

УДК 595.142.2:591.4

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СИБОГЛИНИД (ANNELIDA, SIBOGLINIDAE) В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ И ПРИЛЕЖАЮЩИХ РАЙОНАХ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

© 2023 г. Н. П. Карасева¹, Н. Н. Римская-Корсакова¹, В. Н. Кокарев², М. И. Симаков³,
Р. В. Смирнов⁴, М. М. Ганцевич^{1,*}, академик РАН В. В. Малахов¹

Поступило 08.11.2022 г.

После доработки 23.11.2022 г.

Принято к публикации 25.11.2022 г.

Цель статьи — оценить биологическое разнообразие в море Лаптевых бескишечных морских червей семейства Siboglinidae (Annelida), метаболизм которых обеспечивается симбиотическими бактериями, окисляющими сероводород и метан. В пределах географических границ моря Лаптевых найдено 7 видов сибоглинид, еще 1 вид обнаружен в прилежащем секторе арктического бассейна. Наибольшее число находок и наибольшее биологическое разнообразие сибоглинид обнаружено в восточной части моря Лаптевых на поле многочисленных метановых факелов. Одна находка отмечена в приустьевом районе р. Лена на глубине 25 м. Обсуждается возможная связь сибоглинид с районами просачивания метана.

Ключевые слова: сибоглиниды, море Лаптевых, Арктический бассейн, просачивания метана, газогидраты, Siboglinidae, Annelida

DOI: 10.31857/S2686738922700081, **EDN:** NASNDJ

Сибоглиниды (Siboglinidae) — семейство бескишечных морских кольчатых червей, жизнедеятельность которых обеспечивается симбиотическими бактериями. За исключением рода *Osedax*, имеющего гетеротрофных симбионтов, все остальные сибоглиниды культивируют хемоавтотрофных симбионтов [1]. Большинство видов сибоглинид имеет в качестве симбионтов бактерий, окисляющих сероводород [2, 3]. У других видов найдены симбионты, окисляющие метан [4, 5]. Известны виды с симбионтами, окисляющими как сероводород, так и метан [2, 5, 6].

Моря российского сектора Арктики, в том числе море Лаптевых, рассматриваются как регион с большими ресурсами углеводородов [7, 8]. Цель настоящей работы состоит в том, чтобы оценить биологическое разнообразие сибоглинид в

море Лаптевых и сопоставить их распространение с районами просачивания метана.

В основу работы положены сборы сибоглинид, сделанные в ходе 63-го, 69-го и 72-го рейсов научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш” в 2015, 2017 и 2018 г. соответственно. Для сбора донной фауны были использованы дночерпатели “Океан” и Ван Вина, а также трал Сигсби. Для составления карты распространения сибоглинид использованы также данные ранее опубликованных работ [9–11].

Фауна сибоглинид моря Лаптевых и прилежащего сектора Арктического бассейна включает следующие виды.

1. *Oligobrachia haakonmosbiensis* Smirnov, 2000 описан из грязевого вулкана “Haakon Mosby” в Норвежском море [12]. Недавно показано, что *O. haakonmosbiensis* — это комплекс из 3 криптических видов, не различимых морфологически [13]. В восточной Арктике, включая море Лаптевых, встречается только один из криптических видов, а именно “*Oligobrachia* CPL-clade” [14]. Это самый широко распространенный вид сибоглинид в море Лаптевых (рис. 1, табл. 1).

2. *Nereilinum squamosum* Smirnov, 1999 — арктический вид, известный из Баренцева моря и моря Лаптевых. В последнем найден на 4 станциях на

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Факультет биологических наук и аквакультуры, Северный университет, Буде, Норвегия

³ Институт океанологии имени П.П. Шишова Российской академии наук, Москва, Россия

