МИОЦЕНОВЫЕ МШАНКОВЫЕ БИОГЕРМЫ МЫСА КАЗАНТИП, КРЫМ: РОЛЬ ГАЗОФЛЮИДНОГО ВЫСАЧИВАНИЯ В ИХ ГЕНЕЗИСЕ

А. И. Антошкина¹, Л. В. Леонова²,
Ю. С. Симакова¹

THE MIOCENE BRYOZOAN BIOGERMS OF THE KAZANTIP CAPE, CRIMEA: THE ROLE OF GAS-FLUID SEEPAGE IN THEIR GENESIS

A. I. Antoshkina¹, L. V. Leonova²,
Yu. S. Simakova¹

¹ Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
Сыктывкар, Россия, Antoshkina@geo.komisc.ru

² Институт геологии и геохимии ФГБУ УрО РАН,
Екатеринбург, Россия, lveonova@yandex.ru

A complex of modern physical investigations of carbonate crusts covering Lower Miocene bryozoan limestone from the Kazantip Cape showed that bryozoans built a biohermal skeleton due to the syngedimentation of bioinduced cement. The mineral association (Mg-calcite + aragonite) indicates the existence of near-bottom environment typical for gas-hydrate biogenic mineral formation as a result of bacterial methane oxidation during the formation of bioherms. The presence of bitumen, pyrite, strontianite, barite, kutnohorite and traces of vital activity of carbonate-depositing methanotrophic bacteria in the composition of carbonate crusts is concerned with a significant influence of near-bottom local gas-fluid seeps.

Мыс Казантип расположен в северо-восточной части Крыма на Керченском полуострове, слагающие его олигоценовые и миоценовые отложения изогнуты в брахиантиклинальную складку — Мысовую антиклиналь. Размытый свод антиклинали преобразован в эрозионную котловину с глинами сарматского яруса. Казантип в конце миоцена выступил из моря в виде острова и в течение последних 8 млн лет подвергался денудации. Формирование острова было связано со складкообразованием [6]. На склонах воздымающейся антиклинали селились мшанки. Впервые мшанковые биогермные известняки на Керченском п-ове упоминаются П. С. Палласом в 1803 г., а в 1865 г. Г. В. Абих выделил мшанковые слои в самостоятельный горизонт нижнего миоцена. Эти сведения дополнены детальными исследованиями Н. И. Андрусова [1] и последующим изучением стратиграфии, фауны и палеоэкологии неогеновых отложений п-ова. Мшанковые биогермные известняки, слагающие береговые зоны в виде скальных выходов и глыбовых развалов вокруг мыса, находятся на территории Казантипского природного заповедника.

По данным [3], изучение донных отложений неоген-четвертичного разреза Керченско-Таманской грязевулканической области, а также анализ опубликованных литературных данных свидетельствуют о наличии на участках современной и древней метановой разгрузки отличительных литологических образований — специфических карбонатных построек и биогермов, на внешней поверхно-

сти которых развита корка с железо-марганцевой гидроокисной минерализацией. Генетически эти постройки рассматривались как производные субмаринной метановой холодной разгрузки.

Нетипичные карбонатные образования встречены нами в разрезах с биогермными мшанковыми известняками в бухтах Шарабай и Широкая на мысе Казантип [2]. Карбонатные корки на мшанках (рисунок, а-б) включают ископаемые биоплёнки (рисунок, д) и минерализованный гликокаликс, свидетельствующие об участии бактерий в их формировании. В процессе жизнедеятельности карбонатотлагающие метанотрофные бактерии образовывали быстро минерализующиеся плёнки, укреплявшие ажурные и хрупкие ветвистые мшанки изнутри. Корковые нарастания на поверхности колоний, экранируя свободный выход CO₂ из полостей, локально создавали условия его переизбытка, благодаря чему под биоплёнкой отлагались одновременно кристаллический низкомagneзиальный кальцит и кутногорит (рисунок, с, ф), что установлено методами СЭМ и ЭДС. Морфологически эти минералы в массивной породе имеют комковатый, зернистый, расщеплённо-кристаллический облик, а в полостях — шестоватый и пластинчатый. Кроме того, в корках присутствуют битум, пирит, Sr в кальците. Наличие таких минералов как барит, целестин, стронцианит (рисунок, е), кутногорит, фрамбоидальный пирит, гидроксиды железа, являющиеся хромофорами образований от желтого до почти коричневого цвета, и примеси Fe, Mg, Si, Ca, Cl, Ba, S говорят о специфичной придонной обстановке во время формирования мшанковых построек. По данным [12], бактериально-обусловленное образование кутногорита возможно в основном в аэробных условиях, однако, при недостатке биоиндуцированного Mn (II) вместо кутногорита при тех же условиях образуется арагонит. Минеральная ассоциация в изучаемых образцах (Mg-кальцит + арагонит) характерна для газогидратного минералообразования с биогенным участием [7, 11], когда метан высвобождается из газогидратного слоя под действием тепла, окисляется метанотрофными бактериями на морском дне и образует карбонатные отложения с сульфидами. Скорее всего, это связано с зоной разгрузки восходящих минерализованных газифлюидных потоков. Кутногорит ранее был установлен в донных осадках Южно-Каспийской котловины [4], и его присутствие объяснялось процессом микробного разложения органического вещества с образованием изотопно-легкой углекислоты, что подтверждается результатами радиоизотопного анализа скорости процессов CO₂-ассимиляции и сульфатредукции. Вблизи грязевого вулкана Двуреченского в Черном море были обнаружены новообразования в виде карбонатных корок светло-серого цвета толщиной 0.5—3 см, покрытые с одной стороны бактериальным слоем. Мелкие трубчатые формы карбоната, определяемые как начальные стадии развития метанового сипа, также покрыты бактериальным слоем, под которым обнаружены карбонатные сферолиты размером 1—2 мм [9]. Современные исследования метановых сипов в Черном море показали, что они могут исчезать и вновь появляться вблизи, формируя карбонатные постройки, корки, конкреции и линзовидные тела, состоящие из Mn-кальцита, арагонита и других карбонатных минералов в ассоциации с сульфидными и сульфатными минералами [8]. Значительно реже обнаруживаются газифлюидные потоки, несущие на-

