

Ю.М. ДЫМКОВ, В.А. СЛЁТОВ

СОВМЕСТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ И ЗЕРНИСТЫХ АГРЕГАТОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ "ОТСТОЙНИКАХ"

На дне друзовых пустот, на выступах лежачего бока и над брекчиевыми пробками крустификационных гидротермальных жил, а также на дне карстовых полостей можно обнаружить субгоризонтально-слоистые зернистые агрегаты минералов. Такого рода агрегаты по текстурным особенностям мало чем отличаются от осадков современных природных и техногенных отстойников, на дне которых в виде таких же горизонтальных слоев отлагается песок, ил, современные минералы и искусственные химические соединения.

В предлагаемой заметке разобрано несколько примеров минералогических отстойников, в которых удалось наблюдать совместное образование зернистых агрегатов и растущих в них кристаллов тех же минеральных видов.

В образце флюорит-баритового отстойника из крустификационных жил Усуглинского месторождения (Забайкалье)¹ прослеживаются некоторые закономерности роста кристаллов барита одновременно с образованием зернистого агрегата барита, флюорита, белого глинистого материала (рис. 1). Отдельные слои тонкозернистого или фарфоровидного агрегата в виде волнистой, косослоистой корки, покрывающего дно отстойника, отличаются соотношением в них барита и флюорита и окрашены в различные по интенсивности голубые тона, что позволяет четко восстановить геометрию роста корки.

Слоистый агрегат отложился на друзовую корку зеленого (ниже — фиолетового) флюорита (см. рис. 1, 1) верхней части крупной кокарды. В основании слоистого агрегата можно проследить ряд тончайших крустификационных корок фиолетового флюорита, разделенных фарфоровидными слоями, — серию ритмов: микрошетки флюорита — зернистый агрегат (2). К первым ритмам приурочены многочисленные мелкие разобщенные кристаллы барита (3). Часть из них послужила затравками для более крупных баритовых кристаллов (4). Заканчивается флюорит-баритовая субгоризонтальная корка слоем зернистого, преимущественно флюоритового, агрегата с обломками раннего флюорита (5). Флюорит частично замещает слоистый агрегат и более поздний зернистый агрегат барита (6). В пустоте (7) выступают таблитчатые и призматические кристаллы барита (8) и кубические кристаллы светлоокрашенного позднего флюорита (9), обрастающего обломки кокард фиолетового флюорита (1).

Рисунок не отражает количественных соотношений флюорита и барита в отдельных слоях зернистого агрегата, подчеркивая лишь геометрию слоев, отличающихся по окраске. В прозрачных шлифах можно видеть незакономерное чередование слоев тонкозернистого флюорита, содержащего по меньшей мере 1–2% каолинита, слоев преимущественно флюоритовых, с вкрапленностью кристаллических зерен барита, слоев преимущественно баритовых и флюорит-баритовых.

Отдельные слои флюорита содержат вкрапленность идиоморфных удлинённых кристаллов барита. Среди них можно выделить три-четыре зарождения, отличающиеся размером кристаллов (например, 1-е зарождение 100–150 мкм, 2-е — около 50 мкм, 3-е — около 10 мкм). Зернистые слои барита сложены сросшимися зернами с извилистыми границами, к которым приурочены цепочки мельчайших разобщенных кубов флюорита. Кубические кристаллы флюорита в кристаллических зернах барита, имеющих 0,3–0,5 мм в поперечнике, достигают 15 мкм, чешуйки минерала группы каолинита — примерно 20 мкм.

¹ Образец получен от Т.Н. Чвилевой (ИМГРЭ). Судя по окисленным сульфидам и брекчиевой текстуре флюоритовых руд, образец характеризует верхние части жил Усуглинского месторождения [1].



Рис. 1. Строение флюорит-баритового отстойника (гравитационная текстура одновременного роста) на поверхности флюоритовой кокарды, месторождение Усуглинское

Зарисовка полированного штуфа: черное — флюорит; белое — барит. 1—9 — пояснение в тексте

Нет признаков замещения или коррозии одного минерала другим; часто встречаются пойкилиты барита, свидетельствующие о росте зерен барита в каком-то вязком осадке (в иле), содержащем мельчайшие взвешенные кристаллы флюорита.

Рассмотрим ориентировку и морфологию кристаллов барита. Прежде всего намечаются признаки своеобразного геометрического отбора: кристаллы, ориентированные под небольшим углом к основанию, практически отсутствуют, в связи с консервацией таких зародышей зернистым материалом. Количество разобщенных кристаллов барита убывает по мере их укрупнения — факт, свидетельствующий о близости скоростей отложения осадка и роста лишь субвертикально ориентированных кристаллов. Одновременно с ростом крупных кристаллов в моменты замедления отложения осадка появляются, но быстро консервируются несколько зародышей мелких призматических кристаллов барита.

