

18. Koshkarev A. V. Effektivnoe upravlenie prostranstvennymi metadannymi i geoservisami v infrastrukturakh prostranstvennykh dannykh [Effective management of spatial metadata and geoservices in infrastructures of spatial data]. *Prostranstvennyye dannyye* [Spatial Data], 2008, no. 1. Available at: <http://www.gisa.ru/44539.html>.

19. Koshkarev A. V. (IS of RAS), Tikunov V. S. (Lomonosov Moscow State University), Timonin S.A. (Institute of socio-political researches of RAS). Kartograficheskie Web-servisy geoportalov: tekhnologicheskie resheniya i opyt realizatsii [Cartographical Web services of geoportals: technology solutions and experience of realization]. *Prostranstvennyye dannyye* [Spatial Data], 2009, no. 3.

20. Kuzmin A. I., Barmin A. N., Shuvayev N. S., Kolchina L. V. Problemy sozdaniya i vedeniya federalnykh kartografo-geodezicheskikh fondov [Problems of creation and maintaining federal kartografo-geodetic funds]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 4, pp 146–150.

21. Miller S. A. *Concept of the Russian infrastructure of spatial data. Proceedings.*

22. Miller S. A. *Problems of creation of uniform infrastructure of spatial data in Russia.*

23. Miller S. A. Perelomnyy god. Redaktsionnaya statya [Critical year. Editorial article]. *Prostranstvennyye dannyye* [Spatial Data], 2010, no. 2.

24. *Neogeografiya: smena vekh* [Neogeography: change of milestones]. Available at: http://rnd.cnews.ru/reviews/index_science.shtml?2007/12/03/277809_1.

25. *The plan of measures on implementation of the concept of development of branch of geodesy and cartography till 2020 approved by the order of the Government of the Russian Federation from 7/7/2011 No. 1177-r.*

ХАРАКТЕРИСТИКА НОВООБРАЗОВАННЫХ МИНЕРАЛОВ В НЕЙТРАЛЬНОЙ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ПЕЩЕРЫ ЛЕДЯНОЙ ПАПОРОТНИК (КАЗАХСТАН).

Головачев Илья Владимирович, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414025, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: bask_speleo@mail.ru

Кадебская Ольга Ивановна, кандидат географических наук, доцент, Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, 614007, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Сибирская, 78а, e-mail: icecave@bk.ru

Работа посвящена описанию минеральных образований пещеры Ледяной Папоротник, расположенной на северо-восточном берегу озера Индер (Атырауская область, Казахстан). Она относится к пещерам коррозионно-эрозионного типа и имеет один вход. Пещера открыта впервые в 2015 г. и ранее не была известна местному населению. Пещера Ледяной папоротник является крупнейшей пещерой Индерско-Эмбенского карстового округа и единственной пещерой Северного Прикаспия с многолетней наледью. Впервые описано видовое разнообразие, минералогические и кристаллографические особенности новообразованных в пещере минералов. В нейтральной микроклиматической зоне при положительных температурах в пещере образуются кальцит, гипс, целестин, глауберит, мирабилит, тенардит, улексит и индерит. Проведённое исследование позволило сделать выводы, что обильная вторичная сульфатная и боратовая минерализация на стенах в нейтральной микроклиматической зоне пещеры Ледяной Папоротник, по-видимому, связана с переотложением элементов В, Na, Mg и Ca, вымытых из коренных пород инфильтрационными и конденсационными водами. Основной причиной и средой минералообразования в нейтральной зоне пещеры является тонкая пленка воды. Описанное проявление индерита как вторичного минерала пещер является первой находкой в мире.

Ключевые слова: карст, карст гипсовых кепроков, сульфатный карст, карстовая пещера, минералы пещер, минералообразование, кристаллические образования, пещера Ледяной Папоротник, озеро Индер, Северный Прикаспий

**CHARACTERISTIC OF NOVELDED MINERALS
IN THE NEUTRAL MICROCLIMATIC CAVE AREA
OF THE ICE FALCON (KAZAKHSTAN)**

Golovachev Ilya V., C.Sc. in Geography, Associate Professor, Astrakhan State University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414025, Russian Federation, e-mail: bask speleo@mail.ru

Kadebskaya Olga I., C.Sc. in Geography, Associate Professor, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 78a Sibirskaya st., Perm, 614007, Russian Federation, e-mail: icecave@bk.ru

The work is devoted to the description of mineral formations of the cave Ice Fern located on the north-eastern shore of Lake Inder (Atyrau region, Kazakhstan). It relates to the caves corrosion-erosion type and has one input. The cave was opened for the first time in 2015 and was not previously known to the local population. The Ice Fern Cave is the largest cave of the Indersko-Emba karst district and the only cave of the Northern Caspian with long-lasting icing. For the first time, the species diversity, mineralogical and crystallographic features of the minerals newly formed in the cave are described. In neutral microclimatic area at positive temperatures in the cave formed calcite, gypsum, celestite, Glauber, mirabilite, thenardite, ulexite and inderite. The conducted research allowed to draw conclusions that abundant secondary sulphate and borate mineralization on the walls in the neutral microclimatic zone of the Ice Fern Cave seems to be associated with the redeposition of B, Na, Mg and Ca elements washed from the bedrock by infiltration and condensation waters. The main cause and environment of mineral formation in the neutral zone of the cave is a thin film of water. The described manifestation of the index as a secondary mineral of caves is the first find in the world.

