

¹Н. Г. Максимович, ²С. С. Потапов, ¹О. Ю. Мещерякова

¹*Естественнонаучный институт Пермского государственного университета, г. Пермь*
²*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс*

НАТЕЧНЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

¹N. G. Maksimovich, ²S. S. Potapov, ¹O. Yu. Meshcheryakova

¹*Institute of Natural Sciences of Perm State University, Perm*
²*The Institute of Mineralogy of Ural Branch the Russian Academy of Sciences, Miass*

THE TECNOGENIC SPELEOTHEMS

Summary

The features of speleothem formation in artificial underground spaces and on various constructions are considered in this article.

Натечные образования широко развиты в карбонатных карстовых пещерах, где имеют самые разнообразные формы и создают уникальные подземные ландшафты. Эти образования достаточно хорошо изучены. В последние годы значительный интерес стал проявляться к их техногенным аналогам – натечным образованиям в искусственных подземных пространствах или на наземных сооружениях.

Под спелеотемами (speleothems) в иностранной литературе понимаются вторичные минеральные отложения, образующиеся в пещерах в результате капеза воды, что в отечественных публикациях называют собирательным термином «натечные образования», к которым относят сталактиты, сталагмиты, колонны, драпировки и т.д. Изучением классических пещерных сталактитов в середине 50-х гг. XX в. занимался профессор Пермского государственного университета П. Н. Чирвинский [13, 14]. Десятком лет позже генетическую классификацию натечных пещерных образований [7] разработал Г. А. Максимович [3].

Условия капеза воды, способствующие образованию натечных минеральных форм, реализуются не только в пещерах. Сталактиты известны и в искусственных сооружениях из бетона или сцементированных строительных материалов. Это плотин, мосты, стены сооружений и др.

Одно из первых описаний натечных форм в искусственных сооружениях было сделано Фабретти в 1690 г. Он описал большие, оранжево-коричневые натечные образования, которые выросли в центральной части тоннеля (озеро Фусино, Италия) [16].

В России 1888 г. Н. Карножицкий описал сталактиты на своде Рюриковской крепости в Старой Ладоге. А Е. Ферсман сообщал, что в дворцовых подвалах Петродворца за 10 лет выросли белоснежные сталактиты длиной до 1 м. Известковые сталактиты ежегодно вырастали под Кировским мостом в Санкт-Петербург [12]. Сталактиты обнаружены в подвале Парижского вокзала, а сталактитоподобные образования – в Вене, на крыше парламента, на памятнике Моцарту и на других объектах (табл. 1).

Ранее в сборнике «Пещеры» приводилось детальное описание техногенных сталактитов, сталагмитов и натечных кор в подвале Московского государственного университета [9]. В дополнение приведем краткие данные о сталактитах в двух подвалах Чешской Липы (ЧССР), вырытых в верхнемеловых песчаниках. В первом подвале, находящемся под домом на глубине 7 м, в 1967 г. на потолке обнаружено около 200 сталактитов, многие из которых имели длину 30 см. В другом подвале найден сталактит, длина которого в 1945 г. была 70 см, а в 1966 г. достигла 150 см, т.е. скорость роста составила около 40 мм в год. Сталактиты в виде брчков и брчков с утолщениями гулек

состоят главным образом из лимонита и частично кальцита. Диаметр брчков – 3–5 мм, а толщина стенок – 0,5 мм. Со сталактитов капает вода – от 3 до 12 капель в минуту. На полу под сталактитами образовалась тонкая корка натечного лимонита [16].

