

ПОДЗЕМНЫЕ ЛЬДЫ И НАЛЕДИ

УДК 551.444.6(470.57)

DOI: 10.31857/S2076673422030138, EDN: EQITTX

Распространение пещер с многолетним льдом на Южном Урале и в Предуралье

© 2022 г. А.И. Смирнов*, Ю.В. Соколов

Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

*smalil@mail.ru

Distribution of karst caves with perennial ice in the Southern Urals and in the Cis-Urals

A.I. Smirnov*, Yu.V. Sokolov

Institute of Geology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

*smalil@mail.ru

Received February 14, 2022 / Revised April 27, 2022 / Accepted July 11, 2022

Keywords: *snow-ice formations, climatic conditions, accumulation factors, distribution patterns, Askynskaya cave.*

Summary

The paper presents systematized information about distribution of karst caves containing accumulations of old ice and snow outside the zone of continuous permafrost. It was found that among total number of 1,150 caves in the region known by January 1, 2022, the old ice had been registered only in 68 (6%) ones. Distribution of them is conditioned by the general mechanisms of development of karst cavities, but a number of additional conditions are required to form the snow-ice accumulations within them. Ice and snow are formed mainly in bag-shaped caves confined to the middle and upper parts of river valleys, or in caves located in the upper reaches of the ravines on the watershed areas, the entrances to which are represented by wells, deep karst channels or are located in sinkholes. The intensity of accumulation and conservation of snow and ice in caves, under other favorable morphological and hydrogeological conditions, is directly dependent on the area of the entrance to the cave and the slope of the floor at its entrance. Snow-ice accumulations are represented by ice bodies, stalactites and stalagmites, hoarfrost and large ice crystals, snow, firn and ice. The most developed of them is ice. The maximum recorded area of the cave ice is 5000 m², its thickness is 11 m, the depth of penetration of glaciation deep into the karst massif from the entrance reaches 70 m, and the length is 250 m. Factors that reduce the accumulation of snow and ice in the caves of the region include: periodic flooding of karst cavities, shortening of woody vegetation on the surface above them, and cave attendance. On the case of the Askynskaya cave, the dependence of the state of snow-ice accumulations on local climatic conditions and the degree of anthropogenic load has been determined. It is recommended to monitor the state of snow and ice formations in the rarely visited Ledyanaya-Lipovaya cave with the most thick icing, in order to establish a correlation between the state of glaciation of the cave and changes in local climatic conditions.

Citation: Smirnov A.I., Sokolov Yu.V. Distribution of karst caves with perennial ice in the Southern Urals and in the Cis-Urals. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2022, 62 (3): 363–376. [In Russian].
doi: 10.31857/S2076673422030138, edn: eqittx.

Поступила 14 февраля 2022 г. / После доработки 27 апреля 2022 г. / Принята к печати 11 июля 2022 г.

Ключевые слова: *снежно-ледяные образования, закономерности распространения, пещера Аскынская, пещера Ледяная-Липовая.*

Систематизированы сведения о распространении карстовых пещер с многолетними снежно-ледяными образованиями. Установлено, что из всех известных пещер региона только в 6% зафиксированы многолетние лёд и снег. Распространение таких пещер обусловлено общими закономерностями развития и распространения карстовых полостей. Однако для формирования в них снежно-ледяных образований требуется ряд дополнительных условий.

Введение

Большая часть рассматриваемого региона охватывает территорию Республики Башкортостан (РБ) и лишь частично затрагивает территории сопредельных субъектов Российской

Федерации. На 1 января 2022 г. в регионе зафиксировано 1150 карстовых пещер. Во всех пещерах с поперечником входа более 1,5 м и опускающимся от него полом формируются сезонные снежно-ледяные образования (СЛО), и только в 68 пещерах (6% всех известных пещер в регионе)

достоверно установлено их многолетнее круглогодичное существование.

Снег и лёд в карстовых пещерах региона формируются в условиях континентального климата с жарким летом и холодной зимой вне зоны распространения многолетнемёрзлых горных пород. Среднегодовая температура воздуха изменяется от 3,5 °С в Предуралье до 0,5 °С на Южном Урале, а период со среднесуточной температурой воздуха ниже 0 °С в среднем составляет 160 и 170 дней соответственно. Обычно устойчивый снежный покров устанавливается в декабре и держится 4–5 месяцев. Толщина снежного покрова в лесных районах Южного Урала составляет 1,1–1,3 м, в лесостепных и степных районах Предуралья не превышает 0,6 м. Вся территория региона относится к зоне сезонного распространения мерзлоты, а глубина промерзания грунта находится в обратной зависимости от толщины снежного покрова и составляет 0,5–1,8 м (Кильметова, 2005). По мнению авторов настоящей статьи лёд и снег в пещерах относятся к типичным пещерным отложениям, поскольку они характеризуются всеми признаками образования осадочных отложений: источником формирования осадков, их переносом и накоплением, преобразованием в новые формы состояния, а при их уничтожении — наличием следов их присутствия в прошлом, например, гипсовой муки (Андрейчук и др., 2013).

Снег в пещеры поступает с поверхности через входы, органые трубы и щели, а лёд в них по механизму образования подразделяют на конгеляционный (гидрогенный), осадочно-метаморфический и сублимационный (Дмитриев, 1980). Лёд формируется непосредственно в пещерах, что следует из механизма образования пещерного льда. Пещеры с наличием снега и льда с давних пор использовали как естественные холодильники. Охотники и в настоящее время временно хранят там добытую дичь. Пещеры с многолетними снежно-ледяными образованиями имеют немаловажное значение как экскурсионные объекты — они очень популярны у туристов. Однако главный научный и практический интерес к пещерам с многолетним льдом на современном этапе их изучения связан с тем, что они — индикатор изменения местного климата, так как при его потеплении масштабы оледенения пещер уменьшаются, а при похолоданиях — увеличиваются (Мавлюдов, 2008).

Задачи настоящей работы — систематизация сведений о карстовых пещерах с многолетними СЛО Южного Урала и Предуралья, а также установление основных закономерностей их распространения. Исходными материалами для исследований послужили: а) собранные авторами данные по карстовым пещерам региона из опубликованных, фондовых и архивных источников (в том числе отчётов туристов-спелеологов о походах в пещеры) почти за двухвековой период изучения пещер региона; б) полевые исследования пещер, проведённые авторами с 1980 по 2021 г. в ходе изучения и съёмки проявлений экзогенных геологических процессов. Применяли стандартные по обследованию и топографической съёмке пещер методы исследования.

Состояние вопроса

Впервые лёд в пещерах Южного Предуралья описал географ Н.П. Рычков в пещере Крясь-Тишек 8 июля 1769 г. (по старому стилю) в период экспедиции Петербургской Академии Наук, возглавляемой академиком П.С. Палласом. В этой пещере, на правом берегу р. Ик, в 0,5 км к северу от деревни Москово Туймазинского муниципального района (в настоящее время Республика Башкортостан) он зафиксировал лёд в двух гротах и ходах. Позже СЛО были обнаружены и в других пещерах. Сведения о наличии сезонных и многолетних СЛО в пещерах Южного Урала и Предуралья (далее — регион) содержатся не менее чем в 100 литературных, фондовых и архивных источниках (Соколов, 2008). В большинстве в них приводятся отрывочные данные о видах и формах и значительно реже — масштабах СЛО без комплексной их характеристики.

Первые обобщающие работы по 20 пещерам со льдом и снегом региона выполнены в 1960-х годах Г.В. Вахрушевым (Вахрушев, 1965, 1972). Основным условием для формирования в пещерах льда и снега он считал их морфологию — мешкообразную форму карстовых полостей. Им предложено три механизма образования пещерных льдов: образовавшиеся за счёт уплотнения снега; формировавшиеся в результате конденсации водяных паров и возникшие за счёт вод водоносных горизонтов (Вахрушев, 1972, с. 117).

К концу 1980-х годов число известных в регионе пещер со снегом и льдом почти удвоилось.

В.И. Мартин (Мартин, 1981) на основе анализа комплекса данных по 40 пещерам со снегом и льдом определил пять необходимых условий их образования. Это — наличие: 1) в течение года, как минимум, 1–2-месячного периода с устойчивыми отрицательными температурами воздуха; 2) раскрытой трещиноватости и закарстованности массива; 3) резкого перепада высот в рельефе для создания градиента перетока воздушных масс в горном массиве; 4) мешкообразной или сифонообразной морфологии полости или зоны трещиноватости; 5) экранированности глинистым материалом или первичными ледяными образованиями дна полости.

На основе систематизации морфологических и морфометрических характеристик пещер Урала к установленным В.И. Мартиным условиям формирования многолетних СЛО Ю.Е. Лобанов добавил ещё два фактора интенсивности образования СЛО в пещерах: прямую зависимость от величины наклона пола пещеры от входа в глубь карстового массива и размера входного поперечного сечения (Лобанов, 1981, 1979), а И.К. Кудряшов и Р.А. Салихов ещё в 1960-е годы (Кудряшов, Салихов, 1968) отметили обратную зависимость количества СЛО от залесённости местности над пещерой и её окрестностей.

На 1 января 1993 г. в регионе было достоверно установлено 50 пещер с наличием СЛО в тёплое время года. Анализ их распространения, выполненный В.И. Мартиным и авторами настоящей статьи, показал, что приурочены они к склонам долин рек на высоте до 150 м над эрозионными врезами, а распространение СЛО в глубь пещер достигает 250 м (пещера Киндерлинская им. 30-летия Победы), хотя в основном не превышает 50 м. Максимальная площадь пещерных льдов достигает 5000 м² (пещера Аскынская), но обычно не превышает 1000 м², а мощность льда колеблется от 0,5 до 11,0 м (Мартин и др., 1993).