Рисунок. Минералогический состав карбонатной корки на мшанковых известняках: а – внешняя поверхность корки на мшанковом биогерме; б – внутренняя поверхность корки с полостями, заполненными битумом; с – кристаллы биогенного Mg-кальцита, формирующегося в fossilized biofilm; д – fossilized biofilm; е – биогенные барит и стронцианит в кальците и ф – биогенный кутногорит в карбонатной корке.

Figure. Mineralogical composition of carbonate crust on bryozoan limestones: an external surface of the crust on a bryozoan bioherm; b – an internal surface of the crust with cavities filled with bitumen; c – crystals of biogenic Mg-calcite formed in fossilized biofilm; d – fossilized biofilm; e – biogenic barite and strontianite crystals in calcite; and f – biogenic kutnogorite in carbonate crust.

ряду с метаном химические элементы, например, барий [5], который присутствует как элемент и как минерал в исследованных нами карбонатных корках.

Мыс Казантип рассматривается [6] как криптодиapiровая складка с ядром нагнетания из сильно перемятых, раздробленных и перетертых глин майкопской серии олигоцен-раннемиоценового возраста, являющихся нефтегазоносными. В центральной части Казантипа на территории, не относящейся к заповеднику, сейчас добывается нефть. Возможно, что участие карбонат-отлагающих метанотрофных бактерий в формировании каркаса мшанковых биогермов определялось именно активизацией тектонических событий, сопровождавшихся грязевым вулканизмом и газифлюидными высачиваниями в придонных областях Азовского и Черного морей. Следует отметить, что в настоящее время в пределах Азовского моря также образуются отмели, которые как показывают исследования, являются результатом проявления грязевого вулканизма, и отмечались еще в конце XIX и начале XX веков [10].

Работа выполнена в рамках темы № АААА-А17-117121270034-3 ИГФИЦ Коми НЦ УрО РАН, при поддержке Программы УрО РАН проект № 18-5-5-31.

Литература

1. Андрусов Н.И. Ископаемые мшанковые рифы Керченского и Таманского полуостровов // Записки Киевского об-ва естествоисп. Киев, 1909. Вып. 1. С. 1–48.
2. Антошкина А.И., Леонова Л.В., Лютоев В.П. и др. Следы бактериальной активности в неогеновых рифогенных и терригенных породах мыса Казантип (Крым) // Геология и биоразнообразие Тетиса и Восточного Паратетиса: Мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. Горячий Ключ, 2017. С. 53–57.
3. Глазырин Е.А., Глазырина Н.В. К литологическим производным метановой разгрузки на дне моря / Тезисы и программа Всерос. науч.-практ. конф. «Метан в морских

экосистемах», посвященной 25-летию обнаружения струйных метановых газовыделений в Чёрном море. Севастополь, Россия, 2014. С. 42–45.

4. Дара О.М., Леин А.Ю., Козина Н.В. и др. Первая находка кутнагорита в современных отложениях Южно-Каспийской котловины // Доклады Академии наук. 2015. Т. 465, № 5. С. 572–576.
5. Деркачев А.Н., Николаева Н.А., Баранов Б.В. и др. Проявление карбонатно-баритовой минерализации в районе метановых сипов в Охотском море на западном склоне Курильской котловины // Океанология. 2015. Т. 55. № 3. С. 432–443.
6. Клюкин А.А. Факторы, определяющие биоразнообразие Казантипского природного заповедника // Тр. Никитского ботанического сада – Нац. науч. Центра, 2006. Т. 126. С. 133–148.
7. Леин А.Ю. Аутигенное карбонатообразование в океане // Литол. и полез. ископ. 2004. №1. С. 3–35.
8. Леин А.Ю., Иванов М.В. Биогеохимический цикл метана в океане. М.: Наука. 2009.
9. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И., и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Атлас. Киев: Наукова Думка. 1986.
10. Шнюков Е.Ф., Кутний В.А., Маслаков Н.А., и др. К минералогии карбонатных образований газовых источников Черного моря // Геология и полезные ископаемые мирового океана. 2006. № 2. С. 69–81.
11. Pirajno F. Hydrothermal Processes and Mineral Systems, Springer Science+Business Media B.V. 2009.
12. Zhang H., Li, Y., Wang, X. et al. Aerobic and anaerobic reduction of birnessite by a novel Dietzia strain // Geochemical Transactions, 2015 (16). P. 11.