Key words: karst, karst of gypsum cappings, sulphate karst, karst cave, cave minerals, mineral formation, crystalline formations, Ice Fern Cave, Inder Lake, Northern Caspian

Пещера Ледяной Папоротник расположена на территории Индерборского района Атырауской области (Казахстан). Поверхностные формы карстового рельефа на северном и северо-восточном берегах озера Индер были описаны еще в работах известных географов И.И. Лепехина (1768–1769 гг.), П.С. Палласа (1768–1769 гг.) и С.Г. Гмелина (1785 г.) [1, 16]. Эта территория с позиций районирования была отнесена к Индерско-Эмбенскому округу Западно-Прикаспийской провинции Нижневолжско-Уральской области Восточно-Европейской карстовой страны [1]. Несмотря на то, что ранее на территории данного района проводились обстоятельные геологические исследования, пещера Ледяной Папоротник была обнаружена относительно недавно – в мае 2015 г в ходе экспедиционных работ, проводимых членами секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества в данном карстовом районе с 2011 г. [2–9]. Первое описание и изучение пещеры провели астраханские спелеологи [10].

Целью данной работы было выявление минеральных ассоциаций нейтральной микроклиматической зоны в пещере Ледяной Папоротник.

Общие сведения о пещере. В настоящее время пещера имеет длину 210 м и глубину 25 м [10]. Полость заложена в гипсах кунгурского яруса нижней перми

и является крупнейшей пещерой данного района и единственной на территории Северного Прикаспия с многолетней наледью. Вход представляет собой колодец (глубиной 14 м) и находится на дне асимметричной сдвоенной карстовой воронки. Пещера относится к коррозионно-эрозионному типу и характеризуется контрастной микроклиматической зональностью. В пещере от входа внутрь полости прослеживаются зона постоянных отрицательных температур, переходная с отрицательными температурами в зимний период и положительными в летний и нейтральная (в течение всего года температура воздуха выше 0°C). В зоне постоянных отрицательных температур, на удалении около 46 м от входа находится многолетняя слоистая наледь высотой до 2,7 м, шириной до 1,5 м и длиной до 4,7 м [7]. В зимний период в переходной зоне оледенение увеличивается за счет сезонного льда. Минералогическая характеристика криоминералов из переходной зоны и зоны отрицательной температурной аномалии представлена в статье «Характеристика криогенных минералов пещеры Ледяной Папоротник» [13].

Методика исследований и характеристика отобранного материала. Минеральные образования отбирались с поверхности стен и из трещин в гротах Черепаха, Скалярия, Косой и проходе Вины Пуха (рис. 1) в мае 2016 г.

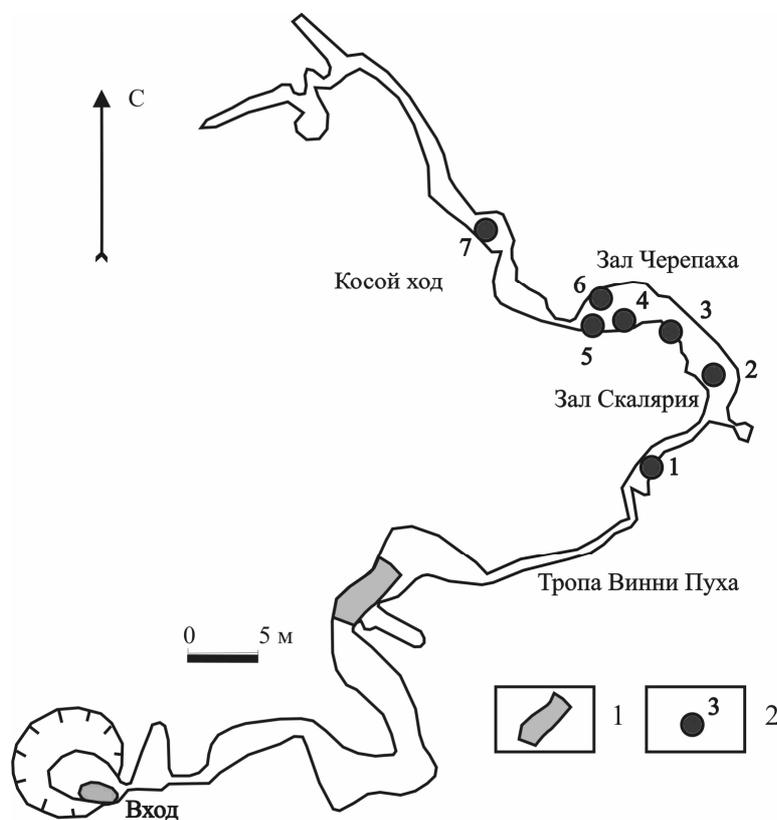


Рис. 1. Схематичный план п. Ледяной Папоротник (съёмка И.В. Головачева, 2015):
1 – расположение многолетней наледи, 2 – места отбора проб

Наблюдения за температурой и влажностью воздуха проводились при помощи аспирационного психрометра Ассмана ТМ6-1. Температура воздуха в нейтральной части пещеры, где отбирались образцы, в мае 2016 г. составляла от +3,8 °С (ход Косой) до +7,0 °С (дальняя часть галерей) при абсолютной влажности 90–94 %.

