

УДК 552.08+553.689

**БАРИТЫ ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ВЕРХНЕЮРСКИХ
ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

*Э.А. Королев, Н.Н. Умарова, Р.А. Хасанов, Н.М. Низамутдинов,
Н.М. Хасанова, В.М. Николаева, Э.И. Акдасов*

Аннотация

Проведено изучение баритов в верхнеюрских отложениях западной части Республики Татарстан. Установлены три основных морфогенетических типа проявления баритовой минерализации – конкреции, секреции, септарии. Рассмотрены механизмы образования названных агрегатов.

Ключевые слова: верхнеюрские отложения, барит, конкреции, секреции, септарии, генезис.

Введение

Бариты в верхнеюрских отложениях западной части Республики Татарстан (РТ) и востока Ульяновской области были известны начиная с начала XX в. [1]. Однако, несмотря на это, никто всерьез не занимался их систематическим изучением. В публикациях основное внимание уделялось и уделяется проблемам стратиграфического расчленения мезозойских отложений, лишь иногда упоминаемая о присутствии баритовых образований. Между тем факт наличия барита в глинистой толще, которая во всем Поволжье характеризуется содержаниями бария, значения которых ниже кларковых [2], и его локальное распространение [3] вызывают закономерный научный интерес.

При исследовании аутигенных образований верхнеюрских отложений было проведено детальное изучение баритовой минерализации в пределах западной части РТ. Наиболее представительные коллекции баритов были собраны в обнажениях правого берега р. Волги у с. Большие Тарханы и в карьерах у с. Кильдюшево (рис. 1).

Результаты исследований

На всех исследуемых участках баритовая минерализация приурочена к оксфордско-кимериджским отложениям верхнего отдела юрской системы, представленным глинами с редкими слоями алевролитов. В естественном залегании глины характеризуются темно-серой с зеленоватым оттенком окраской, преимущественно однородной текстурой и пелитовой структурой. По данным рентгенографического анализа порода имеет поликомпонентный состав. Из глинистых минералов преобладает неупорядоченное смешанослойное образование, в структуре которого закономерно чередуются монтмориллонитовые и иллитовые пакеты. В меньших количествах присутствуют хлорит, каолинит и обломочный

мусковит. Помимо глинистых минералов порода содержит кальцит, зерна аллотигенных кварца, альбита и микроклина.

Исследования поверхностей скола глинистой породы с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) позволили установить, что карбонатная составляющая представлена известковистыми остатками нанопланктона. Скелетные остатки относительно равномерно распределены в объеме породы, ориентировка пластинчатых форм произвольная. Они могут лежать как в плоскости напластования, так и под различными углами к ней. Последнее обстоятельство свидетельствует, с одной стороны, о поступлении биогенных остатков в момент существования еще вязкого, неуплотненного глинистого ила, с другой – о слабом постседиментационном уплотнении пород в стадию диагенеза.

Среди относительно однородной глинистой толщи на определенных гипсометрических уровнях залегают баритовые конкреции, секретиции и септарии размером от 5.0 см до 1.0 м. Большая часть агрегатов имеет гетитовую (α -FeOОН) желтовато-ржавую «рубашку», которая позволяет проследить особенности их залегания в стенках естественных и техногенных обнажений (рис. 2). Рассматриваемые образования характеризуются преимущественно сферическим и эллипсоидным обликом, реже встречаются пирамидальные скульптурные формы и псевдоморфозы по раковинам аммонитов.

Конкреции. Конкреции представляют собой относительно широко распространенные формы проявления баритовой минерализации. В зависимости от стадий поступления сформировавших их минерализованных растворов среди них можно выделить одноактные, рост которых происходил без существенных остановок, и многоактные, когда в процессе роста сначала образовалось ядро, вокруг которого затем происходила собирательная кристаллизация [4]. Первые, как правило, характеризуются однородным вещественным составом, вторые – многокомпонентным минеральным выполнением.

К одноактным относятся баритовые конкреции размером до 10.0 см в диаметре при толщине 3.0–6.0 см. Они практически нацело сложены тонкозернистыми баритовыми агрегатами, в которых пластинчатые кристаллы ориентированы хаотично по отношению друг к другу (рис. 3). Крупных реликтов вмещающей породы практически нет, лишь участками фиксируется рассеянная вкрапленность глинистых частичек хлорита и иллита. Однородный размер и беспорядочное расположение кристаллов $BaSO_4$ в агрегатах указывают на их гетерогенное зарождение в условиях относительно высокого пересыщения маточного раствора, а отсутствие захваченной в процессе формирования конкреций вмещающей породы – на раннедиагенетическое время их появления, когда илистый донный осадок еще не был уплотнен.

