

**С. С. Потапов, Н. В. Паршина, О. И. Кадебская,
П. Н. Сивинских, Н. Г. Максимович**

*Институт минералогии УрО РАН
Кунгурская лаборатория-стационар ГИ УрО РАН
Естественнонаучный институт Пермского государственного университета*

ЭФЕМЕРНЫЕ (СЕЗОННЫЕ) МИНЕРАЛЫ В КУНГУРСКОЙ ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЕ

**S. S. Potapov, N. V. Parshina, O. I. Kadebskaya,
P. N. Sivinskikh, N. G. Maximovich**

*Institute of mineralogy of UB RAS
Kungur lab of Mining Institute of UB RAS
Natural science Institute of Perm State University*

SEASON MINERALS IN KUNGUR ICE CAVE

Summary

In this article is described season minerals which exists in february-april inside Kungur Ice cave. The cave is underground stock of native and secondary minerals mostly unexplored.

Спелеоминералогия — раздел минералогической науки, посвященный изучению минеральных образований в пещерах [9]. Начиная с 2004 г. нашим коллективом сначала в режиме обычных ознакомительных экскурсий с турфирмой, а затем планомерных совместных работ с сотрудниками стационара проводился отбор, главным образом, современных минеральных образований в Кунгурской Ледяной пещере. На основе обзора литературных данных, частично приведенных в библиографическом списке [1, 3—5], а также непредставительных собственных наблюдений, нами была проведена предварительная типизация минеральных образований Кунгурской Ледяной пещеры [8]. Последнее самое детальное опробование пещеры было проведено в марте 2006 г. Особое внимание уделялось техногенным минеральным образованиям [2], формирующимся на подпорных стенах и колоннах, на элементах анкерной крепи, железобетонных и стальных конструкциях (рис. 1), а также эфемерным (сезонным) минерализациям.

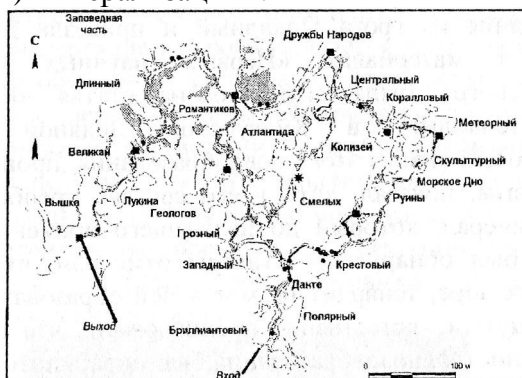


Рис. 1. Схема Кунгурской Ледяной пещеры: кружочки — искусственные подпорные колонны, треугольники — искусственные подпорные стенки, квадратики — подсобные помещения. Звездочкой отмечено место отбора образцов с мирабилитом

К эфемерным образованиям, в частности, относятся наблюдаемые в феврале-апреле на потолке и стенах некоторых гротов пещеры волокнистые белые агрегаты, растущие

субперпендикулярно поверхности субстрата. Ранее некоторые исследователи называли подобные образования «гипсовый мох» или «гипсовый пух» [1], что вполне справедливо, поскольку вещественную основу этих агрегатов действительно составляет гипс, а морфологически это и в самом деле напоминает легкий белый пух. Подобные образования, в частности, наблюдались ранее в юго-западном крыле грота Полярный.

В 1995 г. К. А. Горбунова с соавторами [1] описала «гипсовый мох» с потолка и со стен этой юго-западной части грота Полярный как аэрозольное образование, которое «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 не крупнее 0.01 мм. В составе преобладает гипс, присутствуют доломит и ангидрит».

В марте 1998 г. студентка геологического факультета Перм. ГУ У. В. Назарова отобрала эти же пушистые минеральные новообразования из грота Полярный и привезла для изучения. В результате в материалах «Первых научных чтений памяти П. Н. Чирвинского» была опубликована статья «Новообразования мирабилита-тенардита в Кунгурской Ледяной пещере» [4]. Рентгенофазовый анализ этого новообразования, проведенный в МГУ В. Г. Шлыковым, показал, «что в его составе преобладает тенардит (Na_2SO_4), минерал, который до настоящего времени в отложениях пещеры не был обнаружен». Авторы отмечали, что по условиям, царящим в пещере, тенардит не мог в ней образоваться изначально, поэтому пишут: «...естественно предположить, что первоначальный состав волокнистых новообразований был мирабилитовый».