Таблица 1

Натечные техногенные образования в различных сооружениях, рудниках и шахтах

Сооружения	Сталактиты, длина, см	Сталагмиты, высота, см	Карбонатная кора на стенах и потолках
<i>Крепости</i>			
Рюриковская, Старая Ладога	+		
Шлиссельбургская	+		
<i>Мосты</i>			
Кировский, Санкт-Петербург [12]	+		
Железнодорожный, с. Усть-Кишерть, Пермский край	4,5		+
Автомобильный через р. Нерль (Ярославская область) [5]	12–15		
ул. Малышева (Екатеринбург)	+		
ул. Куйбышева (Екатеринбург)	+		
ул. Декабристов (Екатеринбург)	+		
ул. Ленина (плотина, Екатеринбург))	25–30		
Железнодорожный, проспект Уши, Лозанна, Швейцария	12		+
Автомобильный, в районе вокзала Золотурна, Швейцария	5		+
Автомобильный, ул. Бошерекс, Монтре, Швейцария	10	5	+
<i>Подвалы</i>			
Дворец, Петродворец [12]	100		
Подземелье, Екатеринбург	+		
Московский государственный университет [9]	40,5	20	+
Вокзал, Париж	+		+
<i>Подземные переходы</i>			
Эгль, вокзал, Швейцария	2-3		+
Ла Неввиль, вокзал, Швейцария	10	2	+
Шпиц, вокзал, Швейцария	5	2	+
<i>Тоннели</i>			
Тоннель, озеро Фусино, Италия [15]			+
Тоннель, Постония, Словения [15]	50		
Тоннель, Крым	15		
Тоннель, Венесуэла [15]	+		
Главный разгрузочный канализационный коллектор г. Перми	40		+
Нефтепроводный тоннель на юге России [1]	до 50		
<i>Плотины</i>			
Потерна Камской ГЭС	3–4 (1976 г.) до 10 (2003 г.)		+
Потерна Павловской ГЭС	3–4		
Плотина на р. Б. Сатка [11]			+
<i>Здания</i>			
Потолок бани, Екатеринбург	+		
Потолки обогатительных фабрик ОАО	10		

«Апатит» [2]			
Своды Крестовоздвиженского храма (Пермский край) [10]	14		
Своды Урбинского замка, Италия [15]	+		
Крыша парламента, Вена	+		
Балкон жилого дома около станции фуникулера, Лугано, Швейцария	10		+
Памятники			
Мемориал Линкольна, Форт Пиккенс, США [15]			+
Памятник Моцарту, Вена	+		
Прочие сооружения			
Сerpентинитовая облицовка главных ворот в Центральный ботанический сад со стороны ул. 8-е Марта, Екатеринбург			+
Подпорная стенка, авеню Шийон, Монтре, Швейцария	12		+
Опоры крыши, район госпиталя, Берн, Швейцария			+
Рудники и шахты			
БКРУ-1 и БКРУ-4 Верхнекамского месторождения калийных солей	до 100 и более		
Рудные шахты, США [15]	+		
Учалинский колчеданно-полиметаллический рудник	70		
Камско-Устьинский гипсовый рудник	1-2		

Нами обнаружены и описаны сталактиты, образовавшиеся при просачивании воды на сводчатой кровле Крестовоздвиженского храма [10]. Известны сталактиты с полым центральным каналом и с заполненным. В образцах сталактитов Крестовоздвиженского собора центральные каналы хоть и сквозные, но в различной степени заросшие минеральным веществом, причем отчетливо наблюдается тенденция уменьшения сечения канала к низу сталактита. В некоторых местах средней части сталактитов канал бывает почти полностью заросшим, но ниже места зарастания канал снова становится зияющим. На стенках каналов образуются белоснежные ажурные агрегаты скелетных кристаллов кальцита. Нередко центром кристаллизации внутри канала в сталактите являются ворсинки, ниточки, которые, обрастая кальцитом, превращаются в причудливые минеральные гирлянды. Сталактиты Крестовоздвиженского соборного храма являются классическими трубчатыми мономинеральными кальцитовыми сталактитами, которые, несмотря на, видимо, слабую минерализацию просачивающихся вод, росли довольно быстро, со скоростью 1,6–2,0 мм/год, хотя такая скорость роста на порядок ниже скорости образования сталактитов в подвале Московского государственного университета. Как отмечает А. А. Каздым с соавторами [5], интерес вызывает решение вопроса генезиса натечных форм карбоната кальция (сталактитов и сталагмитов), которые образуются при выщелачивании, растворении различных искусственных или природных строительных материалов – цемента, бетона, известняка. Были изучены кальцитовые сталактиты, сформировавшиеся на бетонных плитах покрытия моста через р. Нерль, в 30 км к северо-востоку от г. Переславль-Залесский в Ярославской области. Натечные образования представлены несколькими формами в основном каплевидного и сталактитовидного облика (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид сталактитов на нижней поверхности бетонных конструкций моста через р. Нерль: слева – сталактиты белого цвета, справа – ожезненные сталактиты желтого цвета