Исследование морфологии и химического состава минеральной фракции проводилось на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 LMN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350/X-max 20 в Горном институте УрО РАН (аналитики Е.П. Чиркова, О.В. Коротченкова). Рентгенофазовый анализ индерита был выполнен на геологическом факультете МГУ им. Ломоносова (аналитик Л.Ю. Кадебская).

Результаты исследований. Нейтральная часть пещеры начинается с галереи Тропа Винни Пуха идущей вверх от основной галереи, где находится многолетний лед. Температура по ходу продвижения по галерее вверх увеличивается от 2 до 5°C. Стены галереи покрыты пленкой конденсационной воды, за счет которой на поверхности и по трещинам происходит растворение и перекристаллизация основной вмещающей породы (рис. 2).

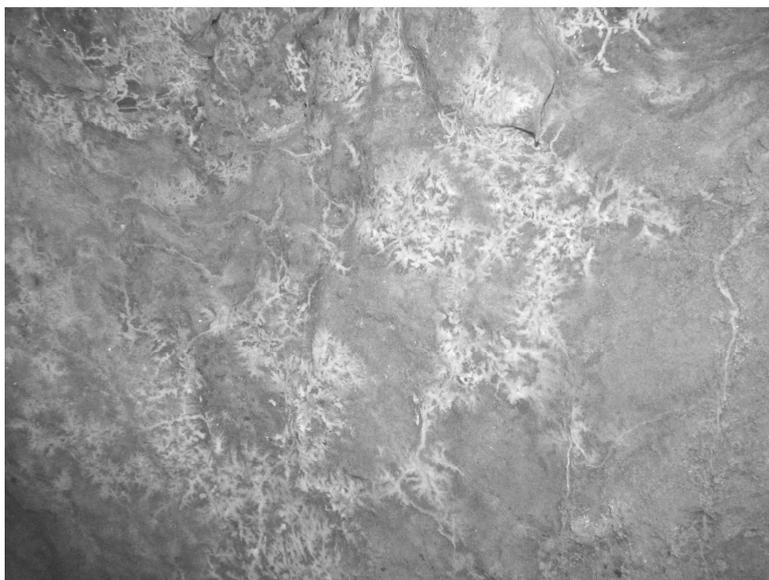


Рис. 2. Поверхность стен в галерее Тропа Винни Пуха

Проба 1 была отобрана из трещины в стене, изучение минеральных образований под электронным микроскопом показало, что основная масса представлена кристаллами гипса размером до 2 мм и сферолитовыми агрегатами целестина (SrSO_4) размером до 40 μm (рис. 3).

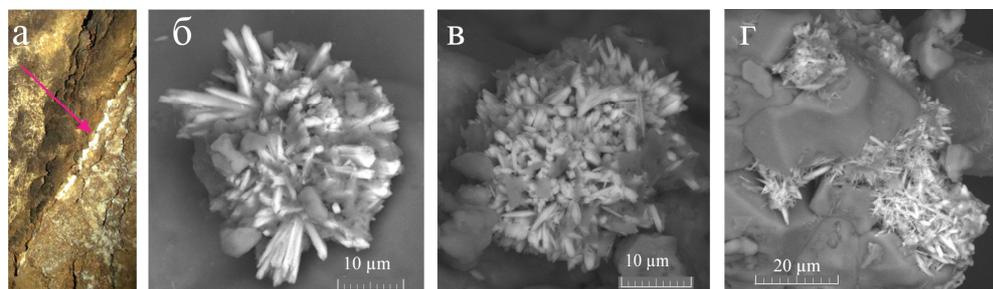


Рис. 3. Кристаллы гипса (CaSO_4) и целестина (SrSO_4) в трещине в стене хода Тропа Винни Пуха (проба 1): а – место отбора пробы; б, в – сферолитовые агрегаты целестина на кристаллах гипса; г – кристаллы гипса и целестина

Галерея Тропа Винни Пуха выходит в гроты Скалярия и Черепаха, где нами зафиксированы наиболее интересные образцы вторичных пещерных минералов. Первая обстановка минералообразования встречена на поверхности стен на входе в грот Скалярия (проба 2, рис. 4). Минеральные образования представляют собой пушистые комочки, легко отделяемые от вмещающей породы. Изучение их под электронным микроскопом показало, что они представлены радиально-лучистыми сферолитами (до 4 мм) улексита ($\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

