

2. В Арктическом складчато-надвиговом поясе, вытянутом в широтном направлении от Новой Земли до Врангелевско-Геральдской системы, выявляются *сигмоидные* структуры («Западная» и «Восточная» сигмиды), свидетельствующих о коленообразных (сигмоидальных), а также петельчатых структур принадлежит Д.И. Мушкетову («Ферганская сигмоида», 1928 г.)

3. Современное комплексное геологическое картирование древних платформ подчеркнуло их вычленение в рифее. Так, Сибирская платформа обрамлена на западе Туруханским, Восточно-Европейским, Присаянским, Прибайкальским перикратонными прогибами, а на востоке Приверхоанским краевым прогибом и Сетте-Дабанским перикратонным, превращенным в мезозое в складчато-надвиговые сооружения.

Граничные структуры Восточно-Европейской платформы наиболее четкие на востоке и юге. Это Тимано-Канинская перикратонная складчато-надвиговая система. Предуральский краевой прогиб с рифейской предисторией и Донецко-Прикаспийский авлакоген.

4. *Рифтогенез* получает более обширное и разнообразное значение. Кроме линейных и линейно-разветвленных рифтогенных структур выявлено и их «*клавишное*» группирование, особенно характерное для Мезенской синеклизы Восточно-Европейской платформы и моря Лаптевых в Арктическом регионе. Это связывается с неоднородностью строения астеносферной «подложки» с системой валообразных диапиров.

5. Подчеркивается значение *ангулярной* тектоники, основоположниками которой были Г. Штиле и Н.С. Шатский. К ней относятся *клинораздвиговые* структуры рифтогенного класса с доказанной нефтегазоносностью. К ним принадлежат: Тимано-Печерский (Северо-Уральский - по Н.С. Шатскому) и Вилуйский клинораздвиги, а также весьма перспективные Дерюгинский и ТИНРО (Охотское море).

Уникальная Онежская овоидная структура содержит палеопротерозойские вулканические образования, несогласно перекрывающие зеленокаменный архей. По совокупности признаков ее следует отнести к «*Онежскому рифтогенному оваловиду*».

6. Сделана попытка раскрыть три взаимозависимых элемента ряда складчато-надвиговых систем: главные их разломы, сопровождаемые офиолитовыми и олистостромовыми комплексами (Урал, Монголо-Охотская, Корякская).

7. По аналогии с Аравийским индентором (Н.В. Короновский, М.Г. Ломизе, 2001) наметилась система инденторов кристаллических массивов Востока России, выдвигавшихся с юга на север, и создавших тесножатую (частично раздавленную) структуру Монголо-Охотской складчато-надвиговой системы. Вероятно, что и Южно-Карский криптомассив является индентом по отношению к Новой Земле.

Рассматривая новые элементы в тектонике России, следует вывод, что лучшее из концепций неомобилизма и неофиксизма (Красный, 2003), следует искать пути к «Геоинженеривизму» охватывающего все наиболее ценное, что достигнуто в конце XX-го и начале XXI-го веков.

Эвапоритовая седиментация в осадочных бассейнах раннего рифея и ее связь с образованием магнезита (Ю. Урал)

Крупенин М.Т.¹, Котляров В.А.²

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, e-mail: krupenin@igg.uran.ru

²Институт минералогии, УрО РАН, г. Миасс, e-mail: kotlyarov@ilmeny.ac.ru

Условия эвапоритовой седиментации в докембрии являются предметом активной дискуссии. В карбонатных отложениях с возрастом древнее 1,3 млрд. лет не отмечено пластов сульфатов (ангидрита и гипса), что связывается с низким уровнем окисления атмосферы и постепенным становлением сульфатного баланса рифейского океана [9]. Наиболее древние эвапоритовые ангидрит-галитовые пласты известны в среднерифейском бассейне Амадиес, Австралия [3]; другим наиболее древним объектом локализации сульфатных пластов является формация Сэсайэти Клифс в супергруппе Гренвилл на Баффиновой земле и острове Байлот [10] с возрастом вмещающих отложений 1,2 млрд. лет. В

