

7. Zanozin V.V. K voprosu ob osnovnyh funkciyah landshaftnoj web-GIS Astrahanskoj oblasti / Geo-graficheskie nauki i obrazovanie: materialy IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, g. Astrahan', 25 marta 2016 g. / sost.: V. V. Zanozin, A. Z. Karabaeva, M. M. Iolin, A. N. Barmin. – Astra-han': Astrahanskij gosudarstvennyj universitet, Izdatel'skij dom «Astrahanskij universitet». 2016. S.106-108.

8. Zanozin V.V. Primenenie GIS-tehnologij v landshaftovedenii/ Nauchno-tehnicheskij progress: ak-tual'nye i perspektivnye napravlenija budushhego: sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (8 aprelja 2016 goda), Tom II – Kemerovo: ZapSibNC. 2016 . S. 19-20.

9. Isachenko A. G. Fiziko-geograficheskoe kartirovanie. Chast' III. / A. G. Isachenko // - L. Izd-vo Leningradskogo un-ta, 1961, S. 27-30.

10. Landshaftno-interpretacionnoe kartografirovanie / T. I. Konovalova, i dr., Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, in-t geografii ; Otv. red. A. K. Cherkashin . – Novosibirsk : Nauka, 2005. S. 169-171.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНЕЙШЕЙ ПЕЩЕРЫ ИНДЕРСКОГО КАРСТОВОГО РАЙОНА**

**Головачев Илья Владимирович**, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Астраханское отделение Русского географического общества, 414025, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: [bask\\_speleo@mail.ru](mailto:bask_speleo@mail.ru)

Пещера Ледяной папоротник является наиболее объёмной, протяжённой и интересной карстовой полостью Индерского карстового района. Она располагается на северо-восточном берегу озера Индер в Атырауской области Республики Казахстан. Пещера была обнаружена в мае 2015 года в ходе экспедиционных работ, проводимых членами секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества. Она относится к пещерам коррозионно-эрозионного типа и является первой по величине пещерой данного района. Пещера имеет один вход. Она открыта впервые и ранее не была известна местному населению. За период с 2015 по 2017 годы в ней пять раз проводились исследовательские работы, в том числе: топографические, минералогические, микроклиматические, энтомологические и другие. Пещера Ледяной папоротник является единственной пещерой Северного Прикаспия с подземной многолетней наледью. В пещере формируется многолетнее и сезонное оледенение, что приводит к накоплению в карстовой полости специфического типа отложений – криогенных минералов. Она имеет также большое видовое разнообразие новообразованных в пещере минералов. В нейтральной микроклиматической зоне при положительных температурах в пещере образуются кальцит, гипс, целестин, глауберит, мирабилит, тенардит, улексит и индерит. В этой же пещере были найдены новые для науки небольшие жучки *Cholevinae* из семейства *Leididae*.

**Ключевые слова:** сульфатный карст, карстовая пещера, пещерные отложения, криогенные отложения пещер, криогенные минералы, кристаллические образования, вторичная кристаллизация, минералы пещер, минералообразование, пещера Ледяной Папоротник, соляные купола, гипсовые кепроки, озеро Индер, Северный Прикаспий

## CHARACTERISTICS OF THE LARGEST KARST CAVE OF INDER KARST DISTRICT

*Golovachev Ilya V.*, C.Sc. in Geography, Astrakhan State University, Astrakhan department of Russian geographical society, 16 Tatishchev st., Astrakhan, Russian Federation, 414025, e-mail: bask\_speleo@mail.ru

Ice Fern Cave is the most voluminous, extended and interesting karst cavity of Inder karst area. It is located on the north-eastern shore of Lake Inder in the Atyrau region of Kazakhstan Republic. The cave was discovered in May 2015 during the expedition work conducted by members of the section of speleology and karst studies of the Astrakhan branch of the Russian Geographical Society. It refers to caves of a corrosive-erosive type and is the first largest cave in the area. The cave has one entrance. It was opened for the first time and had not previously been known to the local population. During the period from 2015 to 2017, it conducted five research works, including: topographic, mineralogical, microclimatic, entomological and others. Ice Fern Cave is the only cave of the Northern Caspian with an underground perennial icing. In the cave formed a long-term and seasonal glaciation, which leads to the accumulation in the karst cavity of a specific type of deposits - cryogenic minerals. It also has a large species diversity of minerals newly formed in the cave. In the neutral microclimatic zone, at a positive temperature, calcite, gypsum, celestite, glauberite, mirabilite, tenardite, ulexite, and indium are formed in the cave. In the same cave were found new for science small beetles Cholevinae from the family Leididae. The article is devoted to the complex characterization of Ice Fern Cave and relies on collected expeditionary material.

**Keywords:** sulphate karst, karst cave, cave sediments, cryogenic deposits of caves, cryogenic minerals, crystalline formations, secondary crystallization, cave minerals, mineral formation, Ice Fern Cave, salt domes, plaster cappings, Inder Lake, Northern Caspian

Пещера Ледяной папоротник в настоящее время является крупнейшей пещерой в окрестностях озера Индер. Она расположена на территории Индерборского района Атырауской области Республики Казахстан (рис. 1).

