

ПЕРВАЯ НАХОДКА РАДИОЛЯРИИ *ARACHNOCORYS CIRCUMTEXTA* НАЕСКЕЛ, 1860 И ДОННЫЕ МИКРОВОДОРОСЛИ В ЭПИФИТОНЕ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *CYSTOSEIRA BARBATA* (STACKHOUSE) С.А. AGARDH (КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

©2020 Рябушко Л.И.

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь 299011, Россия;
e-mail: larisa.ryabushko@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.05.2020. После доработки 31.07.2020. Принята к публикации 20.08.2020

Впервые в Чёрном море обнаружен планктонный вид радиолярии *Arachnocorys circumtexta* Haeckel, 1860 (Radiolaria, класс Nassellaria, семейство Lophophaenidae Haeckel, emend. Petrushevskaya, 1971) в эпифитоне бурой водоросли *Cystoseira barbata* (Stackhouse) С.А. Agardh в августе 2002 г. в Мартыновой бухте (г. Севастополь, Крым) на глубине 2.5 м при температуре воды 24.4 °С и солёности 18‰. Размеры черноморских экземпляров радиолярии соответствуют литературным данным. Кроме радиолярии, в эпифитоне *C. barbata* найдены микроводоросли, из них 14 видов Bacillariophyta и один вид Dinophyta из рода *Prorocentrum* Ehrenb. Преобладают морские виды (67%), 53% всех встреченных видов являются β-мезосапробионтами – индикаторами умеренного органического загрязнения вод. 33% космополитов встречаются во всех географических зонах от арктических до антарктических вод. Целью сообщения является представление новых сведений о редком виде современной радиолярии и о видах донных микроводорослей в эпифитоне цистозеры бородатой из Чёрного моря.

Ключевые слова: радиолярия *Arachnocorys circumtexta*, бурая водоросль *Cystoseira barbata*, Чёрное море.

Введение

Радиолярий (Radiolaria) относят к группе простейших одноклеточных животных класса саркодовых (свыше 7 тыс. видов), чаще это одиночные, хотя встречаются и колониальные формы. Обитают в морях и океанах на небольших глубинах, однако встречаются и на значительной глубине до 8000 м. Одиночные виды достигают размеров от 10–40 до 3000 мкм [Шевяков, 1890–1907]. Ископаемые виды являются пороодообразующими (радиоляриевые илы, кремнистые породы). Их широко используют для создания научно обоснованных межрегиональных стратиграфических схем миоцена в практической деятельности геолого-съёмочных работ. Встречаются в отложениях всего фанерозоя, начиная с кембрия. Отложения с радиоляриями охватывают значительную площадь от Альминской впадины на западе до Керченского полуострова на востоке. Их находки об-

наружены в среднемиоценовых отложениях равнинного Крыма [Барг, Носовский, 1993].

Размножаются радиолярии половым и агамным путём. Живое вещество этих организмов содержит большое количество включений, главные из которых слизистые и жировые, которые делают их организм легче воды и позволяют свободно парить в толще воды морей и океанов. Поэтому они ведут в основном планктонный образ жизни, хотя встречаются и в донных осадках. Известно, что они являются исключительно морскими животными, широко распространёнными преимущественно в тёплых морях. Однако для внутренних морей (Каспийского, Азовского и Чёрного) сведения о них отсутствуют. Вероятно, это связано с солёностью морей, так как радиолярии чутко реагируют и отрицательно относятся к опреснению. В зависимости от вида они встречаются в дальневосточных морях. В водах Северного Ледовитого океана,

включая центральный Арктический бассейн и его краевые моря, указано 62 вида радиолярий, в донных осадках отмечено 30, в планктоне 32. В Арктическом бассейне указано 56 видов, из которых 23 вида *Nassellaria*, из них 19 видов отмечено в планктоне и 18 – в донных осадках [Засько, Кособокова, 2014].

В книге Э. Геккеля «Красота форм в природе» живописно представлены многие виды животных и растений, в том числе радиолярии, диатомовые и динофитовые водоросли в качестве организмов, имеющих причудливую и разнообразную форму, играющих важную экологическую роль в жизни моря [Haeckel, 1860]. У автора указан вид радиолярии *Arachnocorys circumtexta* Haeckel, который найден в планктоне Средиземного моря. Поиск информации об этом экзотичном виде не дал результатов, поскольку литературных сведений о современных радиоляриях в Чёрном море не существует, как и нет специалистов, изучающих их.

