



**Е.П. Базарова, О.С. Гутарева, А.М. Кононов, З.Ф. Ущাপовская, Н.В. Нартова,
А.В. Осинцев**

Минералы пещеры Охотничья (Байкальский регион, Иркутская область)

Базарова Е.П., Гутарева О.С., Кононов А.М., Ущাপовская З.Ф., Нартова Н.В., Осинцев А.В. Минералы пещеры Охотничья (Байкальский регион, Иркутская область) // Спелеология и карстология, - № 7. – Симферополь. – 2011. – С. 5-14.

Резюме: В пещере Охотничья были обнаружены ледяные, кальцитовые, арагонитовые, моногидрокарбонатные, гипсовые и икаитовые образования. Арагонит встречается в виде прослоев в кальцитовых сталактитах и небольших натечных кор. Моногидрокарбонат и гипс образуют обрастания в верхней части кальцитовых кораллитов. Гипс также встречается в виде кристаллитов и антолитов. Криоминеральные образования пещеры представлены икаитом. В пещере были обнаружены крупнозернистые криогенные пещерные карбонаты, образующие россыпь на поверхности известняково-доломитовых глыб, сложенную кристаллическими агрегатами икаита.

Ключевые слова: минералы пещер, минеральные агрегаты, моногидрокарбонат, криоминеральные образования, икаит, крупнозернистые криогенные пещерные карбонаты, Байкальский регион.

Базарова Е.П., Гутарева О.С., Кононов А.М., Ущапovська З.Ф., Нартова Н.В., Осинцев О.В. Мінерали печери Охотничья (Байкальський регіон, Іркутська область) // Спелеологія і карстологія, - № 7. – Сімферополь. – 2011. – С. 5-14.

Резюме: У печері Охотничья були виявлені льодяні кальцитові та ікаїтові утворення. Арагоніт зустрічається у вигляді прошарків у кальцитових сталактитах і невеличких натічних кор. Моногідрокарбонат та гіпс утворюють обрастання у верхній частині кальцитових коралітів. Гіпс також зустрічається у вигляді кристалітиків і антолітів. Кріомінеральні утворення печери представлені ікаїтом. У печері були знайдені великозернисті криогенні печерні карбонати, що утворюють розсип на поверхні вапняково-доломітових гліб, складену кристалічними агрегатами ікаїту.

Ключові слова: мінерали печер, моногідрокарбонат, кріомінеральні утворення, ікаїт, великозернисті криогенні печерні карбонати, Байкальський регіон.

Bazarova E.P., Gutareva O.S., Kononov A.M., Ushchapovskaya Z.F., Nartova N.V., Osintsev A.V. Minerals of the Okhotnichiya Cave (Baikal Region, Irkutsky Region) // Speleology and Karstology, - № 7. – Simferopol. – 2011. - P. 5-14.

Abstract: Ice, calcite, aragonite, monohydrocalcite, gypsum and ikaite speleothems were found in the Okhotnichiya cave. The aragonite occurs as layers in calcite stalactites and speleothemic crusts. Monohydrocalcite and gypsum occurs as crusts on the top of the calcite corallites. Gypsum crystallites and antholites were found in the cave. Criomineral formations are represented by ikaite. Coarse-grained criogenic cave carbonates occur as accumulations of non-cemented ikaite crystal aggregates on the surface of limestone-dolomite boulders.

Keywords: cave minerals, mineral aggregates, monohydrocalcite, criomineral formations, ikaite, coarse-grained criogenic cave carbonates, Baikal Region.

ВВЕДЕНИЕ

В Иркутской области, которая является частью Байкальского региона, на сегодняшний день известно около трехсот пещер, семь из которых имеют длину более 1 км при амплитуде от 8 до 77 м. В их число входит длиннейшая в России п. Ботовская, длина которой в 2010 г. составила 64435 м при амплитуде 40 м (Осинцев, 2010), но при этом существует считанное

количество публикаций, в которых уделяется внимание минералогии этих уникальных природных объектов. Наиболее хорошо изученными в минералогическом отношении следует считать Нижнеудинские пещеры (Реутский, 1997), где были обнаружены образования, сформированные пятью различными минералами (лед, кальцит, арагонит, гипс и эпсомит). Вклад в исследование пещерных минералов Иркутской области внес А.Г. Филиппов с соавторами, в работах которого рассматривались состав водномеханических отложений и спелеотем пещер Ботовская (Филиппов, 1994) и Кременьшетская (Филиппов и др., 2009). Кроме того, французскими исследователями (Maire et al., 2009) были рассмотрены минеральный состав и концентрации урана в слоях спелеотем из пещеры Мечта на Байкале.

© Е.П. Базарова^{1*}, О.С. Гутарева¹, А.М. Кононов¹, З.Ф. Ущапovская¹, Н.В. Нартова¹, А.В. Осинцев²

¹ Институт земной коры СО РАН, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

² клуб спелеологов «Арабика», г. Иркутск

* Корреспондующий автор: E-mail: bazarova@crust.irk.ru



Рис. 1. Привходовой грот в п. Охотничьей.

Нами был изучен минеральный состав вторичных водных хемогенных образований (генетический тип по классификации Д.С. Соколова и Г.А. Максимовича; Максимович, 1963) пещеры Охотничьей, которая является третьей по длине пещерой Байкальского региона, описаны основные минеральные агрегаты пещеры и приведены гипотезы их возникновения. Также в работе рассмотрены криоминеральные образования пещеры. Мы не приводим здесь результаты исследований минерального состава глинистых образований пещеры вследствие трудности разделения остаточных и водных механических образований, последние из которых могли быть образованы не в пещерных условиях, а за счет привноса материала с поверхности.