более древних отложениях преобладают псевдоморфозы или глиптоморфозы по гипсу или галиту, поэтому нахождение признаков формирования отложений в древних бассейнах с аномальной соленостью представляет собой актуальную задачу. Учитывая редкость нахождения сульфатов и галита, являющихся прямым доказательством садки эвапоритовых минералов в отложениях позднего докембрия приобретают значение косвенные признаки. Кроме псевдоморфоз к ним относятся и коллапс-брекчии, возникающие при растворении прослоев и гнезд эвапоритовых минералов.

В стратотипическом разрезе рифея на западном склоне Южного Урала (терригенно-карбонатные отложения с возрастом 1650-600 млн. лет) до недавнего времени о присутствии эвапоритов существовали отрывочные сведения. Литолого-фациальные реконструкции указывают на преобладание мелководно-морских условий формирования отложений с подчиненным значением прибрежно-континентальных обстановок [6]. Находки гипса отмечались для карбонатных отложений суранской свиты нижнего рифея и кужинской свиты, относимой к среднему рифею, гнезда и линзочки ангидрита были обнаружены в алевролитах и доломитах нижнего рифея Волго-Уральской области [2], глиптоморфозы по кристаллам галита известны в алевролитах зильмердакской свиты верхнего рифея. Предположение о широком развитии эвапоритовых условий в раннем рифее высказывалось В.П. Парначевым [7] из-за широкого развития доломитов в составе карбонатных отложений и повышенным концентрациям хлора и фтора в терригенно-глинистых породах. Изотопные исследования серы сульфидов в отложениях раннего рифея показали их обогащение тяжелым изотопом (от +8 до +24 ‰), что указывает на образование сульфидов в результате сульфатредукции по эвапоритовым сульфатам [2]. Высокие концентрации брома во флюидных включениях в магнезитах и метасоматических доломитах Саткинской и Бакальской групп месторождений указывают на их эвапоритовую природу и соответствие эвапоритовому тренду, в отличие от состава флюидных включений во вмещающих известняках, имеющих признаки морского генезиса [4].

Детальное изучение карбонатных отложений на Саткинских и Бакальских магнезитовых месторождениях позволило выявить отличия доломитов из карагайского горизонта верхнесаткинской подсвиты и шуйдинского горизонта малобакальской подсвиты, вмещающих магнезиты, от известняков и доломитов безрудных горизонтов и пачек, соответственно, в саткинской и бакальской свитах раннего рифея. Основное отличие заключается в широком развитии в магнезитовмещающих горизонтах диагенетических брекчий.

Диагенетические брекчии состоят из трех основных компонентов: 1) обломки вмещающих доломитов; 2) тонкозернистый доломитовый матрикс; 3) гнезда, линзы и неправильной формы выделения вторичного крупнокристаллического доломита. Обломки совершенно неокатаны, часто имеют остроугольную плитчатую форму, и представлены теми же мелкослоистыми серыми доломитами, что и в небрекчированных участках, с различной степенью перемещения (иногда незначительной) относительно своего первоначального положения в прослое. Размеры плиток варьируют в широких пределах и составляют, как правило, первые сантиметры, форма их уплощенная. Как правило, количество обломков преобладает над доломитовым матриксом, представленным таким же серым и темно-серым доломитом.

Гнезда, линзы и неправильной формы выделения вторичного белого доломита размещаются как в тонкозернистом сером доломитовом цементе, так и на границах с обломками. Они часто имеют остроугольную, иногда клиновидную или округло-дисковидную форму. Около магнезитовых залежей периферическая часть гнезд сопровождается секреторными многослойными выделениями или друзовыми карандашевидными кристаллами кварца сечением 2–5 мм и длиной 10–20 мм и вкрапленностью пирита. Отмечено также развитие вкрапленности марказита в центральных частях друзовых гнезд вторичного доломита. Размер доломитовых гнезд составляет, как правило, первые сантиметры, реже достигает первых дециметров, особенно в слабоглинистых однородных доломитах, где плохо выражена слоистость. Кроме того, встречаются гнезда неправильной формы с размером до 10–20 см, сложенные темно-серым крупнокристаллическим кварцем.

