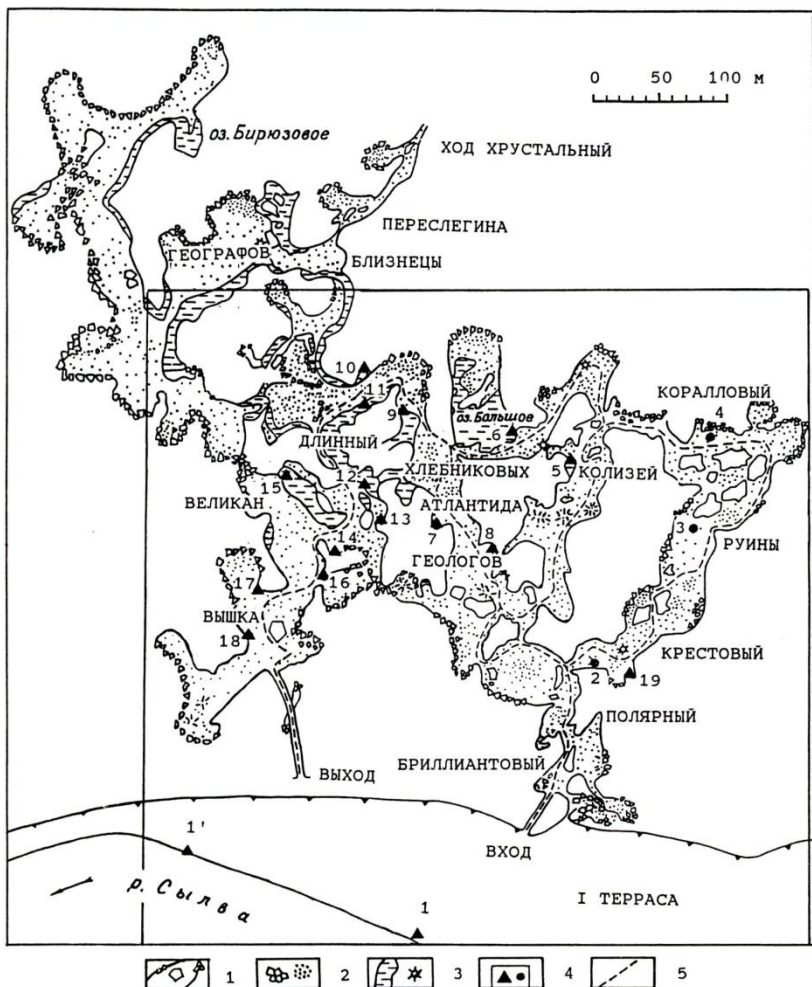


КУНГУРСКАЯ ЛЕДЯНАЯ ПЕЩЕРА



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
Программа "Университеты России"
Пермский государственный университет
Кунгурский стационар ГИ УрО РАН

КУНГУРСКАЯ ЛЕДЯНАЯ ПЕЩЕРА

Выпуск 1

ПЕРМЬ 1995

ББК 26.823.122.3.

К91

УДК 551.44

Кунгурская ледяная пещера / Пермский ун-т. – Пермь. 1995. –

К91 Вып. 1. – 116 с.

ISBN 5–230–11797–4

В сборнике представлены результаты комплексного исследования карстового массива Кунгурской ледяной пещеры, осуществляемого по программе "Университеты России". Приводится описание геологических разрезов и дислокаций, рассматриваются режим карстовых вод и процессы минералообразования, влияние антропогенных факторов на пещеру.

Издание предназначено для студентов геологических и географических факультетов университетов, инженеров-геологов, гидрогеологов, спелеологов, экологов, ведущих исследования в карстовых районах.

Рецензенты: Ассоциация уральских спелеологов; кандидат географических наук заведующий лабораторией водных экосистем Института экологии и генетики микроорганизмов РАН А. П. Лепихин.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Пермского университета

Редакционная коллегия: И. А. Лавров, Н. Г. Максимович,
С. М. Блинов

Ответственный редактор – К. А. Горбунова

К $\frac{1804030000}{H56(03)}$ - 14
- 95 Без объявл.

ISBN 5–230–11797–4

© Пермский университет, 1995

На первой и четвертой страницах: план Кунгурской пещеры по Е. П. Дорофееву: 1 – контуры гротов и останцы, 2 – обвальные и осыпные отложения, 3 – озера и органные трубы, 4 – гидрометрические посты на озерах и скважинах, 5 – туристская тропа

ПРЕДИСЛОВИЕ

В конце 1992 г. Пермский университет в соответствии с программой "Университеты России" начал работу по теме "Комплексные исследования Кунгурской ледяной пещеры". Она ведется совместно с Кунгурской лабораторией-стационаром Горного института УрО РАН. В исследовании принимают участие кандидаты геолого-минералогических наук К. А. Горбунова (научный руководитель), Н. Е. Молоштанова, В. Н. Катаев, Н. Г. Максимович, В. Н. Андрейчук, В. Г. Шлыков, научные сотрудники Г. А. Сычкина, С. М. Блинов, И. И. Яцына, И. А. Лавров, ведущий инженер-химик Н. П. Воложанинова, студенты.

Цель работы: углубление теоретических представлений о закономерностях формирования и развития закарстованных массивов на примере Кунгурской ледяной пещеры. Пещера является единственной в России, где с 1934 г. оборудована сеть постов режимных гидрометрических и метеорологических наблюдений. Пещера расположена на территории национального парка "Сылвенский", является памятником природы и туристским объектом всероссийского значения, а также базой проведения практик геологического факультета Пермского университета.

Основные задачи: обобщение результатов многолетних режимных наблюдений; проведение комплексных гидрогеологических, гидрохимических, петрографо-минералогических, геофизических и других исследований с использованием современных методов; построение модели закарстованного пещерного массива.

Ожидаемые результаты: комплексная характеристика закарстованного массива с крупной пещерной системой, установление закономерностей его развития, формирования и режима карстовых вод, источников их загрязнения, факторов активизации карста и провалообразования; разработка рекомендаций по охране Кунгурской ледяной пещеры и ее многоцелевому использованию в качестве базы проведения научных исследований, учебных практик и экскурсионного объекта.

В четвертом квартале 1992 г. и начале 1993 г. Составлена программа работы, проведена предварительная систематизация и оценка результатов предыдущих исследований. В 1993–1994 гг. осуществлены комплексные исследования в пещерном массиве:

геолого-структурные с детальным описанием и типизацией геологических разрезов, пликативных и дизъюнктивных нарушений в пещере;

петрографо-минералогические с отбором более 100 образцов пещерных отложений и детальным изучением их минерального состава различными методами, включая рентгеноструктурный, что позволило охарактеризовать особенности эпигенетических процессов и новообразования минералов в холодной и теплой частях закарстованного массива;

режимные гидрометрические с ежемесячным замером уровня карстовых вод в пещере на 17–19 постах, обработкой результатов режимных гидрометрических наблюдений за 1980–1992 гг. методами построения хронологических графиков (многолетних колебаний уровня карстовых вод), более 30 карт гидроизогипс, 20 моделей уровня карстовых вод для различных гидрологических периодов, на основе анализа которых выявлены закономерности формирования и режима карстовых вод придолинного карстового пещерного массива, условия их загрязнения и влияние на активность карстовых процессов;

режимные гидрохимические с отбором проб пещерного льда и водопроявлений на химический анализ, в том числе на нефтепродукты в связи с аварией на железной дороге и разливом мазута в долине р. Сылвы 13 августа 1993 г.; гидрохимическое опробование снега надпещерного поля; первичная обработка результатов режимных гидрохимических наблюдений;

радиометрические с целью определения радиоактивности воздуха в туристской части пещеры.

По теме опубликовано более 20 работ.

1992

Поносков В. А., Катаев В. Н. О повышенном радиационном фоне в Кунгурской ледяной пещере летом 1992 г. // Свет (Киев), 1992. N 4(6). С. 34.

1993

Горбунова К. А., Дорофеев Е. П., Максимович Н. Г. Кунгурская пещера как объект научных исследований // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1993. С. 113–120.

Горбунова К. А., Блинов С. М. Химический состав снега района Кунгурской пещеры // Свет (Киев), 1993. N 4(10). С. 35.

Горбунова К. А., Дорофеев Е. П., Минькевич И. И. Экспериментальное изучение растворимости сульфатных пород подземными водами в Кунгурской пещере // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1993. С. 140–149.

Горбунова К. А., Яцына И. И. Гидрохимические исследования в Кунгурской ледяной пещере // Свет (Киев), 1993. N 4(10). С. 34.

Дорофеев Е. П., Мавлюдов Б. Р. Динамика оледенения Кунгурской пещеры // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1993. С. 131–140.

Катаев В. Н. Структурно-тектонические условия формирования Кунгурской пещеры // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1993. С. 121–130.

Лукин В. С., Дорофеев Е. П. Поиски, съемка и работы по благоустройству в Кунгурской пещере // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1993. С. 156–164.

Матвеев Б. К., Савелов Р. П., Горбунова К. А., Катаев В. Н. Физико-геологические модели карстовых образований // Построение Физико-геологической модели и системный подход при истолковании результатов геофизических исследований: Тез. докл. Пермь, 1993.

Пашенко С. Э., Андрейчук В. Н., Дублянский Ю. В. Аэрозоли в Кунгурской пещере // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1993. С. 149–156.

Kataev V. N., Gorbunova K. A. Structural elements of karst massif // Инженерная геология карста: Докл. междунар. симп. Пермь, 1993. Т. 1. С. 47–53.

Kataev V. N. Analysis of the karst massif elements // Инженерная геология карста: Докл. междунар. симп., Пермь, 1993. Т. 1. С. 54–60.
1994

Андрейчук В. Н. Минерализация снежно-ледяных образований Кунгурской ледяной пещеры // Науч. чтения IV Всеурал. совещ. по подземным водам Урала и сопредельных территорий: Тез. докл. Пермь, 1994. С. 118.

Андрейчук В. Н., Яцына И. И. О гидрохимической стратификации в озерах Кунгурской ледяной пещеры // Науч. чтения IV Всеурал. совещ. по подземным водам Урала и сопредельных территорий: Тез. докл. Пермь, 1994. С. 118–119.

Горбунова К. А., Дорофеев Е. П., Сычкина Г. А. Уровенный режим карстовых вод Кунгурской пещеры // Науч. чтения IV Всеурал. совещ. по подземным водам Урала и сопредельных территорий: Тез. докл. Пермь, 1994. С. 116–117.

Дорофеев Е. П., Горбунова К. А., Спиридонова Н. В. Режим озер Кунгурской пещеры // Науч. чтения IV Всеурал. совещ. по подземным водам Урала и сопредельных территорий: Тез. докл. Пермь, 1994. С. 117.

Молоштанова Н. Е. Минералого-петрографические исследования отложений Кунгурской ледяной пещеры // Науч. чтения IV Всеурал. совещ. по подземным водам Урала и сопредельных территорий: Тез. докл. Пермь, 1994. С. 118–119.

Молоштанова Н. Е., Горбунова К. А., Яцына И. И. Петрографо-минералогические исследования в Кунгурской пещере // Свет.: Вестник Киев. карст.-спелеол. центра. Киев, 1994. N 1–3 (11–13). С. 18–19.

Gorbunova K. A. The Program Investigation in Kungur ice Cave // Circular letter. Gvilin (China), 1994. P. 8.

1995

Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Шлыков В. Г. Минералы инфлювия Кунгурской пещеры // Современные проблемы геологии Западного Урала: Тез. докл. / Перм. ун-т. Пермь, 1995. С. 139–140.

Молоштанова Н. Е., Шлыков В. Г., Яцына И. И. Минералы глин в отложениях Кунгурской ледяной пещеры // Современные проблемы геологии Западного Урала: Тез. докл. / Перм. ун-т. Пермь, 1995. С. 141.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ТИПЫ ДИСЛОКАЦИЙ ПЕЩЕРНОГО МАССИВА

В. Н. Катаев

Пермский университет

История научного интереса к Кунгурской пещере весьма продолжительна [1]. Результаты исследований закарстованного массива позволяют определить его как объект классического развития сульфатно-карбонатного карста слоистой толщи в условиях краевой части платформы.

Изучение геолого-структурных особенностей массива связано с такими именами, как Н. И. Каракаш и А. А. Штукенберг, Н. П. Герасимов и Е. Н. Тихвинская, Б. Ф. Перевозчиков [4], Е. П. Дорофеев [2] и др. Исследователями 30-х – 70-х гг. а) описаны геологические разрезы как на поверхности, так и внутри пещеры, установлено наличие брахиантиклинальной структуры в неволинской пачке; б) выявлено совпадение ориентировок "преобладающих трещин" в обнажениях породы гротах с пещерными ходами; в) обнаружены многочисленные экзотектонические нарушения (дизъюнктивные и пликативные) преимущественно карстового происхождения; г) установлено влияние геоморфологических, литологических и структурных элементов на процессы гидратации и дегидратации.

Работа написана по результатам натуральных наблюдений 1993–1994 гг. в центрально-восточной (старой) части пещеры. В ней предпринята попытка детализации геолого-структурного строения массива.

Геологический разрез

Вертикальное строение сульфатно-карбонатной толщи было описано в гротах Вышка и Геологов. Из выделенных слоев были отобраны образцы, лабораторное определение которых проведено в Пермском университете Н. Е. Молоштановой.

Гроты, галереи и ходы пещеры, располагаясь преимущественно в пределах ледянопещерской пачки иренского типа разреза кунгурского

яруса, иногда в обвалных гротах и органичных трубах вскрывают вышележащие неволинскую и шалашнинскую пачки.

В соответствии с литолого-структурно-текстурным принципом расчленения слоистых толщ вскрытая карстом ледянопещерская пачка разделена на шесть слоев. В неволинской пачке выделено четыре прослоя, а низы шалашнинской пачки отнесены к одному слою. При расчленении разреза описаны цвет, текстура, структура слоя; его состав; структура и текстура слагающих слоев пород; минеральные включения, заполнитель трещин. Расчленение проведено в целях идентификации слоев в любой части пещеры, удобства сопоставления морфологических элементов пещеры и вмещающих слоев. Для маркировки слоев (снизу вверх) использована сквозная нумерация (рис. 1).

Визуальный контакт ледянопещерской пачки и подстилающих отложений филипповского горизонта в пещере отсутствует. По данным Б. Ф. Первозчикова [4], в основании пачки, между кровлей филипповского горизонта и нижним пластом Гипсо-ангидритов видимого разреза (слой 1), последовательно (снизу вверх) залегают пласт Гипсо-ангидритов (до 4 м) и прослой серых доломитов (до 0.5 м). Пласт, с которого начинается видимый разрез, имеет мощность до 3 м и в нижней части полностью представлен гипсом.

Аналогичное описание низов ледянопещерской пачки приводит Е. П. Дорофеев [2]. Ссылаясь на результаты бурения, он отмечает, что в основании нижнего пласта видимого разреза скважины 1 вскрыты гипс и доломитовая прослойка мощностью 1.35 м. В северной части пещеры кровля филипповского горизонта поднимается и доломитовая прослойка мощностью до 1 м занимает основание видимого разреза (ход Хрустальный), а выше в стенах обнажается белый гипс с тонкими прожилками селенита. Е. П. Дорофеев предполагает, что гипс в основании ледянопещерской пачки, вскрытый скважиной 1 и визуально зафиксированный под слоем ангидритов в северо-западной части пещеры (грот Географов, ход за гротом Грязный, грот Перепутье), представлен в виде линз. Образование подобных линз объясняется гидратацией ангидрита в результате подтока вод из нижележащих филипповских отложений, а также сбоку – по трещинам напластования и размоченным доломитово-глинистым прослойкам.

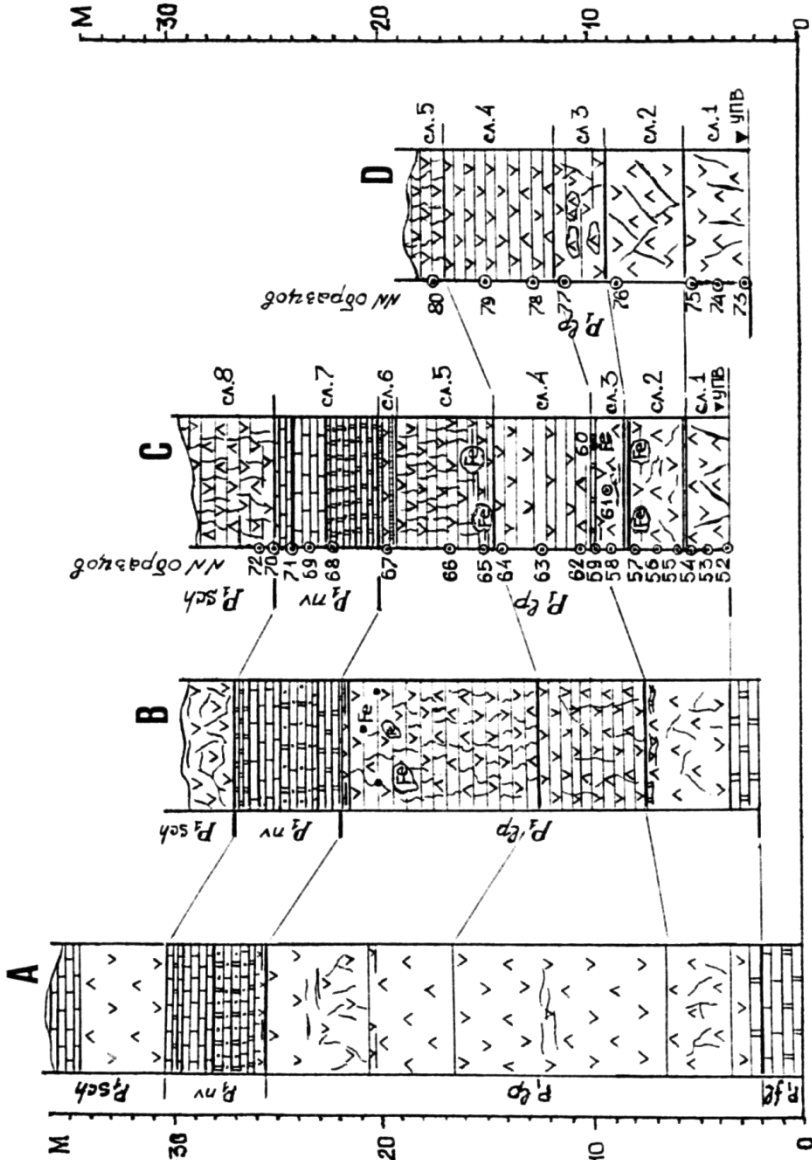


Рис. 1. Строение сульфатно-карбонатной толщи пещерного массива. А – по Б. Ф. Перевозчикову (1956), В – по Е. П. Дорофееву (1977), С – в гроте Вышка, Д – в гроте Геологов по данным полевого описания 1994 г.

Ледянопещерская пачка ($P_1 \text{ kg}_2^{1-p}$)

Слой 1. (образцы 52, 73 отобраны из подошвы, 53, 74 – из средней части, 54, 75 – из кровли слоя).

Гипсо-ангидрит от молочно-белого до светло-серого цвета с кремово-желтыми пятнами. Кремово-желтая окраска обусловлена наличием неравномерной тонкой примеси глинистого материала. Между кристаллами молочно-белого гипса, составляющего основной фон, выделяются скопления кристаллов светло-серого ангидрита размером до 5 мм. Структура породы мелко- и микрзернистая. В средней и верхней частях слоя увеличивается содержание светло-коричневато-бурого вещества глинисто-кальцитового состава.

Текстура слоя – полосчатая, сформированная чередованием белых и дымчатых кристаллов различной степени гидратированности. Полосчатость параллельна напластованию, а полосы разделены тонкими микротрещинами (до 1–1.5 мм), заполненными глинисто-карбонатными (доломитовыми) отложениями. По трещинам отмечаются единичные кристаллы пластинчатого гипса. Мощность полос 1.5–2.0 см. В кровле слоя текстура плотная, на участках выщелачивания – кавернозно-трещиноватая, перемятая. Микротрещины и каверны ориентированы параллельно слоистости. Неравномерная растворимость кристаллов определяет ячеисто-бугорчатый характер поверхности слоя, что в сочетании с полосчатым распределением разноокрашенных минералов и сериями микротрещин создает дополнительный эффект полосчатости (микрослоистости), особенно при боковом освещении. Видимая мощность слоя 2.1–2.2 м.

В слое 1 по простиранию происходит плавное замещение серых ангидритов светло-серыми гипсами. "Ядра" ангидритов имеют линзообразную форму протяженностью до 10 м или форму плавно изогнутой антиклинальной складки с падением крыльев под углами 8–12° в обе стороны по линии разреза.

Наличие гипса в основании слоя, самом слое и слоях выше по разрезу указывает на остаточный характер ангидритовых ядер, которые находятся в условиях всестороннего гидратационного сжатия со стороны гипсов. Максимальное сжатие ядра испытывают в вертикальном направлении, о чем свидетельствует характерная трещиноватость слоя. В кровле слой отделен от вышележащего трещиной напластования с глинисто-доломитовым заполнителем.

Слой 2. (образцы 55 отобраны – из подошвы, 56 – из средней части, 57, 76 – из кровли слоя). Гипсо-ангидрит от молочно-белого до светло-серого цвета

со светло-кремовыми прожилками. Мелко- и микрозернистый, плотный в общей массе. В кровле массивный, местами с неясной текстурой, в подошве микропористый, поры диаметром до 0.5 мм. В средней части слоя текстура неясно полосчатая. Полосы сформированы чередованием молочно-белых кристаллов гипса и дымчатых кристаллов ангидрита. Полосы гипса толщиной 2–2.5 см, ангидрита – 1–1.5 см.

Между визуально выделяемыми кристаллическими зонами гипса и ангидрита – отпрепарированный доломитовый заполнитель микротрещин, выступающий на поверхности стен в виде параллельных напластованию гребней, высотой 3–5 мм.

Избирательное выщелачивание определило ячеисто-гребневый и ячеисто-бугорчатый характер поверхности стен. В верхней части слоя, там, где полосчатость выражена ярче, встречаются пятна ожелезнения с поперечником 10–15 см. На поверхностях выщелачивания новообразования белого гипса. Видимая мощность слоя 2–2.5 м.

Слой завершается тремя прослоями: нижним – глинистым (3–3.5 см), средним – гипсовым (3), верхним – глинистым (1.5–2).

Слой 3. (образцы 58 взяты из средней части, 59 – из кровли слоя, 77 – из трещины, залеченной гипсом). Выделен как переходный, непостоянной мощности, состава и строения.

Гипсо-ангидрит светло-серый, пятнами – молочно-белый, микрозернистый, слабополосчатый благодаря чередованию молочно-белых кристаллов гипса и дымчатого ангидрита. Сильно трещиноватый. Зоны глинисто-доломитового заполнителя трещин имеют мощность от 0.4 до 1.4 см. По сравнению с нижележащими слоями слой 3 более глинистый. Доломитовый заполнитель микротрещин светло-серой окраски, пелитоморфной структуры, тонкослоистый (обр. 61). По контакту с вмещающими Гипсо-ангидритами расположены горизонтально ориентированные микротрещины и каверны с поперечником не более 1 мм.

Слой в кровле представлен неравномерно чередующимися доломитом и Гипсо-ангидритом – слои разбиты вертикальными микротрещинами, расширенными выщелачиванием. По наслоениям, на поверхности доломита, по вертикальным трещинам отмечаются точечные выделения окислов марганцево-железистого состава и гнезда микрозернистого

гипса размером до 3 мм. В слое встречаются конкреции из гидроокислов железа размером до 10 мм, состоящие из большого количества оолитов гетит-гидрогетитового состава, сцементированных кальцитом (обр. 60). Согласно результатам спектрального анализа [3] рудные включения содержат Fe (6 %), Mn (0.1–0.3), As (0.06–0.09), Mo (0.006–0.009), Cu (0.001–0.003), Sr (0.1–0.3).

Слой интенсивно выщелочен. Формы растворения представлены каналами с овальным сечением, вытянутыми по простиранию пород. Длина каналов от 50 до 120 см, высота в сечении 20–40 см.

Слой завершается переувлажненным глинисто-доломитовым прослоем мощностью до 10 см. Рыхлая масса прослоя представлена как одиночными микростяжениями и обломками доломита, так и их скоплениями в кальцитово-глинистом материале. Видимая мощность слоя 1.25–1.30 м.

Слой 4. (образцы 62, 78 взяты из подошвы, 63, 79 – из средней части, 64, 80 – из кровли слоя). В подошве слой представлен гипсо-ангидритом молочно-белого и от светло-кремового до розового цвета в зонах развития ангидрита. Ангидрит мелкозернистый, гипстонкозернистый, мучнистый, пачкает руки. Текстура нижней части слоя пятнистая, кавернозная, выщелоченная. Углубления заполнены глинисто-доломитовым материалом.

В средней и верхней части слой представлен молочно-белым гипсом с гипсово-доломитовыми разводами кремового и серого цвета. Структура пород мелкозернистая в средней части и тонкозернистая в верхней части слоя. Текстура в средней части слоя трещинно-брекчиевидная, в кровле – перемятая, брекчиевидная. По трещинам отмечены скопления доломитовой муки. Чередование относительно однородных прослоев гипса шириной до 10 см и прослоев гипсово-доломитового состава шириной 1–2 см определяет своеобразную ритмичность в вертикальном разрезе слоя. Прослои разделены микротрещинами. Доломитовые прослои на поверхности стены более подвержены разрушению: на их месте формируются линейные и овальные понижения, а на месте чистых гипсов – микровозвышенности, что в совокупности создает полосчатую, бугристо-ячеистую микрокарровую поверхность. Видимая мощность слоя 4.5 м.

Слой 5. (образец 65 взят – из подошвы, 66 – из средней части слоя). Гипс белый с кремовым оттенком, в приподошвенной части – с ржаво-желтыми пятнами глинистого материала, насыщенного гидроокислами

железа. Ожелезнение приурочено к сохранившимся фрагментам межслойных трещин. Порода слоя комковатая, брекчиевидная за счет разделения прослоев вертикальными и горизонтальными микротрещинами. Размер отдельностей до 8–15 см. Каждая из отдельностей сложена микрозернистым, плотным гипсом с единичными выщелоченными трещинами шириной 2–3 мм и кавернами, частично выполненными новообразованиями мелкозернистого гипса. Видимая мощность слоя 4.5 м.