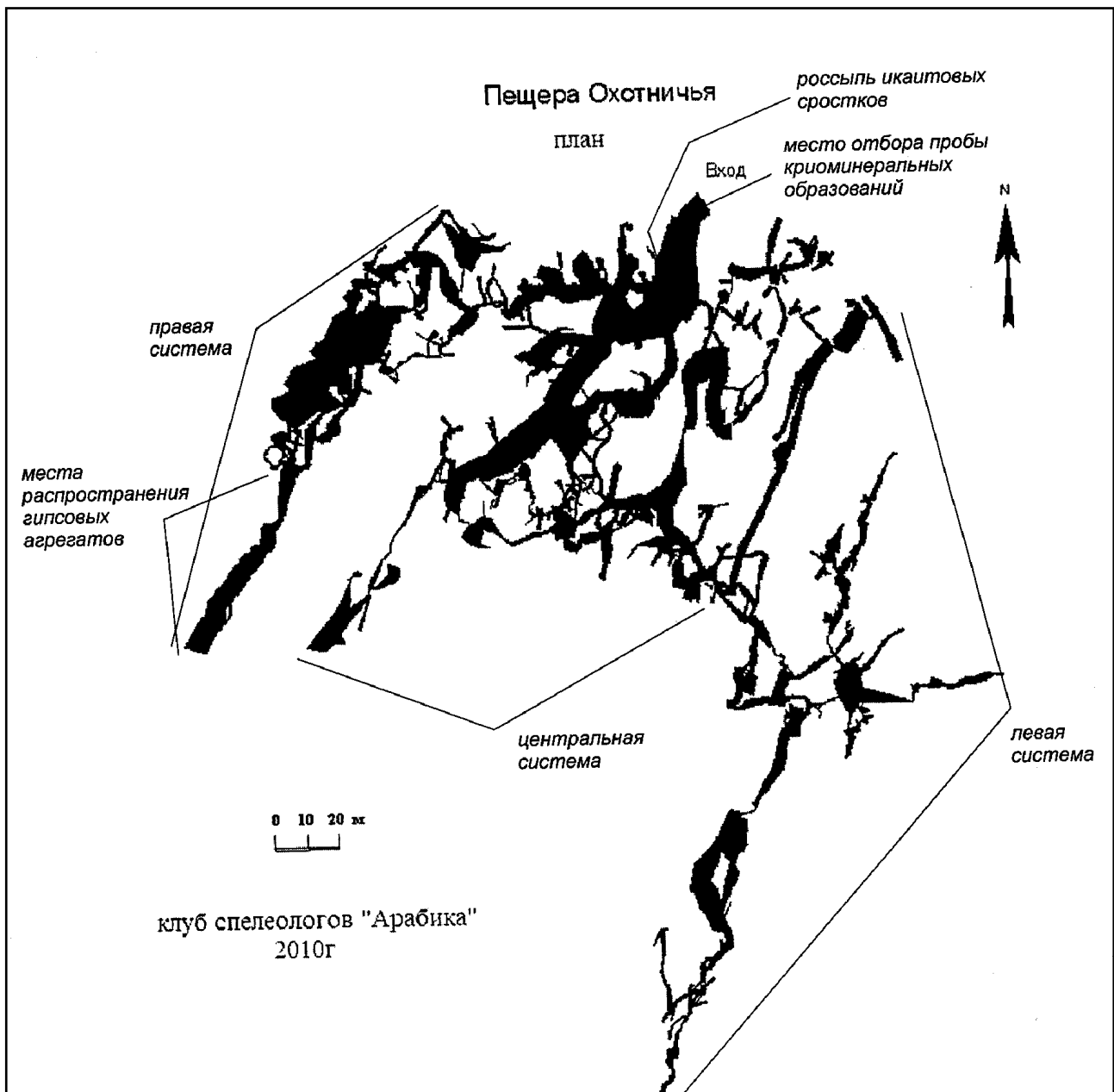


Рис. 2. Схема пещеры Охотничьей. Топоъемка выполнена спелеологами клуба «Арабика».

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПЕЩЕРЫ

Согласно схеме спелеологического районирования, предложенной А.Г. Филипповым (Филиппов, 1993), п. Охотничья расположена в спелеологической области Прибайкальских гор. Пещера была открыта в ноябре 2006 г. Вход, находящийся на северном склоне отрога Приморского хребта, разделяющего бассейны рр. Угловая и Еловка, приурочен к скальному выходу онколитовых и строматолитовых известняков и доломитов улунтуйской свиты верхнего протерозоя. Сразу от входа начинается большой грот шириной 15 – 20 м и высотой 5 – 10 м, который крутонаклонной глыбовой осыпью спускается вглубь пещеры. В гроте на момент открытия существовала многолетняя наледь площадью около 4 м², которая в настоящее время отсутствует, но на ее месте на осыпи отмечаются сезонные ледяные сталагмиты высотой до 0,5 м (рис. 1). Пещерная система, протяженность которой в 2010 г. составила 5700 м при амплитуде 77 м (Осинцев, 2010), заложена по серии субпараллельных разломов северо-северо-восточного простирания (рис. 2). Галереи представляют собой как объемные ходы, так и узкие высокие проходы с характерным щелевидным сечением. Высота их достигает 25 м при средней 8 – 10 м, ширина 1 – 15 м при средней около 3 м. В пещере обнаружены три небольших водоема.