Карст района озера Индер относится к Индерско-Эмбенскому карстовому округу Западно-Прикаспийской карстовой провинции Нижневолжско-Уральской карстовой области Восточно-Европейской карстовой страны [1, 2]. На северном и северо-восточном берегах озера развит сульфатный карст, обусловленный выходом на дневную поверхность древних осадочных пород позд-непалеозойского возраста. Карстующиеся породы подняты на дневную поверхность вследствие соляного тектогенеза и составляют верхнюю часть кепрока соляно-купольного массива. Сводовая часть Индерского соляного купола сложена нижнепермскими отложениями кунгурского яруса (каменная соль с ангидритом, калийно-магнезиальные соли) и имеет площадь около 250,0 км<sup>2</sup> [13]. Поверх древних пермских отложений залегают отложения кепрока мощностью около 60,0 м, представленные толщей элювиального гипса (eP<sub>2</sub>-Q) [13].

Пещера Ледяной папоротник была обнаружена на северо-восточном берегу озера Индер в мае 2015 года в ходе экспедиционных работ, проводимых членами секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества [8-10]. Она относится к пещерам коррозионно-эрозионного типа и является первой по величине пещерой данного района. В ней было проведено обследование и сделана топографическая съёмка (рис. 2).

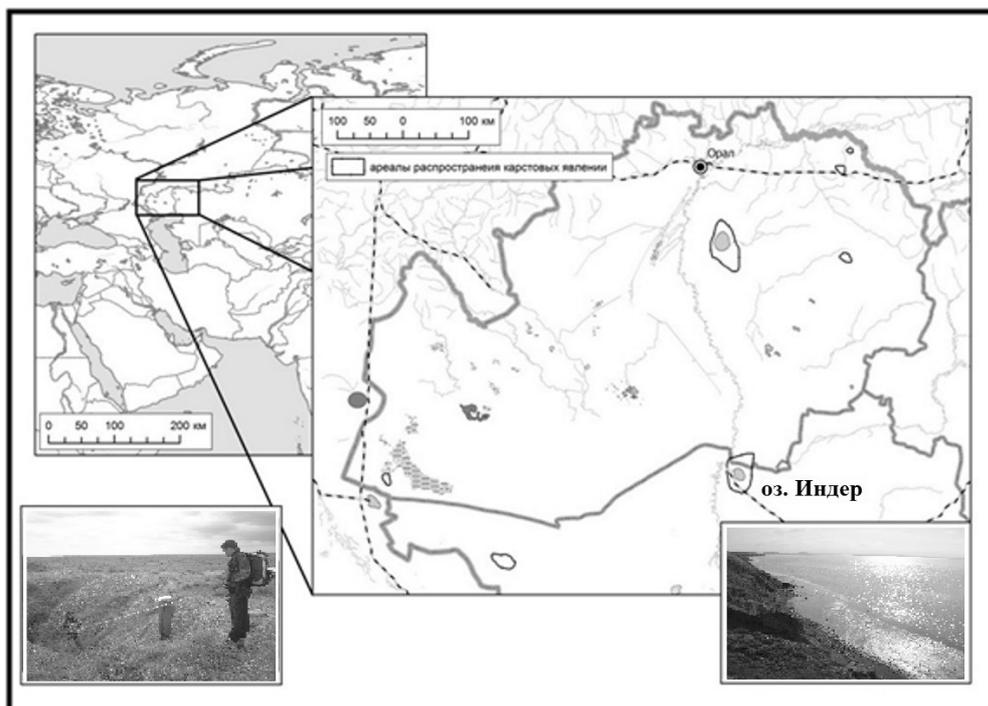


Рис. 1.: Расположение Индерского карстового района

В пещере до 2017 года был известен всего один вход. В октябре 2017 удалось найти соединение этой пещеры с соседней полостью – пещерой Курпоскат, в результате чего появилась первая в данном районе спелеосистема Ледяной папоротник - Курпоскат. Пещера Ледяной папоротник открыта впервые и ранее не была известна местному населению.

Пещерная полость заложена в элювиальных гипсах (eP<sub>2</sub>-Q). Гипсовые породы сверху перекрыты тонким чехлом рыхлых древнекаспийских отложений раннехвалынского возраста (hv<sub>1</sub>). Основной вход в пещеру находится на ровной поверхности степи посреди обособленного карстового участка на дне асимметричной сдвоенной карстовой воронки. В западной половине воронки находится входной колодец (рис. 3).

Пещера имеет в настоящее время следующие основные морфометрические показатели: протяжённость ходов – 210,0 м, глубина от поверхности – 25,0 м, площадь – 280,0 м<sup>2</sup>, объём около 1200,0 м<sup>3</sup> [10].

Пещера Ледяной папоротник начинается вертикальным входным колодцем глубиной до 14,0 м, на стенках которого произрастает папоротник Пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.) (рис.4). Интересно, что такой же вид папоротника произрастает в окрестностях озера Баскунчак во входном пятнадцатиметровом колодце пещеры Кристальная [1].

Среди пещер Индерского карстового района входной колодец пещеры Ледяной папоротник по глубине заметно уступает входному колодцу пещеры Колодец Одноглазый, глубина которого составляет около 30 м, то есть больше в два раза [3-6].

В основании колодец переходит в крупную высокую камеру высотой до 3,5 м, площадью 15,0 м<sup>2</sup> и объёмом 36,0 м<sup>3</sup> (рис.5).

