

РЕНТГЕНОВСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КАК МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ФРАГМЕНТОВ ГЛУБОКОВОДНЫХ СООБЩЕСТВООБРАЗУЮЩИХ СКЛЕРАКТИНИЕВЫХ КОРАЛЛОВ

Т. Н. Молодцова*, А. В. Мишин, У. В. Симакова

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект д. 36,
e-mail: tina@ocean.ru

Глубоководные колониальные представители отряда Scleractinia (Anthozoa: Hexacorallia) являются видами-индикаторами таких уязвимых морских экосистем как глубоководные коралловые рифы. Известно только несколько видов глубоководных сообществообразующих колониальных кораллов. Их экземпляры хорошей степени сохранности, особенно собранные в живом состоянии, могут быть легко определены до вида. Идентификация обломков, особенно обломков базальной части колоний, может быть затруднена. Нами показано, что рентгеновское исследование позволяет эффективно различать фрагменты колоний широко распространенных глубоководных сообществообразующих склерактиниевых кораллов *Desmophyllum pertusum* и *Solenosmilia variabilis* (Caryophylliidae). Скелет *S. variabilis* значительно более плотный по объему и менее проницаемый для рентгеновского излучения по сравнению с *D. pertusum*. Полости кораллитов *S. variabilis* цилиндрические, практически не расширяются к периферии и незначительно заходят в общий ценосарк фрагмента. У *D. pertusum* полости кораллитов имеют коническую форму и нередко значительно расширяются к периферии, базальные части кораллитов глубоко прослеживаются в толще общего ценосарка фрагмента. Предложенный способ идентификации является недорогим, не требует специальной пробоподготовки и позволяет быстро идентифицировать большие объемы материала.

Ключевые слова: глубоководные кораллы, глубоководные коралловые рифы, уязвимые морские экосистемы, *Desmophyllum pertusum*, *Solenosmilia variabilis*

Ряд глубоководных организмов, таких как кораллы, губки, полихеты, мшанки, двустворчатые моллюски, способны к формированию сложных пространственных структур, которые приводят к увеличению локального биоразнообразия, обеспечивая многочисленные топические и трофические связи (Спиридонов и др., 2018; Vasco et al., 2023). Такие биогенные структуры характеризуются значительной уязвимостью по отношению к различным видам антропогенного воздействия, таким как морской промысел, добыча полезных ископаемых, загрязнение и изменение климата (Спиридонов и др., 2018). Для выделения Уязвимых морских экосистем (УМЭ) используют такие критерии как:

1. Уникальность или редкость (присутствие эндемичных видов, редких видов и видов под угрозой исчезновения, использование биотопов для размножения, питания и развития молодежи).

2. Функциональная важность биотопа (необходимость для выживания, функционирования, размножения/воспроизводства или восстановления промысловых ресурсов, особенно определенных жизненных стадий редких видов или видов под угрозой исчезновения).

3. Хрупкость (предрасположенность к деградации под воздействием антропогенной деятельности).

4. Особенности жизненного цикла составляющих видов, затрудняющие восстановление (низкие скорости роста, поздний возраст полового созревания, медленное или непредсказуемое возобновление популяций, высокая продолжительность жизни).

5. Структурная сложность (сложная структура, образованная комплексом биотических и абиотических факторов, где экологические процессы связаны со структурой системы) (Васо et al., 2023; Спиридонов и др., 2018).