Цвет сталактитов белый, светло-серый, в ряде случаев – желтый, светло-коричневый. Цвет зависит от насыщения растворов гидроксидами железа, образующимися при коррозии арматуры бетонных перекрытий моста под действием просачивающихся вод атмосферных осадков. Сталактиты представлены трубчатыми образованиями размером до 12–15 см и средним диаметром около 0,5–0,7 см. В месте крепления диаметр увеличивается до 2–3 см. Внутренний канал сталактитовых трубок не имеет идеально гладкой поверхности: отмечены хорошо выраженные дендритовидные микрокристаллы размером до 1–2 мм, подобные отмеченным нами ранее в сталактитах Крестовоздвиженского храма [10]. В отдельных образцах внутренняя полость полностью заполнена микрокристаллами. Кроме того, для отдельных образцов были выявлены нитевидные и волокнистые («волосовидные») образования. Если мы предполагали, что центром кристаллизации внутри канала в сталактите являлись ворсинки, ниточки, обрастание которых кальцитом приводило к образованию причудливых кальцитовых гирлянд, то А. А. Каздым допускает обрастание кальцитом гифа гриба или водоросли (рис. 2).



Рис. 2. Сталактиты с моста через р. Нерль, их морфология и размер, справа – шлиф, «волосовидный» агрегат, вероятно, произошло обрастание кальцитом гифа гриба или водоросли, прозрачный шлиф (николи X, размер изображения 1x1 мм).

При изучении техногенных сталактитов сфеновой и ловчорритовой обогатительных фабрик на Кольском полуострове Ю. Л. Войтеховским с соавторами [2] на внутренних поверхностях сталактитов обнаружены тончайшие нитевидные образования, диагностировать которые пока не удалось.

В изломе сталактитов с моста на р. Нерль хорошо заметно концентрически-слоистое сложение. Отмечено до 5 слоев, разделенных между собой полостями, или (в ряде случаев) до 10 слоев, достаточно плотно прилегающих друг к другу. Вероятно, посчитав концентры,

можно приблизительно вычислить возраст сталактитов, учитывая тот факт, что в зимнее время их образование маловероятно, – в большинстве случаев можно отметить от 4 до 5 слоев кальцита, т.е. возраст сталактитов составляет около 5 лет. Рентгенофазовым анализом установлено, что сталактиты сложены кальцитом.

Такой же состав имеют и сталактиты с потолка заброшенных сфеновой и ловчорритовой обогатительных фабрик [2]. Химическим анализом в кальцитовых сталактитах установлены (вес. %): CaO – 54,98; CO_2 – 42,70; SrO – 0,78; Na_2O – 0,14; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – 0,10; MgO – 0,06; K_2O – 0,045; п.п.п. – 0,70; H_2O^- – 0,14; $\text{SiO}_2 < 0,10$; $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,10$; $\text{TiO}_2 < 0,05$ (аналитик Л. И. Константинова, ГИ КНЦ РАН). Все химические элементы заимствованы из бетонных стен и перекрытий. Длина сталактитов достигает 10 см при диаметре у основания до 1 см (рис. 3).

