

МЯГКОРАКОВИННЫЕ ФОРАМИНИФЕРЫ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

Н. Г. Сергеева

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, РФ,
nserg05@mail.ru

Настоящий обзор основан на опубликованных и оригинальных данных о разнообразии, распределении и вкладе мягкораковинных фораминифер в сообщества мейобентоса Черного моря. На данный момент для Черного моря известны 38 форм семейств Allogromiidae, Saccamminidae и Psammosphaeridae, которые идентифицированы до вида (13) или до уровня рода (25), пока неописанных видов. К ним относятся: 4 вида рода *Nodellum*, 4 – *Bathyallogromia*, 6 – *Vellaria*, 1 – *Congieria*, 3 – *Tinogullmia*, 2 – *Psammophaga*, 1 – *Psammosphaera* и 4 – *Nemogullmia* (?). Для Черного моря эти протисты все еще недостаточно изучены. Более 50 их представителей из различных прибрежных и глубоководных акваторий водоема имеются в коллекциях ИМБИ РАН и требуют дальнейшего детального изучения. В Азовском море, включая Сиваш, по нашим еще неполным данным, фауна мягкораковинных фораминифер представлена тремя видами *Bellarium rotundum*, *Vellaria pellucida*, *Psammophaga simplora* и не менее чем 10 морфотипами.

Ключевые слова: Foraminifera, разнообразие, Allogromiidae, Saccamminidae, мейобентос, Черное и Азовское моря, залив Сиваш

Многолетние исследования черноморского мейобентоса дали обширную информацию о разнообразии, пространственном и батиметрическом распределении представителей бентосных Protozoa и их вкладе в структуру донных сообществ [1–5, 6]. Простейшие, как и многоклеточные организмы, являются важными компонентами морских донных сообществ, при этом на них может приходиться значительная доля общей численности фауны бентоса. Бентосные протисты Foraminifera, Gromiida и Ciliophora широко распространены и многочисленны в Черном море.

В составе класса Foraminifera Eichwald, 1835 протисты группируются в отдельные отряды твердораковинных форм (hard-shelled 'monothalamous' или 'polythalamous') и мягкораковинных форм ('soft-walled' или 'soft-shelled') с мягкой гибкой раковиной из органического материала (отряд Allogromiida), у многих из них органические стенки агглютинированы минеральными частицами (отряд Astrorhizida, семейство Saccamminidae и Psammosphaeridae). Многие виды являются однокамерными ('monothalamous'), за небольшим исключением среди аллогромиид.

Фауна твердораковинных фораминифер Черного моря хорошо изучена [1, 7–9]. Первые упоминания о мягкораковинных фораминиферах Черного моря датируются концом прошлого века [10, 11].

Мягкораковинные фораминиферы не подвержены фоссилизации и не попадают в поле зрения микропалеонтологов и геологов, что ограничивает возможности изучения некогда существовавшей фауны и истории ее видообразования, решения важных вопросов палеогеографии данных протистов. Поэтому все сведения о фауне, экологии, географическом распределении этих простейших в литературе освещаются на основе изучения только современных форм.

Настоящий обзор, основанный на опубликованной информации и собственных дополнительных сведениях, посвящен только мягкораковинным фораминиферам Чер-

номорско-Азовского бассейна, их разнообразию, распределению и вкладу в донные сообщества.

Участие в международных проектах (HERMES, HYPOX, CRIMEA), TUBITAK-NASU (Украина–Турция) и выполнение национальных (украинских и российских) программ позволили получить большой объем материала из различных регионов Черного моря от прибрежных акваторий до глубины 300 м – зоны смешения кислородных и сероводородных водных масс, где условия нормоксии сменяются на гипоксию и аноксию. В последние годы выполнены сборы донных осадков для изучения мейобентоса и его компонентов в Азовском море и его гипергалинном заливе Сиваш.