В тонкослоистых глинистых (плитчатых) доломитах широко проявлена шатровая форма гнезд с хрупко-пластичными деформациями вмещающего доломитового слоя (рис. 1.). Такая форма подобна типичным структурам (tepee structure) мелководных отложений литорали, которые интерпретируются как следствие раннедиагенетического роста кристаллов сульфатных минералов [11, 13] и связываются с условиями седиментации в эвапоритовых лагунах. Характерной особенностью шатровых структур в

магнетитоносных доломитовых горизонтах является локальное развитие деформаций и извивающихся складок в пределах прослоев, где они развиты, и отсутствие деформаций в выше- и нижележащих прослоях. Это указывает на нетектонический энтеролитовый характер деформаций, связанный с химическими преобразованиями в осадке при диагенезе, сопровождаемыми изменениями объема или под влиянием течения (пластических деформаций) эвапоритовых минералов.

Контакты брекчий с ненарушенными доломитами могут быть как резкими, неровными, с обильным развитием стилолитовых швов, так и с постепенным затуханием процесса брекчирования. Иногда наблюдается послойное чередование горизонтов с развитием брекчиевой структуры и тонкослоистых темно-серых доломитов без признаков нарушения слоистости. В районе Саткинских магнетитовых месторождений зоны, насыщенные такими брекчиями, составляют почти половину разреза (360 м) карагайского горизонта [6].

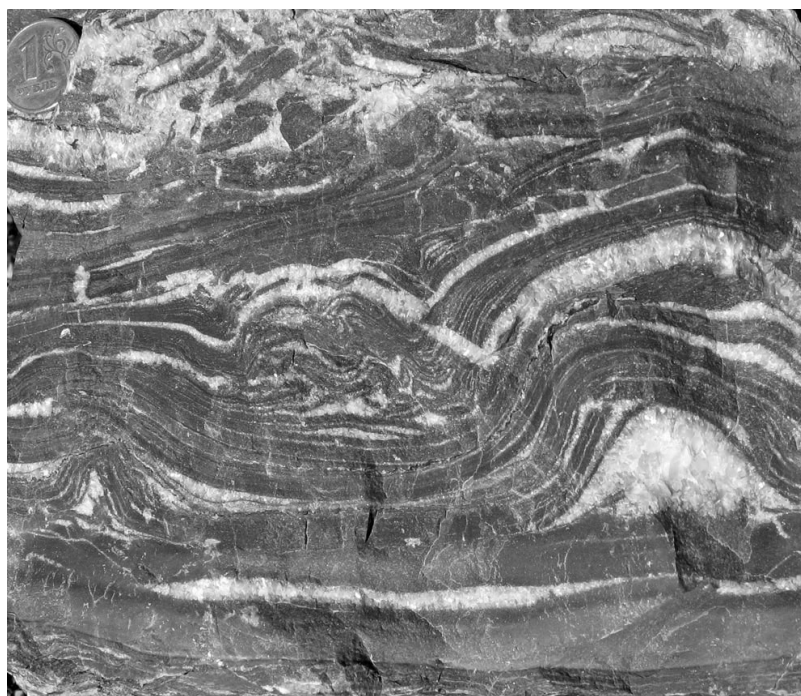


Рис. 1. Доломит брекчированный с шатровыми структурами («типи») диагенетического роста сульфатов, размер монеты 2 см