Одним из типов УМЭ являются так называемые глубоководные коралловые рифы (Cairns and Kitahara, 2012; Cordes et al., 2017; Спиридонов и др., 2018; Келлер и др., 2019), образованные одним или несколькими из семи видов склерактиниевых кораллов из семейств Caryophylliidae (*Desmophyllum pertusum* (Linnaeus, 1758) (= *Lophelia pertusa*), *Solenosmilia variabilis* Duncan, 1873, *Goniocorella dumosa* (Alcock, 1902)), Oculinidae (*Madrepora oculata* Linnaeus, 1758, *Oculina varicosa* Le Sueur, 1820, *Bathelia candida* Moseley, 1880) и Dendrophylliidae (*Enallopsammia rostrata* (Pourtalès, 1878)) (Cordes et al., 2017; Roberts and Cairns, 2014). Наиболее часто в Северной Атлантике встречаются два вида: *D. pertusum* и *S. variabilis* (Henry and Roberts, 2014; Келлер и др., 2019). Представителей этих видов легко отличить друг от друга по характеру расположения и образования кораллитов: у *S. variabilis* два дочерних кораллита образуются из одного материнского, тогда как у *D. pertusum* из материнского кораллита образуется один дочерний в латеральном положении (Cairns and Kitahara, 2012). Идентификация обломков, особенно обломков базальной части колоний, может быть затруднена, что нередко приводит к ошибочным оценкам вертикальных диапазонов распространения (Henry and Roberts, 2014), а также неточностям в моделях и реконструкциях, основывающихся на распространении этих видов.

Целью работы было протестировать возможность использования рентгеновской визуализации для определения обломков *D. pertusum* и *S. variabilis*.

В работе были использованы сухие фрагменты глубоководных сообществообразующих склерактиниевых кораллов из коллекции глубоководной фауны Института океанологии РАН: *Desmophyllum pertusum* (НИС «Академик Мстислав Келдыш», 50 рейс, ст. 4800, Лост Сити, Мир-2, образец 6) и *Solenosmilia variabilis* (НИС «Академик Мстислав Келдыш», 4 рейс, ст. 464, начало 58°21.1' с. ш. 31°36.9' з. д., конец 58°21' с. ш. 31°35.6' з. д., 1670–1750 м, 03 сентября 1982. Трал Сигсби). Для визуализации скелета использовали портативный рентгеновский аппарат EcoRay ORANGE-1040HF (Южная Корея). Дополнительной пробоподготовки не проводили.

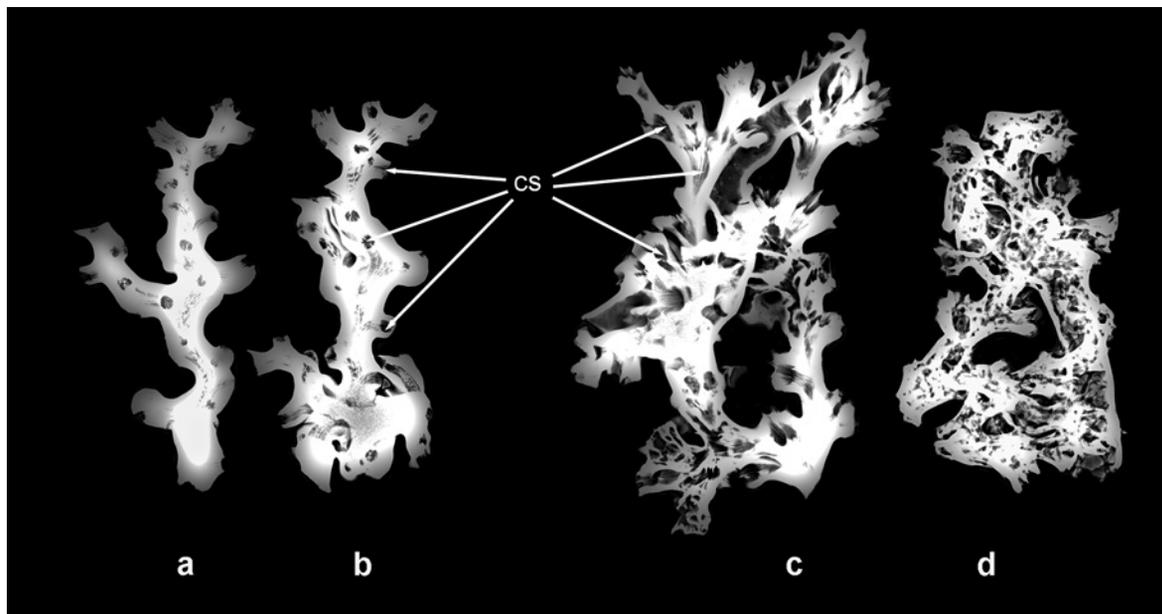


Рис. 1 – Рентгенограммы фрагментов скелета Caryophyllidae:
a, b – *Solenosmilia variabilis*; c, d – *Desmophyllum pertusum*; cs – каликсы

