

СОВРЕМЕННОЕ БИОГЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ШАКВЫ



И.И. Чайковский,
*доктор геолого-
минералогических наук,
заведующий лабораторией
геологии месторождений
полезных ископаемых,
Горный институт УрО РАН*

Охарактеризована современная минерализация, связанная с жизнедеятельностью хемотрофных бактерий и растений в Прикамье.

В природе наиболее характерны экосистемы, базирующиеся на растениях, способных аккумулировать солнечную энергию в процессе фотосинтеза и синтезировать органические вещества, которые являются продуктами питания других организмов. Реже встречаются пищевые цепи, берущие начало с хемотрофных бактерий. Широкую известность среди них получили два сообщества, открытые в глубоководных условиях океана. Это так называемые «черные курильщики», базирующиеся на сульфатредуцирующих организмах, обитающих над срединно-океаническими хребтами [2], и метанотрофы, контролируемые участками разгрузки (сепинга) метана, этана и водорода в зонах субдукции. Использование бактериями химической энергии не только позволяет давать пищу сосуществующим организмам в условиях дефицита питания и света, но и приводит к формированию биогеохимического барьера, на котором происходит отложение различных минералов.

В Пермском крае известны многочисленные месторождения травертина, гажи и торфогажи, разведанные запасы которых оцениваются в 26 млн т, что составляет почти пятую часть запасов Россий-

ской Федерации [1]. Они формировались за счет жизнедеятельности хемотрофных бактерий и растений в условиях, где нет дефицита солнечной энергии. Агрокарбонаты сформировались за последние 10–12 тыс. лет и являются продуктом наиболее значимого по масштабу современного процесса минералообразования, протекающего в континентальных условиях. Пресноводные карбонаты отлагаются в родниках, руслах мелких рек в результате падения давления CO_2 при выходе гидрокарбонатно-кальциевых подземных вод на земную поверхность. Последующее осаждение извести происходит внутри и на поверхности озерно-болотной растительности (в частности харовых водорослей) ввиду реакции фотосинтеза. Однако наиболее интенсивно процесс минералообразования идет в зонах разгрузки сульфатно-кальциевых подземных вод, которые, в отличие от гидрокарбонатно-кальциевых, характеризуются повышенной минерализацией (до 3 г/л и более). Бассейн р. Шаквы является ареной современного (голоценового) минералообразования, где в субаквальной обстановке происходит активное формирование рыхлой болотно-озерной извести (гажи) и родниковых известковистых туфов (траверти-

нов). Органо-карбонатные отложения связаны с весьма специфическими биоми-

карбонатного состава (рис. 1, 2). Широкое развитие получают предпочитающие



Рис. 1. Многочисленные мелкие притоки, впадающие в реки бассейна Шаквы, приносят большое количество кальция, благоприятное для существования многочисленных организмов с известковым скелетом

неральными экосистемами, базирующимися на жизнедеятельности пресноводной растительности, животных и хемотрофных бактерий.

Изучением пермских месторождений агрокарбонатов, использующихся в сельском хозяйстве для известкования почв, занимались В.К. Кокаровцев, И.Н. Шестов, А.М. Кропачев и др.

В целом для Предуральяского прогиба типична слабая расчлененность рельефа, что обуславливает медленное течение рек, их заиленность и существенно кислый состав донных отложений, вызванный высоким содержанием растительного детрита. Животный мир этих водоемов характеризуется бедностью видового состава и практически полным отсутствием организмов с известковым скелетом. Скорее всего, бактерии представлены здесь гетеротрофами, которые питаются органическим веществом.

