

Геохимически измененные породы и вторичные минеральные образования Кунгурской пещеры

К. А. Горбунова, Н. Е. Молоштанова, Н.Г.Максимович, И. И. Яцына
Пермский университет, Кунгурская лаборатория-стационар ГИ УрО РАН

Комплексные исследования пещеры включали петрографо-минералогическое изучение как коренных карстующихся пород, так и пещерных новообразований. Весной и летом 1993 г. в различных частях пещеры, включая заозерную, отобран 81 образец, из них N 52-73 из разреза грота Вышка и 74-81 - из грота Геологов. Макроскопическое описание образцов N 52-81 приведено в статье В. Н. Катаева.

Летом 1994 г. дополнительно отобрано 22 образца (N 82-101, 111, 113). Все 103 образца описаны макроскопически, из 23 изготовлены шлифы и изучены под микроскопом, 54 подвергнуты рентгеноструктурному анализу в лаборатории МГУ В. Г. Шлыковым (табл. 1). Изучен состав водных вытяжек из 32 образцов.

В данной работе излагаются результаты предварительной обработки полученных данных.

Состояние вопроса

Как отмечает У. Б. Уайт [21] пещеры представляют собой свободное пространство в недрах Земли с идеальными условиями для низкотемпературного минералообразования. Пещерные условия характеризуются как влажные, умеренно щелочные и окислительные. Вода проникает в пещеры в виде атмосферных вод, стекающих по проницаемым зонам, конденсационной влаги [15], подземных вод, питающих озера, и ручьи, речных вод, инфильтрующихся в придолинные пещерные массивы в половодье. Минерализующими растворами являются подземные воды.

По условиям осадконакопления Кунгурская пещера разделяется на внешнюю, переходную и внутреннюю части, различающиеся микроклиматом: температурой, влажностью, давлением, движением воздуха, а также обводненностью. Внешняя привходовая часть - холодная. Здесь круглый год сохраняется лед [11]. Влажность воздуха достигает 100 %. Зимой холодный воздух втекает в эту часть пещеры, летом отмечается обратное движение. Дальняя часть отличается постоянными положительными температурами, высокой влажностью воздуха, водопроявлениями в виде капли, многочисленными озерами. Между внешней и внутренними частями расположена переходная зона, границы которой смещаются во времени.

Минерализующими растворами являются трещинно-карстовые воды зоны вертикальной циркуляции, питающие капель, конденсационные воды, поровые в мелкодисперсных отложениях, трещинно-карстовые и карстовые воды закарстованных гипсов и ангидритов и карстово-обвальных отложений зоны горизонтальной циркуляции.

По данным гидрохимического обследования летом 1993 г. минерализация капли составляла 1211-2147, воды в скважинах, колодце и озерах 1492-2084, льда, за исключением кристаллов, 1029-2114 мг/л при рН 6.8-8.6 и сульфатно-кальциево-гидрокарбонатном составе. В предпаводковую межень (апрель, март) минерализация увеличивается. Преобладают слабощелочные воды с рН более 7. Состав подземных вод определяет два типа минерализации в пещере: карбонатный и сульфатный.

Генетические классификации пещерных отложений были предложены Д. С. Соколовым [28] и Г. А. Максимовичем [17]. Д. С. Соколов выделяет остаточные образования, обвальные накопления, аквальные механические осадки (пещерный аллювий, отложения пещерных озер, кольматационные), хемогенные отложения (натечные, отложение из водных растворов ниже уровня подземных вод), пещерный и трещинный лед, органогенные и антропогенные отложения. Г. А. Максимович [17] дополнил классификацию пещерных отложений, подразделив их на аллохтонные (аллотигенные), привнесенные извне, и автохтонные (аутигенные или автигенные), образовавшиеся из компонентов самого карстующегося

массива. Недостатком существующих классификаций является недоучет генетической связи различных типов отложений с геохимически измененными в процессе эволюции пещеры карстующимися породами. Классификации в какой-то степени являются формальными.

Второе направление минералогических исследований - это описание отдельных минеральных индивидов, обнаруженных в пещерах, в соответствии с принятыми минералогическими классификациями [3, 32]. Согласно последним данным в пещерах мира описано 175 минералов.

Наиболее изучены минералы в карбонатных породах [19]. Минералам гипсовых пещер посвящен ряд работ украинских специалистов [13, 27, 30]. Генетическая классификация вторичных минералообразований гипсовых пещер Западной Украины, предложенная И. И. Турчиновым [30], имеет общетеоретический интерес. Впервые обстоятельно обосновывается аэрозольное происхождение ряда гипсовых вторичных отложений пещер различных регионов [13]. В ряде работ освещаются отдельные разновидности отложений Кунгурской пещеры [1, 2, 9, 10, 12, 14, 16, 23, 24, 29], их геохимия [4, 5, 6].

При детальном петрографо-минералогическом изучении отложений Кунгурской пещеры было установлено, что некоторые из них имеют сложное происхождение и не вписываются в существующие классификации. Основным источником осадконакопления являются компоненты слабо измененных материнских пород (ангидрит, доломит, известняк), сильно преобразованных пород (гипсо-ангидрит, ангидрито-гипс, гипс). Частично материал поступает из рыхлых покровных отложений. Возможен его занос в половодье с речными водами. Часть отложений имеет антропогенное происхождение.

В начальные этапы формирования пещеры основную роль играют процессы растворения карстующихся пород, но по мере увеличения объемов полостей возрастает роль других экзогенных процессов.

Эволюция первоначально более или менее однородного карстующегося массива сопровождается его распадом на ряд фациальных обстановок с определенными типами осадков. На примере Кунгурской пещеры показана роль различных процессов в образовании отложений в уже сформировавшейся пещерной системе (рис. 1.).

Основным источником компонентов отложений Кунгурской пещеры являются породы ледянопещерской и неволинской пачек иренского горизонта кунгурского яруса нижней перми. Ледянопещерская пачка состоит в основном из ангидрита (общей мощностью 20 м), гипсом (6 м), доломитом (1.36 м). В ангидрите отмечаются доломитовые и глинисто-доломитовые примазки [26]. В двух гротах (проход из Кораллового в Дамские слезки и в Резном) в ангидритах обнаружены глинисто-терригенные линзы (обр. 33 и 92, табл. 1.).

Образец 92 (между гротами Коралловый и Дамские Слезки) - песчано-алевритовая порода. Основная масса представлена зернами кварца (45 %) и полевыми шпатами (43 %). Зерна кварца размером 0.1-0.2 мм полупрозрачные, светло-серого или слабого кремового цвета за счет гидроокислов железа; зерна изометричные, хорошо окатанные, единичные - с неровной поверхностью, вероятно, корродированной. Зерна полевых шпатов, в основном плагиоклаза, реже микроклина, размером 0.2-0.3 мм, белые или светло-серые, имеют уплощенную таблитчатую форму с прямоугольными, слегка окатанными сколами. Агрегаты карбонатов и глины размером до 0.4 мм неправильной формы со следами выщелачивания на поверхностях, коричневого, желтого и красного оттенков за счет окислов и гидроокислов железа при воздействии на них HCl распадаются на более мелкие частицы. Встречаются единичные зерна, возможно эффузивов, темно-серые с зеленоватым оттенком, изометричные с неровной поверхностью.

Вышележащая неволинская пачка мощностью 14 м представлена доломитами серыми, темно- и желтовато-серыми, в верхней части обычно тонкослоистыми, в нижней - органогенно-оолитовыми с ядрами крупных брахиопод. Встречаются прослои темно-серой глины и слой гипса [26].

Карстовый процесс сопровождается глубоким геохимическим преобразованием исходных пород, промежуточными и конечными продуктами которого являются

глубокоизмененные породы, остаточные продукты их выщелачивания, вторичные минеральные новообразования.

Геохимически преобразованные породы

По степени преобразования породы относятся к слабоизмененным (ангидрит, доломит, известняк), следы физико-химического выветривания которых наблюдаются только на их поверхности или по трещинам, и сильно преобразованным, у которых первичная структура, текстура и минеральный состав сохранились в виде реликтов.

Примером первых являются образцы 39, 73, 74, 76.

Образец 39 (грот Романтиков) - ангидрит, светло-серый с голубоватым оттенком, текстура массивная, участками брекчиевидная, структура микрозернистая. Брекчиевидная текстура обусловлена тонкой примесью доломита трещинам. На поверхности образца виден налет глины с кристаллами гипса. Под микроскопом структура радиально-лучистая. Розетки ангидрита разделяются относительно мелкозернистыми агрегатами. По трещинам наблюдаются темные примазки пелитоморфного доломита.

Образцы 73, 74, 76 (южная стенка грота Геологов) -ангидрит светло-серый с голубоватым оттенком, микро, мелко или среднезернистый с гипсовыми корочками на поверхности или выделениями гипса по трещинам выщелачивания.

