

К ОНТОГЕНИИ КРИСТАЛЛИКТИТОВЫХ И ГЕЛИКТИТОВЫХ АГРЕГАТОВ КАЛЬЦИТА И АРАГОНИТА ИЗ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР ЮЖНОЙ ФЕРГАНЫ

Анализ строения и выявление условий зарождения, роста и растворения минеральных агрегатов карстовых пещер приобретает особый интерес в виду того, что процесс минералообразования в пещерах отчасти продолжается непосредственно на наших глазах, так что продукты кристаллизации могут быть исследованы одновременно с условиями, в которых эта кристаллизация осуществляется. Особенно ценные результаты дает изучение роли силы тяжести при кристаллизации в карстовых пещерах, влияние этого фактора здесь на редкость разнообразно, велико и заслуживает особого внимания.

Для пещер можно выделить три основных типа сред кристаллизации: 1) застойные пещерные озёра, 2) стекающие под действием силы тяжести водные струи и капли, 3) капиллярные плёнки влаги, покрывающей стенки умеренно обводненных участков пещер. Особое место занимают геликтиты, у которых имеется собственный "внутренний" источник питания в виде центрального осевого капилляра.

В литературе содержатся многочисленные данные относительно продуктов кристаллизации в пещерных озёрах [1] и из свободно стекающих (гравитационных) растворов, объединенных В.И. Степановым под названием "сталактит — сталагмитовая кора" [2]. Агрегаты, формирующиеся в капиллярной пленке раствора, изучены гораздо меньше, они привлекли к себе внимание минералогов в последние годы. За ними укрепилось название кристалликтитовая (кораллитовая) кора. На особенностях этих образований остановимся подробнее.

КРИСТАЛЛИКТИТОВАЯ (КОРАЛЛИТОВАЯ) КОРА КАЛЬЦИТА

Сюда относятся продукты кристаллизации из неподвижных капиллярных плёнок, покрывающих стенки пещер выше горизонтального уровня водоемов. Такие продукты могут быть в одних случаях агрегатами кристаллов и кристаллических дендритов (кристалликтиты), в других — представлять собой агрегаты, сложенные дисимметричными сфералитами и их агрегатами — сфероидолитами и сфероидолитовыми дендритами¹ (кораллиты) (рис. 1). По-видимому, сюда же должны относиться агрегаты дендритов льда, возникающие за счет непосредственной конденсации H_2O из воздуха. Эти агрегаты по своим структурно-текстурным признакам ничем не отличаются от кристалликтитовых агрегатов кальцита.

Термин "кораллит" и "кристалликтит" впервые предложены М. Шербан, М. Фриман и Д. Каман [5]. В.В. Морозкиным [6] на основе изучения агрегатов кальцита хайдарканских пещер, а также обширного экспериментального материала, показано, что рост кристалликтитовых агрегатов происходит путем кристаллизации вещества из тонкой капиллярной пленки раствора при испарении растворителя или удалении углекислого газа, образующегося при распаде бикарбоната. Такие пленки имеют конденсационное происхождение или возникают за счет медленного растекания воды под очень слабой каплейю [2].

Вопрос о структуре и текстуре кристалликтитовых агрегатов специально рассмотрен в работе [6].

Структура коровых агрегатов проявляется во взаимной пространственной

¹ Термин предложен Ю.М. Дымковым [3] и В.И. Степановым [4].

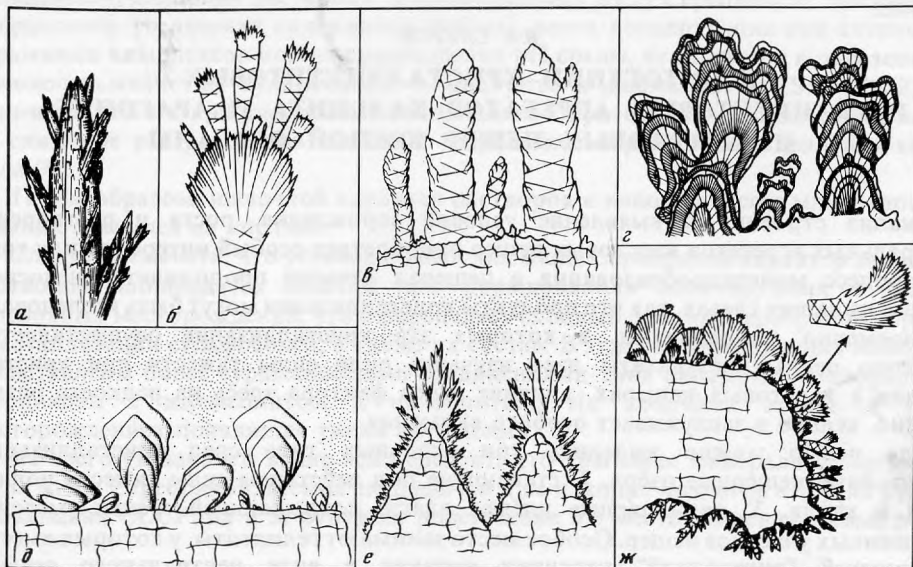


Рис. 1. Строение кристаллитовых и кораллитовых агрегатов кальцита (детали)