Образование сульфатных вод происходит при фильтрации метеорных осадков через широко распространенные в Предуралье эвапоритовые комплексы пермского возраста. Зоны их разгрузки напоминают своеобразные оазисы, где радикально изменившийся животный мир представлен многочисленными ассоциациями остракод, пелиципод, гастропод и двустворчатых моллюсков с раковинами



Рис. 2. Раковины пресноводных моллюсков с известковым скелетом

нейтральную и слабощелочную среду харовые водоросли (рис. 3). Опробование субаквальных отложений этих зон показало, что они состоят из гажи и травертина кальцитового состава (рис. 4–6). В тяжелой фракции в значительном количестве присутствует пирит, целестинобарит, кутногорит, кальцит и доломит.

Пирит представлен отдельными глобулами, глобулярными агрегатами и корочками, нередко в сростании и в оторочке из игольчатых кристаллов гипса, фито- и зооморфозами (рис. 7, 8).

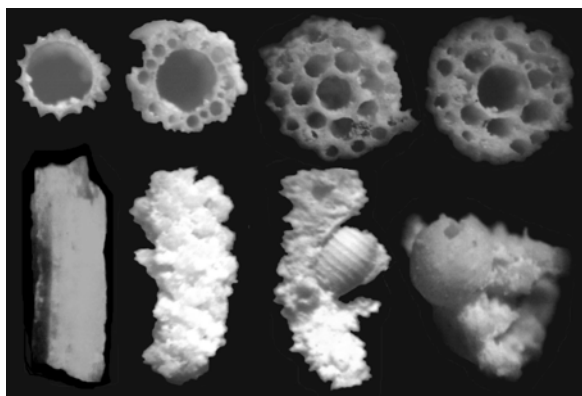


Рис. 3. Обызвествленные фрагменты субаквальной растительности и прикрепленные к ним обитатели



Рис. 4. Безымянный приток Бартьма, размывающий рыхлые известковистые отложения – гажу



Рис. 5. Прослой гажу нередко чередуются с торфяными отложениями

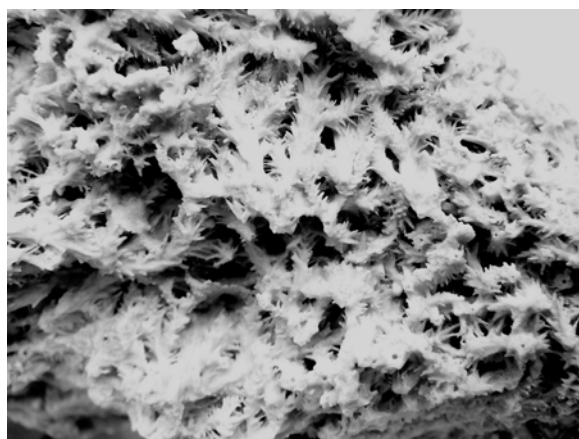


Рис. 6. Биоморфная структура травертинов, обусловленная отложением карбоната кальция на поверхности и внутри растений

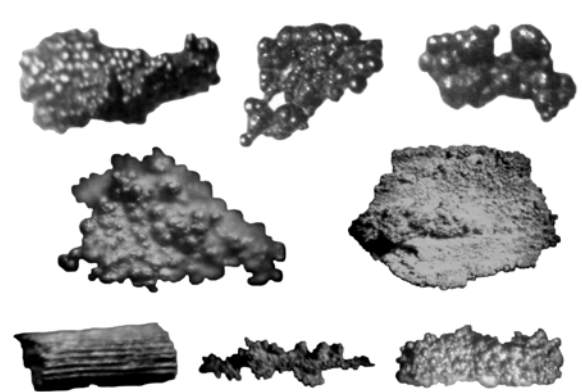


Рис. 7. Агрегаты глобулярного пирита и фрагменты замещенных растительных остатков (фитоморфозы)