Ангидрит в зоне выветривания подвергается гидратации. В пещере этому процессу способствует высокая влажность, конденсация водяных паров на поверхности породы, увлажнение породы в зоне сезонных колебаний уровня карстовых вод, значительная обводненность гротов, наличие постоянного водоносного горизонта. Гидратация первоначально проявляется на поверхности породы и по трещинам, где образуются гипсовые коры и жилы гипса, но постепенно она охватывает всю толщу, преобразуя ангидрит в ангидрито-гипс, гипсо-ангидрит и гипс.

Одновременно с гидратацией идет процесс перекристаллизации в результате растворения ангидрита, гипса и последующей кристаллизации гипса из насыщенных сульфатно-кальциевых растворов.

Последовательные стадии преобразования породы прослеживаются на примере обр. 51, 41, 48, 24.

Образец 51 (грот Географов, со стенки) - ангидрит светло-серый со слабым голубоватым оттенком; на поверхности отмечается корка гипсовых кристаллов пластинчатой формы размером до 5 мм, образующих друзы, сильно кавернозные. Текстура однородная, участками пятнистая, плотная со следами выщелачивания, кавернозная; структура мелкозернистая. Под микроскопом: порода состоит из крупных (2-3 мм в длину) удлиненно-призматических зерен ангидрита, иногда в виде сноповидных агрегатов и розеток, в промежутках между которыми располагаются тонкочешуйчатые сгустки пелитоморфной непрозрачной глины.

Образец 41 (северная стенка грота Великан) - гипсо-ангидрит пятнистый серовато-белого цвета со слабым голубоватым оттенком, трещиноватый; текстура кавернозная, структура микрозернистая; трещины выветривания выполнены белым гипсом. Участками по трещинам наблюдаются доломитовые примазки. Под микроскопом: между агрегатами ангидрита радиально-лучистого строения располагается мелкозернистый гипс. В качестве примеси присутствуют комочки пелитоморфного строения и черные примазки доломита, обогащенного органикой.

Образец 48 (грот Перепутье, стенка вблизи органной трубы) - ангидрито-гипс беловато-серый; текстура кавернозно-трещиноватая, структура микрозернистая. Корочка кристаллов гипса на поверхности породы покрыта доломитовой мукой.

В шлифе: ангидрито-гипс с пластинчатой мелкозернистой структурой и пятнистой текстурой за счет примеси в гипсе темных (реликтовых) участков доломитового мергеля неправильной и угловатой формы, иногда комковатого строения. Гипс преобладает над

ангидритом. Игольчатые и удлиненно-волокнистые кристаллы ангидрита характеризуются синей интерференционной окраской II порядка и прямым угасанием.

Образец 24 (грот Данте, восточная стенка) - гипс с реликтами пелитоморфного глинистого доломита. Текстура неоднородная пятнистая за счет темных участков доломитового мергеля и более светлых кристаллически зернистых и волокнистых зерен гипса. Основная масса в шлифе представлена гипсом. Форма зерен волокнистая и пластинчатая. Структура породы неравномернoзернистая, волокнистая. Редкие трещины и поры заполнены мелкозернистым ангидритом.

Образец 42 (из выветрелой стенки грота Вышка) - гипс выветрелый, молочно-белый, пачкается; текстура перемятая, кавернозно-трещиноватая; структура микрозернистая; по трещинам отмечается тонкозернистый доломит. Под микроскопом: гипс микро-, мелкозернистый, спутанноволокнистый, с темными примазками доломита.

Процессы гидратации и гипсотизации сопровождаются появлением кавернозных текстур, крупнокристаллических, неравномернoзернистых, волокнистых структур, кристаллов, друз гипса на поверхности породы и в трещинах.

Образец 29 (грот Крестовый из стенки над осыпью) - гипсо-ангидрит светло-серый, текстура массивная, местами кавернозная, структура микрозернистая, участками, где присутствуют единичные зерна гипса, крупнокристаллическая; на поверхности видны кристаллы гипса. Местами встречается гипс молочно-белого цвета типа алебастра. Гипс имеет игольчато-спутанноволокнистую структуру и однородную текстуру (табл. 1).

При выветривании ангидрита, гипсо-ангидрита и гипса содержащиеся в них глинистые и доломитовые примеси накапливаются в углублениях и трещинах выветрелой породы в виде доломитовой муки (обр. 63, 65, 72) или глинисто-доломитового материала (обр. 62). Вероятно, в некоторых случаях возможно замещение прослоев доломита гипсом (обр. 32).

Образец 32 (Резной проход, северная стенка) - гипс светло-серый, спутанноволокнистый, с участками тонких прожилок и налетов на сколах пелитоморфного буровато-серого глинисто-доломитового вещества; текстура массивная, структура микрозернистая. Участки глинистого доломита представлены остроугольными "обломками", которые, очевидно, являются реликтами первичной породы, замещенной гипсом.

На поверхности породы образуются также налеты глинисто-кальцитового (обр. 53-55), марганцево-железистого (обр. 59) состава, гидроокислов железа (обр. 26, 30, 66).

Образец 26 (грот Крестовый, из стенки у верхней части осыпи под органичной трубой) - гипс светло-серый; текстура массивная, перемятая, неяснослоистая; структура тонкозернистая. Видны следы нарастания гипса (слойки), по трещинам - бурый налет глинистого состава, обогащенного гидроокислами железа. Под микроскопом: гипс с пятнистой текстурой за счет более темных пелитоморфных и светлых перекристаллизованных участков. По трещинам наблюдаются бурые пленки гидроокислов железа и мелкие скопления микрооолитов железа. Структура породы тонкозернистая, спутанноволокнистая, участками среднезернистая, пластинчатая. Пелитоморфная структура отмечается в отдельных неправильной и овальной формы скоплениях.

Образец 30 (грот Руины, северо-западная стенка на границе с потолком) - гипс светло-серый, пятнами молочно-белый; текстура массивная, структура микрозернистая со следами выщелачивания на поверхности образца. В шлифе гипс имеет игольчато-спутанноволокнистую структуру и пятнистую текстуру за счет присутствия малопрозрачных пелитоморфных участков. По тонким трещинам и пятнами наблюдается примесь бурых гидроокислов железа.

Как уже отмечалось, для пещеры характерна сульфатная и в меньшей степени карбонатная минерализация. Наряду с избирательным растворением (выщелачиванием) породы, что отражается в появлении пористых текстур, происходит заполнение пор гипсом (обр. 23, 25).

Образец 23 (грот Данте, восточная стенка) - доломит буровато-светло-серый; сильно пористый; текстура тонкослоистая, структура тонкозернистая, псевдооолитовая. С HCl

вскипает в порошке. В шлифе наблюдается чередование слоев толщиной 2-3 мм тонко-, мелкозернистых и пористых. Поры неправильной формы заполнены зернами гипса различной ориентировки.

Образец 25 (северная часть грота Данте, восточная стенка) - доломит светло-серый со слабым кремовым оттенком; текстура тонкослоистая, пористая; структура - тонкозернистая; поры заполнены пластинчатым и зернистым гипсом. Реагирует с HCl в порошке.

Пещерные отложения

Физико-химическое преобразование пород в процессе формирования пещерной системы сопровождается появлением новых пещерных отложений, при изучении генезиса которых необходимо установить:

- 1) источники составных компонентов осадка;
- 2) способы переноса (аллотигенное, аутигенное) компонентов осадка;
- 3) механизм осадконакопления.

В Кунгурской пещере распространены обломочные, глинистые, химические, в меньшей степени, вероятно, биохимические и органические, а также антропогенные отложения.

Основным источником составных частей осадков являются коренные карстующиеся породы и их компоненты, частично компоненты вышележащих покровных отложений и материал приносимый в половодье рекой, антропогенные отложения, привнесенные в пещеру при ее оборудовании и эксплуатации как туристического объекта.

Преобладают гравитационный, водный, криогенный способы переноса компонентов осадка. Механизм осадконакопления определяется фациальной обстановкой пещерного пространства. Для Кунгурской пещеры намечаются следующие микро- и мезофациальные обстановки.

1. Центральные части гротов, расположенные под формирующимися сводами с обвальными крупноглыбовыми накоплениями.

2. Конусообразные осыпи под органическими трубами, осадки которых являются результатом гравитационного перемещения материала, физического и химического воздействия на него каплюющей воды, химических реакций, протекающих на важных участках осыпей.

3. Нижние части стенок гротов и ниши, где накапливаются мелкообломочные и глинистые продукты физико-химического выветривания коренных пород в виде полиминеральных россыпей.

4. Гроты с условиями благоприятными для роста кристаллических новообразований (гипса).

5. Подземные озера с хемогенными кальцитовыми пленками на поверхности воды и обломочно-глинистыми карбонатными, местами загипсованными донными осадками.

6. Холодные гроты с ледяными образованиями и россыпями кристаллов гипса криогенного происхождения.

7. Участки гротов с повышенной концентрацией аэрозольных частиц и сезонными аэрозольными образованиями.

