i>Rhoicosphenia marina</i> , <i>Trachyneis aspera</i>	Стенки бассейнов
	<i>Licmophora ehrenbergii</i>	Поверхность тела животных
	<i>Cylindrotheca closterium</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i>	Стенки бассейнов, планктон в литоральной зоне и бассейнах
	<i>Nitzschia seriata</i> , <i>N. tenuirostris</i>	Стенки и планктон в бассейнах
Март	<i>Achnanthes longipes</i> , <i>Achnanthes</i> sp., <i>Amphora terroris</i> , <i>A. wisei</i> , <i>Navicula grevillei</i> , <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> *, Chlorophyta и цианобактерии (неидентифицированные)	Стенки бассейнов
	<i>Cocconeis</i> sp.	Прибрежная галька
	<i>Diatomella</i> sp.	Планктон в литоральной зоне
	<i>Grammatophora angulosa</i> , <i>G. marina</i> , <i>Licmophora dalmatica</i>	Стенки бассейнов, галька в прибрежной зоне
	<i>Licmophora abbreviata</i> , <i>Navicula</i> sp., <i>Ulothrix</i> sp.	Поверхность тела животных
	<i>Melosira moniliformis</i>	Стенки бассейнов, планктон в литоральной зоне
	<i>C. closterium</i> , <i>Nitzschia tenuirostris</i>	Стенки бассейнов, планктон в литоральной зоне и бассейнах
	<i>Nitzschia</i> sp., <i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i> *	Поверхность тела животных, стенки бассейнов, галька в прибрежной зоне
	<i>Tabularia tabulata</i> *, <i>Rhoicosphenia marina</i>	Планктон в литоральной зоне
<i>Anabaena</i> sp.	Поверхность тела животных, планктон в бассейнах	

Месяц	Видовой состав сообществ	Локализация
Апрель	<i>Achnanthes brevipes</i> , <i>A. longipes</i> , <i>Achnanthes</i> sp., <i>Amphora coffeaeformis</i> , <i>Amphora</i> sp., <i>Bacillaria paxillifer</i> , <i>Berkeleya rutilans</i> , <i>Climacosphenia</i> sp., <i>Cymbella</i> sp., <i>Donkinia recta</i> , <i>Entomoneis paludosa</i> , <i>Licmophora ehrenbergii</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>Licmophora</i> sp., <i>Navicula halophila</i> var. <i>convergens</i> , <i>Navicula</i> sp., <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> , <i>N. longissima</i> , <i>Nitzschia</i> sp., <i>Pleurosigma elongatum</i> , <i>Striatella delicatula</i> , <i>Oscillatoria</i> sp.	Стенки бассейнов
	<i>Grammatophora angulosa</i> , <i>Licmophora dalmatica</i>	Стенки бассейнов, галька в прибрежной зоне
	<i>Grammatophora marina</i> , <i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i>	Поверхность тела животных, стенки бассейнов, галька в прибрежной зоне
	<i>Licmophora abbreviata</i>	Поверхность тела животных
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	Стенки бассейнов, планктон в бассейнах
	<i>Tabularia tabulata</i>	Планктон в литоральной зоне
Май	<i>Amphora coffeaeformis</i> , <i>Amphora</i> sp., <i>Cyclotella</i> sp., <i>Cymbella</i> sp., <i>Licmophora dalmatica</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>Licmophora</i> sp., <i>Melosira moniliformis</i> , <i>Melosira</i> sp., <i>Nitzschia longissima</i> , <i>N. rupestris</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Ps. seriata</i> , <i>Pleurosigma elongatum</i> , <i>Stauroneis constricta</i> *, <i>Striatella unipunctata</i> *, <i>Tabularia tabulata</i> *, <i>Cladophora</i> sp., <i>Acutodesmus obliquus</i> , цианобактерии (неидентифицированные)	Стенки бассейнов
	<i>Cocconeis</i> sp., <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> , <i>Pleurosigma formosum</i>	Стенки бассейнов, планктон и галька в прибрежной зоне
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	Стенки бассейнов, планктон в бассейнах
	<i>Grammatophora angulosa</i>	Стенки бассейнов, галька в прибрежной зоне
	<i>Grammatophora marina</i>	Поверхность тела животных, галька в прибрежной зоне
	<i>Navicula</i> sp.	Поверхность тела животных, стенки бассейнов, планктон в литоральной зоне