Образование диагенетических брекчий в магнетитоносных горизонтах трактовалось как следствие оползневых процессов или суспензионных потоков [8], или как связанное с неравномерной литификацией и усадкой слоев относительно чистого и глинистого доломита, а появление гнезд белого доломита произошло «в процессе перекристаллизации на отдельных участках» [1]. Мы предлагаем рассматривать брекчиевидные доломиты в составе фации коллапс-брекчий эвапоритовых отложений в пределах фациального комплекса мелководной осолоняющейся лагуны. Подобные коллапс-брекчии (брекчии обрушения = *collaps breccia* = *evaporate-solution breccia* [Sloss and Laird, 1947]) образуются при выщелачивании растворимых эвапоритовых минералов и широко описаны для различных фанерозойских эвапоритовых бассейнов, прежде всего Цехштейна, Мидконтинента и других пермо-триасовых эвапоритовых бассейнов. Сходные образования, содержащие брекчии доломитовых неокатанных обломков в доломитовом же тонкозернистом цементе с остроугольными гнездами вторичного крупнокристаллического доломита, в последнее время описаны для различных докембрийских карбонатных последовательностей в качестве коллапс-брекчий [3], возникших в результате растворения в диагенезе эвапоритовых минералов (гипса), в частности, для эвапоритовых доломитов туломозерской свиты ятуллия (нижний протерозой) Карелии, содержащих магнетиты [12]. Доломитовые гнезда здесь имеют клиновидную форму, иногда с типичным для гипса раздвоением типа «ласточкина хвоста».

Аналогичные клиновидные гнезда вторичного доломита широко развиты и в карагайском горизонте (рис. 2), что позволяет проводить прямую аналогию с эвапоритовыми отложениями других докембрийских бассейнов. Кроме того, в некоторых брекчиевых прослоях карагайского горизонта среди темно-серых доломитов развиты двойные прослойки, содержащие в нижней части буровато-серый доломитовый матрикс, а в верхней – прослойки белого доломита. Они имеют сходство с карбонатно-сульфатными тонкогоризонтальнослоистыми отложениями, типичными для гиперсоленых тиховодных лагун [11]. Подобные диагенетические брекчии с развитием гнезд и двойных прослоев мы находим также и в доломитах шуйдинской пачки бакальской свиты, содержащей магнетитовые залежи. Периодичность образования гипса была связана с периодически возникающими условиями насыщения по сульфату и выпадения корочки сульфатного состава. В последующем гипс был растворен и замещен вторичным доломитом или в результате сульфатредукции, или при растворении, подобном карстовому.



Рис. 2. Остроугольные гнезда вторичного белого доломита в тонкозернистом сером доломите, размер монеты 2,5 см

Электронномикроскопическое изучение пары «буро-серый тонкозернистый доломит – белый крупнокристаллический доломит» в карагайском горизонте показало, что на границе слойков происходит скопление зерен окиси железа, имеющих гексагональный габитус, вероятно, кристаллов гематита, с реликтами зерен хлорита, указывающих на окислительные условия седиментации при образовании гипса (рис. 3.). В диагенезе, из-за высокого содержания органической примеси, придающей породам темно-серый цвет, условия сменились на восстановительные и способствовали жизнедеятельности сульфат-редуцирующих бактерий и частичному замещению сульфатов арагонитом и кальцитом. Доказательством биогенной активности являются присутствие тонкорассеянного органического вещества, реликты микробиальных текстур на поверхностях напластования и реликты макроскопических концентрических микробиальных колоний диаметром до 5–7 см в доломитах карагайского горизонта.