Благодаря активным исследованиям мейобентоса Черного моря в последние десятилетия [2–5] стало очевидным, что в этом водоеме мягкораковинные фораминиферы являются важным компонентом донных сообществ. К примеру, доля численности бентосных протистов (фораминиферы, громииды и инфузории) в общей численности мейобентоса вдоль градиента глубины (80–300 м) в юго-западной акватории Крыма и акватории Босфора варьирует от 6 до 12%. На долю мягкораковинных фораминифер среди общей численности бентосных простейших приходилось от 12 до 60%.

Тем не менее, многие исследователи черноморского бентоса по разным причинам игнорируют мягкораковинных фораминифер в своих сборах. Очевидно, первопричинами являются недостаточная информация об этой группе протистов и незнание их морфологических признаков. К тому же, систематика мягкораковинных фораминифер на основе морфологических признаков до сих пор сталкивается с трудностями и незавершенностью. Поэтому при затруднении в определении вида, базируясь на морфологических признаках, встреченные формы часто дифференцируют на отдельные морфотипы и морфовиды, легко узнаваемые при дальнейших исследованиях разнообразия и экологии [12, 13]. Такой же принцип идентификации, как правило, используется и нами [14–16]. В последние годы, наряду с использованием морфологических признаков, при описании новых видов, в том числе черноморских, и ревизии известных видов применяют генетические методы, но такие работы немногочисленны [17].

Первоначальная обобщенная информация о разнообразии мягкораковинных фораминифер [14] бухт района Севастополя включала 17 представителей, в том числе 4 вида – *Tinogullmia lukyanovae*, *Psammophaga simplora*, *Vellaria pellucida* и *V. sacculus*. Первый из них черноморский вид был описан как новый для науки, три других вида отмечены впервые в Черном море. Остальные семь представителей оставались в ранге морфотипов, видовая идентификация которых предполагалась в будущем. В дальнейшем из тех же местообитаний были описаны новые для науки два рода и вида *Nellya rugosa* и *Cedhagenia saltatus* на основе их морфологических и генетических характеристик [17]. Вид *Goodayia rostellatum* описан как новый для науки вид [18] и новый для науки вид *Guanduella podensis* описан из прибрежной акватории Болгарии [19].

Вариабельность разнообразия и количественного развития мягкораковинных фораминифер в условиях нормоксии и гипоксии различного генезиса описана для нескольких акваторий, прилежащих к Севастополю (бухты Круглая, Севастопольская, открытое море – рейд). Специфика условий в районах исследования обусловлена природными (топография, сезон, глубина) и антропогенными факторами (рекреация, гипоксия, техногенное загрязнение). Всего в акватории Севастополя зарегистрированы 18 представителей данной группы, из них 11 – в б. Круглая, 5 – в районе рейда, 14 – в Севастопольской бухте. Численность видов в период наблюдений варьировала [20].

Характеристика большого разнообразия мягкораковинных фораминифер зоны метановых газовых сипов в диапазоне глубин 120–240 м (СЗ часть моря) дана по материалам, полученным в 2007 г. в морской экспедиции НИС «Метеор» (Германия). Allogromiidae здесь включали два вида *Tinogullmia* cf. *riemanni* и *Goodayia rostellatum*, а также 9 морфовидов и 16 морфотипов, Saccamminidae представлены двумя морфовидами, определенными до рода и 10 морфотипами. В распределении фораминифер по глубинам отмечен максимум в диапазоне 150–160 м, на глубине 230–240 м отмечены единичные экземпляры, представленные 2–10 видами [15].

Недавний обзор [16] данных по фораминиферам с мягкой и жесткой раковиной показал их широкое пространственное распространение в пределах водоема, начиная от мелководных бухт до слоя перманентного сероводородного заражения и аноксии в открытых акваториях. Сравнительные данные соотношения количества мягкораковинных фораминифер и твердораковинных форм демонстрируют преобладание моноталамусных аллогромиид и в мелководных шельфовых акваториях, и глубоководных зонах с постоянной гипоксией, обнаруживая большую устойчивость мягкораковинных форм к гипоксии.