Окончание таблицы 2

Месяц	Видовой состав сообществ	Локализация
Июнь	<i>Amphora angusta</i> , <i>A. coffeaeformis</i> , <i>Amphora</i> sp.*, <i>Cyclotella</i> sp., <i>Cymbella</i> sp., <i>Licmophora dalmatica</i> , <i>L. flabellata</i> , <i>Licmophora</i> sp.*, <i>Melosira</i> sp., <i>Navicula</i> sp., <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> *, <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> *, <i>N. rupestris</i> *, <i>N. tenuirostris</i> *, <i>Stauroneis constricta</i> *, <i>Striatella unipunctata</i> *, <i>Tabularia tabulata</i> *, цианобактерии (неидентифицированные)	Стенки бассейнов
Июль	<i>Achnanthes</i> sp., <i>Amphora</i> sp., <i>Nitzschia longissima</i> *, <i>Nitzschia</i> sp., <i>Synedra curvata</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i> , <i>Prorocentrum cordata</i>	Стенки бассейнов
	<i>Amphora hyalina</i> , <i>Licmophora</i> sp.	Планктон в литоральной зоне
Июль	<i>Grammatophora marina</i> *, <i>Licmophora ehrenbergii</i> *, <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	Поверхность тела животных, стенки бассейнов
	<i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i>	Поверхность тела животных, стенки бассейнов, галька в прибрежной зоне
	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> *, <i>Stauroneis constricta</i> , цианобактерии (неидентифицированные)	Стенки бассейнов, планктон и бентос в литоральной зоне
	<i>Nitzschia rupestris</i> , <i>N. tenuirostris</i> *	Стенки бассейнов и бентос в литоральной зоне
Октябрь	<i>Navicula</i> sp., <i>Pleurosigma elongatum</i> , <i>Prorocentrum cordatum</i>	Стенки бассейнов
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	Стенки бассейнов, планктон и бентос в литоральной зоне
	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	Бентос в литоральной зоне
	<i>Ceratium</i> sp., <i>Cymbella</i> sp.	Планктон в литоральной зоне
Декабрь	<i>Achnanthes longipes</i> , <i>Cocconeis</i> sp., <i>Navicula grevillei</i> , <i>Navicula</i> sp., <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> *, <i>Rhoicosphenia marina</i>	Стенки бассейнов
	<i>Anabaena</i> sp.	Планктон в бассейнах

Примечание к таблице: \* – массовое развитие вида.

Среди диатомей *Nitzschia hybrida* f. *hyalina*, наиболее распространенный и массовый вид, доминировал на протяжении всего года. Развитие других микроводорослей достигало меньшего размаха. Весной и летом в альгоценозах одновременно обнаруживались различные виды *Licmophora*, *Amphora terroris*, некоторые представители *Nitzschia*, – например, *N. delicatissima*, *N. rupestris* и др. В апреле периоды массового размножения отмечены у *Licmophora flabellata*, *Licmophora* sp. и *Cymbella* sp., а также у *Nitzschia tenuirostris*, *N. longissima*, *Pleurosigma elongatum*, *Navicula halophila*, *Navicula* sp., *Amphora* sp., *Achnanthes longipes*, *Ulothrix* sp. В мае было зарегистрировано множество клеток *Nitzschia*

*seriata*, несколько меньше – у *Striatella unipunctata* и *Grammatophora marina*, и еще меньше – у *Licmophora ehrenbergii*, *Navicula* sp., *Amphora* sp. и *Melosira moniliformis*. Массовое развитие *Nitzschia delicatissima*, *N. rupestris*, *N. tenuirostris*, *Stauroneis constricta*, *Striatella unipunctata*, *Tabularia tabulata*, *Licmophora* sp. и *Amphora* sp. наблюдалось в мае-июне, как и появление в альгоценозах некоторых новых видов. В июле *L. ehrenbergii*, *N. longissima*, *N. delicatissima*, *N. rupestris*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *G. marina*, *Amphora* sp. и некоторые цианобактерии были обнаружены в большинстве проб, особенно в бентосе или различных обрастаниях.

На протяжении осенне-зимнего периода в альгоценозах встречались *Amphora* sp., *Pleurosigma elongatum*, *Rhoicosphenia marina*, *Pseudosolenia calcar-avis* и *Navicula* sp. В октябре *Ps. calcar-avis*, *Navicula* sp., *P. elongatum*, *Cylindrotheca closterium* и некоторые виды динофлагеллят были наиболее заметны в комплексах обрастаний бассейнов и в воде. Декабрьские пробы содержали множество клеток *Achnanthes brevipes*, *A. longipes*, *Rh. marina*, *Navicula grevillei* и *Cocconeis* sp. Только лишь вид *N. hybrida* f. *hyalina* значительно превосходил их в численном отношении и доминировал в альгоценозах. Аналогичную картину можно было наблюдать в январе, но второе место здесь принадлежало *Rh. marina*, а затем следовали *Cylindrotheca closterium*, *Cocconeis* sp., *Achnanthes* sp., *Amphora ocellata* и *Navicula* sp. В марте отмечалось видовое и численное обилие диатомей, среди которых идентифицировали *T. tabulata*, *Licmophora dalmatica*, *G. marina*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *N. closterium*, *N. tenuirostris*, *Rh. marina*, *Amphora hyalina* и *Achnanthes* sp.; эта ситуация была сходна с зимним «цветением» воды. К концу этого месяца *Grammatophora angulosa*, различные виды *Amphora* и *Navicula pennata* var. *pontica* появились в бассейнах дельфинария.