a — скаленоромбоздрический дендритный кристалл, *б* — расщепление скаленоромбоздрического кристалла, *в* — промежуточные формы "кристаллитит-кораллит", *г* — кораллиты, *д* — схема геометрического отбора на начальной стадии роста кристаллититовой коры, *е* — характерное строение кристаллититовой коры, *ж* — зарисовка участка кристаллититовой коры с ярко выраженной гравитационной текстурой

ориентировке слагающих индивидов и в способе их нарастания на субстрат. Характернейшей структурной особенностью кристаллитовых и кораллитовых агрегатов является тенденция к обособленному росту несрастающихся отдельных ветвей дендритов и их "кустов": между соседними "кустами" обычно остается зазор. Объясняется это тем, что при сближении растущих индивидов резко замедляется испарение растворителя (отдача CO_2) с поверхности покрывающей их капиллярной пленки вследствие того, что оторвавшись от одной поверхности, молекулы H_2O либо CO_2 тотчас попадают на другую. Поэтому рост кристаллов прекращается до их соприкосновения.

Второй особенностью структуры агрегатов кристаллитового типа является своеобразное проявление в них закона геометрического отбора, реализующегося здесь без непосредственного соприкосновения индивидов. Первоначально кристаллы зарождаются на субстрате в произвольной ориентировке. Однако при дальнейшем росте в несомненном преимуществе оказываются те из них, для которых направление наиболее быстрого роста кристалла совпадает с направлением наиболее интенсивного массопереноса, т.е. с направлением, обычно перпендикулярным поверхности субстрата. Наиболее выступающие над субстратом кристаллы (части кристалла) находятся в наиболее выгодных условиях массообмена с окружающей средой и растут быстрее. Поэтому в кристаллитовых агрегатах перерастают в крупные дендриты и кусты только кристаллы, ориентированные осью L_3 (для скаленоромбоздрических кристаллов кальцита, преобладающих в пещерах, это направление их вытянутости и, соответственно, наибольшей скорости роста) перпендикулярно субстрату.

Кристаллы, ориентированные удлинением перпендикулярно субстрату, растут с существенным опережением, вследствие чего их "сферы питания"¹ перекрывают,

¹ Или "сферы массоудаления", что в данном случае равнозначно. Представляет интерес тот факт, что сферидолитовые дендриты настурана, никелина и других минералов в гидротермальных рудных жилах развиваются аналогично и так же не соприкасаются друг с другом [7].

захватывают "сферы питания" соседних кристаллов, и те прекращают свой рост. Более того, при этом наблюдается резкое искажение формы кристаллов. В пределах каждого кристалла те из пирамид нарастания, грань — основание которых попадает в "перекрытую" область питания, прекращают или существенно замедляют свой рост. В этом отношении показательна зональность кристаллов на начальной стадии роста. Она показывает, что рост каждого кристалла идет только в направлении непокрытых соседями "сфер питания" (рис. 1, д). В случаях, когда кристаллы кальцита зарождаются поодиночке на значительном расстоянии друг от друга (2—3 см), наблюдается равномерный рост как "стоячих", так и "лежачих" кристаллов. Многочисленные наблюдения указывают на непостоянство критического расстояния между кристаллами, необходимого для взаимного подавления их роста.

В связи с изложенным невозможно согласиться с утверждением В.В. Морошкина [6] об изначально нормальном нарастании кристаллов кристаллититовой коры на субстрат.

В текстуре агрегатов кристаллититового типа проявляется их положение относительно выступающих элементов субстрата относительно рельефа субстрата и относительно направления силы тяжести.

Резкое увеличение мощности кристаллититовой коры на различного рода выступах субстрата является наиболее характерной её особенностью. В углублениях, в небольших ямках и трещинах мощность кристаллититовой коры минимальна. Эта закономерность проявляется независимо от положения кристаллититов (кораллитов) на стенках, своде или поде пещер. Она является, с одной стороны, следствием различной интенсивности испарения растворителя с поверхности переменной кривизны. На выступах процесс испарения, а следовательно, и процесс кристаллизации, идёт наиболее интенсивно.