Слой 6. (образец 67). Слой выделен как переходный от ледянопещерской сульфатной пачки к неволинской карбонатной. Слой представлен чередующимися линзами, прослоями гипса молочно-белого цвета и прожилками селенита. Гипс окружен пленкой глинисто-доломитово-гипсового состава. Выделяются две генерации гипса: 1 – микрозернистый, глиноподобный, плотный; 2 – пластинчато-зернистый гипс (размеры от 1 до 5 мм), образовавшийся в процессе перекристаллизации. Прожилки селенита толщиной от 3 до 6 мм выполняют трещины. Мощность слоя 0.7–0.8 м.

Выше слоя 6 прослой гипса замещаются известняком и доломитом, но прожилки мелкокристаллического гипса и селенита (до 3 мм толщиной), выполняющие микротрещины, прослеживаются еще на протяжении 1 м разреза неволинской карбонатной пачки.

Неволинская пачка ($P_1kg_2^{nev}$)

Слой 7. В отложениях неволинской карбонатной пачки достаточно отчетливо выделяются четыре прослоя. Они сложены известняком и доломитом серого и светло-серого цвета, практически неразличимыми визуально. При выделении прослоев частично использовались результаты исследований Б. Ф. Перевозчикова, проведенных в 1953 г. с использованием химического (по нерастворимому остатку) и оптического (по шлифам) методов. Выделение прослоев было проведено по текстурно-структурным признакам. Известняки и доломиты серые, плотные, слабослоистые. Преобладает пелитоморфный доломит. Прослой огипсован, особенно вблизи контакта с ледянопещерской пачкой; мощность от 0.8 до 1.0 м.

Доломит светло-серый со слабым коричневым оттенком, плитчатый, слаботрещиноватый, пористый, оолитовый. Хемогенные ооиды диаметром до 1.5 мм имеют полость в центральной части, без включений. В изломе ооиды имеют скорлуповатое строение из 2–3 оболочек.

Поры диаметром до 0.5 мм расположены как между ооидами, так и внутри их. Мощность прослоя 1.4–1.2 м. Количество нерастворимого остатка 1–2 % (образец 68 отобран из верхней части прослоя).

Известняк доломитовый, светло-серый, пелитоморфный, мелкокристаллический, сильнотрещиноватый, пористый (поры до 1 мм). Поры группируются вдоль микротрещин. В верхней части кавернозный. По поверхности отдельностей темно-серый, глинисто-слоистый налет. Мощность прослоя 1.4–1.5 м. Количество нерастворимого остатка до 20 %. Трещины и каверны заполнены доломитовой мукой (образец 69) отобран из центральной части прослоя).

Границей между двумя последними прослоями служит тонкий пропласток (толщина от 5 мм до 3 см) глинисто-алевритового состава, серого цвета. Дресвянистая масса пропластка перемята и содержит кальцитовые включения с гнездообразными стяжениями зернистого или волокнистого гипса размером 3–5 мм (образец 71).

Известняк доломитистый, серый со слабым кремовым оттенком, тонкослоистый, плитчатый, пористый (поры до 1–1.5 мм). Иногда по наслоению наблюдаются единичные тонкие пленки гидроокислов железа и глинисто-сажистый налет. Прослой содержит три пропластка мощностью (снизу вверх) 0.5, 0.1, 0.05 м, разделенных прожилками селенита. Мощность прослоя 0.65–0.70 м. Нерастворимый остаток достигает 10 % (образец 70 отобран из кровли прослоя).

Видимая мощность пачки 4.0–4.6 м.

Шалашнинская пачка ($P_1k_2^{sch}$)

Слой 8. (образец 72 взят из подошвы слоя).

Слой завершает видимый разрез. Он неравномерно окрашен в белый, светло-серый, голубовато-серый цвет. Слой сложен Гипсо-ангидритом с сохранившейся слоистостью, разделенной зонами микротрещин на отдельности поперечным размером $10 \times 10 - 10 \times 15$ см в подошве и $5 \times 5 - 3 \times 3$ см в верхней части видимой мощности слоя.

Внутренняя, неизменная, часть отдельностей состоит из мелкозернистого, плотного, однородного ангидрита, а поверхность – из гипса молочно-белого, мелкозернистого, мучнистого, сильно выщелоченного, кавернозного и трещиноватого. Неровности микрорельефа слоя заполнены доломитовой мукой. Видимая мощность слоя 3.5–4.0 м

Средняя и верхняя часть шалашнинской пачки, а также вышележащие елкинская и демидковская пачки в пещере не зафиксированы. Эти пачки, перекрытые обвальными-карстовыми и аллювиальными отложениями, выходят на поверхность в склоне р. Сылвы или в глубоких карстовых воронках на поверхности Ледяной горы.

Анализируя распределение выделенных слоев по латерали в пределах пещерного поля можно сделать вывод, что основные объемы пещеры сформированы в пределах нижних (1–4) слоев разреза ледянопещерской пачки (рис. 2). Южные ходы пещеры заложены в слоях 1–2, центральные ходы и залы в слоях 2–4, северо-восточная часть пещеры вскрывает слои 4–5.

Карстовые ходы вскрыли слои в приподошвенной части ледянопещерской пачки, но контакт с карбонатами филипповского горизонта перекрыт пещерными отложениями.

Учитывая падение пластов пачки с северо-востока на юго-запад в восточной части пещеры, перемещение карстовых объемов с севера на юг вниз по разрезу может быть связано с конфигурацией поверхности эпифреатической зоны, контролируемой положением областей питания и разгрузки подземных вод. Северо-восточный район пещеры расположен выше по геологическому разрезу, чем южный, в условиях общего падения ледянопещерской пачки в этом районе с северо-востока на юго-запад.

ЭЛЕМЕНТЫ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Ледянопещерская пачка сильно дислоцирована. Дислокации представлены двумя классами: дизъюнктивным и пликативным, которые в свою очередь подразделяются на типы и виды (таблица).

Пликативные дислокации

Чаще всего они приурочены к сводовым или присводовым частям пещеры, сложенным полосчатыми гипсами слоя 4 (гроты Колизей, Смелых, Метеорный, Коралловый, Вышка, Великан и др.). Здесь представлены гравитационно-гидратационные складки и флексуобразные изгибы отдельных прослоев и пачек прослоев. Яркий пример гидратационного смятия – участок стены в южной стене грота Длинного.

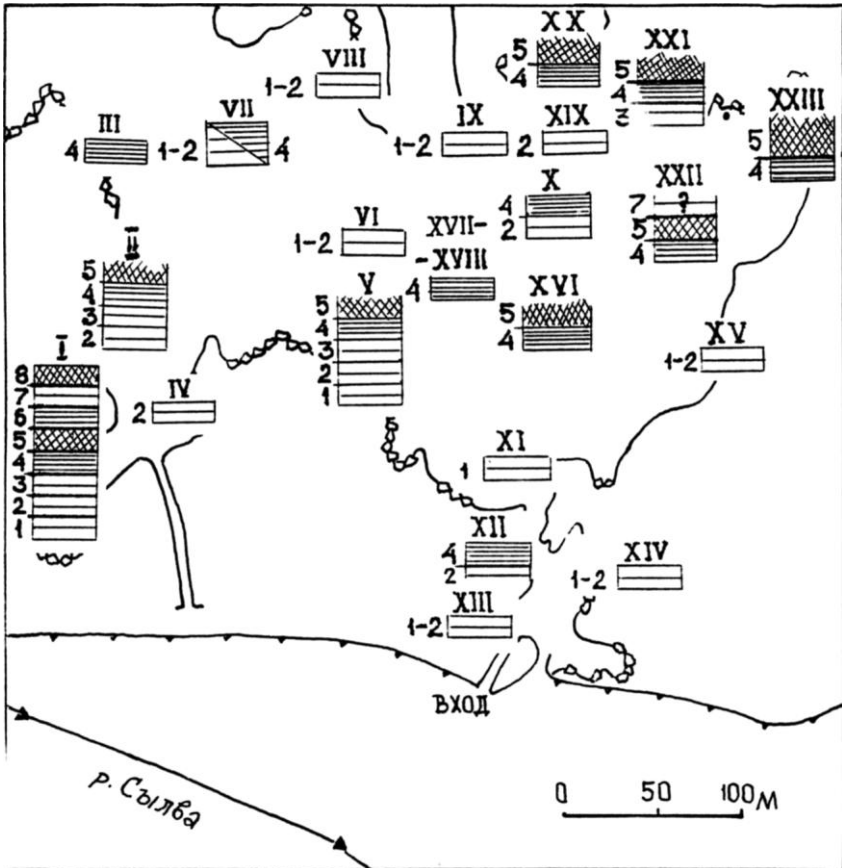


Рис. 2. Схема распределения слоев геологического разреза в пределах пещерного поля. I – гр. Вышка, II – гр. Великан, III – западная останцевая стена гр. Длинный, IV – южная привходовая часть гр. Великан, V – гр. Геологов, VI – гр. Атлантида, VII – гр. Длинный, VIII – гр. Романтиков, IX – северная стена гр. Дружбы Народов, X – западная стена гр. Коллизей, XI – развилка у гр. Данте, XII – участок между гротами Полярный и Скандинавский, XIII – гр. Бриллиантовый, XIV – гр. Полярный, XV – гр. Руины, XVI – гр. Смелых, XVII–XVIII – останцы: южная стена гр. Центральный и восточная стена гр. Дружбы Народов, XIX – участок между гротами Центральный и Коралловый, XX – гр. Эфирный, XXI – гр. Коралловый, XXII – гр. Скульптурный, XXIII – гр. Метеорный

Гравитационному изгибу подвержены толстослоистые гипс-ангидриты слоя 1 (развилка у грота Данте).

Пликативные дислокации гидратационного типа распространены преимущественно в центральной части пещеры и, как правило, приурочены

Элементы дислокационной структуры массива

Класс	Тип (подтип)	Вид
Пликативные	Гравитационные	Изгиб плавный малоамплитудный в толстослоистых ангидритах и гипсах
	Гидратационные	Складчатость смятия внутри слоистых пластов гипс-ангидритов (внутрипластовая складчатость)
	Гравитационно-гидратационные	Складки и флексуорообразные изгибы тонких прослоев
Дизъюнктивные	Литогенетические	Межпластовые трещины Поверхности напластования Микротрещины отдельностей
	Экзогенные (гидратационные)	Трещины сжатия и релаксации
	Экзогенные (гравитационные)	Трещины отслаивания
	Эндогенные (тектонические)	Трещины секущие Трещины внутрислойные

к целикам. Гравитационные и гравитационно-гидратационные формы характерны для периферийных залов пещерного поля, особенно южного (присклонового района).

Дизъюнктивные дислокации

Они представлены в основном литогенетическими, экзогенными и эндогенными типами.

Литогенетические трещины. Межпластовые трещины (поверхности напластования), представленные единичными трещинами или зонами микротрещин, ограничивают слои, прослои, пласты в их кровле и подошве. Трещины напластования или их фрагменты достаточно четко прослеживаются между слоями 1 и 2, 2 и 3 или 2 и 4, между прослоями неволинской пачки (слой 7). Трещины напластования характеризуются раскрытостью 1 мм и более. Как правило, они заполнены глинисто-доломитовыми отложениями. Ширина трещин напластования может достигать 2–3 см (слой 2–3), иногда 5 см. Широкие трещины напластования имеют кальцитово-глинисто-доломитовый рыхлый, переувлажненный заполнитель, и в ряде случаев при описании их выделяют в отдельный тонкий прослой (слой 3–4). В подошве и кровле ледянопещерской пачки, в непосредственной близости от доломитовых относительно мощных слоев, а также в неволинской пачке трещины напластования заполнены волокнистым гипсом.

Образование межпластовых трещин связано с режимом осадконакопления, подчиненного региональной периодичности поступления в бассейн обломочного и растворенного материала.

Зоны микротрещин преимущественно ориентированы параллельно напластованию или разбивают прослои в крест простирания, формируя комковатые отдельности. Поперечник отдельностей варьирует от 1 до 15 см в зависимости от положения слоя в разрезе и его состава. Например, в основании разреза, в слоях 1 и 2 (Гипсо-ангидритового состава), ангидритовые отдельности имеют поперечник 1–1.5 см, гипсовые – 2–2.5. Средняя и верхняя части слоя 4 (гипсовый состав) характеризуются отдельностями до 10 см. В слое 5 (гипсовый состав) отдельности достигают 15 см. В слое 8 (низы шалашнинской пачки гипсо-ангидритового состава) в подошве, на контакте с неволинскими карбонатами, поперечный размер отдельностей 10–15 см, а выше, в верхней части видимой мощности, – 5–3 см.

Раскрытость микротрещин достигает 1–1.5 мм, а ширина зон микротрещин – 1–2 см. Микротрещины заполнены глинисто-доломитовыми отложениями.

Размеры отдельностей Гипсо-ангидритовых слоев определяются во-первых, условиями осадконакопления – динамикой среды, в которой

происходит аккумуляция осадка, во-вторых, условиями протекания гидратации (или дегидратации). Первый комплекс условий в настоящее время трудноустановим, второй – может быть выявлен путем сопоставления данных о положении слоя в разрезе, его глинистости, размере и составе отдельностей, степени обводненности слоя.

Экзогенные трещины. Трещины гидратационного сжатия и релаксации (релаксационного отслаивания) представлены в слоях 1 и 2, переходном слое 3 основания разреза (рис. 3). Образование этого вида трещин в пластах и линзах ангидритового или гипс-ангидритового состава связано с гидратационным сжатием со стороны вмещающих гипсов, расположенных ниже и выше по разрезу, а также замещающих ангидриты по латерали. Конфигурация и характер взаимного расположения трещин позволяет предполагать превалирование стресса субвертикальной ориентировки.

Трещины гидратационного сжатия имеют веретенообразную или серповидную форму на поверхности стен гротов. За счет выщелачивания пород их раскрытость колеблется от 3 до 5 см. Протяженность трещин в плоскости стен – 30–50 см. Глубина проникновения раскрытых трещин в массив – до 10 см, глубже трещины смыкаются и имеют волосное раскрытие или заполняются молочно-белым гипсом (образец 77). В пластовых гипс-ангидритах эти трещины часто сопряжены друг с другом под углами, близкими к 45°, образуя диагональные (относительно кровли и подошвы пласта) системы (гроты Вышка, Великан, Геологов, Атлантида, Романтиков и др.). В линзообразных телах, особенно небольших размеров, трещины этого вида часто ориентированы субперпендикулярно кровле и подошве, без взаимного пересечения .

Плоскости трещин релаксационного отслаивания субпараллельны поверхности стены и перпендикулярны поверхностям напластования. Длина их достигает 50 см, раскрытость в устьевой (прикровельной) части – 20. Как правило, эти трещины зияющие. По трещинам отделяются плоские или слегка выпуклые в сторону грота скорлуповидные блоки толщиной до 40 см (гроты Вышка, Геологов и др.). Данный вид трещин обусловлен как сжатием пласта, так и эффектом разгрузки напряжений сжатия в краевой части межтрещинных блоков после эрозионно-коррозионного расчленения пласта. Трещины данного типа

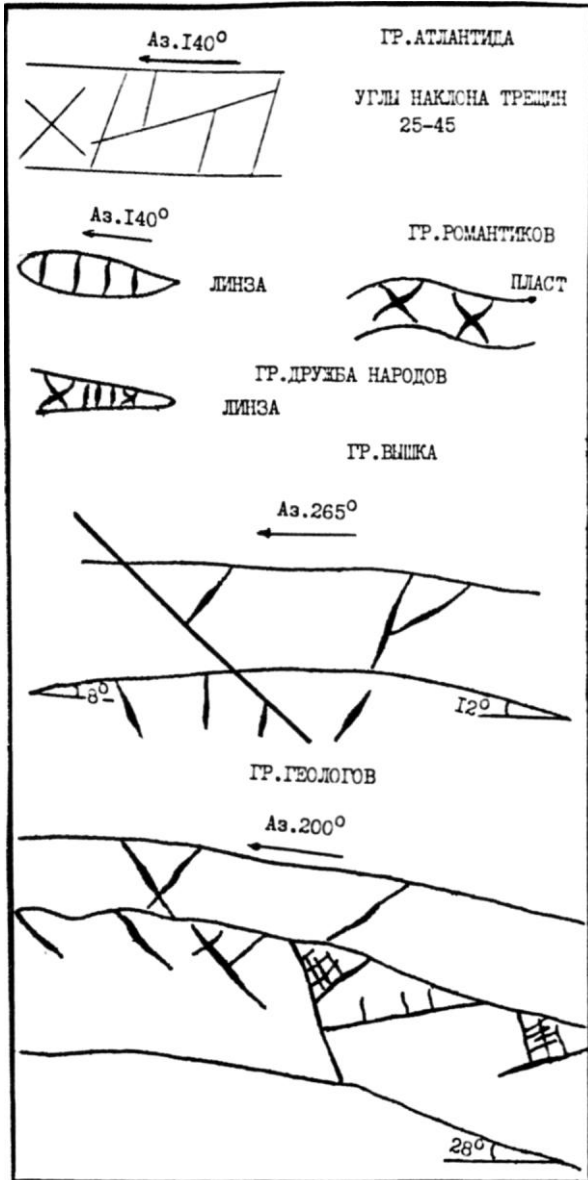


Рис. 3. Виды трещин гидратационного сжатия в нижних гипс-ангидритовых слоях разреза

распространены в пределах одного слоя и не пересекают поверхностей напластования. В случае достаточно мощного (2–3 м) пласта трещины тяготеют к его средней или прикровельной части. В тонких пластах трещины пересекают его от кровли до подошвы.

Данный тип трещин можно наблюдать в местах обнажения нижней части разреза в южном и центральном районах пещеры.

Экзогенные гравитационные трещины в первую очередь связаны с гравитационно-гидратационными пликативными дислокациями отслаивания и изгиба в сводах и плоских потолках обвалных гротов. Гравитационные трещины отслаивания пространственно унаследованы от межпластовых трещин и зон микротрещин, параллельных напластованию. Как правило, трещины данного вида зияющие, без заполнителя.

В пещере встречаются типично гравитационные нарушения карстовой или антропогенной природы (перераспределение напряжений в блоках пород в результате горных ударов и обвалов, ударов и взрывов в карьерах). Такие смещения межтрещинных блоков относительно друг друга по внутрислойным трещинам с глинистым заполнителем можно наблюдать в районе пикетов 35, 14, однако установить их истинную причину (карстовую или антропогенную) практически невозможно. В данном случае необходимы непрерывные длительные наблюдения с последующей интерпретацией результатов, наподобие тех, что проводил В. И. Солуха в 1966–1967 гг. [5].

Эндогенные трещины. Данный тип трещин широко представлен в слоях ледянопещерской пачки. Исследования раскрытости, степени заполненности, зональности распределения, элементов ориентировки трещин в процессе их полуинструментальной съемки позволили выделить в массиве в пределах 30-градусных румбов две ортогональные сопредельные системы: I – 30–60° (СВ), 300–330° (СЗ) и II – 0–30° (СВ), 270–300° (СЗ) [3].

Зачастую в тектонических трещинах заложены каналы растворения. Встречаются трещины как зияющие, так и заполненные вторичным гипсом или глинисто-доломитовым материалом. Ширина раскрытых трещин 0.5–1 мм, трещины могут быть фрагментарно расширены растворением до 1–3 см. Встречаются кулисообразные трещины, а также системы оперяющих трещин типа "конский хвост" (гр. Вышка). Как правило, тектонические трещины субвертикальны, но известны и наклонные трещины с углом падения от 65 до 80° на северо-восток, северо-запад и юго-запад. Отличительной чертой тектонических трещин

является то, что они системны, вследствие чего возможны качественно-количественный анализ их распределения в массиве и пространственная привязка зон аномальных сгущений трещин относительно элементов пещерного поля.

Карта линейной плотности тектонических трещин ледянопещерской пачки дает представление о распределении основных ходов и гротов центрального, южного и восточного районов пещеры относительно поля тектонических дизъюнктивов (рис. 4). Анализ элементов поля позволяет сделать ряд выводов:

пещера приурочена к узлу трещинной тектоники – участку пересечения зон тектонической трещиноватости северо-восток – юго-западной, северо-запад – юго-восточной и меридиональной ориентировок;

южный, восточный и часть центрального района по линии гротов Вышка – Атлантида – Эфирный контролируются зоной северо-восточного простирания. Учитывая падение пород пачки в этих районах с севера на юг, следует ожидать в этом же направлении подтока подземных вод из горизонта карстовой брекчии к северо-востоку от пещерного поля;

центральный район к западу от гротов Вышка – Эфирный контролируется зонами ориентировки северо-запад – юго-восток и север-юг. Принимая во внимание подъем кровли филипповских доломитов к северо-северо-западу, следует ожидать в этом районе подтока подземных вод с северо-северо-запада на юго-юго-восток;

залы и галереи пещеры заложены в пределах зон и участков повышенной линейной плотности тектонических трещин ($300\text{--}600\text{ м} / 2500\text{ м}^2$). Целиковые участки соответствуют низким значениям линейной плотности тектонических трещин (менее $200\text{ м} / 2500\text{ м}^2$).

Тектоническая трещиноватость нижних слоев разреза отличается от трещиноватости средних и верхних слоев ледянопещерской пачки. В нижних более жестких ангидритовых слоях зоны тектонических трещин выражены четче, они более локализованы, а сами трещины часто не имеют заполнителя. Ширина зон трещин в этих слоях варьирует в пределах 10–25 м (разломно-глыбовые зоны в районе грота Данте и перед гротом Центральный). Трещинные зоны в средних и верхних "гипсовых" слоях разреза более широкие, достигают свыше 100 м. Пространственно трещинные зоны нижних слоев ориентированы вкрест простиранию трещинных зон средних и верхних слоев пачки (рис. 5).

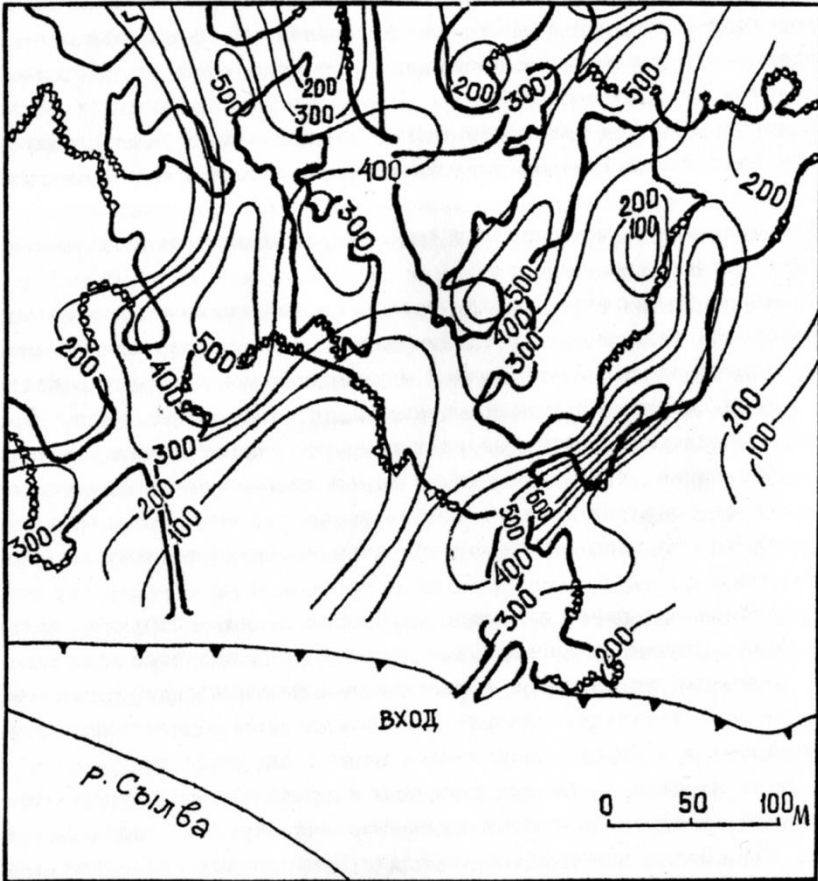


Рис. 4. Плотность тектонических трещин ледянопещерской пачки: 1 – контур пещеры, 2 – изолинии плотности трещин ($\text{м}/2500 \text{ м}^2$)

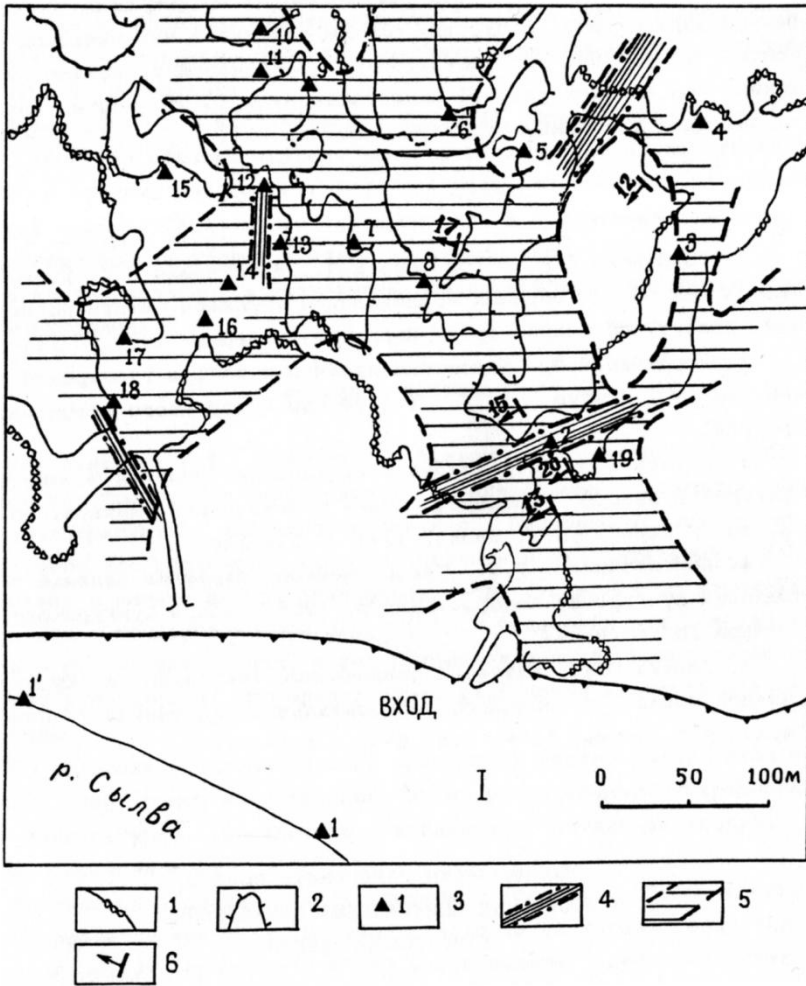


Рис. 5. Соотношения зон тектонических трещин в нижних и средних слоях ледянопещерной пачки: 1 – внешний контур пещеры, 2 – крупные останцы, 3 – гидрометрические посты, 4 – зоны трещин нижних (1–2) слоев, 5 – зоны трещин средних (4–5) слоев, 6 – элементы залегания слоев

Выявленная этажность зон тектонических трещин является характерной чертой толщ, сложенных слоями различной механической прочности. Отсутствие пространственного совпадения ориентировок трещинных зон в слоях разреза свидетельствует об этапности, сложности эволюции трещинной структуры массива [3].

