

ИССЛЕДОВАНИЯ В КУНГУРСКОЙ ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЕ, ВЫПОЛНЕННЫЕ СОТРУДНИКАМИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА УРО РАН С 2004 ПО 2024 ГГ.

О.И. Кадебская, *Горный институт УрО РАН*

А.В. Красиков, *Горный институт УрО РАН*

Для цитирования:

Кадебская О.И., Красиков А.В. Исследования в Кунгурской Ледяной пещере, выполненные сотрудниками Горного института УрО РАН с 2004 по 2024 гг. // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1. – С. 45–57. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.5>

В статье рассмотрены последние наиболее выдающиеся достижения сотрудников Горного института УрО РАН в разных научных направлениях за двадцатилетний период деятельности. Проведены работы по выделению основных структурных и морфологических, и морфометрических показателей, особенностей гротов и галерей пещеры. Выполнено детальное текстурное и вещественно-структурное описание всех горных пород, слагающих массив, и дополнен существующий литолого-стратиграфический разрез, установлены условия осадкообразования. Получен новый топографический план пещеры и план поверхности массива горы. Были выполнены исследования прочностных и деформационных характеристик горных пород, слагающих массив Ледяная гора. Впервые для сульфатно-карбонатных пород массива были определены основные физическо-механические показатели. Описаны морфология и состав новообразованных минералов в Кунгурской Ледяной пещере. При гидрохимических исследованиях впервые использован метод, основанный на изучении вариаций изотопных соотношений водорода и кислорода, что позволило получить новые данные о составе и движении подземных вод в карстовом массиве. Разработаны и включены в ежегодный мониторинг методы биологического, сейсмологического, радиологического и маркшейдерского контроля. Проведена оценка экскурсионной и музейной деятельности сотрудников Горного института.

Ключевые слова: Горный институт УрО РАН, научная лаборатория, Кунгурская Ледяная пещера, исследования, мониторинг.

Кунгурская Ледяная пещера является самой изученной пещерой в России. Первые данные о пещере и микроклимате зафиксированы в многочисленных литературных источниках уже с 1703 года. Во многих областях науки пещера служила подземным полигоном для исследователей, которые, познавая пещеру, сделали много открытий, в том числе и мирового уровня. С 1948 года при пещере была создана научная станция – Кунгурская лаборатория-стационар, которой в прошлом году исполнилось 75 лет. В 2005 году под руководством В.Н. Дублянского вышла в свет монография, в которой были собраны и обобщены материалы многолетних наблюдений за прошедшие 50 лет [14]. В данной статье рассматриваются последние наиболее выдающиеся достижения сотрудников Горного института УрО РАН в разных научных направлениях за двадцатилетний период работы.

Геология и стратиграфия

Для получения новых данных о геологии, литологии и стратиграфии массива Ледяная гора в 2012 г. была пробурена скважина (скв. №4443). Выявленные тектурные и вещественно-структурные особенности керна скважины позволили построить литолого-фациальный разрез массива Ледяная гора и установить особенности осадкообразования. И.И. Чайковский [21] на основе сопоставления структурного дешифрирования и плана Кунгурской Ледяной пещеры определил, что общее расположение подземных полостей определяется системой диагональных мегатрещин. Они же определяют ориентировку наиболее протяженных гротов северо-восточного простирания. Предварительные структурные наблюдения, выполненные в пещере, показали проявление в ней левых сдвигов, контролирующих процессы гидратации ангидрита, а также выявлен целый комплекс

локальных дизъюнктивных нарушений.

В 2016 году выполнены первые работы по методологии структурного картирования и выделению основных структурных и морфологических особенностей гротов и галерей пещеры [8], а начиная с 2018 г. исследователи занимались топографо-геодезическими работами, используя современное оборудование на постоянной основе, и во многих гротах пещеры был выявлен целый комплекс локальных дизъюнктивных нарушений.

Для получения новых данных о геологическом разрезе в 2018 г. было проведено бурение второй скважины в пределах горного отвода массива Ледяная гора, расположенной в 200 м на ЮЮВ от первой скважины (скв. №4444). Полученные результаты исследования геологического строения Ледяной горы позволили актуализировать существующие макеты геологических карт без потери информативности (рис. 1). В ходе работ были подготовлены макет геологической карты с сечением горизонталей через 5 метров, основанный на топографических картах и уточненный по данным космической съемки [17], и геологический разрез Ледяной горы по линии скважин 4443-4444.

После обработки данных было выполнено детальное описание всех горных пород и был дополнен существующий литолого-стратиграфический разрез (рис. 2). Описаны образцы неволинской и елкинской пачек иренского горизонта кунгурского яруса пермской системы, которые не были встречены в скважине, пробуренной в 2012 г [4]. По результатам работ сделано предположение о том, что крайняя часть массива была в меньшей степени подвержена разрушению, чем центральная часть массива Ледяной горы [13].