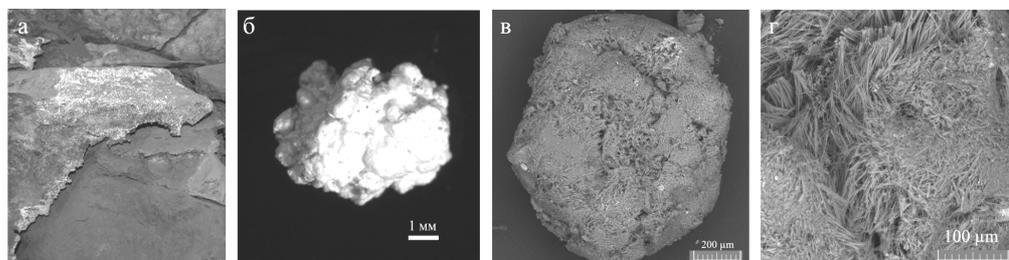


Рис. 4. Улексит ($\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), сформировавшийся на поверхности стен в гроте Скалярия (проба 2): а – место отбора пробы 2; б – сферолитовые агрегаты; в – общий вид; г – игольчатая форма отдельных индивидов

В этом же гроте обнаружены конкреции, которые за счет растворения вмещающего гипса высвобождаются и свисают с потолка (проба 3, рис. 5, а).

Их изучение показало, что центральная часть конкреций заполнена кристаллами индерита, глауберита и тенардита. Кристаллы сульфатов (глауберита и тенардита) встречены и на поверхности конкреции (рис. 5, в–е).

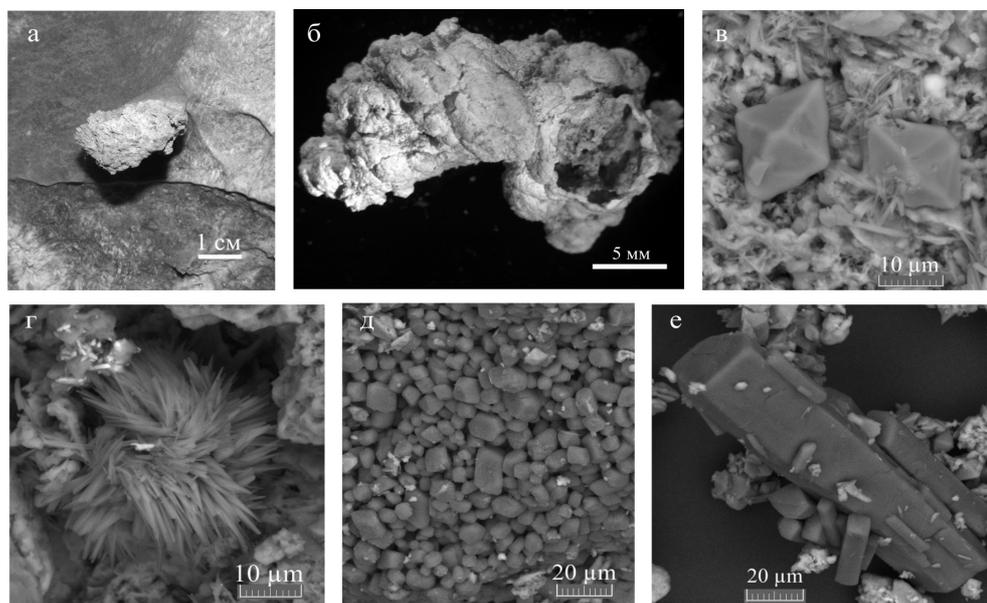


Рис. 5. Остаточные конкреции с кальцитовой оболочкой (CaCO_3), полые внутри, с кристаллами на внешней и внутренней поверхности: а – общий вид агрегата, свисающего на потолке в гроте Скалярия (проба 3); б – общий вид исследованного образца; в – кристаллы тенардита ($\text{Na}_2(\text{SO}_4)$), которые расположены на внешней и внутренней поверхности кальцитовой оболочки агрегата; г – сферолиты глауберита ($\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$) внутри кальцитового агрегата; д, е – кристаллы индерита ($\text{Mg}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), образованные на внутренней поверхности кальцитового агрегата

Морфология конкреций и неполное освобождение их из породы позволяет предположить, что формирование желваков происходило при мобилизации рассеянного бора на стадии диагенеза при гидратации ангидрита и переходе его в гипс. Подобные желваки боратов встречены нами в пещерах Ординская, Кунгурская Ледяная и Вертолётная, расположенных в сульфатных толщах пермского возраста [12, 14]. При растворении гипсовой толщи за счет карстовых процессов желвак высвобождался из породы. И в дальнейшем из желвака и окружающих его пород происходило выщелачивание натрия, магния и бора за счет конденсационной и инфильтрационной воды внутри полости. За счёт чего внутри желвака покрытого кальцитовою оболочкой произошла перекристаллизация индерита, тернадита и глауберита.

В гроте Черепаха минералообразование сульфатов и боратов происходит в трех различных фациальных обстановках. В первом случае, инфильтрационная и конденсационная влага насыщается солями при растворении вмещающей породы в трещине. Впоследствии происходит испарение пленочной влаги, что приводит к минералообразованию глауберита с более редкими кристаллами тенардита.

Глауберит представлен радиально лучистыми агрегатами (рис. 6-б) в массе которых видны более крупные дипирамидальные кристаллы тенардита (рис. 6,г).