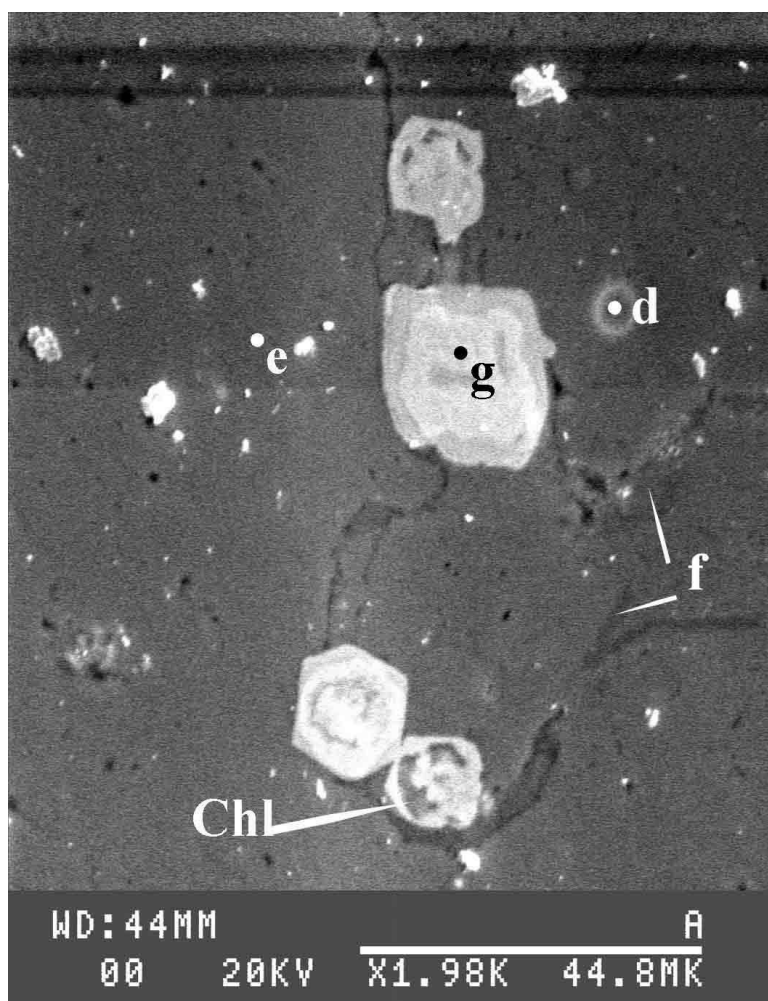


Рис. 3. Включения хлорита и гематита на границе серого и белого слойков доломита в брекчии

Формирование эвапоритовых горизонтов было связано с периодическим возникновением в бассейне условий изоляции от открытого моря и избыточного испарения, которые способствовали образованию эвапоритовых минералов. Определенную аналогию такой бассейн мог иметь с мелководным лагунно-морским бассейном нижнепермского возраста на Русской платформе, где на фоне образования известняков в дистальных фациях накапливались сульфатно-доломитовые отложения [5]. Последние формировались в условиях удаленных от береговой линии лагун при участии строматолитов среди крайне мелководных морей на затопленном шельфе Русской платформы. Детальные литолого-фациальные исследования в Саткинском рудном поле подтвердили вывод об осадконакоплении магнезитовмещающего карагайского горизонта в условиях крупной, удаленной от береговой линии, мелководной лагуны [1]. Учитывая преобладающее развитие мелководно-морских условий в бассейнах раннего-среднего рифея на востоке Русской платформы [6], создание эвапоритовых условий седиментации могло быть вполне реальным, что и подтверждается приведенными здесь фактами.

Метасоматический характер образования кристаллических магнезитов не вызывает сомнения. Вероятно, брекчированные в результате раннекатагенетического растворения эвапоритовые горизонты оказались наиболее проницаемыми для высокомагниевого щелочного эвапоритового рассола, мигрирующего латерально из центральных частей эвапоритового бассейна и производивших метасоматическое низкотемпературное образование магнезитов.

Исследование выполняется при финансовой поддержке гранта РФФИ № 06-05-64592 и НШ-4210.2006.5.