Впервые в породах пермского возраста были обнаружены минералы боратовой группы говлит и пробертит (рис. 3, 4).

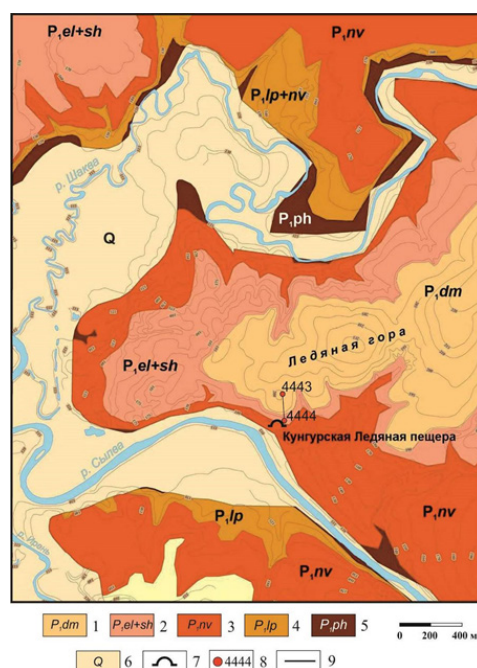


Рис. 1. Геологическая карта района Ледяной горы. Условные обозначения: 1 – демидковская пачка; 2 – елкинская и шалашининская пачки; 3 – неволинская пачка; 4 – ледянопещерская пачка; 5 – филипповский горизонт; 6 – четвертичные отложения; 7 – Кунгурская Ледяная пещера; 8 – скважина и её номер; 9 – линия разреза

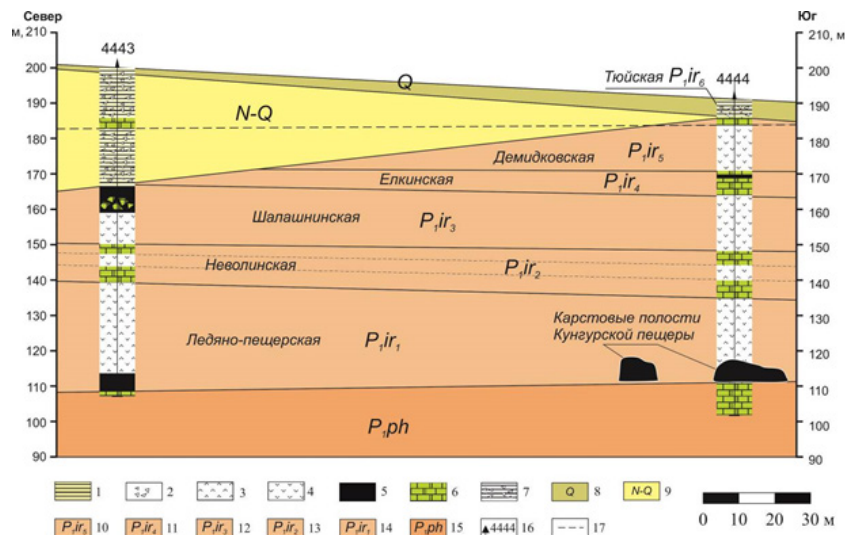


Рис. 2. Геологический разрез массива Ледяной горы. Составлен на основе геологического разреза, выполненного Кадебской О.И., Калининой Т.А. (2014). Условные обозначения: 1 – глина; 2 – дресвяно-щебнистый грунт; 3 – ангидрит; 4 – гипс; 5 – провалы инструмента/полости; 6 – доломит; 7 – глина с щебнем доломита; 8 – четвертичные отложения; 9 – неоген-четвертичные отложения; 10-14 – пачки (10 – демидковская; 11 – елкинская; 12 – шалашининская; 13 – неволинская; 14 – ледянопещерская); 15 – филипповский горизонт; 16 – гроты Кунгурской Ледяной пещеры; 17 – скважина и её номер; 18 – линия предполагаемого залегания елкинской пачки



Рис. 3. Говлит $(\text{Ca}_{(1,92-2,16)}\text{B}_5\text{Si}_{(0,84-1,08)}\text{O}_9(\text{OH})_3)$. Слагает конкреции различного размера (3-10 см), которые за счет растворения вмещающего гипса высвобождаются, наибольшее количество образцов обнаружено в гротах Геологов, Дружбы Народов и Грязный

Кроме того, при описании керна из скважин 4443 и 4444 в гипсах шалашинской и ледянопещерской пачек иренской свиты нами были обнаружены единичные

желваки (до 5 мм) студеницита $(\text{Na}_{(0,91-1,17)}\text{Ca}_{(1,83-2,09)}[\text{B}_9\text{O}_{14}(\text{OH})_4]\times 2\text{H}_2\text{O})$. Находка данного минерала была сделана впервые на территории России [4].



