

УДК 553.682:552.54:576.801:551.312.4(562.6)

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА СОВРЕМЕННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ КАРБОНАТОВ НА ОЗЕРЕ САЛДА

Т.А. Щербакова, А.И. Шевелёв, Р.А. Шурхно

Аннотация

Выполнен микробиологический анализ магнезиальных карбонатов озера Салда (юго-запад Турции) с выделением типов бактерий и их приуроченности к генетическим разновидностям гидромагнезитов. Показана динамика развития бактерий в биологически активной зоне.

Ключевые слова: магнезит, гидромагнезит, микробиологический анализ, озеро Салда.

Введение

В мире имеются месторождения и проявления магнезита (гидромагнезита), формирование которых проходило в условиях речных и озерных обстановок континентальных депрессионных структур кайнозоя. Подобные месторождения известны в Австралии (штат Квинсленд, озера лагуны Куронг), Турции, Сербии, Америке (штат Невада), на Кубе, в Антарктиде (долины Мак-Мердо). Месторождения представлены главным образом магнезитом и гидромагнезитом, реже – гунтитом (хантитом), которые могут слагать мощные (десятки метров) толщи, имеющие промышленную значимость. Источником магния для их формирования являются массивы серпентинизированных ультрабазитов с развитой на них зоной магнезиальной карбонатизации в области гипергенеза [1].

Магнезитовые тела отличаются чистотой состава и однородностью массы (практически мономинеральные). Присутствие в рудных телах глобулевидных образований разных размеров и форм предполагает микробиогенную природу магнезитообразования.

Исследования закономерностей формирования и микробиологические особенности магнезиальных карбонатов в современных условиях мелководных континентальных озер засушливых, арктических и других климатических зон являются весьма актуальными для изучения и прогнозирования магнезиального сырья.

Целью настоящей работы является определение роли микробактериальных процессов в магнезитообразовании, проведенное нами на озере Салда (юго-запад Турции), где этот процесс проходит в современных условиях.

Объект исследования

Котловина озера Салда окаймляется горными сооружениями, сложенными серпентинизированными и амфиболитизированными ультраосновными породами,

подверженными гипергенезу с образованием зоны магнезиальной карбонатизации в виде мелко прожилковатых включений гидромагнезита, которые служат источником магнезиального компонента. Содержание гидромагнезита в основной массе ультрамафитов составляет 3–8%. Химический состав их показывает магнезиально-силикатный доминант.

Современные осадочные отложения озера представлены, преимущественно магнезиальным карбонатом (гидромагнезитом) с примесью (8–15%) лизардита, доломита, арагонита, актинолита и др.

Магнезитоносные отложения в акватории озера Салда, расположенные на прибрежных участках, локализуются в водной среде под уровнем воды, в воздушной среде на обрывистых поверхностях и в переменной среде в приближенных к воде зонах, где происходят сезонные колебания водного уровня.

Магнезиальные карбонаты находятся в аэральных (гидромагнезит «коралловидный», «песчано-глинистый»), субаквальных (гидромагнезит «песчаный») и аквальных (гидромагнезит «песчано-глинистый») условиях.

Гидромагнезит «коралловидный» белого цвета, скрытокристаллической структуры, коралловидной текстуры, литифицированный, содержание MgO – 42% (рис. 1).

Гидромагнезит «песчано-глинистый» серовато-белого цвета скрытокристаллической структуры и псевдо-коралловидной (полиповой) текстуры. Гранулометрический состав рыхлого материала соответствует глинистой и песчаной фракциям (в равных долях). В естественных условиях на поверхности данный тип образует коралловидные и сфероидальные формы. Отложения нелитифицированы и легко рассыпаются при физическом воздействии, содержание MgO – 38% (рис. 2).

Гидромагнезит «песчаный» белого цвета, скрытокристаллической структуры, массивной текстуры с преобладанием крупнозернистой песчаной фракции, содержание MgO – 42%.

Мощность магнезиальных отложений в разрезе варьирует от нескольких сантиметров до 1–2 м.

Методика исследования

Магнезиальные карбонаты, находящиеся в аэральных и субаквальных условиях озера Салда, были опробованы и подвергнуты микробиологическому анализу. При отборе проб на микробиологический анализ использовался метод точечного отбора с весом проб до 200 г, что является достаточным объемом для контрольных замеров.