Библиографический список

1. Горбунова К. А., Дорофеев Е. П., Максимович Н. Г. Кунгурская пещера как объект научных исследований // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 1993. С. 113–120.
2. Дорофеев Е. П. Карстовые явления в районе Кунгурской ледяной пещеры. Кунгур, 1977. Т. 1 (Фонды Кунгурского стационара ГИУрО РАН).
3. Катаев В. Н. Структурно-тектонические условия формирования Кунгурской пещеры // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 1993. С. 121–130.
4. Перевозчиков Б. Ф. Геологическое строение Ледяной горы в пределах Кунгурской пещеры. Кунгур, 1956 (Фонды Кунгурского стационара ГИ УрО РАН).
5. Солуха В. И. Изучение современной тектоники в Кунгурской ледяной пещере с помощью горизонтальных маятников // Пещеры / Перм. ун-т. Пермь, 1970. Вып. 8–9. С. 181–183.

ГЕОХИМИЧЕСКИ ИЗМЕНЕННЫЕ ПОРОДЫ И ВТОРИЧНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ КУНГУРСКОЙ ПЕЩЕРЫ

К. А. Горбунова, Н. Е. Молоштанова, Н. Г. Максимович, И. И. Яцына

Пермский университет, Кунгурская лаборатория-стационар ГИ УрО РАН

Комплексное исследование пещеры включало петрографо-минералогическое изучение как коренных карстующихся пород, так и пещерных новообразований. Весной и летом 1993 г. в различных частях пещеры

отобран 81 образец, причем образцы 52–73 из разреза грота Вышка и 74–81 – из грота Геологов. Описание образцов 52–81 приведено в статье В. Н. Катаева.

Летом 1994 г. дополнительно взяты 22 образца (82–101, 111, 113). Все 103 образца описаны макроскопически, из 23 изготовлены шлифы и изучены под микроскопом, 54 подвергнуты рентгено-структурному анализу (РСА) в лаборатории МГУ В. Г. Шлыковым (таблица). Исследован состав водных вытяжек из 32 образцов.

В статье излагаются результаты предварительной обработки полученных данных.

Состояние вопроса

Как отмечает У. Б. Уайт [21], пещеры представляют собой свободное пространство в недрах Земли с идеальными условиями для низкотемпературного минералообразования. Пещерные условия характеризуются как влажные, умеренно щелочные и окислительные. Вода проникает в пещеры в виде атмосферных вод, стекающих по проницаемым зонам, конденсационной влаги [15], подземных вод, питающих озера и ручьи, речных вод, инфильтрующихся в придолинные пещерные массивы в половодье. Минерализующими растворами являются подземные воды.

По условиям осадконакопления Кунгурская пещера разделяется на внешнюю, переходную и внутреннюю части, различающиеся микроклиматом: температурой, влажностью, давлением, движением воздуха, а также обводненностью.

Внешняя привходовая часть пещеры – холодная. Здесь круглый год сохраняется лед [11]. Влажность воздуха достигает 100 %. Зимой холодный воздух проникает в эту часть пещеры, летом отмечается обратное движение. Дальняя часть отличается постоянными положительными температурами, высокой влажностью воздуха, наличием водопроявлений в виде капли, многочисленных озер. Между внешней и внутренними частями расположена переходная зона, границы которой смещаются во времени.

Минерализующими растворами являются трещинно-карстовые воды зоны вертикальной циркуляции, питающие капель, конденсационные воды, поровые в мелкодисперсных отложениях, трещинно-карстовые и

Минеральный состав пещерных новообразований Кунгурской пещеры по данным РСА, % от объема пробы

№ образца	Ангидрит	Гипс	Доломит	Кальцит	Кварц	Плагио-клас	Микро-клин	Снектит	Иллит	Хлорит	Каоли-нит	Целес-тин
1	2.5	31.6	3.6	7.0	1.0	2.5	7.8	1.5	0.8	0.7	0.1.1	
2	8.6	5.9	3.0	1.0	0.0	0.0	3.0	4.0	1.0	0.0		
3	1.4	22.5	2.5	0.0	0.0	0.0	5.5	10.3	1.0	0.0	1.0	
4		100.0	4.3	57.5	0.8					0.3		36.3
5		100.0		98.9								
6	1.5	3.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.5	0.5	5.8
7	0.8	1.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	
8	сл.	100.0	2.0	54.1	1.0	0.0	0.0	1.0		0.1		
9		15.3	7.0	5.0	0.0	15.0	3.0	8.0	0.0	0.7	0.4	2.4
10	8.8	52.0	0.0	1.0	0.0	10.0	1.0	0.0	0.0	сл.		
11	9.7	48.0	0.0	1.5	2.0	10.5	4.3	4.5				
12		100.0	0.0	14.9	13.8	6.3						
13		1.0	0.0	2.0	1.0			0.0				
14		0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.1	
15		7.1	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	
16	18.7	41.0	0.0	1.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	
17	16.5	1.0	0.0	2.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	
18	12.9	26.0	0.0	2.0	1.0	4.0	1.4	1.0	0.0		0.0	7.1
19			0.0	10.0	1.5	2.0	6.0	1.0	0.0		0.0	

Примечание: * следы аллофана, ** флюорит 0.8 %

карстовые воды закарстованных гипсов и ангидритов и карстово-обвальных отложений зоны горизонтальной циркуляции.

По данным гидрохимического обследования, проведенного летом 1993 г., минерализация капли составляла 1211–2147, воды в скважинах, колодце и озерах – 1492–2084, льда, за исключением кристаллов, 1029–2114 мг/л при рН 6.8–8.6 и сульфатно-кальциево-гидрокарбонатном составе. В предпаводковую межень (апрель, март) минерализация повышается. Преобладают слабощелочные воды с рН более 7. Состав подземных вод определяет два типа минерализации в пещере: карбонатный и сульфатный.

Генетические классификации пещерных отложений были предложены Д. С. Соколовым [28] и Г. А. Максимовичем [17]. Д. С. Соколов выделяет остаточные образования, обвальные накопления, аквальные механические осадки (пещерный аллювий, отложения пещерных озер, кольматационные), хемогенные отложения (натечные, отложение из водных растворов ниже уровня подземных вод), пещерный и трещинный лед, органогенные и антропогенные отложения. Г. А. Максимович [17] дополнил классификацию пещерных отложений, подразделив их на аллохтонные (аллотигенные), привнесенные извне, и автохтонные (аутигенные или автигенные), образовавшиеся из компонентов самого карстующегося массива. Недостатком существующих классификаций является неполный учет генетической связи различных типов отложений с геохимически измененными в процессе эволюции пещеры карстующимися породами. Классификации в какой-то степени являются формальными.

Второе направление минералогических исследований – это описание отдельных минеральных индивидов, обнаруженных в пещерах, в соответствии с принятыми минералогическими классификациями [3,31, 32]. Согласно последним данным в пещерах мира выявлено 175 минералов.

Наиболее изучены минералы в карбонатных пещерах [19]. Минералам гипсовых пещер посвящен ряд работ украинских специалистов [13, 27, 30]. Генетическая классификация вторичных минералообразований гипсовых пещер Западной Украины, предложенная И. И. Турчиновым [30], представляет общетеоретический интерес. Впервые обстоятельно обосновывается аэрозольное происхождение ряда гипсовых

вторичных отложений пещер различных регионов [13]. В ряде работ освещаются отдельные разновидности отложений Кунгурской пещеры [1, 2, 9, 10, 12, 14, 16, 23, 24, 29], их геохимия [4–6].

При детальном петрографо-минералогическом изучении отложений Кунгурской пещеры было установлено, что некоторые из них имеют сложное происхождение и не вписываются в существующие классификации. Основным источником осадконакопления являются компоненты слабо измененных материнских пород (ангидрит, доломит, известняк), сильно преобразованных пород (гипсо-ангидрит, ангидрито-гипс, гипс). Частично материал поступает из рыхлых покровных отложений. Возможен его занос в половодье с речными водами. Часть отложений имеет антропогенное происхождение.

В начальные этапы формирования пещеры основную роль играют процессы растворения карстующихся пород, но по мере увеличения объемов полостей возрастает роль других экзогенных процессов.

Эволюция первоначально более или менее однородного карстующегося массива сопровождается его распадом на ряд фациальных обстановок с определенными типами осадков. На примере Кунгурской пещеры показана роль различных процессов в образовании отложений в уже сформировавшейся пещерной системе (рис. 1.).

Основным источником компонентов отложений Кунгурской пещеры служат породы ледянопещерской и неволинской пачек иренского горизонта кунгурского яруса нижней перми. Ледянопещерская пачка слагается в основном ангидритом (общей мощностью 20 м), гипсом (6), доломитом (1.36). В ангидрите отмечаются доломитовые и глинисто-доломитовые примазки [26]. В двух гротах в ангидритах обнаружены глинисто-терригенные линзы (образцы 33 и 92, таблица).

Образец 92 (между гротами Коралловый и Дамские Слезки) – песчано-алевритовая порода. Основная масса представлена зернами кварца (45 %) и полевых шпатов (43 %). Зерна кварца размером 0.1–0.2 мм полупрозрачные, светло-серого или слабого кремового цвета, обусловленного наличием гидроокислов железа; зерна изометричные, хорошо окатанные, единичные – с неровной поверхностью, вероятно, корродированной. Зерна полевых шпатов, в основном плагиоклаза, реже микроклина, размером 0.2–0.3 мм, белые или светло-серые, имеют уплощенную таблитчатую форму с прямоугольными, слегка окатанными сколами. Агрегаты карбонатов и глины размером до 0.4 мм неправильной формы со следами выщелачивания на поверхности,

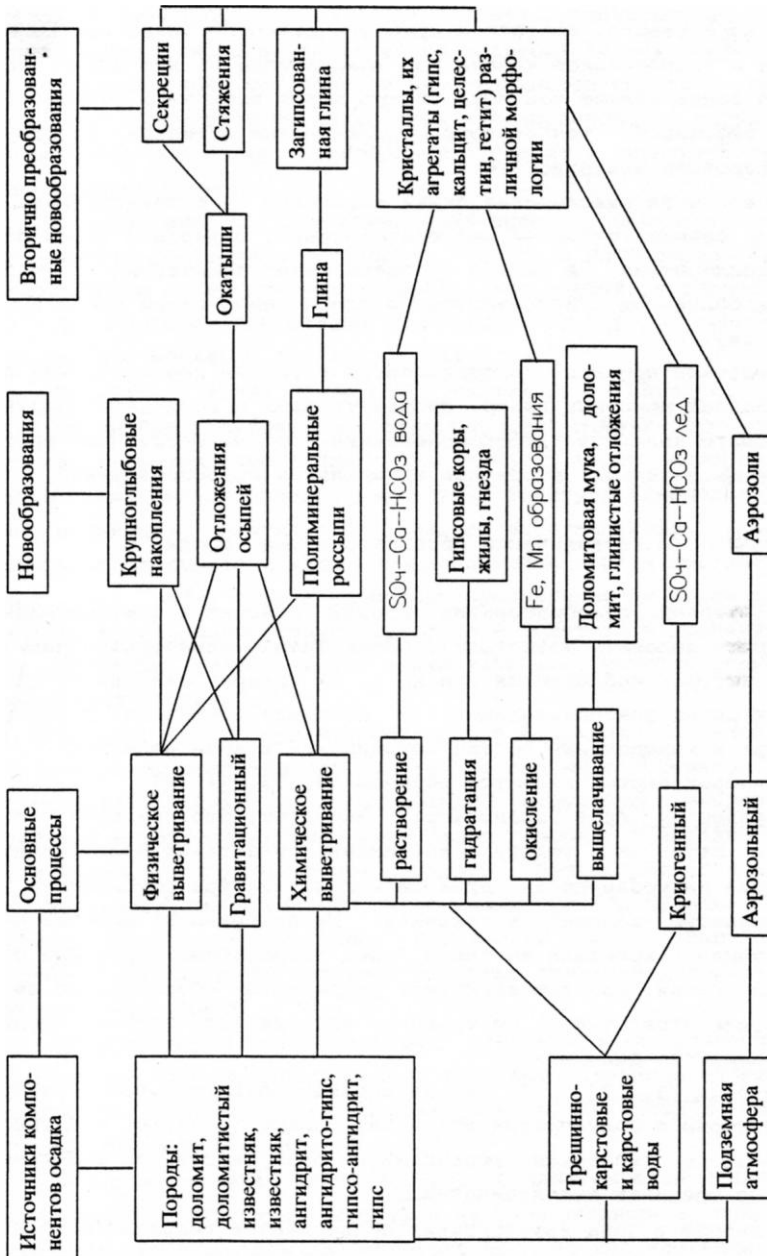


Рис. 1. Схема осадконакопления в Кунгурской пещере

коричневого, желтого и красного оттенков благодаря наличию окислов и гидроокислов железа при воздействии на них HCl распадаются на более мелкие частицы. Встречаются единичные зерна, возможно, эффузивов, темно-серые с зеленоватым оттенком, изометричные с неровной поверхностью.

Вышележащая неволинская пачка мощностью 14 м представлена доломитами серыми, темно- и желтовато-серыми, в верхней части обычно тонкослоистыми, в нижней – органогенно-оолитовыми с ядрами крупных брахиопод. Встречаются прослои темно-серой глины и слой гипса [26].

Карстовый процесс сопровождается глубоким геохимическим преобразованием исходных пород, промежуточными и конечными продуктами которого являются глубокоизмененные породы, остаточные продукты их выщелачивания, вторичные минеральные новообразования.

Геохимически преобразованные породы

По степени преобразования породы относят к слабоизмененным (ангидрит, доломит, известняк), следы физико-химического выветривания которых наблюдаются только на их поверхности или по трещинам, и сильно преобразованным, у которых первичная структура, текстура и минеральный состав сохранились в виде реликтов.

Примером первых являются образцы 39, 73, 74, 76.

Образец 39 (грот Романтиков) – ангидрит, светло-серый с голубоватым оттенком, текстура массивная, участками брекчиевидная, структура микрозернистая. Брекчиевидная текстура обусловлена тонкой примесью доломита в трещинах. На поверхности образца виден налет глины с кристаллами гипса. Под микроскопом структура радиально-лучистая. Розетки ангидрита разделяются относительно мелкозернистыми агрегатами. По трещинам наблюдаются темные примазки пелитоморфного доломита.

Образцы 73, 74, 76 (южная стенка грота Геологов) – ангидрит светло-серый с голубоватым оттенком, микро, мелко- или средне-зернистый с гипсовыми корочками на поверхности или выделениями гипса по трещинам выщелачивания.

Ангидрит в зоне выветривания подвергается гидратации. В пещере этому процессу способствуют высокая влажность, конденсация водяных паров на поверхности породы, увлажнение породы в зоне

сезонных колебаний уровня карстовых вод, значительная обводненность гротов, наличие постоянного водоносного горизонта. Гидратация первоначально проявляется на поверхности породы и по трещинам, где образуются гипсовые коры и жилы гипса, но постепенно она охватывает всю толщу, преобразуя ангидрит в ангидрито-гипс, гипсо-ангидрит и гипс.

Одновременно с гидратацией идет процесс перекристаллизации в результате растворения ангидрита, гипса и последующей кристаллизации гипса из насыщенных сульфатно-кальциевых растворов.

Последовательные стадии преобразования породы прослеживаются на примере образцов 51, 41, 48, 24.

Образец 51 (грот Географов, со стенки) – ангидрит светло-серый со слабым голубоватым оттенком, на поверхности отмечается корка гипсовых кристаллов пластинчатой формы размером до 5 мм, образующих сильно кавернозные друзы. Текстура однородная участками пятнистая, плотная со следами выщелачивания, кавернозная; структура мелкозернистая. Под микроскопом порода состоит из крупных (2–3 мм в длину) удлиненно-призматических зерен ангидрита, иногда в виде сноповидных агрегатов и розеток, в промежутках между которыми располагаются тонкочешуйчатые сгустки пелитоморфной непрозрачной глины.

Образец 41 (северная стенка грота Великан) – Гипсо-ангидрит пятнистый серовато-белого цвета со слабым голубоватым оттенком, трещиноватый. Текстура кавернозная, структура микрозернистая; трещины выветривания выполнены белым гипсом. Участками по трещинам наблюдаются доломитовые примазки. Под микроскопом видно, что между агрегатами ангидрита радиально-лучистого строения располагается мелкозернистый гипс. В качестве примеси присутствуют комочки пелитоморфного строения и черные примазки доломита, обогащенного органикой.

Образец 48 (грот Перепутье, стенка вблизи органной трубы) – ангидрито-гипс беловато-серый; текстура кавернозно-трещиноватая, структура микрозернистая. Корочка кристаллов гипса на поверхности породы покрыта доломитовой мукой.

В шлифе отмечен ангидрито-гипс с пластинчатой мелкозернистой структурой и пятнистой текстурой за счет примеси в гипсе темных (реликтовых) участков доломитового мергеля неправильной и угловатой формы, иногда комковатого строения. Гипс преобладает над ангидритом.

Игольчатые и удлиненно-волокнистые кристаллы ангидрита имеют синюю интерференционную окраску II порядка и прямое угасание.

Образец 24 (грот Данте, восточная стенка) – гипс с реликтами пелитоморфного глинистого доломита. Текстура неоднородная пятнистая за счет темных участков доломитового мергеля и более светлых кристаллически зернистых и волокнистых зерен гипса. Основная масса в шлифе представлена гипсом. Форма зерен волокнистая и пластинчатая. Структура породы неравномернoзернистая, волокнистая. Редкие трещины и поры заполнены мелкозернистым ангидритом.

Образец 42 (из выветрелой стенки грота Вышка) – гипс выветрелый, молочно-белый, пачкается, текстура перемятая, кавернозно-трещиноватая, структура микрозернистая, по трещинам отмечается тонкозернистый доломит. Под микроскопом гипс микро, мелкозернистый, спутанноволокнистый, с темными примазками доломита.

Процессы гидратации и гипсотизации сопровождаются появлением кавернозных текстур, крупнокристаллических, неравномернoзернистых, волокнистых структур, кристаллов, друз гипса на поверхности породы и в трещинах.

Образец 29 (грот Крестовый, из стенки над осыпью) – гипсо-ангидрит светло-серый, текстура массивная, местами кавернозная, структура микрозернистая, участками, где присутствуют единичные зерна гипса, крупнокристаллическая; на поверхности видны кристаллы гипса. Местами встречается гипс молочно-белого цвета типа алебаstra. Гипс имеет игольчато-спутанноволокнистую структуру и однородную текстуру (таблица).

При выветривании ангидрита, Гипсо-ангидрита и гипса содержащиеся в них глинистые и доломитовые примеси накапливаются в углублениях и трещинах выветрелой породы в виде доломитовой муки (образцы 63, 65, 72) или глинисто-доломитового материала (образец 62). Вероятно, в некоторых случаях возможно замещение прослоев доломита гипсом (образец 32).

Образец 32 (Резной проход, северная стенка) – гипс светло-серый, спутанноволокнистый, с участками тонких прожилок и налетов на сколах пелитоморфного буровато-серого глинисто-доломитового вещества. Текстура гипса массивная, структура микрозернистая. Участки глинистого доломита представлены остроугольными "обломками", которые, очевидно, являются реликтами первичной породы, замещенной гипсом.

На поверхности породы образуются также налеты глинисто-кальцитового (образцы 53–55), марганцево-железистого (образец 59) состава, гидроокислов железа (образцы 26, 30, 66).

Образец 26 (грот Крестовый, из стенки у верхней части осыпи под органичной трубой) – гипс светло-серый, текстура массивная, перемятая, неясно слоистая, структура тонкозернистая. Видны следы нарастания гипса (слойки), по трещинам – бурый налет глинистого состава, обогащенного гидроокислами железа. Под микроскопом выявляется пятнистая текстура гипса, обусловленная более темными пелитоморфными и светлыми перекристаллизованными участками. По трещинам наблюдаются бурые пленки гидроокислов железа и мелкие скопления микрооолитов железа. Структура породы тонкозернистая, спутанноволокнистая, участками среднезернистая, пластинчатая. Пелитоморфная структура отмечается на отдельных участках в виде сгустков неправильной и овальной формы.

Образец 30 (грот Руины, северо-западная стенка на границе с потолком) – гипс светло-серый, пятнами молочно-белый; текстура массивная, структура микрозернистая со следами выщелачивания на поверхности образца. В шлифе гипс имеет игольчато-спутанноволокнистую структуру и пятнистую текстуру за счет наличия малопрозрачных пелитоморфных участков. По тонким трещинам и в виде пятен наблюдается примесь бурых гидроокислов железа.

Как уже отмечалось, для пещеры характерна сульфатная и в меньшей степени карбонатная минерализация. Наряду с избирательным растворением (выщелачиванием) породы, что отражается в появлении пористых текстур, происходит заполнение пор гипсом (образцы 23, 25).

Образец 23 (грот Данте, восточная стенка) – доломит буровато-светло-серый, сильно пористый, текстура тонкослоистая, структура тонкозернистая, псевдооолитовая. В шлифе наблюдается чередование слоев тонко-, мелкозернистых и пористых толщиной 2–3 мм. Поры неправильной формы заполнены зернами гипса различной ориентировки.

Образец 25 (северная часть грота Данте, восточная стенка) – доломит светло-серый со слабым кремовым оттенком, структура тонкозернистая, текстура тонкослоистая, пористая, структура тонкозернистая, поры заполнены пластинчатым и зернистым гипсом. Реагирует с HCl в порошке.

Пещерные отложения

Физико-химическое преобразование пород в процессе формирования пещерной системы сопровождается появлением новых пещерных отложений, при изучении генезиса которых необходимо установить

- 1) источники компонентов осадка;
- 2) способы переноса (аллотигенный, аутигенный) компонентов осадка;
- 3) механизм осадконакопления.

В Кунгурской пещере распространены обломочные, глинистые, химические, в меньшей степени, вероятно, биохимические и органические, а также антропогенные отложения.

Основным источником составных частей осадков являются коренные карстующиеся породы и их компоненты, частично – компоненты вышележащих покровных отложений и материал, приносимый в половодье рек, антропогенные отложения, привнесенные в пещеру при ее оборудовании и эксплуатации как туристического объекта.

Преобладают гравитационный, водный, криогенный способы переноса компонентов осадка. Механизм осадконакопления определяется фациальной обстановкой пещерного пространства. Для Кунгурской пещеры намечаются следующие микро и мезофациальные обстановки:

1. Центральные части гротов, расположенные под формирующимися сводами с обвальными крупноглыбовыми накоплениями.

2. Конусообразные осыпи под органическими трубами, осадки которых являются результатом гравитационного перемещения материала, Физического и химического воздействия на него капающей воды, химических реакций, протекающих на влажных участках осыпей.

3. Нижние части стенок гротов и ниши, где накапливаются мелкообломочные и глинистые продукты физико-химического выветривания коренных пород в виде полиминеральных россыпей.

4. Гроты с условиями, благоприятными для роста кристаллических новообразований (гипса).

5. Подземные озера с хемогенными кальцитовыми пленками на поверхности воды и обломочно-глинистыми карбонатными, местами загипсованными донными осадками.

6. Холодные гроты с ледяными образованиями и россыпями кристаллов гипса криогенного происхождения.

7. Участки гротов с повышенной концентрацией аэрозольных частиц и сезонными аэрозольными образованиями.

8. Туристские маршруты с антропогенными отложениями.

Каждая фациальная обстановка характеризуется определенным комплексом отложений, которые, за исключением крупноглыбовых накоплений, рассмотрены в работе.

Отложения осыпей

Осыпи под органными трубами являются особыми обстановками пещерного осадконакопления. Они включают от крупных глыб до глинистых частиц и хомогенных образований. Отложения осыпей формируются под влиянием различных процессов: гравитационных (обрушение обломков пород, слагающих стены и потолок органных труб, и перемещение их под действием силы тяжести), механического воздействия капающей воды на обломочный материал, выщелачивания и растворения пород водой, физико-химического выветривания обломочного материала, кристаллизации гипса, кальцита, реже – целестина, в порах, кавернах и на поверхности обломков, заполнения каверн глинистым и другим материалом.

К вторичным образованиям осыпей относятся окатыши, стяжения и связанные с ними секреции. Обломки пород представлены ангидритом, гипсом, доломитом и известняком. Под влиянием механического и химического воздействия капающей воды обломки пород поперечником до 5 см приобретают слабоокатанную форму и пористо-кавернозную текстуру. Преобладают окатыши из более устойчивых по сравнению с гипсом карбонатных пород.