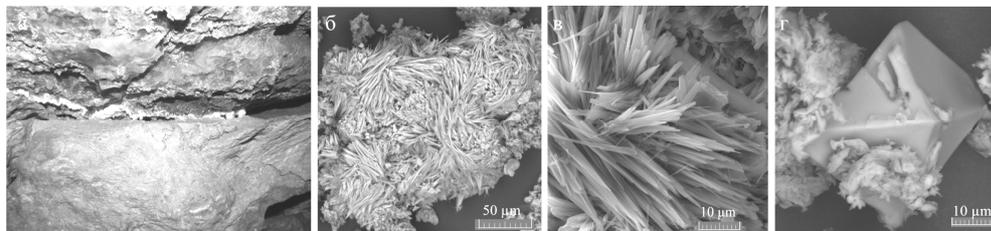


Рис. 6. Кристаллы глауберита ($\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$) и тенардита ($\text{Na}_2(\text{SO}_4)$), образованные в трещине в гроте Черепаха (проба 4): а – место отбора пробы; б, в – общий вид и детали строения агрегатов глауберита; г – отдельные кристаллы тенардита из глауберитового агрегата

Вторая фациальная обстановка сформировалась в непродуваемых небольших нишах в стенах грота Черепаха, где испарение влаги с поверхности породы происходит более медленно, при этом формируются кристаллы мирабилита ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$). Изучение кристаллов мирабилита под электронным микроскопом показало, что они представлены иголками изометричного и уплощенного сечения (рис. 7).

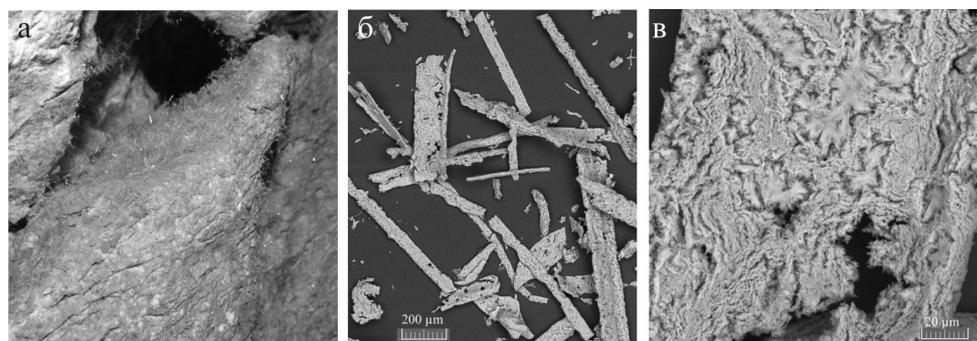


Рис. 7. Иглы мирабилита ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$), сформировавшиеся в нишах в гроте Черепаха (проба 5): а – место отбора пробы; б – игольчатые индивиды; в – структура обезвоженной поверхности кристалла

Третья фациальная обстановка минералообразования связана со стеканием конденсационных и инфильтрационных вод вниз по стенам. Более холодный воздух и более активное испарение в нижней части галерей позволяет формироваться гипсовым корам на стенах со сферолитовыми агрегатами индерита (рис. 8 и 9).

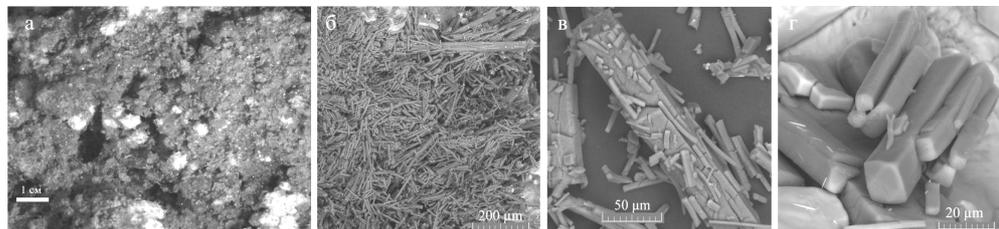


Рис. 8. Индерит ($Mg[B_3O_3(OH)_5] \cdot 5H_2O$), образованный в гипсовой корочке на поверхности стен в гроте Черепаха (проба 6): а – белые сферолитовые агрегаты индерита на поверхности корочки, б – общий вид кристаллов индерита; в – отдельные крупные и мелкие индивиды индерита; г – отдельные кристаллы индерита в гипсовой корочке

Более активно образование гипсовых кор мощностью до 5 см (иногда образующих коробчатые и пузырчатые структуры), а также редких для пещер гипсовых сталактитов, сталагмитов и сталагнатов происходит в гроте Косой (рис. 10). Изучение их под электронным микроскопом показало, что коры и сталактиты состоят из пластинчатых кристаллов гипса, которые с внутренней стороны присыпаны кристаллами целестина (рис. 10, г).