К 2000 г. исследованиями спелеологов из Уфы число пещер, в которых сформированы многолетние СЛО, возросло до 63, однако сведения по ним не были систематизированы. В последней опубликованной на сегодняшний день сводной работе по пещерам с СЛО региона (Соколов, 2008) приведены подробные данные по 49 пещерам с многолетними СЛО. В этой работе приведена статистика распространения пещер с СЛО по карстовым провинциям и районам, эле-

ментам рельефа и абсолютным отметкам. На основе её анализа установлено, что наибольшее число пещер с многолетними СЛО (90%) сосредоточено на Южном Урале в Западно-Уральской карстовой провинции, где они сформировались в нижне- и среднепалеозойских известняках и приурочены к склонам долин рек в интервале абсолютных отметок 200–400 м.

Многолетние СЛО, зафиксированные на протяжении нескольких лет в течение всего календарного года, представлены всеми известными генетическими типами СЛО, на что ещё более полувека назад указывал Г.В. Вахрушев (Вахрушев, 1965, 1972). В современной терминологии (Тимофеев и др., 1991; Мавлюдов, 2017) в основном это: конжеляционные (гидрогенные) наледы на стенах и полу; замёрзшая инфильтрационно-капельная вода в виде сталактитов и сталагмитов; сублимационная изморозь и крупные ледяные кристаллы; осадочно-метаморфические снег, фирн и лёд. В ряде пещер (Кутукские, Сумган, Аскынская, Киндерлинская и др.) проводились специализированные исследования указанных типов СЛО (Червяцова и др., 2012; Степанов и др., 2014; Кадебская, Степанов, 2016; Трофимова и др., 2020 и др.), однако в целом по региону они не велись. В настоящее время можно говорить лишь о наличии многолетних СЛО в разные годы в той или иной пещере. Таким образом, степень изученности пещер региона относительно наличия в них многолетних СЛО — хорошая, однако до настоящего времени сведения обо всех известных пещерах с многолетними СЛО не были обобщены и основные закономерности их распространения приводятся в статье впервые.

Результаты исследований

Степень оледенения пещер. Самому значительному оледенению в регионе подвержены три пещеры: Аскынская, Киндерлинская им. 30-летия Победы и Кутукская 4. Максимальная зафиксированная площадь наледей в них составляет 5000, 2400 и 1200 м² соответственно. Площадь СЛО в девяти пещерах равна 200–650 м², в 11 — 100–200 м², а в остальных 45 пещерах (66%) не превышает 50 м². Таким образом, пещер с крупными скоплениями много-

летних СЛО в регионе мало, что обусловлено редко встречающимся одновременным сочетанием необходимых условий для образования и накопления многолетних СЛО. Перечень пещер с многолетними СЛО по состоянию на 1 января 2022 г. приведён в табл. 1 и 2, а их географическое расположение — на рис. 1 и 2. Рассмотрим особенности их распространения, а также морфологические и морфометрические характеристики пещер, влияющие на интенсивность накопления в них многолетних СЛО.

Географические особенности. Самые северные пещеры с многолетним оледенением — Сабакеевская 1, 2 и Урмантау на Уфимском плато; самые южные — Большая Лабиринтовая и Ледовая на западной окраине Зилаирского плато; западные — Ледяная (Максютовская-1) на Прибельской равнине; восточные — Набиевские 2 и 3 в пределах низкогорных хребтов западного склона Южного Урала (см. рис. 1). При этом минимальная площадь многолетних СЛО вслед за уменьшением в регионе среднемноголетней температуры воздуха в северо-восточном направлении установлена на крайнем юге Башкортостана.

В гипсометрическом отношении самая высокая расположенная пещера с многолетними СЛО — Холодная яма (абс. отметка входа 500 м) на западной окраине Зилаирского плато, а самая низко расположенная (110 м) — Ледяная (Максютовская-1) в равнинном Предуралье (см. табл. 1, 2). Таким образом, высотный интервал нахождения пещер с многолетними СЛО составляет 390 м, а наибольшее число пещер с многолетними СЛО находится в горной части региона в интервале абсолютных отметок 200–400 м, для которого характерно и наибольшее распространение пещер в целом по региону. Меньше всего пещер с многолетними СЛО распространено в равнинном Предуралье на абсолютных отметках 150–300 м.

Геолого-геоморфологические особенности. Подавляющая часть пещер с многолетними СЛО (59 пещер, 6% всех известных пещер этой части региона) сформирована в известняках Уральской карстовой страны, где они в основном сосредоточены в пределах низкогорных хребтов Западно-Уральской внешней зоны складчатости Южного Урала (46 пещер, 6,6% всех известных пещер спелеопровинции). В значительно меньшей степени они встречаются в Южном Предуралье (девять пещер, 3,7% всех пещер этой

части региона). Меньше всего пещер с многолетними СЛО наблюдается в гипсах — всего три пещеры, 2,6% всех известных гипсовых пещер региона. Это обусловлено более молодым возрастом пещер в гипсах и отсутствием в большинстве из них благоприятных морфологических условий для накопления многолетних СЛО.

В геоморфологическом отношении чуть более половины (52%) пещер со льдом и снегом региона сформировано на склонах долин рек, что обусловлено хорошо известной карстоведам закономерностью усиления развития карста от «ядер» водораздельных пространств к долинам рек (Соколов, 1962; Максимович, 1963 и др.). При этом все они расположены в средних и верхних частях склонов долин рек или в придолинных частях водораздельных пространств, где формированию пещер способствует интенсивное развитие трещин бортового отпора, на что указывают все исследователи карста. Вполне естественно, что пещеры с многолетними СЛО отсутствуют в днищах долин рек и в нижних частях их склонов в зоне сезонного колебания уровня карстовых вод, так как их накоплению препятствует периодическое обводнение карстовых полостей. В этой связи отметим, что после создания в 2003 г. Юмагузинского водохранилища на р. Белая и подтопления нижних этажей пещеры Сумган его водами спелеологами, ежегодно посещающими пещеру и представляющими отчёты о спелеопоходах, зафиксирована деградация оледенения пещеры (данные не опубликованы).

Ещё одна важная геоморфологическая особенность распространения пещер с многолетними СЛО — приуроченность к верховьям логов и суходолов на водораздельных пространствах (47% всех пещер региона с многолетними СЛО), что вполне соответствует характеру распространения поверхностных проявлений карста в регионе (Смирнов и др., 2019; Смирнов, Бакиева, 2020). Яркий пример этого обстоятельства — пещеры Кутукского урочища на Нугуш-Бельском междуречье (см. рис. 2), входы в которые представлены колодцами и шахтами или расположены в карстовых воронках.

Давно замечено, что в горной части региона в глубоких залесённых логах, карстовых колодцах и воронках выпавший за зиму снег может сохраняться до середины лета. Вполне

Таблица 1. Пещеры Южного Урала и Предуралья с многолетними снежно-ледяными образованиями. Карстовая страна Восточно-Европейской равнины*

Номер	Пещера и её местонахождение. Год(ы) обследования	A/L , м	Q , м ² /V, м ³	Особенности морфологии входа. Снежно-ледяные образования	$H(a, b)$, м/S, м ²
Равнинный карст Южного Предуралья (1–4, см. рис. 1) <i>Пещеры в гипсах (P_{1k})**</i>					
1	Султанмуратовская (Ледяная). Аургазинский район РБ. 25,4 км СЗ с. Толбазы. Средняя часть левого склона суходола (правый придолинный участок р. Аургазы). 1960, 1969, 2020 гг.	155/109	3,4/316	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–1; –7/240
2	Ледяная (Максютовская–1). Туймазинский район РБ. 9,6 км ЗЮЗ г. Туймазы. Правый пологий склон долины р. Ик. 1949, 1954 гг.	110/60	0,4/80	Наклонный ход из воронки в зал. Лёд	–4; –6/200
3	Чертובה бездна. Иглинский район РБ. 31,3 км ЮВ г. Уфа. Верхняя часть правого склона долины р. Мончады. 1979 г.	200/130	12,8/4000	Колодец, наклонный зал. Снег и лёд	–24; –62/84
<i>Пещеры в известняках (P_{1s+a})</i>					
1	Сабакаевская 1 (Сабакаевская 5). Дуванский район РБ. 21,6 км ЮЗ с. Дуван. Средняя часть правого склона долины р. Юрюзань. 1930, 1971, 1972, 2021 гг.	260/180	1,6/630	Коридор по трещине бортового отпора. Лёд	0; –4/20
2	Сабакаевская 2 (Сабакаевская 4). Дуванский район РБ. 21,6 км ЮЗ с. Дуван. в 5 м 3 пещ. Сабакаевская 1. Средняя часть правого склона долины р. Юрюзань. 1967, 1971, 2021 гг.	255/28	5,1/68	Коридор по трещине бортового отпора. Лёд	0/2
3	Урмайтау (Усть-Атаевская–1). Салаватский район РБ. 28 км ЮЮЗ с. Дуван. Верхняя часть правого склона долины р. Юрюзань. 1969–1971, 2021 гг.	280/621	1,5/1200	Наклонный коридор. Снег и лёд	1; –16/650
Предгорный карст Предуралья (1–5, см. рис. 1) <i>Пещеры в гипсах (P_{1k})</i>					
1	Смакаевская (Ишимбайская). Ишимбайский район РБ. ЮВ окраина г. Ишимбай. Средняя часть правого склона долины р. Тайрук (правый приток р. Белая). 2012 г.	190/50	6,2/50	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–8; –11/5
<i>Пещеры в известняках (С)</i>					
1	Воскресенская (Таблинская). Гафурийский район РБ. 10 км С с. Красноусульский. Средняя часть правого склона долины р. Белая. 1770, 1969, 1971, 2021 гг.	165/53	14,0/412	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–3; –6/15
2	Термьельга (Маши). Ишимбайский район РБ. 9,4 км ЮЮВ г. Ишимбай. Верхняя часть правого склона долины р. Термьельга (правый приток р. Белая). 1972, 1975 гг.	340/84	9,6/450	Наклонный коридор из воронки. Снег и лёд	–6/7
3	Ыласын (Соколинная). Ишимбайский район РБ. 21,4 км ВЮВ г. Ишимбай. Верхняя часть левого склона р. Хажинская Шида (левый приток р. Селеук). 1966–1967, 1978, 2021 гг.	480/487	73,0/5000	Наклонная галерея из воронки. Лёд	0; –16/400
Всего по карстовой стране: 10					