Цвет – светло-серый, иногда бурый благодаря неравномерному поверхностному ожелезнению. Форма – типичная, сталактиты полые практически на всю длину. Стенки толщиной 1–4 мм имеют скорлуповатое строение, плотные слои чередуются с рыхлыми. Наблюдения авторов подтверждают мнение известного спелеолога В. А. Мальцева о внешнем питании трубчатых кальцитовых сталактитов. Любопытно, что внутри них в то же время происходит иной процесс. Их внутренняя поверхность прихотливо изрезана, что вызвано периодическим растворением атмосферной влагой или друзовым ростом, или тем и другим вместе. В ядерных частях друз наблюдается перекристаллизация с укрупнением зерна. При формировании природных кальцитовых сталактитов источниками вещества обычно являются известняки. В случае образования техногенных сталактитов таковыми являются строительные материалы стен и перекрытий – цемент, бетон, известь.

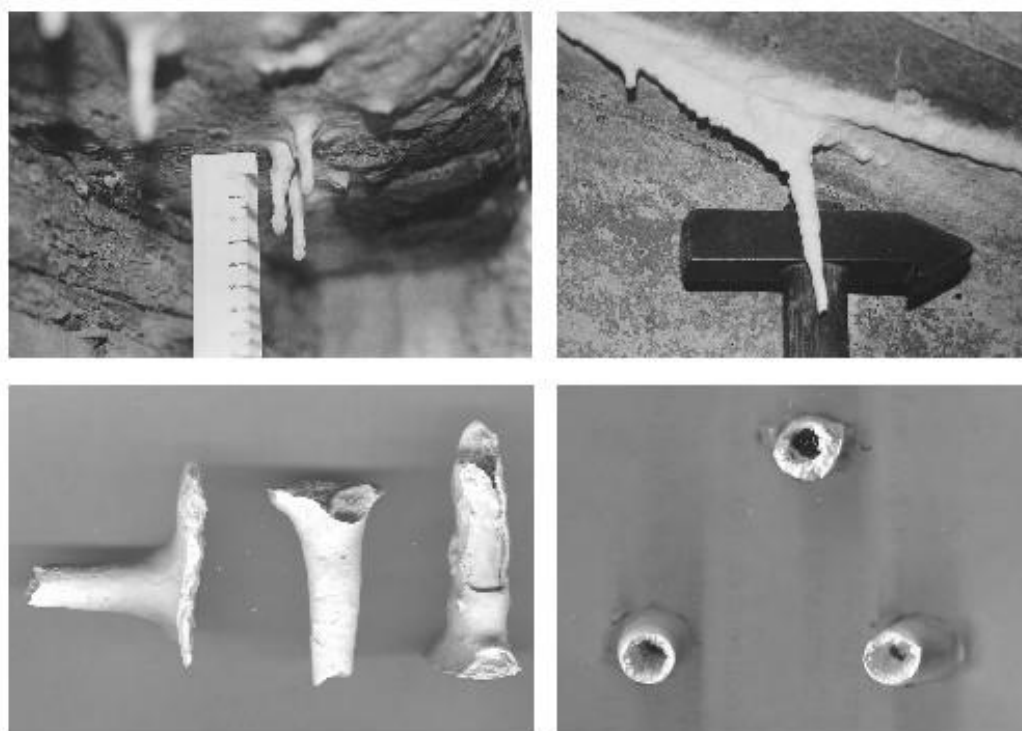


Рис. 3. Техногенные кальцитовые сталактиты с потолка заброшенных сфеновой и ловчорритовой обогатительной фабрик на Кольском полуострове

Ю. Л. Войтеховский считает, что оценка скорости роста кристаллов кальцита в техногенных сталактитах – нетривиальная задача. Он пишет: «Очевидно, следует различать скорости их радиального роста в плотных слоях и свободного друзового – во внутреннем пространстве. Общая длина сталактитов не имеет отношения к интересующим нас скоростям роста, так как в большей мере характеризует интенсивность подачи карбоната Са в систему

просачивающимися растворами. Принимая максимальную толщину стенки сталактита 4 мм и время его образования 40 лет (исходя из истории ловчорритовой и сфеновой обогатительных фабрик), получаем приблизительную скорость роста кристаллов кальцита 0,1 мм/год».