В некоторые годы (например, летом 1989 г.) состав эпилитного комплекса обрастания менялся: доминировали клетки *L. ehrenbergii*, они сочетались с *G. marina* в условных верхних горизонтах и с *Pseudo-nitzschia seriata* в средних. Основное свойство альгоценозов микрофитобентоса заключается в количественном росте биомассы, прежде всего, за счет богатства видового разнообразия. Напротив, в микропланктоне в период «цветения» воды и массового развития отдельных видов происходит общее снижение видового разнообразия [25].

Анализ частоты встречаемости позволил выявить наиболее типичные виды: *Licmophora abbreviata* обладает максимальными показателями в обрастаниях кожи дельфинов (10,0%); затем следуют *N. tenuirostris*, *L. ehrenbergii*, *N. pennata* var. *pontica* (по 4,0%) и *Amphora wisei*, *Berkeleya rutilans*, *G. marina*, *Navicula* sp., *Pseudo-nitzschia seriata* и *Anabaena* sp. (по 2,0%). В бентосных альгоценозах ведущая роль принадлежит *N. hybrida* f. *hyalina* (21,4%). Другие виды – *Navicula* sp. (12,8%), *N. longissima* и *P. elongatum* (по 7,7%), *N. tenuirostris* (6,8%), *G. marina* и цианобактерии (6,0%) – имеют менее широкое распространение в бассейнах. В планктонных пробах наиболее высокими индексами характеризуются *L. ehrenbergii* и *N. closterium* (по 13,6%) и *N. delicatissima*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *T. tabulata*, *G. marina*, *L. dalmatica*, *P. elongatum* (по 9,1%). В целом, с помощью индекса частоты встречаемости выделены руководящие виды микроводорослей в дельфинарии: *N. hybrida* f. *hyalina* (10,6%), *Navicula* sp. (6,8%), *L. ehrenbergii* (5,6%),

*N. tenuirostris* (5,3%), *P. elongatum* (4,2%), *G. marina* (3,4%), *Pseudo-nitzschia seriata* (3,0%) и *L. abbreviata* (2,7%).

В результате можно определить четыре основные группы, основанные на индексе временной частоты встречаемости.

1. 87,5%. *N. hybrida* f. *hyalina* и *Navicula* sp.

2. 62,5%. *Amphora* sp.

3. 50,0%. *G. marina*, *N. tenuirostris*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *T. tabulata*, *Licetophora* sp., *Symbella* sp., *Cocconeis* sp. и цианобактерии.

4. 37,5%. *L. ehrenbergii*, *L. dalmatica*, *L. flabellata*, *Rh. marina*, *N. pennata* var. *pontica*, *N. longissima*, *S. constricta* и *P. elongatum*.

**Биогеографический уровень биоразнообразия ( $\gamma$ -diversity).** Эколого-фитогеографический анализ структуры альгоценозов указывает на интересные закономерности их формирования, подчеркивая влияние антропогенного фактора на этот процесс (табл. 1). В дельфинарии Карадага доминируют морские виды (40,8%) в то же время морская и солоноватоводная (8,5%), солоноватоводно-морская (12,7%) и солоноватоводная (9,9%) альгофлоры представлены в меньшем количестве. Также зарегистрированы пресноводные (5,6%) и эвригалинные (2,8%) виды. Среди микроводорослей преобладают космополиты (27,4%), присутствуют также бореальные (21,9%), бореально-тропические (4,1%), бореально-арктические (2,8%) и арктическо-бореальные (9,6%) виды. Обнаружены понто-каспийские эндемики (4,1%) – *Nitzschia hybrida* f. *hyalina*, *N. rupestris*, *Synedra curvata*, *Navicula pennata* var. *pontica* и *Nitzschia tenuirostris*.

**Функциональная роль альгологического биоразнообразия в формировании микроэкосистемы.** Микроскопическая альгофлора, постоянно присутствующая в составе планктона и бентоса, тесно связана с различными биотическими и абиотическими компонентами микроэкосистемы дельфинария.