Для табл. 1, 2. *Литологическая номенклатура пещер: A – абсолютная отметка входа; L – длина пещеры; Q – площадь входа; V – объём полости оледенения; $H(a, b)$ – высотный интервал оледенения относительно входа (– глубина; + высота); S – площадь оледенения; **возраст карстующихся пород.

Таблица 2. Пещеры Южного Урала и Предуралья с многолетними снежно-ледяными образованиями. Пещеры Уральской карстовой страны (см. пояснения к табл. 1)

Но- мер	Пещера и её местонахождение. Год(ы) обследования	A/L, м	Q, м ² /V, м ³	Особенности морфологии входа. Снежно-ледяные образования	H (a; b), м/С, м ²
Горный и предгорный карст Южного Урала (II–A, см. рис. 1)					
Спелеопроvincия низкогорных хребтов Западно-Уральской внешней зоны складчатости. Пещеры в известняках (D, C)					
1	Архангальская. Мелеузовский район РБ. 9,7 км ЮЮВ пещ. Сумган. Тальвег лога Аркалан (правый придолинный участок р. Белая). 1992, 2009 гг.	382/508	24/99	Провал с понором в лаз. Снег и лёд	–2; –6/8
2	Асыновская ледяная. Гафурийский район РБ. 19,6 км ЮЮВ с. Архангельское. Верхняя часть левого склона долины р. Каран-Юрт (левый приток р. Аксын). 1926, 1962, 1985, 1994–2022 гг.	270/371	158,4/5000	Наклонный зал из воронки. Лёд	–7; –20/5000
3	Аю шурган. Кутарчинский район РБ. 16,2 км СВ с. Мраково. Днище лога левого берега р. Мелеуз (левый приток р. Белая). 2017 г.	430/168	75/2268	Колодец. Лёд	–20; –35/161
4	Вак карасай карши (Медвежья). Ишимбайский район РБ. 42 км ВЮВ г. Стерлитамак. Средняя часть левого склона долины р. Зиган. 1971 г.	320/61	7,0/1700	Наклонный коридор. Снег и лёд	–1; –6/35
5	Герда. Мелеузовский район РБ. 11,2 км ЮЮВ пещ. Сумган. Тальвег лога Аркалан (правый придолинный участок р. Белая). 2009 г.	390/82	1/180	Наклонный коридор. Снег и лёд	+5; –14/16
6	Грез-Сосенки. Бурзянский район РБ. 7 км Сд. Иргизлы. Тальвег и склон лога (правый придолинный участок р. Белая). 1981, 2014 гг.	370/1309	10,8/343	Наклонный ход в грот. Лёд	–7; –32/80
7	Дикая. Мелеузовский район РБ. 1,5 км ВЮВ пещ. Сумган. Устье полуселеного сухолода (Кутукское урочище). 1970, 1986 гг.	403/42	6/99	Наклонный ход из воронки. Лёд	–5; –11/16
8	Изыскатель. Мелеузовский район РБ. 4,8 км С пещ. Сумган. Левый отрезок сухолода Улуклан (Кутукское урочище), днище котловины. 2001 г.	420/30	12,8/300	Провал с коридором. Снег и лёд	–26; –30/25
9	Имени Е.П. Юшиной. Мелеузовский район РБ. 2,1 км ЮЮВ пещ. Сумган. Днище левого отрезка сухолода Кутук-Сумган (Кутукское урочище). 1977, 1993 гг.	425/100	16/1530	Шахта с понором. Лёд	–9; –40/60
10	Иргизинская. Бурзянский район РБ. 0,7 км СЗ д. Иргизлы. Верхняя часть левого склона долины р. Иргизлы (левый приток р. Белая). 1967, 1999 гг.	386/44	19,6/693	Колодец. Лёд	–24; –28/24
11	Искатель. Ишимбайский район РБ. 40 км ВЮВ г. Стерлитамак. Нижняя часть правого склона долины р. Бриш (левый приток р. Зиган). 1973 г.	330/240	0,3/208	Коридор перед галереями в воронке. Лёд	0; –2/6
12	Искатель 3. Мелеузовский район РБ. 4,3 км ССЗ пещ. Сумган. Днище лога (Кутукское урочище). 1981 г.	426/60	8,2/221	Лаз из воронки в колодец. Лёд	–4; –9/16
13	Ипольская. Мелеузовский район РБ. 0,8 км СЗ пещ. Сумган. Средняя часть правого борта правого отрезка сухолода Кутук (Кутукское урочище). 1987 г.	435/78	0,8/1261	Наклонный коридор из колодца. Лёд	–4; –46/148
14	Калмакларовская. Салаватский район РБ. 3,4 км ВЮВ с. Малояз. Верхняя часть правого склона долины р. Юрюзань. 1770, 1971, 2021 гг.	350/54	6,3/250	Коридор из колодца. Снег и лёд	–7; –11/30
15	Камешная (Таш). Бурзянский район РБ. 13,6 км ССВ д. Иргизлы. Днище лога левого берега р. Шульган (правый придолинный участок р. Белая). 2008 г.	420/31	1,4/50	Колодец в грот. Лёд	–4; –6/300
16	Киндеринская им. 30-летия Победы. Гафурийский район РБ. 27,2 км Ю с. Архангельское. Средняя часть правого склона долины р. Киндерия (правый приток р. Зилим). 1974, 1980–1989, 2014, 2017–2022 гг.	208/14790	67,2/14564	Наклонная галерея из воронки. Лёд	–4; –25/2400
17	Косубай. Мелеузовский район РБ. 10,1 км С пещ. Сумган. Основание правого борта сухолода (левый придолинный участок р. Нугуш). 1964, 1969, 2008 гг.	375/170	11,2/400	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–4; –38/152
18	Краснодарская. Мелеузовский район РБ. 2,1 км ЮЮВ пещ. Сумган. Верхняя часть левого отрезка сухолода Сумган (Кутукское урочище). 1972, 2021 гг.	430/115	0,3/550	Колодец из воронки. Лёд	–10; –46/300
19	Кутукская 1 (Ледяная). Мелеузовский район РБ. 4,0 км ССВ пещ. Сумган. Верхняя часть правого борта сухолода Кутук (Кутукское урочище). 1960, 1963, 2000, 2015 гг.	395/520	67,6/20500	Наклонный зал из воронки. Лёд	0; –20/115
20	Кутукская 2 (Стактитовая). Мелеузовский район РБ. 3,4 км ССВ пещ. Сумган. Тальвег сухолода Кутук (Кутукское урочище). 1960, 1963, 1969–1971, 2000, 2015 гг.	385/2050	176/200	Провал с коридором. Снег и лёд	–14/115
21	Кутукская 3. Мелеузовский район РБ. 2,8 км ССВ пещ. Сумган. Тальвег сухолода Кутук (Кутукское урочище). 1963 г.	395/85	48/800	Провал и шахта. Снег и лёд	–8; –50/94
22	Кутукская 4. Мелеузовский район РБ. 0,8 км ССВ пещ. Сумган. Верхняя часть левого склона сухолода Кутук (Кутукское урочище). 1964, 1969, 2015, 2020 гг.	420/2183	67,2/14400	Наклонная галерея из провала. Снег и лёд	–18; –70/1200
23	Кутукская 5 (Старая). Мелеузовский район РБ. 0,7 км ЮВ пещ. Сумган. Тальвег левого отрезка сухолода Кутук-Сумган (Кутукское урочище). 1967, 1969, 1986, 2000 гг.	395/174	8,0/890	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–3; –16/53
24	Лаксинская (Таш-Куш). Салаватский район РБ. 23,2 км В с. Малояз. Средняя часть правого склона долины р. Лапы (левый приток р. Ай). 1770, 1914, 2021 гг.	302/401	17,3/10000	Наклонная галерея из воронки. Снег и лёд	–3; –14/200
25	Ледяная. Гафурийский район РБ. 27 км Ю с. Архангельское. Средняя часть правого склона лога правого берега р. Киндерия (правый приток р. Зилим). 1975, 1991, 2000 гг.	284/933	19,2/4189	Наклонный зал из провала. Лёд	–31; –34/60
26	Ледяная (Тулочная). Бурзянский район РБ. 9,9 км ССВ д. Иргизлы. Днище сухолода Шульган (правый придолинный участок р. Белая). 1960, 1995, 2019 гг.	385/60	0,3/16	Наклонный вниз ход. Лёд	–15/2
27	Ледяная-Липовая. Мелеузовский район РБ. 6 км З пещ. Сумган. Средняя часть правого склона долины р. Белая. 1970, 2000 гг.	335/150	32,8/2400	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–5; –36/552
28	Морозная. Кутарчинский район РБ. 24,1 км С с. Мраково. Нижняя часть левого склона долины р. Юрмаш (левый приток р. Белая). 1977, 1979 гг.	380/120	17,9/2426	Наклонный зал из воронки. Лёд	0; –13/114