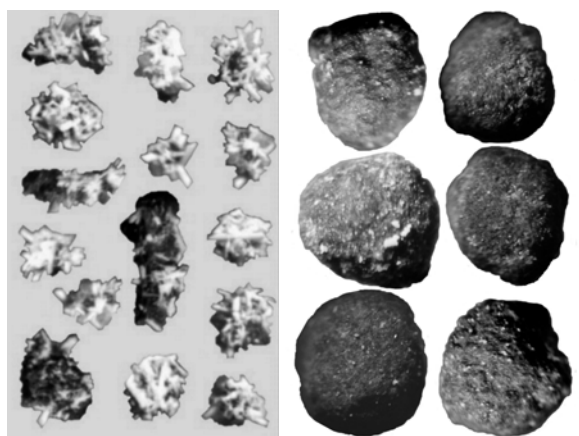


Рис. 8. Продукты частичного и полного окисления агрегатов пирита. Слева – нарастание кристаллов гипса, справа – желваки гидрогетита

Целестинобарит (рис. 9) образует отдельные кристаллы, «розы», сложенные расщепленными пластинчатыми субиндивидами, сферулы, почковидные агрегаты, выполняющие полости в хвощах (фитоморфозы выполнения).

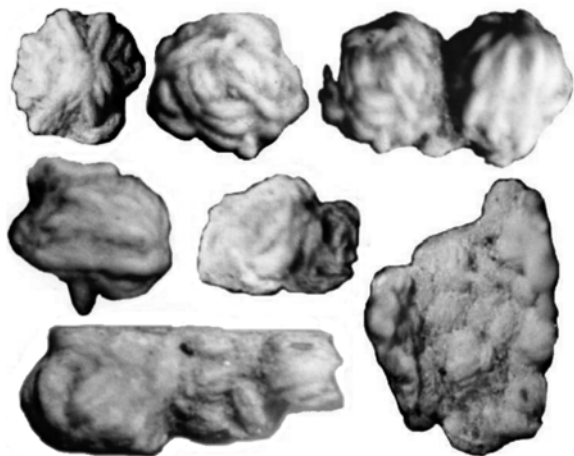


Рис. 9. Целестинобарит: отдельные «розы» расщепленных кристаллов и агрегаты, сформировавшиеся внутри полых растительных стеблей

Кальцит образует радиально-лучистые агрегаты, растущие на минерализованной растительности, а также псевдоморфозы по внутренним ядрам мелких раковин (рис. 10).

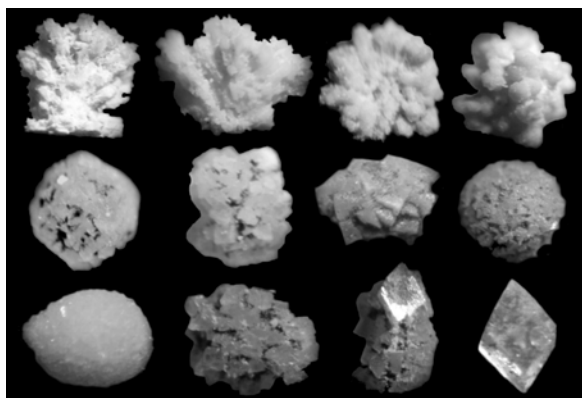


Рис. 10. Кальцит: радиально-лучистые агрегаты, выросшие на растительных остатках; отдельные кристаллы и агрегаты, сформировавшиеся внутри отмершего мягкого тела моллюсков

Кутногорит образует отдельные сферулы и их цепочки светло-коричневого цвета (рис. 11). На некоторых индивидах видны отпечатки роста на растительной подложке. Состав кутногорита варьируется незначительно: содержание норма-

тивного родохрозита изменяется в пределах 0,97–1,14 форм. ед.