Рис. 4. Пробертит $\text{Na}_{(0,84-0,91)}\text{Ca}_{(1,09-1,16)}\text{B}_5\text{O}_7(\text{OH})_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$, выявлен в кернах 4443 скважины

Структурное картирование массива Ледяной горы и новый план пещеры

С 2018 по 2021 гг. на поверхности массива Ледяная гора и в Кунгурской Ледяной пещере производились работы (практический и камеральный этапы) по структурному картированию. Практический этап включал в себя проведение поверхностной (массив Ледяной горы) и подземной съемки (морфометрические параметры пещеры, галерей и проходов с их последующим совмещением). Камеральный этап включал в себя интерпретацию данных, полученных в результате топографических съемок. По материалам съемочных работ был построен новый графический план Кунгурской Ледяной

пещеры (рис. 5), который позволил уточнить морфометрические показатели не только самой пещеры, но и её отдельных частей (гrotов и галерей), определить пространственное положение пещеры относительно массива Ледяной горы.

Протяженность пещеры увеличилась с 5700 м до 8153 м. Площадь изученных галерей пещеры составила 63,8 тыс. м², а объём – 223,3 м³. В Заповедной части пещеры впервые были привязаны к абсолютным отметкам днище и кровля всех галерей и проходов, уровни озер, контур распространения обваловых глинисто-щебнистых осыпей. Было выделено более 9,6 тысяч трещин, общей протяженностью более 38 км.

Для оценки устойчивости гротов выделенные трещины были разделены на разные генетические типы (тектонические, внутрипластовые, отрыва, гидратации и растяжения, растворения). Впервые рассчитана площадь всех 59 озер, а также абсолютные отметки максимальных и минимальных уровней

озер. Минимальная площадь и уровни были зафиксированы в период зимней межени 2021 г., минимальная площадь озер составила 5450 м² (8% от всей площади пещеры). Это самые низкие значения за весь 75-летний период наблюдений за уровнями озер пещеры и р. Сылва.