Спелеопрови́нция Западно-Уральской внешней зоны складчатости					
29	Новоаркаланская. Мелеузовский район РБ. 10,9 км ЮЮВ пеш. Сумган, тальвег лога Аркалян (правый придолинный участок р. Белая). 2009 г.	400/125	0,3/900	Коридор из воронки. Лёд	–8; –12/15
30	Осенняя. Мелеузовский район РБ. 4,8 км ССЗ пеш. Сумган. Тальвег правого отворжка сухолода Кук-Куль (Кутукское урочище). 1978 г.	418/105	4,5/328	Коридор из воронки. Лёд	–5; –18/62
31	Охотничья. Архангельский район РБ. 25,4 км ВСВ с. Архангельское. Верхняя часть правого склона долины р. Инзер. 1986 г.	250/33	2,4/4	Грот из воронки. Лёд	+1; –3/1
32	Подозерная. Мелеузовский район РБ. 10,5 км ЮЮВ пеш. Сумган. Тальвег лога (правый придолинный участок р. Белая). 2009 г.	390/32	0,3/100	Хол из воронки. Лёд	0; –12/2
33	Случайная. Мелеузовский район РБ. 1,8 км С пеш. Сумган. Тальвег лога Улуклан (Кутукское урочище). 1969 г.	390/105	6,4/580	Колодец в наклонную галерею. Лёд	–3; –24/50
34	Спортивная. Мелеузовский район РБ. 4,5 км ССЗ пеш. Сумган. Днище сухолода Кук-Куль (Кутукское урочище). 1978 г.	428/70	4/300	Коридор из котловины. Лёд	–6; –11/35
35	Сумган. Мелеузовский район РБ. 19,2 км ЗСЗ д. Иргизлы. Водораздельное пространство Нугуш-Бельского междуречья – Кутукского урочища. В котловине, в месте слияния сухолодов Кутук и Сумган. 1964–1976, 2000, 2005–2020 гг.	381/9860	24/24 000	Шахта. Снег и лёд	–20; –74/245
36	Сыртуча. Мелеузовский район РБ. 1,6 км ЮВ пеш. Сумган. Тальвег лога (Кутукское урочище). 1972 г.	440/75	2/300	Лаз из воронки в грот. Лёд	–19; –25/16
37	Унала лошадь. Гафурийский район РБ. 27 км Ю с. Архангельское. Верхняя часть правого склона долины р. Зилим. 1973, 1977, 1988, 2000 гг.	260/64	96/2000	Провал в наклонную галерею. Лёд	–24; –27/42
38	Холодная. Гафурийский район РБ. 30,8 км Ю с. Архангельское. Верхняя часть левого склона долины р. Зилим. 1974 г.	340/40	12,6/470	Наклонный грот. Лёд	–6; –8/22
39	Холодная дырка. Бузянский район РБ. 8,4 км ЮЮЗ д. Иргизлы. Правый лог р. Дехтярки (левый придолинный участок р. Белая). 1974 г.	360/44	1,2/95	Колодец из воронки. Лёд	–8/12
40	Холодная яма. Мелеузовский район РБ. 5,4 км ЗСЗ пеш. Сумган. Днище сухолода Ташельган (правый придолинный участок р. Белая). 1977 г.	387/28	17,5/326	Провал в грот. Лёд	–6; –7/53
41	Холодный грот 1. Мелеузовский район РБ. 5,8 км ЗСЗ пеш. Сумган. Нижняя часть правого борта сухолода Ташельган. 1982 г.	387/14	4,8/100	Наклонный грот. Лёд	–2; –4/72
42	Холодный грот 2. Мелеузовский район РБ. 5,8 км ЗСЗ пеш. Сумган. Нижняя часть правого борта сухолода Ташельган (правый придолинный участок р. Белая). 1982 г.	387/11	3,2/36	Наклонный хол. Лёд	–4; –8/15
43	Холодный провал. Бузянский район РБ. 5,4 км С д. Иргизлы. Верхняя лога (левый придолинный участок р. Белая). 1990 г.	410/62	120/864	Провал в коридор. Снег и лёд	–6–24/270
44	Холодок. Мелеузовский район РБ. 3,8 км ЮВ пеш. Сумган. Нижняя часть правого борта лога Кызыр-Ялан (Кутукское урочище). 2012 г.	472/200	0,2/360	Наклонный хол в зал. Лёд	–2; –25/144
45	Шкай. Мелеузовский район РБ. 10,8 км С пеш. Сумган. Левый склон правого лога долины р. Шкай (левый придолинный участок р. Нугуш). 1964 г.	402/48	1,2/2000	Колодец в зал. Лёд	–10/48
46	Штурчка. Мелеузовский район РБ. 5,2 км С пеш. Сумган. Тальвег сухолода Кук-Куль (Кутукское урочище). 2012 г.	438/1333	0,3/300	Наклонный хол из воронки. Лёд	0; –28/10
Спелеопрови́нция низкогорных хребтов Башкирского антиклинория. Пещеры в известняках (RF.)					
1	Кулембат ледная. Гафурийский район РБ. 36,8 км ВСВ с. Красноусольский. Верхняя часть левого склона долины р. Зилим. 1973 г.	330/43	4,8/876	Наклонный коридор из колодца. Лёд	–5; –27/180
2	Кюир 1. Белорецкий район РБ. 45,2 км ВСВ с. Архангельское. Днище сухолода (левый придолинный участок р. Лемезы). 2007 г.	340/70	4,8/50	Наклонный ступенчатый коридор. Снег	–1; –3/16
3	Таш-Кает. Гафурийский район РБ. 33,4 км ЮВ с. Архангельское. Левый склон сухолода правого берега р. Бол. Реват (правый приток р. Зилим). 1977 г.	280/55	30,6/713	Наклонный коридор из воронки в грот. Лёд	–3; –9/46
Спелеопрови́нция западной окраины Зилайского плато. Пещеры в известняках (D)					
1	Большая Лабиринтовая. Кутарчинский район РБ. 21 км ЮВ с. Мраково. Верхняя часть левого склона долины р. Бол. Ик. 1976, 1979, 2011 гг.	395/300	2,9/140	Наклонный хол. Лёд	–2; –10/13
2	Ерля-Конан. Бузянский район РБ. 1,8 км В д. Иргизлы. Нижняя часть левого склона лога левого берега р. Иргизлы (левый приток р. Белой). 1989 г.	362/30	19,8/188	Коридор. Лёд	–1/1
3	Ледовая. Кутарчинский район РБ. 21,3 км ЮВ с. Мраково. Средняя часть левого склона долины р. Бол. Ик. 1976, 1980, 2008, 2011 гг.	348/123	18,2/550	Наклонный коридор. Лёд	–7; –14/80
4	Мешок. Бузянский район РБ. 10,9 км ЮЗ с. Старосубхангулово. Верхняя часть левого склона долины р. Белая. 1979 г.	320/29	21,8/279	Наклонный коридор из воронки. Снег	–5; –9/12
5	Набевская 2. Бузянский район РБ. 18 км ССВ д. Новомунаспово. У бровки правого склона долины руч. Камышак (левый приток р. Белая). 1978 г.	451/66	4,8/1012	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–7; –13/72
6	Набевская 3. Бузянский район РБ. 96 м ССВ от пеш. Набевская 2. У бровки правого склона долины руч. Камышак (левый приток р. Белая). 1978 г.	445/26	0,7/46	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–5; –7/6
7	Охотничья. Бузянский район РБ. 10,4 км ВСВ д. Иргизлы. Тальвег лога Тарвал (левый придолинный участок р. Белая). 1974 г.	320/34	1/66	Наклонный грот. Лёд	–5/2
8	Пропашная яма. Бузянский район РБ. 12,6 км ВСВ д. Иргизлы. Верхняя часть левого склона долины р. Белая. 1967, 1976, 1988, 2001 гг.	400/4400	0,5/1133	Каскад колодцев. Лёд	–14; –53/184
9	Холодная яма. Кутарчинский район РБ. 25,4 км ВСВ с. Мраково. В днище сухолода (правый придолинный участок р. Мал. Ик). 1972, 2021 гг.	500/410	57,2/1000	Наклонный коридор из воронки. Лёд	–6; –18/150