⁴ Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: mgantsevich@gmail.com

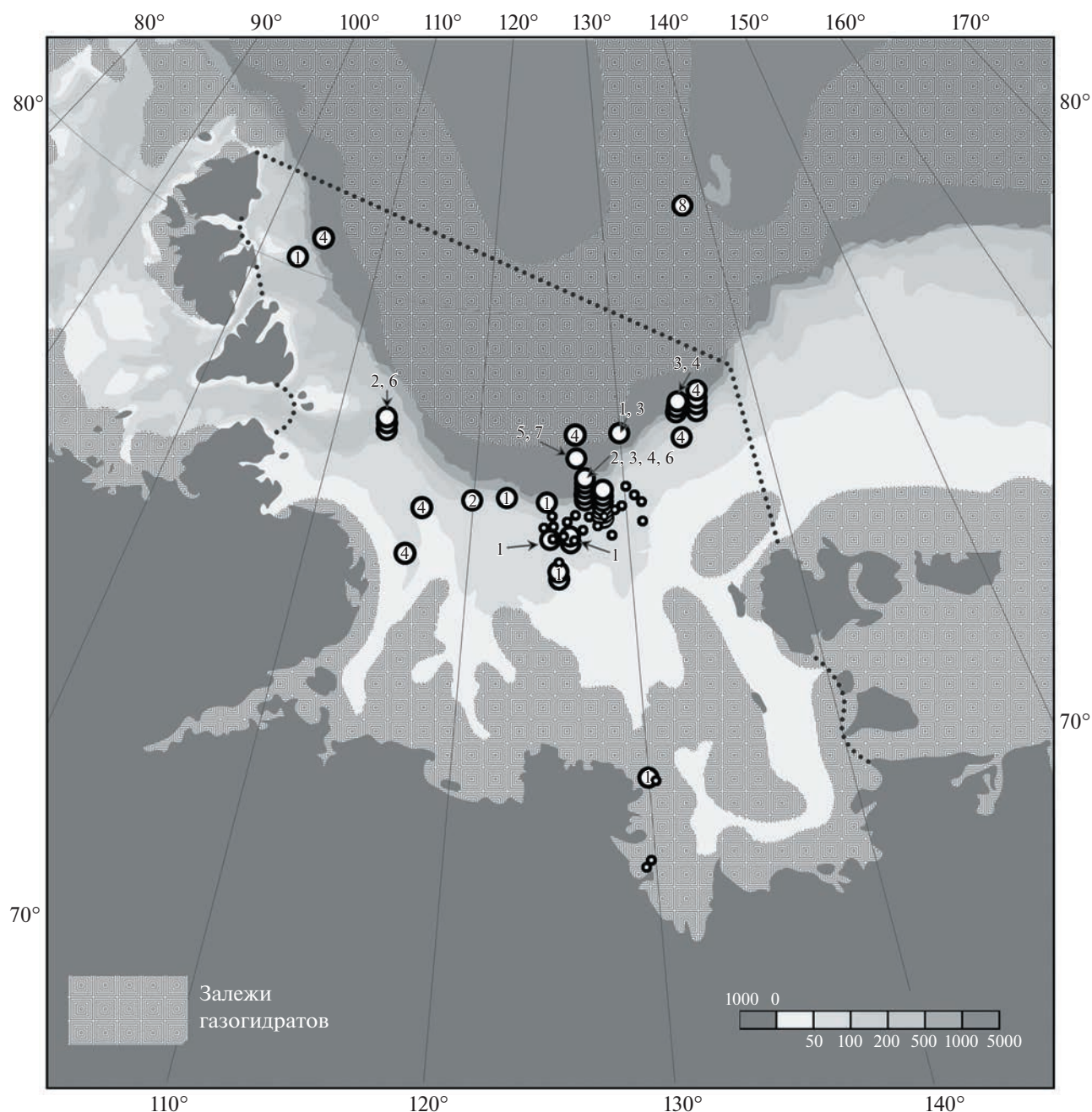


Рис. 1. Находки сибоглинид в море Лаптевых и прилежащем секторе Арктического бассейна (географические границы моря Лаптевых показаны пунктирной линией). Залежи газогидратов показаны по Соловьеву и др., 1987. Мелкими кружками обозначены метановые факелы (по Shakhova et al., 2015). Цифры в крупных кружках обозначают виды сибоглинид и соответствуют номерам в табл. 1.

нижней границе шельфа и на материковом склоне на глубинах 240–560 м (рис. 1, табл. 1).

3. *Polarsternium rugellosum* Smirnov, 1999 — известен только по находкам в северо-восточной части моря Лаптевых на глубинах 100–556 м (рис. 1, табл. 1).

4. *Siboglinum hyperboreum* Ivanov, 1960 — арктический вид, известный из Гренландского моря и

Арктического бассейна. В море Лаптевых вид распространен от архипелага Северная Земля на западе до северо-восточной окраины моря на глубинах от 55 до 2000 м.

5. *Siboglinum* sp. обнаружен на одной станции в центральной части моря Лаптевых на глубине 1556–1560 м (рис. 1, табл. 1). Определение видовой принадлежности оказалось невозможным из-за плохой сохранности материала.