К настоящему времени в Черном море известны 38 форм семейств Allogromiidae, Saccamminidae и Psammospaeridae, из них 13 идентифицированы до вида (табл.), 25 – до уровня рода, пока неописанных видов. В их число входят 4 вида рода *Nodellum*, 4 – *Bathyallogromia*, 6 – *Vellaria*, 1 – *Congieria*, 3 – *Tinogullmia*, 2 – *Psammophaga*, 1 – *Psammospaera* и 4 – *Nemogullmia* (?). Более 50 представителей из различных прибрежных и глубоководных акваторий водоема имеются в коллекциях ИМБИ РАН и требуют дальнейшего детального изучения.

Вид	Море	Источник	Табл. Список видов мягкораковинных фораминифер Черного (+) и Азовского (о) морей
<i>Lagynis pontica</i> Golemansky, 1999	+	[10]	
<i>Vellaria pellucida</i> Gooday, Fernando, 1992	+ о	[21, наст.]	
<i>Vellaria sacculus</i> Gooday, Fernando, 1992	+	[14]	
<i>Tinogullmia lukyanovae</i> Good., Anik., Serg., 2006	+	[22]	
<i>Tinogullmia</i> cf. <i>riemanni</i> Gooday, 1990	+	[15]	
<i>Psammophaga simplora</i> Arnold, 1982	+ о	[6, наст.]	
<i>Goodayia rostellatum</i> Sergeeva, Anikeeva, 2008	+	[18]	
<i>Nellya rugosa</i> Gooday, Anikeeva, Pawlowsky, 2011	+	[17]	
<i>Cedhagenia saltatus</i> Good., Anik., Pawl. 2011	+	[17]	
<i>Guanduellia podensis</i> Temelkov, 2010	+	[19]	
<i>Bellarium rotundum</i> Anik., Serg., Gooday, 2013	+ о	[23, наст.]	
<i>Krymia fusiformis</i> Anik., Serg., Gooday, 2013	+	[23]	
<i>Ovammmina opaca</i> Dahlgren, 1962	+	[24]	

В сборах мейобентоса Азовского моря мягкораковинные фораминиферы впервые отмечены в 2001 г., в частности *Psammophaga simplora* (неопубл. данные). Эти протисты в море были малочисленны, но зарегистрированы на 8 станциях в условиях разной солености. В текущем году получены сборы мейобентоса в южной части моря на трех станциях (83 и 84 рейсы НИС «Профессор Водяницкий», 01.2016, 04.2016). Первые данные о мягкораковинных фораминиферах залива Сиваш Азовского моря получены в 2013 и 2015 гг. В связи с резким осолонением вод залива выполнено исследование мейобентоса на нескольких прибрежных станциях по градиенту солености. В результате в Азовском море, включая Сиваш, по нашим еще неполным данным, фауна мягкора-

ковинных фораминифер представлена тремя видами – *Bellarium rotundus*, *Vellaria* cf. *pellucida*, *Psammophaga simplora* и не менее чем 10 морфотипами. Все перечисленные виды являются общими для Черного моря.

Благодарности. Автор глубоко признателен профессорам А. J. Gooday (Англия) и J. Pawlowski (Швейцария), мл. н. сотр. ИМБИ РАН О. В. Аникеевой за плодотворное сотрудничество в изучении данной группы протистов Черного моря, руководителям международных проектов HERMES, HYPOX, CRIMEA за предоставленную возможность получения материалов для изучения мейобентоса на НИС “Meteor”, “Ärar”, “Maria S. Merian”, “Poseidon”, всем коллегам – участникам этих проектов, а также коллегам из ИМБИ РАН за помощь в сборе донных осадков в морских и береговых экспедициях в рамках национальных программ. Автор признателен бессменному помощнику в камеральной обработке проб мейобентоса ведущему инженеру отдела экологии бентоса Л. Ф. Лукьяновой.