В гидрогеологическом отношении пещера Охотничья приурочена к массиву карстовых трещинно-жильных вод Приморского хребта. Режим подземных вод во многом определяется количеством выпавших атмосферных осадков и характеризуется наличием устойчивой зимней межени. Многолетнемерзлые породы в данном районе залегают в виде перелетков или редких островов. Они приурочены к долинам рек, заболоченным участкам и северным склонам. Максимальная мощность их не превышает 30 м, а температура варьирует от - 0.2 до - 0.5° С (Инженерная геология..., 1968).

В пещере широко представлены вторичные образования различного генезиса: остаточные, обвальные, водные механические, водные хемогенные, пещерный снег и лед (сезонные образования) и органогенные. В районах распространения сезонного оледенения были сделаны находки криоминеральных образований.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной работе используются результаты анализов проб водных хемогенных отложений, криоминеральных образований и вмещающих пород, собранных авторами в процессе исследования пещеры в 2009 – 2010 гг. совместно со спелеологами клуба «Арабика». Определение минерального состава осуществлялось в Иркутске в аналитическом центре Института земной коры СО РАН. Термический анализ был проведен аналитиком Н.В. Нартовой на дериватографе Q-1500D при следующих условиях съемки: чувствительность - ДТА 250, ДТГ – 500, ТГ – 100, скорость нагрева 10 градусов в минуту, навеска 100, 200, 500 мг, инертное вещество Al₂O₃, атмосфера – воздух, нагрев до 1000°С, тигли платиновые. Рентгено-фазовый анализ выполнен

аналитиком З.Ф. Ущаповской на дифрактометре ДРОН-3 на CuK_α-излучении. Шлифы вмещающих пород были исследованы под микроскопом. Химический состав подземных вод и пещерного льда определялся методом мокрой химии аналитиком Л.А. Дурбан.

ВОДНЫЕ ХЕМОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Для систематизации минеральных агрегатов нами была использована классификация Степанова - Мальцева (Степанов, 1971; Мальцев, 1993), основанная на способе подачи активного раствора и комбинации действующих физических и химических сил и оперирующая такими групповыми понятиями, как коры. Следуя этой классификации, водные хемогенные отложения п. Охотничья можно подразделить следующим образом.

К *гравитационным корам* в данной пещере относятся сталактиты, сталагмиты, драпировки, трубчатые сталактиты (брчки, или так называемые макароны), каскады натечных кор. Среди сталагмитов выделяются холмообразные сталагмиты большого диаметра (до 20 см) при относительно небольшой высоте (около 20 - 30 см) с углублением шириной до 3 см на вершине (рис. 3). В углублениях часто находятся пизолиты, которые будут описаны ниже. Такие сталагмиты расположены в удаленной части левой системы пещеры возле одного из озерков. В районе озерка наблюдается капель, весной весьма обильная.

Практически все перечисленные образования гравитационных кор сложены бесцветным, медовым или коричневым кальцитом. Арагонит встречается совместно с бесцветным кальцитом в составе сталактитов, образуя молочно-белые прослои, а также может слагать небольшие натечные коры.

К *субаквальным корам* можно отнести минеральные обрамления водоемов, кристаллы инкрустаций их дна и пещерный жемчуг (пизолиты). В пещере отмечается три вида пещерного жемчуга.

Первый представлен крупными (до 3 см в диаметре) жемчужинами, в большинстве случаев имеющих округлую форму, с шероховатой поверхностью вследствие обрастания ее мелкими (до 2 мм длиной) игольчатыми кристалликами кальцита. Такие



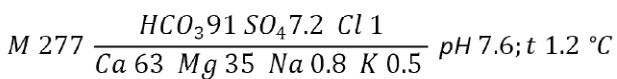
Рис. 3. Холмообразный сталагмит с углублением на вершине.



Рис. 4. Пещерный жемчуг в озерке в правой системе.

пизолиты находятся в правой системе в небольших (площадью около 0,5 м² при глубине 3 – 5 см) озерках у стен грота. Питание осуществляется за счет капеза. Большая часть водоемов имеет кальцитовые обрамления. Некоторые из озер в гроте пересохшие. Цвет жемчужин коричневый за счет покрывающего их поверхность тонкого слоя глины. Отмечается срастание жемчужин друг с другом и прирастание их ко дну (рис. 4). Вероятно, их формирование происходило во время более интенсивной капели. Проба, взятая в пересохшем озерке, сложена кальцитом (около 76%) и глинистым веществом (по данным термического анализа), отмечается примесь железа. По данным рентгено-фазового анализа, образец представлен кальцитом и рентгено-аморфным веществом.

Ко второму виду относятся упомянутые выше пизолиты, часто находящиеся в углублениях на верхушках сталагмитов, а также в мелких капельниках возле стен в дальней части левой системы. Пизолиты этого вида отличаются уплощенной неправильной, иногда линзовидной формой, серым и светло-коричневым цветом, гладкостью поверхности. В разрезе наблюдается концентрическое строение. Данные пизолиты целиком сложены кальцитом. Вероятно, здесь мы наблюдаем жемчужины, сформировавшиеся в так называемых эггукционных ямках сталагмитов, то есть ямках, выдолбленных каплями падающей воды. Вследствие более активной, чем в первом случае, циркуляции воды, данные пизолиты имеют гладкую отшлифованную поверхность. Их уплощенная форма может быть связана с формой затравки или же с вращательным движением воды, вливающейся в ямку и обусловившим неравномерное отложение кальцита. Подземные воды в озерах этой части пещеры характеризуются гидрокарбонатным магниевов-кальциевым составом:



К третьему виду можно отнести мелкие жемчужины ежевидного облика, обнаруженные в небольшом



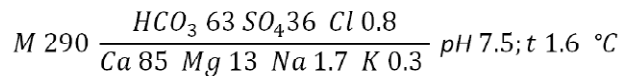
Рис. 5. Обрамление водоема.