8. Туристские маршруты с антропогенными отложениями.

Каждая фациальная обстановка характеризуется определенным комплексом отложений, которые, за исключением крупноглыбовых накоплений, рассмотрены в работе.

Отложения осыпей

Осыпи под органическими трубами являются особыми обстановками пещерного осадконакопления. Они состоят из материала от крупных глыб до глинистых частиц и хемогенных образований. Отложения осыпей формируются под влиянием различных процессов: гравитационных (обрушение обломков пород, слагающих стены и потолок

органических труб, и перемещение их под действием силы тяжести), механического воздействия каплюющей воды на обломочный материал, выщелачивание и растворение пород водой, физико-химического выветривания обломочного материала, кристаллизация гипса, кальцита, реже целестина в порах, кавернах и на поверхности обломков, заполнение каверн глинистым и другим материалом.

К вторичным образованиям осыпей относятся окатыши, стяжения и связанные с ними секрети. Обломки пород представлены ангидритом, гипсом, доломитом и известняком. Под влиянием механического и химического воздействия каплюющей воды обломки пород поперечником до 5 см приобретают слабоокатанную форму и пористо-кавернозную текстуру. Преобладают окатыши из более устойчивых по сравнению с гипсом карбонатных пород.

Образец 93 (конусообразная осыпь под органической трубой в гроте Эфирный) - представлен окатышами карбонатного состава (доломит, известняк). Пores и каверны окатышей из верхней части осыпи заполнены глинистым материалом, в средней части глинистый наполнитель ожелезнен. Окатыш из нижней части осыпи имеет доломитово-кальцитовый состав с примесью (не более 5 %) терригенно-глинистого материала (табл. 1).

Структура карбонатов пелитоморфная, реже микрозернистая, текстура сильно пористо-кавернозная, перемятая; часто напоминает оолитовую породу с выщелоченными ооидами, причем часть пор заполнена окатанными зернами кварца.

По мере смещения окатышей вниз по склону осыпей из зоны капли в менее влажные зоны в полостях начинается процесс кристаллизации кальцита, гипса, реже целестина.

Образец 10 (осыпь в гроте Крестовый) - окатыш неправильной, почти округлой формы светло-серого цвета размером 2,1х3,2 см. С шероховатой, неровной поверхностью за счет пористо-кавернозной, комковатой текстуры. Отмечается бурная реакция с HCl.

Под микроскопом: внутреннее строение микрозернистое, переходящее в пелитоморфное по периферии, текстура пористо-кавернозная, причем некоторая часть пор и каверн заполнена вторичными минералами. Пустоты неправильной формы, размером от 0,3 до 2,5 мм выполнены бесцветными прозрачными кристаллами размером 0,03-0,1 мм. Основная масса сложена кальцитом, среди которого отмечаются редкие единичные зерна обломочного кварца. Зерна кальцита имеют изометричную округлую форму размером 0,003-0,005 мм, характеризуются резко выраженной псевдоабсорбцией и высокими цветами интерференции - телесного цвета с перламутровым отливом.

На фоне кальцита выделяются неправильные агрегаты, заполнившие часть пористо-кавернозного пространства (30 % от общего объема пор), представленные кристаллами целестина столбчатой короткопризматической и реже неправильной формы размером 0,02-0,04 мм (табл. 1).

На поверхности осыпей под влиянием эффекта "слипания" отдельных мелких обломков образуются стяжения, причем цементом являются карбонатно-глинистый материал, кальцит, гипс.

Образец 27 (грот Крестовый, верхняя часть осыпи под органической трубой) - стяжение буровато-серого цвета, сильно пористое, текстура брекчиевидная за счет цементации обломков карбонатных пород кальцитом; структура микрозернистая, комковатая. Бурно реагирует с HCl.

Под микроскопом: известняк тонко-, микрозернистый, участками оолитовый, неравномерно пористый (микрокавернозный) с прожилковым типом перекристаллизации и выполнением отдельных пор опалом (?) желтоватого цвета в параллельных николях, изотропным в скрещенных николях. В шлифе встречаются беспорядочно разбросанные округлой формы непрозрачные обособления, белесые в отраженном свете, иногда как будто с внутренней микроструктурой, напоминающей споры. Состоит в основном из кальцита и доломита с незначительной примесью гипса и кремнезема (табл. 1)

Образец 61 (грот Вышка) - стяжения округлой или овальной формы с неровной поверхностью серовато-бурого цвета состоят как из обломков (около 1 мм), так и

мельчайших оолитов доломита, цементированных кальцитово-глинистым материалом. При сдавливании распадается. Некоторые стяжения имеют цемент сложного состава.

Образец 71 (грот Вышка) - глинисто-алевритовая дресвянистая масса серого цвета, пропитанная кальцитовыми выделениями с гнездами зернистого или волокнистого гипса.

Образец 89 (грот Морское Дно, из осыпи под органной трубой) - рыхлая масса светло-серого цвета, сложенная стяжениями и обломками доломита размерами от долей миллиметра до 3-4 см. Текстура комковатая, сильно пористая. Точечные выделения терригенного материала имеют темную окраску на фоне светлой массы доломита. На поверхности описанных образований отмечается тонкий мучнистый налет гипса. В составе преобладает доломит с примесью кальцита, кварца и незначительным содержанием гипса и смектита (табл. 1). Вероятно в местах капели при взаимодействии сульфатных вод с доломитом протекают процессы дедоломитизации. В оолитовых доломитах отдельные ооиды замещаются кальцитом.

Образец 31 (Резной проход, верхняя часть осыпи под органной трубой) - сильно пористая масса, состоящая из обломков карбонатной породы (доломита, известняка) и стяжений кальцита. Текстура брекчиевидная, оолитовая, микропористая, структура микрозернистая. Бурно реагирует с HCl.

Известково-доломитовая порода состоит из удлинено-овальных и субовальных оолитов диаметром от 0,2 до 1,5 м. Строение ооидов однородное, иногда зональное в центре с полостью или с перекристаллизованным мелкозернистым кальцитом. Перекристаллизация наблюдается также между отдельными оолитами и вдоль мелких редких микротрещин. Микропоры, характерные для породы, в ряде случаев выполнены кремнеземом. В составе преобладает кальцит и доломит, присутствуют гипс и кремнезем (табл.).

Кальцитизация доломита наблюдается и в образце 38, 43.

Полиминеральные образования

Полиминеральные образования или инфлювий представляют собой рыхлые грубодисперсные псаммито-мелкопсефитовые россыпи, накапливающиеся в трещинах и нишах пород и льда, у подножия стенок гротов. Они состоят в основном из остаточных продуктов физико-химического выветривания пород, слагающих стены и своды полостей. Возможно частичное поступление материала по трещинам из вышележащей толщи, а также глинистых частиц, приносимых с поверхности при инфильтрации атмосферных осадков через проницаемые закарстованные зоны. В глинистых разновидностях и на поверхности льда возрастает роль гипса, кристаллизующегося из сульфатно-кальциевых растворов. Состав инфлювия в значительной степени зависит от состава исходной породы.

В ледянопещерской пачке помимо ангидрита, доломита, известняка встречаются песчано-глинистые линзы. Одна из таких линз исследована в Резном проходе (образцы 33, 34).

Образец 33 (основание западной стенки в Резном проходе) - песчаник мелкозернистый бурого цвета с комками глины размером до 6 см. Состав полиминеральный со слабым кальцитовым цементом (реагирует с HCl). Полимиктовый мелкозернистый (0.1-0.2 мм) песчаник имеет микрослоистую текстуру и псаммитовую структуру, типичен для терригенных пермских отложений. Состоит из зерен кварца, полевых шпатов, обломочков алевrolита, карбонатных, кремнистых и ожелезненных пород, зерен глауконита. Цементом является более тонкий материал аналогичного состава с примесью кальцита. По данным РСА в его состав входят: кварц, плагиоклазы, доломит, кальцит, иллит (табл.).

Образец 34 (Резной проход) осадок бурого цвета, комковатый, рассыпчатый. Обломки гипсо-ангидрита размером от 2 до 5.5 см обволакиваются глиной, содержащей доломитовую пыль (слабая реакция с HCl). Часть обломков сложена глиной сильно известковистой (бурная реакция с HCl). В шлифе участки гипса со спутанно-волокнистой структурой разделяются песчанистыми и глинисто-карбонатными пелитоморфными образованиями, что напоминает

брекчиевидное строение. Создается картина раздробления гипсовой породы, по трещинам в которую "затягивался" обломочно-карбонатный материал. В карбонатном материале содержатся угловатые обломки кремнистых пород, кварца полевых шпатов, измененных эффузивных пород. Цементирующий их карбонатный материал интенсивно ожелезнен и имеет бурую окраску. Минеральный состав: кварц, гипс, доломит, плагиоклазы, кальцит, микроклин, смектиты, иллит, каолинит (табл. 1).