Образец 93 (конусообразная осыпь под органной трубой в гроте Эфирный) – представлен окатышами карбонатного состава (доломит, известняк). Поры и каверны окатышей из верхней части осыпи заполнены глинистым материалом, в средней части глинистый наполнитель ожелезнен. Окатыш из нижней части осыпи имеет доломитово-кальцитовый состав с примесью (не более 5 %) терригенно-глинистого материала (таблица).

Структура карбонатов пелитоморфная, реже – микрозернистая, текстура сильно пористо-кавернозная, перемятая, часто напоминает оолитовую породу с выщелоченными ооидами, причем часть пор заполнена окатанными зернами кварца.

По мере смещения окатышей вниз по склону осыпей из зоны капели в менее влажные зоны в полостях начинается процесс кристаллизации кальцита, гипса, реже – целестина.

Образец 10 (осыпь в гроте Крестовый) – окатыш неправильной, почти округлой формы светло-серого цвета размером 2,1×3,2 см. С шероховатой, неровной поверхностью из-за пористо-кавернозной, комковатой текстуры. Отмечается бурная реакция с HCl.

Под микроскопом внутреннее строение микрозернистое, переходящее в пелитоморфное по периферии, текстура пористо-кавернозная, причем некоторая часть пор и каверн заполнена вторичными минералами. Пустоты неправильной формы размером от 0,3 до 2,5 мм выполнены бесцветными прозрачными кристаллами размером 0,03–0,1 мм. Основная масса сложена кальцитом, среди которого отмечаются редкие единичные зерна обломочного кварца. Зерна кальцита имеют изометричную округлую форму размером 0,003–0,005 мм. Они характеризуются резко выраженной псевдоабсорбцией и высокими цветами интерференции – телесного цвета с перламутровым отливом.

На фоне кальцита выделяются неправильные агрегаты, заполнившие часть пористо-кавернозного пространства (30 % общего объема пор), представленные кристаллами целестина столбчатой короткопризматической и, реже, неправильной формы размером 0,02–0,04 мм (таблица).

На поверхности осыпей под влиянием эффекта "слипания" отдельных мелких обломков образуются стяжения, причем цементом являются карбонатно-глинистый материал, кальцит, гипс.

Образец 27 (грот Крестовый, верхняя часть осыпи под органической трубой) – стяжение буровато-серого цвета, сильно пористое, текстура брекчиевидная за счет цементации обломков карбонатных (доломитовых) пород кальцитом, структура микрозернистая, комковатая. Бурно реагирует с HCl.

Под микроскопом известняк тонко-, микрозернистый, участками оолитовый, неравномерно пористый (микрокавернозный) с прожилковым типом перекристаллизации и выполнением отдельных пор опалом (?) желтоватого цвета в параллельных николях, изотропным в скрещенных николях. В шлифе встречаются беспорядочно разбросанные округлые непрозрачные обособления, белесые в отраженном свете, иногда как будто с внутренней микроструктурой, напоминающей споры. Состоит в

основном из кальцита и доломита с незначительной примесью гипса и кремнезема (таблица).

Образец 61 (грот Вышка) – стяжения округлой или овальной формы с неровной поверхностью серовато-бурого цвета состоят как из обломков (около 1 мм), так и из мельчайших оолитов доломита, сцементированных кальцитово-глинистым материалом. Некоторые стяжения имеют цемент сложного состава.

Образец 71 (грот Вышка) – глинисто-алевритовая дресвянистая масса серого цвета, пропитанная кальцитовыми выделениями с гнездами зернистого или волокнистого гипса.

Образец 89 (грот Морское Дно, из осыпи под органной трубой) – рыхлая масса светло-серого цвета, сложенная стяжениями и обломками доломита размером от долей миллиметра до 3–4 см. Текстура комковатая, сильнопористая. Точечные выделения терригенного материала имеют темную окраску на фоне светлой массы доломита. На поверхности описанных образований отмечается тонкий мучнистый налет гипса. В составе преобладает доломит с примесью кальцита, кварца и незначительным содержанием гипса и смектита (таблица). Вероятно, в местах капли при взаимодействии сульфатных вод с доломитом протекают процессы дедоломитизации. В оолитовых доломитах отдельные ооиды замещаются кальцитом.

Образец 31 (Резной проход, верхняя часть осыпи под органной трубой) – сильно пористая масса, состоящая из обломков карбонатной породы (доломита, известняка) и стяжений кальцита. Текстура брекчиевидная, оолитовая, микропористая, структура микрозернистая. Бурно реагирует с HCl.

Известково-доломитовая порода под микроскопом состоит из удлинненно-овальных и субовальных оолитов диаметром от 0,2 до 1,5 мм. Строение ооидов однородное, иногда зональное в центре с полостью или перекристаллизованным мелкозернистым кальцитом. Перекристаллизация наблюдается также между отдельными оолитами и вдоль мелких редких микротрещин. Микропоры, характерные для породы, в ряде случаев выполнены кремнеземом. В составе преобладает кальцит и доломит, присутствуют гипс и кремнезем (таблица).

Кальцитизация доломита наблюдается и в образцах 38, 43.

Полиминеральные образования

Полиминеральные образования, или инфлювий, представляют собой рыхлые грубодисперсные псаммито-мелкопсефитовые россыпи, накапливающиеся в трещинах и нишах пород и льда, у подножия стенок гротов. Они состоят в основном из остаточных продуктов физико-химического выветривания пород, слагающих стены и своды полостей. Возможно частичное поступление материала по трещинам из вышележащей толщи, а также глинистых частиц, приносимых с поверхности при инфильтрации атмосферных осадков через проницаемые закарстованные зоны. В глинистых разновидностях и на поверхности льда возрастает роль гипса, кристаллизующегося из сульфатно-кальциевых растворов. Состав инфлювия в значительной степени зависит от состава исходной породы (рис. 2, 3).

В ледянопещерской пачке помимо ангидрита, доломита, известняка встречаются песчано-глинистые линзы. Одна из таких линз исследована в Резном проходе (образцы 33, 34).

Образец 33 (западная стенка в Резном проходе) – песчаник мелкозернистый бурого цвета с комками глины размером до 6 см. Состав полиминеральный со слабым кальцитовым цементом (реагирует с HCl). Полимиктовый мелкозернистый (0.1–0.2 мм) песчаник имеет микрослоистую текстуру и псаммитовую структуру, типичен для терригенных пермских отложений. Состоит из зерен кварца, полевых шпатов, обломочков алевролита, карбонатных, кремнистых и ожелезненных пород, зерен глауконита. Цементом является более тонкий материал аналогичного состава с примесью кальцита. По данным РСА в его состав входят кварц, плагиоклазы, доломит, кальцит, иллит (таблица). На контакте с линзой порода сильно изменена (образец 34).

Образец 34 (Резной проход) – осадок бурого цвета, комковатый, рассыпчатый. Обломки Гипсо-ангидрита размером от 2 до 5.5 см обволакиваются глиной, содержащей доломитовую пыль (слабая реакция с HCl). Часть обломков сложена глиной сильно известковистой (бурная реакция с HCl). В шлифе участки гипса со спутанноволокнистой структурой разделяются песчанистыми и глинисто-карбонатными пелитоморфными образованиями, что напоминает брекчиевидное строение. Создается картина раздробления гипсовой породы, в которую по трещинам "затягивался" обломочно-карбонатный материал. В карбонатном

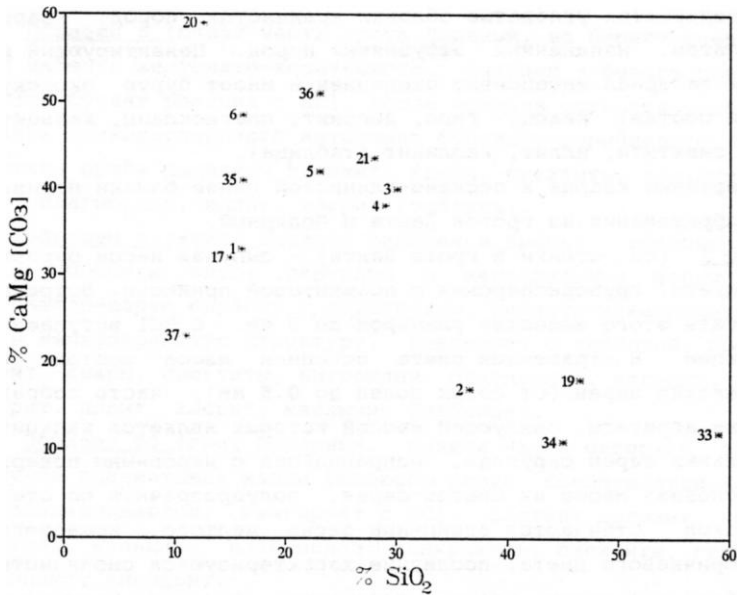


Рис. 2. Соотношение кварца и доломита в полиминеральных образованиях

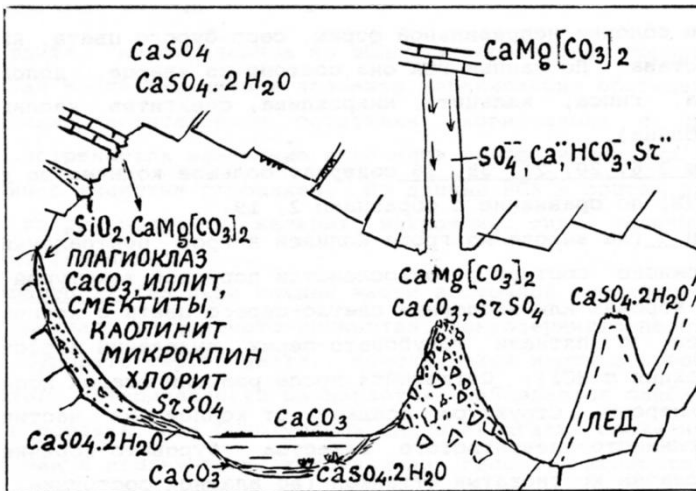


Рис. 3. Минеральные ассоциации Кунгурской пещеры (по К. А. Горбуновой)

материале содержатся угловатые обломки кремнистых пород, кварца полевых шпатов, измененных эффузивных пород. Цементирующий их карбонатный материал интенсивно ожежен и имеет бурую окраску. Минеральный состав: кварц, гипс, доломит, плагиоклазы, кальцит, микроклин, смектиты, иллит, каолинит (таблица).

По содержанию кварца к песчано-глинистой линзе близки полиминеральные образования из гротов Данте и Полярный.

Образец 2 (со стенки в гроте Данте) – сыпучая масса буровато-серого цвета, грубодисперсная с псаммитовой примесью. Встречаются агрегаты этого вещества размером до 5 мм. С HCl вступает в бурную реакцию. В отраженном свете основная масса состоит из скопления мелких зерен (от сотых долей до 0.5 мм), часто собранных в рыхлые агрегаты, связующей массой которых является кальцит. Форма отдельных зерен округлая, неправильная с неровными поверхностями. Основная масса их светло-серая, полупрозрачная со стекляннным блеском. Отмечаются единичные зерна желтого, кремового, буровато-коричневого цвета, последние характеризуются смолянистым блеском. Образец содержит кварц, плагиоклаз, доломит, микроклин, гипс, смектиты, кальцит, ангидрит, иллит, хлорит (таблица).

Образец 19 (нижняя часть стенки в северной части Полярного грота) – сыпучая псаммитовая масса с примесью дресвы включает более крупные обломки неправильной формы, серо-бурого цвета, карбонатного состава. По данным РСА она состоит из кварца, доломита, плагиоклаза, гипса, кальцита, микроклина, смектитов, каолинита, иллита (таблица).

Образцы 3–6, 20, 21, 35, 36 содержат большое количество доломита (38–59 %) по сравнению с образцами 2, 19.

Образец 3 (на выходе из грота Колизей в грот Центральный) – крошка сложного состава с тонкослоистой пористой текстурой типа нарастания корочек или наслоения светло-серого цвета с коричневатым оттенком, с пятнами голубовато-серых выделений карбонатов (бурная реакция с HCl). Оставшийся после реакции осадок исследовался в иммерсии. Структура осадка – от коллоидных частиц до сгустков глинисто-алевритистого вещества буровато-коричневого цвета со слабым красноватым оттенком (во влажном состоянии) размером до 1.0 мм. В пробе присутствуют доломит, кварц, кальцит, плагиоклаз, смектиты, микроклин, каолинит, флюорит, иллит, хлорит.

Образец 5 (южная часть грота Длинный, на берегу озера) – мелкая щебенка желтовато-коричневого, пятнами – белого цвета. Отмечается бурная реакция с HCl, после которой остается нерастворимый осадок тонкодисперсного материала буровато-коричневого цвета. В составе пробы выявлены доломит, кварц, смектиты, кальцит, микроклин, плагиоклаз, иллит, хлорит (таблица).

Образец 6 (между гротами Великан и Вышка) – гравийно-песчаная смесь. Обломки имеют округлую и неправильную форму, буровато-светло-серую окраску, ступковую, пористо-кавернозную текстуру и мелкозернистую структуру. Реагирует с кислотой. Состав: доломит, кварц, смектиты, микроклин, плагиоклаз, кальцит, гипс, ангидрит, иллит, хлорит, каолинит (таблица).

Образец 20 (грот Полярный, нижняя часть северной стенки) сыпучая псаммитовая масса бежевого цвета. Комочки этой массы легко раздавливаются. Реагирует с HCl. Состав: доломит, кварц, целестин, кальцит, плагиоклаз, микроклин, смектиты, гипс, иллит, каолинит, ангидрит.

Образец 21 (западная часть Полярного грота, ниша в нижней части стенки на высоте примерно 70 см от пола) – рыхлая пористая глинисто-алевритовая масса серовато-бурого цвета. Реагирует с HCl.

В шлифе, изготовленном из обломка карбонатной породы, микрозернистая масса кальцита и доломита неравномерно обогащена переработанными растительными остатками, коричневыми в проходящем свете; встречаются единичные включения углефицированных остатков растений с ячеистым строением. По данным РСА в состав входят доломит, кварц, целестин, кальцит, микроклин, гипс, смектит, иллит, каолинит (таблица).

Образец 22 (из ниши нижней части восточной стенки грота Данте) – сыпучая, алевритисто-глинистая, тонкозернисто-пелитоморфная масса буровато-серого цвета. Комочки этой массы с преобладанием глинистого материала легко разминаются; наблюдается слабая реакция с HCl в порошке. Под биноклем видны агрегаты, сложенные тонко-зернистыми и игольчатыми кристаллами гипса, ангидрита, тонкой примесью доломита, глинистого материала, обломочков кварца и неправильных образований органики с характерным темно-коричневым, почти черным цветом, смолянистым блеском.

Образец 35 (северо-восточная часть грота Колизей, из ниши) – глина комковатая, грубодисперсная, темно-коричневая с черным налетом, тонкослоистая. Слойки подчеркиваются кальцитовой пленкой. По данным РСА содержит доломит, кварц, кальцит, смектиты, микроклин, плагиоклаз, иллит, целестин, хлорит, каолинит, гипс.

Образец 36 (проход из грота Геологов в грот Братский) – сыпучая масса буро-серого цвета, грубодисперсная, с дресвой и комочками глины и Гипсо-ангидритовой породы. Комки глины легко раздавливаются и бурно реагируют с HCl, но реакция быстро заканчивается. В шлифе гипсово-ангидритовая порода представлена радиально-лучистыми агрегатами ангидрита размером до 3 мм и участками относительно мелкозернистого гипса. Сыпучая масса состоит из доломита, кварца, плагиоклаза, кальцита, микроклина, иллита, хлорита, смектита, каолинита.

Образцы 1 и 17, отобранные из ниш во льду, загипсованы.

Образец 1 (грот Бриллиантовый, из ниши во льду) – сыпучая масса буровато-серого цвета. В отраженном свете (при увеличении 4×12.5) тонкозернистая масса сложена агрегатами буровато-светло-серого и отдельными зернами белого цвета, прозрачными, неправильной, иногда изометричной формы, кроме того, встречаются кристаллы игольчатой формы (возможно гипс). Исследование в иммерсии показало преобладание гипса, доломита, наличие ангидрита и кальцита.

Гипс представлен зернами игольчатой, таблитчатой, удлинненно-призматической формы с четко выраженными прямолинейными ограничениями размером 0.05–0.1 мм. Ангидрит встречается в виде единичных зерен изометричной или короткопризматической формы. Доломит и кальцит слабо различаются под микроскопом, представлены как единичными зернами, так и микростяжениями с пелитоморфным строением.

Кварц представлен неправильными изометричными или удлинненно-призматическими зернами, в последнем случае отмечается четкое прямое угасание. Специфических зерен плагиоклаза с его характерными признаками не установлено. Возможна его тонкая примесь в пелитоморфных агрегатах, сложенных глинистым материалом. По данным РСА в образце 1 обнаружены доломит, гипс, кварц, кальцит, плагиоклаз, ангидрит, смектиты, присутствует аллофан.

Образец 17 (грот Бриллиантовый в нише ледника) – сыпучая масса буровато-серого цвета с преобладанием карбонатов (реагирует с

HCl) и гипса. По данным РСА содержит доломит, гипс, кварц, плагиоклазы, кальцит, микроклин, ангидрит, хлорит, смектиты, иллит (таблица).

Загипсованы также и глинистые разновидности инфлювия.

Образец 37 (грот Геологов, нижняя часть стенки) – дресва средне- и мелкообломочная в глиноподобной массе темно-коричневого цвета со стяжениями гипса. Глина плотная, пелитоморфная, участками грубодисперсная. Слабо реагирует с HCl. Под микроскопом представляет собой агрегат из коллоидных сгустков, с редкими чешуйками гидрослюд и обломочками кварца размером около 0.01 мм. Среди этой массы наблюдаются обломки гипса и доломита размером 1–2 мм и крупнее. По данным РСА проба состоит из ангидрита, кальцита, доломита, гипса, кварца, смектитов, иллита, микроклина (таблица).

Образец 47 (из ниши грота Перепутье) – глина темно-коричневого цвета, насыщенная дресвой с обломками гипса, доломита и известняка (крупные обломки размером до 5 см). Глина вязкая, липкая. Известняк светло-серый с желтоватым оттенком, глинистый, мелкозернистый. В шлифе известняк кавернозный, мелкозернистый с гранобластовой структурой. Каверны неправильной формы размером до 3–5 мм заполнены тонкодисперсной бесцветной массой гипса с серыми цветами интерференции. По данным РСА в пробе установлены гипс, кварц, плагиоклазы, кальцит, смектиты, микроклин (таблица).

Таким образом, инфлювий, состоящий в основном из породообразующих минералов, содержит в повышенных концентрациях по сравнению с исходной породой не характерные для последней минералы. Намечается несколько микрофаций инфлювия: 1) инфлювий на поверхности льда – обогащен гипсом, образующимся при режеляции (замерзании сульфатно-кальциевой воды, оттаивании и испарении минерализованного льда), 2) инфлювий "теплой" части пещеры с преобладанием более устойчивых минералов: доломита и кварца – и тесной зависимостью от состава исходной породы, 3) глинистый инфлювий в нижних частях россыпей с вторичной загипсованностью.

Кристаллические новообразования

Хемотропные вторичные кристаллы гипса впервые были описаны Е. П. Дорофеевым [12]. Он отмечает разнообразие формы кристаллов: игольчатой, таблитчатой, чешуйчатой, шестоватой и двойниковой.

Сростки кристаллов встречаются в виде конкреций, дендритов, друз, прослоек, корочек. В некоторых местах кристаллы образуют россыпи. В дополнение к известным приведем описание некоторых новообразований в соответствии с классификацией И. И. Турчинова [30].

Кристаллизация гипса при испарении пленочных растворов на гипсово-ангидритовом основании. Конденсационные и инфильтрационные воды в виде капиллярной пленки растворяют ангидрит и гипс, насыщаясь сульфатом кальция. При их испарении зарождаются и растут кристаллы в виде индивидов или их агрегатов.

Образец 40 (северо-западная часть стенки грота Великан) одиночные кристаллы гипса длиной до 8 мм, прозрачные, со стеклянным блеском, удлиненной формы с ромбовидным срезом.

Образец 11 (между гротами Крестовый и Руины, со стены вблизи органной трубы) – радиально-лучистый агрегат гипса, выросший из множества разноориентированных иголок на стене – "гипсовый еж". Гипс пластинчатый, игольчатый, мелкозернистый; размеры зерен изменяются от долей до 2 мм. Текстура в центре образования беспорядочная, по краям – радиально-лучистая, сильно пористая. Между зернами видны поры размером до 2 мм (таблица).

Кристаллизация гипса в трещинах. Из сульфатных растворов, медленно стекающих по стенкам трещин, кристаллизуется гипс, постепенно заполняющий трещины. В результате образуются жилки, селенитовые прослойки.

Образец 15 (из трещины в стенке грота Грязный) – корочка из разноструктурного гипса: в основании видны удлиненные кристаллы пластинчатой формы размером по длинной оси 2–6 мм, ориентированные перпендикулярно основанию; головки кристаллов имеют округлую форму и сложены мелкозернистым сахаровидным гипсом типа алебаstra, загрязненным серой глинистой пылью (таблица).

При кристаллизации селенита по мелким трещинам или на поверхностях наслоения появляются тонкие слойки, слоистые текстуры.

Образец 12 (со стены в гроте Вышка) – гипс селенит белого цвета состоит из игольчатых кристаллов гипса, слегка деформированных, плотно прилегающих друг к другу размером до 21 мм (таблица).

Образец 28 (грот Крестовый, из стенки над осыпью на границе с потолком) – слойки селенита белого цвета (на сколе), текстура слоистая, толщина слойков 3–6 мм, структура игольчато-волокнистая.

На поверхности отмечен глинисто-доломитовый налет (2–3 мм), в котором наблюдаются новообразования гипса. В шлифе текстура слоистая с автономным структурным узором каждого слойка (наподобие косой слоистости). Структура внутри слойков волокнистая. В субвертикальных трещинах между смежными слоями селенита обнаружена кристаллобластовая структура разноориентированных зерен гипса с примазками органического (?) вещества, участками тонкозернистого глинисто-карбонатного материала и редкими зернами барита или целестина (?).

Кристаллизация гипса в глинистом заполнителе и обломочно-глинистых отложениях. Гипс кристаллизуется при испарении поровых сульфатно-кальциевых вод в глине, накапливающейся на поверхности ангидрита, гипса, доломита при их растворении или заполняющей поры и полости в обломочных отложениях.

Образец 14 (грот Колизей) – кристаллы гипса, проросшие в глине на поверхности ангидрита. В основании друзы гипса отдельные кристаллы в поперечнике не превышают 1 мм; расширяясь кверху, они приобретают пластинчатую форму, ширина отдельных пластинок возрастает до 10 мм, а длина составляет 25–35 мм. На поверхности кристаллов наблюдается перламутровый отлив. Гипс светло-коричневый, прозрачный (таблица).

Образец 49 (из стенки в центре грота Перепутье) – гипсово-глинистый серо-бурый осадок, сильно пористый, образован благодаря росту пластинчатых кристаллов гипса в глине. Текстура перемятая, кавернозная, структура для глины – пелитовая, для гипса – крупнокристаллическая. Кристаллы пластинчатой формы представляют собой радиально-лучистые агрегаты на общем тонкозернистом основании, сверху они покрыты доломитовой мукой.

Под микроскопом наблюдается крупнокристаллический разнозернистый гипс с пластинчатой структурой. Кристаллы гипса имеют светло-желтую окраску в проходящем свете. Отдельные зерна содержат многочисленные мелкие размером 0.1–0.3 мм призматические зерна ангидрита. Кроме гипса и ангидрита в породе наблюдаются сгустки глинистого вещества, непрозрачного в проходящем свете, с пелитовой структурой. На стыке глинистых и гипсовых слоев располагаются крупные, до 0.5 см, неправильной формы каверны.

Гипс и кальцит кристаллизуются также в обломочных отложениях, цементируя обломки в сгустковые комочки или стяжения.

Образец 91 (ниша в северной стенке грота Метеорный, зона глыбовых брекчий) – щебенка доломита размером от 0.5 до 2–3 см подлинной оси, на поверхности обломков агрегаты из мелкозернистых, изометричных, реже – удлинённых зерен гипса. Гипс отлагается как по наслоению, так и в полостях выщелачивания. В составе преобладает гипс, доломит с примесью кремнезема (таблица).

Образец 90 (из ниши в стенке грота Скульптурный, зона брекчий) – сыпучая масса светло-серая, состоящая из обломков размером до 2 см, которые сложены сгустками, комочками округлой и неправильной формы с пористой поверхностью размером от 1 до 4 мм. Основная масса комочков представлена доломитом с гнездами кальцита и единичными гнездами гипса в кавернах или трещинах. Терригенная примесь рассеяна равномерно в межзерновом пространстве доломита. В составе образца преобладают доломит, кальцит, присутствуют гипс, кварц, смектит.

Кристаллизация гипса в порых коренных пород, стяжениях.

Этот процесс типичен для Кунгурской пещеры. Подобные новообразования описаны в соответствующих разделах данной работы.

Кристаллизация кальцита на поверхности гипсо-ангидритовых стен.

Кальцит кристаллизуется в виде налетов и корочек при испарении пленочных менее минерализованных сульфатно-кальциево-гидро-карбонатных вод на первой стадии их концентрации.

Образец 9 (северо-западнее грота Грязный) – тонкозернистая, местами – мелкозернистая, корочка из кальцита светло-серого цвета на поверхности гипса-алебаstra с тонкозернистой, сахаровидной структурой (таблица).

Образец 13 (со стенки северо-западнее грота Грязный) – корочка кальцита на поверхности гипсовой стенки, снаружи коричневато-кремовая, внутри – молочно-белая, сахаровидная, пористая. Хорошо реагирует с HCl. Состоит из кальцита с незначительной примесью гипса.

К вторичным новообразованиям относятся также продукт физико-химического выветривания ангидрита и доломита – доломитовая мука (образцы 57, 58, 62, 63, 65, 72), образования железистого состава.

Образец 60 (грот Вышка) – стяжения гидроокислов железа диаметром до 10 мм, состоящие из оолитов гетит-гидрогетитового состава, сцементированных кальцитом.