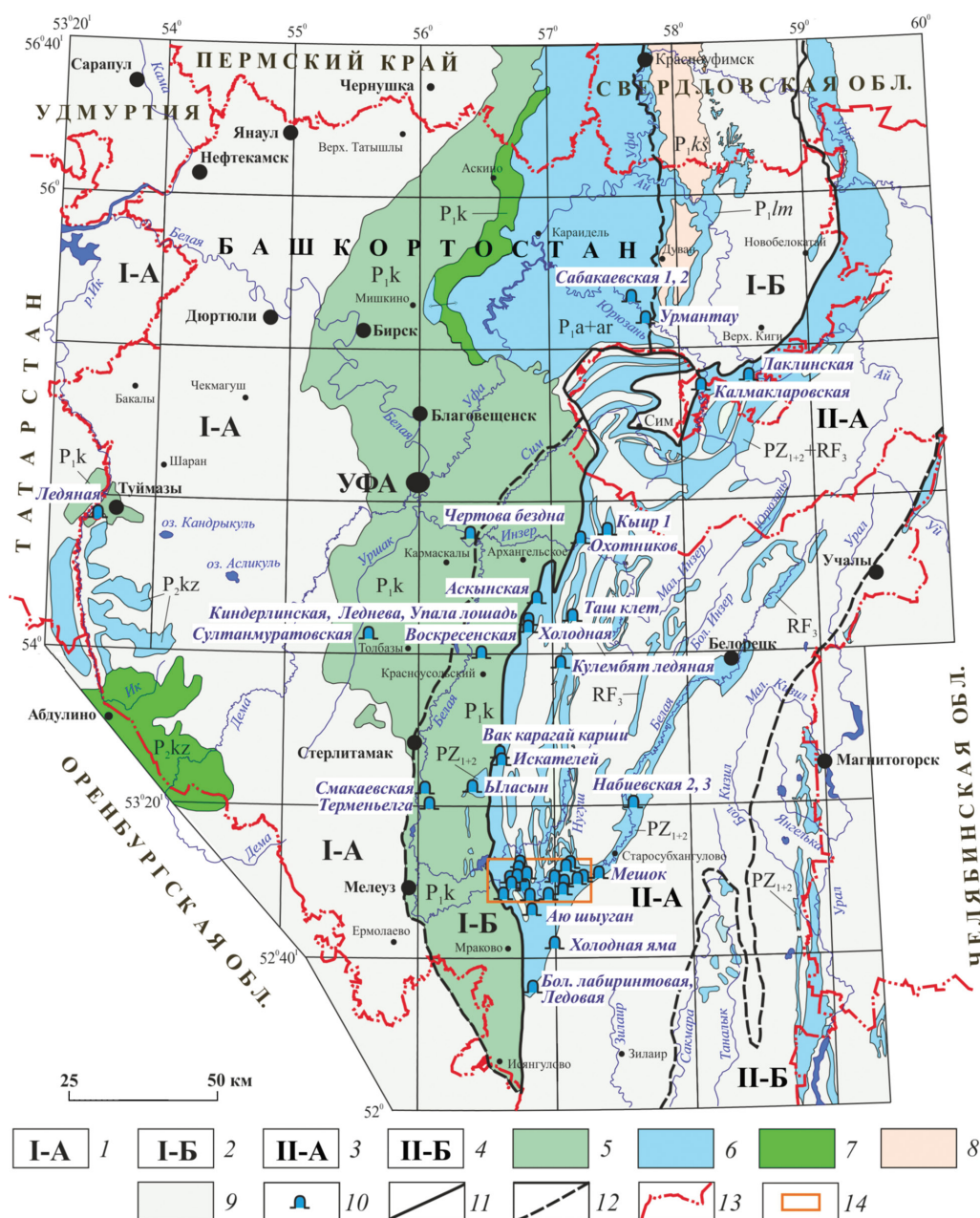


Рис. 1. Карстовые пещеры с многолетними снежно-ледяными образованиями на общей схеме типизации карста Южного Урала и Предуралья.

Карстовая страна Восточно-Европейской равнины (I): 1 – (I–А) равнинный карст в горизонтально и пологозалегающих породах Предуралья; 2 – (I–Б) равнинный и предгорный карст Предуралья в пологозалегающих и слабодислоцированных породах. Уральская карстовая страна (II): 3 – (II–А) горный и предгорный карст в дислоцированных и сильнодислоцированных образованиях Урала; 4 – (II–Б) равнинный карст в складчато-глыбовых отложениях Зауралья. Типы карста (5–8): 5 – сульфатный; 6 – карбонатный; 7 – сульфатно-карбонатный; 8 – кластокарст; 9 – территории с отсутствием проявлений карста на поверхности; 10 – карстовая пещера с многолетним льдом. Границы: 11 – карстовых стран; 12 – типов карста по характеру рельефа и условиям залегания горных пород; 13 – субъектов Российской Федерации; 14 – врезка (см. рис. 2). Составили авторы. Карстологическая основа (Смирнов, 2020)

Fig. 1. Karst caves with perennial snow and ice formations in the general scheme of karst typification of the Southern Urals and Cis-Urals.

Karst country of the East European Plain (I): 1 – (I–А) flat karst in horizontal and gently sloping rocks of the Cis-Urals; 2 – (I–Б) plain and foothill karst of the Cis-Urals in sloping and weakly dislocated rocks. Ural karst country (II): 3 – (II–А) mountainous and foothill karst in dislocated and highly dislocated formations of the Urals; 4 – (II–Б) flat karst in folded-block deposits of the Trans-Urals. Karst types (5–8): 5 – sulfate; 6 – carbonate; 7 – sulfate-carbonate; 8 – clastokarst; 9 – territories with no manifestations of karst on the surface; 10 – karst cave with multi-year ice. Borders of: 11 – karst countries; 12 – types of karsts by the nature of the relief and conditions of occurrence of rocks; 13 – subjects of the Russian Federation; 14 – inset (see Fig. 2). Compiled by the authors. Karstological basis (Smirnov, 2020)

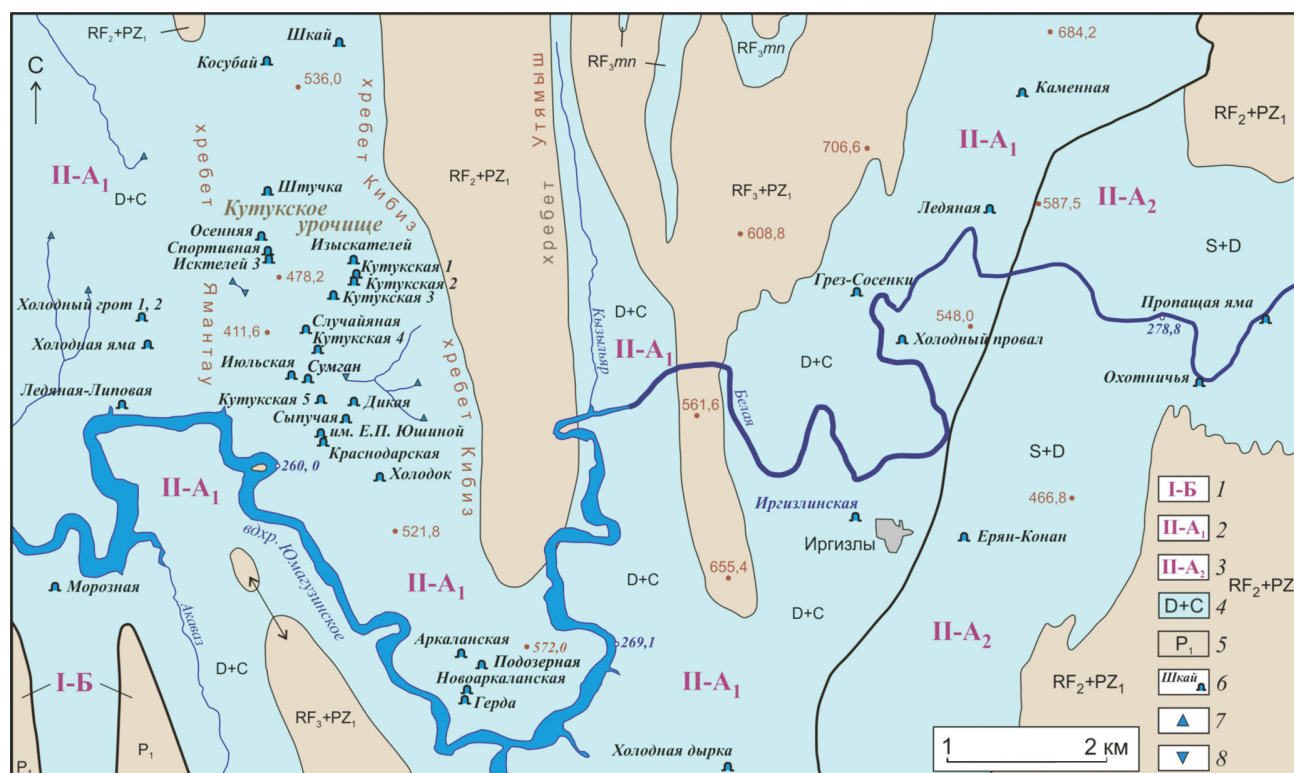


Рис. 2. Карстовые пещеры с многолетними снежно-ледяными образованиями широтного течения р. Белой (врезка к рис. 1).

Карстовая страна Восточно-Европейской равнины (I): 1 – (I–B) предгорный карст Предуралья в слабодислоцированных породах (передовые низкогорные хребты Южного Урала).

Уральская карстовая страна – горный карст в дислоцированных образованиях Центрально-Уральского поднятия (II–A): 2 – (II–A₁) карст низкогорных хребтов западного склона Южного Урала; 3 – (II–A₂) карст северо-западной окраины Зилаирского плато; 4 – карстующиеся породы и их геологический индекс: девонские и каменноугольные карбонатные отложения Западно-Уральской внешней зоны складчатости (D+C), силурийские и девонские преимущественно карбонатные отложения Зилаирского синклинория (S+D), раннерипейские карбонатные отложения миньярской свиты (RF₃mn) юго-западной окраины Башкирского антиклинория; 5 – преимущественно некарстующиеся породы и их геологический индекс: терригенно-карбонатные отложения ранней перми восточного борта Предуральского прогиба (P₁), терригенные отложения позднего рифея и раннего палеозоя (RF₃+PZ₁); 6 – карстовая пещера с многолетним льдом; 7 – родник; 8 – понор. Составили авторы

Fig. 2. Karst caves with snow and ice formations of the latitudinal flow of the river Belaya (Inset to Fig. 1).

