

ПЕРВАЯ ДОСТОВЕРНАЯ НАХОДКА МИРАБИЛИТА В КУНГУРСКОЙ ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЕ

Спелеоминералогия – раздел минералогической науки, посвященный изучению минеральных образований в пещерах [9]. Начиная с 2004 г. нашим коллективом 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.

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-западной части фота Полярный*. В марте 1998 г. тогда еще студентка геологического факультета ПГУ У. В. Назарова отобрала эти новообразования и привезла для изучения. В результате их исследования 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 ($\text{Na}_2(\text{SO}_4)$), 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».

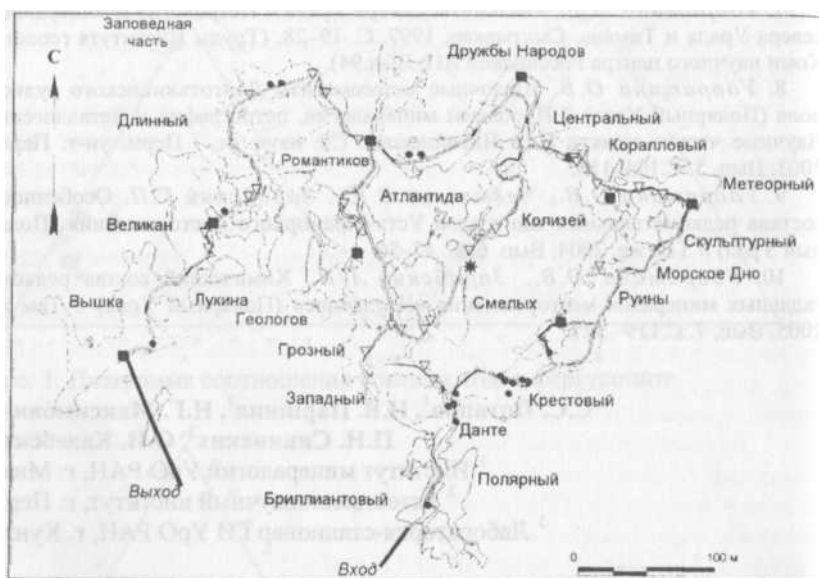


Рис. 1. Схема Кунгурской ледяной пещеры. Кружочки – искусственные подпорные колонны, треугольники – искусственные подпорные стенки, квадратики – подсобные помещения. Звездочкой отмечено место отбора образцов с мирабилитом

*В 1995 г. К. А. Горбунова с соавторами [1] описала из этой же юго-западной части грота Полярный, с потолка и со стен «гипсовый мох» как аэрозольное образование, который «представляет собой массу тонкоигльчатых 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 игльчатой и пластинчатой формы не крупнее 0,01 мм. В составе преобладает гипс, присутствует доломит и ангидрит».

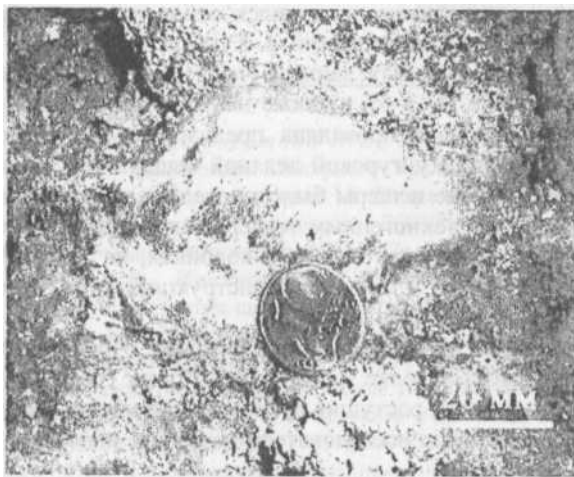


Рис. 2. Белые пушистые минеральные новообразования мирабилита и гипса на породных обломках на почве перед входом в грот «Смелых»

Подобное замещение мирабилита тенардитом отмечалось 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 сантиметров, волосовидных кристаллов, образующих параллельно-игольчатые, ватоподобные агрегаты белоснежного цвета в подвале Института геологии и геохимии УрО РАН в Екатеринбурге. Авторы отмечают сезонный характер появления минеральных новообразований, а именно бурный их рост происходит осенью и весной, когда воздух достаточно влажный, и идет 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 реакцией между гипсовым вяжущим и жидким стеклом, либо реакцией кислых (как следствия 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, но достоверно находку его не подтвердили, а в статье привели кристалломорфологические, физические, оптические и рентгенографические характеристики эталонного (по сути – 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).

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, например, 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 позволяют 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.

Рентгенограмма пробы К-22-06 из Кунгурской ледяной пещеры (1), эталонного мирабилита $Na_2SO_4 \times 10H_2O$ (2) и эталонного гипса $CaSO_4 \times 2H_2O$ (3)

1		2 (*ASTM, 11-647)			3 (ASTM, 6-0046)		
d, Å	I	d, Å	I	hkl	d, Å	I	hkl
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
3.339	21	3.31	5	$31\bar{1}$	-	-	-
3.248	10	3.26	60	131	-	-	-
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	403, 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 не соответствуют кунгурскому мирабилиту и эталону. *ASTM – Американская картотека порошковых рентгеновских данных.

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 рентгенофазового анализа.

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

Список литературы

1. Горбунова К. А., Молоштанова Н. Е., Максимович Н. Г., Яцына И. И. Геохимически измененные породы и вторичные минеральные образования Кунгурской ледяной пещеры // Кунгурская ледяная пещера / Перм. ун-т. Пермь, 1995. Вып. 1. С. 26–58.
2. Кадебская О. И., Потапов С. С. Техногенные натечные образования в Кунгурской ледяной пещере // Минералогия техногенеза-2006 / ИМин УрО РАН. Миасс, 2006. С. 22–31.
3. Кунгурская пещера: опыт режимных наблюдений / под ред. В. Н. Дублянского; УрО РАН. Екатеринбург, 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: матер, науч. конф. / Перм. ун-т. Пермь, 1999. Вып. 1. С. 47–48.
5. Молоштанова Н. Е., Шлыков В. Г., Максимович Н. Г. Новообразование целестина в Ледяной пещере // Кунгурская ледяная пещера / Перм. ун-т. Пермь, 1995. Вып. 1. С. 59-63.

Потапов С. С., Паршина Н. В., Максимович Н. Г., Свинских П. Н., Кадебская О. И. Первая достоверная находка мирабилита в Кунгурской ледяной пещере // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: Сб. науч. ст. Пермь, 2007.- Вып.10. - С. 69-75.

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., Паршина Н. В., Максимович Н. Г.* Минеральные образования на кровле и стенах Крестовоздвиженского храма Белогорского Свято-Николаевского монастыря (Пермская область) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. статей / Перм. ун-т. Пермь, 2002. Вып. 4. С. 69–78.

8. *Потапов Д. С., Потапов С. С.* Типы минерализаций Кунгурской ледяной пещеры // Минералогия техногенеза-2005 / ИМин УрО РАН. Миасс, 2005. С. 48–52.

9. *Потапов С. С., Паршина Н. В., Потапов Д. С., Кадебская О. И., Свинских П. Н.* Спелеоминералогия (на примере Кунгурской ледяной пещеры) // Теория, история, философия и практика минералогии: матер. IV Междунар. минералогического семинара. Сыктывкар, 2006. С. 71–74.

10. *Прибавкин С. В., Шагалов Е. С.* О высаливании на стенах зданий // Уральская минералогическая школа-2001. Геохимия, минералогия и минералогия техногенеза / УГГГА. Екатеринбург, 2002. С. 36–37.