К одноактным конкрециям можно отнести и пирамидальные обособления, сложенные крупными (1.0–2.0 см) баритовыми сферолитами. По-видимому, они являются продуктом перекристаллизации ранее сформированных тонкозернистых агрегатов в последующую стадию позднего диагенеза, когда шло диффузионное перераспределение вещества внутри конкреций под действием слабоминерализованных растворов.



Рис. 1. Фото обнажений у с. Б.Тарханы (*a*) и в карьере у с. Кильдюшево (*б*)



Рис. 2. Фото стенки карьера у с. Кильдюшево со стратиформным залеганием баритовых образований в глинистых породах (*a*) и конкреции, извлеченной из горной выработки (*б*)



Рис. 3. Фото поверхности (*a*) и шлифа (*б*) одноактной баритовой конкреции



Рис. 4. Фото поверхности спила барит-гипс-пиритовой (а) и франколит-барит-кальци-
товой (б) конкреций



Рис. 5. Фото фрагментов баритовых секретий, центральная полость которых выполнена
пластинчатыми кристаллами $BaSO_4$, образующими друзовые сростки



Рис. 6. Фото баритовых септарий, центральная полость которых выполнена пластинча-
тыми кристаллами $BaSO_4$, образующими друзовые сростки

Многоактные конкреции представлены более крупными агрегатами, размер которых варьирует от 15.0 до 100.0 см. Все они характеризуются концентрически зональным строением. При этом каждая зона представлена определенным минеральным выполнением. Среди многоактных конкреций преобладают барит-гипс-пиритовые и франколит-барит-кальцитовые полиминеральные разновидности (рис. 4). У первых ядро выполнено тонкозернистым баритом. Поверх него нарастает гипсовая оболочка ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), состоящая из шестоватых кристаллов, ориентированных перпендикулярно поверхности баритового ядра с многочисленными сферическими вкраплениями пирита (FeS_2). Периферия сложена сросшимися фрамбоидальными пиритовыми агрегатами, образующими внешнюю оторочку конкреций. У вторых центральная часть представлена скрытокристаллическим франколитом ($\text{Ca}_5[\text{PO}_4](\text{F}, \text{CO}_2)$), характеризующимся черной или темно-коричневой окраской. Вокруг него нарастает баритовый слой, сложенный пластинчатыми кристаллами, ориентированными параллельно поверхности кальциево-фосфатного ядра. Краевая зона выполнена светло-серым пелитоморфным кальцитом (CaCO_3) с рассеянными вкраплениями пиритовых и баритовых агрегатов. Часто в центре подобных конкреций отмечаются субвертикальные трещинки, полости которых выполнены баритовыми кристаллами. Во всех многоактных конкрециях, так же как и в случае с одноактными конкрециями, реликты вмещающей породы практически не фиксируются. Очевидно, их образование тоже осуществлялось на стадии раннего диагенеза, в период существования вязкого донного осадка.

Секрции и септарии. Секрции и септарии по сути представляют собой единый генетический тип аутигенных образований. И те и другие имеют внутреннюю полость, повторяющую очертания внешнего облика агрегатов. Разница заключается лишь в том, что у секрций стенки полостей ровные, а у септарий – осложнены радиально ориентированными трещинами, постепенно сужающимися по мере удаления от центра. Внутренние полости секрций содержат друзы, сложенные крупными (до 0.8 см) пластинчатыми кристаллами барита, среди которых встречаются различные по морфологии и размерам пиритовые кристаллы (рис. 5). В ряде случаев наблюдается пиритовая псевдоморфоза по бариту. У септарий центральная полость открытая, а расходящиеся от нее трещины полностью выполнены баритовой минерализацией (рис. 6). Пластинчатые кристаллы BaSO_4 в трещинах ориентированы перпендикулярно стенкам. Плотная периферия секрций и септарий сложена баритовыми агрегатами, состоящими из закономерно ориентированных тончайших пластинок, расположение которых напоминает морозную изморозь на стекле (рис. 7). По мере приближения к центральной полости размеры агрегатов и кристаллов в них увеличиваются. Включений реликтов вмещающей породы не наблюдается, фиксируются лишь фрамбоидальные агрегаты аутигенного пирита.

