

## СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНО-ДИАГЕНЕТИЧЕСКИХ ПИРИТОВЫХ КОНКРЕЦИИ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*В. М. Николаева, Э. А. Королев, О. П. Шиловский, Р. И. Хамадиев*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань,  
Edik.Korolev@ksu.ru*

Верхнеюрские отложения западной части Республики Татарстан представлены мелководно-морским глинисто-терригенным комплексом, в составе которого преобладают зеленовато-серые известковистые глины с маломощными (до 1.0 м) прослойками алевролитов и песчаников со знаками волновой ряби. На отдельных стратиформных уровнях глинистые породы обогащены осадочно-диагенетическими пиритовыми конкрециями, образующими поля рудной минерализации площадью до 5.0 км<sup>2</sup>. Локальные области распространения и приуроченность пиритовых агрегатов к определенным слоям разреза позволяют рассматривать их в качестве следов придонных высачиваний элизионных флюидов в период развития Среднерусского палеоморя [Николаева, Королев, 2010].

Одной из характерных особенностей минеральных образований зон холодноводных высачиваний является их относительно быстрый рост, обусловленный постоянным подтоком питательного вещества и высокой скоростью процессов биохемогенной фиксации поступающих элементов [Демина и др., 2007]. В результате этого часто формируются структурно нестабильные аутигенные агрегаты. Слагающие их кристаллы, стремясь достичь равновесия с окружающей внешней и существующей внутренней средой, постепенно начинают трансформироваться в более устойчивые формы.

Рассматриваемые пиритовые конкреции в данном контексте не являются исключением. Исследования аншлифов, протравленных в азотной кислоте, и поверхностей сколов агрегатов с помощью электронного растрового микроскопа (РЭММА-202М), позволило установить в них многочисленные формы проявления вторичного пирита.

Наиболее интенсивно структурные преобразования исходных зерен дисульфида железа осуществляются по периферии конкреций. Практически все изученные агрегаты характеризуются наличием внешней оторочки, сложенной более крупными кристаллами пирита удлинённого облика (рис. 1). Мощность такой периферийной зоны может варьировать от 0.5 до 3.0 мм. В ее пределах шестоватые пиритовые кристаллы образуют сростки, в которых индивиды расположены субпараллельно друг другу. По направлению к внешней оторочки отчетливо прослеживается тенденция увеличения размеров кристаллов и степени упорядоченности их расположения в параллельном срастании. Внутри наиболее крупных пиритовых индивидов прослеживаются включения сгустков микрозернистых агрегатов. Очевидно, они являются реликтами исходного минерального вещества захваченного в процессе роста метакристаллами вторичного пирита.

Помимо внешней оторочки новообразованные зерна FeS<sub>2</sub> выполняют трещины синерезиса внутри конкреций (рис. 2). В этом случае среди микрозернистой массы формируются прожилковые и линзовидные формы вторичных пиритовых агрегатов. В одних случаях трещины синерезиса лишь частично выполнены аутигенным пиритом, в других – залечены полностью. При частичном выполнении трещинного пространства кристаллы пирита растут от стенок к центру полости. В результате на противоположных сторонах трещин образуются корочки, сложенные параллельно-шестоватыми кристаллами FeS<sub>2</sub>. Постепенно развиваясь агрегаты сближаются друг с другом сужая трещинный канал. Однако, полного слияния между ними не происходит, всегда остается четкая граничная линия, отделяющая одну корочку от другой. В случае полного выполне-