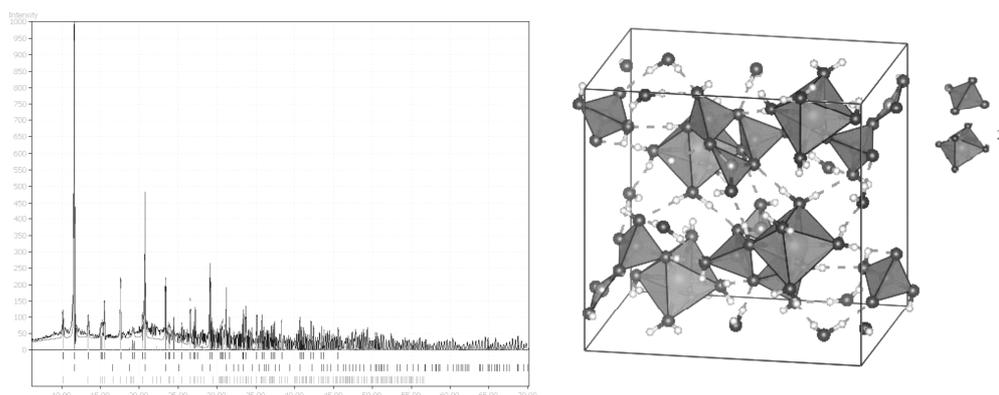


Рис. 9. Рентгенограмма и структура индерита ($Mg[B_3O_3(OH)_5] \cdot 5H_2O$):
 1 – молекулы BO_4 и BO_3 ; 2 – октаэдры MgO_6

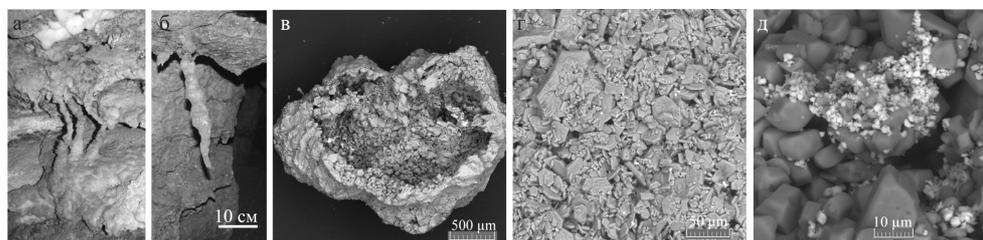


Рис. 10. Гипсовые ($CaSO_4$) коры и сталактиты с целестином ($SrSO_4$), образованные на стене грота Косой (проба 7): а – место отбора пробы; б – гипсовый сталактит; в – общий вид гипсовой корочки; г – морфология кристаллов гипса, слагающих кору; д – присыпка из кристаллов целестина на внутренней поверхности корочки

Выводы. Обильная вторичная сульфатная и боратовая минерализация на стенах в нейтральной микроклиматической зоне пещеры Ледяной Папоротник, по-видимому, связана с переотложением элементов В, Na, Mg и Ca, вымытых из коренных пород инфильтрационными и конденсационными водами. Основной причиной и средой минералообразования в нейтральной зоне пещеры является тонкая пленка воды. Описанное проявление индерита как вторичного минерала пещер является первой находкой в мире.

Работа выполнена в рамках Программы УрО РАН «Экстремальные (газовые и криогенные) процессы в геологической истории Урала: минеральные и геохимические индикаторы», проект № 15-18-5-16

Список литературы

1. Головачев И. В. Карст и пещеры Северного Прикаспия : монография / И. В. Головачев. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – 215 с.
2. Головачев И. В. Сезонные криогенные отложения пещер Северного Прикаспия / И. В. Головачев // Карстовые системы севера в меняющейся среде : сборник тезисов международной конференции, посвященной 300-летию со дня рождения М. В. Ломоносова. – Голубино-Пинега, 2011. – С. 39–41.
3. Головачев И. В. Карст окрестностей озера Индер / И. В. Головачев // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 2 (45). – С. 7–16.
4. Головачев И. В. Результаты спелеологических исследований в окрестностях озера Индер / И. В. Головачев // Спелеология и спелестология. Сборник материалов IV Международной научной заочной конференции. – Набережные Челны : НИСПТР, 2013. – С. 13–17.
5. Головачев И. В. Карстовый рельеф окрестностей озера Индер / И. В. Головачев, В. П. Петрищев, К. М. Ахмеденов, А. Т. Сейткиреева // Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление : материалы 1-ой Международной научно-практической конференции. – Астана, 2014. – С. 178–184.
6. Головачев И. В. Пещеры Северного Прикаспия / И. В. Головачев // Комплексное использование и охрана подземных пространств : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рожд. В.С. Лукина / под общ. ред. О. Кадебской, В. Андрейчука. – Пермь, 2014. – С. 14–25.
7. Головачев И. В. Криогенные отложения пещер в районе озера Индер / И. В. Головачев // Спелеология и спелестология : сборник материалов VI Международной научной заочной конференции. – Набережные Челны : НИСПТР, 2015. – С. 16–19.
8. Головачев И. В. Спелеологические открытия в окрестностях озера Индер / И. В. Головачев // Астраханские краеведческие чтения : сборник статей / под ред. А. А. Курапова, Р. А. Тарковой, Е. И. Герасимиди. – Астрахань : ООО «ЦНТЭП», 2016. – Вып. 8. – С. 35–42.
9. Головачев И. В. Пещеры окрестностей озера Индер / И. В. Головачев // Теория и методы современной геоморфологии : материалы XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН, Симферополь, 3–8 октября 2016 г. / отв. ред. М. Е. Кладовщикова, С. В. Токарев – Симферополь, 2016. – Т. 2. – С. 171–175.
10. Головачев И. В. Пещера Ледяной папоротник / И. В. Головачев // Спелеология и спелестология : сборник материалов VII Международной научной заочной конференции. – Наб. Челны : НГПУ, 2016. – С. 11–15.
11. Кадебская О. И. Специфика крио- и минералогенеза пещеры Медео (Северный Урал) / О. И. Кадебская, И. И. Чайковский // Пещеры : межвуз. сб. науч. тр. – Пермь : Перм. ун-т, 2012. – Вып. 35. – С. 41–47.
12. Кадебская О. И. Условия формирования борных минералов в карстовых и искусственных подземных полостях / О. И. Кадебская, Т. А. Калинина // Пещеры : межвуз. сб. науч. тр. – Пермь : Перм. ун-т., 2015. – Вып. 38. – С. 68–75
13. Кадебская О. И. Характеристика криогенных минералов пещеры Ледяной папоротник (Казахстан) / О. И. Кадебская, И. В. Головачев // Геология, география и глобальная энергия. – 2017. – № 1 (64). – С. 109–122.
14. Чайковский И. И. Бораты в эвапоритовых толщах Прикамья / И. И. Чайковский, Е. П. Чиркова, О. И. Кадебская, У. В. Назарова, А. Т. Сиразетдинов // Проблемы минералогии,