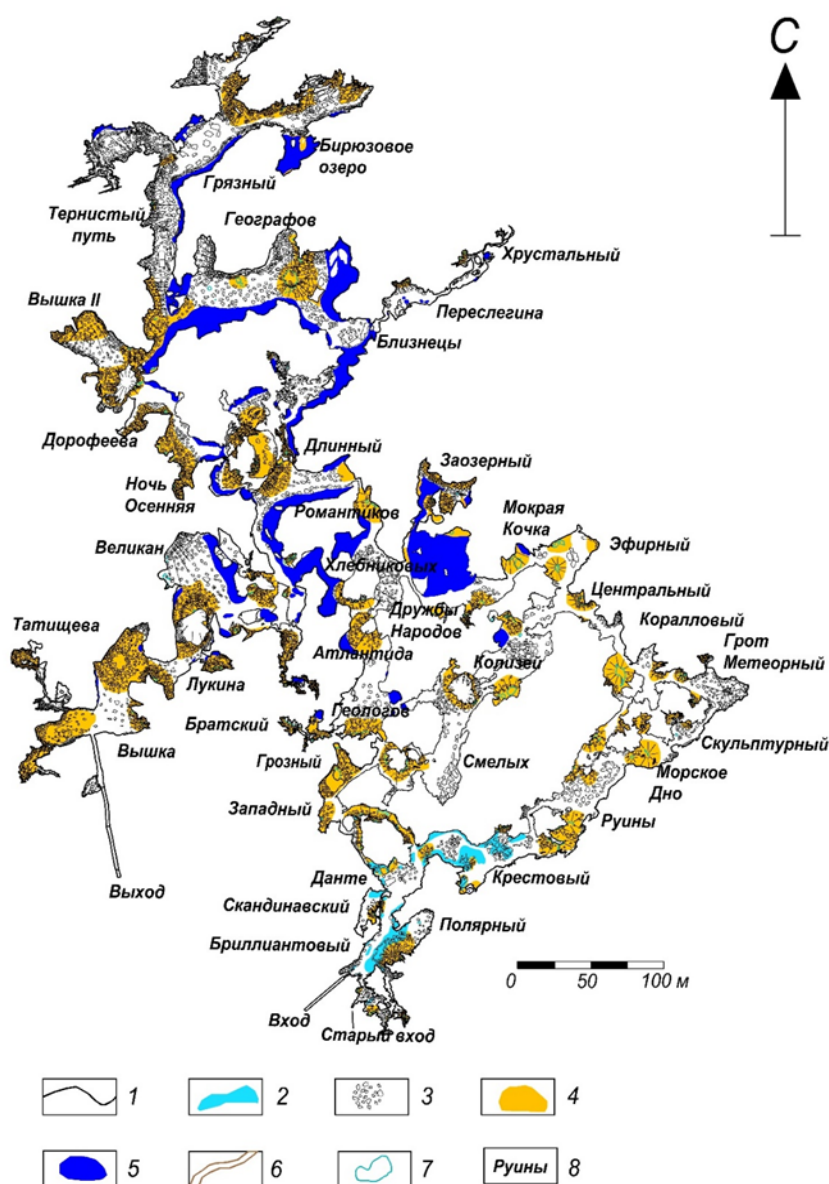


Рис. 5. План Кунгурской Ледяной пещеры на 2021 г. в масштабе 1:500: 1 – контур пещеры; 2 – лед покровный; 3 – осыпи глыбово-щебнистые; 4 – осыпи глинистые; 5 – озера; 6 – экскурсионная тропа; 7 – «органные трубы» и зоны дробления; 8 – названия гротов

Площадь относительно устойчивого уровня воды составляет 8180 м² (или 12% от всей площади пещеры). Высоко-точная съемка позволила оценить трещиноватость пород, нанести на план зоны развития «органных труб» и зон дробления; глинистые и глыбовые осыпи, зоны развития карбонатно-сульфатной брекчии, выявить маркирующие слои глинисто-доломитовых прослоев в ледянопещерской пачке. Также были зафиксированы абсолютные отметки подошвы неволинской пачки, площадь распространения покровных наледей и др. Общая площадь зон дробления составила 811 м², количество отмеченных на плане органных труб возросло со 146 до 209 [10].

Изучение физико-механических свойств пород

В рамках изучения прочностных характеристик массива Ледяной горы были проведены испытания на одноосное сжатие и определение предела прочности на растяжение. Для исследования были отобраны пробы керна из скважин 4443 и 4444, а также несколько монолитных блоков горных пород в самой пещере (общее количество образцов составило 243) [9].

По результатам работ было выявлено, что прочностные характеристики образцов, отобранных из пещеры, ниже, чем у отобранных из скважины. Это позволяет предполагать, что пробы, отобранные из скважины, находились под воздействием сил всестороннего сжатия и были слабо подвержены процессам выветривания, а образцы из пещеры, наоборот, испытывали сильное воздействие со стороны процессов гипергенеза (влажность, температурные вариации, процессы гидратации и др.), происходящих в карстовых полостях [5].

Микроклиматические исследования

С января 2016 г. в пещере впервые была установлена система автоматической фиксации температуры воздуха, с датчиками HOBO Water Temp Pro v2 (U22-001) с периодичностью замеров 1 раз в час. За девять лет использования логгеров в пещере сформирована база данных температурных характеристик, которая содержит более 1 млн. значений (суточные, среднесуточные, среднемесячные, сезонные, среднегодовые температуры), что позволяет получать информацию о температурных изменениях в разных микроклиматических зонах.

Влажность воздуха является одним из важнейших параметров микроклимата, определяющим процессы конденсации, существования живых организмов и образования различных минералов. Замеры влажности в Кунгурской Ледяной пещере осуществляются при помощи термогигрометра-люксметра «ТКА-ПКМ» [11].

Наблюдение за воздушным режимом основано на выполнении воздушной съемки, которая включает замеры скоростей воздушных потоков в определённых точках. Для этого в пещере выделено 35 станций, у которых определены площади сечения. Это позволяет высчитать расход, определить направления потоков воздуха, следить за динамикой и впоследствии регулировать существующий регламент проветривания. Измерения скорости воздушного потока производятся с помощью анемометров (TESTO 417 и AZ 8919; рис. 6).

Снежно-ледяные отложения

Площадь зоны с многолетним льдом на сегодняшний день составляет 1160 м². Наличие в пещере зон постоянно и сезонно отрицательных температур предопределяет формирование в ней



Рис. 6. Измерение скорости воздушного потока в проходе Горе Толстякам и Высоким



Рис. 7. Виды льда в Кунгурской Ледяной пещере: а – многолетний лед в гроте Полярный; б – многолетний лед в гроте Крестовый; в – булавовидные сталагмиты в гроте Руины; г – сублимационные кристаллы на сталагмитах в гроте Полярный; д – кораллитовые сталагмиты в гроте Руины; е – ледяные занавеси-флаги в гроте Морское Дно; ж – кристаллы на поверхности озер в гроте Крестовый; з – сублимационные кристаллы в гроте Первый

различных подземных льдов. В пещере развиты конжеляционные (натечные, сегрегационные и льды-цементы), сублимационные (кристаллические образования) и осадочно-метаморфические ледяные образования [6]. Они, собственно, и являются главной туристической достопримечательностью пещеры (рис. 7).