В качестве основных показателей для формирования экологических групп приняты местообитание, отношение к солености, температуре и освещению, особенности годового цикла развития. В бассейнах дельфинария выделены две группы обрастателей – эпизоиты, заселяющие поверхности тела дельфинов и эпифиты/эпилиты, обитающие на макрофитах или на стенках чаш бассейнов и погруженных в воду конструкциях, и одна группа планктонных видов, встречающихся в толще воды на различных глубинах. В обрастаниях стенок бассейнов на Карадаге на протяжении всего года доминирует *N. hybrida* f. *hyalina*. В весенне-летний и осенне-зимний периоды в эпилитных альгоценозах параллельно встречались другие виды.

Таксономический состав альгофлоры и численность клеток водорослей заметно варьируют в зависимости от освещенности стенок бассейнов и расположения горизонтов. Освещенные части бассейнов характеризуются более высоким уровнем видового разнообразия по сравнению с затененными. С возрастанием глубины этот контраст становится заметнее: в апреле 1989 г. на верхних горизонтах освещенных и затененных сторон чаш бассейнов обнаружено по четыре вида диатомей, на средних, соответственно, – четыре и шесть, а на нижних – в освещенной части десять видов, в затененной же – всего четыре. Рост видового разнообразия с

глубиной объясняется частыми изменениями уровня воды в бассейнах, при которых в верхних горизонтах нарушается процесс формирования устойчивых обрастаний.

При этом обращают на себя внимание фенологические различия в составе альгофлоры: данные многолетних исследований в природе указывают на постоянство таксономического комплекса обрастателей в течение года, в отличие от фитопланктона, у которого четко выражена сезонность [25]. При этом каждый вид имеет максимум в определенный период: *Grammatophora marina* – весной (нами отмечен в дельфинарии с марта по июль); *Bacillaria paxillifer* – в июне-июле (нами отмечен в апреле в обрастаниях стенок); *N. pennata* var. *pontica* – в весенне-летний период (в дельфинарии – марта по июль); *Nitzschia closterium* (= *Cylindrotheca closterium*) – летом (в дельфинарии – январь, март, октябрь); *Melosira moniliformis* и *M. moniliformis* var. *subglobosa* – круглогодично, за исключением декабря-января (в дельфинарии соответственно – март и май и май-июнь). К теплолюбивым весенне-летним (май-октябрь) видам в природе относится *Navicula grevillei* (в обрастаниях стенок чаш дельфинария отмечен в марте и декабре). Холодолобивые осенне-зимние (октябрь-февраль) виды включают *Stauroneis constricta* (в дельфинарии – с мая по июль). Случайно сезонные, с разорванным ареалом попадания: *Trachyneis aspera* (в дельфинарии зарегистрирован в январе) [26].

Собранный материал создает определенное представление о таксономическом составе водорослей-обрастателей и их распределении в окружающей среде. Сформирован список видов-эпизоитов, выделенных из соскобов и мазков с поверхности кожи афалин и постоянно присутствующих в их местообитаниях. Из 39 зарегистрированных видов диатомей, формирующих обрастания в Карадагском дельфинарии, 13 способны образовывать колонии на поверхности тела дельфинов. При сопоставлении полученных данных с уже имеющимися в литературе [6, 8] становится очевидным, что альгообрастания у черноморских дельфинов выражены значительно слабее, чем у китообразных высоких широт. Анализ соскобов, взятых от различных животных, показывает, что свободноживущие афалины менее подвержены процессам обрастания, чем содержащиеся в неволе. Не исключено, что в условиях дельфинариев больные или ослабленные животные с пониженной активностью оказываются заселенными видами-обрастателями, использующими любой субстрат. Это предположение подтверждается присутствием одних и тех же видов в соскобах со стенок бассейнов и с поверхности кожи. С другой стороны, нужно отметить, что круг водорослей-обрастателей, встречающихся в бассейнах, намного шире, чем обнаруженных у животных, что позволяет говорить об определенной специфичности набора диатомей, заселяющих кожу китообразных. В пользу этой версии свидетельствуют материалы ряда авторов [8], указывающих на участие в обрастаниях кожи китов не только доминирующего вида (в высоких широтах – *Cocconeis ceticola* Nelson et Bennet), но и группы других диатомовых водорослей из 30-40 видов. Среди них встречаются представители родов *Licetophora*, *Navicula*, *Melosira*, *Synedra*, обнаруженных и у черноморских дельфинов, как и вид *Cylindrotheca closterium*. Локализация альгообрастаний почти в половине случаев приурочена к хвостовым лопастям и хвостовому стеблю – эта закономерность проявляется не только у афалин, но и у других китообразных [8].