Изучение секрций и септарий на рентгеновском спектрометре СУР-02 «РЕНОМ ФВ» показало, что все они характеризуются зональным распределением химических элементов (табл. 1). От периферии к центру в них последовательно увеличивается содержание бария и стронция и уменьшаются кремний, калий, кальций и железо. Поскольку убывающие элементы принадлежат посторонним

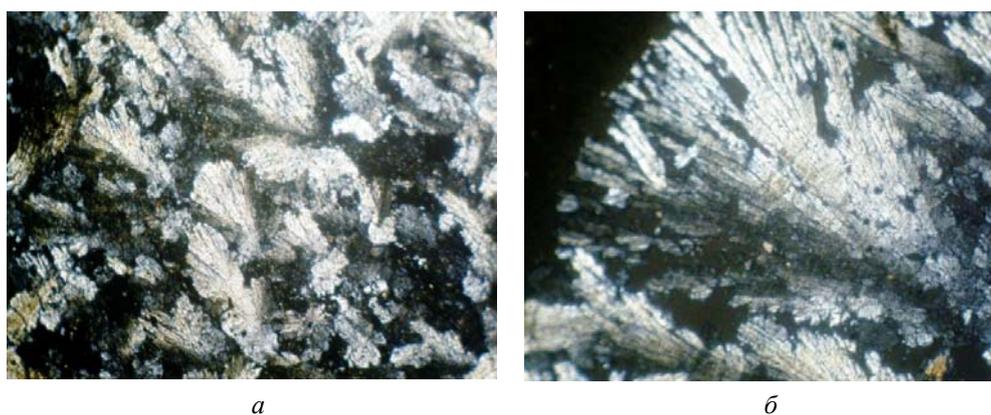


Рис. 7. Фото шлифа стенки баритовой секреции: *a* – средняя часть стенки; *б* – краевая часть стенки со стороны внутренней полости

Табл. 1

Результаты качественного рентгенофлуоресцентного анализа баритовой септарии

Химические элементы	Содержание элементов в различных частях септарии, %		
	Периферия	Средняя часть	Центральная часть
Ba	56.8	84.9	85.4
S	14.4	12.4	13.4
Sr	0.4	0.6	0.9
Fe	2.0	1.2	0.4
Ca	10.9	0.6	
Si	12.8		
Ti	1.6		
K	1.0		

микропримесным минералам, то можно считать, что от краев внутрь баритовых агрегатов происходит увеличение степени их мономинеральности (однородности).

Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Согласно работе [5], баритовые кристаллы в зависимости от условий образования характеризуются определенным комплексом ростовых дефектов. Учитывая этого, было проведено исследование структурных нарушений кристаллической решетки минерала методом ЭПР. Образцы барита для исследования отбирались из различных мест их локализации в зонах конкреций, секреций и септарий.

Так как в подавляющем большинстве зерна барита были очень мелкими и часто в сростках, их предварительно истирали в агатовой ступке до размера ~ 0.1 мм. Запись спектров ЭПР порошков проводилась при комнатной температуре на спектрометре трехсантиметрового диапазона ПС-100Х производства БГУ (г. Минск) как в области нахождения электронно-дырочных центров с разверткой 50 и 100 гс, так и в диапазоне спектров ЭПР ионов Mn^{2+} с разверткой 900 гс. В качестве внутреннего эталона используется интенсивность I_3 линии ЭПР иона $Cr^{3+} : Al_2O_3$. Для измерения концентрации $R = I/(P \cdot I_3)$ в относительных единицах на грамм породы используется характерная (реперная) I линия парамагнитного центра и вес P пробы, помещенной в резонатор.