По содержанию кварца к песчано-глинистой линзе близки полиминеральные образования из гротов Данте и Полярный.

Образец 2 (со стенки в гроте Данте) - сыпучая масса буровато-серого цвета, грубодисперсная с псаммитовой примесью. Встречаются агрегаты этого вещества размером до 5 мм. С HCl вступает в бурную реакцию. В отраженном свете основная масса состоит из скопления мелких зерен (от сотых долей мм до 0.5 мм), часто собранных в рыхлые агрегаты, связующей массой которых является кальцит. Форма отдельных зерен округлая, неправильная с неровными поверхностями. Основная масса их светлосерая, полупрозрачная со стеклянным блеском. Отмечаются единичные зерна желтого, кремового, буровато-коричневого цвета, последние характеризуются смолянистым блеском. Образец содержит: кварц, плагиоклаз, доломит, микроклин, гипс, смектиты, кальцит, ангидрит, иллит, хлорит (табл. 1).

Образец 19 (нижняя часть стенки в северной части Полярного грота) - сыпучая псаммитовая масса с примесью дресвы включает более крупные обломки неправильной формы, серо-бурого цвета, карбонатного состава. По данным РСА состоит из кварца, доломита, плагиоклаза, гипса, кальцита, микроклина, смектитов, каолинита, иллита (табл. 1).

Образцы 3-6, 20, 21, 35, 36 содержат большие количества доломита (38-59 %) по сравнению с образцами 2, 19.

Образец 3 (на выходе из грота Колизей в грот Центральный) - крошка сложного состава с тонкослоистой пористой текстурой типа нарастания корочек или наслоения светло-серого цвета с коричневатым оттенком, с пятнами голубовато-серых выделений карбонатов (бурная реакция с HCl). Оставшийся после реакции осадок исследовался в иммерсии. Структура осадка от коллоидных частиц, присутствие которых можно определить по замутнению жидкости, до сгустков глинисто-алевритистого вещества буровато-коричневого цвета со слабым красноватым оттенком (во влажном состоянии) размером до 1.0 мм. В пробе присутствуют: доломит, кварц, кальцит, плагиоклаз, смектиты, микроклин, каолинит, флюорит, иллит, хлорит.

Образец 5 (южная часть грота Длинный, на берегу озера) - мелкая щебенка желтовато-коричневого, пятнами белого цвета. Отмечается бурная реакция с HCl, после реакции остается нерастворимый осадок тонкодисперсного материала буровато-коричневого цвета. В составе пробы присутствуют: доломит, кварц, смектиты, кальцит, микроклин, плагиоклаз, иллит, хлорит (табл. 1).

Образец 6 (между гротами Великан и Вышка) - гравийно-песчаная смесь. Обломки имеют округлую и неправильную форму, характеризуются буровато-светло-серой окраской, сгустковой, пористо-кавернозной текстурой и мелкозернистой структурой. Хорошо реагирует с кислотой и имеет сложный состав: доломит, кварц, смектиты, микроклин, плагиоклаз, кальцит, гипс, ангидрит, иллит, хлорит, каолинит (табл. 1).

Образец 20 (грот Полярный, нижняя часть северной стенки) - сыпучая псаммитовая масса бежевого цвета. Комочки этой масс легко раздавливаются. Реагирует с HCl. Состав: доломит, кварц, целестин, кальцит, плагиоклаз, микроклин, смектиты, гипс, иллит, каолинит, ангидрит.

Образец 21 (западная часть Полярного грота, ниша в нижней части стенки на высоте примерно 70 см от пола) - рыхлая пористая глинисто-алевритовая масса серовато-бурого цвета. Реагирует с HCl. В шлифе, изготовленном из обломка карбонатной породы, микрозернистая масса кальцита и доломита неравномерно рассеяна с обрывками переработанных растительных остатков, коричневых в проходящем свете, изотропных в

скрещенных николях; встречаются единичные включения углефицированных остатков растений с ячеистым строением. По данным РСА установлены: доломит, кварц, целестин, кальцит, микроклин, гипс, смектит, иллит, каолинит (табл. 1).

Образец 22 (из ниши нижней части восточной стенки грота Данте) - сыпучая масса, алевритисто-глинистая, тонкозернисто-пелитоморфная, буровато-серого цвета. Комочки этой массы легко разминаются с преобладанием глинистого материала; наблюдается слабая реакция с HCl в порошке. Под биноклем четко видны агрегаты, сложенные тонкозернистыми и игольчатыми кристаллами гипса, ангидрита, тонкой примесью доломита, глинистого материала, обломочков кварца и неправильных образований органики с характерным темно-коричневым, почти черным цветом, смолянистым блеском.

Образец 35 (в северо-восточной части грота Колизей, из ниши) - глина комковатая, грубодисперсная, темно-коричневая с черным налетом, тонкослоистая. Слойки подчеркиваются кальцитовыми пленками. По данным РСА содержит: доломит, кварц, кальцит, смектиты, микроклин, плагиоклаз, иллит, целестин, хлорит, каолинит, гипс.

Образец 36 (проход из грота Геологов в грот Братский) - сыпучая масса буровато-серого цвета, грубодисперсная, с дресвой и комочками глины и гипсово-ангидритовой породы. Комки глины легко раздавливаются и бурно реагируют с HCl, но реакция быстро заканчивается. В шлифе: гипсово-ангидритовая порода представлена радиально-лучистыми агрегатами ангидрита размером до 2-3 мм и участками относительно мелкозернистого гипса. Сыпучая масса состоит из доломита, кварца, плагиоклаза, кальцита, микроклина, иллита, хлорита, смектита, каолинита.

Образцы 1 и 17, отобранные из ниш во льду, загипсованы.

Образец 1 (грот Бриллиантовый, из ниши во льду) – сыпучая масса буровато-серого цвета. В отраженном свете (при увеличении 4x12.5) тонкозернистая масса сложена агрегатами буровато-светлосерого и отдельными зернами белого цвета, прозрачными, неправильной, иногда изометричной формы, кроме того, встречаются кристаллы игольчатой формы (возможно гипс). Исследование в иммерсии показало преобладание гипса, доломита, наличие ангидрита и кальцита.

Гипс представлен зернами игольчатой, таблитчатой, удлиненно-призматической формы с четко выраженными прямолинейными ограничениями размером 0.05-0.1 мм. Цвета интерференции низкие, серые, что соответствует силе двупреломления: $n_g - n_p = 0.008 - 0.009$; угасание косое с $n_g = 24 - 47.5^\circ$. Ангидрит встречается в виде единичных зерен, характеризующихся изометричной или короткопризматической формой. Зерна ангидрита обладают слабой псевдоабсорбцией, высокими цветами интерференции (на гранях II и III порядков), прямым угасанием.

Доломит и кальцит слабо различаются под микроскопом, представлены как единичными зернами, так и микроотяжениями с пелитоморфным строением. В первом случае ясно выражена псевдоабсорбция и высокие цвета интерференции (IV-V порядков), перламутровый отлив.

Кварц представлен неправильными изометричными или удлиненно-игольчатыми зернами, в последнем случае отмечается четкое прямое угасание. Сила двупреломления $n_g - n_p = 0.009$ определена по светло-серой интерференционной окраске I порядка. Специфических зерен плагиоклаза с его характерными признаками не установлено. Возможна его тонкая примесь среди пелитоморфных агрегатов, сложенных глинистым материалом. Смектит и аллофан визуально не установлены. По данным РСА минеральный состав: доломит, гипс, кварц, кальцит, плагиоклаз, ангидрит, смектиты, установлен аллофан.

Образец 17 (грот Бриллиантовый в нише ледника) - сыпучая масса буровато-серого цвета с преобладанием карбонатов (реагирует с HCl) и гипса. По данным РСА содержит: доломит, гипс, кварц, плагиоклазы, кальцит, микроклин, ангидрита, хлорит, смектиты, иллит (табл. 1).

Загипсованы также и глинистые разновидности инфлювия (обр. 37).

Образец 37 (грот Геологов, нижняя часть стенки) - дресва средне- и мелкообломочная в глиноподобной массе темно-коричневого цвета со стяжениями гипса. Глина плотная, пелитоморфная, участками грубодисперсная; слабо реагирует с HCl. Под микроскопом представляет собой агрегат из коллоидных сгустков, с редкими чешуйками гидрослюды и обломочками кварца размером около 0.01 мм. Среди этой массы наблюдаются обломки гипса и доломита размером 1-2 мм и крупнее. По данным РСА проба состоит из ангидрита, кальцита, доломита, гипса, кварца, смектитов, иллита, микроклина (табл. 1).