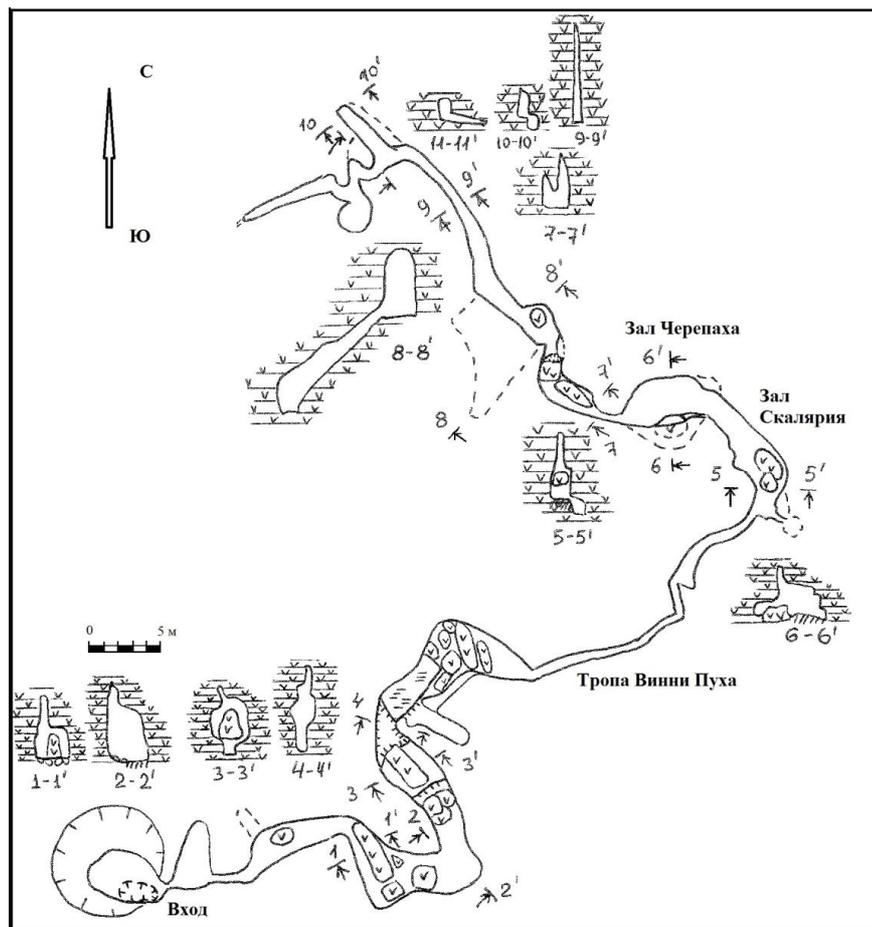


Рис. 2. План пещеры Ледяной папоротник.  
 (Съёмка: Головачев И.В., Поспеев С.А., Курдюковы В.Н. и А.Н., 2015 г.)



Рис. 3. Спуск в колодец  
 (фото А.К. Курдюкова)



Рис. 4. Папоротник Пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.) на стенке входного колодца  
 (фото А.Г.Тюрина)

Её дно покрыто скоплением песчано-глинистого материала с обилием органических остатков и сухой степной растительности (т.н. «перекати поле»). В холодное время года и весной под колодцем скапливаются снег и лёд, которые к осени стаивают. Через вертикальный пережим, спускаясь вперёд и вниз, попадаем в соседнюю камеру высотой до 4,5 м, площадью до 10,0 м<sup>2</sup> и объёмом 40,0 м<sup>3</sup>. Из неё через низкий и узкий лаз можно попасть в основную часть пещеры, высота которой достигает до 4,0-7,0 м. Этот ход, сделав несколько крутых поворотов, через примерно 60,0 м переходит в вертикальную извилистую трещину Ход Винни Пуха шириной в среднем около метра и общей протяжённостью до 20,0 м. За ней подряд идут два расширения - зал Скалярия (площадью 17,0 м<sup>2</sup> и объёмом 65 м<sup>3</sup>) и зал Черепаха (площадью 25,0 м<sup>2</sup> и объёмом около 40,0 м<sup>3</sup>). После них ход вновь переходит в узкую загромождённую глыбами гипса разрывную трещину, за которой полость резко ныряет вниз и вновь расширяется, переходя в Косой ход, богато украшенный натёчными гипсовыми образованиями. Его протяжённость около 8,0 м, а высота до 5,0 м. Последующая часть пещеры тянется ещё на расстоянии около 30,0 м и упирается в тупик.