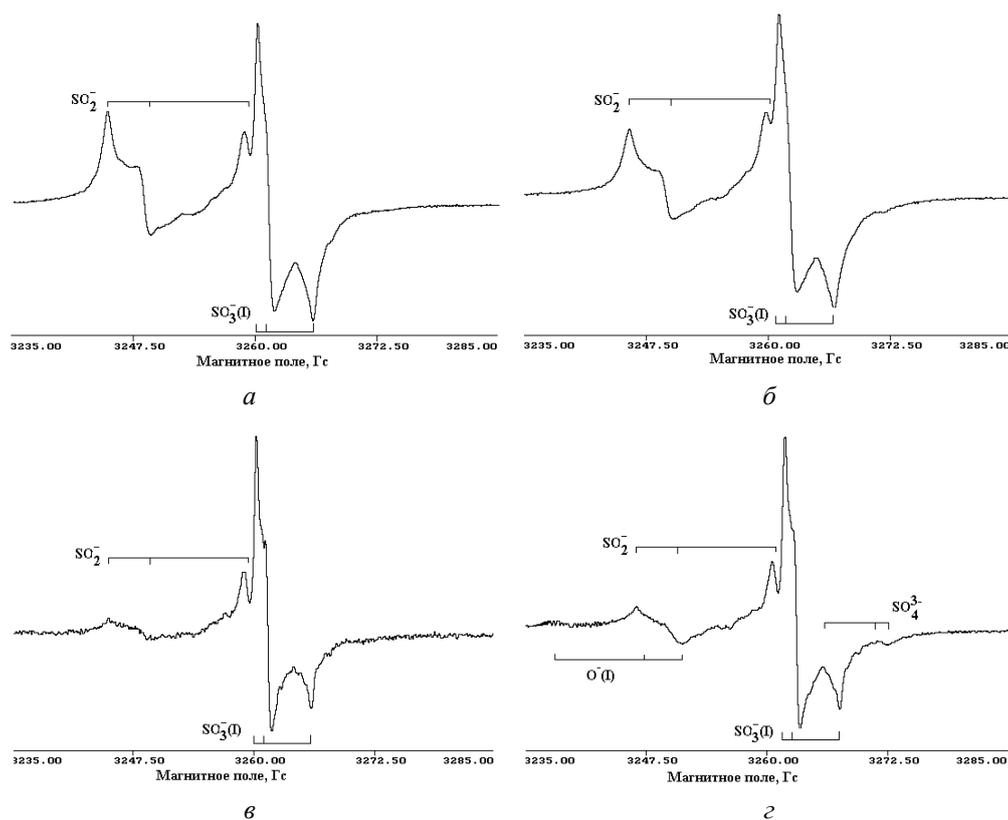


Рис. 8. ЭПР ион-радикалов в исходной баритовой породе: *а* – до облучения (проба № 35); *б* – после облучения (проба № 35); *в* – до облучения (проба № 21); *г* – после облучения (пробы № 21)

Спектр ЭПР исходного порошка (рис. 8, *а, в*), полученного из породы барита внешней зоны секреции (проба № 35 и 21), представлен довольно хорошо разрешенными интенсивными линиями принадлежащими ион-радикалам SO_2^- ($g_{yy} = 2.0126$; $g_{zz} = 2.0105$; $g_{xx} = 2.0033$) и SO_3^- ($g_{xx} = 2.0034$; $g_{yy} = 2.0024$; $g_{zz} = 1.9995$).

Определенные главные значения g -тензоров совпадают с линиями SO_2^- и SO_3^- (I) в спектрах ЭПР, надежно установленных в монокристаллах барита [5, 6]. Облучение рентгеновскими лучами порошка барита (проба № 35) в течение 2 ч увеличивает в 2 и 2.5 раза интенсивность линий ион-радикалов SO_2^- и SO_3^- (рис. 8, *б*) соответственно. При этом появление новых линий для этой пробы не отмечено. В результате облучения исходной пробы № 21 (рис. 8, *г*) интенсивность реперных линий ион-радикалов SO_2^- изменилась в 2.1, а SO_3^- – в 1.2 раза (рис. 8, *г*), при этом замечено появление новых линий $\text{O}^-(\text{I})$ ($g_{xx} = 2.0186$; $g_{yy} = 2.0121$; $g_{zz} = 2.0093$) и SO_4^{3-} ($g_{zz} = 2.0013$; $g_{yy} = 1.9975$; $g_{xx} = 1.9964$). Происходит наложение реперных линий SO_2^- и $\text{O}^-(\text{I})$ двух центров.

Полученные результаты показывают, что все баритовые кристаллы, независимо от места локализации в секрециях или септариях, характеризуются наличием радиационных парамагнитных центров SO_2^- и SO_3^- (табл. 2). При этом во всех объектах фиксируется явное доминирование SO_3^- -центров над SO_2^- -центрами, что указывает на преобладание окислительной обстановки среды в момент

Табл. 2

Структурные характеристики кристаллов BaSO₄ из различных частей баритовых агрегатов

Характеристика образца	Концентрация парамагнитных центров, усл. ед.		Средний размер ОКР, нм
	SO ₂ ⁻	SO ₃ ⁻	
Периферийная часть секреции	35.2	236.5	39.6
Внутренняя часть секреции	25.7	199.6	42.4
Периферийная часть плотной оболочки септарии	107.9	260.2	37.7
	100.2	223.5	
Внутренняя часть плотной оболочки септарии	19	188	41.5
	17.5	168	
	14	125.3	
Мелкие кристаллы пристеночной области септарии (подошва друзы)	11.2	91.4	44.1
Крупные кристаллы из верхней части друзы, выполняющей полость септарии	9.7	84.5	47.3

образования баритовых агрегатов (рис. 8). Анализ особенностей распределения концентраций структурных дефектов в кристаллах барита, слагающих различные зоны секреций и септарий, показывает четкую тенденцию к уменьшению содержания парамагнитных центров от периферии к центру. Следует напомнить, что в этом же направлении наблюдается и увеличение размеров кристаллов BaSO₄ в агрегатах и последовательный рост от периферии к центру среднего размера областей когерентного рассеяния (ОКР) кристаллов BaSO₄, отражающих степень их структурного совершенства (см. табл. 2).