Рентгенограммы исследованных видов представлены на рисунке 1. Фрагменты *S. variabilis* (рисунки 1a, 1b) характеризуются значительно более плотным по всему объему скелетом и сравнительно слабо проницаемы для рентгеновского излучения. На рентгенограммах *S. variabilis* хорошо видны правильно расположенные полости, по которым можно проследить характерное расположение кораллитов. Полости чашечек кораллитов незначительно заходят в толщу фрагмента и практически не расширяются или слабо расширяются к периферии. Септы кораллитов могут быть заметны или слабо различимы. Исследованные фрагменты *D. pertusum* (рисунки 1c, 1d) характеризуются многочисленными взаимопересекающимися полостями, имеют меньшую плотность. Полости чашечек кораллитов глубоко прослеживаются в толще фрагмента, имеют коническую форму и значительно расширяются к периферии. Септы кораллитов всегда хорошо заметны.

Предложенный способ идентификации является недорогим, не требует специальной пробоподготовки и позволяет быстро идентифицировать большие объемы материала.

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта РНФ 22-24-00873.

Список литературы

1. Келлер Н. Б., Оськина Н. С., Савилова Т. А. Склерактиниевые кораллы Арктики и высоких широт Северной Атлантики // Океанология. 2019. Т. 59. №. 4. С. 612–616. <https://doi.org/10.31857/S0030-1574594612-616>.
2. Спиридонов В. А., Винников А. В., Голенкевич А. В., Майсс А. А. «Уязвимые морские экосистемы» и близкие понятия в практике управления морским природопользованием:

- концепции, терминология и возможности приложения к сохранению морской среды и биологических ресурсов // Труды ВНИРО. 2018. Т. 174. С. 143–173.
3. *Baco A. R., Ross R., Althaus F., Amon D., Bridges A. E., Brix S., Buhl-Mortensen P., Colaco A., Carreiro-Silva M., Clark M. R. et al.* Towards a scientific community consensus on designating Vulnerable Marine Ecosystems from imagery // *PeerJ*. 2023. Vol. 11. P. e16024. <https://doi.org/10.7717/peerj.16024>.
 4. *Cairns S. D., Kitahara M. V.* An illustrated key to the genera and subgenera of the Recent azooxanthellate Scleractinia (Cnidaria, Anthozoa), with an attached glossary // *ZooKeys*. 2012. No. 227. P. 1–47. 10.3897/zookeys.227.3612.
 5. *Cordes E., Arnaud-Haond S., Bergstad O., da Costa Falcão A., Freiwald A., Roberts J., Bernal P.* Cold water corals. In: *The First Global Integrated Marine Assessment, World Ocean Assessment I*. Vol. 1. U. Nations, editor. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2016. P. 803–816.
 6. *Henry L.-A., Roberts J. M.* Recommendations for best practice in deep-sea habitat classification: Bullimore et al. as a case study // *ICES Journal of Marine Science*. 2014. Vol. 71. No. 4. P. 895–898. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst175>.
 7. *Roberts J. M., Cairns S. D.* Cold-water corals in a changing ocean // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2014. Vol. 7. P. 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.01.004>.

Статья поступила в редакцию 18.09.2023, одобрена к печати 23.10.2023.

Для цитирования: Молодцова Т. Н., Мишин А. В., Симакова У. В. Рентгеновская визуализация как метод идентификации фрагментов глубоководных сообществообразующих склерактиниевых кораллов // *Океанологические исследования*. 2023. № 51 (3). С. 281–285. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(3\).19](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(3).19).