С 2006 г., кроме описания снежно-ледяных образований, стали проводить фотофиксацию многолетнего и сезонного льда, а также следить за образованием криогенных минералов. На протяжении десятилетних наблюдений было проведено детальное описание криогенных минеральных образований Кунгурской Ледяной пещеры: их происхождения, видового разнообразия, минералогических и кристаллографических особенностей, закономерностей распространения по пещере, связей с зональностью пещерного климата [1, 18, 19]. Вопросы пещерной

криоминералогии были рассмотрены на фоне спелеокриоминералогической проблематики вообще, а также морфолого-генетических и микроклиматических особенностей специфической холодной среды Кунгурской Ледяной пещеры (рис. 8). Впервые в мире был описан новый вид многолетних криогенных кристаллов гипса необычной морфологии в гроте Первый [22].

Кроме необычных криогенных кристаллов, впервые в мире был открыт и описан как пещерный минерал улексит ($\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \times 5\text{H}_2\text{O}$), который представлен радиально-лучистыми сферолитами в гротах Смелых, Космический и Тернистый Путь [19]. Кроме того, детально описаны находящиеся в различных микроклиматических зонах уже известные минералы: мирабилит, флюорит, кальцит, доломит, тенардит, бледит, палыгорскит и др. [2, 20].

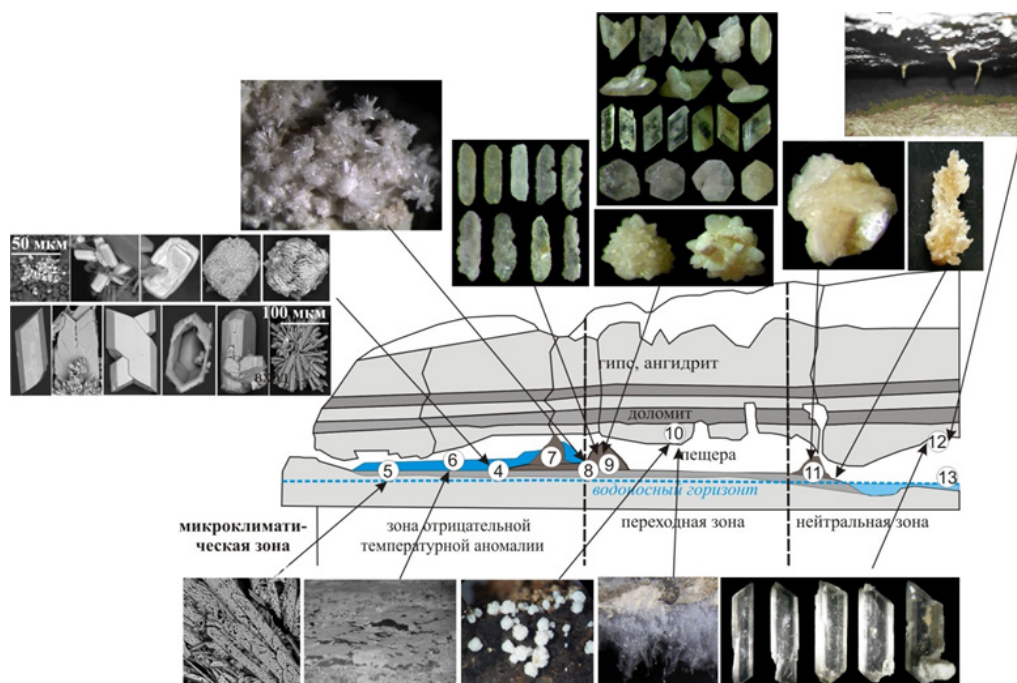


Рис. 8. Морфология новообразованных сульфатов и боратов из льда с поверхности провальноссыпных конусов, стен, глинистых отложений и озер в различных микроклиматических зонах Кунгурской Ледяной пещеры

При изучении озерных отложений и кальцитовых пленок, которые с поверхности воды осаждались на дне озера, были обнаружены органические растительные остатки, которые при окислении образуют углекислый газ. С одной стороны, CO_2 приводит к цементации множества кальцитовых корочек, образуя подводные многослойные агрегаты, где корочки перемежаются с глинистым веществом и органикой. С другой стороны, пузырьки газа при восходящей миграции, увлекают за собой богатый раствор CaCO_3 . Когда раствор становится несколько перенасыщенным, по краю пузырька начинается отложение карбоната

кальция в виде кальцита, но только в точках края, где происходит смешение перенасыщенного раствора с озерными водами. Таким образом, начинают формироваться трубочки, которые со временем перемещают точку минералообразования все выше и выше (рис. 9).