Кристаллизация гипса и кальцита на поверхности льда. Россыпи кристаллов в нишах, у основания ледяных толщ, на поверхности льда встречаются в гротах Бриллиантовом, Полярном, Скандинавском, Данте и Крестовом. Е. П. Дорофеев [10] связывает образование россыпей с испарением льда под влиянием потока морозного воздуха в зимний период. При таянии льда остается белая полужидкая масса, состоящая в основном из кристаллов гипса, в меньшей степени кальцита. К ним могут примешиваться частички ангидрита, доломита, кварца, поступающие с каплюющей водой.

Образец 18 (грот Полярный, южная часть, с поверхности льда) – рыхлая хлопьевидная кальцито-гипсовая масса белого цвета. Хлопья собраны в комочки, которые легко разрушаются. Наблюдается реакция с HCl, при этом остается осадок, состоящий из иголочек гипса.

Образец 84 (проход из грота Бриллиантового в грот Полярный) – гипсовая мука светло-серая, тонкозернистая, мучнистая, рассыпчатая; встречаются единичные слабоокатанные обломки ангидрита или ангидрито-гипса, на поверхности которых отмечается местами слабая реакция с HCl (таблица).

Образец 85 (грот Полярный, с поверхности льда) – кашицеобразная масса молочно-белого цвета гипсового состава. Под микроскопом наблюдается скопление гипсовых зерен игольчатого строения от 0.01 до 0.125 мм по длинной оси; единичные зерна имеют таблитчатую форму ("лезвие бритвы") длиной 0.10, шириной 0.03 и толщиной в тысячные доли миллиметра с характерным для гипса ромбическим сечением (таблица)

Образец 87 (грот Полярный, южная стенка, с поверхности льда) – тонкозернистая рассыпчатая мучнистая масса гипса белого цвета (таблица).

Образец 88 (проход из грота Полярного в грот Данте, с поверхности льда) – мелкозернистая крупитчатая светло-серая масса. Под микроскопом основная масса представлена игольчатыми и звездчатыми агрегатами белоснежного гипса размером не более 0.1 мм. Кальцит, доломит с примесью тонкозернистого кварца встречается в виде сгустков округлой или неправильной формы размером 0.5–1.0 мм. Некоторые из них темно-серого цвета из-за примеси органики в виде волокон, напоминающих углистое вещество, другие – слабого кремового, обусловленного наличием пленок гидроокислов железа. Состоит

в основном из гипса с примесью доломита, кальцита и кварца (таблица).

При таянии сезонного льда полужидкая масса высыхает, превращаясь в рыхлую массу из маленьких кристалликов. Она встречается на полу гротов Крестового, Руины, Скульптурного.

Россыпи кристаллов гипса на поверхности льда возникают в условиях режеляции. Кристаллизация, видимо, начинается одновременно с замерзанием сульфатно-кальциево-гидрокарбонатной воды. При температуре воды 0° С растворимость гипса уменьшается и часть сульфатов из раствора переходит в твердое состояние. Дальнейший рост кристаллов происходит в результате испарения льда, а также, вероятно, и в период его таяния.

Озерные отложения

Подземные озера характеризуются обломочными, глинистыми, хемогенными, хемогенно-глинисто-алевритовыми отложениями. Источниками осадков являются продукты физико-химического выветривания стен и сводов пещеры, минералы, кристаллизующиеся из озерной воды, материал, занесенный в половодье рек.

Вода озер в зависимости от их положения в пещере (расстояния до реки), сезона года, условий питания, морфологии котловины имеет минерализацию от 1.8 до 2.2 г/л и сульфатно-кальциево-гидро-карбонатный состав. При увеличении минерализации воды кристаллизуются кальцит или гипс на поверхности крупных обломков пород, в глинисто-алевритовых осадках или на поверхности воды.

Донные отложения представлены 6 образцами. Источником их компонентов являются остаточные продукты выветривания коренных пород, материал, поступающий из вышележащих толщ, в некоторых озерах, вероятно, речной ил, заносимый в половодье, хемогенные образования. Это преимущественно обломочные глинисто-карбонатные осадки, в различной степени загипсованные.

Образец 97 (дно озера в гроте Романтиков) – полиминеральный терригенно-глинисто-карбонатный осадок от светло-серого до светло-коричневого цвета. Терригенный материал (кварц, полевые шпаты) представлен алевритом с размером частиц не более 0.01 мм и находится в плотных агрегатах с глинами и карбонатами. По данным РСА

осадок состоит из доломита (преобладает), кварца, полевых шпатов, кальцита, микроклина, смектита, иллита, хлорита, гипса (таблица).

Образец 94 (ГРОТ Романтиков) – полиминеральный терригенно-глинистый осадок, обогащенный карбонатами (кальцитом, доломитом). Окраска неравномерная, пятнистая – от светло-серой со слабым буроватым оттенком до светло-коричневой с желтоватым оттенком. Частицы кварца и полевых шпатов размером менее 0.01 мм находятся в плотных агрегатах с глинистым и карбонатным веществом. В состав осадка входят доломит, кварц, полевые шпаты, глина, кальцит (таблица).

Образец 95 (дно южной части озера в гроте Длинный) – глинисто-карбонатный осадок светло-серого с пятнами белого цвета. Глинистая часть характеризуется грубодисперсной структурой. Терригенная примесь – обломки кварца менее 0.01 мм неправильной формы с неровными корродированными границами. Реже встречаются зерна полевых шпатов таблитчатой формы с корродированными, политизированными и серицитизированными поверхностями. Глинистая часть образует агрегаты до 0.1–0.2 мм, часто в сростках с пелитоморфными карбонатами. Карбонаты представлены тонкой, мучнистой, реже зернистой, массой с единичными ромбоэдрами доломита размером не более 0.05 мм. Минеральный состав: доломит, кварц, кальцит, плагиоклаз, микроклин, в незначительном количестве иллит, каолинит, смектит (таблица).

Образец 96 (дно северной части озера в гроте Великан) – глинисто-карбонатный осадок, в котором отмечаются зерна и агрегаты из обломочков ангидрита и кристаллы гипса характерной уплощенно-таблитчатой формы размером 0.5–1.0 мм, зерна кварца окатанной формы (более 0.1 мм). Состав полиминеральный: гипс (преобладает), доломит, ангидрит, кальцит, кварц, смектит, хлорит, иллит и микроклин (таблица).

Образец 111 (из воронки южного склона дна озера в гроте Великан) – карбонатный буро-коричневый суглинок, бурно реагирует с HCl, нерастворимый остаток имеет грубодисперсную структуру, где четко видны единичные зерна кварца и агрегаты глинистого материала с примесью сильно разрушенных полевых шпатов. Минеральный состав: кальцит, кварц, смектит, плагиоклаз (таблица).

Образец 98 (озеро в гроте Шахтеров) – ил светло-серого цвета со слабо-кремовым оттенком в основном карбонатного состава с тонкой

примесью ангидрита и глины, собранной в плотные агрегаты. Минеральный состав: доломит (преобладает), ангидрит, кварц, гипс, следы микроклина, плагиоклаза, смектита (таблица).

Донные хомогенные отложения представлены одним образцом.

Образец 8 (дно озера в гроте Великан) – корочка из зерен гипса с характерной горизонтально-слоистой пористой текстурой и мелкозернистой структурой светло-серого цвета. Очень слабо реагирует с HCl, возможно, за счет загрязнения пор кальцитовой пылью. Состоит в основном из гипса с незначительной примесью обломков ангидрита (таблица).

Кальцитовые и гипсово-кальцитовые пленки на поверхности озер описаны рядом исследователей. Они встречаются на поверхности всех озер Кунгурской пещеры, образуя, как отмечает Е. П. Дорофеев, на некоторых заливах озер в гротах Длинном, Великане, Грязном сплошной покров, а на оз. Большом и других – отдельные пятна. Неравномерное распределение кальцитовых пленок объясняется различной степенью водообмена и интенсивностью движения воздуха. Весной в связи с притоком менее минерализованных вод на некоторых озерах они растворяются. В гротах Длинном, Великане, Географов, Грязном и других пленки после спада воды остаются на берегах.

Образец 16 (пленка с поверхности озера в гроте Великан) – тонкозернистое образование толщиной 0.002 мм, площадью 5×6 мм с неравномерной микропористостью. На поверхности пленки видны единичные кристаллики размером не более 0.01 мм. По данным РСА пленка сложена на 100 % кальцитом.

Ранее проведенное микроскопическое изучение кальцитовых пленок показало, что они образуются в два этапа. Вначале возникают отдельные кристаллики кальцита, а затем выпадают цементирующие кристаллы и появляется сплошная пленка [17].

В зоне сезонных колебаний уровня карстовых вод при спаде воды пленки оказываются на некоторой высоте над уровнем озер (образцы 46, 101).

Образец 46 (на высоте 3–3.5 м над уровнем озера в гроте Ночь Осенняя). Кальцитовая пленка буровато-серого цвета состоит из тонких пластинок размером до 5 мм при преобладании от 0.5 до 2 мм толщиной 0.01 мм. Очень бурно реагирует с HCl. Текстура пористо-кружевная, структура микрозернистая.

Пленки, оставшиеся на поверхности после понижения уровня воды, загрязняются глинистыми частицами, гипсом и приобретают полиминеральный состав.

Образец 101 (грот Великан, с поверхности вблизи озера) – сильно пористая – "кружевная" – доломитово-кальцитовая пленка. После реакции с HCl остается осадок (около 10, местами до 30 %) ангидрита, глины. Карбонатная часть состоит из тонкозернистых агрегатов с преобладанием кристаллов ромбоэдрической, тригонально-призматической и, реже, скаленоэдрической формы размером 0.03–0.05 мм. Гипсовые зерна имеют игольчатую и пластинчатую форму; ангидрит представлен единичными изометричными зернами менее 0.01 мм и их агрегатами. Глинисто-алевритовый материал образует буровато-коричневые агрегаты. Состав пленки полиминеральный (таблица).

Терригенно-глинистые озерные осадки по минеральному составу близки к полиминеральным образованиям. Они в разной степени кальцитизированы и загипсованы. Карбонатное минералообразование характерно как для поверхности воды, так и для донных условий. Характерен терригенно-глинисто-карбонатный тип осадконакопления. На поверхности воды преобладают кальцитовые пленки (образец 16), хотя в некоторых озерах в них появляются кристаллы гипса.

Аэрозольные образования

Аэрозольные образования Кунгурской пещеры изучались С. Э. Пашенко, В. Н. Андрейчуком и Ю. В. Дублянским [25]. Одним из механизмов их появления служит отрыв маленьких частиц породы от потолка и частично от стенок. С осаджением материала из аэрозолей связывают образование тонких гипсовых "нитей" на сводах, напоминающих паутинку или мох.

Образец 82 (юго-западная часть грота Полярный, потолок и часть стенки у потолка) – гипсовый "мох" представляет собой массу тонкоигольчатых и волокнистых кристаллов, расположенных перпендикулярно или под углом 70–35° к поверхности потолка. Преобладающая длина 1.5–2 см, у отдельных индивидов – до 3.5–4.0 см. Под микроскопом отмечаются сгустки звездчатой и розетковидной формы с пелитоморфной структурой, не просвечивающей в проходящем свете, и зерна игольчатой и пластинчатой формы не крупнее 0.01 мм. Судя по

низкой интерференции и косому угасанию последние представлены гипсом, а пелитоморфные сгустки – карбонатом. В составе преобладает гипс, присутствуют доломит и ангидрит (таблица).

Заключение

1. Проведенные исследования позволяют отнести пещерную систему к участку земной коры с особыми фаціальными обстановками. Эволюция пещеры сопровождается дифференциацией первоначально более или менее однородной обстановки на мезо- и микрофации с определенными типами осадков.

2. Для каждой фаціальной обстановки характерен ведущий геологический процесс. Универсальными являются физическое выветривание и растворение, которые играют главную роль на первых стадиях эволюции пещеры. По мере увеличения объема подземных полостей возрастает роль других процессов, в частности гравитационного, в дальнейшем – химического выветривания, экзогенного минералообразования, а в Кунгурской пещере – криогенного.

3. Пещерные отложения представлены обломочными, глинистыми, хемогенными, в меньшей степени – биохемогенными и антропогенными осадками, в основном аутигенными, в меньшей степени – аллотигенными, накапливающимися на механических, физико-химических и термодинамических барьерах [18], в различной степени загипсованными (рис. 2).

Наиболее разнообразны по составу полиминеральные и донные озерные отложения. Мономинеральный состав имеют кальцитовые озерные пленки, россыпи кристаллов гипса на поверхности льда и кристаллические новообразования на поверхности ангидрито-гипса.

По данным рентгеноструктурного анализа, проведенного в лаборатории Московского университета В. Г. Шлыковым, в пещере обнаружено 15 минералов:

- 1) ангидрит – CaSO_4 ,
- 2) гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,
- 3) целестин – SrSO_4 ,
- 4) кальцит – CaCO_3 ,
- 5) доломит – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$,
- 6) кварц – SiO_2 ,
- 7) плагиоклаз – $(\text{Na}, \text{Ca})\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8$,

- 8) микроклин – $KAlSi_3O_8$,
- 9) хлорит – водный метаалюмосиликат Mg и Fe слоистой структуры,
- 10) смектит – глинистый минерал группы монтмориллонита,
- 11) иллит – глинистый минерал, водный алюмосиликат калия, группа гидрослюда,
- 12) каолинит – $Al_2SiO_5(OH)_4$,
- 13) гетит – $\alpha-Fe^{3+}O(OH)$,
- 14) аллофан – аморфный водный силикат алюминия (3 случая),
- 15) флюорит – CaF_2 (1 случай).

Наиболее распространены разнообразные формы вторичной кристаллизации гипса и кальцита. Для гипса это одиночные кристаллы, друзы, корочки на поверхности пород и в трещинах, гипсовые пленки на щебенке, тонкозернистые, пластинчатые, различно ориентированные агрегаты гипса в порах пород, кристаллы пластинчатой и игольчатой формы, дендриты в глине, селенитовые прослойки, кристаллы на дне озер, конкреции в углублениях льда, россыпи кристаллов ("гипсовая мука", "сметана"), корочки на поверхности льда, тонкие нити ("паутина" и "мох"); для кальцита – кристаллы и друзы в породах, цемент в рыхлых отложениях, секрции в окатышах, пленки на поверхности пород.

Из 54 проанализированных методом РСА образцов только в трех обнаружен аллофан и в одном – флюорит. Среди глинистых минералов преобладают смектит и иллит, присутствует хлорит, каолинит.

4. В обводненной пещере с сезонными инфильтрацией атмосферных осадков в зоне аэрации, колебаниями уровня и изменениями минерализации карстовых вод постоянно происходит перераспределение растворимых компонентов пород и отложений: растворение и выщелачивание карстующихся пород → насыщение воды карбонатами и сульфатами → кристаллизация кальцита, гипса на поверхности пород, в рыхлых обломочных и глинистых отложениях → повторное растворение вторичных минеральных образований. Эти процессы сопровождаются геохимическими изменениями пород, преобразованием их минерального состава, структуры и текстуры, появлением нового типа осадков для данного участка земной коры.

5. Петрографо-минералогический анализ позволяет прийти к заключению, что карст – это процесс глубокого геохимического преобразования карстовых массивов на разных уровнях их организации –

от элементарного до формационного – в результате физической, химической, геологической форм движения вещества. Многие исследователи представляют карст формально-упрощенно – как процесс в основном растворения относительно хорошо растворимых в природной воде пород, выноса продуктов растворения и накопления обломочных, хемогенных, реже – биохемогенных, осадков. Выявление закономерностей карстового процесса возможно путем изучения закарстованных массивов на разных уровнях – от атомарного до глобального [33].

6. Петрографо-минералогические методы позволяют охарактеризовать геохимические и структурно-текстурные изменения карстующихся пород [7, 8, 20]. Характер процессов минералообразования в современной пещерной обстановке является показателем активности карста. Процессы растворения, гидратации, перекристаллизации, карбонатного и сульфатного минералообразования в Кунгурской пещере указывают на активную фазу ее эволюции.

Библиографический список

1. Андрейчук В. Н. Некоторые своеобразные отложения в Кунгурской пещере, связанные с ее оледенением // Минералы и отложения пещер и их практическое значение: Тез. докл. Пермь, 1989. С. 22–23.
2. Андрейчук В. Н. Антропогенные отложения Кунгурской пещеры // Минералы и отложения пещер и их практическое значение: Тез. докл. Пермь, 1989. С. 47–49.
3. Андрейчук В. Н., Волков С. Н. Железо-марганцевые сталагмиты в пещере Золушка // Пещеры. Пермь, 1988. С. 128–130.
4. Горбунова К. А., Кропачев А. М. Геохимия пещер. Сообщение 3. Геохимия стронция в карстовом ландшафте Кунгурской ледяной пещеры // Пещеры. Пермь, 1972. Вып. 12–13. С. 31–40.
5. Горбунова К. А., Кропачев А. М., Лунев В. Г. Геохимия пещер. Сообщение 4. Геохимия марганца и титана в карстовом ландшафте Кунгурской ледяной пещеры // Пещеры. Пермь, 1974. Вып. 14–15. С. 28–31.
6. Горбунова К. А., Кунц Э. В. и др. Изучение состав аксессуарных элементов в отложениях Кунгурской пещеры // Пещеры. Пермь, 1970. Вып. 8–9.

7. Горбунова К. А., Максимович Н. Г. Вторичные текстуры сульфатно-доломитовых карстующихся пород с. Усть-Кишерть // Инженерная геология Западного Урала: Тез. докл. Пермь, 1980. С. 67–68.

8. Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Катаев В. Н. Использование данных рентгеноструктурного анализа пород при изучении сульфатного карста // Инженерная геология Западного Урала: Тез. докл. Пермь, 1982. С. 94–95.

9. Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Шлыков В. Г. Минералы инфлювия Кунгурской пещеры // Современные проблемы геологии Западного Урала: Тез. докл. Пермь, 1995. С. 139–140.

10. Дорофеев Е. П. Кальцитовые пленки и кристаллы гипса в Кунгурской пещере // Пещеры. Пермь, 1966. Вып. 6(7). С. 39–46.

11. Дорофеев Е. П. Ледяные кристаллы Кунгурской пещеры // Пещеры. Пермь, 1969. Вып. 7(8). С. 30–39.

12. Дорофеев Е. П. Кристаллические новообразования в Кунгурской пещере // Минералы и отложения пещер и их практическое значение: Тез. докл. Пермь, 1989. С. 30–33.

13. Климчук А. Б., Наседкин В. М., Каннингем К. И. Пещерные вторичные образования аэрозольного генезиса // Свет (Киев), 1993. N3(9). С. 15–28.

14. Кузнецова Л. С., Чирвинский П. Н. Кальцитовые озерно-карстовые пленки и их вероятный генезис // Минералогический сб. Львов, геол. общества. Львов, 1951. N 5.

15. Лукин В. С. Количественное выражение процессов испарения воды и конденсации водяных паров в гипсово-ангидритовых массивах Уфимского плато // Землеведение. М., 1969. Т. 8. С. 213–218.

16. Максимович Г. А. Кальцитовые пленки озерных ванночек пещер // Записки Всерос. минералогического общества. 1955. Ч. 84, N 1

17. Максимович Г. А. Основы карстования. Пермь, 1963. Т.1, ГЛ. 7. С. 201–274.

18. Максимович Г. А., Кропачев А. М. О роли геохимических барьеров в формировании месторождений полезных ископаемых карстовых впадин и полостей // Вопросы карстования. Пермь, 1969. С. 5–9.

19. Максимович Н. Г., Бельтюкова Н. В. Вторичные минералы карбонатных карстовых пещер // Пещеры. Пермь, 1981. N18. С. 59–70.

20. Максимович Н. Г., Зарницын Ю. А. Рентгенометрическое изучение глиняных натек пещеры Геологов-2 // Карст Нечерноземья: Тез. докл. Пермь, 1980. С. 136–137.

21. Минералогическая энциклопедия. Минералы пещер. Л., 1985 С. 195–199.
22. Минькевич И. И., Мурзаев В. Г. К вопросу изучения минералов пещер (обзор литературы) // Минералы и отложения пещер и их практическое значение: Тез. докл. Пермь, 1989. С. 14–16.
23. Молоштанова Н. Е., Горбунова К. А., Яцына И. И. Петрографо-минералогические исследования в Кунгурской пещере // Свет. 1994. N 1–3 (11–13). С. 18–19.
24. Молоштанова Н. Е., Шлыков В. Г., Яцына И. И. Минералы глин в отложениях Кунгурской ледяной пещеры // Современные проблемы геологии Западного Урала: Тез. докл. науч. конференции. Пермь, 1995. С. 141.
25. Пашенко С. Э., Андрейчук В. Н., Дублянский Ю. В. Аэрозоли в Кунгурской ледяной пещере // Пещеры. Итоги исследований. Пермь, 1993. С. 149–156.
26. Пермская система земного шара: Путеводитель геологических экскурсий. Свердловск, 1991. С. 24–51.
27. Рогожников В. Я. Воднохемогенные отложения в карстовых пещерах – лабиринтах Подольского Приднестровья // Пещеры. Пермь, 1984. С. 46–55.
28. Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., 1962. Гл. 5. С. 66–74.
29. Старков Н. П., Горбунова К. А. К минералогии глин Кунгурской пещеры // Пещеры. Пермь, 1971. Вып. 10–11. С. 68–74.
30. Турчинов И. И. Вторичные минеральные образования гипсовых пещер Западной Украины // Свет (Киев), 1993. N 3(9). С. 29–36.
31. Hill C. A. Cave minerals // NSS (USA), 1976. P. 137.
32. Hill C. A., Forti P. Cave Minerals of the World // NSS. (USA), 1986. P. 238.
33. Kataev V. N., Gorbunova K. A. Struktural elements of karst massif // Инженерная геология карста: Докл. междунар. симп. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, Пермь, 1993. Т.1. С. 47–53.

НОВООБРАЗОВАНИЕ ЦЕЛЕСТИНА В ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЕ

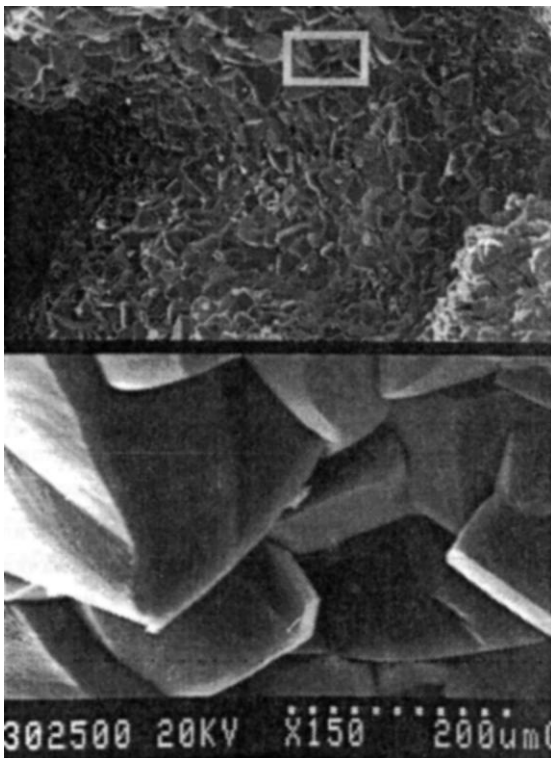
Н. Е. Молоштанова, В. Г. Шлыков, Н. Г. Максимович

Пермский университет. Московский университет

Минеральные ассоциации пещерных отложений тесно связаны с геохимией и генезисом пещер. Большая часть опубликованных работ посвящена минералообразованию в карбонатных пещерах. В них установлено более ста минеральных индивидов [5, 6, 10]. В меньшей степени изучены минералы гипсовых пещер. Кроме типичных для них гипса и кальцита известны и более редкие минералы, такие как халцедон, бернессит, целестин [1, 8]. Основную роль в образовании вторичных минералов пещер играет миграция химических элементов преимущественно в форме растворов. Часть минералов является продуктом химического выветривания пород (сепиолит, палыгорскит, галлуазит и др.)

Массив Кунгурской пещеры слагается в основном гипсово-ангидритовыми и маломощными известняково-доломитовыми пачками иренского горизонта кунгурского яруса. Ранее в пещере изучались коренные породы, минералы глин [8], кристаллические новообразования [4], аксессуарные элементы [2]. В рамках программы "Университеты России" в 1993 г. начато исследование минерального состава пещерных отложений. Отобрано более 100 образцов. Часть их изучена в лаборатории геологического факультета МГУ методом рентгенографии. Первые результаты исследований показали присутствие минералов, ранее не установленных среди отложений пещеры: каолинита, смектита, аллофана, флюорита, целестина и др. Наибольший интерес представляет целестин, обнаруженный Е. П. Дорофеевым в стяжении из осыпи под органной трубой в гроте Крестовый.

Целестин (SrSO_4) приурочен к желвакообразной кальцитовой секреции неправильной формы размерами 21×32 мм (рисунок). Из образца был изготовлен шлиф. Внутреннее строение стяжения мелкозернистое, ближе к периферии – пелитоморфное, текстура сильно пористо-кавернозная (полости имеют от 0.3 до 2.5 мм в поперечнике), комковатая, участками брекчиевидная. Структура отдельных фрагментов-комочков микрозернистая (размер зерен кальцита составляет 0.003–0.005 мм), переходящая в пелитоморфную. Форма зерен кальцита



Микроэлектронная фотография целестина из Кунгурской пещеры

изометричная округлая, реже – неправильная. Для кальцита характерны резко выраженная псевдоабсорбция ($N_g=1.658$, $N_p=1.486$), высокие цвета интерференции (IV–V порядков), что соответствует максимальной силе двупреломления $N_g - N_p=0.172$, угасание агрегатное.

На фоне кальцита четко выделяются неправильные агрегаты, вероятно, заполнившие часть пористо-кавернозного пространства (до 30.0 %), представленные кристаллами целестина столбчатой, коротко-призматической или, реже, неправильной формы размером 0.2–0.4 мм. Для целестина характерны высокие показатели преломления ($N_g=1.631$, $N_m=1.624$, $N_p=1.622$), на что указывает четкий положительный рельеф, отчетливо выраженная шагреня. В скрещенных николях цвета интерференции – низкие, серые, белые 1 го порядка, что соответствует максимальной силе двупреломления $N_g - N_p=0.009$, угасание прямое.