С другой стороны, существенными оказываются элементарные преимущества роста агрегата на выступающих вперед участках подложки, так как здесь массообмен с окружающей средой идёт интенсивнее. Сферы массообмена выступающих участков агрегата перекрывают сферы массообмена соседних кристаллититов в углублениях, рост последних подавляется (рис. 1, е).

Отмеченная особенность текстуры кристаллититовой коры не противоречит и возможности конденсационного механизма её отложения. Убедительным свидетельством тому могут служить, к примеру, конденсационные агрегаты дендритов льда (иней), имеющие аналогичную текстуру. При быстрой кристаллизации как за счет испарения растворителя (CO_2) с поверхности капиллярной плёнки, так и за счет конденсации из газовой фазы, положение кристаллов на выступах субстрата оказывается наиболее выгодным в отношении массообмена с окружающей средой.

Влияние силы тяжести на строение кристаллититовых агрегатов и соответственно роль гравитационного массопереноса при их росте, до сих пор не были отмечены. Тем не менее в большинстве пещер Хайдаркана кристаллититовая кора обладает явно выраженной гравитационной диссимметрией. При рассмотрении отдельно взятого небольшого участка поверхности пещеры, гравитационная текстура¹ часто не устанавливается, обращает внимание на себя только резкая неравномерность развития кристаллититов на выступах и в углублениях субстрата. Однако мощность и строение кристаллититовой коры на своде и поде пещеры в целом оказываются различными.

Для карстовых полостей в виде крутопадающих щелей или труб характерна локализация кристаллититовой коры в самых нижних частях пещеры (рис. 2, а). На рис. 2, б показана схематическая зарисовка небольшой пещеры с кристаллититовой корой характерного строения.

¹ Термин по [3]. Общая классификация гравитационных текстур дана А.Г. Жабиным [8].

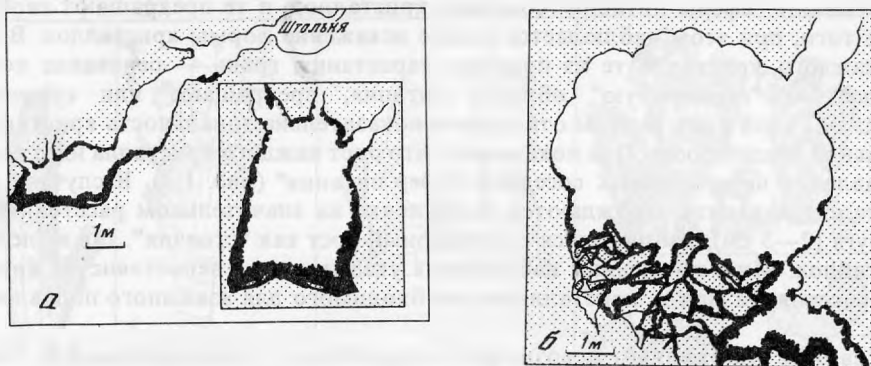


Рис. 2. Карстовые пещеры с кристаллитивой корой. Хайдаркан, штольня Капитальная

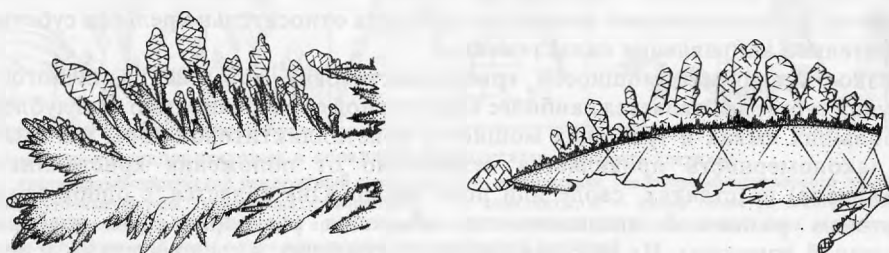


Рис. 3. Гравитационная текстура кристаллитивой коры

Обращает на себя внимание закономерное изменение мощности коры. Наибольшей величины она достигает на поверхности пола пещеры. Вверх по стенам мощность коры уменьшается, а поверхность свода пещеры лишена кристаллитивых образований. На обращенных кверху поверхностях глыб и выступов стенок пещеры кристаллитивая кора плотнее (гуще) и толще, чем на обращенных книзу. Растущие вверх участки коры часто сложены агрегатами интенсивно расщепленных кристаллов, дающих переходные формы к шаровидным сфероидолитам (кораллиты), в то время как участки коры, продолжающиеся на обращенных книзу поверхностях, сложены отдельными, более совершенными, менее расщепленными кристаллами (рис. 1, ж). На обращенных кверху участках поверхности кристаллитивой коры систематически наблюдаются присыпки в виде агрегатов мельчайших беспорядочно сросшихся кристаллов кальцита.