1. Воробьева Л. В. Мейобентос украинского шельфа Черного и Азовского морей. Киев : Наукова думка, 1999. 300 с.
2. Revkov N. K., Sergeeva N. G. Current state of the zoobenthos at the Crimean shores of the Black Sea // *International Workshop on the Black Sea benthos* (18–23 Apr. 2004, Istanbul–Turkey). Istanbul, 2004. P. 189–217.
3. Sergeeva N. G., Gulina M. B. Meiobenthos from an active methane seepage area in the NW Black Sea // *Marine Ecology*. 2007. Vol. 28. P. 152–159.
4. Sergeeva N. G., Gooday A. J., Mazlumyan S. A., Kolesnikova E. A., Lichtschlag A., Kosheleva T. N., Anikeeva O. V. Meiobenthos of the oxic/anoxic interface in the Southwestern region of the Black Sea: abundance and taxonomic composition // *Anoxia: Evidence for Eukaryote Survival and Paleontological Strategies* / Eds. Altenbach A. V., Bernhard J. M., Seckbach J. Dordrecht, Netherlands : Springer, 2012. P. 369–401.
5. Sergeeva N. G., Mazlumyan S. A. Deep-water hypoxic meiobenthic Protozoa and Metazoa taxa of the Istanbul Strait's (Bosporus) outlet area of the Black Sea // *Ecologica Montenegrina*. 2015. Vol. 2, № 3. P. 255–270.
6. Сергеева Н. Г. Мейобентос рыхлых грунтов шельфа Крыма // *Современные условия биологического разнообразия в прибрежной зоне Крыма (черноморский сектор)*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика. 2003. С. 248–251.
7. Янко В. В. Позднечетвертичные фораминиферы Черного моря. М.: Наука, 1987. 107 с.
8. Temelkov B. K., Golemansky V. G., Todorov M. T. Updated check-list of the recent Foraminifera from the Bulgarian Black Sea coast // *Acta Zoologica Bulgarica*. 2006. Vol. 58. P. 17–36.
9. Golemansky, V. G. Testate amoebas and monothalamous foraminifera (Protozoa) from the Bulgarian Black Sea coast // *Biogeography and Ecology of Bulgaria* / Eds V. Fet, A. Popov. Dordrecht : Springer, 2007. P. 555–570.
10. Golemansky, V. G. *Lagynis pontica* n. sp., a new monothalamous rhizopod (Granuloreticulosea: Lagynidae) from the Black Sea littoral // *Acta Zoologica Bulgarica*. 1999. Vol. 51. P. 3–13.
11. Сергеева Н. Г., Колесникова Е. А. Результаты изучения мейобентоса Черного моря // *Экология моря*. 1996. Вып. 45. С. 54–62.
12. Gooday A. J., Hori S., Todo Yu., Okamoto T., Kitazato H., Sabbatini A. Soft-walled, monothalamous benthic foraminiferans in the Pacific, Indian and Atlantic Oceans: aspects of biodiversity and biogeography // *Deep-Sea Research*. Part I. 2004. Vol. 51. P. 33–53.
13. Radziejewska T., Gooday A. J., Koltan M., Szyrwiel E. Deep-sea non-calcareous Foraminifera: some examples from the Pacific's abyssal nodule field // *Meiofauna Marina*. 2006. Vol. 15. P. 3–10.
14. Сергеева Н. Г., Аникеева О. В. Мягкораковинные фораминиферы (Protozoa, Rhizopoda, Allogromiinae) Черного моря: видовой состав и распределение // *Экология моря*. 2006. Вып. 72. С. 47–56.