Karst country of the East European Plain (I): 1 – (I–B) foothill karst of the Cis-Urals in weakly dislocated rocks (forward low-mountain ranges of the Southern Urals).

The Ural karst country is a mountain karst in the dislocated formations of the Central Ural uplift (II–A): 2 – (II–A₁) karst of the low-mountain ranges of the western slope of the Southern Urals; 3 – (II–A₂) karst of the northwestern outskirts of the Zilair plateau; 4 – karst rocks and their geological index: Devonian and Carboniferous carbonate deposits of the West Ural outer folding zone (D+C), Silurian and Devonian predominantly carbonate deposits of the Zilair Synclinorium (S+D), Early Riphean carbonate deposits of the Minyar Formation (RF₃mn) of the south-western margin of the Bashkir anticlinorium; 5 – predominantly non-karst rocks and their geological index: Early Permian terrigenous-carbonate deposits of the eastern side of the Cis-Ural trough (P₁), terrigenous deposits of the Late Riphean and Early Paleozoic (RF₃+PZ₁); 6 – karst cave with multi-year ice; 7 – spring; 8 – ponor. Compiled by the authors

естественно, что чем больше по размерам поверхностная форма проявления карста с входом в пещеру, а следовательно, и её снегосборная площадь, тем более интенсивно накапливается снег в карстовом массиве горных пород и полостях. Так, в Кутукском урочище глубина олед-

нения пещерных коридоров и залов в зоне аэрации (с превышением над р. Белая 140–237 м) достигает почти 70 м (пещера Сумган, Кутукская 4), т.е. глубина проникновения холода в карстующиеся горные породы на Южном Урале может увеличиваться по сравнению с террито-

риями отсутствия развития карста в равнинной части региона почти в 40 раз. Это обстоятельство следует учитывать при проектировании размещения социально-экономических объектов в районах развития горного типа карста.

Морфометрические и морфологические особенности пещер. Если источником накопления снега и льда в пещерах служит зимний холод, то интенсивность его поступления в немалой степени зависит от размера путей, проводящих холод. Основной из них — вход в пещеру. Другой фактор интенсивности накопления снега и льда в пещерах — наклон пола привходовых коридоров и залов пещеры. Для здешних пещер установлено, что чем больше площадь поперечного сечения входа и круче наклон пола привходовых коридоров и залов пещеры, тем на большее расстояние проникает многолетнее оледенение в глубину карстового массива. Установлено также, что площадь многолетних СЛО находится в прямой зависимости от объёма полости, в которой они формируются.

Чётче всего эта тенденция проявляется в мешкообразных более статичных в отношении воздухообмена (слабопрветриваемых) в тёплый период года и относительно небольших по протяжённости пещерах (см. табл. 1, 2), не имеющих от входа разветвлений в виде коридоров и ходов. В пещерах со входами на разных высотах, для которых характерно сезонное изменение направление ветра, СЛО могут формироваться у нижнего входа в пределах отрицательной температурной аномалии. Считается, что пример такой модели — пещера Киндерлинская с расположенной выше неё пещерой Леднева (Мавлюдов, 2008). Однако физическая связь этих пещер друг с другом спелеологами не подтверждается, а изменение направления движения воздуха в устье, отделяющей многокилометровый и многоярусный лабиринт пещеры Киндерлинская от мешкообразного привходового участка, по наблюдениям авторов, не сезонное, а связано с изменениями атмосферного давления на поверхности.

Возраст пещер и состояние пещерного льда. Подавляющее большинство пещер региона с многолетними СЛО имеет среднелепесточный и более древний возраст (Мартин и др., 1993; Смирнов, Соколов, 1993). К началу голоцена они уже вступили в коридорно-гrotтовую натёчно-осыпную и обвальную-цементацион-

ную или инфильтрационно-сухую стадии развития (Тимофеев и др., 1991). Таким образом, в голоцене, как и в настоящее время, уже существовали необходимые морфологические и морфометрические условия для формирования многолетних СЛО в пещерах региона. Это предположение может быть подтверждено или опровергнуто, например, палинологическими исследованиями толщ пещерного льда. Установлено, что возраст пещерного льда может достигать 3000 лет (Мавлюдов, 2008, 2017).

Вполне очевидно, что источник аккумуляции холода в карстовых пещерах — отрицательные температуры на поверхности, но в многолетнем плане они непостоянны. Интенсивность накопления и сохранения СЛО — индикатор изменения местного климата, на что указывали все исследователи пещер (Мавлюдов, 2017). Примером этому может служить хорошо изученная по сравнению с другими пещерами региона Аскынская пещера (Червяцова и др., 2012; Кадебская и др., 2019; Соколов, 2020 и др.). Анализ имеющихся в распоряжении авторов данных о состоянии СЛО в пещере показывает, что площадь наледи и объём ледяных сталагмитов и сталактитов в ней не постоянен и может меняться в 2 раза и более. Так, в 1924 г. наледь покрывала лишь половину глинистого пола пещеры, а в 1964 г. она занимала почти всю его площадь. К 1 января 2021 г. площадь наледи немного уменьшилась и составила ~5000 м² (рис. 3), что вполне естественно обусловлено повышением среднегодовой температуры местности, а именно — потеплением зимних месяцев в последнее десятилетие (Червяцова, 2012), что предопределило необходимость ряда мероприятий по сохранению СЛО в пещере.

Пещера Аскынская — геологический памятник природы с 1965 г. (Постановление Совета Министров Башкирской АССР от 17 августа 1965 г. № 465) и уже много лет привлекает внимание спелеологов и туристов. Посещаемость её постоянно увеличивается, что приводит к деградации главных её достопримечательностей — ледяных сталагмитов. С 2017 г. для сохранения ледниковых реликтов пещера передана в долгосрочную (на 49 лет) аренду Региональному отделению Русского географического общества, которое организовало и ведёт мониторинг состояния СЛО, а постановлением Правительства

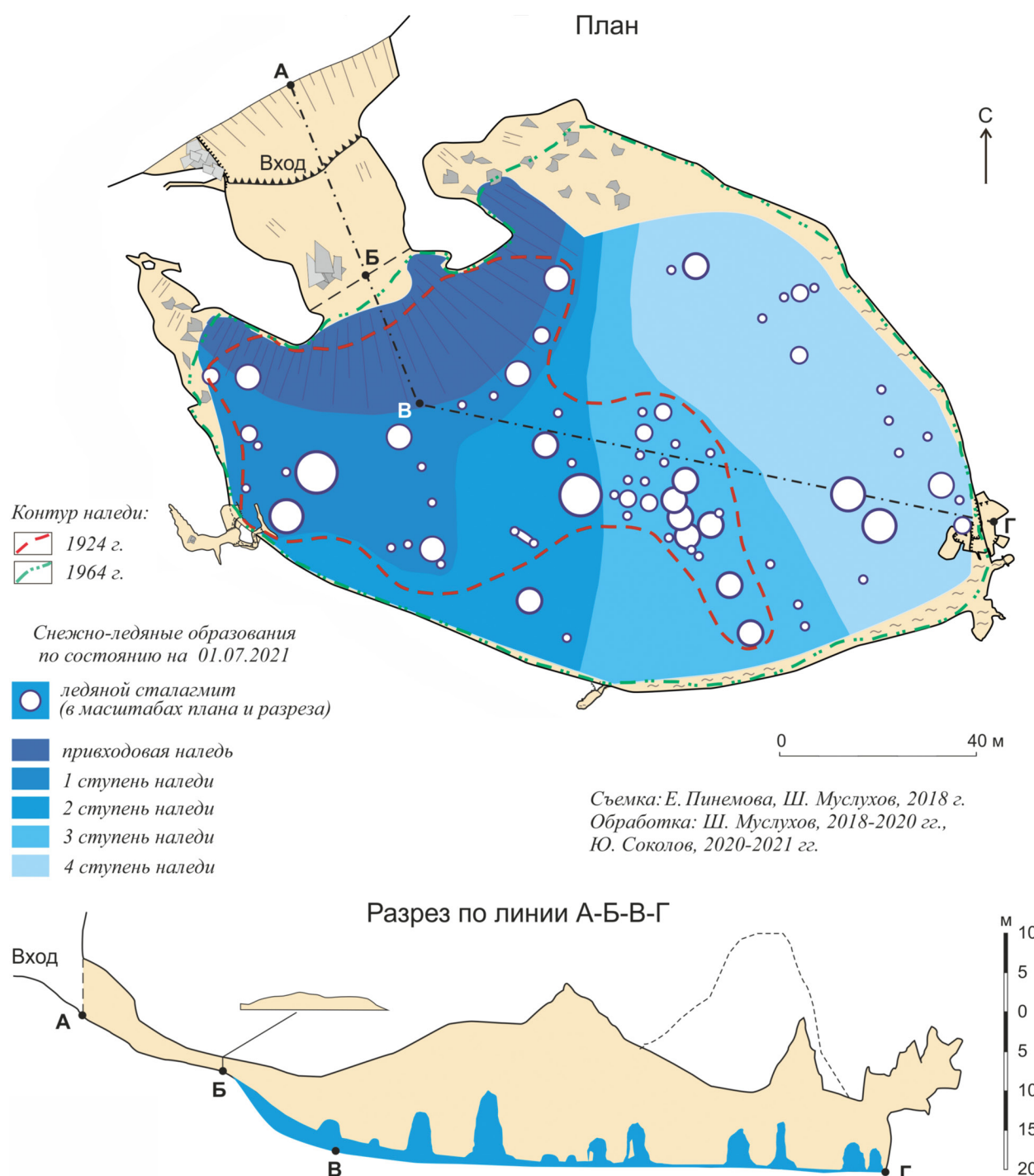


Рис. 3. План и разрез пещеры Аскынской с контурами наледи 1924 г. (Вахрушев, 1924), 1964 г. (Богданович, 1964) и 2020 г. (Соколов, 2021)