Для чистоты эксперимента пробы, отбираемые в естественных обнажениях береговой зоны озера Салда, консервировались с целью исключения попадания бактерий извне. Подготовка испытуемого препарата также проходила в стерильных условиях микробиологической лаборатории.

Микробиологические исследования проведены методом классического посева с ряда предельных разведений на плотные питательные среды с последующим культивированием в течение 4–7 сут при 28 °С. Численность микроорганизмов выражается в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ/г сухого образца). Спорообразующие бактерии (*Bacillus* sp.) культивировали на агаризованной



Рис. 1. Скопление «коралловидных» гидромагnezитов (западный берег озера Салда)



Рис. 2. Нодулевый гидромагnezит «алевро-глинистый» нелитифицированный (южный берег озера Салда)

смеси мясо-пептонного бульона и неохмеленного сула (1 : 1; 3° по Баллингу), псевдомонады – на агаризованной среде LB и нитрифицирующие бактерии – на голодном агаре.

Обсуждение результатов

Изучением бактериального состава современных гидромагнезитов и магнезитов занимались многие ученые: Х.Г. Эдвардс, К.Д. Муди, Э.М. Ньютон, С.Х. Виллар, М.Дж. Рассел [2], А. Миллер, Б. Колмэн [3], Дж.Б. Томпсон, Ф.Г. Феррис [4], А. Трейман, Х. Амундсен, Д.Ф. Блейк, Т. Банч [5]. Исследователи уделяли большое внимание биохимическому составу цианобактерий, широко развитых в магнезиальных карбонатах, сформированных в разных климатических обстановках современных озер. Объектами исследования являлись магнезиты ($MgCO_3$), гидромагнезиты ($Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$) и артиниты ($Mg_2CO_3(OH)_2 \cdot 3H_2O$) Турции (озеро Салда), Антарктиды (сухие долины Мак-Мердо у побережья моря Росс, засушливые почвы острова Александр), метеоритов (серия ALN84001 – интерпретация компьютерного моделирования показала на их марсианское происхождение) [2, 5] и др. Исходный материал магнезиальных карбонатов во всех случаях представлял собой глобуле- и шаровидные образования белого цвета скрытокристаллической структуры, размерность сферических агрегатов варьировала от микро- до крупных (десятки сантиметров) форм. Биохимический анализ микробальной массы (цианобактериальных колоний) показывает количество протеино-, каротино-, хантофило- и других групп, их модификации (β -, γ - и др.) и поведенческий характер форм. Эти данные характеризуют широкое развитие микробиологических колоний на магнезиально-карбонатном субстрате. На их основе исследователи доказывают наличие жизни (на микробиогенном, бактериальном уровне) в суровых климатических низкотемпературных условиях нашей планеты (Антарктида) и на других планетах (Марс).

Данные нашего эксперимента по определению микробиологического состава магнезиальных карбонатов озера Салда приведены в табл. 1. Среди определенных видов бактериальных колоний выделяются группы аэробных гетеротрофов, обладающие ростостимулирующим действием и способствующие расщеплению неорганических соединений и деструкции сложных силикатных (алюмосиликатных) соединений.

К ним относятся колонии бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, которые существуют и развиваются в почвенных и рыхлых приповерхностных осадочных отложениях в воздушной среде с высоким кислородным потенциалом. В результате жизнедеятельности бактерии выделяют активный углерод, который, соединяясь с кислородом воздуха, образует оксид углерода, участвующий в процессе образования магнезиальных карбонатов, которые отличаются комковато-сферическими формами и микрозернистыми структурами. При микробиологическом исследовании определены и другие бактериальные группы (например, нитрифицирующие бактерии), но их присутствие оказалось незначительным и дифференциация по типам магнезиальных карбонатов не проявилась.

Среди озерных литифицированных «коралловидных» гидромагнезитов аэральная зона отмечаются заниженные содержания колоний бактерий рода *Pseudomonas*, которые проявляют самую минимальную активность.