полностью пересохшем водоеме совместно с инкрустированными кальцитом костями летучих мышей. Минеральный состав этих жемчужин также представлен исключительно кальцитом. Их грубая игольчатая поверхность свидетельствует о росте в спокойной обстановке при слабой капели.

Обрамления (рис. 5) и кристаллы инкрустаций дна наблюдаются у большинства водоемов пещеры.

Описанные агрегаты субаквальных кор сложены кальцитом, за исключением пизолитов первого вида, в составе которых также отмечалось глинистое рентгено-аморфное вещество (по данным рентгено-фазового анализа), слагающее затравки жемчужин.

Кораллитовые коры представлены кораллитами и кристаллититами. Кораллиты сложены преимущественно кальцитом, но отмечаются также двух- и трехминеральные агрегаты - кораллиты, в строении которых принимают участие моногидрокальцит и гипс, образующие обрастания поверх кальцита в верхней части кораллитов. Такие агрегаты находятся в правой системе п. Охотничьей. Состав подземных вод в данной части пещеры сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый:



Кораллиты, приуроченные к нижней части высокого меандра, имеют грибообразный облик: наблюдается широкая «шляпка» (до 1,7 см в диаметре) и более тонкая (до 1,5 см шириной) «ножка» (рис. 6). Шляпка и ножка сложены кальцитом медового цвета. На поверхности шляпки наблюдается обрастание белым моногидрокальцитом и мелкокристаллическим гипсом, поверх которого вырастают тонкие пластины гипса. Гипс может покрывать сразу несколько кораллитов, образуя кору мощностью до нескольких миллиметров. Двухминеральные кораллиты, сложенные кальцитом и моногидрокальцитом, широко распространены в пещере. Во всех случаях моногидрокальцит наблюдается только в верхней части кораллитов, образуя белые налеты и выцветы (рис. 7).



Рис. 6. Кальцит-моногогидрокальцит-гипсовый агрегат.



Рис. 7. Кальцит-моногогидрокальцитовые агрегаты.



Рис. 8. Участок гипсовой россыпи в правой системе.

Обнаруженные нами в пещере кристаллиты сложены гипсом и находятся в правой системе. Кристаллиты слагают россыпь размером 3,5 на 0,7 м в протяженном высоком меандре, имеющем ширину в районе россыпи 2,7 м. Россыпь (рис. 8) расположена на обвальных отложениях, покрывающих пол меандра,

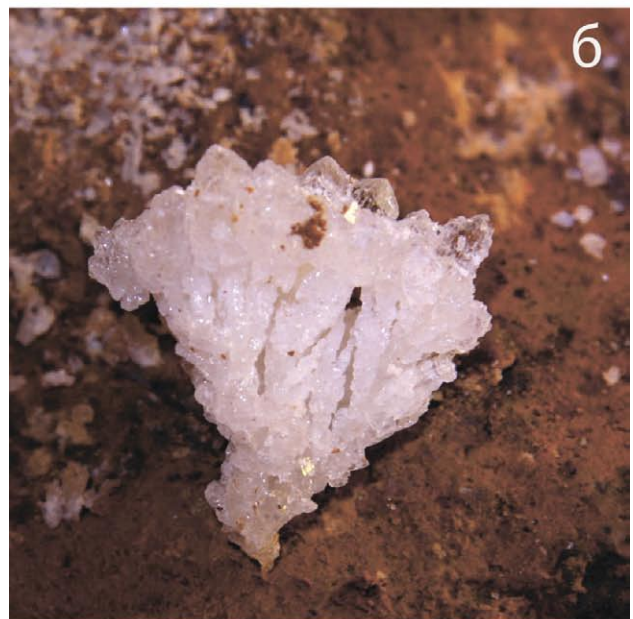


Рис. 9. Дендриты гипса из россыпи в правой системе.

которые представлены каменными обломками без натечных форм, ниже подстилающиеся щебнем вперемешку с глиной. Мощность слоя гипсовых сростков переменная, местами (в щелях между камнями) до 5 см. Агрегаты имеют вид «кустиков», или дендритов до 1,8 см высотой при ширине 2,5 см (рис. 9) бесцветного или медового цвета, обусловленного налетом глины на поверхности кристаллов.

Антолитовые коры, специфичные для некарбонатных высокорастворимых минералов (Мальцев, 1993), представлены мелкими гипсовыми цветами, растущими на обвальных глыбах. Наибольшее количество таких образований наблюдается в районе гипсовой россыпи правой системы в конце меандра на площади около 0,8 на 0,5 м., но находки были сделаны также и в левой системе. Длина «лепестков» во всех случаях не превышала 1 см (рис. 10). В местах распространения гипсовых цветов наблюдаются также гипсовые иглы, прорастающие в трещинах вмещающей породы.