Показательно, что многие крупные кристаллы барита могли разрастаться лишь ребрами, образуя скелетные кристаллы. В морфогенетическом отношении ступенчато-конические основания таких кристаллов барита сходны с основаниями ступенчатых кристаллов берилла [2]. Они являются индукционными по своей природе и свидетельствуют об одновременном формировании кристалла и осадка или зернистого агрегата. Участки расширения кристаллов барита — показатели увеличения относительной скорости роста кристаллов барита по сравнению со скоростью отложения осадка (осаждения зернистого агрегата) или перерыва в осаждении последнего.

Сходные структуры совместного образования лучистых сростков кристаллов и глинисто-кальцитового осадка, перешедшего затем в зернистый агрегат кальцита, обнаружены в кальцитовых жилах Хайдарканского ртутного месторождения. В лежачем боку жил и особенно в раздувах часто наблюдаются субгоризонтально-полосчатые агрегаты, сложенные зернистым кальцитом (рис. 2). Основная масса таких агрегатов состоит из плотного тонкозернистого кальцита, содержащего примесь глинистого материала и окрашенного тонкодисперсным гематитом (рис. 2, 2). Наблюдаются прослои, сложенные существенно глинистым материалом (3). Отдельные слои агрегата тонкозернистые, другие (реже) — крупнозернистые; встречаются прослои, сложенные округлыми пизолитами концентрически-зонального строения (4). В пределах одного слоя можно видеть признаки гравитационной сортировки материала по размеру частиц: в основании слой сложен относительно более крупными зернами кальцита.

В отмеченных кальцитовых жилах наблюдается повсеместно переслаивание зон, сложенных зернистым осадком, с зонами друзового строения (рис. 2). В от-

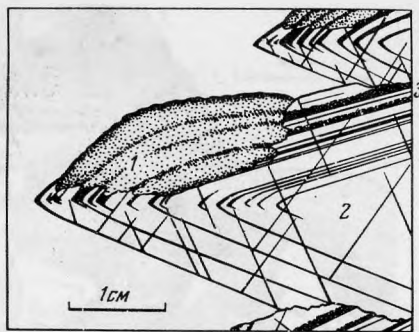
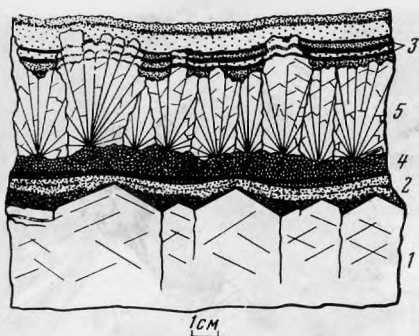


Рис. 2. Строение донной части кальцитовый крустификационной коры с участками одновременного образования лучистых сростков и зернистого агрегата (верхняя часть разреза), месторождение Хайдаркан

Зарисовка полированного штуфа. 1–5 – пояснения в тексте

Рис. 3. Включения зернистых осадков кальцита (1) в скаленоздрических кристаллах (2) с зонами, насыщенными дисперсным гематитом (3), Уч-Курган (район месторождения Чаувайское). Деталь штуфа

дельных участках возникают структуры одновременного роста друзы лучистых сростков кристаллов кальцита (рис. 2, 5) и зернистого агрегата. Характерен прогиб слоев осадка между кристаллами кальцита, грубые "индукционные" поверхности кристаллов на контакте с зернистым агрегатом, маркировка отдельных зон кристалла глинистым материалом.

Число примеров одновременного образования осадка и кристаллов в отстойниках нетрудно увеличить, привлекая объекты из других крустификационных жил и месторождений².

С другой стороны, рассмотренные примеры одновременного образования индивидов и агрегатов в отстойниках позволяют по-иному расшифровать ряд аналогичных гравитационных текстур, рассматривавшихся ранее как текстуры перекристаллизации.

Наиболее показательна в этом отношении интерпретация слоистых агрегатов полосчатого мелкозернистого кварца с шестоватыми "метакристаллами" ("метабластами") кварца из Забайкалья, изображенных на рис. 4 и 5 в работе А.А. Ивановой [4] и на рис. 31 у В.С. Кормилицина [5], а также "бластокристаллов" кальцита во "вторичном известняке" из Средней Азии, специально изученных А.В. Скропышевым [6].

В первом случае геологические условия нахождения, характерный прогиб слоев тонкозернистого кварца или адуляра около кристаллов кварца и обволакивание отдельных крупных кристаллов кварца тонкозернистым агрегатом, зоны геометрического отбора и ритмические крустификационные текстуры при направленности разрастания друз в одну сторону – все это свидетельствует об образовании кварц-адуляровых агрегатов и агрегатов из отстойников, рассмотренных нами выше, единым способом.