Ранее предполагалась возможность нахождения целестина в отложениях Кунгурской пещеры [3], хемогенное выпадение которого охватывает конечные моменты карбонатной садки и начало сульфатной. Как элемент стронций является сравнительно распространенным. Его содержание в земной коре составляет 0.04 %. По химическим свойствам он близок к кальцию и часто его изоморфно замещает. В зонах гипергенеза и эпигенеза стронций обладает высокой подвижностью. Целестин связан в основном с осадочным процессом, протекающим на физико-химическом испарительном барьере. Он образует неправильные выделения, гнезда и желваки, реже – отдельные кристаллы среди известняков, доломитов и гипсов, а также натечные корочки и кристаллы в пещерах [6, 8–12].

Среднее содержание стронция в гипсах и ангидритах района Кунгурской пещеры равно соответственно 0.14 и 0.20 %, т.е. выше кларковых содержаний в 3.5–5 раз [4]. Многолетние гидрохимические исследования показали, что минерализация озерных и карстовых вод, а также капли составляет 1.2–2.2 г/л, причем преобладают сульфатный и кальциевый ионы. Содержание стронция в сухом остатке воды по данным 28 анализов значительно выше его кларков в земной коре. Остаточные продукты выщелачивания карбонатно-сульфатных пород, накапливающиеся в пещере в виде глиноподобной грубодисперсной массы полиминерального состава с повышенным содержанием карбонатов

кальция и магния, отличаются меньшим количеством стронция (0.009 %).

Содержание стронция в сухом остатке растаявшего льда сравнительно высокое – около 1 %. По распространенности стронция в карстовом ландшафте Кунгурской пещеры намечается следующий ряд: вторичные кристаллы гипса и гипсовая "мука" (0.03–1), вода и лед (1–3), гипс и ангидрит (0.14–0.20), глина (0.03–0.001 %) .

Кальцитовые секретиции с целестином образовались в результате испарения сульфатных вод, обогащенных стронцием, в полостях выщелоченных кавернозных обломков карбонатных пород.

Библиографический список

1. Волков С. Н., Андрейчук В. Н., Янчук Э. Я. Находка бернессита в гипсовой пещере // Пещеры: Методика изучения. Пермь, 1986.
2. Горбунова К. А., Кунц Э. В. и др. Состав аксессуарных элементов в отложениях Кунгурской пещеры // Пещеры. Пермь, 1970. Вып. 8–9.
3. Горбунова К. А., Кропачев А. М. Геохимия стронция в карстовом ландшафте Кунгурской ледяной пещеры // Пещеры. Пермь, 1972. Вып. 12–13.
4. Дорофеев Е. П. Кристаллические новообразования в Кунгурской пещере // Минералы и отложения пещер и их практическое значение: Тез. докл. Пермь, 1989.
5. Максимович Г. А. Количество вторичных минералов карбонатного карста // Вопросы карстоведения. Пермь, 1970. Вып. 2.
6. Максимович Н. Г., Бельтюкова Н. В. Вторичные минералы карбонатных карстовых пещер // Пещеры. Пермь, 1981. Вып. 18.
7. Старков Н. П., Горбунова К. А. К минералогии глин Кунгурской пещеры // Пещеры. Пермь, 1971. Вып. 10–11.
8. Турчинов И. И. Вторичные минеральные образования гипсовых пещер Западной Украины // Свет (Киев), 1993. N 3(9).
9. Ферсман А. Е. К минералогии пещер // Природа. 1926. N 1–2.
10. Brogton P. L. Secondary Mineralization in the Cavern Environment // Studies in Speleology. 1972. Vol. 2.
11. Folsom F. Exploring American Caves. New York, 1956.

12. Hill C.A., Forti P. Cave Minerals of the World // NSS (USA). 1986.

РЕЖИМ КАРСТОВЫХ ВОД КУНГУРСКОЙ ПЕЩЕРЫ

К. А. Горбунова, Г. А. Сычкина, С. М. Блинов, Е. П. Дорофеев

Пермский университет, Кунгурский стационар ГИ УрО РАН

Режимные наблюдения в Кунгурской пещере проводятся Кунгурским стационаром УрО РАН с 1974 г. Они включают гидродинамические (уровни карстовых вод), гидрохимические (минерализация и содержание основных макрокомпонентов в карстовых водах), геотермические (температура воздуха, горных пород, подземных вод), мерзлотные (распространение льда и мерзлоты) исследования. В настоящей работе рассмотрен режим уровней р. Сылвы и карстовых вод пещеры в основном за 1987–1991 гг. Замеры уровней производились Е. П. Дорофеевым 14–18 го числа каждого месяца на 18 гидрометрических постах, а в паводковый период – ежедневно на р. Сылве. Эти данные использованы для построения хронологических графиков и карт гидроизогипс. Всего Г. А. Сычкиной составлено 20 карт гидроизогипс в масштабе 1:500 методом интерполяции результатов замеров уровней. Эти же материалы обработаны С. М. Блиновым на компьютере в пакете "SURFER", в результате чего построено 14 карт гидроизогипс и 14 моделей уровня карстовых вод для 1987 и 1990 гг. В настоящей работе приводится 8 карт гидроизогипс и 12 моделей уровня карстовых вод для наиболее характерных гидрологических периодов.

Район пещеры расположен в северо-западной части бассейна трещинно-карстовых вод Уфимского вала. В сводовой части вала водоносными являются карбонатные отложения филипповского горизонта. По мере погружения на запад они приобретают роль регионального водоупора, на котором формируются подземные воды карстовых брекчий и трещиноватых закарстованных гипсов и ангидритов низов иренского горизонта. Карстовые воды гидравлически связаны с грунтовыми водами аллювиальных отложений I и II террас и р. Сылвой (рис. 1).

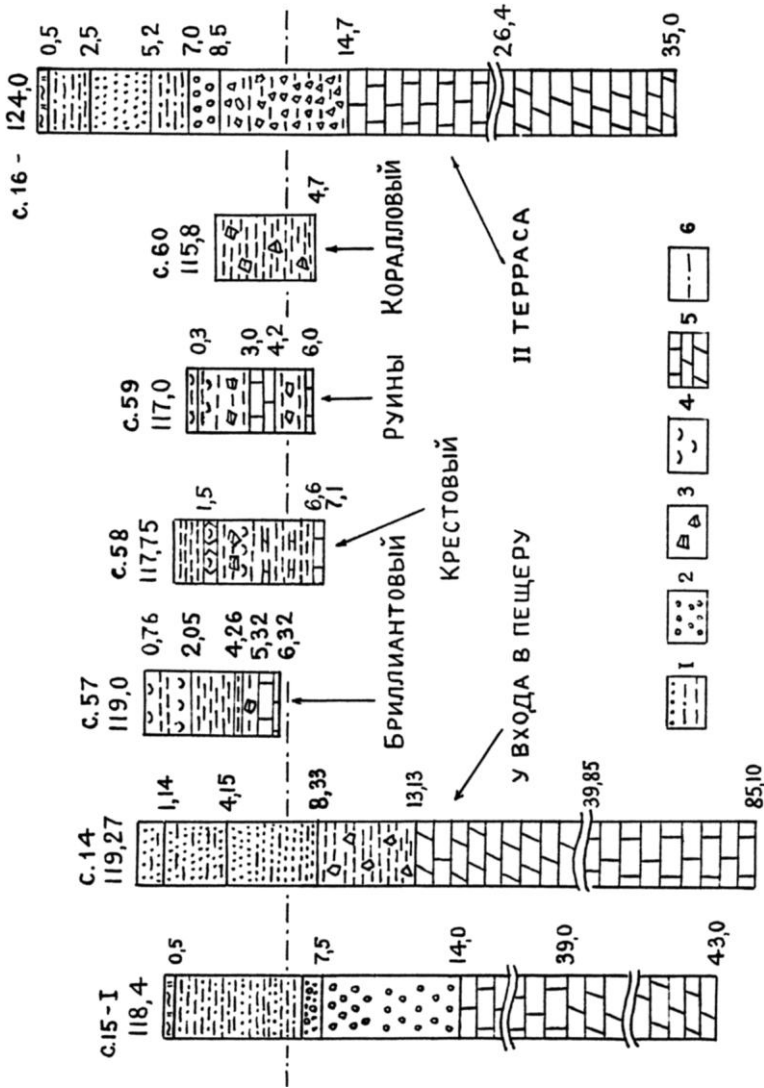


Рис. 1. Разрезы скважин на I (N 14, 15), II (N 16) террасах р. Сылвы и в гротах восточной части пещеры (N 57–60): 1 – суглинок, песок, глина; 2 – гравийно-галечниковые отложения; 3 – крупнообломочный материал; 4 – гипс; 5 – известняк, доломит; 6 – условный меженный уровень р. Сылвы (112,60 м)

Карстовые воды в восточной части пещеры (гроты Крестовый – Коралловый) вскрыты скважинами в глинисто-обломочных отложениях, залегающих на трещиноватых доломитах и известняках филипповского горизонта. В центральной части пещеры они питают многочисленные озера. Воды циркулируют как в глыбово-глинистых отложениях, так и в закарстованных трещиноватых гипсах и ангидритах ледянопещерской пачки, разделенных целиками. Характер движения воды меняется от ламинарного в глинисто-обломочных отложениях до турбулентного в крупноглыбовых осыпях и карстовых каналах, в частности в периоды внедрения речных вод в массив.

Режим карстовых вод в пещере в значительной степени определяется режимом питающих их вод. В. Н. Дублянский и др. [2] выделяют три источника питания карстовых вод: конденсационно-инфильтрационный (47.0 %), инфлюационный в результате внедрения речных вод (29. %) и подземный (24.0 %). На режим карстовых вод оказывают влияние метеорологический, гидрологический, гидрогеологический, геологический, космический и другие факторы [4]. В районе Кунгурской пещеры наибольшее значение имеют первые два фактора.

Метеорологический фактор. Особенностью климата района г. Кунгура является его континентальность, проявляющаяся в значительных годовых и суточных колебаниях метеорологических элементов. Среднегодовая температура воздуха изменяется в многолетнем плане: в 1971–1980 гг. она составляла -1.1°C , а в период с 1981 по 1986 г. достигала $+0.74^{\circ}\text{C}$ [3]. Соответственно меняется температура всех месяцев, включая апрель, когда сходит основная масса снега и формируется паводок.

Абсолютный минимум температуры воздуха -50°C , максимум $+38^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность периода с отрицательными температурами около 170 дней. По данным метеостанции "Кунгур" среднегодовое количество осадков за 1980–1991 гг. составляет 518 мм (табл. 1), на холодный период (октябрь – март) приходится в среднем 176 мм. Снеговой покров устанавливается в конце октября – начале ноября и держится в течение 170–180 дней в году. От запаса влаги в снеговом покрове, скорости схода снега, количества атмосферных осадков в период снеготаяния, а также количества жидких осадков в предшествующую осень зависит высота весенних паводков [3]. Например, суммарное количество твердых осадков (октябрь – март) к началу высоких паводков 1985, 1987, 1990, 1991 гг. составляло

Таблица 1

Количество атмосферных осадков
по данным метеостанции г. Кунгура, мм

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1980	12.9	9.8	12.7	17.4	24.8	59.1	88.1	71.6	49.5	37.3	36.1	26.8	446.1
1981	12.4	5.4	29.8	49.3	15.9	13.5	39.6	17.3	62.6	20.5	29.4	48.1	343.8
1982	31.4	14.1	9.0	23.9	23.1	45.8	59.8	23.7	76.3	58.6	32.9	23.1	421.7
1983	24.2	20.5	18.2	30.5	48.2	96.2	53.1	98.8	88.2	55.5	42.1	25.9	601.4
1984	34.5	3.0	8.1	15.2	31.5	77.2	61.7	146.6	91.7	82.4	39.6	11.1	602.6
1985	34.9	17.3	6.9	55.8	26.8	58.2	135.5	27.3	46.2	59.6	50.3	31.5	550.3
1986	24.4	22.0	14.1	11.4	52.1	56.8	100.3	93.0	65.5	36.6	61.0	25.0	562.2
1987	37.8	24.1	0.7	63.7	14.3	23.6	80.0	53.4	112.6	5.1	23.8	34.6	473.7
1988	19.3	14.6	16.4	70.3	51.2	16.0	13.2	79.5	105.3	18.4	36.4	42.7	483.3
1989	24.4	13.6	9.8	26.7	101.0	25.0	25.5	53.7	48.5	66.1	28.0	46.3	468.6
1990	29.5	18.3	40.9	57.2	67.7	112.8	54.2	99.3	121.8	85.4	59.5	22.7	769.3
1991	29.4	11.9	41.8	8.6	27.6	44.4	35.2	133.9	68.6	45.0	21.0	22.6	490.0
1992	45.7	18.4	26.9	52.6	21.7	18.9	131.8	116.3	20.9	82.8	56.7	25.3	618.0
1993	49.9	22.5	5.7	13.5	69.6	65.3	132.4	62.7	106.6	51.2	11.5	31.0	621.9

Таблица 2

Суммарное количество твердых осадков (октябрь – март)
к началу весеннего паводка на р. Сылве

Дата пика паводка	Максимальные абс. отметки уровня, м	Превышение Над меженью (112.60), м	Твердые осадки, мм
27.04.1980	116.95	4.35	146.5
11.05.1981	119.11	6.51	147.8
28.04.1982	117.50	4.90	154.7
13.04.1983	117.70	5.10	177.5
12.05.1984	115.83	3.23	169.1
30.04.1985	119.36	6.76	192.2
28.04.1986	117.16	4.56	201.9
10.05.1987	120.34	7.74	185.2
27.04.1988	115.88	3.28	113.8
11.05.1989	116.68	4.08	145.3
0..05.1990	119.02	6.42	229.0
23.04.1991	119.38	6.78	250.7

185.2–250.7 мм, хотя в 1981 и 1986 гг. подобная зависимость не отмечается (табл. 2).

Количество летне-осенних осадков (июнь – сентябрь) в 1990 г., достигшее 388 мм, явилось причиной высокого стояния уровня подземных озер в межень, осеннего паводка и высокого последующего весеннего паводка на р. Сылве в 1991 г. (рис. 2).

Гидрологический фактор проявляется в тесной связи режима карстовых вод с режимом р. Сылвы. Уровенный режим р. Сылвы охарактеризован по данным наблюдений на водомерном посту N 3, оборудованному на правом берегу в 20 м от реки напротив входа в пещеру. Уровни фиксировались уровнемером ГР-38. Результаты наблюдений за 1975–1988 гг. обобщены в работе Ю. А. Ежова и др. [3]. За меженный уровень р. Сылвы на данном посту принята абсолютная отметка 112.6 м, что на 1 м выше по сравнению с ординаром поста N 1, расположенным в центре г. Кунгура.

Режим реки отличается кратковременными весенними паводками и более длительными меженными периодами, на фоне которых в дождливые годы проявляются летние и осенние паводки (рис. 2). В первом квартале года (январь – март) уровень р. Сылвы близок к меженному. В отдельные годы при дождливой предшествующей осени он несколько выше обычного (1990, 1991 гг.).

В случае ранней весны начало паводка отмечается в конце марта (1983, 1984, 1988 гг.), а при запаздывании снеготаяния – во второй половине апреля. Пик паводка по данным за 1980–1991 гг. приходится на промежуток от 13 апреля до 12 мая (табл. 2), подъем уровня воды в паводок за период с 1980 по 1991 г. колеблется от 3.23 до 7.74 м над меженным уровнем (112.60 м). Однопиковые паводки (1981, 1987) отличаются подъемом уровня воды до 7.74 м, двух- и трехпиковые – до 4.5 м (1980, 1984).

После прохождения весеннего паводка наступает межень. В дождливые годы (1980, 1983, 1984, 1986, 1990, 1991) наблюдались летние и осенние паводки на р. Сылве.

На режим карстовых вод оказывают влияние также геологический фактор (общее падение кровли филипповского горизонта в сторону р. Сылвы, наличие карстовых брекчий (см. рис. 3), различная степень трещиноватости и закарстованности Гипсо-ангидритовых пачек), гидрогеологический фактор (разгрузка карстовых вод Уфимского вала в

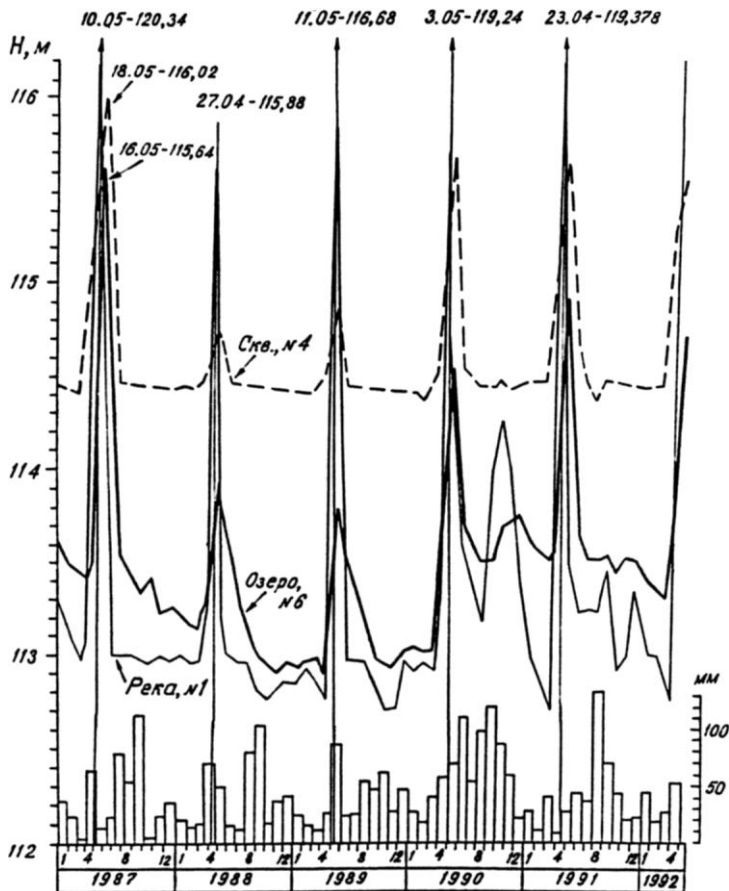


Рис. 2. Колебания уровня воды р. Сылвы (N 1), оз. Большого (N 6), в скв. N 4 (грот Коралловый) и распределение осадков по месяцам 1987–1991 гг.

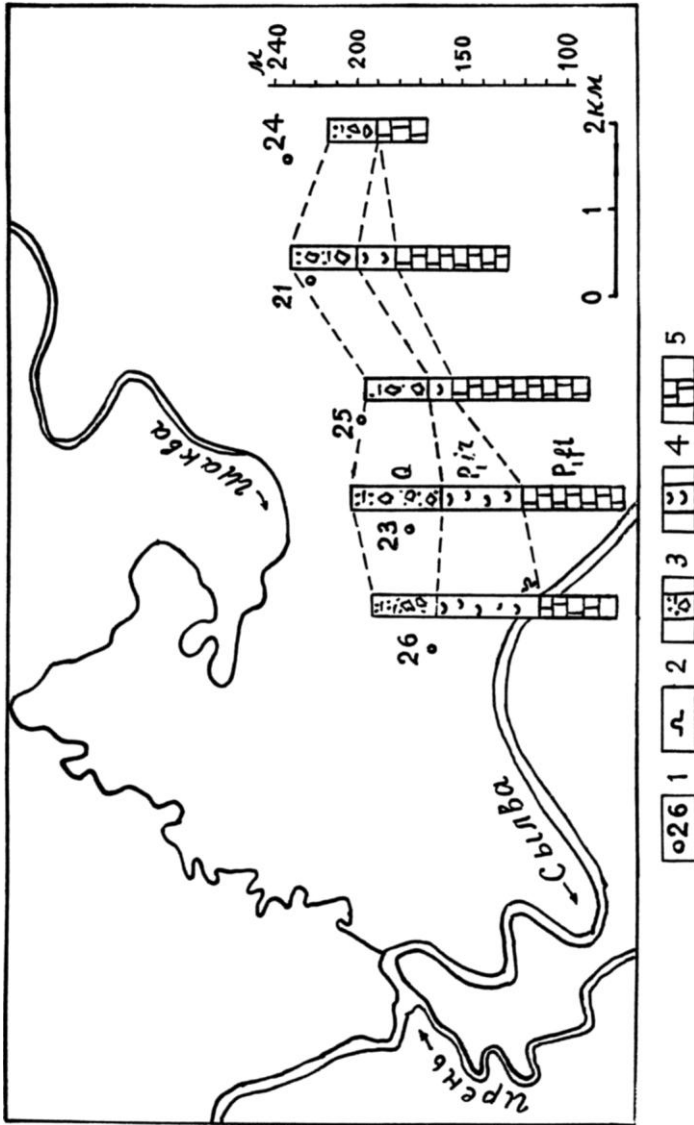


Рис. 3. Расположение структурных скважин относительно пещеры и их разрезы: 1 – N скважины, 2 – пещера, 3 – четвертичные отложения и карстовая брекчия, 4 – иренский горизонт, 5 – филипповский горизонт

долине р. Сылвы, наличие в области питания карстовых вод очагов инфильтрации и инфилюации атмосферных осадков в виде карстовых логов, воронок), геоморфологический (положение пещеры вблизи границы I террасы р. Сылвы и закарстованного массива), биологический (характер растительности в области питания карстовых вод) и др.

Режим карстовых вод. Режим подземных вод в пещере характеризуется периодами, синхронными периодам на р. Сылве и приходящимися на различные отрезки времени года в зависимости от метеорологических условий: предпаводковая межень (январь – март), начало весеннего паводка (конец марта – апрель), пик паводка (обычно конец апреля начало мая), спад паводка (конец мая начало июня), послепаводковая межень (конец июня – декабрь). На фоне послепаводкового периода в дождливые годы проявляются невысокие летние и осенние паводки. Весенний паводковый период в пещере длится обычно 2–4 месяца. Необычно высокие уровни подземных озер в течение всего года отмечены в 1990 и 1991 гг. (рис. 2).

По типу режима изученная часть пещеры делится на две части. Северо-восточная часть, включающая гроты Коралловый, Метеорный, Скульптурный, Морское Дно, отделяется от центральной части блоком слабозакарстованных пород. Водоносными являются глинисто-обломочный элювий с прослоем известняка и трещиноватый известняк в кровле филипповского горизонта. В этой части пещеры весенние паводки сменяются меженными периодами с относительно стабильным и более высоким по сравнению с центральной частью уровнем воды (рис. 2). Годовая амплитуда колебания уровня воды в скв. 4 (грот Коралловый) изменяются от 0.5 м в годы с низкими весенними паводками нар. Сылве (1988 г.) до 1.6 м в годы с высокими паводками (1987 г.). Пик паводка по сравнению с пиком паводка на р. Сылве запаздывает до 8 дней.

Центральная часть пещеры (гроты Дружба Народов, Атлантида, Романтиков, Длинный, Геологов и др.) с большим количеством озер, гидравлически связанных между собой, с грунтовыми водами I террасы и р. Сылвой, характеризуется низким уровнем воды по сравнению с северо-восточной частью. Уровень воды в озерах различается незначительно. По данным ежедневных замеров в 1985 г. уровень воды оз. Большого (N 6) и озера в гроте Длинный (N 13) в паводок установился на одной и той же отметке (115.56 м), а в межень различался на 0.02–0.08 м. Амплитуда колебания уровня воды в озерах в значительной

степени зависит от высоты паводка на р. Сылве. При высоких паводках (1985, 1987 гг.) она составляет 2.4 м, при низких – не превышает 1.0 м (1988 г.).

Уровень подземных озер изменяется синхронно уровню р. Сылвы, но с запаздыванием пика паводка до 7 и более дней. Например, в 1987 г. пик паводка на реке с отметкой 120.34 м наблюдался 10 мая, а на оз. Большом, расположенном на расстоянии 425 м от берега, он был зафиксирован на отметке 115.64 м только 16 мая.

Изменение гидрогеологических условий пещерного массива в течение года отражено на картах гидроизогипс и моделях уровня карстовых вод, построенных для 1987 и 1990 гг. по данным 18 постов (рис. 4).

Характеристика режима карстовых вод в 1987 г. Замеры уровня воды производил Е. П. Дорофеев 14–17 го числа каждого месяца, за исключением января. Ежедневно с 30 апреля по 20 мая в паводковый период фиксировался уровень р. Сылвы. Минимальный уровень ее установился 15 декабря – 112.92 м, максимальный пришелся на 10 мая – 120.34 м.

Годовые амплитуды колебания уровня р. Сылвы составляют 7.42 м, оз. Большого – 2.4, карстовых вод в скв. 4 – 1.6 м.

На хронологическом графике (рис. 2) для р. Сылвы выделяется предпаводковая межень с минимальной отметкой 112.927 м (18 марта), весенний паводок с пиком 10 мая, послепаводковая межень (июль – декабрь). Для озер центральной части после высокого весеннего паводка отмечается более высокий уровень в межень по сравнению с предыдущими годами и незначительное поднятие уровня после дождливого периода в сентябре.

Динамика подземных вод закарстованного массива отражена на картах гидроизогипс (рис. 5).

В предпаводковую межень (18 марта) наибольшие отметки уровня наблюдались в гроте Коралловом (N 4). Отсюда сток карстовых вод направлен на юго-запад. Уклоны составляют 0,008. В озерной части пещеры уклоны уменьшаются. Зеркало карстовых вод приобретает почти горизонтальное положение. Эта часть пещеры дренируется р. Сылвой.