На основании результатов исследования мы не можем утверждать, что существует эпизоиты, специфические для афалин. Но присутствие в соскобах определенных видов водорослей, принадлежащих к родам, которые зарегистрированы на коже усатых китов, не исключает возможности установления в дальнейшем видов-индикаторов состояния животных. Выявление таких видов представляет интерес и в связи с отмеченными совпадениями появления обрастаний и максимального видового разнообразия альгофлоры с периодами ухудшения здоровья животных, на что указывают бактериологические показатели [8]. К эпизоитам следует также отнести *Navicula grevillei* – вид, обнаруженный на северном морском слоне [27].

Эпифитный компонент альгоценозов включает обширную группу диатомей – *A. brevipes*, *A. longipes*, *C. scutellum*, *C. costata*, *G. marina*, *L. abbreviata*, *M. moniliformis*, *M. moniliformis* var. *subglobosa*, *B. rutilans*, *N. ramosissima*, *T. tabulata*, *S. unipunctata* и другие виды [28, 29, 30 и др.]. В нашей работе они зарегистрированы как эпилиты, за редким исключением (обрастания бурой водоросли *Sphacelaria cirrosa* (Roth) C. Agardh, 1824).

Роль в питании морских организмов. Ряд видов, обитающих в дельфинарии, в природе служит кормом для гидробионтов, включая промысловые виды, причем у морских беспозвоночных отмечена избирательность в выборе объектов питания: *M. moniliformis* в большей степени привлекает моллюсков и ракообразных, чем *C. scutellum* и *L. abbreviata* [31]. В марикультуре для разведения брюхоногих моллюсков используют *Amphora coffeaeformis* и различные виды навикул, при этом также отмечено избирательное питание моллюсков, предпочитающих именно эти виды [32]. В качестве корма для моллюсков также используют *G. marina* [33], *N. ramosissima* и *S. constricta* [34], а для ракообразных – *T. tabulata* [35].

Влияние на метаморфоз гидробионтов. Природные био пленки, образованные при участии *A. coffeaeformis* и их внеклеточных полимерных веществ оказывают влияние на процессы заселения субстратов у бентосных беспозвоночных, а также стимулируют личиночный метаморфоз морского желудя *Balanus amphitrite* Darwin, 1854, мшанок, полихет, брюхоногих моллюсков и других гидробионтов [36].

Массовое развитие микроводорослей и продуцирование токсинов. Наблюдения в бассейнах дельфинария не выявили явлений, напоминающих «цветение» или «красный прилив» в классической форме, несмотря на то, что в прилегающей акватории в период нашей работы происходили вспышки массового развития микроводорослей [22]. Однако были зарегистрированы виды *Pseudo-nitzschia delicatissima* и *Ps. seriata*, известные как продуценты токсических веществ. Они служат причиной ASP (amnesic shellfish poisoning) – поражения, вызываемого домоевой кислотой – нейротоксином, который содержится в организмах различных представителей морской биоты (от моллюсков до ластоногих). Известны случаи отравления ASP в Европе, Северной Америке, Корее, Японии, Австралии и Новой Зеландии. Продуцирование токсина далеко не всегда приурочено к массовому размножению видов *Pseudo-nitzschia*, в то же время массовое размножение других видов диатомей не связано с выбросом токсических веществ: у амфор и ницшии нейротоксины не зарегистрированы [37, 38]. В свое время был описан клон-продуцент домоевой кислоты у *Amphora coffeaeformis* [39], но в настоящее время он



утрачен и недоступен для изучения. Тестирование других штаммов вида не подтвердило токсигенных свойств. Вид *C. closterium* известен как возбудитель «цветения» в северной Адриатике и причина загрязнения морской среды, но признаки ASP при этом не обнаружены [37]. Интересно отметить, что в других акваториях Мирового океана *B. rutilans* служит субстратом для токсичного вида динофлагеллят *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge, 1975 – продуцента окадаевой кислоты и динофизистоксинов, вызывающих сильное отравление DSP (diarrhetic shellfish poisoning). Вид *Prorocentrum cordatum* (= *Prorocentrum minimum* (Pavillard, 1916) Schiller, 1933), встречающийся в бассейнах, способен вызывать «красные приливы», которые стимулируются сточными водами, насыщенными азотом и фосфором, и продуцировать токсичное вещество venegupin (известны случаи отравления людей в Японии), но его химическая структура и свойства неизвестны [37].