В целом на выступах стенок при переходе от их нижней поверхности к верхней намечается следующая тенденция в изменении строения коры: агрегаты отдельных кристаллов — агрегаты расщепленных кристаллов — сфероидолитовые агрегаты — сфероидолиты с присыпками кристаллов, дающими начало новым зарождениям сфероидолитов и интенсивному ветвлению старых. Таким образом, кристаллитивой коре присуща гравитационная текстура, проявленная тем интенсивнее, чем в большем масштабе ведется ее рассмотрение.

Местами гравитационная текстура наблюдается и на отдельных кристаллитивых "кустах" вследствие преимущественного роста кристаллов кальцита по направлению вверх (рис. 3). Такие кристаллитивы характерны для пещеры "Розовая".

Среди кристаллитивых образований выделяются аномальные кристаллитивы в виде кристаллов кальцита, аномально интенсивно разросшихся в направлении главной оси кристалла независимо от направления силы тяжести.

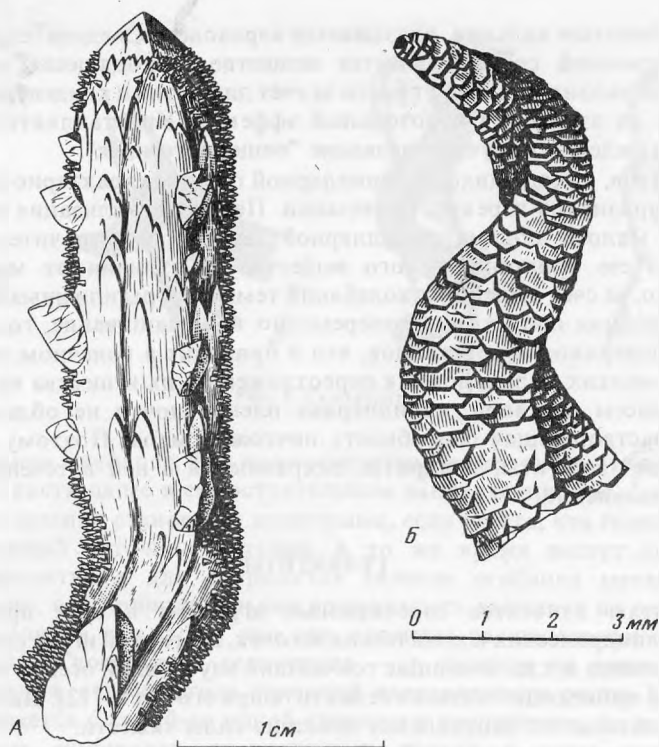


Рис. 4. "Аномальные" кристалликти

В пещере "Тачка" такие образования в изобилии покрывают потолок и местами стенки полости. Это сильно вытянутые (до 15—20 см в длину при толщине 4—8 мм) призматические кристаллы с ромбоздрическими головками. Наблюдаются переходные формы от монокристаллов к закономерным дендритам (рис. 4,а). Внутреннее строение кристаллов грубоблочное. За счет неравномерной разупорядоченности субиндивидов рост блочных кристаллов местами приводил к произвольному искривлению кристалла в пространстве. Часто наблюдается ветвление аномальных кристалликтитов вследствие зарождения и роста на основном кристалле паразитических кристаллов иной ориентировки.

Встречаются винтообразно закрученные аномальные кристалликтиты (рис. 4,б). Предполагается, что закручивание связано с выходом винтовой дислокации.

Аномальные кристалликтиты следует отличать от геликтитов, имеющих центральный осевой капилляр и растущих за счет поступления раствора по этому капилляру к кончику геликтита. Причина возникновения аномальных кристалликтитов, очевидно, аналогична причине роста кристаллов — "усов" в растворах [9, 10]. Если существуют причины, тормозящие тангенциальное движение слоёв роста (обычно это примеси в растворе), то происходит накопление макроскопических ступеней вблизи источника слоёв. Когда скорость нарастания существенно превышает скорость разрастания слоёв, образуется крутой конус роста, а затем аномально вытянутый в этом направлении кристалл.