В Постонии, Словения, в тоннеле и на бетонном мосту, построенных в 1925 г., обнаружены сталактиты длиной 50 см, выросшие в течение 31 года [15]. Со временем подобные натечные формы могут подвергаться дальнейшей эволюции или морфологическим видоизменениям. Примером этого могут служить натечные образования на сводах Урбинского замка (центральная Италия). Натечные формы отмечались на Мемориале Линкольна, Форт Пиккенс и др. [15].

В. А. Наумовым в 2003 г. во время экскурсии обнаружены и отобраны сталактиты, коры и наросты (рис. 4), образовавшиеся близ трещин дренажной потерне Камской ГЭС. Сталактиты трубчатые с несколько смещенным от центра каналом диаметром 1–2 мм, удлинённые на 7–10 см при средней ширине (диаметре) 0,5–0,7 мм. Сталактиты светловато-серого и желтовато-белого цвета, коры и наросты – белые на свежем сколе и сероватые (запыленные) с поверхности. И сталактиты, и коры, и наросты Камской ГЭС мономинеральны и состоят из кальцита, как и большинство природных натечных образований в пещерах (табл. 2).

Таблица 2

Рентгенограммы вещества сталактитов и эталонного кальцита

Кама-1*			Нерль-1**		Кальцит (Васильев, 1980, карта 9)		
№ п/п	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	hkl
1	3.863	8	3.83	1	3.853	2	102
2	3.038	100	3.03	10	3.036	10	104
3	2.849	1	–	–	2.846	1	006
4	2.496	12	2.43	2	2.497	4	110
5	2.287	18	–	2	2.287	6	113
6	2.095	16	2.090	2	2.095	5	202
7	1.914	18	1.910	2	1.913	8	108
8	1.876	18	1.870	2	1.877	8	116
9	1.626	2	1.626	1	1.626	3	211
10	1.606	8	1.608	2	1.604	6	212
11	1.524	2	1.521	1	1.526	4	214
12	1.473	1	–	–	1.474	3	215
13	1.441	3	–	–	1.441	6	300

Примечание: * – сталактит из дренажной потерны Камской ГЭС. Дифрактометр ДРОН-2,0, CuK_α -излучение. Оператор Т.М. Рябухина. ** – сталактит с моста через р. Нерль. Дифрактометр ДРОН-3,0, CuK_α -излучение, монохроматор, шаг 1°/мин., 35 кВ, 25 мА

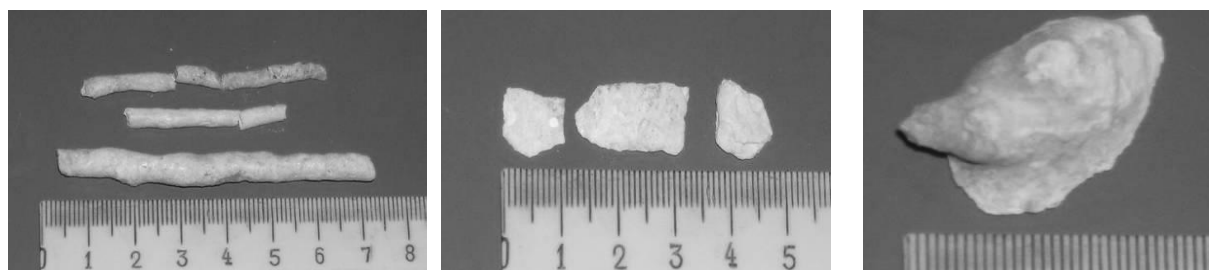


Рис. 4. Натечные техногенные образования в потерне Камской ГЭС: а – трубчатые сталактиты и их фрагменты, б – обломки натечных кор, в – сталактит неправильной формы

Натечные образования достаточно часто встречаются на бетонных конструкциях в Швейцарии. В переходах под железной дорогой на станциях Ла Неввиль, Эгль, Шпиц и др., на сводах и стенках тоннелей отмечаются сталактиты, длиной до 10 см и карбонатные натечные коры, часто существенно ожелезненные (рис. 5). В Ла Неввиле, Шпице на полу переходов образовались овальные в плане сталагмиты размером 8 x 20 см, высотой до 2 см.