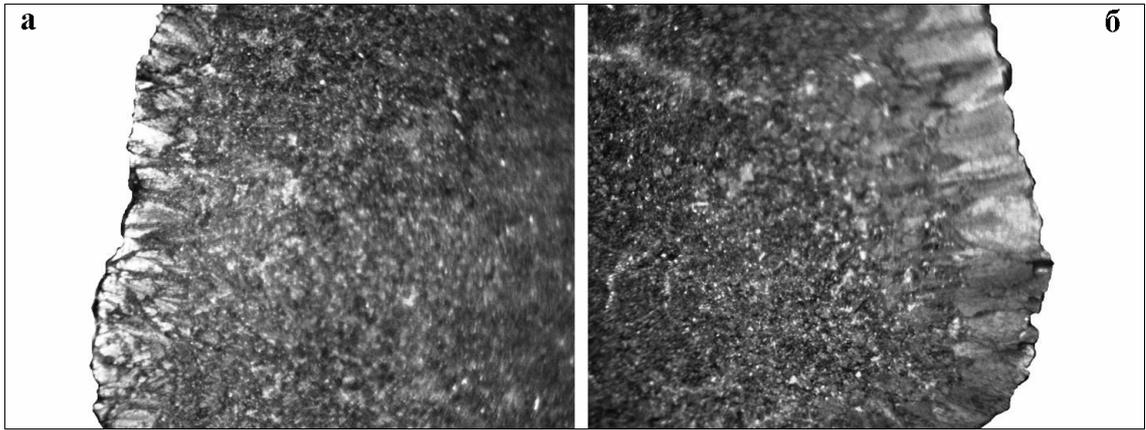


Рис. 1. Фото поверхностей спила краевых частей пиритовых конкреций.

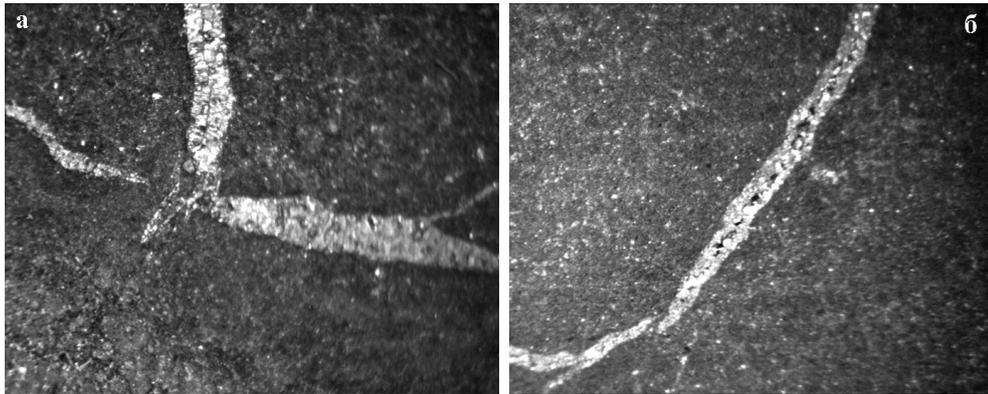


Рис. 2. Фото трещин синерезиса в пиритовых конкрециях, выполненных вторичным пиритом.

ния трещин образуются тонкозернистые агрегаты, в которых центральный канал отсутствует. Размеры пиритовых зерен примерно одинаковые, преобладают ксеноморфные формы, что отличает их от ранее рассмотренных корковидных образований.

Наряду с агрегатами в микрозернистой массе пиритовых конкреций встречаются и новообразованные кристаллы  $\text{FeS}_2$ . В отличие от выше рассмотренных сростков, они образуют не многогранные, а скелетные формы, обособленные в плотной матрице «материнской» фазы (рис. 3). Преобладают реберные скелетные кристаллы, состоящие из взаимно пересекающихся под прямым углом ребер куба. Многие из них осложнены комбинациями из граней куба, которые образуют дендритные формы. Размеры скелетных кристаллов, как правило, не превышают 100 мкм. Обычно вокруг них в микрозернистой массе пиритовых конкреций формируется область разуплотнения, за счет частичного растворения первичного минерального вещества.

Выше рассмотренные структурные преобразования, очевидно, отражают этапы эволюционного развития осадочно-диагенетических пиритовых конкреций в донном илистом осадке Среднерусского палеоморя. Следует напомнить, что диагенетические пиритовые конкреции проходят несколько стадий своего развития. Сначала биохемогенным путем образуется коллоидный сгусток, состоящий из моносulfида железа ( $\text{FeS}$ ) и гидротроилита ( $\text{Fe}(\text{HS})_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ ). Последний, постепенно обезвоживаясь, так же трансформируется в  $\text{FeS}$ . С течением времени молекулы моносulfида захватывают атомы элементарной серы, переходя в более устойчивый дисulfид железа ( $\text{FeS}_2$ ).