Подобное замещение мирабилита тенардитом отмечалось нами ранее на стеновых покрытиях в жилом помещении при подтекании дождевых вод [6], на внутренней кирпичной стене-опоре кровли Крестовоздвиженского храма [7]. С. В. Прибавкин и Е. С. Шагалов [10] обнаружили подобные образования в виде крупных (до нескольких см) волосовидных кристаллов, образующих параллельно-игольчатые, ватоподобные агрегаты белоснежного цвета в подвале Института геологии и геохимии УрО РАН в Екатеринбурге. При этом авторы отмечают сезонный характер появления минеральных новообразований, а именно: их бурный рост отличен осенью и весной, когда воздух достаточно влажный; кроме того, происходит подпитка подвального этажа дождевыми и талыми водами. Образование минеральных пушистых высаливаний связывается с добавлением Na_2SO_4 к цементному раствору для ускорения его схватывания, либо с реакцией между гипсовым вяжущим и жидким стеклом, либо с реакцией кислых (следствие глобального загрязнения атмосферы серным ангидритом) дождевых вод с галитом, используемым как добавка к штукатурке и побелке для придания им прочности. Во влажной среде в результате этих реакций сначала образовывался мирабилит, последующая дегидратация которого в сухих условиях приводила к образованию тенардита.

Как бы то ни было, но авторы [4] лишь предположили возможность образования мирабилита в Кунгурской Ледяной пещере, достоверно же находка его не подтверждена, а в статье приведены кристалломорфологические, физические, оптические и рентгенографические характеристики эталонного (суть — виртуального), а не реального кунгурского пещерного мирабилита.

Первая достоверная находка мирабилита была сделана нами 4 марта 2006 г. при переходе из грота Колизей в грот Смелых (см. рис. 1. Место находки обозначено звездочкой). Здесь возле туристической тропы на почве с левой стороны обнаружены обломки гипсовой породы с обильными пушистыми новообразованиями с длиной волокон пуха в среднем 15 мм и с максимальной длиной 20—25 мм (рис. 2). Эти образцы были герметично упакованы, а в лабораторных условиях подготовлен их препарат с вазелином (во избежание дегидратации), и получена рентгенограмма, соответствующая мирабилиту с примесью гипса (таблица).

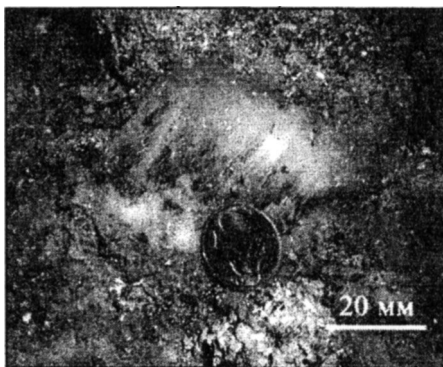


Рис. 2. Белые пушистые минеральные новообразования мирабилита и гипса на породных обломках на почве перед входом в грот Смелых

Рентгенограмма пробы К-22-06 из Кунгурской Ледяной пещеры (1), эталонного мирабилита $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ (2) и эталонного гипса $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (3).