Образец 47 (из ниши грота Перепутье) - глина темно-коричневого цвета, насыщенная дресвой с обломками гипса, доломита и известняка (более крупные обломки размером до 5 см). Глина вязкая, липкая. Известняк светло-серый с желтоватым оттенком, глинистый, мелкозернистый. В шлифе известняк кавернозный, мелкозернистый с гранобластовой структурой. Каверны неправильной формы размером до 3-5 мм заполнены тонкодисперсной бесцветной массой гипса с серыми цветами интерференции. По данным РСА в пробе установлены: гипс, кварц, плагиоклазы, кальцит, смектиты, микроклин (табл. 1).

Таким образом, инфлювий, состоящий в основном из породообразующих минералов, содержит в повышенных концентрациях по сравнению с исходной породой не характерные для последней минералы. Намечается несколько микрофаций инфлювия: 1) инфлювий на поверхности льда - обогащен гипсом, образующимся при режелации (замерзании сульфатно-кальциевой воды, оттаивании и испарении минерализованного льда), 2) инфлювий "теплой" части пещеры с преобладанием более устойчивых минералов: доломита и кварца и тесной зависимостью от состава исходной породы, 3) глинистый инфлювий в нижних частях россыпей с вторичной загипсованностью.

Кристаллические новообразования

Хемотропные вторичные кристаллы гипса впервые были описаны Е.П. Дорофеевым [12]. Он отмечает исключительное разнообразие формы кристаллов: игольчатой, таблитчатой, чешуйчатой, шестоватой и двойниковой. Сrostки кристаллов встречаются в виде конкреций, дендритов, друз, прослоек, корочек. В некоторых местах кристаллы образуют россыпи. В дополнение к известным приведем описание некоторых из новообразований в соответствии с классификацией И.И. Турчинова [30].

Кристаллизация гипса при испарении пленочных растворов на гипсово-ангидритовом основании. Конденсационные и инфильтрационные воды в виде капиллярной пленки растворяют первичный ангидрит и гипс, насыщаясь сульфатом кальция. При их испарении зарождаются и растут кристаллы в виде индивидов или их агрегатов.

Образец 40 (северо-западная часть стенки грота Великан) - одиночные кристаллы гипса длиной до 8 мм, прозрачные, со стекляннным блеском, удлинённой формы с ромбовидным срезом.

Образец 11 (между гротами Крестовый и Руины со стены вблизи органной трубы) - радиально-лучистый агрегат гипса, выросший из множества разноориентированных иголок на стене - "гипсовый еж". Гипс пластинчатый, игольчатый, мелкозернистый; размеры зерен изменяются от долей до 2 мм. Текстура в центре образования беспорядочная, по краям - радиально-лучистая, сильно пористая. Между зернами видны поры до 2 мм (табл. 1).

Кристаллизация гипса в трещинах. Из сульфатных растворов, медленно стекающих по стенкам трещин, кристаллизуется гипс, постепенно заполняющий трещины. В результате образуются жилки, селенитовые прослойки.

Образец 15 (из трещины в стенке грота Грязный) - корочка из разноструктурного гипса: в основании видны удлинённые кристаллы пластинчатой формы размером по длинной оси 2-6 мм, ориентированные перпендикулярно основанию; головки кристаллов имеют округлую форму и сложены мелкозернистым сахаровидным гипсом типа алебаstra, загрязненным серой глинистой пылью (табл. 1).

При кристаллизации селенита по мелким трещинам или поверхностям наслаения появляются тонкие слойки, слоистые текстуры.

Образец 12 (со стены в гроте Вышка) - гипсо-селенит белого цвета состоит из игольчатых кристаллов гипса, слегка деформированных размером до 21 мм, плотно прилегающих к друг другу (табл. 1).

Образец 28 (грот Крестовый из стенки над осыпью на границе с потолком) - слойки гипсо-селенита белого цвета (на сколе); текстура слоистая, толщина слойков 3-6 мм, структура игольчато-волокнистая. На поверхности глинисто-доломитовый налет (2-3 мм), в котором наблюдаются новообразования гипса. В шлифе: текстура слоистая с автономным структурным узором каждого слойка (наподобие косой слоистости). Структура внутри слойков - волокнистая. В субвертикальных трещинах между смежными слоями селенита наблюдается кристаллобластовая структура разноориентированных зерен гипса с примазками органического (?) вещества, участками тонкозернистого глинисто-карбонатного материала и редкими зернами барита или целестина (?).

Кристаллизация гипса в глинистом заполнителе и обломочно-глинистых отложениях. Гипс кристаллизуется при испарении поровых сульфатно-кальциевых вод в глине, накапливающейся на поверхности ангидрита, гипса, доломита при их растворении или заполняющей поры и полости в обломочных отложениях.

Образец 14 (грот Колизей) - кристаллы гипса, проросшие в глине на поверхности ангидрита. В основании друзы гипса отдельные кристаллы в поперечнике не превышают 1 мм; расширяясь кверху они приобретают пластинчатую форму; ширина отдельных пластинок возрастает до 10 мм, а длина составляет 25-35 мм. На поверхности кристаллов наблюдается перламутровый отлив. Гипс светло-коричневый, прозрачный (табл. 1).

Образец 49 (из стенки в центре грота Перепутье) - гипсово-глинистый серо-бурый осадок, сильно пористый, образован ростом пластинчатых кристаллов гипса в глине. Текстура перемятая, кавернозная; структура для глины - пелитовая, для гипса - крупнокристаллическая. Кристаллы пластинчатой формы образуют радиально-лучистые агрегаты на общем тонко-зернистом основании, сверху они покрыты доломитовой мукой.

Под микроскопом: крупнокристаллический разномерный гипс с пластинчатой структурой. Кристаллы гипса имеют светло-желтую окраску в проходящем свете. Отдельные зерна содержат многочисленные мелкие размером 0.1-0.3 мм призматические зерна ангидрита, бесцветные в проходящем свете с высокой интерференционной окраской III порядка и прямым угасанием. Кроме гипса и ангидрита в породе наблюдаются сгустки глинистого вещества, непрозрачного в проходящем свете, с пелитовой структурой. На стыке глинистых и гипсовых слоев располагаются крупные до 0.5 см неправильной формы полости (каверны).

Гипс и кальцит кристаллизуются также в обломочных отложениях, цементируя обломки в сгустковые комочки или стяжения.

Образец 90 (из ниши в южной стенке грота Скульптурный, зона брекчий) - сыпучая масса светло-серого цвета состоит из обломков размером от долей миллиметра до 1-2 см. Отдельные обломки состоят из сгустковых комочков (от 1 до 4 мм) доломита округлой и неправильной формы с пористой поверхностью и гнездами кальцита и единичными - гипса. Терригенная примесь рассеяна равномерно. Минеральный состав: доломит преобладает), кальцит, примесь гипса, кварца, смектита.

Проба 91 (ниша в северной стенке грота Метеорный, зона глыбовых брекчий) - щебенка доломита размером от 0.5 до 2-3 см по длинной оси, на поверхности обломков агрегаты из мелкозернистых, изометричных, реже удлинённых зерен гипса. Гипс отличается также как бы по наслаению и в полостях выщелачивания. В составе преобладает гипс, доломит с примесью кварца (табл. 1).

Образец 90 (из ниши в стенке грота Скульптурный, зона брекчий) - сыпучая масса светло-серая, состоящая из обломков размером до 2 см, обломки сложены сгустками, комочками округлой и неправильной формы с пористой поверхностью размером от 1 до 4

мм. Основная масса комочков представлена доломитом с гнездами кальцита и единичными гнездами гипса в кавернах или трещинах. Терригенная примесь рассеяна равномерно. в составе преобладают доломит, кальцит, присутствуют гипс, кварц, смектит.

Кристаллизация гипса в порах коренных пород, в стяжениях. Этот процесс типичен для Кунгурской пещеры. Подобные новообразования описаны в соответствующих разделах данной работы.

Кристаллизация кальцита на поверхности гипсо-ангидритовых стен. Кальцит кристаллизуется в виде налетов и корочек при испарении пленочных менее минерализованных сульфатно-кальциево-гидрокарбонатных вод на первой стадии их концентрации.

Образец 9 (северо-западнее грота Грязный) - тонко-, местами мелкозернистая корочка из кальцита светло-серого, местами с кремовым оттенком, цвета на поверхности гипса-алебаstra с тонкозернистой, сахаровидной структурой (табл. 1).

Образец 13 (со стенки северо-западнее грота Грязный) - корочка кальцита на поверхности гипсовой стенки, снаружи коричневато-кремовая, внутри молочно-белая, сахаровидная, пористая; хорошо реагирует с HCl. Состоит из кальцита с незначительной примесью гипса.

К вторичным новообразованиям относится также продукт физико-химического выветривания ангидрита и доломита - доломитовая мука (образцы 57, 58, 62, 63, 65, 72), образования железистого состава.

Образец 60 (грот Вышка) - стяжения гидроокислов железа с диаметром до 10 мм, состоящие из оолитов гетит-гидрогетитового состава, сцементированных кальцитом.