Рис. 5. Переход колодца в привходовую камеру (фото В.Н. Курдюков)



Рис. 6. Ледяной натёчный занавес (фото В.Н. Курдюков)

Температура воздуха в пещере на разных её участках заметно различается по сезонам. Так под колодцем температуры варьируют от +2,4°C (в начале мая) до +5,2°C (в начале октября). Влажность воздуха меняется от 93% до 97%, соответственно. Температура воздуха в центральной части пещеры возле наледи в 2015 году была около нулевой отметки, то есть -0,3°C в начале мая и +0,4°C в начале октября [7]. В мае 2016 года температура воздуха воз-

ле наледи держалась около  $+1,0^{\circ}\text{C}$ . Наледь является эпицентром холода в пещере. Интересно, что начиная с Хода Винни пуха и до конца пещеры ледяных образований нет, и температура держится выше нуля. Однако и на этом участке пещеры не везде температура воздуха одинакова и постоянна. Так в зале Черепаха температура воздуха была  $+5,0^{\circ}\text{C}$  в мае и  $+6,4^{\circ}\text{C}$  в октябре. В следующем за ним Косом ходе температура уже ниже  $+3,8^{\circ}\text{C}$ . А в конце пещеры температура вновь повышается уже до  $+7,0^{\circ}\text{C}$ . При этом относительная влажность воздуха сохраняется постоянной – 94%.

Отложения пещеры Ледяной папоротник представлены криогенными, обвальными, водными механическими, водными хемогенными, органогенными, отложениями [10]. Особенностью отложений данной пещеры является наличие широкого спектра криогенных, а также вторичных кристаллических образований и кристаллов автохтонных минералов (гипс –  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ; мирабилит –  $\text{Na}_2[\text{SO}_4] \times 10\text{H}_2\text{O}$ ; улексит –  $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})] \times 5\text{H}_2\text{O}$ ; тенардит –  $\text{Na}_2[\text{SO}_4]$ ).

*Криогенные отложения* представлены в пещере Ледяной папоротник сезонными и многолетними льдами. Конжеляционные льды, имеют сезонный характер и формируются за счёт замерзания инфильтрационных вод, поступающих из зон вертикальной нисходящей и горизонтальной циркуляции. Отложения этого типа включают в себя разнообразные ледяные натёчные образования [10]. Типичными формами являются наледи, сталактиты, сталагмиты, ледяные кристаллы и коры. В пещере в зимнее время образуются на сводах, стенах и крупных гипсовых глыбах висячие наледи-занавеси (рис.6) и сталактиты, на полу и гипсовых глыбах ледяные натёчные коры и ледяные сталагмиты кеглеобразной формы. В мае 2015 года автору довелось наблюдать в пещерах ледяные сталактиты и занавеси длиной более 1,0 м, сталагмиты высотой до 0,1-0,2 м при толщине около 5,0-10,0 см, ледяные прозрачные натёчные коры толщиной до 1,0 см на гипсовых глыбах и глиняных отложениях пола пещер. А в мае 2016 года посреди пещерного хода образовался ледяной сталагнат толщиной около 20,0 см (рис.7).

Ледяные кристаллы имеют, скорее всего, атмосферное происхождение и образуются на сводах, стенах и отложениях пещеры. Размеры кристаллов буквально первые миллиметры. В пещере Ледяной папоротник ледяные кристаллы сохраняются в течение всего года и тяготеют к многолетней наледи, покрывая стены вблизи ледяного тела.

Снежно-ледовый конус образуется за счёт офирнования снега под входным колодцем и накапливается в течение зимнего периода. Он сохраняется до начала лета (когда температура воздуха на поверхности достигает до  $+30^{\circ}\text{C}$ ). Подобное накопление и продолжительное сохранение снега на дне глубоких естественных колодцев характерно для данного карстового района [7, 14]. Однако в течение жаркого лета эти отложения стаивают.

В пещере Ледяной папоротник на удалении около 46,0 м от входа имеется многолетняя слоистая наледь высотой до 2,7 м, шириной до 1,5 м и длиной до 4,7 м, площадью около  $7,0 \text{ м}^2$  и общим объёмом около  $20,0 \text{ м}^3$  [10]. К октябрю стаивает сезонный лёд от входа до наледи и за ней. Наледь является эпицентром холода в пещере. От уровня поверхности степи наледь залегает на глубине 25,0 м. Она имеет слоистое строение (рис.8). Визуально выделяются 8 горизонтально залегающих слоёв белого кристаллического льда, разделённых между собой тёмными прослойками грунта, замороженного в лёд, толщиной от 0,5 до 1,0 см. Средняя толщина ледяных слоёв около 10,0 см. Самый тонкий слой 3,0 см, а самый широкий 30,0 см (верхний слой).



Рис. 7. Ледяная колонна (сталагнат)  
(фото Е.А. Лисица)

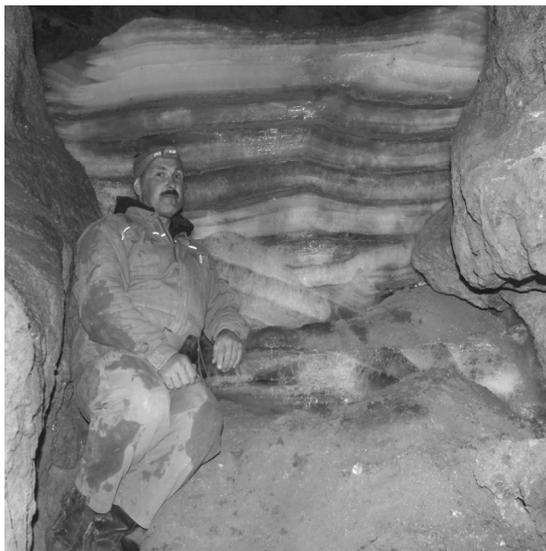


Рис. 8. Многолетняя слоистая наледь  
(фото В.Н. Курдюков)

Лёд в наледи по результатам исследований [11] имеет минерализацию  $894,0 \text{ мг/дм}^3$  и принадлежит к сульфатно-кальциевому типу (табл. 1).