Fig. 3. Plan and section of the Askynskaya cave with contours of icing areas, 1924 (Vakhrushev, 1924), 1964 (Bogdanovich, 1964) and 2020 (Sokolov, 2021)

РБ от 11 апреля 2018 г. № 163 посещение пещеры ограничено регламентом по численности и времени пребывания в ней экскурсантов. Кроме того, с 2008 г. для сохранения СЛЮ в период по-

ложительных среднесуточных температур воздуха на поверхности для сохранения зимнего холода на входе пещеры ежегодно устанавливается полиэтиленовый экран. Такие простые меро-

приятия дали положительный эффект — объём СЛО, несмотря на повышение в последнее десятилетие среднегодовых температур воздуха в окрестностях пещеры, в целом не уменьшился (Соколов, 2020). Подобные мероприятия по сохранению СЛО с положительным эффектом уже давно ведутся во всемирно известной Кунгурской ледяной пещере (Кадебская и др., 2005).

На примере Аскынской пещеры видно, что многолетние СЛО служат индикатором изменения местного климата, но в Аскынской пещере к естественным условиям и факторам накопления и сохранения многолетних СЛО добавляется антропогенное влияние, которое в настоящее время доминирует. Исходя из этого, данные мониторинга за состоянием СЛО в Аскынской пещере следует коррелировать с данными изменения местного климата с учётом антропогенного фактора, что требует дополнительного анализа.

Обсуждение

Собраны все доступные авторам сведения о многолетних СЛО в пещерах, т.е. данные о скоплении снега и льда, сохраняющихся в карстовых полостях на протяжении нескольких лет. Эти сведения — неполные и неодновременные, и в ряде пещер СЛО в настоящее время могут отсутствовать. Однако во всех рассмотренных пещерах достоверно зафиксировано существование СЛО, т.е. в них имеются необходимые морфологические и морфометрические условия для накопления и сохранения многолетних СЛО.

Для оценки состояния многолетних СЛО необходимо одновременное обследование всех указанных в таблице пещер. Такие исследования должны быть выполнены по специальной программе, например, по гранту РГО, который может быть получен любым коллективом специалистов, имеющим научный задел. В этом отношении статья может служить основой для такой программы. При реализации данной программы будет уточнено число пещер с многолетними СЛО. Главные цели программы — организация и ведение мониторинга за состоянием многолетних СЛО в различных районах региона, а также определение их зависимости от изменения климата в целом по региону. По мнению авторов, непременным объектом мониторинга состояния

СЛО должна быть редко посещаемая пещера Ледяная-Липовая. В ней сформирована самая мощная (до 11 м) наледь (см. табл. 2). Пещера заложена в известняках среднего карбона, падающих на запад под углом 10°. Аркообразный вход размером 11,8 × 3,5 м обращён на восток—юго-восток и находится в верхней части правого склона долины р. Белая с превышением над рекой 105 м. Пещера состоит из трёх залов, соединённых узкими проходами, простирающимися в северо-западном направлении. Протяжённость пещеры 150 м, амплитуда 44 м, глубина 36 м, объём 2430 м³, площадь наледи 552 м² (Лобанов, 1979; Лобанов, Рыжков, 1986). План пещеры требует уточнения и пересъёмки, поскольку имеются, как минимум, два разных их варианта.

Заключение

Многолетние снежно-ледяные образования в карстовых пещерах Южного Урала и Предуралья формируются локально вне зоны сплошного распространения многолетнемёрзлых пород. Они представлены наледями, сталактитами и сталагмитами, изморозью и крупными ледяными кристаллами, фирном и льдом. Механизм их образования и состав в здешних пещерах практически не изучен. Из всех известных в настоящее время здешних пещер многолетние снежно-ледяные образования встречены только в 6% пещер, что обусловлено редко встречающимся в регионе одновременным сочетанием необходимых условий образования многолетнего льда в пещерах.

Установлены основные закономерности распространения пещер с многолетними снежно-ледяными образованиями. Формирование последних, при прочих равных условиях, во многом предопределено морфологическими и морфометрическими особенностями карстовых полостей. На примере Аскынской пещеры (с самой крупной подземной наледью в регионе) показаны зависимость интенсивности накопления снежно-ледяных образований от местных климатических условий и влияние отрицательного (вырубка лесов, посещаемость) и положительного (искусственное сохранение снежно-ледяных образований путём экранирования входа) антропогенных факторов на состояние наледи. Рекомендован мониторинг за состоянием снеж-

но-ледяных образований в редко посещаемой Ледяной-Липовой пещере с самой мощной наледью для определения связи состояния снежно-ледяных образований с изменением местных климатических условий.

Литература

- Андрейчук В.Н., Кадебская О.И., Чайковский И.И. Микроклиматическая обусловленность пещерного субаэрального минералообразования (на примере Кунгурской Ледяной пещеры) // *Спелеология и карстология*. 2013. № 10. С. 16–42.
- Вахрушев Г.В. Ледяные пещеры Башкирии в гипсах и ангидридах // *Пещеры*. 1965. Вып. 5 (6). С. 23–27.
- Вахрушев Г.В. Ледяные пещеры в карбонатных породах Башкирии // *Пещеры*. 1972. Вып. 12–13. С. 108–117.
- Дмитриев В.Е. К вопросу о комплексном подходе к изучению пещерных льдов // *Вопросы географии Сибири*. 1980. Вып. 13. С. 99–102.
- Кадебская О.И., Степанов Ю.И. Характеристика наледей и криогенных минералов в пещерах Кутукского урочища (Башкортостан) // *Геология, география и глобальная энергия*. 2016. № 2. С. 30–39.
- Кадебская О.И., Степанов Ю.И., Туманов Ю.А. Аскинская (Аскынская) Ледяная пещера. М.: Русское географическое общество, Российский союз спелеологов, 2019. С. 396–399.
- Кадебская О.И., Мавлюдов Б.Р., Дублянский В.Н. Изменения в состоянии Кунгурской Ледяной пещеры // *Кунгурская ледяная пещера: опыт режимных наблюдений* / Под ред. В.Н. Дублянского. Екатеринбург, 2005. С. 294–318.
- Кильметова Ф.Ш. Климат // *Атлас Республики Башкортостан*. Уфа, 2005. С. 69.
- Кудряшов И.К., Салихов Р.А. Причины сохранения холода и образования льда в Аскинской пещере // *Зап. Башкирского филиала Географического общества СССР*. Вып. 5. Уфа, 1968. С. 68–79.
- Лобанов Ю.Е. Отрицательные температурные аномалии и морфология пещер в карбонатных массивах // *Аккумуляция зимнего холода в горных породах и его использование в народном хозяйстве*. Пермь, 1981. С. 28–30.
- Лобанов Ю.Е. Уральские пещеры. Свердловск: Средне-Уральское книж. изд-во, 1979. 174 с.
- Лобанов Ю.Е., Рыжков А.Ф. Стадийность развития пещер зоны активного водообмена в карбонатных отложениях // *Пещеры*. 1986. Вып. 20. С. 60–68.
- Мавлюдов Б.Р. Оледенение пещер. М.: Институт географии РАН, 2008. 290 с.
- Мавлюдов Б.Р. Снег и лед в пещерах (Оледенение пещер). 2017 // Электронный ресурс: <https://speleoatlas.ru/about-caves/natural-caves/sneg-i-led-v-peshcherakh-oledenie-peshcher/> (дата обращения: 04.05.2022).
- Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т. 1. Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеоло-

Благодарности. Исследование выполнено по Государственной бюджетной теме № FMRS–2022–0010.
Acknowledgments. The study was carried out within the framework of the State budget theme № FMRS–2022–0010.