Биологическая индикация. Неблагополучие ситуации подтверждается и присутствием в дельфинариях индикаторов органического загрязнения среды – *Oscillatoria* sp. и *Prorocentrum cordatum*, – а в соскобах со стенок бассейнов – вида *Bacillaria paxillifer* (= *Bacillaria paradoxa*), известного как показателя высокого содержания хлоридов. Преобладание среди диатомовых представителей родов *Nitzschia* и *Navicula* также свидетельствует об ухудшении качества воды. Все это доказывает необходимость осуществления постоянного экосистемного мониторинга и своевременного проведения санитарно-гигиенических мероприятий.

## ВЫВОДЫ

1. В бассейнах Карадагского дельфинария выделены и идентифицированы 68 видов микроводорослей, относящихся к Bacillariophyta (59), Dinophyta (2), Chlorophyta (4) и Cyanobacteriales (3).

2. Альгофлора дельфинария значительно беднее по сравнению с прилегающей морской акваторией, и характеризуется некоторыми видовыми различиями, что обусловлено влиянием антропогенного фактора.

3. Набор видов в альгоценозах дельфинария варьирует в течение календарного года и зависит от сезона; максимальное видовое разнообразие наблюдается весной, несколько снижается летом и достигает минимума в октябре и декабре.

4. Эколого-фитогеографический анализ структуры альгоценозов указывает на доминирование морских видов; морская и солоноватоводная, солоноватоводно-морская и солоноватоводная альгофлоры представлены в меньшем количестве; преобладают космополиты и бореальные виды, присутствуют также бореально-тропические, бореально-арктические и арктическо-бореальные представители и понто-каспийские эндемики.

5. Функциональная роль альгологического биоразнообразия обозначена в формировании природно-антропогенной микроэкосистемы дельфинария и проявляется в ряде основных аспектов: 13 видов способны образовывать колонии на поверхности тела дельфинов; выделены основные экологические группы микроводорослей (эпизоиты, эпилиты/эпифиты); подчеркнуто значение альгологического фактора в питании и метаморфозе гидробионтов и продуцировании биологически активных веществ.

**Благодарности.** Всем специалистам, принимавшим участие в данной работе, автор выражает глубокую благодарность и признательность: В.С. Плебанскому за участие в сборе альгологического материала, Л.И. Рябушко и О.А. Паниной – за определение видового состава альгологических проб.

### Список литературы

1. Гольдин Е. Б. К изучению альгофлоры мест содержания морских млекопитающих / Е.Б. Гольдин, В. С. Плебанский, О. А. Панина // 10 Всесоюзное совещание по изучению, охране и рациональному использованию морских млекопитающих: Тез. докл. – М.: ВНИЭРХ, 1990. – С. 74–75.
2. Гольдин Е. Б. Альгологические исследования обрастаний черноморских дельфинов / Е. Б. Гольдин, В. С. Плебанский // Труды Международного симпозиума «Проблемы патологии и охраны здоровья диких животных: Экологическое взаимодействие и болезни диких и с.-х. животных. – М., 1992. – С. 14–16.
3. Гольдин Е. Б. Биоиндикация антропогенного загрязнения дельфинариев на основе альгологической характеристики / Е. Б. Гольдин // 1 з'їзд Гідроекологічного товариства України. – К., 1993. – С. 16.
4. Gol'din E. B. The algal investigations for water pollution determination in marine mammals capture sites / E. B. Gol'din // European Research on Cetaceans – 8. Proceedings of the 8-th Annual Conf. of the European Cetacean Society, Montpellier, France, 4-6 March 1994 / [Ed. P.G.H. Evans]. – Lugano, 1994. – P. 235–236.
5. Gol'din E. B. The distribution of microalgae overgrowing the skin of cetaceans in the Black Sea dolphinarium / E. B. Gol'din // European research on cetaceans – 9: Proceedings of 9th Annual Conference: European Cetacean Society, Lugano, Switzerland, 9-11 February 1995. – Kiel, Germany, 1996. – P. 227–228.
6. Гольдин Е. Б. Микроскопические водоросли как биоиндикаторы состояния окружающей среды в местах содержания морских млекопитающих / Е. Б. Гольдин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Выпуск 1 (20). – С. 105–113.
7. Gol'din E. B. The seasonal dynamics of algal vegetation in Karadag dolphinarium / E. B. Gol'din // European research on cetaceans – 11: Proceedings of 11-th Annual Conference: European Cetacean Society: Stralsund, Germany, 9–11 March 1997. – Kiel, Germany, 1997. – P. 270–274.
8. Гольдин Е. Б. Эпибионтная альгофлора афалин в черноморских дельфинариях / Е. Б. Гольдин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – Выпуск 2 (21). – С. 105–113.
9. Георгиева Л. В. Видовой состав и динамика фитоцены / Л. В. Георгиева // Планктон Черного моря. – К.: Наукова думка, 1993. – С. 31–55.
10. Конгіссер Р. А. Матеріали до вивчення деяких водоростей Чорного моря / Р. А. Конгіссер // Труды Карадаг. биол. ст. – Київ, 1940. – Вип. 10. – С. 113–121.
11. Стройкина В. Г. Деякі дані про склад фітопланктону Карадагського району Чорного моря / В. Г. Стройкина // Труды Карадаг. биол. ст. – Київ, 1940. – Вип. 10. – С. 141–144.
12. Стройкина В. Г. Фитопланктон Черного моря в районе Карадага и его сезонная динамика / В. Г. Стройкина // Труды Карадаг. биол. станции. – Киев: Изд-во АН УССР. – 1950. – Вып. 10. – С. 38–52.
13. Кошевой В. В. Наблюдения за фитопланктоном Черного моря у берегов Карадага / В. В. Кошевой // Бюллетень Океаногр. Комиссии при Президиуме АН СССР. – М., 1959. – № 3. – С. 40–44.
14. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря / А. И. Прошкина-Лавренко. – Москва – Ленинград: Изд-во АН СССР, 1955. – 222 с.
15. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря / А.И. Прошкина-Лавренко. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 241 с.
16. Роцин А. М. Бентосные диатомовые водоросли прибрежного каменистого мелководья района Карадага/ А. М. Роцин, В. А. Чепурнов // Актуальные проблемы современной альгологии. – К.: Наукова думка, 1987. – С. 138–139.