По количеству растворённых солей многолетний лёд в пещере относится к пресному типу (до  $1000,0 \text{ мг/дм}^3$ ), что говорит о его формировании из атмосферных или талых вод [11].

Таблица 1

Химический состав многолетнего льда пещеры Ледяной папоротник [11]

Минерализация $\text{мг/дм}^3$	рН	Содержание, $\text{мг/дм}^3$						
		$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^{2+}$	$\text{K}^+$
894,0	6,0	$45,9 \pm 9,6$	$626,0 \pm 63,0$	$4,35 \pm 0,4$	$212,0 \pm 21,0$	$1,26 \pm 0,3$	$2,67 \pm 0,4$	$0,58 \pm 0,1$

Минералогические исследования криоматериала из наледи в пещере Ледяной папоротник показали, что минералы представлены в основном гипсом (99%) и кальцитом (1%) [11]. Это первая многолетняя подземная наледь на территории Северного Прикаспия!

Криогенные минеральные образования, встреченные в пещере Ледяной папоротник, представлены «гипсовой мукой» - белым мучнистым порошком, образующимся в процессе замерзания пещерных вод и сублимации пещерных льдов (т.е. имеет криохимическое происхождение). Белого цвета «гипсовая мука» покрывает тонким слоем верхушки ледяных сталагмитов и поверхность ледяных натёчных покровов пола. А после их стаивания образуются мучнистые белые гипсовые скопления на полу пещерного хода. Среди криогенных сульфатных минералов в пещере Ледяной папоротник исследователями [11] выделяются три типа:

1) «мука», образованная при быстрой кристаллизации растворов и накопленная при испарении льда в зимнее время;

2) веерные каркасные кристаллы, которые образовались в процессе медленной перекристаллизации «муки» при замерзании вновь поступивших растворов;

3) кристаллы и агрегаты, образованные в процессе перекристаллизации «муки» во время таяния льда при положительных температурах.

Обвальные отложения в пещере представлены тремя генетическими подтипами.

1). *Термогравитационные отложения* формируются в привходовой части пещеры за счёт действия физического выветривания в зоне резких сезонных колебаний температур. Эти отложения представлены гипсовой дресвой, щебнем, крошкой, которые скапливаются либо у горловины входного колодца, либо под ним на скальных полочках.

2). *Обвально-гравитационные отложения* можно условно подразделить на три группы.

Отложения I группы образуются за счёт обрушения глыб со свода пещеры без нарушения его целостности. За счёт подобного обрушения свод как бы растёт вверх, а под ним идёт накопление грубообломочного материала различного размера. Обрушение глыб со сводов происходит в основном по трещинам напластования. Характерна для этой группы отложений огромная величина обрушившихся со свода гипсовых глыб и крупных блоков (например: 4,5 м×1,5 м×1,5 м; 3,5 м×1,5 м×2,0 м; 2,0 м×1,0 м×1,0 м и т.п.).

Отложения II группы образуются за счёт коррозионного или коррозионно-эрозионного процесса, благодаря которому происходит «отчленение» глыб от свода. Глыбовый материал имеет округлые сглаженные формы с явными следами карстования (могут быть гребнеобразными, уплощёнными, с останцовыми микроформами и карами на своей поверхности). Наиболее ярко подобные отложения представлены в дальней части пещеры и в залах Скалярия и Черепаха.

Отложения III группы имеют меньшие размеры (в отличие от I группы) гипсовых глыб и кусков. Они характерны для коррозионно-разрывных участков пещеры, представляющих собой раскрытую трещину.

3). *Провально-гравитационные отложения* образуются при провале сводов пещер. Для них типично наличие в обрушенном глыбовом материале рыхлых делювиальных и (или) элювиальных отложений. Подобный тип отложений наиболее ярко представлен в привходовой камере под колодцем.

Водные механические отложения подразделяются на автохтонные (отложения пещерных рек и озёр) и аллохтонные (отложения, поступающие в пещеру с поверхности).

*Автохтонные (аутигенные)* водные механические отложения в пещере отсутствуют, так как в пещере нет озёр и рек.

*Аллохтонные (аллотигенные)* водные механические отложения также маломощные и накапливаются в пещере на участке между привходовой камерой и многолетней наледью, куда они привносятся тало-дождевыми водами. В основной массе преобладают поступающие с инфлюационными водами и переотлагающиеся с поверхности супеси хвалынского возраста, в составе которых могут находиться мелкие обломки гипсовой породы и кварцево-кремнистая уральская галька хвалынского возраста.

Водные хемогенные отложения пещеры Ледяной папоротник представлены субтермальными, субаквальными и коррелятными отложениями, а также

кристаллами автохтонных минералов. *Субтеральные отложения* (образовавшиеся в воздушной среде, т.е. выше контакта с водной поверхностью) представлены корами вторичной кристаллизации гипса, вторичными кристаллическими образованиями и натёчными образованиями.