По-видимому, в период формирования пиритовых конкреций зерна моносulfида железа активно взаимодействовали с придонной морской водой, обогащенной сероводородом. За счет этого, процессы преобразования  $\text{FeS}$  в  $\text{FeS}_2$  по периферии sulfидных

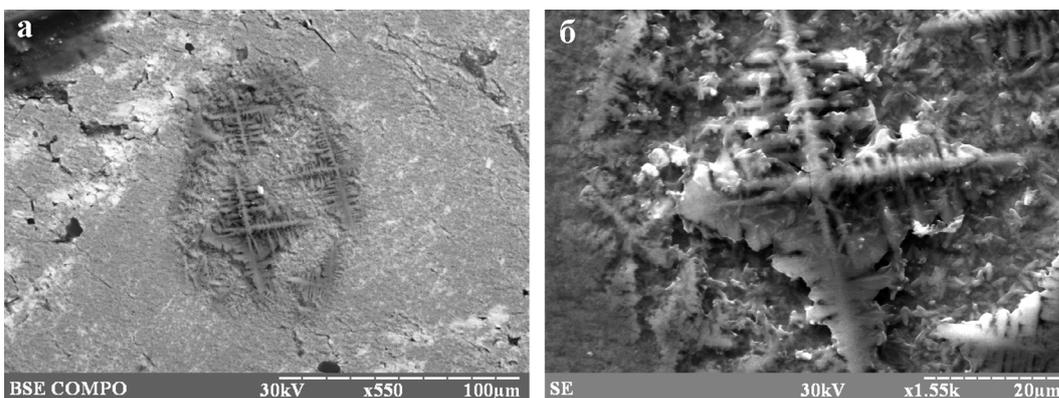


Рис. 3. Фото поверхности скола конкреции, на которой развиваются скелетные кристаллы пирита.

агрегатов протекали более интенсивно. В результате вокруг микрозернистых конкреционных образований сформировалась плотная пиритовая оторочка, состоящая из перекристаллизованных крупнозернистых агрегатов. В последующем это периферийная корочка предохраняла внутренние части конкреций от внешнего воздействия, делая их более устойчивыми к меняющимся условиям среды.

Одновременно с образованием внешних оторочек или несколько позднее внутри конкреций шел процесс обезвоживания гидротроилита с последующим его переходом в FeS. Фазовая трансформация, очевидно, сопровождалась уменьшением объема твердого вещества, что приводило к появлению трещин синерезиса. Моносulfид железа, имея нестабильную структуру, под действием поровых растворов постепенно преобразовывался в пирит. При этом часть растворенного вещества мигрировало в полости трещины, где и отлагалось в виде пиритовых корочек и тонкозернистых агрегатов.

В плотной микрозернистой матрице конкреций диффузионное перераспределение вещества обуславливало перекристаллизацию первично структурно-неупорядоченных фаз в более стабильные кристаллы. Точками зарождения кристаллов, по-видимому, являлись области, где спонтанно создавались относительно высокие пересыщения поровых растворов. В последствие, затрудненная в неподвижном растворе миграция ионов создавала предпосылки для развития скелетных индивидов пирита. Дозированный массоперенос обеспечивал развитие лишь наиболее быстрорастущих кристаллографических элементов, формируя реберные кристаллы FeS<sub>2</sub>.

Таким образом, период формирования осадочно-диагенетических конкреций пиритов сопровождается достаточно интенсивной структурно-вещественной перестройкой слагающего их первичного минерального материала. Ведущими факторами подобного процесса являлись контактное взаимодействие краевых частей агрегатов с морской водой, насыщенной сероводородом, и структурная нестабильность исходных фаз сульфидов железа.

### Литература

Демина Л. Л., Галкин С. В., Лейн А. Ю. Бионакопление микроэлементов бентосным сообществом гидротермального поля 9°50' с.ш. ВТП // Геологии морей и океанов: Материалы XVII Международной научной конференции по морской геологии. Т. II. М.: ГЕОС, 2007. С. 24–26.

Николаева В. М., Королев Э. А. Аутигенная пиритовая минерализация в юрских отложениях Среднерусского моря как признак придонных просачиваний глубинных флюидов // Материалы XVI молодежной научной школы «Металлогения древних и современных океанов – 2010. Рудоносность рифтовых и островодужных структур». Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. С. 279–282.