Для выявления новых электронно-дырочных центров, возникающих в процессе перераспределения зарядов в системе точечных дефектов исследуемых баритов, порошки отжигались при температуре 950 °С в течение 30 мин и затем после остывания записывались спектры ЭПР (рис. 9, а, в). На полученных спектрах остались только линии спектра SO₂⁻ ион-радикала, указывающие на их термическую устойчивость. Минералогический состав баритовой минерализации был подтвержден рентгеновской дифрактограммой.

Рентгеновское облучение отожженных при 950 °С порошков барита привело к восстановлению SO₃⁻ ион-радикала и появлению новых электронно-дырочных центров O⁻(I) ($g_{xx} = 2.0186$; $g_{yy} = 2.0121$; $g_{zz} = 2.0093$) и SO₄³⁻ ($g_{zz} = 2.0013$; $g_{yy} = 1.9975$; $g_{zz} = 1.9964$) ион-радикалов (рис. 9, б, з). Результат аналогичен рентгенактивации исходной пробы № 21 (рис. 8, з).

Таким образом, можно констатировать, что в исследуемых пробах барита под действием термического отжига и рентгеновского облучения происходит перераспределение электронных зарядов в системе точечных дефектов, что возможно только в условиях существования подвижных носителей заряда или электронных возбуждений.

Наряду с баритом методом ЭПР были изучены и находящиеся в агрегатах включения кальцитовых зерен, ростовые дефекты которых являются наиболее информативными в плане условий образования. Полученные результаты показывают, что кальцит характеризуется наличием изоморфной примеси Mn²⁺, замещающего Ca²⁺ в кристаллической решетке минерала, и комплексом SO₃⁻,

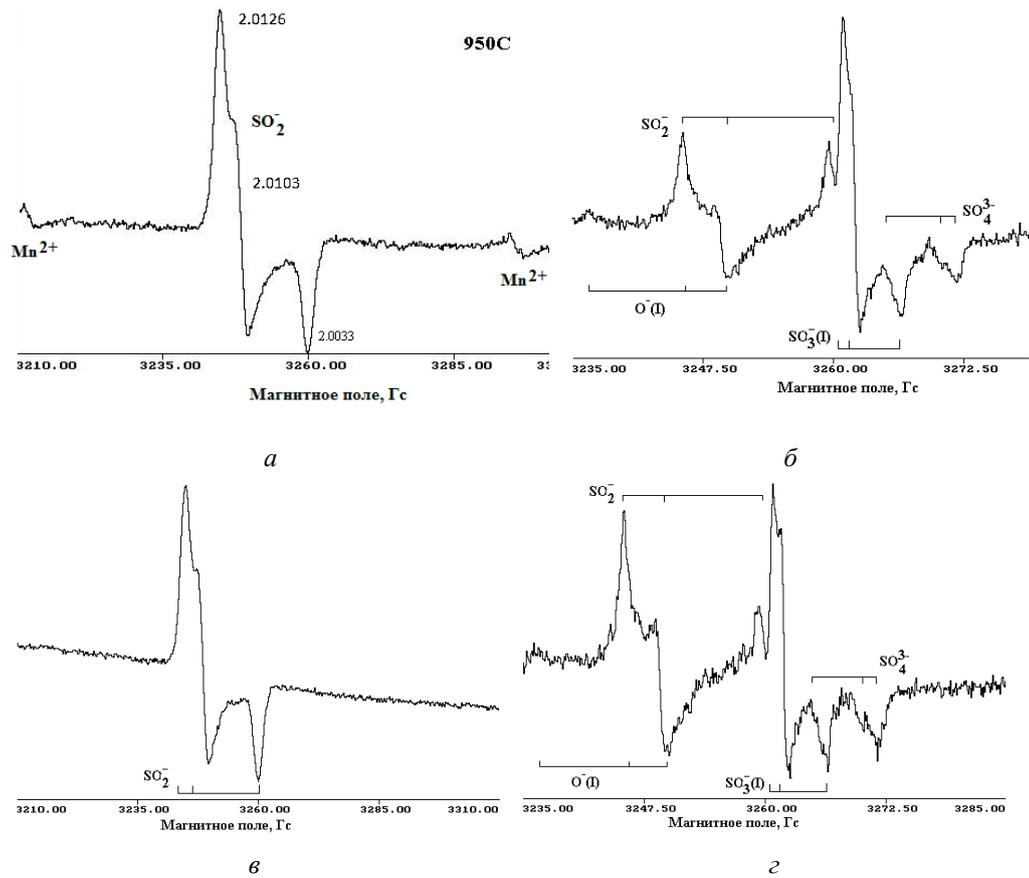


Рис. 9. ЭПР ион-радикалов в баритовой породе после отжига при 950 °С: *а*) до облучения (проба № 35); *б*) после облучения (проба № 35); *в*) до облучения (проба № 21); *г*) после облучения (проба № 21)