Кристаллизация гипса и кальцита на поверхности льда. Россыпи кристаллов в нишах, у основания ледяных толщ, на поверхности льда встречаются в гротах Бриллиантовом, Полярном, Скандинавском, Данте и Крестовом. Е. П. Дорофеев [10] связывает их с испарением льда под влиянием потока морозного воздуха в зимний период. При таянии льда остается белая полужидкая масса, состоящая в основном из кристаллов гипса, в меньшей степени кальцита. К ним могут примешиваться частички ангидрита, доломита, кварца, поступающие с каплюющей водой.

Образец 18 (грот Полярный, южная часть, с поверхности льда) - рыхлая хлопьевидная кальцито-гипсовая масса белого цвета; хлопья собраны в комочки, которые легко разрушаются; наблюдается реакция с HCl, при этом остается осадок, состоящий из иголок гипса.

Образец 84 (проход из грота Бриллиантового в грот Полярный) - гипсовая мука светло-серая, тонкозернистая, мучнистая, рассыпчатая; встречаются единичные слабоокатанные обломки ангидрита или ангидрито-гипса, на поверхности которых отмечается местами слабая реакция с HCl (табл. 1).

Образец 85 (грот Полярный, с поверхности льда) - кашицеобразная масса молочно-белого цвета гипсового состава. Под микроскопом: скопление гипсовых зерен игольчатого строения от 0.01 до 0.125 мм по длинной оси; единичные зерна имеют таблитчатую форму ("лезвие бритвы") длиной 0.10, шириной 0.03 и толщиной в тысячные доли миллиметра с характерным для гипса ромбическим сечением (табл. 1).

Образец 87 (грот Полярный, южная стенка, с поверхности льда) - тонкозернистая рассыпчатая мучнистая масса гипса белого цвета (табл. 1).

Образец 88 (проход из грота Полярного в грот Данте, с поверхности льда) - мелкозернистая крупинчатая светло-серая масса. Под микроскопом: основная масса представлена игольчатыми и звездчатыми агрегатами белоснежного гипса размером не более 0.1 мм. Кальцит, доломит с примесью тонкозернистого кварца встречается в виде сгустков округлой или неправильной формы размером 0.5-1.0 мм. Некоторые из них темно-серого цвета за счет примеси органики в виде волокон, напоминающих углистое вещество, другие слабого кремового - за счет пленок гидроокислов железа. Состоит в основном из гипса с примесью доломита, кальцита и кварца (табл. 1). При таянии сезонного льда полужидкая

масса высыхает, превращаясь в рыхлую массу из маленьких кристалликов. Она встречается на полу гротов Крестового, Руины, Скульптурного. Россыпи кристаллов гипса на поверхности льда возникают в условиях режеляции. Кристаллизация, видимо, начинается при замерзании сульфатно-кальциево-гидрокарбонатной воды. При температуре воды 0°С растворимость гипса уменьшается и часть сульфатов из раствора переходит в твердое состояние. Дальнейший рост кристаллов происходит и в результате испарения льда, а также, вероятно, и в период его таяния.

Озерные отложения

Отложения подземных озер представлены обломочными, глинистыми, хемогенными, хемогенно-глинисто-алевритовыми отложениями. Источниками осадков являются продукты физико-химического выветривания стен и сводов пещеры, минералы, кристаллизующиеся из озерной воды, материал, занесенный в половодье рекой.

Вода озер в зависимости от их положения в пещере (расстояния до реки), сезона года, условий питания, морфологии котловины имеет минерализацию от 1.8 до 2.2 г/л и сульфатно-кальциево-гидрокарбонатный состав. При увеличении минерализации воды кристаллизуются кальцит или гипс на поверхности крупных обломков пород, в глинисто-алевритовых осадках или на поверхности воды.

Донные донные отложения представлены 6 образцами. Источником их компонентов являются остаточные продукты выветривания коренных пород, материал, поступающий из вышележащих толщ, в некоторых озерах, вероятно, речной ил, заносимый в половодье, хемогенные образования. Это преимущественно обломочные глинисто-карбонатные осадки, в различной степени загипсованные.

Образец 97 (дно озера в гроте Романтиков) - полиминеральный терригенно-глинисто-карбонатный осадок от светло-серого до светло-коричневого цвета. Терригенный материал (кварц, полевые шпаты) представлен алевритом с размером частиц не более 0.01 мм и находится в плотных агрегатах с глинами и карбонатами. По данным РСА осадок состоит из доломита (преобладает), кварца, полевых шпатов, кальцита, микроклина, смектита, иллита, хлорита, гипса (табл.).

Образец 94 (грот Романтиков) - полиминеральный терригенно-глинистый осадок, обогащенный карбонатами (кальцитом, доломитом). Окраска неравномерная, пятнистая - от светло-серой со слабым буроватым оттенком до светло-коричневой с желтоватым оттенком. Частицы кварца и полевых шпатов размером менее 0.01 мм находятся в плотных агрегатах с глинистым и карбонатным веществом. В состав осадка входят доломит, кварц, полевые шпаты, глина, кальцит. (табл. 1).

Образец 95 (дно южной части озера в гроте Длинный) - глинисто-карбонатный осадок светло-серого, с пятнами белого, цвета. Глинистая часть характеризуется грубодисперсной структурой. Терригенная примесь - обломки кварца менее 0.01 мм неправильной формы с неровными корродированными границами. Реже встречаются зерна полевых шпатов таблитчатой формы с корродированными, пелитизированными и серицитизированными поверхностями. Глинистая часть образует агрегаты до 0.1-0.2 мм, часто в сростках с пелитоморфными карбонатами. Карбонаты представлены тонкой, мучнистой, реже зернистой, массой с единичными ромбоэдрами доломита размером не более 0.05 мм. Минеральный состав: доломит, кварц, кальцит, плагиоклаз, микроклин, в незначительном количестве иллит, каолинит, смектит (табл. 1).

Образец 96 (дно северной части озера в гроте Великан) - глинисто-карбонатный осадок, среди которого отмечаются зерна и агрегаты из обломочков ангидрита и кристаллы гипса характерной уплощенно-таблитчатой формы размером 0.5-1.0 мм; зерна кварца окатанной формы (более 0.1 мм). Состав полиминеральный: гипс (преобладает), доломит, ангидрит, кальцит, кварц, смектит, хлорит, иллит и микроклин (табл. 1).

Образец 111 (из воронки южного склона дна озера в гроте Великан) - карбонатный буро-коричневый суглинок; бурно реагирует с HCl; нерастворимый остаток имеет грубодисперсную структуру, где четко видны единичные зерна кварца и агрегаты глинистого материала с примесью сильно разрушенных полевых шпатов. Минеральный состав: кальцит, кварц, смектит, плагиоклаз (табл. 1).

Образец 98 (озеро в гроте Шахтеров) - ил светло-серого цвета со слабо кремовым оттенком в основном карбонатного состава с тонкой примесью ангидрита и глины, собранной в плотные агрегаты. Минеральный состав: доломит (преобладает), ангидрит, кварц, гипс, следы микролина, плагиоклаза, смектита (табл. 1).

Донные хемогенные отложения представлены одним образцом.

Образец 8 (дно озера в гроте Великан) - корочка из зерен гипса с характерной горизонтально-слоистой пористой текстурой и мелкозернистой структурой светло-серого цвета. Очень слабо реагирует с HCl, возможно за счет загрязнения пор кальцитовой пылью. Состоит в основном из гипса с незначительной примесью обломков ангидрита (табл. 1).

Кальцитовые и гипсово-кальцитовые пленки на поверхности озер описаны рядом исследователей. Они встречаются на поверхности всех озер Кунгурской пещеры, образуя, как отмечает Е. П. Дорофеев, на некоторых заливах озер в гротах Длинном, Великане, Грязном сплошной покров, а на оз.Большом и других - отдельные пятна. Неравномерное распределение кальцитовых пленок объясняется различной степенью водообмена и интенсивностью движения воздуха. Весной в связи с притоком менее минерализованных вод на некоторых озерах они растворяются. В гротах Длинном, Великане, Географов, Грязном и др. после спада воды пленки остаются на берегах.

Образец 16 (пленка с поверхности озера в гроте Велика) - тонкозернистое образование толщиной 0.002 мм, площадью 5х6 мм с неравномерной микропористостью. На поверхности пленки видны единичные кристаллики размером не более 0.01 мм. По данным РСА пленка сложена на 100% кальцитом.

Ранее проведенное микроскопическое изучение кальцитовых пленок показало, что они образуются в два этапа. Вначале возникают отдельные кристаллики кальцита, а затем выпадают цементирующие кристаллы и появляется сплошная пленка. В зоне сезонных колебаний уровня карстовых вод при спаде воды пленки оказываются на некоторой высоте над уровнем озер (образцы 46, 101).