1		2 (ASTM*, 11-647)			3 (ASTM, 6-0046)		
d, Å	I	d, Å	I	hkl	d, Å	I	hkl
1	2	3	4	5	6	7	8
7,583	100	-	-	-	7,56	100	020
5,47	65	5,49	100	002	-	-	-
4,658	26	4,77	45	120, 201	-	-	-
4,277	57	4,32	20	211	4,27	50	$1\bar{2}1$
3,804	24	3,83	40	$12\bar{2}$	3,79	20	031, 040
13,339	21	3,31	5	311	-	-	-
3,248	10	3,26	60	$13\bar{1}$	-	-	-
3,183	22	3,21	75	$320, 40\bar{1}$	-	-	-
3,063	79	3,11	60	$40\bar{2}, 313$	3,059	55	$14\bar{1}$
2,878	46	2,896	5	321	2,867	25	002
2,78	43	2,801	30ш	$40\bar{3}, 231$	2,786	6	$21\bar{1}$
2,739	7	2,743	15	$132, 004$	-	-	-
2,677	15	2,687	10	$33\bar{1}$	2,679	28	022, 051
2,212	7	2,208	5	$13\bar{4}, 214$	2,216	6	$15\bar{2}$
2,189	6	2,196	5	$511, 23\bar{4}$	-	-	-
2,073	5	2,071	15	$224, 41\bar{5}$	2,073	8	112, 251
2,011	7	-	-	-	1,990	4	170
1,895	7	-	-	-	1,898	16	080, 062
1,864	15	-	-	-	1,864	4	$31\bar{2}$
1,807	7	-	-	-	1,812	10	$26\bar{2}$
1,782	6	-	-	-	1,778	10	260
1,661	5	-	-	-	1,664	4	$34\bar{1}$
1,619	4	-	-	-	1,621	6	$20\bar{4}, 181, 053$

Примечание. Дифрактометр ДРОН-2.0, CuK_α -излучение. Лаборатория Института минералогии УрО РАН, аналитик П. В. Хворов. Интенсивности всех линий рентгенограммы рассчитаны на самую интенсивную линию гипса 7.583 Å, поэтому интенсивности линий для кунгурского мирабилита и эталона не соответствуют.

*ASTM - Американская картотека порошковых рентгеновских данных.

Воплощение в специфический белоснежный вато- или пухоподобный минеральный агрегат однозначно не указывает, что это новообразование выполнено мирабилитом. Эти «пушистые» минеральные образования встречаются в Кунгурской пещере довольно широко. В частности, они обнаружены в гротах Крестовый, Руины, Геологов, Атлантида... Причем со временем наблюдается тенденция к их более широкому распространению. Так, в гроте Геологов еще пять лет назад подобных образований не обнаруживалось. В переходе из грота Колизей в грот Смелых, ближе к последнему, на сужении прохода немногим более 1 м обнаруживается очень сильная тяга воздуха. В этом месте справа от тропы смонтирована защитная стенка из железобетонных конструкций, укрепленная стальной арматурой. На железобетонных блоках этой стенки на разной высоте — от 0,5 до 1,8 м — зонами распределяются минеральные новообразования также в виде белых пушистых налетов. Сложены они преимущественно гипсом и, возможно, незначительной механической примесью кварца. Таким образом, и опыт предшественников, и наш собственный позволяет констатировать, что пушистые новообразования чаще всего являются действительно «гипсовым пухом», тогда как новообразования мирабилита весьма редки, если не единичны. Требуется проведение ревизии пушистых минеральных новообразований в юго-западном крыле грота Полярный, изучавшихся ранее К. А. Горбуновой и Н. Г. Максимовичем с соавторами с целью уточнения их минерального выполнения.

Что касается генетической стороны формирования гипсовых и гипсово-мирабилитовых пушистых агрегатов, то вряд ли они являются аэрозольными образованиями. Игольчатый или волосовидный характер минеральных индивидов в специфическом пушистом агрегате мог формироваться на любом «гипсометрическом» уровне (на кровле, стенах и, как оказалось, даже на почве пещеры) при капиллярном питании через породный субстрат соответственно минерализованными растворами. В летний период эти пушистые минеральные новообразования исчезают, чтобы вновь образоваться зимой.