15. Sergeeva, N. G., Anikeeva, O. V., Gooday, A. J. Soft-shelled monothalamous foraminifera from the oxic/anoxic interface (NW Black Sea) // *Journal of Micropaleontology*. 2010. Vol. 56. P. 393–407.
16. Sergeeva N. G, Zaika V. E, Anikeeva O. V. An overview on distribution and abundance of meio-benthic Foraminifera in the Black Sea // *Ecol. Montenegrina*. 2015. Vol. 2. P. 117–134.
17. Gooday A. J., Anikeeva O. V., Pawlowski J. New genera and species of monothalamous Foraminifera from Balaclava and Kazach'ya Bays (Crimean Peninsula, Black Sea) // *Mar Biodiv*. 2010. DOI 10.1007/s12526-010-0075-7
18. Sergeeva N. G, Anikeeva O. V. *Goodayia rostellatum* gen. n., sp. n. (Protozoa) – a monothalamous foraminiferan from the Black Sea // *Vestnik Zoologii*. 2008. Vol. 42. P. 467–71. Doi:10.2478/v10058-008-0013-3
19. Temelkov B. K. *Gguanduella podensis* n. sp. and *Psammosphaera* sp. – Foraminifera from the Bulgarian Black sea coast // *50 years University of Plovdiv : Second Balkan Conf. on biology* (21–23 May 2010, Plovdiv). 2010. P. 618–622.
20. Sergeeva N. G, Anikeeva O. V. Soft-walled Foraminifera under normoxia / hypoxia conditions in the shallow areas of the Black Sea // *Foraminifera. Aspects of Classification, Stratigraphy, Ecology and Evolution* / Ed. Georgescu M. D. New York: Nova Science Publishers, 2014. P. 227–247.
21. Sergeeva N. G, Anikeeva O. V. New Black sea foraminifera from the Allogromiidae family // *Microbiology and Meiobenthology* : Proc. of the fourth Intern. Congress on Environmental Micropaleontology (Isparta, Turkey, September 13–18, 2004). Isparta, 2004. P. 179–180.
22. Gooday A. J., Anikeeva O. V., Sergeeva N. G. *Tinogullmia lukyanovae* sp. nov. – a monothalamous, organic-walled foraminiferan from the coastal Black Sea // *Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2006. Vol. 86. P. 43–49.
23. Anikeeva O. V, Sergeeva N. G, Gooday A. J. Two new genera and species of the monothalamous foraminifera from coastal waters of the Black Sea // *Marine Biodiversity*. 2013. DOI 10.1007/s12526-013-0177-0.
24. Anikeeva O. V., Gooday A. J. Taxonomic composition and distribution of soft-walled monothalamid foraminifera in the area of Zernov's Phyllophora Field (NW Black Sea) // *Marine Biology Research*. 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/17451000.2016.1174267>

SOFT- WALLED FORAMINIFERA IN THE BLACK SEA AND THE SEA OF AZOV

N. G. Sergeeva

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, RAS, Sevastopol, RF, nserg05@mail.ru

This review is based on published and original data on the diversity, the distribution and the contribution of the delicate soft-walled foraminifera in the community of meiobenthos the Black Sea. These are presented by 38 forms from families Allogromiidae, Saccamminidae and Psammosphaeridae that are identified to species (13) or genus level (25) as well as undescribed species. They are: 4 species of genus *Nodellum*, 4 – *Bathyallogromia*, 1 – *Congieria*, 3 – *Tinogullmia*, 2 – *Psammophaga*, 1 – *Psammosphaera*, 6 – *Vellaria* and 4 – *Nemogullmia* (?). These protists of the Black Sea are still are little known. More than 50 of their representatives from various coastal and deep waters of the Black Sea are in the collections IMBR RAS and require further detailed study. In the Sea of Azov, including Sivash, according to our still incomplete data these foraminiferans are represented by three species *Bel-larium rotundum*, *Vellaria pellucida*, *Psammophaga simplora* and not less than 10 morphotypes.

Keywords: Foraminifera, diversity, Allogromiidae, Saccamminidae, meiobenthos, Black Sea and Sea of Azov, Sivash Bay