Рис. 5. Ожелезненные сталактиты длиной около 10 см в переходе под железной дорогой в Ла Неввиле (Швейцария)

Под бетонными мостами в Лозанне, Монтре, Золотурне сталактиты и коры многочисленны. В Гильоне (район Монтре) натечные коры покрывают примерно половину поверхности арочного моста на улице Бошерекс (рис. 6). На асфальте и на крышке канализационного люка отмечаются сталагмиты высотой до 5 см (рис. 7).

На подпорной стенке вдоль авеню Шийон в районе замка Шийон среди многочисленных сталактитов встречены небольшие сталагматы, образовавшиеся вследствие неровности кладки (рис. 8).

В Лугано на одной из станций фуникулера сталактиты и коры, образовавшиеся под балконом, приобрели изумрудно-зеленый цвет, очевидно, за счет меди, используемой в металлических строительных конструкциях (рис. 9).

В Берне натечные коры отмечены на бетонных опорах, поддерживающих крышу в районе госпиталя (рис. 10).

Сталактиты длиной до 40 см, натечные коры обнаружены О. Л. Есюниным в строящемся главном разгрузочном канализационном коллекторе г. Перми. Они в основном приурочены к стыкам тубинговые колец (рис. 11).



Рис. 6. Натечная кора на мосту в Монтре, Швейцария



Рис. 7. Сталагмиты высотой до 5 см под мостом в Монтре, Швейцария



Рис. 8. Сталагматы на подпорной стенке в районе замка Шийон, Монтре, Швейцария



Рис. 9. Сталактиты под балконом в Лугано, Швейцария



Рис. 10. Натечная кора на бетонной опоре в Берне



Рис. 11. Сталактиты в главном разгрузочном канализационном коллекторе г. Перми (фото О. Л. Есюнина)

С. Н. Ветров, С. В. Яковлев [1] отмечают многочисленные сталактиты на своде нефтепроводного тоннеля на юге России, сооруженного в 1965-1967 гг. Наибольшее их скопление наблюдается на стыках между блоками. Отмечается, что сталактиты достигают 50 см за период немногим более года. Такой быстрый рост сталактитов авторы связывают со специфическими условиями в тоннеле – постоянной температурой и непрерывным воздушным потоком, создаваемым вентиляционными установками.

Интересные сталактиты образовались на железных конструкциях в Камско-Устьинском гипсовом руднике. Здесь на отдельных участках происходит фильтрация из верхней водоносной толщи. Сталактиты по размеру и форме напоминают зубы млекопитающих (рис. 12).

Личные наблюдения авторов и обзор литературы показывает, что в основном встречаются мономинеральные кальцитовые натечные образования. Г. А. Максимович называл процесс их образования карбонатным спелеолитолизом [7]. Вместе с тем сталактиты, как и другие натечные образования пещер, могут быть сложены другими минеральными видами, например гипсом, галитом и другими минералами. В одной из вскрытых полостей на Бакальском железорудном месторождении в Восточно-Буландихинском карьере были обнаружены сидеритовые сталактиты (устное сообщение И. А. Лаврова).



Рис. 12. Сталактиты на железных конструкциях в Камско-Устьинском гипсовом руднике

В техногенных условиях, как и в природных, реализуются условия и для формирования разнообразных по минеральному составу натечных образований. Г. А. Максимович и Г. В. Бельтюков [8] описали соляные натечные образования горных выработок. Во время экспедиционных работ на Верхнекамском месторождении калийных солей в 1990 г. нами в одной из горных выработок рудника были обнаружены метровые соляные сталактиты, которые сейчас экспонируются в зале минеральных месторождений Ильменского государственного заповедника вместе с другими соляными и натечными образованиями. В 1996 г. на 2-й Восточной панели Березниковского калийного рудника № 1 того же месторождения С. Н. Шанина наблюдала многочисленные соляные сталактиты. Часть образцов ею была отобрана, и в настоящее время они экспонируются в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН в г. Сыктывкаре.