Образец 46 (на высоте 3-3.5 м над уровнем озера в гроте Ночь Осенняя). Кальцитовая пленка буровато-серого цвета состоит из тонких пластинок размером до 5 мм при преобладании от 0.5 до 2 мм толщиной 0.01 мм. Очень бурно реагирует с HCl. Текстура пористо-кружевная, структура микрозернистая. Пленки, оставшиеся на поверхности после понижения уровня воды, загрязняются глинистыми частицами, гипсом и приобретают полиминеральный состав.

Образец 101 (грот Великан, с поверхности вблизи озера) - сильно пористая - "кружевная" доломитово-кальцитовая пленка. После реакции с HCl остается осадок (около 10, местами до 30 %) ангидрита, глины. Карбонатная часть состоит из тонкозернистых агрегатов с преобладанием кристаллов ромбоэдрической, тригонально-призматической и реже скаленоэдрической формы с размером 0.03-0.05 мм. Гипсовые зерна имеют игольчатую и пластинчатую форму; ангидрит представлен единичными изометричными зернами менее 0.01 мм и их агрегатами. Глинисто-алевритовый материал образует буровато-коричневые агрегаты. Состав пленки полиминеральный (табл. 1). Терригенно-глинистые озерные осадки по минеральному составу близки к полиминеральным образованиям пещер. Они в разной степени кальцитизированы и загипсованы. Карбонатное минералообразование характерно как для поверхности воды, так и для донных условий. Преобладает терригенно-глинисто-карбонатный тип осадкообразования. На поверхности воды преобладают кальцитовые пленки (обр. 16), хотя в некоторых озерах в них появляются кристаллы гипса.

Аэрозольные образования Кунгурской пещеры изучались С. Э. Пашенко, В. Н. Андрейчуком и Ю. В. Дублянским [25]. Одним из механизмов их появления служит отрыв маленьких частиц породы от потолка и частично стенок. С осаждением материала из аэрозолей связывают образование тонких гипсовых "нитей" на сводах, напоминающих паутинку или мох.

Образец 82 (юго-западная часть грота Полярный, потолок и часть стенки у потолка) - гипсовый "мох" представляет собой массу тонкоигольчатых и волокнистых кристаллов, расположенных перпендикулярно или под углом 70-85° к поверхности потолка. Преобладающая длина 1.5-2 см, у отдельных индивидов до 3.5-4.0 см. Под микроскопом: отмечаются сгустки звездчатой и розетковидной формы с пелитоморфной структурой, не просвечивающей в проходящем свете и зерна игольчатой и пластинчатой формы размером не крупнее 0.01 мм; судя по низкой интерференции и косому угасанию, последние представлены гипсом, а пелитоморфные сгустки карбонатом. В составе преобладает гипс, присутствуют доломит и ангидрит (табл. 1).

Заключение

1. Проведенные исследования позволяют отнести пещерную систему к участку земной коры с особыми фаціальными обстановками. Эволюция пещеры сопровождается дифференциацией первоначально более или менее однородной обстановки на мезо- и микрофации с определенными типами осадков.

2. Для каждой фаціальной обстановки характерен ведущий геологический процесс. Универсальными являются физическое выветривание и растворение, которые играют главную роль на первых стадиях эволюции пещеры. По мере увеличения объема подземных полостей возрастает роль других процессов, в частности гравитационного, в дальнейшем химического выветривания, экзогенного минералообразования, а в Кунгурской пещере - криогенного.

3. Пещерные отложения представлены обломочными, глинистыми, хемогенными, в меньшей степени биохемогенными и антропогенными осадками, в основном автигенными, в меньшей степени аллотигенными, накапливающимися на механических, физико-химических и термодинамических барьерах [18].

Наиболее разнообразны по составу полиминеральные и донные озерные отложения. Мономинеральный состав имеют озерные пленки, россыпи кристаллов на поверхности льда и кристаллические новообразования на поверхности ангидрито-гипса.

По данным рентгеноструктурного анализа, произведенного в лаборатории Московского университета В.Г.Шлыковым в пещере обнаружено 15 минералов:

1. Ангидрит - CaSO_4
2. Гипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3. Целестин - SrSO_4
4. Кальцит - CaCO_3
5. Доломит - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
6. Кварц - SiO_2
7. Плаггиоклаз - $(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Al,Si})\text{Si}_2\text{O}_8$
8. Микроклин - KAlSi_3O_8
9. Хлорит - водный метаалюмосиликат Mg и Fe слоистой структуры.
10. Сметтит - глинистый минерал группы монтмориллонита
11. Иллит - глинистый минерал, водный алюмосиликат калия, группа слюды
12. Каолинит - $\text{Al}_2\text{SiO}_5(\text{OH})_4$
13. Гетит - $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$
14. Аллофан - аморфный водный силикат алюминия (3 случая)
15. Флюорит - CaF_2 (1 случай)

Наиболее распространены разнообразные формы вторичной кристаллизации гипса и кальцита. Для гипса это одиночные кристаллы, друзы корочки на поверхности пород и в

трещинах, гипсовые пленки на щебенке, тонкозернистые, пластинчатые, различно ориентированные агрегаты гипса в порах пород, кристаллы пластинчатой и игольчатой формы, дендриты в глине, селенитовые прослойки, кристаллы на дне озер, конкреции в углублениях льда, россыпи кристаллов ("гипсовая мука", "сметана"), корочки на поверхности льда, тонкие нити ("паутина" и "мох"); для кальцита - кристаллы и друзы в породах, цемент в рыхлых отложениях, секреты в окатышах, пленки на поверхности пород.

Из 54 проанализированных методом РСА образцов только в 3-х обнаружен аллофан и в одном - флюорит. Среди глинистых минералов преобладает иллит, присутствует хлорит, каолинит.

4. В обводненной пещере с сезонными инфильтрацией атмосферных осадков в зоне аэрации, колебаниями уровня и изменениями минерализации карстовых вод постоянно происходит перераспределение растворимых компонентов пород и отложений: растворение и выщелачивание карстующихся пород – насыщение воды карбонатами и сульфатами – кристаллизация кальцита, гипса на поверхности пород, в рыхлых обломочных и глинистых отложениях – повторное растворение вторичных минеральных образований. Эти процессы сопровождаются геохимическими изменениями пород, преобразованием их минерального состава, структуры и текстуры, появлением нового типа осадков для данного участка земной коры.

5. Проведенные петрографо-минералогические исследования показывают, что карст – это процесс глубокого преобразования карстовых массивов на разных уровнях их организации – от элементарного до формационного в результате физической, химической, геологической форм движения вещества. Многие исследователи представляют карст формально – упрощенно, как процесс, в основном, растворения относительно хорошо растворимых в природной воде пород, выноса продуктов растворения и накопление обломочных, хемогенных, реже биохемогенных осадков.

Как отмечает В. Н. Катаев [33], выявление закономерностей карстового процесса возможно путем изучения закарстованных массивов на разных уровнях – от атомарного до глобального. При изучении карста Пермской области использовались минералогические методы, которые позволяют выявить геохимические и структурно-текстурные изменения пород [7, 8, 20]. Наряду с совершенствованием генетических классификаций пещерных отложений необходимо использовать новые современные методы их исследования на элементарном и минералогическом уровнях.

Библиографический список

1. Андрейчук В. Н. Некоторые своеобразные отложения в Кунгурской пещере, связанные с ее оледенением//Минералы и отложения пещер и их практическое значение: тез.докл. Пермь,1989. С.22-23.

2. Андрейчук В. Н. Антропогенные отложения Кунгурской пещеры//Минералы и отложения пещер и их практическое значение: тез. докл. Пермь, 1989. С.47-49.

3. Андрейчук В. Н., Волков С. Н. Железо-марганцевые сталагмиты в пещере Золушка//Пещеры. Пермь, 1988. С.128-130.

4. Горбунова К. А., Кропачев А. М. Геохимия пещер. Сообщение 3. Геохимия стронция в карстовом ландшафте Кунгурской Ледяной пещеры // Пещеры. Пермь, 1972. Вып. 12-13. С.31-40.

5. Горбунова К. А., Кропачев А. М., Лунев В. Г. Геохимия пещер. Сообщение 4. Геохимия марганца и титана в Карстовом ландшафте Кунгурской ледяной пещеры//Пещеры. Пермь, 1974. Вып. 14-15. С.28-31.

6. Горбунова К. А., Кунц Э. В. и др. Изучение состав аксессуарных элементов в отложениях Кунгурской пещеры // Пещеры. Пермь, 1970. Вып. 8-9.

7. Горбунова К. А., Максимович Н. Г. Вторичные текстуры сульфатно-доломитовых карстующихся пород с. Усть-Кишерть//Инженерная геология Западного Урала:тез.докл.науч.-техн.совещания. Пермь, 1980. С.67-68.

8. Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Катаев В. Н. Использование данных рентгеноструктурного анализа пород при изучении сульфатного карста//Инженерная геология Западного Урала: тез.докл.науч.-технич.совещания. Пермь, 1982. С.94-95.
9. Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Шлыков В. Г. Минералы инфлювия Кунгурской пещеры//Современные проблемы геологии Западного Урала: тез.докл.науч.конференции. Пермь, 1995. С.139-140.
10. Дорофеев Е. П. Кальцитовые пленки и кристаллы гипса в Кунгурской пещере//Пещеры. Пермь, 1966. Вып. 6(7). С.39-46.
11. Дорофеев Е. П. Ледяные кристаллы Кунгурской пещеры//Пещеры. Пермь, 1969. Вып. 7(8). С.30-39.
12. Дорофеев Е. П. Кристаллические новообразования в Кунгурской пещере // Минералы и отложения пещер и их практическое значение: тез. докл. Пермь, 1989. С.30-33.
13. Климчук А. Б., Наседкин В.М., Каннингем К.И. Пещерные вторичные образования аэрозольного генезиса//Свет. Киев, 1993. N 3(9). С.15-28.
14. Кузнецова Л. С., Чирвинский П. Н. Кальцитовые озерно-карстовые пленки и их вероятный генезис//Минералогический сб. Львовского геол. общества. Львов, 1951. N 5.
15. Лукин В. С. Количественное выражение процессов испарения воды и конденсации водяных паров в гипсово-ангидритовых массивах Уфимского плато//Землеведение. М., 1969. Т. 8. С.213-218.
16. Максимович Г. А. Кальцитовые пленки озерных ванночек пещер//Записки Всеросс.минералогического общества. 1955. Ч.84. N 1.
17. Максимович Г.А. Основы карстования. Пермь, 1963. Т.1, Гл. 7. С.201-274.
18. Максимович Г. А., Кропачев А. М. О роли геохимических барьеров в формировании месторождений полезных ископаемых карстовых впадин и полостей//Вопросы карстования. Пермь, 1969. С.5-9.
19. Максимович Н. Г., Бельтюкова Н. В. Вторичные минералы карбонатных карстовых пещер//Пещеры. Пермь, 1981. N18. С.59-70.
20. Максимович Н. Г., Зарницын Ю. А. Рентгенометрическое изучение глиняных натеков пещеры Геологов-2//Карст Нечерноземья. тез.докл.всес.науч.-техн.совещания. Пермь, 1980. С.136-137.
21. Минералогическая энциклопедия. Минералы пещер. Ленинград, 1985. С.195-199.
22. Минькевич И. И., Мурзаев В. Г. К вопросу изучения минералов пещер (обзор литературы)//Минералы и отложения пещер и их практическое значение: тез. докл. Пермь, 1989. С.14-16.
23. Молоштанова Н. Е., Горбунова К. А., Яцына И.И. Петрографо-минералогические исследования в Кунгурской пещере//Свет: Вест. Киевского Карстово-спелеологического центра, 1994. N 1-3(11-13). С.18-19.
24. Молоштанова Н. Е., Шлыков В. Г., Яцына И. И. Минералы глин в отложениях Кунгурской ледяной пещеры//Современные проблемы геологии Западного Урала: тез.докл.науч.конференции. Пермь, 1995. С. 141.
25. Пашенко С. Э., Андрейчук В. Н., Дублянский Ю. В. Аэрозоли в Кунгурской ледяной пещере//Пещеры. Итоги исследований. Пермь, 1993. С.149-156.
26. Пермская система земного шара: путеводитель геологических экскурсий. Свердловск, 1991. С.24-51.
27. Рогожников В. Я. Воднохемогенные отложения в карстовых пещерах - лабиринтах Подольского Приднестровья//Пещеры. Пермь, 1984. С.46-55.
28. Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., 1962. Гл. 5. С.66-74.
29. Старков Н. П., Горбунова К. А. К минералогии глин Кунгурской пещеры // Пещеры. Пермь, 1971. Вып. 10-11. С.68-74.
30. Турчинов И. И. Вторичные минеральные образования гипсовых пещер Западной Украины // Свет. Киев, 1993. N 3(9). С.29-36.
31. Hill C. A. Cave minerals. Nat. Spelol. Soc., USA, 1976. P. 137.

Горбунова К.А., Молоштанова Н.Е., Максимович Н.Г., Яцина И.И. Геохимически измененные породы и вторичные минеральные образования Кунгурской пещеры // Кунгурская ледяная пещера.-Пермь,1995.-С.26-58.

32. Hill C. A., Forti P. Cave Minerals of the World // NSS. USA, 1986. P.238.

33. Kataev V. N., Gorbunova K. A. Struktural elements of karst massif//Инженерная геология карста: докл.межд. симп. Изд-во Перм. ун-та, Пермь, 1993. Т.1. С.47-53.

Минеральный состав пещерных новообразований Кунгурской пещеры по данным РСА, % от объема пробы

Образца	Ангидрит	Гипс	Доломит	Кальцит	Кварц	Плагиоклаз	Микроклин	Смектит	Иллит	Хлорит	Каолинит	Целестин
1	2.5	34.06	3.3	7.5	1.6	2.5	7.7	1.5	0.5	0.2	0.1	-
2	8.6	5.9	4.3	1.7	0.8	0.5	0.7	1.5	1.0	0.1	0.3	-
3	1.4	4.3	1.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
4	1.5	3.9	1.0	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
5	0.8	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
6	5.1	1.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
7	8.8	5.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
8	1.8	7.1	1.0	1.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
9	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
10	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
11	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
12	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
13	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
14	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
15	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
16	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
17	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
18	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
19	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
20	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
21	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
22	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
23	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
24	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
25	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
26	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
27	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
28	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
29	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
30	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
31	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
32	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
33	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
34	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
35	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
36	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
37	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
38	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
39	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
40	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
41	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
42	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
43	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
44	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
45	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
46	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
47	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
48	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
49	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
50	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
51	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
52	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
53	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
54	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
55	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
56	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
57	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
58	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
59	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
60	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
61	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
62	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
63	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
64	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
65	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
66	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
67	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
68	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
69	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
70	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
71	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
72	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
73	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
74	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
75	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
76	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
77	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
78	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
79	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
80	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
81	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
82	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
83	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
84	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
85	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
86	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
87	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
88	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
89	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
90	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
91	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
92	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
93	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
94	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
95	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
96	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
97	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
98	1.8	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
99	1.6	5.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
100	1.2	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-

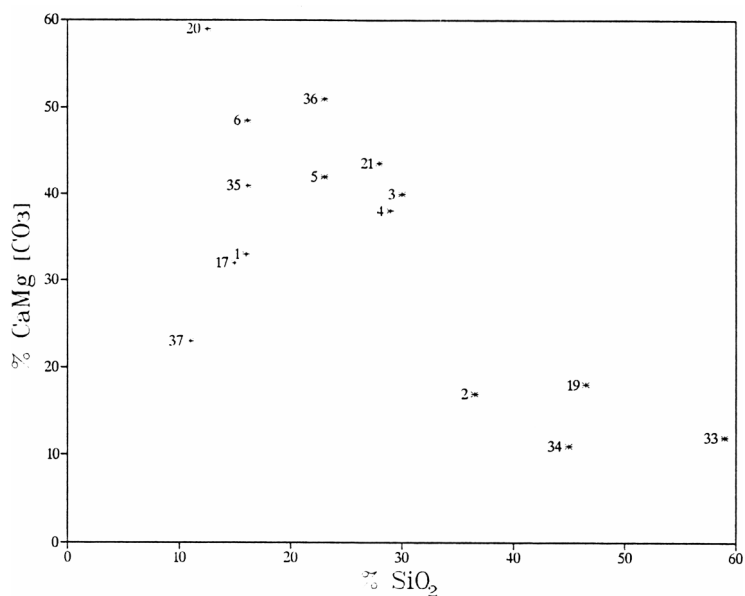


Рис. 2. Соотношение кварца и доломита в полиминеральных образованиях

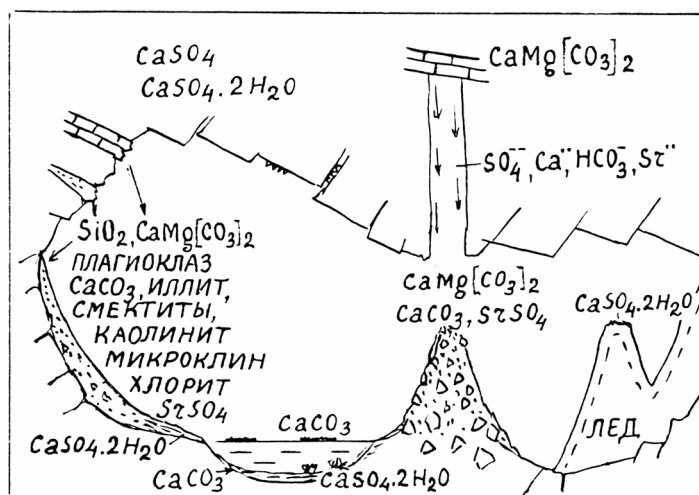


Рис. 3. Минеральные ассоциации Кунгурской пещеры (по К. А. Горбуновой)