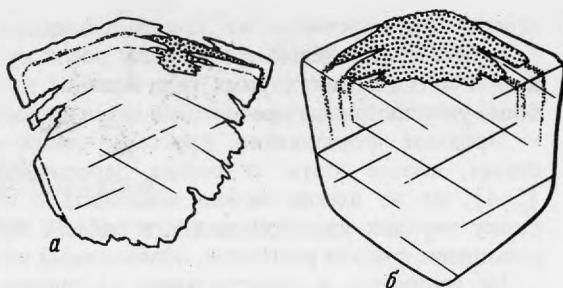
Аналогичные осадки в лежащем боку асимметричной жилы описаны А.В. Скропышевым [6]. Здесь кристаллы кальцита развивались не путем перекристаллизации, как это предполагает автор, а росли одновременно с отложением тонкозернистого агрегата кальцита с примесью гидрослюд и окислов железа ("вторичный известняк" по терминологии А.В. Скропышева). Доказательством этому служат текстурно-структурные особенности осадков, сходные с охарактеризованными примерами текстур из отстойников, признаки расщепления граней кристаллов кальцита и переход их в многоглавый скелетный рост ("своеобразные углубления"), геометрия взаимоотношений кристаллов, столбчатых корок и тонкозернистых осадков кальцита.

Естественно, что при одновременном росте не происходит характерное для перекристаллизации (но не наблюдаемое в "перекристаллизованном" известняке

² Несколько более сложный пример мы видим на рис. 11, в [3].

Рис. 4. Поперечные срезы скалено-эдрических кристаллов кальцита с включениями зернистого осадка (Уч-Курган)

a — форма природного растворения, *б* — первичная форма



ке) постепенное укрупнение зерен вокруг "бластокристаллов" — факт, отмеченный А.В. Скропышевым [6], но не нашедший своего объяснения.

Отметим, что расшифровка структур (текстур) одновременного роста практически однозначна, поскольку существуют все переходы в аналогичных морфогенетических взаимоотношениях "индивид — агрегат" среди гравитационно текстурированных агрегатов: от индивидов (кристаллов и сферолитов) в массе зернистого агрегата до скоплений зернистого агрегата в массе одного индивида.

Ниже дается пример другого крайнего случая одновременного образования кристаллов и зернистых агрегатов.

В районе Чаувайского месторождения ртути была обследована крупная полость раздува мощной кальцитовой жилы, инкрустированной друзовой корой, завершающейся скаленоэдрическими кристаллами кальцита. Кристаллы до 5 см длиной; верхние части их окрашены карстовой глиной или дисперсным гематитом в красный цвет (рис. 3). Полость достигает 15 м в поперечнике, уплощена в наклонной, почти вертикальной плоскости и имеет много боковых ответвлений. Дно полости представляет собой глыбовый завал. В составе глыб — вмещающие жилу известняки и обломки кальцитовой коры потолка полости. Характерно, что глыбы оказываются всесторонне обросшими скаленоэдрами кальцита, что указывает на их обрушение еще в заполненной минералообразующим раствором полости во время продолжавшегося роста кальцитовых друз. Обрушения меньших масштабов неоднократно происходили и впоследствии, на что указывают присыпки многочисленных обломков, неодинаково глубоко вросших в кристаллы кальцита. В состав присыпок входят обломки кристаллов кальцита и вмещающих жилу известняков.

На рис. 3 и 4 индивид выступает в качестве "хозяина", или субстрата, на котором одновременно с ним на верхней части скаленоэдров формируется зернистый агрегат кальцита и глинистого материала. Поскольку рост кристаллов происходит от вершин и ребер, часть осадка в момент прекращения осаждения материала обрастала кальцитом, а осадок в целом локализовывался в виде пятна с угловатыми в плане контурами. При отделении агрегата, а также при частичном (рис. 4, *a*) или полном растворении его, на кристалле остается ступенчатое углубление с площадками погребенных граней скаленоэдра, свидетельствующими о колебаниях относительных скоростей роста кристалла и осаждения зернистого агрегата.

Любопытно, что в таких условиях, как это видно на рис. 3, агрегат приобретает некоторые внешние черты сходства со сферолитовыми корками, растущими совместно с кристаллом. И в том и в другом случае геометрия корок определяется послойным отложением вещества, независимо от того, отлагалось ли оно кристаллографически упорядочено (в кристаллах и сферолитах) или неупорядоченно (в зернистых агрегатах).