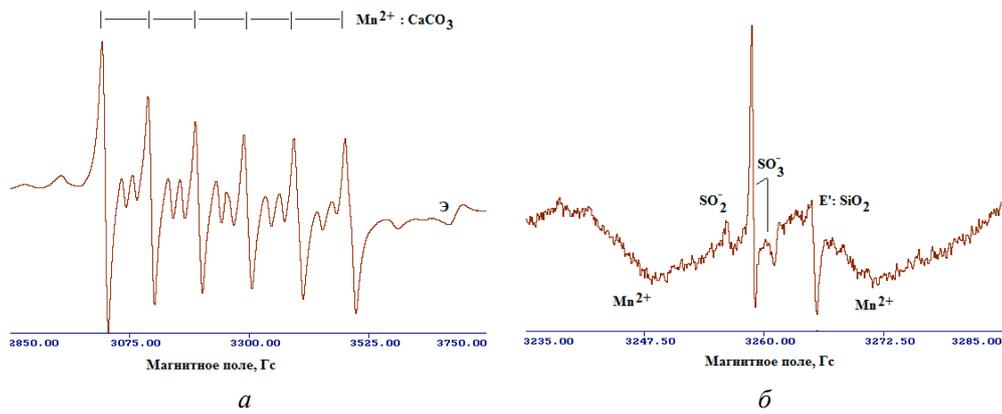


Рис. 10. Спектры ЭПР в различных диапазонах: *а*) линии ионов Mn^{2+} в кальците; *б*) линии ион-радикалов SO_2^- и SO_3^- в кальците и E' -центров кварца, захваченного при формировании секреции

замещающим CO_3 (рис. 10, а). Узкие линии марганца на спектрах ЭПР свидетельствуют, что образование секретий и септарий осуществлялось в морских условиях, а наличие SO_3^- -центров (рис. 10, б) подтверждает доминирование в водной среде осадка окислительной обстановки.

Обсуждение результатов

Особенности залегания и строения баритовых агрегатов позволяют в какой-то степени восстановить условия их образования в терригенных комплексах верхнеюрских отложений. Так, ограниченное пространственное распространение баритовой минерализации в глинистой толще с низкими кларковыми содержаниями Ba^{2+} (0.0039 в глинах, 0.0018 в песках при кларке 0.08), очевидно, указывает на существование каких-то внешних локальных источников, поставляющих вещество в породы, а стратиформный характер их концентрации – об узком временном диапазоне активизации этих источников. Морфология баритовых тел в совокупности с отсутствием в них реликтов вмещающей породы свидетельствует о том, что их образование осуществлялось в вязком илистом осадке. С учетом всего вышесказанного сценарий формирования баритовой минерализации можно представить следующим образом.

Юрский период характеризовался интенсивным проявлением тектонической активности на всей восточной части Русской платформы [7]. На рассматриваемой территории в то время продолжалось развитие Ульяновско-Саратовского прогиба, зародившегося в конце герцинского тектоно-магматического цикла развития Волго-Уральской антеклизы. Столь глобальные события, как правило, сопровождаются повышениями плотности теплового мантийного потока, который собственно и приводит к формированию тех или иных структурно-тектонических элементов [8].

На участках с высоким тепловым потоком толща осадочного чехла способна генерировать значительное количество газовой-жидких внутриформационных флюидов. При определенных условиях, например при раскрытии глубинных разломов, флюиды могли подниматься к поверхности земли, образуя зоны разгрузки в придонной части Среднерусского палеоморя. Глубинные растворы приносили с собой химические элементы, несвойственные для существовавшей в верхнеюрское время седиментационной обстановки, и создавали специфические гидрохимические условия для формирования стратиформной аутигенной минерализации (рис. 11).