Таблица 1. Виды сибоглинид, обнаруженные в море Лаптевых и прилежащем секторе Арктического бассейна

№	Вид	Число находок	Диапазон глубин
1.	<i>Oligobrachia haakonmosbiensis</i>	16	25–300 м
2.	<i>Nereilinum squamosum</i>	4	240–560 м
3.	<i>Polarsternium rugellosum</i>	4	100–556 м
4.	<i>Siboglinum hyperboreum</i>	15	55–2000 м
5.	<i>Siboglinum</i> sp.	1	1556 м
6.	<i>Sclerolinum contortum</i>	4	310–1080 м
7.	<i>Siboglinidae</i> gen. sp.	1	1556 м
8.	<i>Polybrachia gorbunovi</i>	1	3700–3800 м

6. *Sclerolinum contortum* Smirnov, 2000 — космополитический батинальный вид, обитающий в Арктическом бассейне, в Норвежском море, Мексиканском заливе, а также в Антарктике в районе Южных Шетландских и Южных Сандвичевых островов (Smirnov, 2000). В море Лаптевых вид был обнаружен на глубинах 310 и 1080 м (рис. 1, табл. 1).

7. *Siboglinidae* gen. sp. обнаружен в центральной части моря Лаптевых на глубине 1556–1560 м вместе с упомянутым выше *Siboglinum* sp. Согласно молекулярно-филогенетическому анализу *Siboglinidae* gen. sp. является сестринским по отношению к роду *Crispabrachia* [14].

8. *Polybrachia gorbunovi* (Ivanov, 1949) добыт при тралении в диапазоне глубин 3700–3800 м за пределами формальных географических границ моря Лаптевых, но в прилежащем секторе Арктического бассейна [9].

Сибоглиниды обитают в различных биотопах, среди которых мягкие осадки на шельфе и материковом склоне, богатые органическими останками грунты, гидротермальные биотопы и районы метановых просачиваний [15]. Сибоглиниды, содержащие симбионтов, окисляющих сероводород, тоже могут встречаться в районах метановых просачиваний. Это объясняется тем, что высокие концентрации сероводорода в осадке могут возникать в результате анаэробного окисления метана свободноживущими прокариотами с использованием сульфатов [16, 17].

Как известно, основные залежи метана в арктических морях представлены газогидратами многолетнемерзлых пород на небольших глубинах вблизи побережья и донными газогидратами, которые занимают глубоководные районы Арктического бассейна [18]. Высокие концентрации метана в приустьевых районах вызваны диссоциацией газогидратов многолетнемерзлых толщ под влиянием речного стока [19]. В море Лаптевых с газогидратами прибрежных многолетнемерзлых пород можно связать находку *O. haakonmosbiensis*

в приустьевом районе р. Лены на глубине 25 м (рис. 1). Метан, образовавшийся в результате диссоциации донных газогидратов, мигрирует по системе разломов и высвобождается в толщу воды [20]. На внешней части шельфа в восточной части моря Лаптевых располагается поле многочисленных метановых факелов, где встречены все 7 видов, отмеченных для моря Лаптевых (рис. 1). Для этого района характерно как наибольшее биологическое разнообразие, так наибольшее число находок сибоглинид.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова за помощь в организации экспедиционных работ, а также двух анонимных рецензентов за полезную критику.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-14-00141-П.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hilario A., Capa M., Dahlgren T.G. et al. New perspectives on the ecology and evolution of siboglinid tubeworms // PLoS One. 2011. V. 6. P. 1–14.
2. Lösekann T., Knitte K., Nadalig T. et al. Diversity and abundance of aerobic and anaerobic methane oxidizers at the Haakon Mosby mud volcano, Barents Sea // Appl. Environ. Microbiol. 2007. V. 73. P. 3348–3362.
3. Sen A., Duperron S., Hourdez S. et al. Cryptic frenulates are the dominant chemosymbiotrophic fauna at Arctic and high latitude Atlantic cold seeps. PLoS ONE. 2018. V. 13. № 12. e0209273.
4. Schmaljohann R., Flügel H.J. Methane-oxidizing bacteria in Pogonophora // Sarsia. 1987. V. 72. P. 91–98.
5. Naganuma T., Elsaied H.E., Hoshii D., Kimura H. Bacterial endosymbioses of gutless tube-dwelling worms in nonhydrothermal vent habitats // Mar. Biotechnol. 2005. V. 7. P. 416–428.
6. Savvichev A.S., Kadnikov V.V., Kravchishina M. et al. Methane as an Organic Matter Source and the Trophic Basis of a Laptev Sea Cold Seep Microbial Community // Geomicrobiol. J. 2018. V. 35. P. 411–423.
7. Bird K.J., Charpentier R.R., Gautier D. et al. Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle // U.S. Geological Survey Fact Sheet. 2008. P. 2008–3049.
8. Gautier D.L., Bird K.J., Charpentier R.R. et al. Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic // Science. 2009. V. 324. P. 1175–1179.
9. Иванов А.В. Погонифоры // Фауна СССР. Новая сер. № 75. М., Л.: Изд-во АН СССР. 1960. 271 с.
10. Sirenko B., Demisenko S., Deubel H., Rachor E. Deep water communities of the Laptev sea and adjacent parts of arctic ocean // Explorations of the fauna of the seas. 2004. V. 54. № 62. P. 28–73.