Табл. 1

Микробиологический состав гидромагнезитов озера Салда

№	Название материала	Бактерии <i>Bacillus</i> , тыс. КОЕ/г	Бактерии <i>Pseudomonas</i> , тыс. КОЕ/г	Нитрифицирую- щие бактерии, тыс. КОЕ/г
1	Гидромагнезит «коралловидный» (литифицированный)	4.5	0.4	2.2
2	Гидромагнезит «песчаный» (рыхлый)	19.4	5.2	2.6
3	Гидромагнезит «песчано-глинистый», псевдокоралловидный, (рыхлый)	178.2	27.0	2.3

В субаквальной пляжной зоне в рыхлых гидромагнезитах крупнозернистой песчаной фракции имеется повышенное содержание бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas*. Присутствие бактерий увеличивается в 5–13 раз по сравнению с количеством данных бактериальных форм в литифицированном гидромагнезите (табл. 1).

Наибольшее количество бактериальных колоний содержится в осадочных рыхлых гидромагнезитах песчано-глинистой фракции. Аэральная среда благоприятна для развития аэробных гетеротрофов и здесь происходит активное формирование сфероидальных текстур гидромагнезита, вследствие жизнедеятельности бактерий рода *Bacillus* и в меньшей степени рода *Pseudomonas*.

Выводы

Среди береговых отложений озера Салда выделяется активная микробиологическая зона, где деятельность бактерий создает благоприятную физико-химическую среду для формирования гидромагнезита разных структурно-текстурных типов: «глинистого», «песчаного», «гравийного», «коралловидного» с промежуточными разностями. В соответствии с колебаниями уровня воды в озере в разрезе отложений появляются слои и линзы «гравийных» и «коралловидных» гидромагнезитов.

Микробиогенная среда находится только среди магнезиально-карбонатного субстрата, в других минеральных формах (силикатах, алюмосиликатах и прочих) колонизация бактерий не отмечается.

Можно уверенно предположить, что микробиологические процессы играли существенную роль при образовании также докембрийских и палеозойских магнезитов, и это предопределяет необходимость проведения на них специальных исследований.

Summary

T.A. Shcherbakova, A.I. Shevelev, R.A. Shurkhno. Microbiological Nature of Modern Magnesia Carbonates on Lake Salda.

Microbiological analysis of magnesia carbonates of Lake Salda (South-West Turkey) has been performed. The types of bacteria have been singled out depending on the genetic kinds

of hydromagnesites. The dynamics of development of bacteria in a biologically active area is shown.

Key words: magnesite, hydromagnesite, microbiological analysis, Lake Salda.

Литература

1. *Шевелёв А.И., Щербакова Т.А.* Геологическое строение и локализация кайнозойских магнезитов // Высокомагнезиальное минеральное сырье. – М.: Наука, 1991. – С. 153–157.
2. *Edwards H.G.M., Moody C.D., Newton E.M., Villar S.E.J., Russell M.J.* Raman spectroscopic analysis of cyanobacterial colonization of hidromagnesite, a putative martian extremophile // *Icarus*. – 2005. – V. 175, No 2. – P. 372–381.
3. *Miller A.G., Colman B.* Evidence for HCO_3^- transport by the blue-green alga (cyanobacteria) *Coccochloris pericystis* // *Plant Physiol.* – 1980. – V. 65. – P. 397–402.
4. *Thompson J.B., Ferris F.G.* Cyanobacterial precipitation of gypsum, calcite and magnesium from natural alkaline lake water // *Geology*. – 1990. – V. 18, No 10. – P. 995–998.
5. *Treiman A.H., Amundsen H.E.F., Blake D.F., Bunch T.* Hydrothermal origin for carbonate globules in Martian meteorite ALH84001: a terrestrial analogue from Spitsbergen (Norway) // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 2020. – V. 204, No 3. – P. 323–332.

Поступила в редакцию
24.06.10

Щербакова Татьяна Анатольевна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», г. Казань.

E-mail: root@geolnerud.net

Шевелёв Анатолий Иванович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры общей геологии и гидрогеологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: shevelev-ai@rambler.ru

Шурхно Равиля Абдулловна – кандидат биологических наук, руководитель лаборатории ЦАИ ГНУ «Татарский НИИСХ» РАСХН, г. Казань.

E-mail: root@geolnerud.net