Судя по составу конкреций, секретий и септарий, флюиды характеризовались высоким содержанием миграционноспособного Ba^{2+} , концентрирование которого осуществляется только в хлоридных рассолах. Отсюда можно заключить, что разгружающиеся растворы изначально имели хлоридно-натриевый или хлоридно-кальциево-натриевый состав. В зонах субаквального высачивания глубинные хлоридные рассолы смешивались с придонными сульфатсодержащими морскими водами, в результате чего здесь достигалось пресыщение по бариту. В силу своей низкой растворимости BaSO_4 быстро выпадал в осадок, образуя гелиевые сгустки, которые по мере своего увеличения в размерах отесняли неуплотненные глинистые частички. Именно этим и объясняется отсутствие в баритовых агрегатах реликтов вмещающей породы.

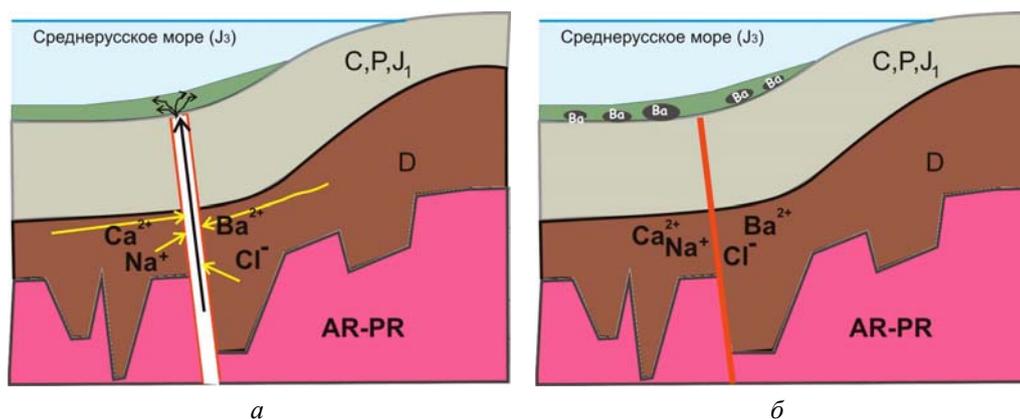


Рис. 11. Принципиальная схема формирования баритовой минерализации: *а* – раскрытие разлома с вертикальным перетоком хлоридно-натровых барийсодержащих рассолов и образованием сипа на дне Среднерусского палеоморя; *б* – образование баритовых агрегатов вокруг области разгрузки глубинных флюидов с последующим закрытием разлома

На внешних границах сгустков отвердевание шло более быстрыми темпами по сравнению с их центральными частями, что привело к формированию плотной периферии, сложенной относительно мелкими баритовыми кристалликами. Во внутренних частях процесс кристаллизации барита был растянут по времени, поэтому пластинчатые кристаллы сумели вырасти до более больших размеров. Различная скорость роста баритовых зерен в агрегатах обусловила зональность распространения дефектов в структуре BaSO_4 , которая проявляется в последовательном уменьшении концентраций ион-радикалов SO_2^- и SO_3^- от периферии к центру конкреций и секретий. При этом во всех кристаллах наблюдается явное доминирование SO_3^- -центров, что указывает на формирование агрегатов в условиях окислительного потенциала среды, характерного для придонных областей морских бассейнов. Быстрая кристаллизация баритов способствовала образованию в их структуре некомпенсированных подвижных носителей заряда, наличие которых выявляется по появлению на спектрах ЭПР линий $\text{O}^-(\text{I})$ и SO_4^{3-} ион-радикалов при рентгеновской и термической активации образцов.

В процессе раскристаллизации полужидких гелиевых сгустков, очевидно, происходило равномерное сокращение их внутреннего объема, что привело к образованию центральных полостей, повторяющих внешнюю форму секретий. При неравномерной усадке, по-видимому, образовывались радиальные трещины, расходящиеся во все стороны от центральной внутренней полости, таким образом формировались септарии. Впоследствии из остаточного кристаллизационного раствора отлагался барит поздней генерации, который выполнял трещины синерезиса либо выстилал стенки секретий крупными пластинчатыми кристаллами.

При формировании конкреций гелиевые сгустки, по-видимому, изначально имели более плотную структуру, что помешало их внутреннему сжатию и растрескиванию. Процесс зарождения и роста баритовых кристаллов, очевидно, шел быстрыми темпами и в стесненных условиях. Поэтому все конкреционные агрегаты сложены небольшими по размерам (0.05–0.1 мм), хаотично расположен-

ными пластинчатыми кристаллами $BaSO_4$. При наличии поблизости от придонного сипа твердых органических остатков или фосфатных обособлений барит использовал их в качестве кристаллизационной подложки. В этом случае формировались зональные конкреции.

