



Годичное собрание  
Российского минералогического общества

# МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ИНТЕРЕСАХ РАЗВИТИЯ  
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА  
РОССИИ И СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

**16-21**  
**СЕНТЯБРЯ**

**2024**  
АПАТИТЫ



Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральный исследовательский центр  
«Кольский научный центр Российской академии наук»

Российское минералогическое общество



**ГОДИЧНОЕ СОБРАНИЕ РОССИЙСКОГО  
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА  
«МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ИНТЕРЕСАХ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО  
КОМПЛЕКСА РОССИИ  
И СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**Апатиты, 16-21 сентября 2024 г.  
Материалы конференции**

Посвящается 300-летию Российской академии наук



Партнёры



Апатиты  
2024

УДК 553.2  
М34

М34 **Материалы** Годичного собрания РМО «МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНТЕРЕСАХ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ И СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ». Апатиты, 16–21 сентября 2024 г. / Апатиты : Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2024. — 360 с.

В сборник включены материалы Годичного собрания Российского минералогического общества, посвященные обсуждению последних достижений, основных проблем и перспектив фундаментальной и прикладной минералогии, кристаллографии, геохимии.

Тематические направления Годичного собрания:

- Общие вопросы минералогии, кристаллографии и кристаллохимии. Минеральные ассоциации и процессы минералообразования
- Минералы – индикаторы петро- и рудогенеза. Газово-жидкие и расплавные включения в минералах
- Минералогические критерии прогнозирования и оценки месторождений стратегического минерального сырья
- Технологическая минералогия и процессы обогащения руд
- Экологическая минералогия и техногенные процессы
- Органическая минералогия и биоминералогия
- Природный камень в искусстве и архитектуре. Археоминералогия. Минералогия камнесамоцветного сырья и геммология
- Минералогия России: минеральное разнообразие, редкие и новые минеральные виды
- История науки. Минералогия в российской академии наук: история и современность. Минералогические музеи и коллекции. Опыт преподавания минералогии

ISBN 978-5-91137-521-8

Тезисы публикуются в авторской редакции.

Научное издание  
Технический редактор Л. Д. Чистякова  
Дизайн обложки Л. И. Ческидова  
Подписано в печать 02.09.2024. Формат бумаги 60×84 1/8.  
Усл. печ. л. 41,85. Заказ № 33. Тираж 300 экз.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН».  
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14.

ISBN 978-5-91137-521-8  
doi:10.37614/978-5-91137-521-8

© Коллектив авторов, 2024  
© ФИЦ КНЦ РАН, 2024  
© РМО, 2024

## БИОМИНЕРАЛИЗАЦИЯ НА РАКОВИНАХ ФОРАМИНИФЕР СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА: СОСТАВ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА

**Сергиенко Е.С.<sup>1,3</sup>, Янсон С.Ю.<sup>1</sup>, Гареев К.Г.<sup>2,3</sup>, Харитонский П.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский университет; e.sergienko@spbu.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); kggareev@yandex.ru

<sup>3</sup> Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН; peterkh@yandex.ru

## BIOMINERALISATION ON FORAMINIFERA SHELLS FROM THE MID-ATLANTIC RIDGE: COMPOSITION AND MAGNETIC PROPERTIES

**Sergienko E.S.<sup>1,3</sup>, Yanson S.Yu.<sup>1</sup>, Gareev K.G.<sup>2,3</sup>, Kharitonskii P.V.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> St. Petersburg University; e.sergienko@spbu.ru

<sup>2</sup> St. Petersburg Electrotechnical University; kggareev@yandex.ru

<sup>3</sup> Ioffe Institute; peterkh@yandex.ru

Проведено исследование минеральных образований на раковинах фораминифер из осадков рудных полей Срединно-Атлантического хребта (САХ). Проанализирован химический и фазовый состав, а также магнитные свойства, для чего применен комплекс методов анализа состава вещества (оптическая и сканирующая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия) и методы магнитометрии, статические и резонансные.

Раковины фораминифер были отобраны из осадочных отложений рудных полей САХ, испытавших влияние гидротермальных источников. Раковины, в основном, хорошо сохраненные, с видимой скульптурой и обломки разрушенных. Среди них встречаются перекристаллизованные либо замещенные частично или полностью другими минералами (опал, тальк, серпентин). На поверхности и внутри раковин наблюдаются микроструктурные минеральные агрегаты, которые представлены минералами железа и марганца. Они возникли, весьма вероятно, в результате процессов биоминерализации. По составу, внешнему виду и месту локализации их можно разделить на два типа.

Первый тип наблюдается только на внутренней поверхности раковин. Это плотные пленки, сплошным слоем покрывающие внутренние поверхности раковин или комковатые образования.

Второй тип встречается на наружной поверхности целых или внутренней поверхности разрушенных индивидов. Он представлен комковатыми и дендритоподобными агрегатами, формирующими мелкие скопления. Срастаясь, они могут образовывать сплошные корки, рыхлые и бесформенные.

На микроуровне и в первом, и во втором случае минеральные образования имеют фрактально-глобулярное строение (крупные глобулы размером 40–50 мкм состоят из меньших, размерами до 100–200 нм).

Анализ состава этих образований и исследование их магнитных свойств (в том числе при криогенных температурах) позволили заключить следующее.

(1) Минерализация раковин фораминифер происходит с образованием оксигидроксидов железа и железомарганцевых агрегатов.

(2) Агрегаты первого типа представлены магнетитом. Хотя невозможно показать на какой стадии жизни фораминиферы он образовался, но можно утверждать, что это произошло до ее разрушения. Предположительно, здесь мы имеем дело с внеклеточным и/или межклеточным «биологически индуцированным» типом биоминерализации [1]. Этот процесс мог проходить по схеме, предложенной для фораминифер вида *R. Bilocularis* из Марианской впадины в [2].

(3) Возникновение минеральных агрегатов второго типа является следствием высокой сорбционной способности раковин фораминифер, на которых адсорбируются металлы: железо, марганец и в незначительных количествах никель, медь, магний, алюминий, кобальт, а также сера, кремний, фосфор. Образуются оксигидроксиды железа, в том числе магнетит с примесями магния и алюминия. Эти процессы проходят по схеме «контролируемой биоминерализации», опосредованной органической матрицей [1]. В общем случае организм строит органический каркас, на котором активно абсорбируются соответствующие ионы, которые затем подвергаются кристаллизации и росту. В случае фораминифер роль каркаса играет пористая раковина.

### ***Благодарности***

Авторы благодарят Добрецову Ирину Григорьевну за предоставленные образцы для исследований.

Работы выполнены с использованием оборудования ресурсных центров Научного парка СПбГУ: «Центр диагностики функциональных материалов для медицины, фармакологии и нанoeлектроники», «Нанотехнологии», «Геомодель», «Микроскопии и микроанализа», «Рентгенодифракционные методы исследования», «Магнитно-резонансные методы исследования», «Инновационные технологии композитных наноматериалов», «Методы анализа состава вещества», «Оптические и лазерные методы исследования вещества», «Наноконструирование фотоактивных материалов».

### **Список литературы**

- [1] Lowenstam H.A. // *Science*. 1981. V. 211. P. 1126–1131.
- [2] Yang H., Peng X., Gooday A.J., Jones B., Li J., Liu S., ... & Ta K. // *Geochemical Perspectives Letters*. 2022. V. 21. P. 23–27.