References

- Andrejchuk V.N., Kadebskaja O.I., Chajkovskij I.I. Microclimatic conditionality of cave subaerial mineral formation (on the example of the Kungur Ice Cave). *Speleologiya i Karstologiya*. Speleology and Carstology. 2013, 10: 16–42. [In Russian].
- Vahrushev G.V. Bashkiria ice caves in gypsum and anhydrides. *Peshery*. Caves. 1965, 5 (6): 23–27. [In Russian].
- Vahrushev G.V. Ice caves in the carbonate rocks of Bashkiria. *Peshery*. Caves. 1972, 12–13: 108–117. [In Russian].
- Dmitriev V.E. On the question of an integrated approach to the study of cave ice. *Voprosy geografii Sibiri*. Questions of Geography of Siberia. 1980, 13: 99–102. [In Russian].
- Kadebskaja O.I., Stepanov Ju.I. Characteristics of ice and cryogenic minerals in the caves of the Kutuksky tract (Bashkortostan). *Geologiya, geografija i global'naja jenergiya*. Geology, Geography and global Energy. 2016, 2: 30–39. [In Russian].
- Kadebskaja O.I., Stepanov Ju.I., Tumanov Ju.A. Askinskaya (Askynskaya) Ledyanaya peshchera. Askinskaya (Askynskaya) Ice Cave. Moscow: Russian Geographical Society, Russian Union of Speleologists, 2019: 396–399. [In Russian].
- Kadebskaja O.N., Mavlyudov B.R., Dubljanskij V.N. Changes in the state of the Kungur Ice Cave. *Kungurskaja ledjanaja peshhera: opyt rezhimnyh nabljudenij*. Kungur ice cave: experience of regime observations. Pod red. V.N. Dubljanskogo. Ekaterinburg, 2005: 294–318. [In Russian].
- Kil'metova F.Sh. Climate. *Atlas Respubliki Bashkortostan*. Atlas of the Republic of Bashkortostan. Ufa, 2005: 69 [In Russian].
- Kudrjashov I.K., Salihov R.A. Reasons for the preservation of cold and ice formation in the Askyn cave. *Zapiski Bashkirskogo filiala Geograficheskogo Obshchestva SSSR*. Notes of the Bashkir branch of the Geographical Society of the USSR. Ufa. 1968, 5: 68–79. [In Russian].
- Lobanov Ju.E. Negative temperature anomalies and morphology of caves in carbonate massifs. *Akkumuljacija zimnego holoda v gornyh porodah i ego ispol'zovanie v narodnom hozjajstve*. Accumulation of winter cold in rocks and its use in the national economy. Perm, 1981: 28–30. [In Russian].
- Lobanov Ju.E. *Ural'skie peshhery*. Ural caves. Sverdlovsk: Sredne-Uralsky Book Publishing House, 1979: 174 p. [In Russian].
- Lobanov Ju.E., Ryzhkov A.F. Stages of development of caves in the zone of active water exchange in carbonate deposits. *Peshery*. Caves. 1986, 20: 60–68. [In Russian].
- Mavlyudov B.R. *Oledenenie peshher*. Glaciation of caves. Moscow: Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 2008: 290 p. [In Russian].
- Mavlyudov B.R. Snow and ice in caves (Glaciation of caves). 2017. Retrieved from: <https://speleoatlas.ru/about-caves/natural-caves/sneg-i-led-v-peshcherakh-oledenie-peshcher/> (last access: 4 May 2022) [In Russian].
- Maksimovich G.A. *Osnovy karstovedenija*. T. 1. *Voprosy morfologii karsta, speleologii i gidrogeologii karsta*. Fundamentals of Karst Studies. V. 1. Questions of karst morphology, speleology and hydrogeology of karst. Perm: Perm Book Publishing House, 1963: 445 p. [In Russian].

- гии карста. Пермь: Пермское книж. изд-во, 1963. 445 с.
- Мартин В.И. Основные условия образования льда в пещерах, заброшенных горных выработках и его использование в народном хозяйстве // Аккумуляция зимнего холода в горных породах и его использование в народном хозяйстве. Пермь, 1981. С. 43–44.
- Мартин В.И., Смирнов А.И., Соколов Ю.В. Пещеры Башкирии // Пещеры. Итоги исследований. 1993. Вып. 23–24. С. 30–59.
- Смирнов А.И. Современные карстовые провалы на территории Южного Урала и Предуралья (в границах Республики Башкортостан) // Инженерная геология. 2020. Т. XV. № 4. С. 42–53. doi: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-42-53.
- Смирнов А.И., Абдрахманов Р.Ф., Дурнаева В.Н. Типы карста и особенности его распространения на Южном Урале и в Предуралье // Геол. вестник. 2019. № 2. С. 111–124. doi: 10.31084/2619-0087/2019-2-9.
- Смирнов А.И., Бакиева А.Р. Карта карста Уфимского плато (в границах Республики Башкортостан) // Геол. вестник. 2020. № 3. С. 123–136. doi: 10.31084/2619-0087/2020-3-10.
- Смирнов А.И., Соколов Ю.В. Пещеры горной части Башкирии (Южный Урал). Уфа: Препринт БНЦ УрО РАН, 1993. 54 с.
- Соколов Д.С. Основные условия развития карста. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 322 с.
- Соколов Ю.В. Лед в пещерах Башкортостана // Биологическое разнообразие, спелеологические объекты и историко-культурное наследие охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. Сб. науч. трудов ФГУ «Государственный природный заповедник «Шульган-Таш», Башкирский гос. ун-т. Вып. 3. / Ред. Б.М. Миркин, Н.М. Сайфуллина. Уфа, 2008. С. 184–196.
- Соколов Ю.В. Наледь в Аскынской ледяной пещере // Геол. вестник. 2020. № 3. С. 13–151. doi: 10.31084/2619-0087/2020-3-11.
- Степанов Ю.И., Тайничкий А.А., Кичигин А.А. Георадарные исследования подземных наледей в пещерах Урала // Комплексное использование и охрана подземных пространств: Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию юбилею науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рождения В.С. Лукина / Под общ. ред. О. Калеской, В. Андрейчука. Пермь: ГИ УрО РАН, 2014. С. 65–68.
- Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. Терминология карста. М.: Наука, 1991. 259 с.
- Трофимова Е.В., Соколов Ю.В., Трофимов А.А. Лед в пещерах Аскинская и Киндерлинская: сравнительная характеристика // Изв. РГО. 2020. Т. 152. № 2. С. 70–74. doi: 10.31857/S086960712002007X.
- Червяцова О.Я., Бадино Дж., Жакова У.В. Оценка причин деградации наледи в Аскынской ледяной пещере // Спелеология и спелестология: Материалы 3-й Междунар. науч. заоч. конф. Набережные Челны: НИСПТР, 2012. С. 14–24.
- Martin V.I. The main conditions of ice formation in caves, abandoned mine workings and its use in the national economy. *Akkumuljacija zimnego holoda v gornyh porodah i ego ispol'zovanie v narodnom hozjajstve*. Accumulation of winter cold in rocks and its use in the national economy. Perm, 1981: 43–44. [In Russian].
- Martin V.I., Smirnov A.I., Sokolov Ju.V. Bashkiria Caves. *Peshery. Itogi issledovanij*. Caves. Research results. 1993, 23–24: 30–59. [In Russian].
- Smirnov A.I. Modern karst sinkholes on the territory of the Southern Urals and the Urals (within the borders of the Republic of Bashkortostan). *Inzhenernaja geologija*. Engineering Geology. 2020, XV (4): 42–53. [In Russian]. doi: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-42-53.
- Smirnov A.I., Abdrahmanov R.F., Durnaeva V.N. Types of karst and features of its distribution in the Southern Urals and in the Urals. *Geologicheskij vestnik*. Geological Bulletin. 2019, 2: 111–124. [In Russian]. doi:10.31084/2619-0087/2019-2-9.
- Smirnov A.I., Bakieva A.R. Karst map of the Ufa plateau (within the borders of the Republic of Bashkortostan). *Geologicheskij vestnik*. Geological Bulletin. 2020, 3: 123–136. [In Russian]. doi:10.31084/2619-0087/2020-3-10.
- Smirnov A.I., Sokolov Ju.V. Caves of the mountainous part of Bashkiria (Southern Urals). Ufa: Prepr. BNC UrO RAN, 1993: 54 p. [In Russian].
- Sokolov D.S. *Osnovnye usloviya razvitiya karsta*. The main conditions for the development of karst. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1962: 322 p. [In Russian].
- Sokolov Ju.V. Ice in the caves of Bashkortostan. *Biologicheskoe raznoobrazie, speleologicheskie ob'ekty i istoriko-kul'turnoe nasledie ohranjaemykh prirodnykh territorij Respubliki Bashkortostan. Sbornik nauchnykh trudov FGU «Gosudarstvennyj prirodnyj zapovednik «Shul'gan-Tash», Bashkirskij gosudarstvennyj universitet*. Biological diversity, speleological objects and historical and cultural heritage of protected natural territories of the Republic of Bashkortostan. Collection of scientific papers of the Federal State University «State Nature Reserve «Shulgan-Tash», Bashkir State University. Ufa. 2008, 3: 184–196. [In Russian].
- Sokolov Ju.V. Naled' in the Askyn ice cave. *Geologicheskij vestnik*. Geological Bulletin. 2020, 3: 13–151. [In Russian]. doi:10.31084/2619-0087/2020-3-11.
- Stepanov Ju.I., Tajnickij A.A., Kichigin A.A. Ground-penetrating radar research of underground icings in the caves of the Urals. *Kompleksnoe ispol'zovanie i ohrana podzemnykh prostranstv*. Complex use and protection of underground spaces. Intern. scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of scientific and tourist activities in the Kungur Ice Cave and the 100th anniversary of the birth. V.S. Lukin. Perm: GI UrO RAN, 2014: 65–68. [In Russian].
- Timofeev D.A., Dubljanskij V.N., Kiknadze T.Z. *Terminologiya karsta* Karst terminology. Moscow: Nauka, 1991: 259 p. [In Russian].
- Trofimova E.V., Sokolov Ju.V., Trofimov A.A. Ice in Askinskaya and Kinderlinskaya caves: comparative characteristics. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. Proceedings of the Russian Geographical Society. 2020, 152 (2): 70–74. [In Russian]. doi:10.31857/S086960712002007X.
- Chervjacova O.Ja., Badino Dzh., Zhakova U.V. Evaluation of the causes of ice degradation in the Askyn ice cave. *Speleologiya i spelestologiya: Materialy 3-y Mezhdunarodnoy nauchnoy zaochnoy konferentsii*. Speleology and Spelestology: Proceedings of the 3rd Intern. Scientific Correspondence Conference. Naberezhnye Chelny: NISPTR, 2012: 14–24. [In Russian].