Массовое отложение карбонатов из сульфатных вод свидетельствует о существенной трансформации их состава (рис. 12). Появление сульфидов позволяет предполагать, что преобразование воды происходит в приповерхностных условиях в присутствии органического вещества и сульфатредуцирующих бактерий. Восстановление серы приводит к пересыщению кальцием, который связывается углекислым газом. Обогащенность новообразованного травертина легким изотопом углерода ($\delta^{13}\text{C} = -10,65\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = 13,3\text{‰}$) отражает биогенную природу CO_2 . Образование доломита, в том числе в раковинах, что не характерно даже для морских беспозвоночных, свидетельствует о пре-

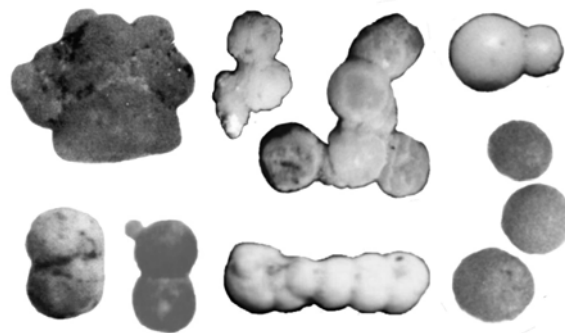


Рис. 11. Сферулы кальций-марганцевого карбоната – кутногорита

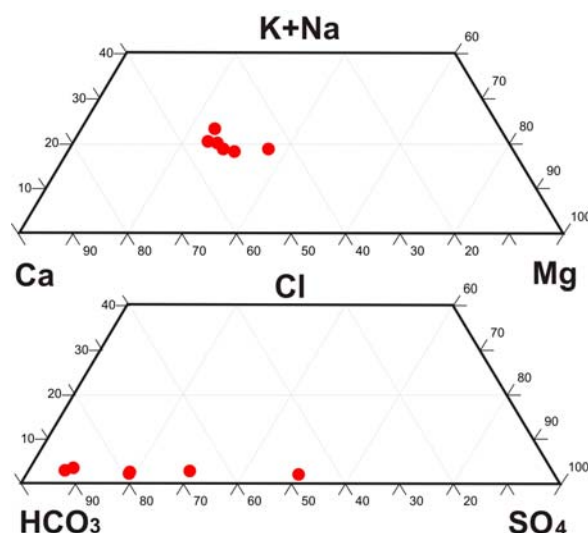


Рис. 12. Воды бассейна Шаквы характеризуются стабильным катионным и переменным анионным составами, что позволяет предполагать трансформацию их состава за счет жизнедеятельности растений и бактерий

дельном фракционировании кальция и смещении состава растворов в магниезиальную область. Это, вероятно, подтверждает появление кутногорита. Широкая распространенность глобулярных форм новообразованных минералов, а также фитоморфоз заполнения и замещения позволяют предполагать растительную и бактериальную природу затравок и условий их дальнейшего роста. Совместная кристаллизация пирита и гипса на отдельных участках – показатель равновесия окислительно-восстановительных условий, контролируемых, очевидно, деятельностью микроорганизмов.

Таким образом, в Пермском Прикамье развиты биоминеральные экосистемы, базирующиеся на жизнедеятельности хемотрофных бактерий в условиях, существенно отличающихся от глубоководных.

Они контролируются зонами разгрузки холодных сульфатно-кальциевых вод. Изотопия новообразованных карбонатных отложений кардинально отличается от широко известных травертинов [3], формирующихся на испарительном барьере, отражая участие в минералообразовании и растений. Масштабы образования травертиноидов нового генетического (биохимического) типа грандиозны что, вероятно, является одним из наиболее значительных геологических процессов, протекающих в континентальных условиях. На минеральной воде и сероводородной грязи этих проявлений в Пермском крае функционируют два курорта, а известковые образования в советские годы активно использовались для известкования почв и в качестве комплексного удобрения.

Библиографический список

1. *Кокаровцев В.К.* Ресурсы и геология голоценовых агрокарбонатов Пермского Предуралья. – Екатеринбург: Уралгеология, 1992. – 216 с.
2. *Лобье Л.* Оазисы на дне океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 156 с.
3. Современные карбонатные минерализации на испарительных и седиментационно-диагенетических изотопно-геохимических барьерах / *В.И. Силаев, И.И. Чайковский, Т.П. Митюшева, А.Ф. Хазов.* – Сыктывкар: Геопринт, 2008. – 68 с.