петрографии и металлогении : науч. чтения памяти П. Н. Чирвинского : сб. науч. ст. – Пермь, 2010. – Вып. 13. – С. 91–98.

15. Чайковский И. И. Минералогия переходной микроклиматической зоны Кунгурской Ледяной пещеры / И. И. Чайковский, О. И. Кадебская // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении : науч. чтения памяти П. Н. Чирвинского : сб. науч. ст. – Пермь, 2012. – Вып. 14. – С. 100–105.

16. Яцкевич З. В. Материалы к изучению карста Индерского поднятия / З. В. Яцкевич // Известия Всесоюзного географического общества. – 1937. – Т. 69, вып. 6. – С. 937–955.

References

1. Golovachev I. V. *Karst i peshchery Severnogo Prikaspiya* [Karst and the cave of the North Caspian region], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2010. 215 p.

2. Golovachev I. V. Sezonnye kriogennye otlozheniya peshcher Severnogo Prikaspiya [Seasonal cryogenic cave sediments of the North Caspian]. *Karstovye sistemy severa v menyayushcheyse srede : sbornik tezisov mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 300-letiyu so dnya rozhdeniya M. V. Lomonosova* [Karst Systems in the North-Paced Environment. Proceedings of the International Conference dedicated to the 300th anniversary of M. Yu. Lomonosov], Golubino-Pinega, 2011, pp. 39–41.

3. Golovachev I. V. Karst okrestnostey ozera Inder [Karst surroundings of Lake Inder]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 2 (45), pp. 7–16.

4. Golovachev I. V. Rezultaty speleologicheskikh issledovaniy v okrestnostyakh ozera Inder [Results of speleological research in the area of Lake Inder]. *Speleologiya i spelestologiya. Sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy nauchnoy zaochnoy konferentsii* [Speleology and Speleology. Proceedings of the IV international Scientific Conference], Naberezhnye Chelny, NISPTR Publ., 2013, pp. 13–17.

5. Golovachev I. V., Petrishchev V. P., Akhmedenov K. M., Seytkireeva A. T. Karstovyy relief okrestnostey ozera Inder [The karst relief of Lake Inder vicinity]. *Opustynivanie Tsentralnoy Azii: otsenka, prognoz, upravlenie : materialy 1-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The desertification in Central Asia: assessment, prognosis, management. Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference], Astana, 2014, pp. 178–184.

6. Golovachev I. V. Peshchery Severnogo Prikaspiya [Caves of the Northern Caspian]. *Kompleksnoe ispolzovanie i okhrana podzemnykh prostranstv : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letnemu yubileyu nauch. i turistsko-ekskursionnoy deyatel'nosti v Kungurskoy Ledyanoy peshchere i 100-letiyu so dnya rozhd. V.S. Lukina* [Complex Use and Protection of Underground Spaces: intern. Scientific and Practical. Conf., dedicated. 100-year anniversary of Scientific and Tourist-Excursion Activity in the Kungur Ice Cave and the 100th anniversary of birth. V.S. Lukin], Perm, 2014, pp. 14–25.

7. Golovachev I. V. Kriogennye otlozheniya peshcher v rayone ozera Inder [Cryogenic cave deposits near Lake Inder]. *Speleologiya i spelestologiya : sbornik materialov VI Mezhdunarodnoy nauchnoy zaochnoy konferentsii* [Speleology and Speleology. Proceedings of the VI International Scientific Conference], Naberezhnye Chelny, NISPTR Publ., 2015, pp. 16–19.

8. Golovachev I. V. Speleologicheskie otkrytiya v okrestnostyakh ozera Inder [Speleological discoveries near lake Inder]. *Astrakhanskies kraevedcheskie chteniya : sbornik statey* [Astrakhan Regional Studies Readings. Proceedings], Astrakhan, TSNTPE Publ., 2016, issue 8, pp. 35–42.