В пещере встречаются участки распространения сухого и влажного *мондмилха* (лунного молока), которое наблюдается как на обвальных глыбовых отложениях на полу пещеры, начиная в привходовой части, так и на стенах. «Молоко» состоит исключительно из кальцита. В отдельных случаях совместно с мондмилхом встречаются коры, представленные мягким марким белым минералом, подобным писчему мелу. Его состав был определен как кальцит. Также в привходовой части пещеры наблюдаются глыбы мощностью до 0,4 м, занимающие площадь около 2 м², сложенные тем же мелоподобным минералом кальцитового состава. Предположительно, это обломки вмещающей породы, обвалившиеся с потолка грота вследствие своей меньшей твердости по сравнению с известняками.



Рис. 10. Гипсовые антолиты в правой системе.

КРИОМИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Проба криоминеральных образований была взята в привходовом гроте у подножия ледяного сталагмита. Мощность слоя криоминерального порошка составляла 1 мм. Проба представлена мучнистой светло-желтой массой, в которой встречаются отдельные кристаллы янтарного цвета размером до 2 мм (их количество составляет около 10% от общей массы пробы) и мелкие черные вкрапления, вероятно, органического вещества (рис. 11). В процессе наблюдений можно



Рис. 11. Криоминеральные образования из привходовой части пещеры.

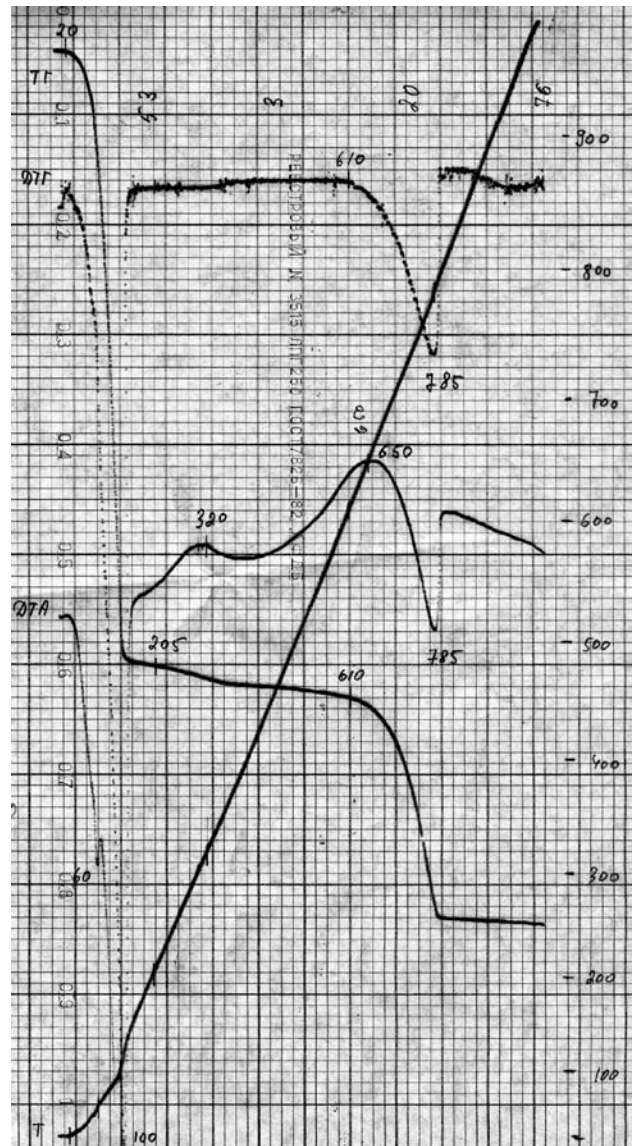


Рис. 12. Термограмма пробы криоминеральных образований из привходовой части пещеры.

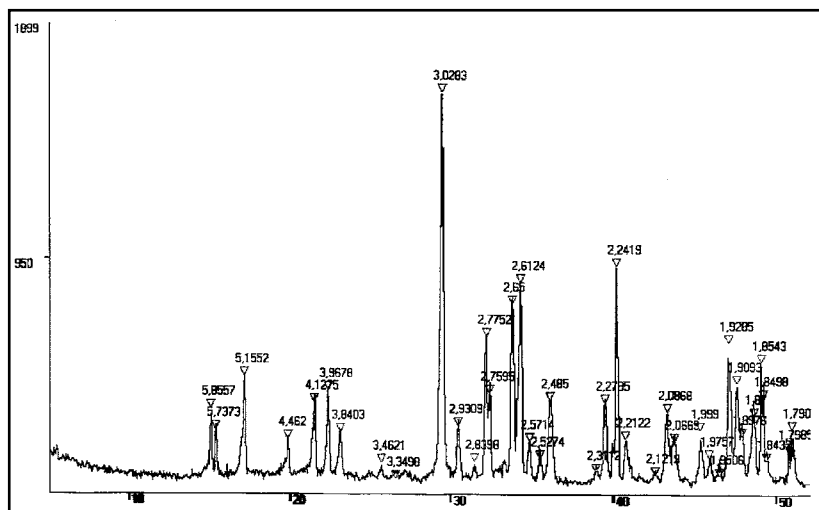


Рис. 13. Рентгенограмма пробы криоминеральных образований из привходовой части пещеры.

было видеть, как при потере кристаллизационной воды в течение нескольких минут минерал меняет цвет до белого и при прикосновениях рассыпается. По результатам термического анализа состав пробы был определен как икаит (рис. 12). При рентгено-фазовом анализе в составе были определены кальцит и икаит (рис. 13). Появление примеси кальцита, скорее всего, связано с быстрым разложением икаита при комнатной температуре.