С началом паводка уровень р. Сылвы повышается и речные воды инфильтруются в аллювиальные отложения или внедряются непосредственно в карстующийся массив в западной части. В пик высокого паводка

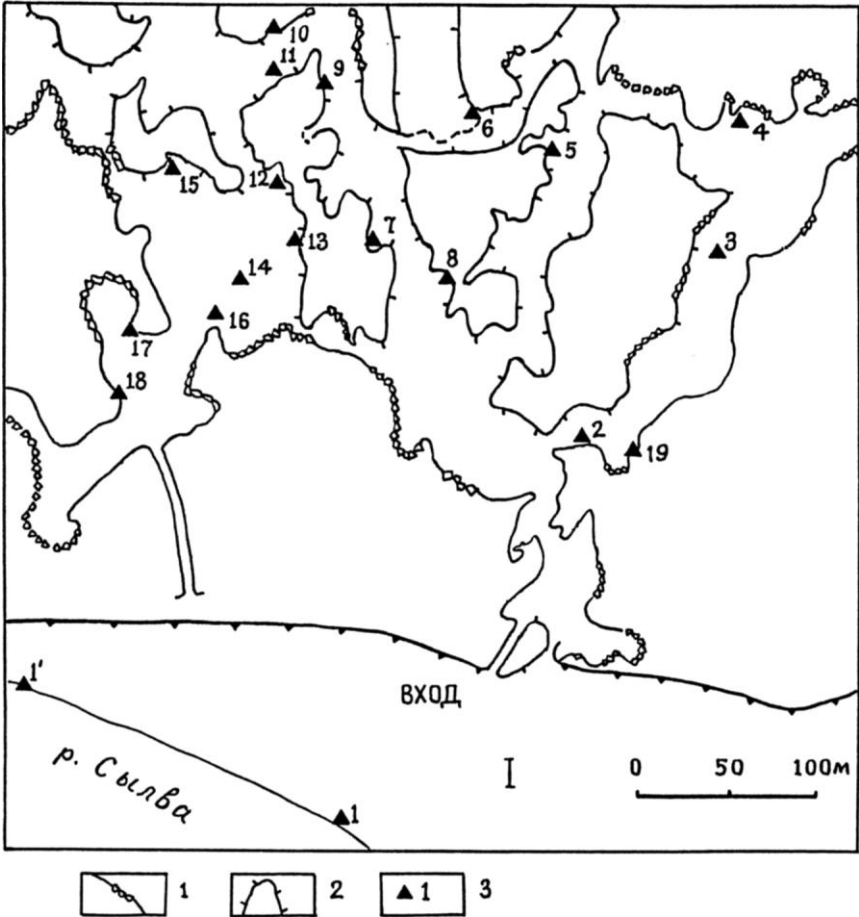


Рис. 4. Схема расположения гидрометрических постов в Кунгурской пещере: 1 – внешний контур пещеры, 2 – крупные блоки пород, 3 – гидрометрические посты

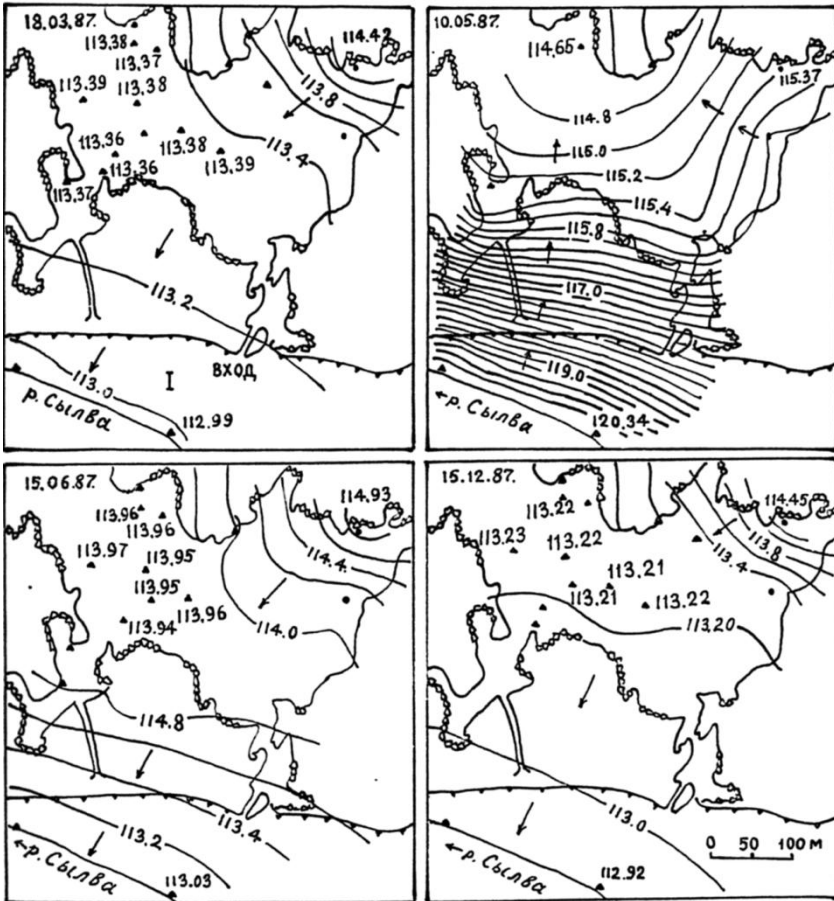


Рис. 5. Гидроизогипсы уровня подземных вод для наиболее типичных гидрологических периодов 1987 г. – предпаводковой межени (18 марта), пика весеннего паводка (10 мая), летней межени (15 июня), зимней межени (15 декабря)

(10 мая) намечается два потока – с юго-востока из грота Руины и с юга со стороны р. Сылвы. В приречной части уклоны возрастают до 0,02, постепенно уменьшаясь в пещере до 0,003. Спаду паводка 14 мая соответствует уменьшение уклонов, но повышение уровня воды в пещере продолжается в результате подпора карстовых вод речными водами с юга (рис. 6). Летняя межень (15 июня) отличается от зимней (15 декабря) более высоким уровнем карстовых вод в пещере. Подъем и спад уровня воды в весенний паводок продолжается на р. Сылве около 2 месяцев, в подземных озерах – 2–2,5, а в скважине грота Коралловый – 3–3,5 месяца.

Характеристика режима карстовых вод в 1990 г. Замеры уровней воды на гидрометрических постах производил Е. П. Дорофеев 15–19 числа каждого месяца. В отдельные периоды уровень р. Сылвы фиксировался еженедельно, а в паводок – ежедневно.

Минимальный уровень р. Сылвы установлен 15 марта – 112,89 м, максимальный – 3 мая – 119,02 м. Для 1990 г. в отличие от предыдущих 1988 и 1989 гг. характерны значительная годовая амплитуда колебаний уровня р. Сылвы (6,13 м), наличие осеннего паводка, пик которого был 12 ноября (114,96 м), высокие уровни подземных озер в летне-осенний период (рис. 2). Годовая амплитуда колебаний уровня воды оз. Большого составляет 1,5 м, карстовых вод в скв. 4 – 1,3 м.

Предпаводковая межень почти не отличается от предыдущих лет. В январе отметка уровня воды в скв. 4 (Коралловый) была наибольшей по сравнению с отметками в остальной части пещеры. Отсюда сток карстовых вод был направлен в сторону озерной части с уклоном 0,01. В озерной части зеркало карстовых вод имело отметки 112,93–113,05 м при отметке уровня р. Сылвы 112,93 м, т. е. дренаж был незначительным. Данная ситуация сохранялась и в марте (рис. 7). Начало весеннего паводка (18 апреля) характеризуется подъемом уровня воды в р. Сылве и подземных озерах. Отмечается два направления стока: из грота Кораллового и с юга, со стороны р. Сылвы в глубь пещеры. Данные о пике паводка в пещере отсутствуют. В летнюю межень (18 июня – 15 августа) зафиксированы более высокие уровни подземных озер по сравнению с 1987–1989 гг. Четко прослеживается осенний паводок как на р. Сылве, так и в пещере, что вызвано осенними дождями (рис. 8).

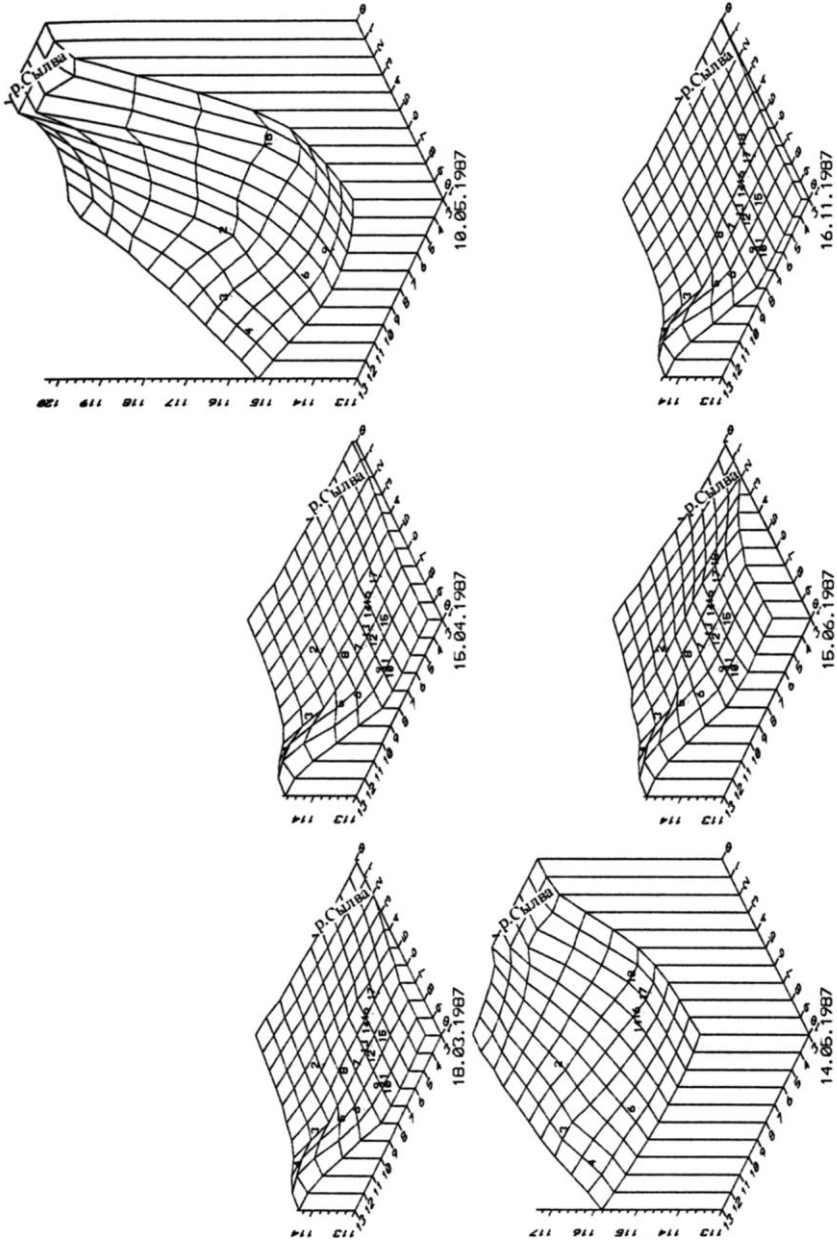


Рис. 6. Поверхность карстовых вод в районе пещеры в 1987 г. Цифрами обозначены номера гидрометрических постов; по вертикальной оси — абсолютные отметки в метрах; по горизонтальной осям — координатная сетка с шагом 50×50 м

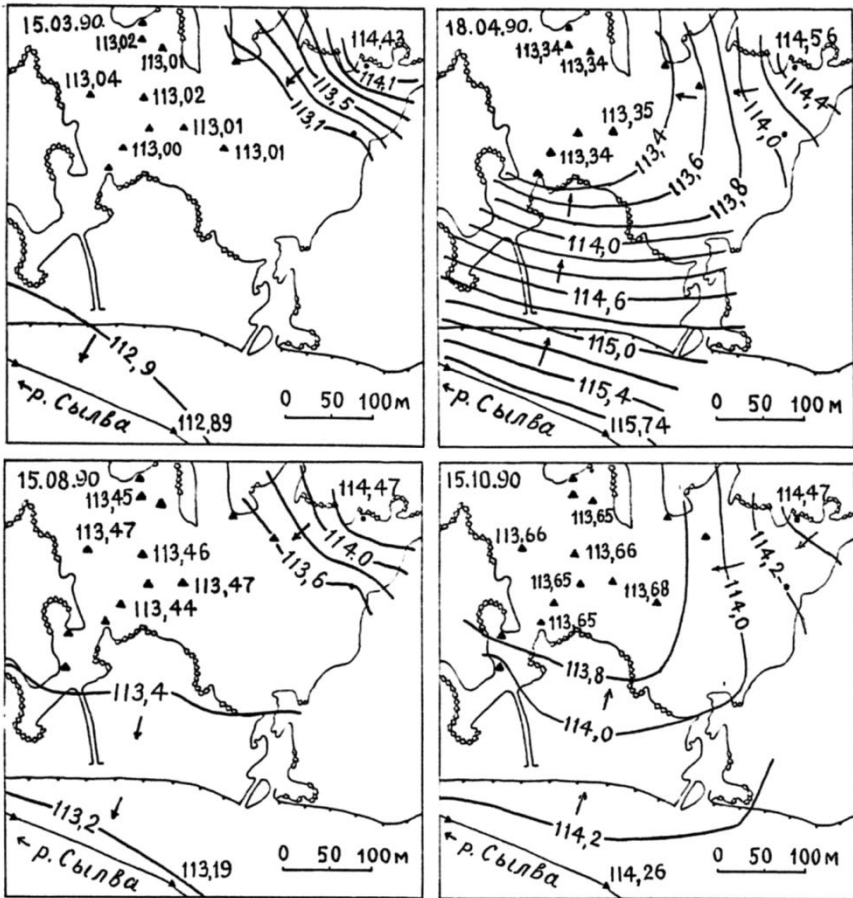


Рис. 7. Гидроизогипсы уровня подземных вод для наиболее типичных гидрологических периодов 1990 г. – предпаводковой межени (15 марта), начала паводка (18 апреля), летней межени (15 августа) и осеннего паводка (15 октября)

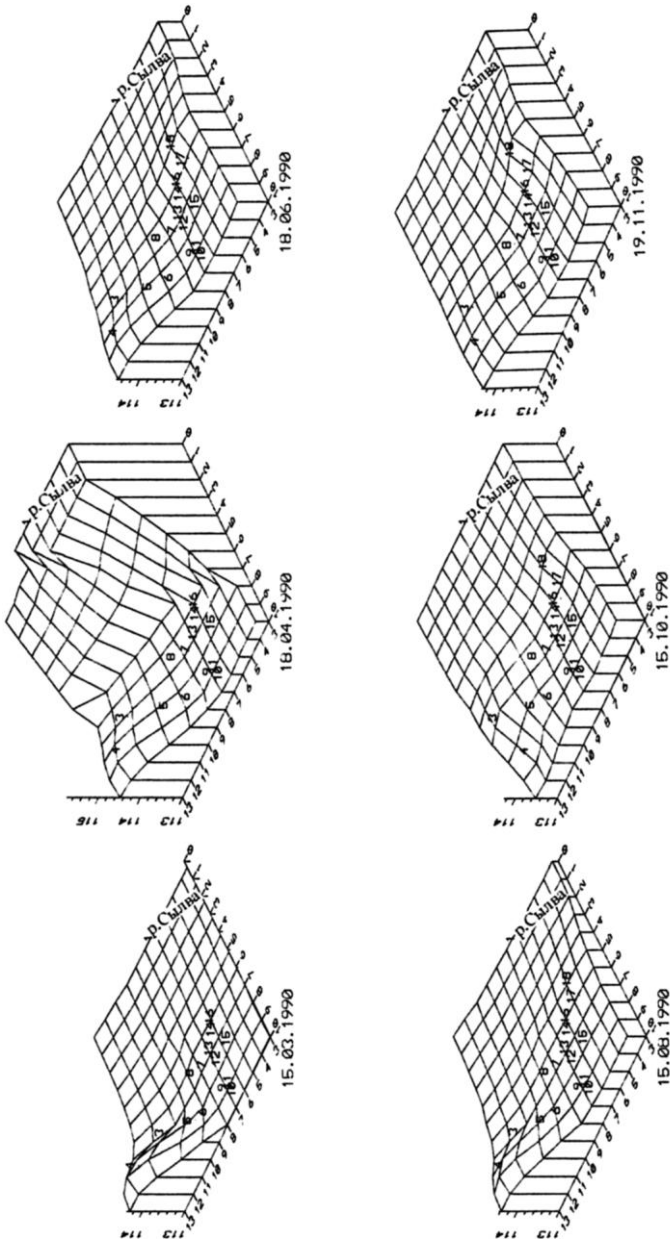


Рис. 8. Поверхность карстовых вод в районе пещеры в 1990 г. Цифрами обозначены номера гидрометрических постов; по вертикальной оси – абсолютные отметки в метрах; по горизонтальной сетке – координатная сетка с шагом 50×50 м

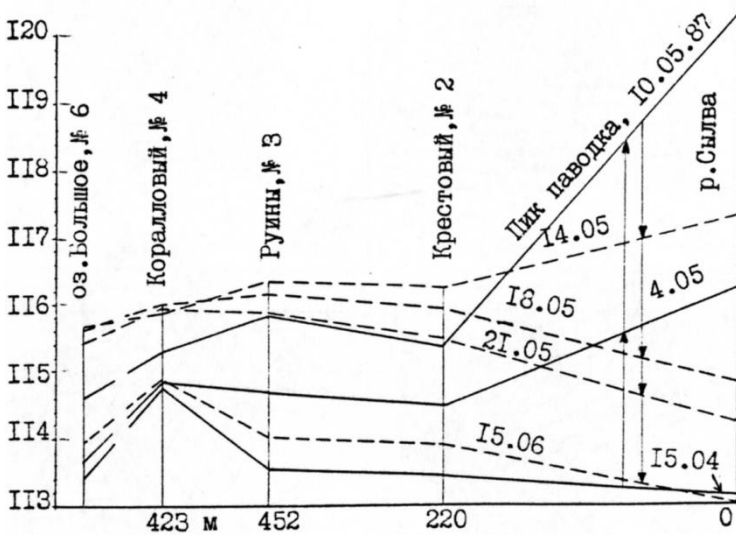


Рис. 9. Соотношение уровней р. Сылвы и карстовых вод на постах 2 (грот Крестовый), 3 (грот Руины), 4 (грот Коралловый) и оз. Большом в начале и в период спада паводка в 1987 г.; сплошными линиями обозначены начало и пик паводка, пунктирными – спад паводка.

Анализ карт гидроизогипс и моделей уровня подземных вод, построенных для типичных гидрологических периодов, показывает, что пещерный придолинный массив представляет собой сложную гидрогеологическую систему, контролируемую уровнями сопряженной с ней реки.

Закарстованный массив и примыкающая к нему аккумулятивная терраса р. Сылвы характеризуются изменяющейся в горизонтальном направлении водопроницаемостью. Изменчивость фильтрационных свойств определяет динамику потока подземных вод, вызывая изменение скорости и направления движения воды, формы и уклонов ее поверхности [4].

Неоднородный по строению поток в породах с изменяющейся в горизонтальном направлении водопроницаемостью, или водопроводимостью, разделяется на три части с различным режимом и характером движения: северо-восточную, где сток в течение года направлен вглубь пещеры, что обусловлено наличием постоянного подземного источника питания; центральную с изменяющимся направлением движения карстовых вод и прирусловую с грунтовыми водами аллювиальных отложений .

По степени влияния режимобразующих факторов режим пещерного массива относится к естественному, возникающему в основном под влиянием паводка на р. Сылве и инфильтрации атмосферных осадков. По классификации Г. Н. Каменского, подземные воды пещеры имеют прибрежный режим, который по мере удаления от реки сменяется водораздельным. Для придолинных массивов с прибрежным режимом характерно сезонное и, реже, эпизодическое, вызванное летне-осенними паводками, изменение направления движения карстовых вод, гидравлически связанных с рекой. Недостаточно ясен механизм изменения уровня карстовых вод в пещере при различном положении уровня р. Сылвы. Соотношение уровней р. Сылвы и карстовых вод в восточной части пещеры отражено на рис. 9. Поднятие уровня р. Сылвы приводит к повышению уровня карстовых вод, которое продолжается и в начале спада паводка (14 мая).

Повышение уровня карстовых вод в пещере может иметь ряд причин:

1. Непосредственное внедрение речных и грунтовых вод в массив при высоких паводках. Экспериментами с флуоресцеином [1] в 1973–1974 гг. было доказано, что речные воды поступают через грот

Вышка, с шумом прорываясь здесь через нагромождения глыб, в гроты Великан, Длинный и далее на северо-восток. Скорость течения на участках слившихся озер колебалась от 4.7 до 5.3 м/час.

2. Подпор паводковыми речными водами и грунтовыми водами I террасы карстовых вод, поступающих из глубинной части массива.

3. Разгрузка грунтовых вод в закарстованный массив с востока, в частности в районе грота Руины.

4. Инфильтрация атмосферных осадков в дождливые периоды в наиболее проницаемых зонах.

В межень уклоны зеркала карстовых вод в озерной части уменьшаются. Здесь устанавливается застойный режим [1]. Летом 1974 г. окраска флуоресцеина сохранялась в оз. Большом 2.5 месяца, а в озере грота Романтиков – свыше 3 месяцев.

Дождливые 1990, 1992, 1993 гг. характеризуются более высоким уровнем карстовых вод в меженный период, проявлением летних и осенних паводков. Неоднократное изменение направления и скорости движения карстовых вод, гидравлически связанных с менее минерализованными грунтовыми и речными водами, является фактором активизации карста в массиве, сопровождающейся образованием просадок на дне пещеры. Происходящее на этом фоне увеличение инфильтрации атмосферных осадков в массив приведет к усилению в пещере обвально-осыпных и оползневых процессов.

Библиографический список

1. Дорофеев Е. П. Связь водоемов Кунгурской пещеры с р. Сылвой // Состояние и задачи карстово-спелеологических исследований: Тез. докл. М., 1975.

2. Дублянский В. Н., Дорофеев Е. П., Бородаева Л. А. Гидрохимия Кунгурской ледяной пещеры / Симф. ун-т. Симферополь, 1984. Деп. В УкрНИИТИ 30.03.84, N 603 Ук-84.

3. Ежов Ю. А., Дорофеев Е. П., Лукин В. С. Наводнения в районе города Кунгура (их причины, динамика, прогнозирование и меры борьбы с ними) / УрО АН СССР. Свердловск, 1990.

4. Основы гидрогеологии. Гидродинамика / Гавич И. К., Ковалевский В. С., Язвин Л. С. и др. Новосибирск, 1983.

5. Турышев А. В. Подземные воды Кунгурской ледяной пещеры // Специальные вопросы карстоведения. М., 1962.

О ВОЗМОЖНОСТИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ОБРУШЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛЕДЯНОЙ ГОРЫ НАД ПОДЗЕМНЫМИ ПОЛОСТЯМИ

В. Н. Андрейчук

Кунгурский стационар ГИ УрО РАН

Ледяная гора – гипсово-ангидритовый массив – отличается высокой плотностью карстопоявлений на поверхности. Их подавляющее большинство представляет собой карстовые воронки разных размеров. Наибольшей закарстованностью отличаются склоны Ледяной горы, что связывается с повышенной трещиноватостью и проницаемостью пород в бортах речных долин.

Установлено [1, 2], что провальные воронки на поверхности горы приурочены, как правило, к органным трубам – вертикальным каналам в толще карстующихся пород, формирующимся за счет растворяющего действия инфильтрационных вод. Часть провалных воронок, преимущественно в пределах водораздельной поверхности горы, образовалась над небольшими полостями в карстово-обвальных отложениях.

Наличие в недрах крупных подземных полостей, таких как полости Кунгурской пещеры, предопределяет возможность еще одного, казалось бы очевидного, способа образования провалов – в результате обрушения сводов крупных подземных залов. Но, как выяснилось, подобные "гравитационные"¹ провалы над пещерой отсутствуют. Наблюдения в пещере позволили установить причину. Она заключается в том, что прогрессирующее накопление обломков в полости приводит со временем к ее полному (до свода) заполнению и прекращению обвалов. Под давлением вышележащих толщ, действием гидратации и других факторов обвальная материя уплотняется, превращаясь со временем в карстовую брекчию. С помощью специальной номограммы (рис. 1) можно рассчитать, на какой высоте обвальная свод полости сомкнется с накапливающимися на ее днище обломками, и выяснить, может ли обвальная полость достичь поверхности (провал) при той или иной мощности пород над ней.

¹ Условный рабочий термин: все провальные явления обусловлены действием гравитационных сил.

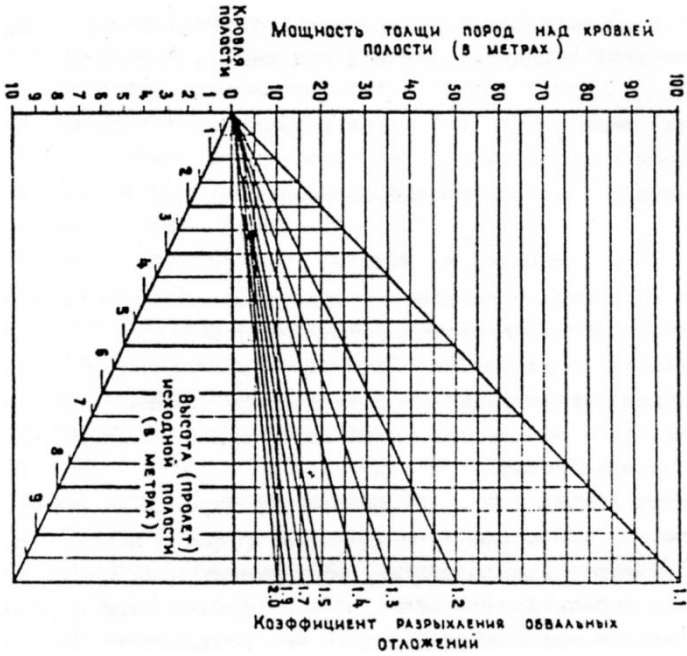


Рис. 1. Номограмма для расчета высоты смыкания обвального конуса и свода обрушений



Рис. 2. Условный разрез Ледяной горы

Используя номограмму, мы рассчитали возможность гравитационных провалов для массива Ледяной горы (рис. 2,3). Исходными данными для этих расчетов были следующие:

- полости пещеры развиты в основном на отметках 115–120 м;
- амплитуда высотных отметок в пещере составляет 10–25 м;
- средняя высота обвальных залов 5–7 м, а на обвальных осыпях – 3–5 м;
- коэффициент разрыхления обломочной массы не менее 1.3.