Факты совместного роста кристаллов и зернистых агрегатов одного и того же минерала не единичны³ и представляют большой генетический интерес. Условия, при которых скорость роста граней кристалла и скорость осаждения (консолидации?) зернистого осадка практически равны, по-видимому, могут осуществляться различным способом. Так, например, в гетерогенных растворах, т.е. растворах, содержащих жидкую и дисперсную твердую фазы [9], в то время как зернистый

³ Например, факты совместного роста зернистого (с гематитом) агрегата и кристаллов флюорита [7, 8].

агрегат формировался из зародышей-микроблоков, оседающих под действием силы тяжести, отдельные индивиды росли путем ориентированного присоединения к ним частиц молекулярных (или близких к ним) размеров, что позволило строить более упорядоченные самоочищающиеся в процессе роста кристаллы⁴.

Массовое образование кристаллических зародышей-микроблоков свидетельствует, скорее всего, о резких пересыщениях в результате падения давления [5; 4], но не всегда можно исключить и обратный вариант — например, закупорку верхних участков жил и в связи с этим резкое повышение давления и пересыщение фтором растворов, обогащенных кальцием⁵.

Не исключено и существование различных условий в растворах, выполняющих одну полость. Так, осадки на поверхности кристаллов, изображенных на рис. 3, могли возникнуть из осаждающихся нерастворимых частиц или реликтов, образовавшихся при растворении или диспергировании вмещающих известняков в своде полости, в то время как в нижних частях происходил рост скаленоздров из слабо пересыщенных растворов.

Представления о непременно нисходящем течении растворов как причине образования слоистых зернистых агрегатов [5; 4], по меньшей мере не обоснованы. Бугристая поверхность и следы течения сверху вниз — указатели перемещения неконсолидированных дисперсных или коллоидных осадков под действием силы тяжести, которое может происходить и навстречу потоку. Дисперсные частицы оседают не только при движении растворов снизу вверх⁶, но и при застойном режиме и в условиях ламинарного течения снизу вверх в участках завихрения и при снижении скорости потока. Косая слоистость зернистого осадка (см. рис. 1) позволяет провести некоторую аналогию с русловыми отложениями и, может быть, служит указанием на субгоризонтальное перемещение осевшего под действием силы тяжести вещества.

Совместный рост кристаллов и зернистых агрегатов свидетельствует о близости скоростей роста граней и формирования слоев зернистого агрегата. Геометрия совместного роста кристалла-«хозяина» и кристалла-включения и геометрия совместного роста слоистого зернистого агрегата-хозяина и кристалла-включения имеют элементы сходства. В отмеченных примерах она определяется соотношением скоростей осаждения слоев осадка и слоев растущего среди них индивида (кристалла или сферолита). Аналогичные взаимоотношения возникают при любом послонном и синхронном отложении вещества агрегата и индивида, например при послонном разрастании радиально-пластинчатых агрегатов мусковита, одновременно с которыми росли ступенчатые кристаллы берилла [2], при разрастании сферолитов, растущих на гранях кристаллов [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ф.Я. Корытов*. О зональности и рудных столбах на флюоритовых месторождениях Забайкалья. — В кн.: Проблемы образования рудных столбов. М.: Наука, Новосибирск, 1972.
2. *Г.А. Дымкова* — К онтогении ступенчатопирамидальных кристаллов берилла — В кн.: Генезис минеральных индивидов и агрегатов (онтогения минералов). М.: Наука, 1965.
3. *Ю.М. Дымков, В.В. Казанцев, В.А. Любченко*. Крустификационные карбонатные жилы уран-арсенидного месторождения. — В кн.: Месторождения урана: зональность и парагенезисы, М.: Атомиздат, 1970.
4. *А.А. Иванова* — Флюоритовые месторождения Восточного Забайкалья. М.: Недра, 1974.
5. *В.С. Кормилицин*. Рудные формации и процессы рудообразования (на примере Забайкалья). Л.: Недра, 1973.
6. *А.В. Скропышев*. О перекристаллизации кальцита и распределении механических примесей в кристаллах. Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1961, ч. 90, вып. 5.
7. *Д.П. Григорьев*. Онтогения минералов. Изд-во ЛГУ, 1961.
8. *Ю.М. Дымков* — Одновременный совместный рост кристаллов и сферолитов. — В кн.: Тр. Минералогического музея АН СССР, 1957, вып. 8.
9. *Н.П. Юшкин*. Теория микроблочного роста кристаллов в природных гетерогенных растворах. — Изд. Коми ФАН СССР, Сыктывкар, 1971.

⁴ Представление о росте кристаллов одновременно из блоков и "молекул" впервые было высказано Е.С. Федоровым [10].

⁵ Д.П. Григорьев [7] рассматривает зернистый агрегат как скопление осколков минерала, образовавшихся при тектонических подвижках.

⁶ Структуры, подобные охарактеризованным для отстойников, можно встретить и на поверхности отдельных участков арагонитовых сталактитов из пещер Казахстана (образцы Н.И. Волкова).