Литература

1. Анфимов Л.В., Бусыгин Б.Д., Демина Л.Е. Саткинское месторождение магнезитов на Южном Урале. М.: Наука, 1983. 86 с.
2. Горожанин В.М., Мичурин С. В. Литологические, геохимические и изотопные признаки эвапоритизации в раннем рифее Южного Урала // Литологические аспекты геологии слоистых сред. Материалы 7 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 68–71.
3. Жарков М.А. Эволюция эвапоритов в докембрии в связи с преобразованиями биосферы и химического состава мирового океана. Статья 1. Эвапориты архея и раннего протерозоя // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 12. № 2. С. 19–29.
4. Крупенин М.Т., Прохаска В. Эвапоритовая природа флюидных включений в кристаллических магнезитах саткинского типа // Доклады РАН. 2005. Т. 403. № 5. С. 661–663.
5. Кузнецов В.Г., Эволюция карбонатакопления в истории Земли. М.: ГЕОС, 2003. 262 с.
6. Маслов А.В., Крупенин М.Т., Гареев Э.З., Анфимов Л.В. Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерогенез, геологические памятники природы) // Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. Т. I. 351 с.
7. Парначев В.П. Фтор и хлор в позднедокембрийских осадочных породах Башкирского мегантиклинория в связи с вопросами их седиментогенеза // Геохимия вулканических и осадочных пород Южного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. С. 35–46.
8. Сидоренков А.И. Новые данные по литостратиграфии верхней части разреза саткинской свиты // Геология и полезные ископаемые Урала. Тр. СГИ. Вып. 45. 1964. С. 14–24.
9. Grothzinger J. F., Kasting J. F., New constraints on Precambrian ocean composition // J. Geol. 1993. V. 101. P. 235–243.
10. Kah L.C., Lyons T.W., Chesley J.T. Geochemistry of a 1.2 Ga carbonate-evaporite succession, Northern Baffin and Bylot Islands: implications for Mesoproterozoic marine evolution // Precambrian Research. 2001. 111. P. 203–234.
11. Kendall A.C. Evaporites // Facies Models. R.G.Walker, editor. GeoscienceCanada reprint series # 1, 2-nd edition, 1984. P. 259–296.
12. Melezhik V.A., Fallick A.E., Medvedev P.V., Makarikhin V.V., Palaeoproterozoic magnesite: lithological and isotopic evidence for playa/sabkha environments // Sedimentology. 2001. V. 48. P. 379–397.
13. Newell, N. D., J. K. Rigby, A. G. Fischer, et.al. The Permian Reef Complex of the Guadalupe Mountains Region, Texas and New Mexico-A Study in Paleocology. W. H. Freeman, 1953. San Francisco. 236 p.

О геохимии процессов формирования «сланцев перемыва» и лиственитов по породам Главной дайки (Бакальский район)

Крупенин М.Т.¹, Шардакова Г.Ю.¹, Кузнецов А.Б.²

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, e-mail: krupenin@igg.uran.ru; shardakova@igg.uran.ru

²Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, г. Санкт-Петербург, e-mail: antonbor@ak9723.spb.edu

В карбонатно-терригенных отложениях рифея, примыкающих с запада к структуре Машакского грабена, широко развиты рои диабазовых даек и силлов различной мощности. Максимальным развитием они пользуются в Бакало-Саткинском горно-рудном районе. А.А.Алексеевым [1] здесь выделено несколько дибазовых комплексов: нижне-, средне- и верхнерифейско-вендский, а также палеозойский. Наиболее крупный из них – нижнерифейский, в состав которого входят габброиды Главной дайки, Кусинской интрузии и Бердяшского плутона, являющиеся магматическим выражением одного из этапов машакского рифтогенного события. Эти объекты подробно охарактеризованы в работах [5, 9, 13]. Главная дайка прорывает отложения трех пачек бакальской свиты нижнего рифея: березовской (известняки), иркусканской (черные глинистые сланцы), шуйдинской (доломиты с залежами магнезита). U-Pb возраст пород Главной дайки – 1385.3 ± 1.4 млн. лет (по бадделеиту [15]); по геохимическим особенностям они отвечают континентальным рифтогенным образованиям. Однако геохимия сопряженных с диабазами пространственно и/или генетически пород на со-