Другое эфемерное минеральное новообразование было обнаружено П. Н. Сивинских в ноябре 2005 г. на дне обмелевшего озера в гроте Длинный. Это необычные трубчатые минеральные образования, ранее в пещерах не наблюдавшиеся и не описанные (рис. 3). Эти образования формируют минеральный куст и растут вверх, видимо, за счет питания поровыми растворами, на поверхности разрушенного, частично дезинтегрированного обломка гипсовой породы, покрытого тонким слоем красно-коричневой глины. Отдельные трубочки достигают в высоту 4 см. На кафедре минералогии Перм. ГУ Н. Е. Молоштановой эти образования диагностированы как арагонит. Отобранные нами 5 марта 2006 г. (в течение всей зимы эти минеральные новообразования сохранились) эти же образцы дали типичную для кальцита рентгенограмму с основными отражениями: 3,028 (3,036); 2,488 (2,497); 2,277 (2,287); 2,089 (2,095); 1,924 (1,913); 1,874 (1,877) Å (в скобках приведены данные для эталонного кальцита). В весенний паводок место образования «кальцитовых кустов» непременно бы затопило и они могли раствориться либо разрушиться механически, т.е. в любом случае была угроза невозможности их сохранения на месте образования, поэтому они были эвакуированы за пределы зоны возможного затопления.

В заключение отметим, что Кунгурская пещера, вопреки расхожему мнению о простоте её минерального мира, являет собой своеобразную подземную кладовую, углубленные исследования которой принесут еще много новых открытий не только первичных но и вторичных минералов.

Авторы благодарны Н. В. Лавровой (Лаборатория-стационар Горного института УрО РАН, г. Кунгур) за совместную работу в Кунгурской Ледяной пещере, а также П. В. Хворову (Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс) за оперативное выполнение рентгенофазовых анализов.



Рис. 3. Современные трубчатые образования кальцита со дна обмелевшего озера в гроте Длинный

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунова К. А., Молоштанова Н. Е., Максимович Н. Г., Яцына И. И. Геохимически изменённые породы и вторичные минеральные образования Кунгурской Ледяной пещеры // Кунгурская Ледяная пещера. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1995. — Вып. 1. — С. 26-58.
2. Кадебская О. И., Потапов С. С. Техногенные натечные образования в Кунгурской Ледяной пещере // Минералогия техногенеза — 2006. — Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. — С. 22—31.
3. Кунгурская пещера: опыт режимных наблюдений / Под ред. В. Н. Дублянского. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. — 376 с.
4. Максимович Н. Г., Молоштанова Н. Е., Назарова У. В., Шлыков В. Г. Новообразования мирабилита-тенардита в Кунгурской Ледяной пещере // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: Материалы науч. конф. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1999. — Вып. 1. — С. 47—48.
5. Молоштанова Н. Е., Шлыков В. Г., Максимович Н. Г. Новообразование целестина в Ледяной пещере // Кунгурская Ледяная пещера. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1995. — Вып. 1. — С. 59—63.
6. Потапов С. С., Ершов В. В. Вторичное минералообразование в стеновых покрытиях // Уральский минералогический сборник. — Екатеринбург: УИФ Наука, 1993. — № 1. — С. 120—123.
7. Потапов С. С. Минеральные новообразования в Крестовоздвиженском храме // Уральская минералогическая школа — 2001. Геохимия, минералогия и минерагения техногенеза. — Екатеринбург: УГГГА, 2002. — С. 22—27.
8. Потапов Д. С., Потапов С. С. Типы минерализации Кунгурской Ледяной пещеры // Минералогия техногенеза — 2005. — Миасс: ИМин УрО РАН, 2005. — С. 48—52.
9. Потапов С. С., Паршина Н. В., Потапов Д. С., Кадебская О. И., Сивинских П. Н. Спелеоминералогия (на примере Кунгурской Ледяной пещеры) // Теория, история, философия и практика минералогии: Материалы IV Междунар. минералогического семинара. 17—20 мая 2006 г. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. — С. 71—74.
10. Прибавкин С. В., Шагалов Е. С. О высаливании на стенах чданий // Уральская минералогическая школа — 2001. Геохимия, минералогия и минерагения техногенеза. — Екатеринбург: УГГГА, 2002. — С. 36—37.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-05-00618 по теме «Минералогия и экология пещер карбонатного и сульфатного карста Урала, природный и техногенный сталактитогенез».