При изучении кальцитовых трубочек в озерах Кунгурской Ледяной пещеры П. Форти, известный специалист по минералам пещер, предложил выделить их в отдельный тип отложений и назвать их антигравитационные канюли. На основании наших наблюдений был предложен эволюционный механизм генезиса и развития данных пещерных отложений [3].

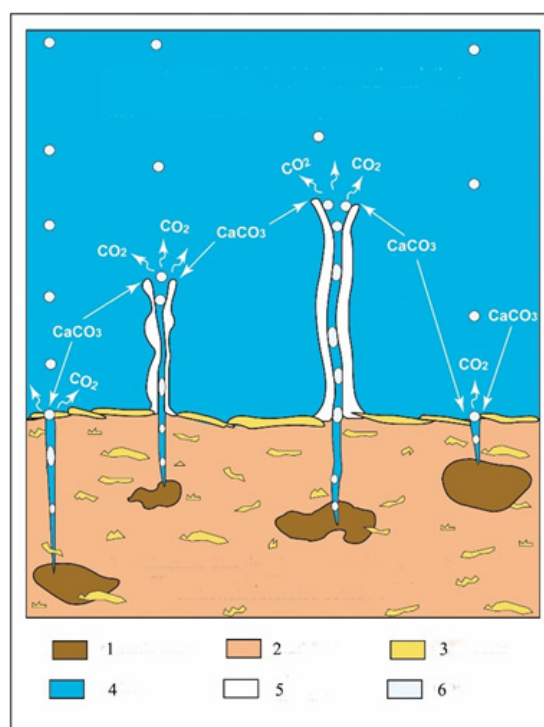


Рис. 9. Предполагаемый эволюционный механизм генезиса и развития подводных кальцитовых трубочек (Calaforra, Forti; 2021): 1 – органические остатки, 2 – глина, 3 – кальцитовые пленки, 4 – вода, 5 – антигравитационные канюли, 6 – CO_2

Гидрохимические исследования

В рамках гидрохимических исследований в Кунгурской Ледяной пещере впервые использован метод, основанный на изучении вариаций изотопных соотношений водорода и кислорода. Выполненный цикл комплексных исследований

изотопного и химического состава подземных вод позволил получить новую количественную информацию и понять особенности и механизмы формирования состава, а также определить временной интервал и некоторые особенности перемещения вод в карстовом массиве [5, 7].

Радиологический мониторинг

В 2006 г. разработана методика радиологического мониторинга в Кунгурской Ледяной пещере [23]. Рассчитана доза внутреннего облучения от интеграции дочерних продуктов радона, которая превышает допустимый годовой уровень 5 мЗв/год. Разработаны рекомендации по расчёту персональной дозы облучения для каждого работника и по проведению дозиметрического контроля персонала КЛП. Предложены меры по временному ограничению нахождения сотрудников в пещере [12].

Сейсмологический мониторинг

В 2003 г. в гроте Смелых была установлена одна из первых региональных сейсмических станций. В настоящее время она зарегистрирована в международном реестре с кодом PR3R и интегрирована в систему сейсмического мониторинга Уральского региона. Выбор места установки этой станции обусловлен целым комплексом факторов: с одной стороны, была необходимость повышения чувствительности сейсмической сети в юго-восточной части Пермского края, с другой – размещение датчиков именно в пещере обеспечило стабильный температурный режим, надёжный контакт с коренными горными породами и относительно низкий уровень фоновых микросейсм. В настоящее время сейсмическая станция «Кунгур» ведет непрерывную регистрацию сейсмических сигналов с передачей в режиме реального времени в информационно-обрабатывающий центр ГИ УрО РАН. С использованием сейсмограмм этой станции ежегодно определяются параметры источников (координаты и магнитуда) для нескольких сотен сейсмических событий как природного, так и техногенного происхождения на территории всего Уральского региона, а в Кунгурской Ледяной пещере за 20 лет

зафиксировано 46 обрушений (включая заповедную часть).

Биологический мониторинг.

Всего в настоящее время в Кунгурской пещере выявлены 15 таксонов цианобактерий, 24 таксона водорослей, 7 видов мхов, 2 таксона двудольных, 26 таксонов грибов, 34 таксона беспозвоночных (из них 13 – насекомых) и 12 видов позвоночных (включая птиц). Единственным специализированным троглобионтом является бокоплав Хлебникова, имеющий адаптации к пещерному образу жизни. Этот вид включен в Красную книгу Пермского края. Определением пещерных организмов занималась большая группа ученых из различных научных институтов и ВУЗов страны [16].