Судя по минеральному выполнению конкреций, очевидно, что поступающие глубинные растворы эволюционировали во времени. При этом каждый этап их развития отражался на составе концентрических зон, слагающих конкреционные образования.

На примере барит-гипс-пиритовых агрегатов хорошо видно, что первичные, обогащенные барием растворы сменяются сначала кальциевыми, затем железокальциевыми, а после железосодержащими флюидами. При этом постепенно меняется и их редокс-потенциал. Если в начальный момент открытия сипа преобладал окислительный потенциал, то ближе к закрытию сипа – явно восстановительный. По-видимому, в области придонных высачиваний создавались условия для развития сульфатредуцирующих микробных сообществ. На это указывает большое распространение фрамбоидальных пиритовых агрегатов внутри и вокруг баритовых конкреций.

Таким образом, баритовую минерализацию в глинистых отложениях кимериджского яруса с большой долей вероятности можно рассматривать в качестве маркеров придонных палеовысачиваний глубинных растворов. Нечто подобное, только в более явно выраженном варианте, в настоящее время фиксируется в пределах восточной части впадины Дерюгина Охотского моря [9]. В соответствии с принципом актуализма между этими разновозрастными событиями, имеющими общий конечный результат в виде баритовой минерализации, можно провести событийную аналогию, показывающую возможность реализации аналогичного процесса и в предыдущие эпохи.

Summary

E.A. Korolev, N.N. Umarova, R.A. Khasanov, N.M. Nizamutdinov, N.M. Khasanova, V.M. Nikolaeva, E.I. Akdasov. The Barites of the Upper Jurassic Terrigenous Complexes in the Western Part of Tatarstan.

An analysis of the barites in the Upper Jurassic sediments of the western part of Tatarstan has been carried out. Three basic morphogenetic forms of barite mineralization (concretions, secretions, and septaria) have been found. The formation mechanisms of the above-named aggregates have been studied.

Key words: Upper Jurassic sediments, barite, concretions, secretions, septaria, genesis.

Литература

1. Ноинский М.Э. Самарская Лука. – Казань: Тип.-лит. Имп. ун-та, 1913. – 768 с.
2. Низамутдинов А.Г. Распределение микроэлементов в осадочных формациях мезокайнозоя Ульяновского Поволжья // Труды Геол. ин-та: Стратиграфия, палеогеография и полезные ископаемые мезокайнозоя Урало-Поволжья. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1971. – Вып. 29. – С. 139–152.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. серия Средневожская. Листы N-38-XII, N-39-VII. Объяснительная записка. – М.: Изд-во С.-Петерб. картограф. фабрики ВСЕГЕИ, 1999. – 160 с.

4. Годовиков А.А., Степанов В.И. Формы нахождения минералов. – М.: Ассоциация Экост, 2002. – 64 с.
5. Хасанов Р.А., Ахманов Г.Г., Бахтин А.И., Винокуров В.М. Электронно-дырочные центры в баритах как типоморфный признак минерала // Физика минералов и горных пород. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1985. – С. 33–41.
6. Бахтин А.И., Хасанов Р.А., Винокуров В.М. ЭПР и оптические спектры поглощения некоторых дефектных центров в баритах и целестинах // Состав, структура и свойства минералов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1973. – С. 84–90
7. Панов Д.И., Шиханов С.Е., Беленев П.О. Этапы развития Русской плиты в юрском периоде и их корреляция с этапами развития Крыма и Кавказа // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд-ние геол. – 2005. – Т. 80, Вып. 1. – С. 26–36.
8. Поляк Б.Г. Тепломассопоток из мантии в главных структурах земной коры. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
9. Кулинич Р.Г., Обжиров А.И. Барит-карбонатная минерализация, аномалии метана и геофизические поля во впадине Дерюгина (Охотское море) // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22, № 4. – С. 35–40.

Поступила в редакцию
14.05.12

Королев Эдуард Анатольевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: Edik.Korolev@ksu.ru

Умарова Наиля Нуриевна – кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества Казанского национального исследовательского технологического университета.

E-mail: nailyaumarova@yandex.ru

Низамутдинов Назым Минсафович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры минералогии и петрографии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: Nazim.Nizamutdinov@ksu.ru

Хасанова Наиля Мидхатовна – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник НИЛ физики минералов и их аналогов кафедры минералогии и петрографии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: Nailia.Khasanova@ksu.ru

Хасанов Равиль Абдрахманович – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП ЦНИИГеолнеруд, г. Казань.

Николаева Валерия Михайловна – студент Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

Акдасов Эдуард Ильдарович – старший преподаватель кафедры региональной геологии и полезных ископаемых Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: bocman302@ksu.ru