*Коры вторичной кристаллизации гипса* довольно широко представлены в данной пещерной полости. Они могут образовывать как сплошные покровы, так и отдельные локальные пятна; располагаться на стенах, сводах, полу и даже просто на отдельных глыбах и блоках гипса. Эти коры имеют молочно белый цвет или белесый (до грязнобелесого), если они захватили в процессе кристаллизации глинистые частицы.

Очень грубо можно выделить три основных типа этих кор. Первый тип характеризуется малой мощностью (до 1 см толщиной), плотностью и однородностью поверхности, плотностью коренной гипсовой породы под корой, относительно ровной (до абсолютно гладкой) поверхностью.

Второй тип включает в себя коры с неровной гроздевидной поверхностью. Коры такого типа имеют толщину около 2 см. Они более рыхлые внутри и твёрдые к поверхности коры. «Гроздевидная поверхность» обусловлена радиально-лучистым расположением кристаллов гипса.

Третий тип представляет собой коры со щётками гипсовых кристаллов, различного размера и идиоморфизма. В залах Черпаха и Скалярия, а также на участке пещеры за ними, где более стабильные микроклиматические показатели, кристаллики более крупные, бесцветные и прозрачные. На участке пещеры от привходовой части до наледи кристаллические образования попадают более мелкие, мутные, с загрязнённой поверхностью.

*Кристаллические гипсовые покровные коры* в пещере Ледяной папоротник образовались на рыхлом супесчаном грунте (на полу пещеры). Толщина покровной коры - около 1,0–1,5 см, не однородная по мощности и по цвету (от белой, до грязно-серой и даже тёмно-коричневой окраски). Грунт под такой коркой рыхлый и даже пушистый. Кора как бы нависает над рыхлыми отложениями пола пещеры. Образование коры происходит за счёт подтягивания питающего гипсодержащего раствора из глубины рыхлых отложений к поверхности и кристаллизации гипса в зоне испарения. Следов паводков, затоплений, и движения вод в пещере не отмечено.

*Вторичные пещерные гипсовые образования* также представлены в данной полости. В пещере Ледяной папоротник в Косом ходе поверх сталагмитов образовались наросты, делаю их похожими на кораллы, со сложной формой поверхности.

*Натёчные гипсовые формы* представлены в данной пещере очень широко. Наиболее распространены гипсовые сталактиты (рис.9). Они начинают появляться за залом Черпаха. Наибольшее их разнообразие и количество можно наблюдать в Косом ходе. Длина сталактитов варьирует от нескольких сантиметров до 25,0 см. Толщина отдельных сталактитов до 2,0-3,0 см. Цвет белый. На некоторых из них начинает развиваться вторичная гипсовая кристаллизация.

Сталагмиты характерны только для Косого хода. Здесь можно выделить относительно молодые сталагмиты белого цвета высотой 7,0 см и 5,0 см, выросшие на скальной полке и старые более сложной формы серого цвета, похожие на кораллы, выросшие на полу пещерного хода (рис.10). Их высота до 20,0 см и около 8,0-10,0 см в поперечнике.

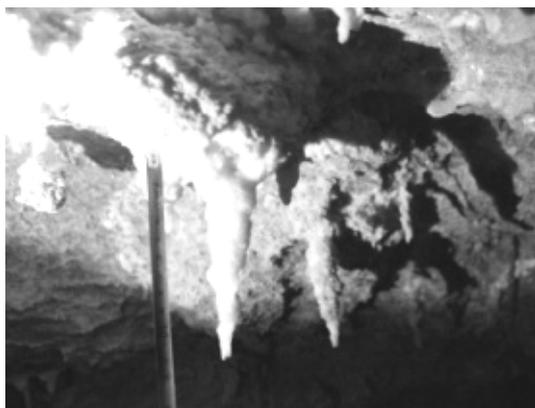


Рис. 9. Гипсовые сталактиты на своде пещеры  
(фото В.Н. Курдюков)

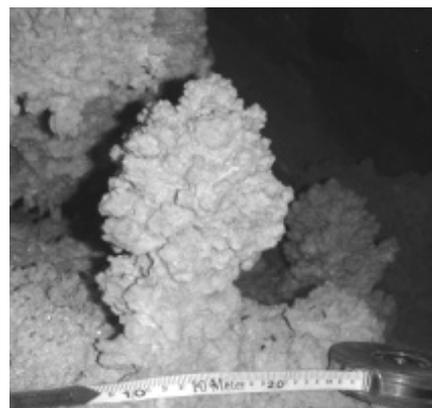


Рис. 10. Старый гипсовый сталагмит  
(фото И.В. Головачев)

Сталагматы обнаружены в пещере только в одном месте. Группой из трёх небольших сталагматов белого цвета. Они образовались на стене в небольшой скальной нише. Их высота около 15,0 см.

*Субаквальные отложения* (образовавшиеся ниже уровня воды, на контакте поверхности воды с воздухом) в пещере не обнаружены.

*Кристаллы автохтонных (аутигенных) минералов* в нейтральной микроклиматической зоне, в условиях положительных температур, в пещере представлены кальцитом, гипсом, целестином, глауберитом, мирабилитом, тенардитом, улекситом и индеритом. Они встречаются как в виде отдельных монокристаллов, так и в виде разных агрегатных минеральных образований (щётки, корочки, сферолиты, мучнистые налёты, волосовидные ватообразные скопления и пр.).