Ф. Черно и Л. Муча [11] экспериментальными физико-химическими исследованиями показали возможность осаждения кальцита из воздуха пещер, что также может вызвать рост кристалликтитов, в особенности их аномальных форм. Воздух с относительной влажностью 90—95%, перенасыщенный мельчайшими капельками

воды и бикарбонатом кальция, оказывается аэрозолем. Следовательно, в условиях, когда дисперсионной средой является вещество, находящееся в газообразном состоянии, кристаллиты могут расти за счёт диффузии и конденсации вещества из окружающего их аэрозоля ("аэрозольный эффект"). Кристаллитовые агрегаты такого происхождения получили название "пещерного инея".

Для агрегатов, находящихся в капиллярной пленке, характерно отсутствие даже мельчайших признаков перекристаллизации. Перекристаллизация не происходит в виду крайне малого объёма капиллярной плёнки при значительной площади покрываемого ею кристаллического вещества (в отличие от массы раствора). Действительно, за счет малейших колебаний температуры или иных параметров при перекристаллизации происходит попеременно то наращивание, то незначительное растворение поверхности кристаллов, что и приводит в конечном счёте к полному растворению мелких индивидов и к перетолжению их вещества на крупные. Но в отличие от массы раствора, капиллярная пленка почти не обладает "массоемкостью", ее растворяющая способность ничтожно мала. Поэтому даже наиболее "неравновесные" агрегаты, дендриты, сохраняются в ней в течение длительного времени без изменений.

ГЕЛИКТИТЫ

К геликтитам относятся своеобразные агрегаты в виде причудливо изгибающихся цилиндрических и конических веточек, изогнутой иглы, сложной спирали, скрученного эллипса и т. д., имеющие тончайший внутренний осевой капилляр. Через этот капилляр происходит питание геликтита при его росте [12]. Направление роста геликтита не зависит от направления действия силы тяжести.

Геликтиты встречаются в слабообводненных участках пещер и располагаются группами, протягивающимися вдоль трещин подстилающей породы. В Хайдаркане геликтиты наиболее широко развиты в пещере "Зеленая", где совместно находятся кальцитовые геликтиты (более ранние) и геликтиты, сложенные голубым арагонитом (более поздние, развиваются поверх кальцитовых геликтитов).

Геликтиты арагонита представляют собой необычные эксцентрические сферолитовые образования, сложенные тонкоигльчатыми расщепляющимися кристаллами. По оси геликтита эти кристаллы собраны параллельно друг другу и поверхности капилляра, по мере разрастания геликтита вширь происходит их отклонение от этого направления в стороны вследствие расщепления, на поверхности геликтита иголки находятся под некоторым углом к оси геликтита. Осевой капилляр обычно имеет в перпендикулярном сечении форму линзы или (реже) равнобедренного треугольника. Ширина капилляра у разных геликтитов почти одинакова и не зависит от их непостоянного внешнего диаметра, она составляет примерно $1 \times 0,1$ мм. Капилляр выходит на поверхность на конце геликтита, образуя небольшую, но, как правило, визуальную наблюдаемую целевидную ложбинку. Встречаются разветвленные геликтиты, причем для арагонитовых геликтитов очень характерно разветвление в одной плоскости, а именно в той плоскости, в которой уплощён канал данного геликтита. Таким образом, в основе ветвления геликтитов лежит образование перемычек в щёлке канала, приводящее к его разделению на части.

Специфичны взаимоотношения геликтитов арагонита с препятствиями, встречаемыми ими в процессе роста. В качестве препятствий обычно выступают более ранние геликтиты кальцита. Многочисленные проявления таких взаимоотношений сводятся к четырем вариантам: 1) прекращение роста геликтита, упершегося вершиной в препятствие (имеет место при столкновении с препятствием под углом, близким к прямому); 2) изменение направления роста, "отражение" геликтита от препятствия (рис. 5,а); 3) огибание препятствия (рис. 5,б); 4) прирастание геликтита к препятствию, после столкновения геликтит продвигается по поверхности пре-

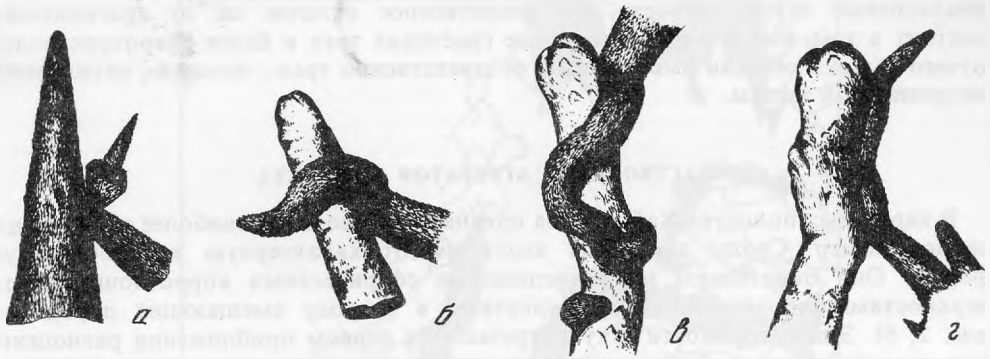


Рис. 5. Геликтиты

платствия прильнув к ней (рис. 5, в), но впоследствии может вновь отклониться от этой поверхности и расти далее в самостоятельном направлении (рис. 5, г).