Целью сообщения является представление новых сведений о редком виде современной радиолярии и о видах донных микроводорослей в эпифитоне цистозеры бородатой из Чёрного моря.

Материалы и методика

Материалом для изучения послужил образец эпифитона бурой водоросли *Cystoseira barbata* (Stackhouse) S.A. Agardh, обнаруженный в Мартыновой бухте (44°36'37"N, 33°30'0"E) (г. Севастополь, Крым) 18 августа 2002 г. на глубине 2.5 м при температуре воды 24.4 °С и солёности 18‰. Пробы изучали в световом микроскопе «БИОЛАМ Л-212» при увеличении 10×40×2.5 [Рябушко, 2013]. В них обнаружена живая радиолярия в 2-х экземплярах. К сожалению, сфотографировать радиолярию не удалось по техническим причинам. Дальнейшие попытки найти новые экземпляры не увенчались успехом. Сопутствующие в пробах виды диатомовых водорослей и динофлагеллята идентифицированы по следующим источникам [Прошкина-Лавренко, 1963; Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2016]. Экологические и фитогеографические характеристики даны по [Рябушко, 2013; Рябушко,

Бегун, 2015, 2016; Рябушко и др., 2019; Guiry, Guiry, 2018; Ryabushko et al., 2019].

Результаты и обсуждение

Ранее при исследовании микрофитобентоса Чёрного моря у берегов Крыма в пробах периодически встречались отдельные спикулы (иглы) радиолярий, которые трудно было идентифицировать, поскольку не удавалось встретить целый живой организм. Вероятно, иглы ископаемых радиолярий вымывались из осадков донных отложений. Однако в августе в Мартыновой бухте на талломах *C. barbata* впервые обнаружены живые экземпляры современного вида радиолярии *Arachnocorys circumtexta* Haeckel, 1860 (класс *Nassellaria*, семейство *Lophophaenidae* Haeckel, emend. Petrushevskaya, 1971). Детальное описание и рисунок Э. Геккеля соответствуют полностью черноморским образцам (всего 2 экз.) современной радиолярии *A. circumtexta*, обнаруженной в эпифитоне цистозеры. Вид имел капсулу шарообразной формы, напоминающей шлем с радиально расходящимися длинными спикулами (иглами), подобно морскому ежу *Strongylocentrotus nudus*, но в отличие от него, представлен микроскопическими размерами. Капсулу пронизывают отверстия – поры, сквозь них проходят нити цитоплазмы, связывающие наружный и внутренний слой. Это своего рода скелет, образованный прочной органической мембраной, охватывающей ядро и часть цитоплазмы. Насчитывалось до 20 радиально расположенных разноразмерных спикул, длина которых составляла 609, 408.9 и 174 мкм, ширина в верхней части конца игл достигала 11.2 мкм, ширина в нижней части конца – 8.4 мкм. Диаметр ярко окрашенной капсулы, красной изнутри и с жёлтой оторочкой, равен 43.5 мкм.

Описание вида *Ar. circumtexta* во многом является близким вообще радиоляриям. Их тело снабжено каркасом, утяжеляющим клетку. Минеральный опаловый скелет находится внутри цитоплазмы и состоит из отдельных игл или имеет сложную, чаще симметричную, конструкцию. Из их тела тончайшими лучами расходятся псевдоподии (ложноножки), служащие средством для добычи пищи

[Haeckel, 1860]. Все основные органеллы располагаются в цитоплазме, которая состоит из органического вещества, разделяется на экто- и эндоплазму, заключенные в центральную капсулу, имеющуюся у всех радиолярий. Скелеты радиолярий легки, прочны и надёжны. У большинства видов они образованы оксидом кремния, реже – солями стронция.

Этот «чужеродный объект», обнаруженный в Чёрном море, по классификации авторов [Звягинцев и др., 2011, с. 45, 46] можно отнести к виду неизвестного происхождения (Cryptogenic). Это вид, который не может быть окончательно классифицирован как абориген или неместный из-за неопределённости вектора расселения, или из-за невозможности идентификации близких видов. Статус вида, впервые обнаруженного на определённой акватории, как чужеродно-

го, может стать объектом разногласий даже между специалистами.

Вместе с радиолярией в эпифитоне цистозирры найдено 14 видов Bacillariophyta и токсичный вид Dinophyta – *Prorocentrum lima* (таблица). Здесь отмечены бентосные, планктонные и бентопланктонные виды микроводорослей, что свидетельствует о связи между собой водных масс разной природы (толща воды и придонные воды). Указанные микроводоросли часто встречаются в разных экотопках Чёрного моря [Рябушко, 2013].