17. Чепурнов В. А. Бентосные диатомовые водоросли и гарпактикоиды черноморского каменистого мелководья района Карадага и их пищевые отношения: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: гидробиология / В. А. Чепурнов; Ин-т биол. южных морей. – Севастополь, 1988. – 19 с.
18. Неврова Е. Л. Диатомовые водоросли каменистых грунтов Черного моря у Карадага / Е. Л. Неврова // Биол. науки. – 1991. – № 5. – С. 79–86.
19. Кустенко Н. Г. Влияние стрессовых факторов среды на размножение диатомовых водорослей / Н. Г. Кустенко – К.: Наукова думка, 1991. – 156 с.
20. Рошин А. М. Диатомовые водоросли / А. М. Рошин, В. А. Чепурнов, Н. Г. Кустенко // Флора и фауна заповедников СССР: Водоросли, грибы, мохообразные Карадагского заповедника (аннотированные списки видов). – М., 1992. – С. 7–18.
21. Кустенко Н. Г. Фитопланктон / Н. Г. Кустенко // Летопись природы Карадага 1997 г. – Карадаг, 1998. – С. 12–20.
22. Сеничева М. И. Сезонная динамика фитопланктона в районе Карадага / М. И. Сеничева // Карадаг: Гидробиологические исследования: Сб. науч. тр., посвященный 90-летию Карадаг. науч. станции им. Т. И. Вяземского и 25-летию Карадаг. природного заповедника НАН Украины. – Книга 2. – Симферополь: СОНАТ, 2004. – С. 58–65.
23. Whittaker R. H. Evolution and measurement of species diversity / R. H. Whittaker // Taxon. – 1972. – Vol. 21. – N 2/3. – P. 213–251.
24. Round F. E. The Diatoms. Biology and morphology of the genera / F. E. Round, R. M. Crawford., D. G. Mann. – Cambridge Univ. Press, 1990. – 747 p.
25. Бодяну Н. Микрофитобентос / Н. Бодяну // Основы биологической продуктивности Черного моря. – К.: Наукова думка, 1979. – С. 109–122.
26. Кучерова З. С. Видовой состав и сезонная смена диатомовых морских обрастаний / З. С. Кучерова // Труды Севастопольской биологической станции. – 1957. – 9. – С. 22–29.
27. Baldrige A. The barnacle *Lepas pacifica* and the alga *Navicula grevillei* on northern elephant seals, *Mirounga angustirostris* / A. Baldrige // J. Mammal. – 1977. – Vol. 58. – P. 428–429.
28. Георгиев А. А. Эпифитные диатомовые водоросли макрофитов пролива Великая Салма (Кандалакшский залив, Белое море): автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. / А. А. Георгиев; Моск. гос. ун-т. – М., 2010. – 23 с.
29. Бегун А. А. Диатомовые водоросли эпифитона бурой водоросли *Sargassum pallidum* (Turner) С. Agardh в бухте Тихая Заводь (залив Восток, Японское море) / А. А. Бегун, С. И. Масленников, А. Б. Крючкова // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2011. – Том 24, секция 1. Ихтиология. Экология. – С. 13–19.
30. Munda I. M. Seasonal fouling by diatoms on artificial substrata at different depths near Piran (Gulf of Trieste, Northern Adriatic) / I. M. Munda // Acta Adriat. – 2005. – 46 (2). – P. 137–157.
31. Hillebrand H. Marine microbenthic community structure regulated by nitrogen loading and grazing pressure / H. Hillebrand, B. Worm., H. K. Lotze // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 2000. – Vol. 204. – P. 27–38.
32. Zhang Y. Diatom diet selectivity by early post-larval abalone *Haliotis diversicolor supertexta* under hatchery conditions / Zhang Yuyu, Gao Yahui, Liang Junrong, Chen Changping Zhao Donghai, Li Xuesong, Li Yang, Wu Wenzhong // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. – 2010. – Vol. 28, N 6. – P. 1187–1194.
33. Affan A. Growth characteristics, bio-chemical composition and antioxidant activity of benthic diatom *Grammatophora marina* from Jeju coast, Korea / A. Affan, R. Karawita, Y. J. Jeon, B. Y. Kim, J. B. Lee // Algae. – 2006. – Vol. 21. – P. 141–148.
34. Takami H. Feeding Ecology of an Abalone, *Haliotis discus hannai*, in Their Early Life Stages / H. Takami // Proc. 32<sup>nd</sup> UJNR Aquaculture Panel Symposium, Davis and Santa Barbara, California, U.S.A., November 17–18th and 20th, 2003. – 2003. – P. 1–15.
35. Sommer U. Selectivity of *Idothea chelipes* (Crustacea: Isopoda) grazing on benthic microalgae / U. Sommer // Limnol. Oceanogr. – 1997. – 42 (7). – P. 1622–1628.
36. Jagadish S. Influence of diatom exopolymers and biofilms on metamorphosis in the barnacle *Balanus amphitrite* / S. Jagadish, A. Patil, A. Chandrashekar // Mar Ecol Prog Ser. – 2005. – Vol. 301. – P. 231–245.
37. Hallegraeff G. M. Manual on Harmful Marine Microalgae / G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson, A. D. Cembella (eds.) // UNESCO: Paris, 2004. – 793 p.