Описанные явления становятся понятными, если учесть, что геликтиты, имея на конце собственный источник питания, в то же время растут как радиально-лучистые сферолиты, а для сферолитов явление огибания механических препятствий обычно, его принципиальная возможность вытекает из основной детали строения сферолитов, т.е. того, что они сложены расщепляющимися при росте волокнами [13]. Своеобразие геликтитов — в наличии на конце собственного источника питания, являющегося причиной направленного роста. Когда вершина геликтита упирается с какой-то одной стороны в препятствие, то рост слагающих ее волокнистых индивидов прекращается только в этом направлении, но одновременно становится более интенсивным на противоположной стороне вершины геликтита, и он изменяет направление своего роста. Продвигается ли геликтит далее по поверхности препятствия или растет в новом самостоятельном направлении, связано, по-видимому, с характером смачиваемости поверхности препятствия, либо с ориентацией по отношению к ней плоскости капилляра.

Принципиальное строение кальцитовых геликтитов аналогично строению арагонитовых, но им свойственна менее определенная форма как осевого капилляра, так и всего геликтита в целом.

К геликтитовым следует отнести также образования в виде сильно вытянутых по поверхности свода пещеры бугорков (арагонитовых, реже кальцитовых), более или менее пологих, шириной у основания от 1 до 10 см. На их поверхности вдоль вершины обычно имеется визуально наблюдаемая ложбинка, протягивающаяся по всей длине поверхности. Исследование внутреннего строения этих образований обнаруживает их сферолитовую радиально-лучистую структуру. Наблюдаемая ложбинка оказывается ничем иным, как выходом наружу совокупности капилляров, расположенных один за другим на почти постоянном расстоянии друг от друга и имеющих форму и размеры, отвечающие таковым для описанных выше геликтитов. При своем развитии эти бугорки — "хребтики" часто распадаются на части, перерастая в вытянутые в одной плоскости группы конических геликтитов (наподобие ладони руки с расставленными пальцами).

Опираясь на приведенные наблюдения, по-видимому, геликтит следует рассматривать как срастание двух сферолитовых пучков арагонита. Щелевидный канал находится в плоскости этого срастания и образован за счёт неплотного соединения пучков. Это подтверждается наличием менее распространенных геликтитов, у которых канал имеет в сечении форму равнобедренного треугольника со слабо вогнутыми сторонами, что соответствует срастанию уже трех сферолитовых пучков. В строении кальцитовых геликтитов прослеживаются

аналогичные закономерности, но существенное отличие их от арагонитовых состоит в том, что это более сложные сростания трех и более сферокристаллов, отчего канал в сечении имеет форму соответственно трех-, четырех-, пятилучевой неправильной звезды.

РАСТВОРЕНИЕ АГРЕГАТОВ КАЛЬЦИТА

В карстовых полостях Хайдаркана признаки растворения наиболее типичны для сводов пещер. Своды пещерных задов имеют характерную куполообразную форму. Они образованы многочисленными сферическими коррозионными поверхностями, обращенными выпуклостями в сторону вмещающих пород (см. рис. 2, б). Эти поверхности секут, "срезают" в первом приближении равноценно агрегаты кальцита любого строения и зернистости (известняк, оникс, сталактитовая кора). При более детальном рассмотрении они оказываются шероховатыми и занозистыми, образованными сильно изъеденными реликтами зерен кальцита.

Растворение интенсивно проявлено и на обращенных книзу поверхностях выступов стенок пещер. Растворение отдельных кристаллитов (кораллитов) также отчетливее всего проявляется в их нижней части. Более того, наблюдаются случаи интенсивной коррозии обращенных книзу граней кристаллов одновременно с интенсивной кристаллизацией на гранях, обращенных кверху (рис. 3, б).