Кристаллы гипса встречаются в пещере Ледяной папоротник в различных вариациях. Щётки гипсовых кристаллов можно встретить в различных частях пещеры.

Мирабилитовые тонкие волосовидные кристаллы растут в зале Черепаха на небольших стенных полочках из рыхлых супесчаных отложений. Они бесцветные, длиной до 0,5-1,5 см. Бывают отдельные прямые тонкие волосовидные кристаллы, но чаще кристаллы растут в виде тонкой ваты на небольших кусочках глины.

Находки мирабилита  $\text{Na}_2[\text{SO}_4] \times 10\text{H}_2\text{O}$  и тенардита  $\text{Na}_2[\text{SO}_4]$  в пещере Ледяной папоротник являются показателем присутствия в пещере насыщенных сульфатно-натриевых рассолов.

Несомненно, интересным является наличие в пещере большого количества борсодержащего минерала улексита -  $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})] \times 5\text{H}_2\text{O}$ . Он очень часто встречается на стенах и сводах в разных частях пещеры в виде выходов по трещинам белесого тонкого порошка.

Проведённое исследование [12] 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 [12].

Органогенные отложения представлены в пещере продуктами и следами обитания (погадки, перья, и пр.), а также костными останками различных животных (змеи, мыши, летучие мыши и пр.). В мае 2017 года в районе наледи был встречен свежий трупик летучей мыши. Мёртвые змеи и их скелеты встречаются даже в самой дальней части пещеры за Косым ходом. В меньшей степени встречаются кости птиц (только под входным колодцем). Органические растительные остатки, представлены мелкими фрагментами стеблей степной растительности типа «перекати поле» (например, фрагментами стеблей ревеня татарского и др.) и всевозможными семенами растений. Они имеются в отложениях привходовой камеры, расположенной под входным колодцем, где залегают вперемежку с рыхлыми грунтовыми отложениями.

В 2017 году дважды проводились в пещере энтомологические сборы. Найдены мелкие жуки, мухи, паки, комары. Собранный энтомологический материал ещё находится в обработке. По предварительным данным в центральной части пещеры были найдены новые для науки небольшие жучки Cholevinae из семейства Leididae.

Общее экологическое состояние пещеры – отличное. Следов посещения людьми не отмечено. Пещера труднодоступна и очень не удобна для спуска. Для её посещения желательно делать навеску и (или) применять специальное снаряжение для страховки.

Пещера Ледяной папоротник является уникальным природным объектом. В целях её сохранения и дальнейшего изучения требуется придание ей природоохранного статуса геологического памятника природы.

#### Список литературы

1. Головачев И.В. Карст и пещеры Северного Прикаспия [Текст]: монография / И.В. Головачев. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – 215с.
2. Головачев И.В. Сезонные криогенные отложения пещер Северного Прикаспия // Карстовые системы севера в меняющейся среде. Сборник тезисов международной конференции, посвящённой 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова. – Голубино-Пинега, Архангельская область, 2011. – С. 39-41.
3. Головачев И.В. Карст окрестностей озера Индер // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2012. – № 2 (45). - С. 7-16.
4. Головачев И.В. Результаты спелеологических исследований в окрестностях озера Индер // Спелеология и спелестология. Сборник материалов IV международной научной заочной конференции. – Набережные Челны: НИСПТР, 2013. – С. 13-17.
5. Головачев И.В. Характеристика карстового поверхностного рельефа в окрестностях озера Индер / И.В. Головачев // Геоморфология и картография: материалы XXXIII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. – Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 2013. – С. 161-166.
6. Головачев И.В., Петрищев В.П., Ахмеденов К.М., Сейткиреева А.Т. Карстовый рельеф окрестностей озера Индер / И.В. Головачев // Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление. Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции. - Астана, 2014. - С.178-184.
7. Головачев И.В. Криогенные отложения пещер в районе озера Индер // Спелеология и спелестология. Сборник материалов VI международной научной заочной конференции. – Набережные Челны: НИСПТР, 2015. – С. 16-19.

8. Головачев И.В. Пещеры окрестностей озера Индер // Теория и методы современной геоморфологии: Материалы XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН, Симферополь, 3-8 октября 2016 г. / Отв. ред. Кладовщикова М.Е., Токарев С.В. – Симферополь, 2016. – Том 2. - С.171-175.

9. Головачев И.В. Спелеологические открытия в окрестностях озера Индер // Астраханские краеведческие чтения: сборник статей / под ред. А.А. Курапова, Р.А. Тарковой, Е.И. Герасимиди, Астрахань: Издательство ООО «ЦНТЭП», 2016. Вып. VIII. С. 35-42.

10. Головачев И.В. Пещера Ледяной папоротник // Спелеология и спелестология. Сборник материалов VII международной научной заочной конференции. – Наб. Челны: НГПУ, 2016. – С. 11-17.

11. Кадебская О.И, Головачев И.В. Характеристика криогенных минералов пещеры Ледяной папоротник (Казахстан) // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2017. - № 1 (64). – С. 109-122.

12. Кадебская О.И, Головачев И.В. Характеристика новообразованных минералов в нейтральной микроклиматической зоне пещеры Ледяной папоротник (Казахстан) // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2017. - № 3 (66). – С. 198–208.