Икаит был также обнаружен в составе кристаллических сростков неясного генезиса, слагающих россыпь на глыбах в дальнейшей части привходового грота. Нами был взят образец породы, слагающей глыбы, состав которого представлен кальцитом и доломитом в равных соотношениях (по данным термического анализа). Общая площадь распространения кристаллов составляет около 3 м². В россыпи наблюдаются как мелкие (до 1 мм) кристаллы и их сростки, так и крупные (до 1,5 см) сростки-друзы с вогнутым или плоским основанием, округлые вогнутые пластинки-«блюдца» и обломки плоских пластин (рис. 14). Мелкие кристаллы распространены в верхней части россыпи, на глыбе около 2 м высотой. Они имеют золотистый и светло-золотистый цвет и четкие не оплавленные грани. Отмечаются звездчатые (рис. 15 а) и крестообразные сростки типа «беломорских



Рис. 14. Россыпь кристаллических сростков икаита в дальнейшей части привходового грота.

рогулек» (рис. 15 б). Крупные сростки распространены на более низкой глыбе. Размер их достигает 2 см (рис. 16). Под бинокулярным микроскопом можно видеть рост кристаллов из общего уплощенного или вогнутого основания. Сростки имеют насыщенный темно-янтарный и красновато-коричневый цвет. Следов растворения на гранях не наблюдается. В целом большинство крупных минеральных агрегатов россыпи имеет вид корочек с плоским или вогнутым основанием и покрытых сверху щеткой кристаллов различного размера.

На рис. 17 представлена рентгенограмма образца из россыпи в п. Охотничья (крупный кристаллический агрегат), снятого на дифрактометре ДРОН-3 на CuK_α излучении. До съёмки образец находился в морозильной камере. Состав пробы: икаит $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с параметрами элементарной ячейки: $a=8.85(1)$; $b=8.25(1)$; $c=11.01(1)\text{Å}$; $\beta=110.5(1)^\circ$; $V=754\text{Å}^3$, проиндексировано по икаиту из ASTM PDF № 37-416; слабые следы, возможно, гипса (7.69; 3.07).



Рис. 15. Звездчатые икаитовые (а) сростки и сростки типа «беломорских рогулек» (б) из россыпи в дальнейшей части привходового грота (мелкие кристаллические агрегаты).



Рис. 16. Крупные кристаллические агрегаты икаита из россыпи в дальней части привходового грота.



Рис. 18. Фотография шлифа вмещающей породы из правой системы.

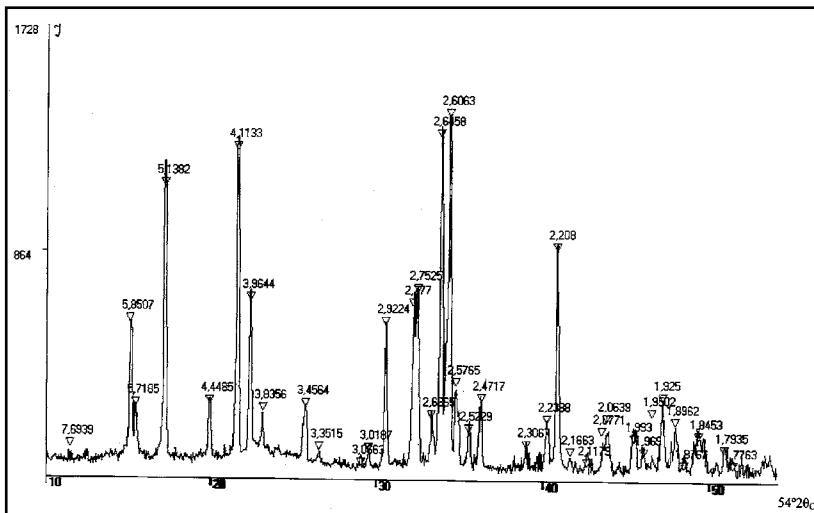


Рис. 17. Рентгенограмма образца из россыпи в дальней части привходового грота (крупный кристаллический агрегат).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Кальцит CaCO_3 является наиболее распространенным минералом в п. Охотничьей и входит в состав большинства спелеотем пещеры. Механизм его растворения, транспортировки и отложения хорошо известен (Hill, Forti, 1997). Арагонит CaCO_3 также весьма часто встречается в пещере. По нашему мнению, его отложение может быть вызвано значительным содержанием ионов магния в карстовых водах пещеры, обусловленным составом вмещающей породы. Более того, в работе (Fishbeck, Muller, 1971) указано, что при значении отношения $\text{Mg}/\text{Ca} = 4,4$ арагонит будет единственным минералом в осадке.

Гипсовые ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) образования в п. Охотничьей наблюдаются в местах с повышенным, по сравнению с другими местами, содержанием сульфат-ионов в водах пещеры. Состав карстовых вод здесь также зависит от состава вмещающих пород. При исследовании их шлифов в известняках и доломитах

наблюдались тонкие (до 0,3 см) прослойки гипса (рис. 18). Происхождение крупных гипсовых дендритов не совсем понятно. Осыпание этих образований со стены могло быть вызвано сменой циклов осушения и увлажнения пещеры. В настоящее время стены данного меандра практически на всем протяжении покрыты гипсовыми налетами и корами мощностью до 3 мм.