Диатомовые водоросли являются индикаторами солёности, сапробности водоёмов, а фитогеографическая характеристика помогает выявить географический ареал видов в морях Мирового океана [Прошкина-Лавренко, 1953, 1963; Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2016]. Практически все встреченные виды

Таблица. Видовой состав радиолярии и микроводорослей эпифитона бурой водоросли *Cystoseira crinita* (Stackhouse) C.A. Agardh, их экологическая и фитогеографическая характеристики (Мартынова бухта, Чёрное море)

Таксон	Характеристики		
	Э	S	ФГ
Radiolaria			
<i>Arachnocorys circumtexta</i> Haeckel, 1860*	М	–	Б
Bacillariophyta			
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937*	М	–	БТ нот
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld, 1915*	М	–	Б
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimer et Lewin, 1964**	СМ	β	К
<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i> (Nikolaev) Makarova, 1968**	СМ	–	Б
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> Proshkina-Lavrenko, 1963	М	о	Б
<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh, 1931	М	β	К
<i>L. flabellata</i> C.A. Agardh, 1930	М	β	БТ нот
<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i> Grunow, 1882	СМ	–	АБ
<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard, 1861	М	β	К
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox, 1988	М	β	АБТ
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith, 1852**	СМ	β	К
<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) D.G. Mann, 1990	М	–	БТ нот
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing, 1844**	ПС	–	АБТ
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve, 1894	М	β	АБТ нот
Dinophyta			
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Dodge, 1975	М	β	К
Всего: 16 видов			

Примечание: * – планктонные и ** – бентопланктонные виды; Э – отношение вида к галобности (солёности) воды в море: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской; ПС – пресноводно-солоноватоводный; S* – отношение видов к сапробности воды дано по работам [Рябушко и др., 2019; Ryabushko et al., 2019]; β – бетамезосапробионт, о – олигосапробионт; ФГ – фитогеографические элементы флоры: Б – бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный.

являются β -мезосапробионтами – индикаторами умеренного органического загрязнения вод, что характерно для побережья Чёрного, Азовского и Японского морей, имеющих разную солёность [Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2015; Рябушко и др., 2019]. Кроме того, они встречаются во всех географических зонах от арктических до антарктических, включая 4 вида диатомовых и динофлагелляту, имеющие космополитное распространение (таблица).

Отметим, что микроводоросли служат первопищей для многих беспозвоночных, млекопитающих и рыб [Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2015], в том числе, вероятно, и для радиолярий. Питание у них гетеротрофное, а у многих радиолярий в цитоплазме имеются в значительных количествах зелёные (зоохлореллы) и жёлтые (зооксантеллы) включения [Шевяков, 1890–1907]. Так, в своём обзоре авторы приводят информацию о том, что в Гренландском море пик общей численности радиолярии совпадал с пиком численности нанопланктона и диатомей [Засько, Кособокова, 2014].

В поисках пищи эти животные могут осесть из планктона на дно, в частности, на талломы макрофитов, обросших микроводорослями. Считается, что симбиоз радиолярий с одноклеточными водорослями, например, динофитовыми и диатомовыми взаимно полезен. Водоросли получают в теле радиолярий защиту, питательные вещества и углекислоту, образующуюся при дыхании животных, необходимую для фотосинтеза растений. В результате фотосинтеза водоросли выделяют свободный кислород, используемый радиоляриями для своего дыхания.

Выводы

1. Обнаружение планктонного вида радиолярии *Arachnocorys circumtexta* вместе с диатомовыми и динофлагеллятой в эпифитоне бурой водоросли цистозире *C. barbata* в крымских водах Чёрного моря является необычным и редким явлением.

2. Первая и редкая находка вида свидетельствует о слабой его изученности и необходимости дальнейшего исследования совре-

менных радиолярий в разных морях, включая Чёрное море. Новая информация расширяет границы и восполняет наши знания об этих удивительных организмах, представляющих научный интерес.

3. Кроме радиолярии в эпифитоне цистозире найдено 15 видов бентосных планктонных и бентопланктонных диатомовых водорослей, а также бентосный, вид токсичной динофлагелляты *Prorocentrum lima*, которыми может питаться данный организм.