Признаки растворения наблюдаются и на сталактитовых агрегатах. Интересно, что не только рост, но и само существование сталактитов на корродирующемся своде пещер продолжается только до тех пор, пока по поверхности сталактита струится вытекающий из трещины в своде раствор. Стоит прекратиться притоку раствора, как осушенный сталактит тотчас начинает растворяться. Растворение идет до тех пор, пока место, где был сталактит, не сравняется с общим коррозионным фронтом. Наблюдаются случаи осушения только одной стороны сталактита, в то время как по противоположной его стороне продолжает слабо струиться раствор. Это приводит к коррозии осушенной стороны сталактита одновременно с наращиванием противоположной. В результате образуются своеобразные формы сталактитов в виде раздутых парусов с коррозионной, изъеденной вогнутой поверхностью.

Проведенные наблюдения противоречат утвердившемуся мнению о строгой последовательности процессов растворения с образованием самих пещер и процессов кристаллизации в них [1]. В пещерах Хайдаркана и прилегающих районов растворение свода (т.е. становление, развитие самой полости) сингенетично отложению кальцита. Обращает на себя внимание также закономерная избирательность процессов растворения в пещерах зависимо от направления силы тяжести, закономерное соотношение растворения в верхних частях полостей с кристаллизационной аккумуляцией в нижних.

Допуская единую причину гравитационной диссимметрии процессов растворения свода пещер и отложения кристаллитовой коры, и учитывая данные [1] о механизме кристаллизации кальцита из аэрозоля, целесообразно предположить направленный гравитационный массоперенос карбоната кальция через воздух пещер. Кальцит, растворенный в своде пещеры, может таким путем переотлагаться в ее нижних частях.

Такой механизм массопереноса, по-видимому, играет существенную роль в геологических процессах, проявляясь как в газовой, так и в жидкой среде. Преимущественная приуроченность следов растворения к обращенным вниз граням кристаллов кальцита наряду с преимущественным ростом граней, обращенных кверху, неоднократно наблюдалась нами в погребках исландского шпата, распространенных в районе Хайдарканского рудника. Механизм гравитационного искажения формы кристаллов в растворах детально рассмотрен

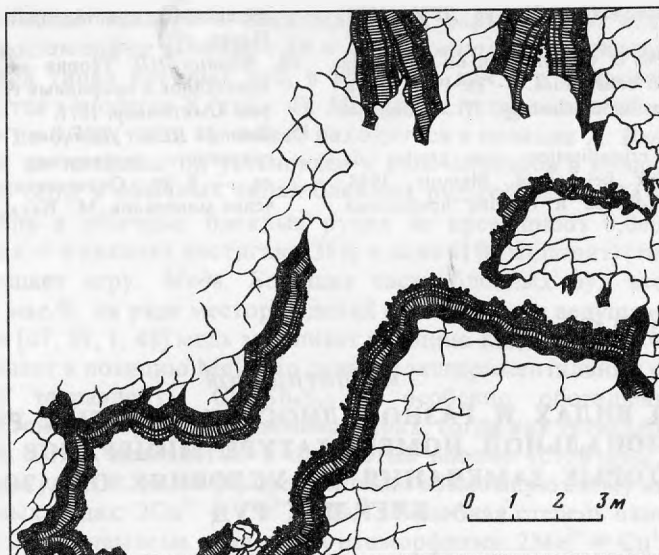


Рис. 6. Строение пещеры Красная с характерным развитием карста по гидротермальной карбонатной жиле. Уч-Кургон

Н.П. Юшкиным [14]. Влияние силы тяжести на локализацию растворения в полостях пегматитов отмечено Ю.М. и Г.А. Дымковыми [15]. Многочисленные факты такого рода указывают на существенную роль гравитационного опускания частиц минерального вещества, отрывающихся от обращенных книзу поверхностей кристаллов при коррозии последних, и на участие этих частиц в питании обращенных кверху поверхностей агрегатов и верхних граней отдельных кристаллов.

В заключение уместно вспомнить и об аналогичных гравитационных элементах в строении агрегатов минералов в гидротермальных жилах, возникающих за счет направленного поступления вещества под действием силы тяжести в гетерогенном растворе [3]. Это сходство еще раз указывает на общность законов формирования агрегатов различных минералов как в эндогенных, так и в экзогенных условиях и позволяет использовать визуально наблюдаемую кристаллизацию в пещерах в качестве модели образования ряда агрегатов и текстур в эндогенных месторождениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чикишев А.Г. Пещеры на территории СССР. М.: Наука, 1973.
2. Степанов В.И. Периодичность процессов кристаллизации в карстовых пещерах. — Тр. Минералогического музея АН СССР, вып. 20. М.: Наука, 1971.
3. Дымков Ю.М., Казанцев В.В., Любченко В.А. Крустификационные карбонатные жилы уран-арсенидного месторождения. — В кн.: Месторождения урана. Зональность и парагенезис. М.: Атомиздат, 1970.
4. Соколова Е.А. и др. Текстура и структура стратиформных тодорокитовых марганцевых руд формации Эль-Кобре (Куба). — Геология руд. месторождений, 1971, N 1.
5. Шербан М., Фиман М., Коман Д. Пещеры Румынии. Бухарест: Меридианы, 1961.
6. Морошкин В.В. О генезисе агрегатов кристаллититового типа. — В кн.: Новые данные о минералах СССР, вып. 25. М.: Наука, 1976.
7. Дымков Ю.М. Природа урановой смоляной руды. М.: Атомиздат, 1973.
8. Жабин А.Г. Онтогенез минералов (агрегаты). М.: Наука, 1979.
9. Бережкова Г.В. Нитевидные кристаллы. М.: Наука, 1969.
10. Пунин Ю.О., Ульянова Т.П., Петров Т.Г. Образование микроблочности в кристаллах КС1 при малых пересыщениях. — Кристал-