38. Lelong A. *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) species, domoic acid and amnesic shellfish poisoning: revisiting previous paradigms / A. Lelong, H. Hégaret, P. Soudant, S. S. Bates // *Phycologia*. – 2012. – 51 (2). – P. 168–216.
39. Shimizu Y. Dinoflagellates and other microalgal toxins: chemistry and biochemistry / Y. Shimizu, S. Gupta, K. Masuda et al. // *Pure Appl. Chem.* – 1989. – N 61. – P. 513–516.
40. Harmful Algae 2002: X<sup>th</sup> HAB – Xth International Conference, St. Pete Beach, Florida, USA, October 21–25 2002 [Eds K. A. Steidinger, J. H. Landsberg, C. R. Tomas, G. A. Vargo]. – Florida Marine Research Institute, Florida Fish and Wildlife Commission, Florida Institute of Oceanography, IOC of UNESCO, 2004. – 588 p.

**Гольдін Є. Б. Мікроскопічна альгофлора Карадагського дельфінарія** // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2012. Вип. 6. С. 76–95.

Досліджена мікроскопічна альгофлора середовища утримання чорноморських афалін та їх шкіряних покривів в басейнах Карадагського дельфінарія. Виявлені таксономічна структура, сезона динаміка складу альгологічних спільнот, екологічні особливості розповсюдження мікродоростей в басейнах та прилеглої акваторії, визначено впливу мікродоростей на санітарно-гігієнічну ситуацію в штучних водних мікроекосистемах та їх значення в патології морських ссавців при утриманні у неволі.

*Ключові слова:* альгофлора, діатомові водорості, обростання, епібіонти, морські ссавці, Чорне море, дельфінарій, Карадаг.

**Gol'din E. B. Microphytic algae-vegetation of Karadag dolphinarium** // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2012. Iss. 6. P. 76–95.

Microphytic algae-vegetation of habitat and skin coverings of bottlenose dolphins was investigated in the basins of Karadag dolphinarium. The taxonomic structure, seasonal dynamics of microalgal communities structure, ecological characteristics of microalgal localization and distribution in closed basins and adjoining sea area, their influence to the sanitary and hygienic situation in artificial water microecosystems, and the importance of microalgae in captured marine mammal's pathology were revealed.

*Key words:* algae vegetation, diatoms, fouling, epibionts, marine mammals, the Black Sea, dolphinarium, Karadag.

*Поступила в редакцію 10.09.2012 г.*