

СОВРЕМЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ В КАРБОНАТНЫХ
ПЕЩЕРАХ: СУЛЬФАТЫ ШУЛЬГАН-ТАШ, ГЕНЕТИЧЕСКАЯ
ТРАКТОВКА

**Потапов С.С.¹ (spot@ilmeny.ac.ru), Червяцова О.Я.², Леонова Л.В.³,
Паршина Н.В.¹, Ляхницкий Ю.С.³**

¹Ильменское отделение. ИМин УрО РАН; ²Заповедник «Шульган-Таш»; ³ВСЕГЕИ

MODERN MINERAL FORMATION IN THE CAVE:
SULFATE IN A CAVE SHUL'GAN-TASH, GENETIC INTERPRETATION

**Potapov S.S.¹, Chervyatsova O.Ya.², Leonova L.V.³
Parchina N.V.¹, Lyakhnitsky Yu.S.³**

¹Ilmen branch. IMin UrBr RAS; ²Nature Reserv «Shul'gan-Tash»; ³VSEGEI

При детальной документации минеральных отложений пещеры Шульган-Таш нами было выявлено значительное распространение гипсовых отложений в полостях Второго этажа, образованных в субэаральных условиях на поверхности стен. Диагностика находок гипса подтверждена рентгенографически (дифрактометр ДРОН 2.0, CuK_α -излучение, лаборатория Института минералогии УрО РАН, оператор Е.Д. Зенович. Преобладающей формой гипса являются мелкозернистые коры толщиной до 0.5 см, сформированные за счет площадного питания. Субэаральные гипсовые отложения встречаются исключительно на участках, изолированных от современного движения инфильтрационных вод, и как следствие, антагонизируют с кальцитовыми спелеотемами, образованными при гравитационном движении растворов (редкое исключение составляет игольчато-волокнистый кальцит – needle-fiber calcite (NFC)). Видимо поэтому находки гипса отсутствуют на первом этаже пещеры (Главная галерея, залы Сталагмитовый, Купольный, Знаков и Хаоса), характеризующимся обильной инфильтрацией.

Электронно-микроскопические исследования образца гипсовой коры с восточной стены между залом Перекресток и Аркой зала Рисунков производили на приборе JSM 6390LV (JEOL) с ЭДС-приставкой INCA Energy 450 X-max 80 (напыление углеродом) в Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург). Кора сложена сцементированными между собой ксеноморфными зернами гипса размерами 70-300 мкм. Некоторые индивиды имеют кавернозно-пористую поверхность, предположительно связанную с локальным растворением агрессивными конденсатными водами. Типичной формой деструкции зерен, характерной для исследованного образца, является расслаивание индивидов на листовидные пластинки по спайности. По данным энерго-дисперсионной спектроскопии, образец сложен практически чистым

сульфатом кальция с незначительными примесями алюминия и кремния аллохтонных алюмосиликатов.

Внутри необычных кальцитовых образований из трещин усыхания глинистых озерных осадков в зале Радужный обнаружены цепочечные агрегаты сферокристаллических сферолитов (здесь и далее терминология по А.А. Годовикову (1989), по данным ЭДС отнесенные к бариту. Кальцитовые образования, внутри которых обнаружен барит, имеют медово-желтый цвет и представляют собой сложные агрегаты, образованные срастанием сферолитов и реже сфероидолитов (диссимметричных сферолитов с искривленными индивидами) расщепленного кальцита. Размеры агрегатов варьируют от 0.5 до 4 см, а размеры отдельных расщепленных индивидов от 0.3 до 0.7 см.

Место находок кальцита с баритом пространственно тяготеет к зоне распространения агрегатов гипса в глинах. Происхождение кальцитовых агрегатов не совсем ясно. Предположительно они сформировались при сегрегационном питании в процессе усыхания озерных осадков в условиях нарастающего пересыщения растворов. На их аутигенное происхождение указывают многочисленные компромиссные поверхности, образованные при утыкании растущих агрегатов кальцита в механические препятствия (стенки трещин усыхания и обвальные глыбы). Согласно ЭДС, кальцит имеет постоянную примесь серы (от 0.3 до 1.0 вес. %) и магния (от 0.3 до 1.0 вес. %). Примесь серы, скорее всего, объясняет характерную медовую окраску.

Сферокристаллические сферолиты барита обнаружены в центральных частях сферолитов кальцита при микроскопическом изучении сколов методом СЭМ. Их размеры составляют от 40 до 70 мкм. Внешняя поверхность имеет мозаичное строение и сложена плотно прилегающими друг к другу пластинчатыми субиндивидами. Судя по взаимоотношениям (компромиссные или индукционные поверхности кальцита и барита), барит кристаллизовался раньше кальцита и служил затравкой для его роста.

Аутигенный барит в карбонатных карстовых системах обычно связывают с кристаллизацией из охлаждающихся глубинных термальных растворов. В системах сернокислотного генезиса его интерпретируют как конечный продукт окисления сульфидов в среде с ионами металлов. Например, осаждение барита вместе с гипсом наблюдалось на микробных матах, сформированных сообществом ацидофильных сероокисляющих бактерий в пещерной системе Фразасси в Центральной Италии. Барий, как и большинство катионогенных элементов, более подвижен в кислых средах (а современная реакция воды и грунтов в пещере – слабощелочная), что косвенно указывает на воздействие кислотных растворов непосредственно вблизи очага его формирования.

Проведенные исследования показывают довольно широкое развитие вторичной сульфатной минерализации в пещере Шульган-Таш. На настоящий момент зафиксировано десять участков развития субаэральных гипсовых отложений на стенах карстовых полостей (коры и радиально-лучистые

агрегаты точечного питания) и один участок развития кристаллических агрегатов гипса и сферокристаллических сферолитов барита, найденных внутри агрегатов кальцита в глинистых отложениях (в донных осадках исчезнувшего озера). Субазральные отложения на стенах пещеры находятся в стадии разрушения, связанной с растворением конденсатными водами и дегидратацией.

В суходоле Шульгана, а также на Восточном массиве в изобилии встречаются железистые охры, обломки, глыбы и сферические конкреционные образования бурых железняков. Можно предположить, что это фрагменты «железной шляпы» сульфидных рудных тел, окисление которых привело к образованию серной кислоты, активному ее воздействию на карбонатный массив, в котором заложена пещера, и образованию сульфатной минерализации.

Учитывая эти сведения и выявленное нами широкое распространение сульфатной минерализации в пещере, следует предположить, что на определенном этапе развития карстовой системы пещеры Шульган-Таш в ней действовали элементы сернокислотного спелеогенеза за счет окисления сульфидных минералов (руд) надпещерной (или околопещерной) толщи. Для определения источника серы необходимо проведение изотопно-геохимических исследований выявленных нами сульфатных отложений, а также предполагаемых продуктов окисления сульфидов, встреченных в районе пещеры.