9. Golovachev I. V. Peshchery okrestnostey ozera Inder [The caves of Lake Inder vicinity]. *Teoriya i metody sovremennoy geomorfologii : materialy XXXV Plenuma Geomorfologicheskoy komissii RAN, Simferopol, 3–8 oktyabrya 2016 g.* [Theory and Methods of Modern Geomorphology. Proceedings of the XXXV Plenum Geomorphological COMMISSION RAS, Simferopol, 3–8 October 2016], Simferopol, 2016, vol. 2, pp. 171–175.

10. Golovachev I. V. Peshchera Ledyanoy paporotnik [The caves of Inder Cave Ice fern]. *Speleologiya i spelestologiya : sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchnoy zaochnoy konferentsii* [Speleology and Spelethology. Proceedings of the VII International Scientific Correspondence Conference], Nab. Chelny, NGPU Publ. House, 2016, pp. 11–15.

11. Kadebskaya O. I., Chaykovskiy I. I. *Spetsifika krio- i mineralogeneza peshchery Medeo (Severnnyy Ural)* [Specificity of cryo- and mineralogenesis of the Medeo cave (Northern Urals)], Caves, Interuniversity. Sat. Sci. Tr. Perm. Un-t. Perm Publ. House, 2012, issue 35, pp. 41–47.

12. Kadebskaya O. I., Kalinina T. A. *Usloviya formirovaniya bornykh mineralov v karstovykh i iskusstvennykh podzemnykh polostyakh* [Conditions for the formation of boron minerals in karst and artificial underground cavities], Caves, Interuniversity. Sat. Sci. Tr. Perm. Un-t. Perm Publ. House, 2015, issue 38, pp. 68–75.

13. Kadebskaya O. I., Golovachev I. V. Kharakteristika kriogennykh mineralov peshchery Ledyanoy paporotnik (Kazakhstan) [Characteristics of the cryogenic minerals of the Cave Ice Fern (Kazakhstan)]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2017, no. 1 (64), pp. 109–122.

14. Chaykovskiy I. I., Chirkova Ye. P., Kadebskaya O. I., Nazarova U. V., Sirazetdinov A. T. Boraty v evaporitovykh tolshchakh Prikamya [Borates in the Evaporite Formations of the Kama Region]. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii : nauch. chteniya pamyati P. N. Chirvinskogo : sb. nauch. st.* [Problems of Mineralogy, Petrography and Metallogeny: Nauch. Read the Memory of P. N. Chirvinsky. Proceedings], Perm, 2010, issue 13, pp. 91–98.

15. Chaykovskiy I. I., Kadebskaya O. I. Mineralogiya perekhodnoy mikroklimaticheskoy zony Kungurskoy Ledyanoy peshchery [Mineralogy of the transition microclimatic zone of the Kungur Ice Cave]. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii : nauch. chteniya pamyati P. N. Chirvinskogo : sb. nauch. st.* Problems of Mineralogy, Petrography and Metallogeny: Nauch. Reading memory. Chirvinsky. Proceedings], Perm, 2012, issue 14, pp. 100–105.

16. Yatskevich Z. V. Materialy k izucheniyu karsta Inderskogo podnyatiya [Materials to the study of karst of Inderskogo raising]. *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva* [Proceedings of All-Union Geographical Society], 1937, vol. 69, issue 6, pp. 937–955.

МОНИТОРИНГ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ САРПИНСКИХ ОЗЕР (СЕВЕРНАЯ ГРУППА)

Сергеева Анастасия Сергеевна, аспирант, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 27, учитель географии и биологии, МКОУ «Райгородская СШ», 404173, Российская Федерация, Светлоярский район, с. Райгород, пос. Водстрой, 1, e-mail: nastia80_21@mail.ru

Буруль Татьяна Николаевна, кандидат географических наук, доцент, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 27, e-mail: busmit@mail.ru

Брылев Виктор Андреевич, доктор географических наук, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 27, e-mail: brilev_vsru@gambler.ru

Перцева Александра Ивановна, магистрант, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 27, e-mail: aleksandrashalomeeva@mail.ru

Сарпинские озера берут свое начало в Светлоярском районе Волгоградской области и представляют достаточно редкий тип водно-болотных угодий в аридной зоне. И так как в настоящее время исследования озер ведутся нерегулярно, работа по оценке современного состояния озер, проведенная авторами является весьма актуальной и своевременной. В результате проведенных исследований рассмотрены морфометрия Сарпинских озер северной группы и вопросы их эволюции. Дана оценка геоэкологического состояния озер в условиях техногенного воздействия южной промышленной зоны г. Волгограда. Проведен гидрохимический анализ проб воды. Определены геоэкологические проблемы озерной геосистемы и характер их проявления. Сарпинские озера являются ключевой орнитологической территорией (КОТР) и в настоящее время испытывают динамические экосистемные и качественные изменения. Озера деградировали и усохли.

Ключевые слова: мониторинг, озерная геосистема, морфометрия, геоэкологическое состояние, гидрохимический режим, гидрохимический анализ, геоэкологические проблемы