Из позвоночных наиболее характерными для пещер являются рукокрылые. С 2024 г. в Кунгурской пещере организован мониторинг рукокрылых на основании их фиксации при помощи ультразвуковых детекторов. Его инструментальная база заложена при поддержке ООО «Стагмит-Экскурс». Подобная система мониторинга в других пещерах страны в данный момент отсутствует.

Экскурсионная и музейная деятельность

За прошедшие 20 лет в экскурсионную деятельность в пещере научные сотрудники также внесли свой вклад. Появилось лазерное шоу после поездки в пещеру Хаймкеле (Германия). В гроте Геологов разработана спелеокамера и регламент ее посещения. Пещеру включили в международную Ассоциацию экскурсионных пещер мира. Музей карста и спелеологии Горного института УрО РАН появился в составе Кунгурской лаборатории института в 2004 г. Музей является естественнонаучным учреждением геологического профиля. Он зани-

мает три зала на первом этаже здания лаборатории. В одном зале расположена постоянная выставка минералов и горных пород, в другом – основная экспозиция, посвященная карсту и пещерам. Оборудован конференц-зал на 25 мест. Фондовая основа музея в настоящее время превысила 6000 единиц хранения, в основном это натурные экспонаты. Значительную часть научно-вспомогательного фонда составляют архивные

документы и фотографии Кунгурского стационара, который существует с 1948 г. Музей ведет работу по основным направлениям, характерным для всех музейных учреждений страны: экспозиционная, выставочная, фондовая и издательская деятельность. В настоящее время он стал известным и востребованным среди туроператоров и туристов элементом припещерной инфраструктуры Кунгурской ледяной пещеры [15].

Библиографический список

1. Андрейчук В.Н., Кадебская О.И., Чайковский И.И. Криогенные минеральные образования Кунгурской Ледяной пещеры. Силезский университет – Горный Институт УрО РАН. Сосновец-Пермь. 128 с.
2. Кадебская О.И. Минеральные и геохимические индикаторы природных процессов в подземных карстовых ландшафтах Урала: автореф. дис. ...д.г.н. – Пермь, 2017. – 37 с.
3. Кадебская О. И., Казанцева А. С. Минералообразование кальцитовых трубочек на дне озер в Кунгурской Ледяной пещере // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2022): Материалы российской конференции с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2022. С. 105-106.
4. Кадебская О.И., Калинина Т.А. Литологический разрез Ледяной горы / Комплексное использование и охрана подземных пространств: Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рожд. В.С. Лукина / ГИ УрО РАН; под общ. ред. О. Кадебской, В. Андрейчука – Пермь, 2014. С. 42-49.
5. Кадебская О.И., Калинина Т.А., Чайковский И.И. Изотопия и морфология новообразованных карбонатов из карбонатно-сульфатного массива Ледяной горы // Вестник Пермского университета. Геология, Вып 2 (27), 2015. с. 6-16.
6. Казанцева А.С., Кадебская О.И. Динамика оледенения в Кунгурской Ледяной пещере / Географический вестник. 2017. № 4 (43). С. 5–11.
7. Казанцева А.С., Кадебская О.И., Дублянский Ю.В., Катаев В.Н. О формировании химического и изотопного состава подземных вод иренского горизонта (на примере Кунгурской Ледяной пещеры) // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2022. Том, 21 – №4. – С. 326-340.
8. Красилов А.В. Основные морфологические и структурные особенности гротов Кунгурской Ледяной пещеры: Матер.ежегодной науч. сессии / Горный ин-т УрО РАН. Пермь, 2016. С. 51-53.
9. Красилов А.В. Прочностные и деформационные показатели горных пород, составляющих массив Ледяной горы // Горное эхо. Вест. Горного ин-та УрО РАН. Пермь, 2019. – №1(74). – С. 5-10.
10. Красилов А.В. Уточнение морфометрических показателей гротов и галерей Кунгурской ледяной пещеры по результатам топографо-геодезических работ // Известия вузов. Горный журнал. 2022. № 4. С. 76–89. DOI: 10.21440/0536-1028-2022-4-76-89
11. Красилов А.В., Казанцева А. С., Богомаз М. В. Многопрофильный мониторинг в Кунгурской Ледяной пещере // Горный журнал. Москва, 2018. – № 6. – С. 60-64.;
12. Красилов А.В., Казанцева А.С. Радиологический мониторинг и оценка радиационной обстановки в Кунгурской Ледяной пещере // Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2024, Вып. 1. – С. 198-213.
13. Красилов А.В., Трапезников Д.Е. Новые данные о литологическом разрезе массива Ледяной горы // Горное эхо. 2020. № 4 (81). С. 24-30
14. Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений. Под ред. В.Н. Дублянского. Екатеринбург, 2005. – 376 с.