Механизм возникновения гипсовых антолитов рассмотрен в работах (Hill, Forti, 1997; Мальцев, 1993) и обусловлен выдавливанием раствора из пор субстрата, что вызывает закручивание «лепестков». Гипсовые обрастания на кальцит-монокристаллических агрегатах предположительно возникали из испаряющейся капиллярной пленки, либо даже из свободно стекающего раствора. На последнее указывает увеличение мощности гипсовой коры в углублениях между кораллитами и на концах кораллитов, ориентированных сверху вниз.

Монокристаллический гипс $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ является метастабильным минералом, отмеченным в пещерах Германии, Австрии, Намибии и некоторых других (Hill, Forti, 1997) в составе кор, покрывающих сталагмиты, совместно с гидромагнезитом, арагонитом и доломитом, а также в виде прослоев в кальцитовых кораллоидах, в составе мондмилых и мелкокристаллической белой и коричневой мелоподобной пудры. Предполагается аэрозольный механизм отложения этого минерала (Hill, Forti, 1997). Для его образования также необходимо отношение Mg/Ca больше 1 и температура пересыщенного CO_2 раствора меньше 20°C . Кроме того, как отмечают некоторые исследователи, монокристаллический гипс может осаждаться из медленно текущего, слегка пересыщенного раствора воды (Borsato, 2000). К числу факторов, влияющих на формирование монокристаллического гипса в пещерах, относится и присутствие органического вещества,

поскольку детальные исследования мондмилха указывают на его биогенный состав (Curry et al., 2009; Baskara et al., 2011). Вследствие своей метастабильности моногидрокарбонат с течением времени переходит в арагонит и кальцит (Hill, Forti, 1997). Образование моногидрокарбоната в п. Охотничьей, как и арагонита, по нашему мнению, связано с присутствием во вмещающих породах доломита и, вследствие этого, появлением ионов магния в карстовых водах. Нахождение моногидрокарбоната на поверхности кальцитовых кораллитов может указывать на формирование этого минерала при подаче раствора тонкими пленками, контролирующимися капиллярными силами, вслед за кальцитом при увеличении количества ионов магния относительно ионов кальция.

Криоминеральные образования п. Охотничьей сложены исключительно икаитом. Минерал икаит – гексагидрат карбоната кальция $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – был открыт в 1963 г. в водах Икка-фьорда в Гренландии, близ г. Ивигтуд (Pauly, 1963). Икаит является метастабильным минералом, устойчивым только при температурах, близких к нулю (до $+4^\circ\text{C}$) (Гурвич, Быстрова, 2009), и в условиях подземных пустот был впервые обнаружен в 2008 г. в пещере Скершоара (Опас, 2008) в составе криоминеральных образований. В нашем регионе, кроме п. Охотничьей, икаит был найден в составе криоминеральных образований п. Хрустальной (Базарова, 2010; Базарова, Гутарева, 2011) и п. Холодной. Следует отметить, что указанные три пещеры приурочены к породам одной свиты.

Общий механизм спелеокриоминерогенеза подробно рассмотрен в работе В. Андрейчука и Е. Галускина (Андрейчук, Галускин, 2008). Расплавы ледяных сталагмитов и наледей из привходового грота п. Охотничья имеют невысокую минерализацию, в среднем составляющую 45 мг/дм^3 . По составу вода льдов гидрокарбонатная кальциевая, с относительно высоким содержанием хлора и CO_3^{2-} :

$$M 45 \frac{HCO_3 \ 94 \ Cl \ 4.3 \ CO_3 \ 1.7}{Ca \ 96.5 \ Mg \ 2 \ K \ 1.3 \ Na \ 0.3} \ pH \ 8.3; \ t \ 0.1 \ ^\circ C$$

Для россыпи кристаллов икаита в дальней части привходового грота п. Охотничья также наиболее вероятно криогенное происхождение. Местами на глыбах были обнаружены остатки ледяной коры мощностью до 1 см. На основании того, что в течение 2006 г. произошла полная деградация многолетней наледи в привходовой части, что свидетельствует об изменении микроклимата в пещере, можно предполагать существование в прошлом гораздо более мощного слоя льда на глыбах. По нашему мнению, для объяснения происхождения данных кристаллических сростков наиболее вероятен механизм, описанный К. Žák с соавторами для крупных агрегатов криогенных пещерных карбонатов из пещеры Cold Wind Cave в Словакии (Žák et al., 2009): агрегаты формировались в лужицах талой воды на поверхности ледяной коры и оседали на поверхность каменных глыб после полного таяния льда. Подобные кальцитовые агрегаты различной формы, названные «пещерным виноградом», кроме пещеры Cold Wind Cave, находили

в пещере Геологов и некоторых других на Урале (Мавлюдов, 2008).

Описываемая нами россыпь известна со времени открытия пещеры (2006 г). Пробы этих минеральных образований отбирались в течение двух последних лет в разные сезоны, и их минеральный состав оставался неизменным, что указывает на возможность длительного сохранения икаита в условиях пещер

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В п. Охотничьей были обнаружены водные хемогенные образования, сформированные пятью различными минералами, которые относятся к трем группам (по системе Дана): оксиды-гидрооксиды, карбонаты, сульфаты. Представителем группы оксидов-гидрооксидов является лед; карбонатов – кальцит, слагающий большинство минеральных агрегатов пещеры, арагонит, моногидрокарбонат; сульфатов – гипс.

Криоминеральные образования представлены минералом группы карбонатов – гексагидратом карбоната кальция икаитом.