13. Коробов С.С., Поленов И.К. Карст одного солянокупольного поднятия Прикаспийской впадины. // Гидрогеология соляных месторождений и минеральные воды. - Л.: Недра, 1964. – С. 84-97.

14. Яцкевич З.В. Материалы к изучению карста Индерского поднятия. // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 69, выпуск 6, 1937. - С. 937-955.

#### References

1. Golovachev I.V. Karst and the cave of the North Caspian region [text]: the monograph / I.V. Golovachev. - Astrakhan: Publishing house "Astrakhan university", 2010. - 215 p.

2. Golovachev I.V. Seasonal cryogenic cave sediments of the North Caspian // karst systems in the north-paced environment. Book of abstracts of the international conference dedicated to the 300th anniversary of M.Yu. Lomonosov. - Golubino-Pinega, Arkhangelsk region, in 2011. - pp. 39-41.

3. Golovachev I.V. Karst surroundings of Lake Inder // Geology, geography and global energy. - Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2012. - № 2 (45). p. 7-16.

4. Golovachev I.V. Results of speleological research in the area of Lake Inder // Speleology and spelestology. Collection of materials of IV international scientific conference. - Naberezhnye Chelny: NISPTR, 2013. p. 13-17.

5. Golovachev I.V. The karst surface relief characteristics of Lake Inder vicinity / I.V. Golovachev // Geomorphology and cartography: materials XXXIII of the Plenum Geomorphological Commission of the RAS. - Saratov: Publishing House of the Sarat. University, 2013. - P. 161-166.

6. Golovachev I.V., Petrishchev V.P. Ahmedenov K.M., Seytkireeva A.T. The karst relief of Lake Inder vicinity / I.V. Golovachev // The desertification in Central Asia: assessment, prognosis, management. Materials of of the 1st International Scientific and Practical Conference-Astana, 2014. - P. 178-184.

7. Golovachev I.V. Cryogenic cave deposits near Lake Inder // Speleology and spelestology. The collection of materials of VI international scientific conference. - Naberezhnye Chelny: NISPTR, 2015. p. 16-19.

8. Golovachev I.V. The caves of Lake Inder vicinity / I.V. Golovachev // Theory and methods of modern geomorphology: Materials of the XXXV Plenum Geomorphological COMMISSION RAS, Simferopol, 3-8 October 2016 / Editor Kladovschikova M.E., Tokarev S.V. - Simferopol, 2016. - Volume 2. - P.171-175

9. Golovachev I.V. Speleological discoveries near lake Inder // Astrakhan regional studies readings: collection of articles / Edited. A.A. Kurapova, R.A. Tarkovoy, E.I. Gerasimidi, Astrakhan: Publisher of "TSNTEP", 2016. Art. VIII. p. 35-42.
10. Golovachev I.V. Cave Ice fern // Speleology and speleothalology. Collection of materials of the VII International Scientific Correspondence Conference. - Nab. Chelny: NGPU, 2016. - p. 11-15.
11. Kadebskaya O.I., Golovachev I.V. Characteristics of the cryogenic minerals of the cave Ice Fern (Kazakhstan) // Geology, geography and global energy. - Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2017. - № 3 (66). - p. 109-122.
12. Kadebskaya O.I., Golovachev I.V. The characteristic of novelded minerals in the neutral microclimatic cave area of the cave Ice Fern (Kazakhstan)// Geology, geography and global energy. - Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2017. - № 1 (64). - p. 198-208.
13. Korobov S.S., Polenov I.K. Karst of one salt dome raising of Caspian cavity. // the hydrogeology of salt layers and Mineral'nye Vody. - L.: Nedra, 1964. - P. 84-97.
14. Yatskevich Z.V. Materials to the study of karst of Inderskogo raising. // Proceedings of All-Union geographical society. Т. 69, release 6, 1937. - P. 937-955.

### **ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ АРИДНОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Колчин Евгений Александрович**, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Инновационный естественный институт, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: eakol4in@ Rambler.ru

**Бармин Александр Николаевич**, доктор географических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Инновационный естественный институт, геолого-географический факультет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: abarmin60@mail.ru

**Крыжановская Галина Викторовна**, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Инновационный естественный институт, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: galaJim@mail.ru

**Валов Михаил Викторович**, аспирант, Астраханский государственный университет, Инновационный естественный институт, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: m.v.valov@mail.ru

В последние годы, на фоне глобального потепления, в ряде регионов России отмечается интенсивное изменение климатических характеристик. Это проявляется в аномальном увеличении зимних температур и изменении количества атмосферных осадков. В статье анализируется изменение климатических параметров аридной зоны по данным метеостанций и метеопунктов Астраханской области за 1946-2015 гг. и метеостанции Астрахань за 1922-2015 гг. Выявлено повышение температуры воздуха. Средняя скорость роста составляет в среднем 0,2 °C / 10 лет по региону. Наиболее существенное повышение средних температур наблюдается в холодное время года (в среднем на 1,2 °C каждые 30 лет). Изменение количества осадков в регионе носит циклический характер с небольшим понижением последние 15 лет. Наиболее заметны сезонные изменения количества осадков. Увеличение осадков наблюдается в весенне-осенний период (апрель, октябрь, ноябрь), летом значения количества осадков снизились в июле на 6 мм, в августе на 8-9 мм. На фоне