X-RAY VISUALIZATION AS IDENTIFICATION TECHNIQUE FOR FRAGMENTS OF DEEP-SEA HABITAT-FORMING SCLERACTINIANS

T. N. Molodtsova*, A. V. Mishin, U. V. Simakova

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: tina@ocean.ru

Deep-sea colonial Scleractinia (Anthozoa: Hexacorallia) are indicator species of vulnerable marine ecosystems known as deep-sea coral reefs. The number of species of deep-sea community-forming colonial Scleractinia is small and specimens of good preservation, especially those collected in a live state, can be easily identified to the species level. Identification of fragments, especially those of the basal part of colonies, can be difficult. We have shown that X-ray examination can effectively distinguish colony fragments of the widespread deep-sea community-forming scleractinian corals *Desmophyllum pertusum* and *Solenosmilia variabilis* (Caryophylliidae). The skeleton of *S. variabilis* is considerably denser and less X-ray permeable compared to *D. pertusum*. The calyx cavities of the corallites of *S. variabilis* are visible only at the periphery of the fragment and practically do not extend to the outside. In *D. pertusum*, the cavities of the corallites can be deeply traced in the fragment body, they have a conical shape and considerably expand to the periphery. The proposed method of identification is inexpensive, does not require special sample preparation, and allows rapid identification of bulk material.

Keywords: Deep-sea corals, deep-sea coral reefs, vulnerable marine ecosystems, *Desmophyllum pertusum*, *Solenosmilia variabilis*

Acknowledgement: The work was supported by RSF, grant No. 22-24-00873.

References

1. Baco, A. R., R. Ross, F. Althaus, D. Amon, A. E. Bridges, S. Brix, P. Buhl-Mortensen, A. Colaco, M. Carreiro-Silva, and M. R. Clark, 2023: Towards a scientific community consensus on designating Vulnerable Marine Ecosystems from imagery. *PeerJ*, **11**, e16024, <https://doi.org/10.7717/peerj.16024>.
2. Cairns, S. D. and M. V. Kitahara, 2012: An illustrated key to the genera and subgenera of the Recent azooxanthellate Scleractinia (Cnidaria, Anthozoa), with an attached glossary. *ZooKeys*, 1–47, <https://doi.org/10.3897/zookeys.227.3612>.
3. Cordes, E., S. Arnaud-Haond, O. Bergstad, A. da Costa Falcão, A. Freiwald, J. Roberts, and P. Bernal, 2017: Cold water corals. In: *The First Global Integrated Marine Assessment, World Ocean Assessment I*. Vol. 1. U. Nations, editor. Cambridge University Press, Cambridge, 803–816.
4. Henry, L.-A. and J. M. Roberts, 2014: Recommendations for best practice in deep-sea habitat classification: Bullimore et al. as a case study. *ICES Journal of Marine Science*, **71**, 895–898, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst175>.
5. Keller, N. B., N. S. Oskina, and T. A. Savilova, 2019: Scleractinian Corals of the Arctic and High Latitudes of the North Atlantic Ocean. *Oceanology*, **59**, 612–616, [translation into English], <https://doi.org/10.1134/S0001437019040088>.
6. Roberts, J. M. and S. D. Cairns, 2014: Cold-water corals in a changing ocean. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **7**, 118–126, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.01.004>.
7. Spiridonov, V. A., A. V. Vinnikov, A. V. Golenkevich, and A. A. Mayss, 2018: “Vulnerable marine ecosystems” and related notions in the practice of marine environmental management: conceptions, terminology and possibilities of application for the conservation of the marine environment and biological resources of the Russian seas. *Trudy VNIRO*, **174**, 143–173.

Submitted 18.09.2023, accepted 23.10.2023.

For citation: Molodtsova, T. N., A. V. Mishin, and U. V. Simakova, 2023: X-ray visualization as identification technique for fragments of deep-sea habitat-forming scleractinians. *Journal of Oceanological Research*, **51** (3), 281–285, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(3\).19](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(3).19).