Особой редкостью являются гидратированные сульфатно-железистые сталактиты. В феврале 2004 г. А. Белоусова, выпускница геологического факультета Миасского филиала ЮУрГУ, передала в музей Ильменского государственного заповедника мономинеральный голубовато-зеленый длиной 70 см и диаметром 8–9 см мелантеритовый сталактит из Учалинского медно-колчеданного рудника на Южном Урале. К сожалению, эта красота не вечна, – даже при бережном хранении мелантерит дегидратируется и замещается сначала четырехводным сульфатом железа – роценитом, а затем – одноводным – ссомольнокитом. На сталактите появляются рыжие потеки и белесые новообразования. Следует обратить внимание на то, что соляные (галитовые) и мелантеритовые сталактиты не имеют центрального канала. По-видимому, механизм их роста принципиально другой, нежели карбонатных (в общем случае – кальцитовых) сталактитов.

Допустимо, что в техногенных условиях, например на горелых угольных отвалах при подземных пожарах на угольных шахтах, могут образовываться совсем редкие натечные образования, сложенные, например, аммониевыми минералами – нашатырем и/или масканьитом.

Перечисленными и описанными примерами техногенных сталактитов не исчерпываются все условия и объекты, где они могут образовываться. Так, А. А. Каздым наблюдал кальцитовые новообразования в виде каплевидных натеков и сталактитов в подвалах старых зданий (постройки XVIII–XIX вв.), а также после строительства дорожных покрытий (при строительстве МКАД были отмечены карбонатные новообразованные

структуры типа cone-in-cone). К сожалению, по ряду причин не было возможности отбора образцов для их изучения. Известны новообразования сталактитов в подвалах Эрмитажа и старого здания Московского университета (на Моховой улице). Кальцитовые натечные новообразования в виде покровных натеков и небольших сталактитов (до нескольких сантиметров) также отмечались в старых каменоломнях по добыче известняка под Москвой («Сьяновские каменоломни» и близ ст. Силикатная), а также в Тульской области около пос. Метростроевский в 30 км от г. Венев («Бякинские каменоломни»).

Исследование различных техногенных новообразований представляет определенный интерес не только с точки зрения их экзотичности, но и в связи с возможностью определения скорости природных процессов минералообразования, а в ряде случаев и их физико-химических параметров и решения ряда генетических проблем. Сравнение техногенных минералов и минеральных новообразований с подобными природными формами может помочь в реконструкции и моделировании определенных природных процессов.

Отметим также, что при образовании натеков происходит вынос вещества как из самих строительных конструкций, так и из цементирующих их материалов. В случае фильтрации воды через бетон происходит коррозия по первому виду [6]. Исследования, выполненные в подземном пространстве Санкт-Петербурга, показали, что подобные процессы, идущие с образованием сталактитов и высолов, в том числе с участием микроорганизмов, ведут к разрушению строительных конструкций [4]. Очевидно, этот процесс приводит к изменению прочностных характеристик строительных материалов со всеми вытекающими последствиями. Однако этот вопрос, насколько известно авторам, детально никем не изучался.

С прикладной точки зрения появление сталактитов и других натечных форм в зданиях и сооружениях может являться индикатором, показывающим наличие неблагоприятных процессов в строительных конструкциях.

Авторы благодарны Ю. Л. Войтеховскому (Институт геологии Кольского НЦ РАН, г. Апатиты) и С. Н. Шаниной (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар), О. Л. Есюнину (ОАО «ВерхнекамТИСИЗ», г. Пермь), В. А. Наумову (ЕНИ ПГУ, г. Пермь), А. А. Каздыму (ФГУП ВИМС, г. Москва) за любезное предоставление фотографий и образцов кальцитовых и соляных сталактитов, А. В. Денисову (ЕНИ ПГУ, г. Пермь) за информационное обеспечение, В. С. Любимовой (Естественнонаучный музей Ильменского государственного заповедника, г. Миасс) за возможность работать с образцами из музея и помощь в проведении фотосъемки, а также Н. В. Паршиной и Т. М. Рябухиной (Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс) за техническую помощь при оформлении работы и съемку рентгенограмм сталактитов.