- логр. и кристаллохим. Изд-во ЛГУ, 1973, вып. 2.
11. Cser F., Maucha L. Contribution on the origin of the excentric concretions. — In: Proc. 4-th Intern. Congress of Speleology, III. Lyubljana, 1968.
 12. Princ W. Les cristallisation des grottes de Belgique. — Soc. belge geol., Memoir., 1958.
 13. Малеев М. Свойства и генезис природных нитевидных кристаллов и их агрегатов. М.: Наука, 1971.
 14. Юшкин НП. Теория микроблочного роста кристаллов в природных гетерогенных растворах. Сыктывкар, 1971.
 15. Дымков Ю.М., Дымкова Г.А. Признаки многократного растворения кристаллов берилла. — В кн.: Онтогенетические методы изучения минералов. М.: Наука, 1970.

УДК 549.355 + 553.252.1

Э.М. СПИРИДОНОВ

О ВИДАХ И РАЗНОВИДНОСТЯХ БЛЕКЛЫХ РУД И РАЦИОНАЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЕ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ. НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ БЛЕКЛЫХ РУД

Минералы групп блеклых руд отличаются сложностью состава, широко распространены в месторождениях различных типов, в ряде месторождений они являются ведущим носителем полезных ископаемых — ртути, серебра и др.

Вопрос о составе и классификации блеклых руд широко обсуждался в литературе, выделено несколько десятков разновидностей [8], выделяются новые [4, 5, 10, 31, 38, 52]. Одни исследователи доказывают наличие разрывов в изоморфных сериях, другие показывают их непрерывность, по разному понимаются пределы вариаций состава блеклых руд, роль в их составе теллура, золота, других элементов, неоднозначно решается вопрос о стехиометрии состава блеклых руд.

Благодаря применению электронно-зондового микроанализа появилось значительное число высококачественных анализов блеклых руд из широкого круга месторождений, достаточное для решения ряда проблем минералогии блеклых руд. Этим вопросам и посвящена статья.

Общий вид формулы блеклых руд, по Ф. Махачки и данным работ [39, 1, 48, 45, 46, 49, 29, 42, 25, 41, 17] $Me_{10}^{1+} Me_2^{2+} X_4^{3+} Y_{13}^{2-}$, где $Y = S, Se$; $X = As, Sb, Bi, Te$; $Me^{1+} = Cu, Ag$; $Me^{2+} = Fe, Zn, Cu, Hg$ и др. Этот вид формулы подтвержден результатами сотен высокоточных микрозондовых анализов. Следует отметить, что впервые правильные формулы были предложены еще в 1888 г. Г. Чермаком [47]:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Обычная блеклая руда | $3Cu_3SbS_3 + CuZn_2SbS_4 = Cu_{10}Zn_2Sb_4S_{13}$ |
| 2. Спаниолит | $3Cu_3SbS_3 + CuHg_2SbS_4 = Cu_{10}Hg_2Sb_4S_{13}$ |
| 3. Фрейбергит | $3Ag_3SbS_3 + CuFe_2SbS_4 = (Ag_9Cu)_{10}Fe_2Sb_4S_{13}$ |
| 4. Теннантит | $3Cu_3AsS_3 + CuFe_2AsS_4 = Cu_{10}Fe_2As_4S_{13}$ |

О КОМПОНЕНТАХ БЛЕКЛЫХ РУД

Мышьяк. Содержания мышьяка колеблются от следов до 21% вес. *Сурьма.* Содержания сурьмы составляют от следов до 29%. *Висмут.* Содержания висмута в блеклых рудах составляет от следов до 18—20% [13,4]. Висмут в блеклых рудах помещен в позицию X в работе [36].