15. *Наумкин Д.В., Кадебская О.И.* К 75-летию Кунгурской лаборатории-стационара Горного института ПФИЦ УрО РАН // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 1. – С. 67-83.
16. *Наумкин Д.В., Кадебская О.И.* Обитатели Кунгурской Ледяной пещеры (Пермский край): Обзор исследований // Антропогенная трансформация природной среды. 2020. № 6. С. 18-24
17. *Трапезников Д.Е., Красиков А.В., Заостровский В.В.* Предварительные результаты изучения геологического строения района Ледяной горы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. Ред. И. И. Чайковский; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2022. Вып. 25. – С. 250-256
18. *Чайковский И.И., Кадебская О.И.* Криогенный гипс Кунгурской ледяной пещеры // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. – Пермь, 2009. – Вып. 12. – С. 85-90.
19. *Чайковский И.И., Кадебская О.И.* Минералогия переходной микроклиматической зоны Кунгурской Ледяной пещеры / Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. – Пермь, 2012. – Вып. 14. – С. 100-105
20. *Чайковский И.И., Кадебская О.И., Калинина Т.А.* Минералогия пленок на поверхности водоемов Кунгурской Ледяной пещеры // Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: проблемы структурирования, упорядочения и эволюции структуры: матер. минералог. семинара с международным участием. – Сыктывкар, 2012. – С. 346-348.
21. *Чайковский И.И.* Структурно-тектоническое положение Ледяной горы и Кунгурской Ледяной пещеры / 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 рожд. В.С. Лукина / ГИ УрО РАН; под общ. ред. О. Кадебской, В. Андрейчука – Пермь, 2014. – С. 39-42
22. *Чайковский И.И., Кадебская О.И.* О каркасных кристаллах криогенного гипса из Кунгурской Ледяной пещеры // Горное эхо. Вестник ГИ УрО РАН. – 2012. – № 1(47). – С. 24-27.
23. *Testov B.V., Kadebskaya O.I., Shihov N.I.* Influence of radon on inhabitants of Kungur Ice Cave and personnel. Volume of abstracts IWIC-III international Workshop on ice caves, Kungur Ice Cave, Perm Region, Russia, May 12–17, 2008, p. 46

RESEARCH IN THE KUNGUR ICE CAVE CARRIED OUT BY THE MINING INSTITUTE UB RAS FROM 2004 TO 2024

Kadebskaya O.I., Krasikov A.V.

Mining Institute of the UB RAS

For citation:

Kadebskaya O.I., Krasikov A.V. Research in the Kungur Ice Cave carried out by the Mining Institute UB RAS from 2004 to 2024 // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – № 1. – P. 45–57. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.5>

The article considers the latest and most outstanding achievements of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in different scientific directions over a twenty-year period of activity. The works on delineation of the main structural and morphological and morphometric indicators, peculiarities of grottoes and galleries of the cave have been carried out. A detailed textural and structural description of all rock formations composing the massif was made and the existing lithological-stratigraphic section was supplemented, the conditions of sedimentation were established. A new topographic plan of the cave and a plan of the surface of the mountain massif were obtained. Studies were carried out on the strength and deformation characteristics of the rocks composing the Ice Mountain massif. For the first time, the main physical and mechanical parameters were determined for the sulfate-carbonate rocks of the massif. The morphology and composition of newly formed minerals in the Kungur Ice Cave are described. In hydrochemical

studies, a method based on the study of variations in hydrogen and oxygen isotope ratios was used for the first time, which provided new data on the composition and movement of groundwater in the karst massif. Biological, seismological, radiological and surveying methods were developed and incorporated into annual monitoring. An assessment of the excursion and museum activities of the staff of the Mining Institute has been carried out.

Keywords: Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, scientific laboratory, Kungur Ice Cave, research, monitoring.

Сведения об авторах

Кадебская Ольга Ивановна, доктор географических наук, заведующая Кунгурской лабораторией-стационаром Горного института УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ГИ УрО РАН»), 614007, Пермский край, г. Пермь, ул. Сибирская, д. 78А; e-mail: icescave@bk.ru

Красиков Алексей Викторович, ведущий инженер Кунгурской лаборатории-стационара, «ГИ УрО РАН»; e-mail: alexeykrasikov55@gmail.com

Материал поступил в редакцию 29.10.2024