Минеральный состав спелеотем пещеры обусловлен различием состава вмещающих осадочных пород. Воды правой системы взаимодействуют с известняками и гипс-содержащими породами, в результате чего в них отмечается относительно высокое содержание сульфатов кальция. Благодаря этому особенностью минерализации пещеры является формирование кораллитовых кор двух- и трехминерального состава и гипсовых образований (кристалликтитов, антолитов).

Общий список минералов, обнаруженных в п. Охотничьей, включает в себя шесть наименований, что делает данную пещеру на сегодняшний день наиболее богатой в минералогическом отношении пещерой Иркутской области.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы признательны спелеологам клуба «Арабика» за помощь в сборе образцов и предоставленные топосъемку пещеры и некоторые фотографии.

ЛИТЕРАТУРА

Американская рентгенометрическая картотека ASTM PDF, вып. 37, №416.

Андрейчук В., Галускин Е. Криоминеральные образования пещер: введение в проблематику // Спелеология и карстология. - 2008. - №1. - С. 67 – 80.

Базарова Е.П. Криоминеральные образования Иркутской и Читинской областей // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Сборник материалов международной научно-практической конференции. - Набережные Челны: НГПИ, - 2010. С. 35 – 38.

Базарова Е.П., Гутарева О.С. Новые данные о минералогии пещер Иркутской области // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXIV Всероссийской молодежной конференции (Иркутск, 19 – 24 апреля 2011 г.). - Иркутск: ИЭК СО РАН, - 2011. С. 62 – 63.

- Гурвич Е.М., Быстрова О. Беломорские рогульки // Химия и жизнь. - 2009. - №3. - С. 32 - 35.
- Инженерная геология Прибайкалья / Под общ. ред. Пальшина Г.Б.. - Москва: Наука, 1968. - 189 с.
- Мавлюдов Б.Р. Оледенение пещер. - Москва: Институт географии РАН, 2008. - 290 с.
- Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т. 1. - Пермь, 1963.
- Мальцев В.А. Минералы системы карстовых пещер Кап-Кутан (юго-восток Туркменистана) // Мир Камня (World of Stones), 1993, №2 <vl-maltsev.narod.ru> accessed 2011 May 31.
- Осинцев А.В. Крупные пещеры Байкальского региона – новейшие исследования // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Сборник материалов международной научно-практической конференции. - Набережные Челны: НГПИ, - 2010. С. 99 - 101.
- Реутский В.Н. Минералогические наблюдения в Нижнеудинских пещерах (Восточный Саян) // Свет. - 1997. - №1(16). - С. 21 - 22.
- Степанов В.И. Периодичность процессов кристаллизации в карстовых пещерах // Труды минералогического музея им. Ферсмана. - Вып. 20. - Москва, 1971. С. 161 - 171.
- Филиппов А.Г. Пещеры Иркутской области // Пещеры. – Пермь: Пермск. ун-т, - 1993. Вып. 23-24. - С.71 - 83.
- Филиппов А.Г. Пещера Ботовская // Вопросы физической спелеологии. - М.: МФТИ, - 1994. - С. 142 - 160.
- Филиппов А.Г., Оводов Н.Д., Кутузов А.В. Геология, отложения и остеологические остатки Кременьшетской пещеры в Присянье // Енисейская провинция. Альманах. Вып. 4. - Красноярск: Красноярский краеведческий музей, - 2009. - С. 183 - 192.
- Hill C., Forti P. Cave minerals of the world. Huntsville, USA, 1997. 463 p.
- Curry M.D. et al. Cottonballs, a unique subaqueous moonmilk, and abundant subaerial moonmilk in Cataract Cave, Tongass National Forest, Alaska // International Journal of Speleology. - 2009. V. 38 (2). - P. 111-128.
- Baskara S., Baskara R., Routhbc J. Biogenic Evidences of Moonmilk Deposition in the Mawmluh Cave, Meghalaya, India // Geomicrobiology Journal. – 2011. V. 28(3). P. 252 – 265.
- Borsato A., Frisia S., Jones B., Van Der Borg K. Calcite Moonmilk: Crystal Morphology and Environment of Formation in Caves in the Italian Alps // Journal of Sedimentary Research. -2000. V. 70 (5). P. 1171-1182.
- Fischbeck R., Müller G. Monohydrocalcite, hydromagnesite, nesquehonite, dolomite, aragonite and calcite in speleothems of the Frankische Schweiz, Western Germany // Contribute Min. Petrol. – 1971. – V. 33. - P. 87 - 92.
- Maire R. et al. Uranium mapping in speleothems: occurrence of diagenesis, detrital contamination, and geochemical consequences // Proceeding 15th International Congress of Speleology. V.2. Kerrville, - 2009. - P. 1033–1038.
- Onac B.P. Ikaite in the Scarisoara ice deposit: precipitation and significance // 3rd International Workshop on Ice Caves (IWIC – III) – Kungur Ice Cave, May 12 – 17, 2008. P. 28.
- Pauly H. Ikaite, a new mineral from Greenland // Arctic. - 1963. - Vol.16. - P. 263 - 264
- Žák K., Hercman H., Orvošová M., Jačková I. Cryogenic cave carbonates from the Cold Wind Cave, Nízke Tatry Mountains, Slovakia: Extending the age range of cryogenic cave carbonate formation to the Saalian // International Journal of Speleology. – 2009. - Vol. 38(2). P.139-152.