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ 10-05-96017 р_урал_а «Теоретические основы создания искусственных геохимических барьеров для защиты окружающей среды при освоении природных ресурсов Западного Урала».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветров С. Н., Яковлев С. В. Специфика обследования состояния железобетонных конструкций в условиях агрессивного воздействия воды // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 7. – С. 35-40.
2. Войтеховский Ю. Л., Красоткин И. С., Лесков А. Л. Техногенные сталактиты ловчорритовой и сфеновой обогатительных фабрик горно-химического треста «Апатит» // Минералогия во всем пространстве сего слова. – Ч. I. – Труды I Ферсмановской научной сессии Кольского отделения Рос. минералогического общества, посвященной 120-летию со дня рождения А. Е. Ферсмана и А. Н. Лабунцова / под ред. Ю. Л. Войтеховского. – Апатиты: К & М, 2004. – С. 95–98.
3. Георгий Алексеевич Максимович: [Научное издание] / авт.-сост. Е. Г. Максимович, Н. Г. Максимович, В. Н. Катаев. – Пермь: Курсив, 2004. – 512 с.

4. Дашко Р. Э., Котюков П. В. Исследование биоагрессивности подземной среды Санкт-Петербурга по отношению к конструкционным материалам транспортных тоннелей и фундаментов // Записки Горного института. – 2007. – Т. 172. – С. 217-220.
5. Каздым А. А., Чижова А. А., Астахов М. И. Техногенные карбонатные новообразования на бетонных покрытиях моста через р. Нерль (Ярославская область) // Минералогия техногенеза – 2005 / под ред. С. С. Потапова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2005. – С. 32–39.
6. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гузеев. Под общ. ред. В. М. Москвина. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
7. Максимович Г. А. Генетический ряд натечных образований пещер (карбонатный спелеолитолиз) // Пещеры. – Пермь: Изд-во ПГУ, 1965. – Вып. 5 (6).
8. Максимович Г. А., Бельтюков Г. В. Соляные натечные образования горных выработок // Пещеры. – Пермь: Изд-во ПГУ, 1966. – Вып. 6 (7).
9. Максимович Н. Г. Карбонатные сталактиты и сталагмиты в подвале Московского университета // Пещеры. – Пермь: Изд-во ПГУ, 1976. – Вып. 16. – С. 24–35.
10. 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. – Пермь: Изд-во ПГУ, 2002. – Вып. 4. – С. 69–78.
11. Потапов С. С., Мороз Т. Н. Минералогия и спектроскопия ряда техногенных кальцитов // Минералогия техногенеза – 2003 / Под ред. С. С. Потапова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. – С. 39–46.
12. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. – Челябинск: Урал-LTD, 2000. – 316 с.
13. Чирвинский Н. П. К истории изучения карбонатных сталактито-сталагмитовых образований пещер // Уч. зап. Перм. ун-та. – Пермь: Изд-во ПГУ, 1955. – Т. 9. – Вып. 1.
14. Чирвинский Н. П. К петрографической характеристике сталактитов из некоторых пещер в центральной части Кизеловского каменноугольного бассейна // Уч. зап. Перм. ун-та. – Пермь: Изд-во ПГУ, 1956. – Т. 10. – Вып. 2.
15. Hill C., Forti P. Cave minerals of the world. – National Speleological Society, 1997. – 464 p.
16. Schwarz R., Lochmann Z. Sekundarni pseudokrasovetrvyve chnokridovem piskovci v Ceske Lipe // Ceskoslovensky Kras. – 1969. – R. 21.