4. Из микроводорослей преобладают морские виды (67%) и 53% встреченных видов являются β -мезосапробионтами – индикаторами умеренного органического загрязнения вод. 33% космополитов обнаружено во всех географических зонах от арктических до антарктических вод.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № ААА-А-А18-118021350003-6.

Конфликт интересов

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных автором.

Литература

- Барг И.М., Носовский М.Ф. Арабатская свита Керченского полуострова // Доклады АН Украины. 1993. № 2. С. 129–131.
- Засько Д.Н., Кособокова К.Н. Радиолярии в планктоне Арктического бассейна: видовой состав и распределение // Зоологический журнал. 2014. Т. 93. № 9. С. 1–13.
- Звягинцев А.Ю., Радашевский В.И., Ивин В.В., Кашин И.А., Городков А.Н. Чужеродные виды в дальневосточных морях России // Российский журнал биологических инвазий. 2011. № 2. С. 44–73.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли – показатели солёности воды // Диатомовый сборник ЛГУ. Л., 1953. С. 186–205.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря. М.; Л.: Наука, 1963. 243 с.

- Рябушко Л.И. Микрофитобентос Чёрного моря / Ред. А.В. Гаевская. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. 416 с.
- Рябушко Л.И., Бегун А.А. Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря: В 2 т. Симферополь; Севастополь: Н. Орианда, 2015. Т. 1. 288 с.
- Рябушко Л.И., Бегун А.А. Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря (Синописис и Атлас): В 2 т. Севастополь: ПК «КИА», 2016. Т. 2. 324 с.:100 ил.
- Рябушко Л.И., Бондаренко А.В., Барина С.С. Индикаторные микроводоросли бентоса в оценке степени органического загрязнения вод на примере крымского побережья Азовского моря // Морской биологический журнал. 2019. Т. 4. № 3. С. 69–80. DOI: 10.21072/mbj.2019.04.3.07.
- Шевяков В.Т. Радиоларии // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: В 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб., 1890–1907.
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2018 (Электронный ресурс) // (<http://www.algaebase.org>). Проверено 22.07.2020 г.
- Haeckel E. Fernere Abbildungen und Diagnosen neuer Gattungen und Arten von lebenden Radiolarien des Mittelmeeres (Supplementary illustrations and diagnosis of new genera and species of living radiolarian of the Mediterranean Sea). Königliche Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin: Monatsberichte, Jahre, 1860. P. 835–845.
- Ryabushko L.I., Lishaev D.N., Kovrigina N.P. Species Diversity of Epilithon Diatoms and the Quality of the Waters of the Donuzlav Gulf Ecosystem (Crimea, the Black Sea) // Diversity. 2019. Vol. 11, iss. 7. P. 1–112. DOI: 10.3390/d11070114.

THE FIRST FINDING OF *RADIOLARIA ARACHNOCORYS CIRCUMTEXTA* HAECKEL, 1860 AND THE BOTTOM MICROALGAE IN BROWN ALGA *CYSTOSEIRA BARBATA* (STACKHOUSE) C. A. AGARDH EPIPHYTON (CRIMEA, BLACK SEA)

©2020 Ryabushko L.I.

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the RAS, Sevastopol 299011, Russia;
e-mail: larisa.ryabushko@yandex.ru

The planktonic species of radiolarian *Arachnocorys circumtexta* Haeckel, 1860 (Radiolaria, class Nassellaria, family Lophophaenidae Haeckel, emend. Petrushevskaya, 1971) in the brown alga *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. A. Agardh epiphyton was found at a depth of 2.5 m at a water temperature of 24.4 °C and a salinity of 18‰ in Martynov Bay (Sevastopol, Crimea) of the Black Sea in August 2002 for the first time. Before, this species was indicated by E. Haeckel in the Mediterranean Sea plankton. For the Black Sea this species is probably invasive. The size of the Black Sea radiolarian specimens corresponds to the literary data. In addition to radiolaria and microalgae have been found on *C. barbata* including 14 species of Bacillariophyta and one species of Dinophyta from the genus *Prorocentrum* Ehrenb.

Marine species predominate (67%) and 53% of all species encountered are β -mesosaprobionts – the indicators of moderate organic water pollution. Thirty three percent of cosmopolites are found in all geographical zones from the Arctic to the Antarctic waters.

The aim of this report is presentation of new data about a rare modern Radiolaria and the species of benthic microalgae in *Cystoseira barbata* epiphyton from the Black Sea.

Keywords: radiolaria *Arachnocorys circumtexta*, brown alga of *Cystoseira barbata*, Black Sea.