KPmag2024-main001

Минерализация железа на раковинах фораминифер в условиях гидротермальной активности: механизмы формирования и магнитные свойства

Елена С. Сергиенко[1,2] , Светлана Ю. Янсон[1] , Камиль Г. Гареев[3,2] , Петр В. Харитонский[2,3]

[1] St Petersburg University
[2] Ioffe Institute of Physics and Technology of the Russian Academy of Sciences. A.F. Ioffe Institute of Physics and Technology of the Russian Academy of Sciences
[3] St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin).

e.sergienko@spbu.ru

Проведено исследование минеральных образований на раковинах фораминифер, отобранных из осадков рудных полей Срединно-Атлантического хребта, находящихся под воздействием гидротермальных источников. Проанализированы химический и фазовый состав, а также магнитные свойства минералов. Для анализа использован комплекс методов: оптическая и сканирующая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, магнитометрия и электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).

Раковины фораминифер, отобранные для исследования, включали хорошо сохранившиеся экземпляры с выраженной скульптурой, разрушенные обломки и раковины, частично замещенные минералами (опал, тальк, серпентин). На их поверхности и внутри обнаружены железосодержащие микрокристаллические агрегаты, которые можно разделить на два типа.

Образования первого типа, наблюдаемые исключительно на внутренней поверхности раковин, представлены плотными пленками или

комковатыми образованиями. Исследование состава и структуры этих минералов позволило установить, что они состоят из железооксидных минералов, включая магнетит. Второй тип минерализации представлен рыхлыми и дендритоподобными агрегатами на наружной поверхности целых раковин или внутренней поверхности разрушенных.

В гидротермальных областях океана происходит активный выброс металлов, включая Fe^{2+}, Mn^{2+} и другие. Их частицы могут агрегироваться на поверхностях биологических объектов, таких как раковины фораминифер. В то же время, фораминиферы могут питаться бактериями, включая железовосстанавливающие или железоокисляющие, которые сами по себе содержат внутриклеточный магнетит. При этом железо может освобождаться и осаждаться внутри раковины. Эти процессы можно отнести к классу индуцированной биоминерализации, когда минералы образуются как побочный продукт метаболической активности организма, без прямого контроля над структурой. Этот процесс зависит от изменений в окружающей среде [1, 2].

Магнитометрия и ЭПР-спектроскопия подтвердили, что железооксидные минералы в образцах обоих типов обладают ферримагнитными свойствами. Для случая внутренней минерализации был отмечен переход Вервея (~109 K).

Работы выполнены с использованием оборудования ресурсных центров Научного парка СПбГУ.

1. H.A. Lowenstam Science, Res. 211 (1981), 1126.

2. H. Yang, X. Peng, A. J. Gooday, B. Jones, J. Li, S. Liu, K. Ta Geochemical Perspectives Letters, Res. 21 (2022), 23.