11. *Savvichev A.S., Kadnikov V.V., Kravchishina M.D. et al.* Methane as an Organic Matter Source and the Trophic Basis of a Laptev Sea Cold Seep Microbial Community // *Geomicrobiology Journal*. 2018. V. 35. № 5. P. 411–423.
12. *Smirnov R.V.* Two new species of Pogonophora from the arctic mud volcano off northwestern Norway // *Sarsia*. 2000. V. 85. № 2. P. 41–150.
13. *Sen A., Didriksen A., Hourdez S., Svenning M.M., Rasmussen T.L.* Frenulate siboglinids at high Arctic methane seeps and insight into high latitude frenulate distribution // *Ecology and Evolution*. 2020. V. 10. № 3. P. 1339–1351.
14. *Карасева Н.П., Римская-Корсакова Н.Н., Екимова И.А., Кокарев В.Н., Симаков М.И., Ганцевич М.М., Малахов В.В.* Первая находка погонофор (Annelida, Siboglinidae) в Восточно-Сибирском море совпадает с районами метановых просачиваний // *Доклады Российской академии наук. Науки о жизни*. 2021. Т. 501. № 1. С. 517–521.
15. *Dando P.R., Southward A.J., Southward E.C., Lamont P., Harvey R.* Interactions between sediment chemistry and frenulate pogonophores (Annelida) in the north-east Atlantic // *Deep Sea Res. Part I*. 2008. V. 55. P. 966–996.
16. *Aharon P., Fu B.* Sulfur and oxygen isotopes of coeval sulfate–sulfide in pore fluids of cold seep sediments with sharp redox gradients // *Chem. Geol.* 2003. V. 195. P. 201–218.
17. *Dattagupta S., Arthur M.A., Fisher C.R.* Modification of sediment geochemistry by the hydrocarbon seep tubeworm *Lamellibrachia luymesii*; a combined empirical and modeling approach // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2008. V. 72. P. 2298–2315.
18. *Соловьёв В.А., Гинзбург Г.Д., Телепнев Е.В., Михайлюк Ю.Н.* Криотермия и гидраты природного газа в недрах Северного Ледовитого океана. Л. ПНО “Севморпуть”. 1987. 150 с.
19. *Шахова Н.Е., Семилетов И.П., Бельчева Н.Н.* Великие сибирские реки как источники метана на арктическом шельфе // *Доклады Академии наук*. 2007. Т. 414. № 5. С. 683–685.
20. *Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V., Lobkovsky L.* The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice // *Phil. Trans. R. Soc. A*. 2015. V. 373. 20140451.

DISTRIBUTION OF SIBOGLINIDS (ANNELIDA, SIBOGLINIDAE) IN THE LAPTEV SEA AND ADJACENT AREAS OF THE ARCTIC BASIN

N. P. Karaseva^a, N. N. Rimsкая-Korsakova^a, V. N. Kokarev^b, M. I. Simakov^c, R. V. Smirnov^d,
M. M. Gantsevich^{a,*}, and Academician of the RAS V. V. Malakhov^a

^a Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

^b Faculty of Biological Sciences and Aquaculture, Nord University, Bodø, Norway

^c Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russian Federation

^d Zoological Institute RAS, Saint-Petersburg, Russian Federation

^{*}e-mail: mgantsevich@gmail.com

The purpose of the article is to assess the biodiversity of gutless marine worms of the family Siboglinidae (Annelida), whose metabolism is provided by symbiotic bacteria that oxidize hydrogen sulfide and methane. Within the geographical boundaries of the Laptev Sea, 7 species of siboglinids were found, another 1 species was found in the adjacent sector of the Arctic basin. The largest number of finds and the greatest biological diversity of siboglinids were found in the eastern part of the Laptev Sea in the field of numerous methane. One find was noted in the estuary area of the Lena River at a depth of 25 m. The possible connection of siboglinids with methane seepage areas is discussed.

Keywords: siboglinids, Laptev Sea, Arctic basin, methane seeps, gas hydrates, Siboglinidae, Annelida