Приняв во избежание ошибок, которые могли бы привести к недооценке провальной опасности, что основания полостей пещеры развиты на отметках 130 м (т. е. на уровне куполов, что ближе к поверхности), средняя высота полостей между вершиной осыпи и обвальным сводом составляет 5 м, а коэффициент разрыхления обвальной массы равен 1.3, определяем по номограмме, что обвальная полость заполнится материалом обрушений на высоте 23–25 м от верха осыпи. Прибавив эту цифру к отметке 130 м, получим 153–155 м – это и есть условный высотный уровень внутри массива (поверхность горы имеет отметки 180–215 м над у. м.), вблизи которого обвальные процессы над полостями Кунгурской пещеры (и другими, развитыми в массиве на этом же уровне) затухают. Соответственно поднятая на гипсометрической карте массива горизонталь 155 м (на рис. 2б поднята горизонталь 160 м) разделит его на две части: ниже 160 м с возможными обрушениями поверхности и выше, где они невозможны (рис. 2а, 2б).

Из рис. 2б видно, что большая часть Ледяной горы – вся водораздельная поверхность и верхние части склонов – располагаются выше 160-метровой горизонтали, т. е. относятся к устойчивым с точки зрения возможных обрушений по "чисто" гравитационному механизму. Западная, пологотеррасированная, и северная части Ледяной горы представляют собой разной крутизны склоны речных долин Сылвы и Шаквы. В их пределах вероятны провалы и деформации поверхности за счет обрушения сводов подземных полостей. Возможно, в этом состоит еще одна причина повышенной закарстованности склонов горы, в частности, в пределах урочища "Байдарашки" (рис. 3), представляющего собой залесенный карстовый "бедленд". В верхней части закарстованного склона Байдарашек распространены преимущественно крупные и глубокие карстовые воронки, сформировавшиеся над органами трубами (инфильтрационно-гравитационный механизм), а в нижней

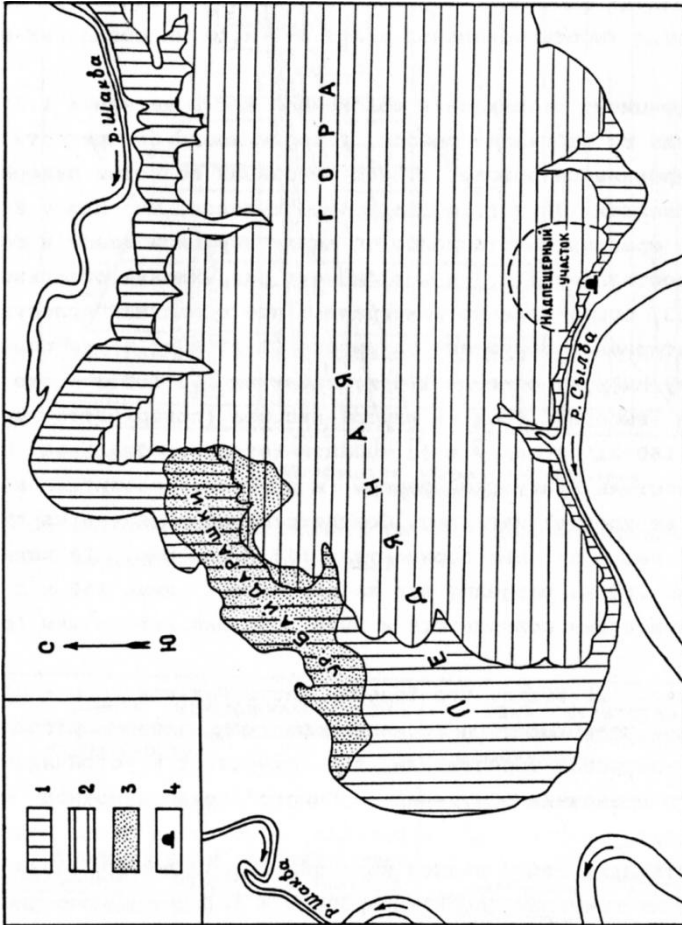


Рис. 3. Зонирование ледяной горы по условиям возможных обрушений: 1 – зона вероятных гравитационных деформаций поверхности, 2 – зона, где карстово-обвальные деформации исключены, 3 – сильно закарстованный участок, 4 – вход в пещеру

части склона преобладают разной величины впадины, сливающиеся своими бортами. По нашему мнению, многие из них, если не большинство, образованы в результате обрушения сводов подземных полостей и сопровождающих развитие обвальных полостей гравитационных деформаций.

Анализ условий образования провалов в предложенном аспекте, выделение двух различных зон с точки зрения возможностей проявления гравитационных провалов и деформаций на поверхности позволяет сделать некоторые интересные в методическом плане выводы. В частности, представляется возможным типизировать провалы Ледяной горы по механизму их развития и отразить это на карте, пояснить причины отсутствия гравитационных провалов над Кунгурской пещерой (мощность пород над полостями свыше 40–50 м, а не до 25 м), осуществить дифференцированную оценку устойчивости массива.

Библиографический список

1. Андрейчук В. Н., Дорофеев Е. П., Лукин В. С. Органые трубы в сульфатно-карбонатной кровле пещер // Пещеры. Проблемы изучения. Пермь, 1990. С. 16–23.
2. Дорофеев Е. П. Взаимосвязь подземных и поверхностных карстовых форм на примере Кунгурской пещеры // Проектирование, строительство и эксплуатация земляного полотна в карстовых районах. М., 1968. С. 147–151.

АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР И КУНГУРСКАЯ ПЕЩЕРА

В. Н. Андрейчук, Е. П. Дорофеев

Кунгурский стационар ГИ УрО РАН

Кунгурская ледяная пещера с давних пор посещалась и использовалась человеком. Человек не только осматривал пещеру, но и старался преобразовать, приспособить ее для безопасного и удобного посещения. Вмешательство в природный режим чаще всего имело отрицательные

для пещеры последствия – утрату естественного вида и уникальных ледяных образований.

История пещеры располагает и другими фактами: полная ее изоляция от человеческого воздействия также нарушала холодный режим и приводила к исчезновению ледяных образований. Особенность процессов, происходящих в пещере, такова, что обстановка в ней может изменяться и естественным путем – при нарушении воздухообмена вследствие обвалов, намерзания льда в проходах, кольматации поноров, органических труб (в воронках) сползающим грунтом.

В современных условиях полностью оградить пещеру от человеческого воздействия было бы неразумно. Ее охрана должна заключаться в научно обоснованном регулировании человеком микроклимата пещеры, чтобы нейтрализовать действие отрицательных факторов (экскурсий, поддерживающих работ), сохранить холодный режим и уникальные ледяные образования.

Кунгурская пещера используется человеком с древнейших времен. Археологические находки (остатки костров, железные и костяные наконечники стрел, обломки посуды) около пещеры принадлежат сылвенской культуре (IX–XI вв.). Древние остяки, населявшие этот регион, хранили в пещере мясо, рыбу. Первые русские поселенцы, подвергавшиеся набегам татар и башкир, использовали пещеру как укрытие.

Такие периодические, по жизненной необходимости, посещения пещеры не оказывали какого-либо деструктивного воздействия на состояние ее как чувствительного природного комплекса. Лишь с развитием экскурсионного дела (с конца прошлого века, когда жители с. Банное, ныне Филипповка, начали водить в пещеру приезжих) пещера стала объектом все более возрастающего влияния со стороны человека, поскольку рост посещаемости выдвигал все новые требования к ее доступности (благоустройству). Особенно существенные нарушения естественного режима пещеры – своеобразные "кризисы" состояния – имели место при сооружении в 1937 и 1972 гг. входного и выходного тоннелей. Отметим некоторые стороны антропогенного воздействия на пещеру в связи с ее использованием в качестве экскурсионного объекта.

Общие особенности пещеры

Пещера состоит из нескольких горизонтальных галерей шириной 10–40 м и высотой 2–10 м, уходящих от берегового склона в глубь Ледяной горы на 0.6–0.8 км. Дальние их части – продолжения пещеры – перекрыты глыбовыми и глинистыми завалами. Ближние концы выходы в береговом склоне – также завалены сползшим глыбово-глинистым грунтом. Сохранился лишь один выход, расположенный в основании 25-метрового гипсового обрыва скалы. Галереи сформировались по трещинам северо-восточного и северо-западного направления на уровне р. Сылвы и до 7 м выше его. Они образуют единственную этажна глубине 60–70 м от плоской поверхности Ледяной горы. Пересекаясь, галереи создают лабиринтовую систему ходов. Протяженность известных ходов составляет 5.7 км.

Река Сылва удалена от входа в пещеру на расстояние 0.1 км. Такую ширину здесь имеет I надпойменная терраса. Ниже по течению терраса исчезает, и река омывает подножие крутого склона Ледяной горы. В паводки на этом участке речные воды проникают в подземные ходы, повышая уровень пещерных озер. В меженный период уровень пещерных озер на 0.1–0.4 м выше уреза реки. Речные воды, агрессивные к гипсу, явились главным агентом формирования Кунгурской пещеры. Просачивающиеся сверху талые и дождевые воды в потолке горизонтальных галерей сформировали вертикальные расщелины и органые трубы – цилиндрические каналы, прослеживающиеся в гипсовой кровле на ту или иную высоту (обычно на 15–20 м). Разведано 146 органных труб, из них 85 заполненных рыхлым грунтом. Сквозных труб из пещеры до поверхности горы в настоящее время нет. Вследствие заполнения глиной, залегающей над гипсами, "решето" кровли оказалось недостаточно проницаемым для инфильтрации воды и циркуляции воздуха. Лишь немногие воронки имеют проталины в месте выхода восходящих струй теплого воздуха.

Если представить пещеру в разрезе, то станет ясно, что она образует воздухопроводящую систему, подобную гигантской печи с 60–70-метровыми трубами, прикрытыми "заслонками" из глинистого грунта. Зимой в этой системе возникает восходящая тяга воздуха. Когда открыты двери, морозный воздух устремляется в пещеру. По мере движения вглубь он передает холод стенам, согревается, становится легче и по расщелинам, органным трубам поднимается на поверхность,

вынося и рассеивая подземное тепло. Летом при температуре воздуха выше 5°C наблюдается обратная, нисходящая тяга воздуха. В раскрытые входные двери из пещеры движется поток охлажденного до 0°C и ниже воздуха. На смену ему через вертикальные каналы поступает теплый летний воздух. Поэтому в верхних концах вертикальных каналов всегда тепло, а в первых гротах, наоборот, царит зима, дуют холодные ветры, препятствующие летнему прогреванию.

В результате многолетнего накопления холода в привходовой части сформировалась зона постоянной мерзлоты. Панцирь из мерзлых пород со льдом, закупорившим трещины, препятствует просачиванию сюда талых вод. В настоящее время зона многолетних льдов простирается от входа на 0.17–0.20 км в глубь пещеры. Некоторые льды лежат 100 и более лет, другие – 20–30 лет. Площадь многолетних льдов составляет 500 м^2 , а их объем достигает 350 м^3 . Дальше от входа на 0.25–0.27 км находится зона сезонной мерзлоты, богатая натечными ледяными образованиями: сталактитами, сталагмитами, колоннами, каскадами. Здесь инфильтрационные воды проникают в охлажденные ниже 0°C подземные полости, формируя причудливые скульптуры натечного льда, исчезающего в летний период. За пределами зимней изотермы 0°C простирается обширная теплая часть пещеры. С удалением от входа в каждом следующем гроте температура воздуха и горных пород становится все выше, достигая максимальных величин в глубинной малопосещаемой части (грот Грязный, 5.3°C), где не меняется в течение всего года.

Кроме воздухообмена с наружной атмосферой внутри подземного лабиринта возникают круговороты и разветвления потоков, хорошо выраженные в зимний период, когда увлажненный согревшийся воздух движется по соседним ходам навстречу или попутно основной холодной струе. На пересечении ходов, где смешиваются потоки воздуха с разной температурой и влажностью, возникают обстановки интенсивной конденсации в теплой части пещеры и сублимации – в холодной. Своды и стены на участках сублимации покрываются бахромой из крупных кристаллов изморози, растущих в течение всей зимы. Сплошные ненарушенные грани кристаллов достигают 3 см в поперечнике, а разросшиеся друзы, похожие на снежинки – 10 см. Ледяные иглы имеют длину 30 см. В зависимости от температуры воздуха, в гротах появляются

определенные формы кристаллов. Похолодания и оттепели сопровождаются сменой кристаллического убранства гротов.

До устройства входной двери (в начале XX в.) изменения температуры и подземных льдов происходили по естественным причинам. Самыми неустойчивыми частями воздухопроводящей системы были вход и верхние концы вертикальных каналов. Узкое отверстие старого входа, расположенное в углублении, иногда на годы заполнялось льдом, иногда заваливалось осыпающимися глыбами. Пещера становилась недоступной. Тогда приток зимнего воздуха прекращался, гроты прогревались, льды исчезали. Подобные процессы происходили при кольматации вертикальных каналов, выходящих на поверхность в окружении глинистых пород. Эти участки всегда бывают сырыми от обильной конденсации влаги из охлаждающихся восходящих зимних и нисходящих летних воздушных потоков. Сползающий грунт перекрывал поноры и затруднял циркуляцию воздуха.

Условия менялись, если в результате обвалов или размыва заполнителя труб водой открывался новый вертикальный канал. Циркуляция воздуха многократно возрастала. Оледенение распространялось в глубь пещеры, а льды, перекрывающие вход, наоборот, испарялись под влиянием потока морозного воздуха, снижалась температура воздуха и горных пород. Можно предполагать, что развитию оледенения в XVIII–XIX вв. предшествовал большой провал на Ледяной горе, случившийся в период 1720–1730 гг. Люди, посланные начальником уральских и сибирских горных заводов В. Н. Татищевым, обнаружили, что один из ходов пещеры засыпало. Веками вертикальный канал заполнялся рыхлым грунтом. Вентиляция к началу XX в. ухудшилась, пещера стала теплее, сократились подземные льды.

Многолетние наблюдения за пещерными льдами, температурой воздуха, горных пород и подземных вод позволили установить непрерывные изменения, связанные с сезонными колебаниями, сменой погодных условий на поверхности, особенно – с деятельностью человека.

Нарушение морфологии пещеры

Наиболее значимым нарушением облика пещеры было сооружение тоннелей – входного (36 м), горизонтального, и выходного (109 м), наклонно-восходящего (7°). Последним было вскрыто несколько полостей и естественная галерея, когда-то соединявшая грот Вышка с

входным отверстием в обрыве Ледяной горы, ныне засыпанным. На это указывают полусгнившие обрывки бересты, обнаруженные в ней. Ряд тоннелей-проходов был пройден непосредственно в пещере, например, из грота Крестовый в грот Руины, в обход Большого подземного озера и т. д.

Кроме устройства тоннелей, в пещере осуществлен большой объем работ по расчистке днищ залов и проходов от камней, глины, по обрушению кровли ходов. Последнее в ряде случаев производилось с помощью взрывов. Взрывы сопровождалась землетрясениями, вызывавшими обрушения и в соседних, а также отдаленных гротах.

В результате проложения подземных троп и расчистки, особенно при сложения обломков в виде ограждений, подпорных стенок и колонн подземные пейзажи теряют свой естественный вид. Во многих местах пещеры сооружены (не всегда обоснованно) массивные металлические подпорные конструкции, придающие пещере вид горной выработки. Вызывают возражения многие технические и эстетические решения благоустройства пещеры.

К сожалению, отмеченные недостатки "внутреннего вида" пещеры являются лишь частично исправимыми. В пещере довольно часты обвалы: из-за трещиноватости, морозного выветривания, техногенных сотрясений и вибраций своды весьма неустойчивы. Но, к счастью, зачинатели экскурсионного дела в Кунгурской пещере не знали современных требований к туристическим пещерам. В наше время пещера вряд ли была бы оборудована для массового посещения.

Нарушение микроклиматического режима и подземного оледенения

Наиболее существенное вмешательство человека в естественный микроклиматический режим пещеры началось с устройства тоннеля с входной дверью. Накопление холода стало зависеть от того, как продолжительно дверь оставалась открытой для зимней вентиляции, а потери его – от герметичности ее в летний период.

Тоннель был пройден по кратчайшему расстоянию и нарушил естественный круговорот воздуха, способствующий интенсивной сублимации в первом гроте. В результате в Бриллиантовом гроте исчезли кристаллы. В последующие годы удалось лишь частично восстановить прежнее ледяное убранство.

До устройства тоннеля зимняя вентиляция пещеры осуществлялась через старый вход. Воздушный поток по извилистому пути, имеющему многочисленные ответвления, попадал в Бриллиантовый грот с востока. Сюда же с северной стороны из неразведанных гротов глубинной части поступал более теплый увлажненный воздух пещеры благодаря устойчивому горизонтальному круговороту. Часть теплого воздуха проникала также в Полярный грот. При встрече с основной холодной струей происходила сублимация водяных паров, выпадающих в твердой фазе на сводах пещеры в виде крупных кристаллов подземной изморози, которыми издавна славилась Кунгурская пещера. В южной части Бриллиантового грота находилась каменистая осыпь, покрытая каскадами натечного льда.

Тоннель, пройденный горизонтально на уровне Бриллиантового грота, открыл прямой и свободный путь для движения воздуха. При этом были разрушены живописные ледяные каскады. Зимой через раскрытые двери тоннеля в грот стал поступать поток морозного воздуха, вызывая испарение ледяных кристаллов. Кроме того, поток был направлен навстречу струе теплого увлажненного воздуха и оттеснял его, вызывая образование изморози в узких проходах за пределами грота. Вследствие заполнения их льдом, круговорот воздуха прекращался.

В летнее время, когда двери тоннеля открывались при входе и выходе экскурсантов, холодный воздух беспрепятственно вытекал наружу. При этом льды таяли, в первую очередь в глубинной части подземелья – под действием потока пещерного воздуха, движущегося через холодную зону.

Целесообразно было бы по-прежнему вентилировать пещеру через старый вход, а двери тоннеля держать закрытыми. Но старый вход, ежегодно зарастающий льдом, не всегда своевременно очищался, а в 1983 г. он был засыпан при обрушении неустойчивых глыб с отвесной скалы над входом.

Недостаток холода сказался на ледяном убранстве пещеры. Повысилась среднегодовая и максимальная температура воздуха, сократились зоны сезонного и многолетнего оледенения. Зимняя изотерма 0°C , отражающая границу распространения льда, переместилась на 100 м ближе к выходу – из грота Скульптурный в южную часть грота Руины.

В конце декабря 1987 г. был расчищен от льда и обломков старый вход. В последующие морозные дни посредством вентиляции через старый естественный вход восстановился прежний круговорот. Температура выходящего из хода воздуха первоначально поднялась до $+0.5^{\circ}\text{C}$, но к 15 января 1988 г. она снизилась до -0.4°C . В то же время благодаря вентиляции через старый вход температура воздуха опускалась в гроте до -13.3°C . Поэтому в гроте как никогда ранее разрослись кристаллы лотковой и игольчатой формы. В гроте Полярном, куда не было свободного поступления влажного воздуха, изменения были малосущественными.

При проектировании выходного тоннеля из грота Вышка были учтены недостатки входного тоннеля. Для сохранения холода, накопленного горными породами в зимнее время, наружный вход в тоннель был расположен выше уровня днища грота, а на склоне горы – на высоте 18 м над межленным уровнем Сылвы.

Как и ожидалось, устройство нового тоннеля существенно изменило циркуляцию воздуха в пещере. При открытых в зимнее время дверях тоннеля в грот Вышка устремился поток морозного воздуха. Температура в гроте понизилась с 3.4°C до $-5-7^{\circ}\text{C}$, подземные озера промерзли до дна. Своды покрылись крупными ледяными кристаллами, сталактитами, среди нагромождений упавших глыб поднялись многочисленные сталагмиты. По богатству ледяных образований грот Вышка превзошел Бриллиантовый и Полярный. В летнее время большинство ледяных образований таяло, но ожидалось, что по мере накопления холода горными породами льды грота Вышка также будут многолетними.

Создание новой зоны многолетней мерзлоты не удалось довести до конца из-за участвовавших обвалов. С 1972 по 1981 г. на участке между гротами Вышка и Великан было зафиксировано 14 обвалов. Морозное выветривание в неустойчивых породах грота Вышка вызвало активизацию обвального процесса. Но со временем, после образования многолетнемерзлой зоны, обвальный процесс должен был затухнуть. При этом зона сезонного промерзания пород сместилась быв глубь пещеры, где преобладают низкие, устойчивые своды.

Несмотря на благоприятный прогноз, экскурсионный маршрут был закрыт на 10 лет. Специальные бригады шахтеров и строителей выполнили в 1981–1985 гг. большой объем работ по обрушению неустойчивых пластов кровли в гротах Вышка, Великан, Длинный, возведению

каменных и металлических крепей, защитных стенок. К сожалению, при проектировании учитывались только требования безопасности, но не принималась во внимание необходимость сохранения естественного вида пещеры. Грот Вышка был загроможден частоколом стальных балок, не обеспечивающих к тому же надежной защиты от обвалов. Вдоль тропы были устроены ограждения из труб, лампы на трубчатых стойках типа уличных фонарей, хотя предлагалось разместить лампы в углублениях сводов и стен по ходу экскурсий, чтобы они не попадали в поле зрения экскурсантов.

В последние годы обвалов на новом участке подземного маршрута не зафиксировано. Стабилизация объясняется проведенными работами по оборке сводов и частично тем, что в ущерб ледяным образованиям почти прекращена вентиляция через новый тоннель. Пышное ледяное убранство грота Вышка исчезло. Мало появляется сталактитов и сталагмитов, значительно сократился срок их существования. Зимняя изотерма 0°C , в 70-х гг. достигавшая грота Длинного, в 1990 г. оставалась в пределах грота Вышка, а многолетних льдов в этом гроте почти не осталось.

Устройство нового тоннеля повлияло также на режим проветривания через старый тоннель. Выявлено, что при открытии дверей нового тоннеля общее количество воздуха, попадающего во входную часть пещеры (через старый тоннель, старый вход и поноры-прососы в расщелинах) уменьшается вдвое. Таким образом, с двух сторон в пещеру поступают почти равные количества воздуха (при $t=22^{\circ}\text{C}$ по $309600\text{ м}^3/\text{сут}$).

Кроме устройства тоннелей на микроклимат пещеры повлияли и влияют работы по расчистке проходов от глины и обломков, снятию кровли низких ходов с помощью бурения шпуров и взрывов. Иногда производились взрывы значительной мощности. Они вызывали кратковременное, на несколько суток, загрязнение подземной атмосферы продуктами сгорания и пылью. В местах взрывных работ на днище и стенах отложился слой эруптивных антропогенных отложений из пылеватых частиц породы и несгоревших частиц взрывчатых веществ.

Расчистка ходов сопровождалась удалением вынудой породы в стороны от тропы, при этом закладывались многочисленные тесные ответвления пещерного лабиринта, вследствие чего нарушались горизонтальные круговороты воздуха. Вместе с тем усиливалось движение

воздушного потока вдоль экскурсионной тропы, способствующее вентиляции.

Значительные изменения микроклимата в результате деятельности человека зафиксированы и в центральной, теплой части пещеры, например в гроте Коралловом. До 1982 г. здесь встречались два воздушных потока: основной, движущийся по экскурсионной тропе, и второстепенный, направленный из грота Руины по параллельному ходу к главной галерее в гроте Коралловом. Второй путь, более тесный, с многочисленными сырими от капли участками, позволил сформироваться сильно увлажненному, более теплому воздушному потоку. При встрече его с основной холодной струей в гроте Коралловом происходила активная конденсация влаги. Поверхность пород грота постоянно блестела от пленочной влаги, а со сводов срывались капли конденсата. Причудливый рельеф стен грота в значительной степени обусловлен растворяющим действием конденсационной влаги.

В 1983 г. в небольшом гроте, расположенном к западу от грота Кораллового, был устроен "бар" – комната для празднеств. Устье хода, ведущего в грот Руины, было замуровано, поступление влажного воздуха в Коралловый грот прекратилось. Стены грота стали сухими в любое время года.

Многочисленные крепи и защитные стенки, сложенные в пещере, также повлияли на микроклимат, вызвав изменение направления и скорости воздушных потоков. Движение воздуха по извилистым, расходящимся и вновь сходящимся галереям, вдоль сухих и увлажненных участков обусловило дифференциацию микроклиматических условий. На отдельных участках интенсивный поток воздуха создает разреженные зоны, куда из примыкающих ходов засасывается теплый и влажный воздух. Особенно ярко это проявлялось на круговороте через Скандинавский грот. В 70-х гг. грот соединялся с основной галереей двумя ходами. Холодный воздух проникал в грот с дальнего конца, от грота Данте проходил под интенсивной капелью, согревался и увлажнялся. По проходу из ближнего конца грота этот воздух вновь направлялся к основной галерее и пешеходной тропе. В месте выхода свод галереи был покрыт крупными ледяными кристаллами в форме снежинок. Для их освещения был установлен прожектор, скрытый от экскурсантов стенкой, сложенной из камней, служившей одновременно крепью. Именно эта стенка, отклонявшая струю холодного воздуха, создавала разрежение, поддерживающее круговорот.

В 80-х гг. ходы постепенно заросли льдом. О гроте Скандинавском теперь лишь напоминают старые планы пещеры. Круговорот воздуха прекратился, исчезли сублимационные кристаллы.

К числу неблагоприятных факторов, влияющих на микроклимат пещеры, относятся также экскурсии (в 1980 г. пещеру посетило более 200 тысяч человек), мощные осветительные приборы-прожекторы.

Нарушение гидрологического режима

При прокладке новых экскурсионных троп около 10 озер в гротах Вышка, Шахтеров, Длинный были целиком засыпаны. Некоторые озера – в гротах Дружбы народов, Романтиков, Длинный, Великан – сохранились частично. Изменение гидрологического режима пещерных водоемов происходило также при интенсивной вентиляции грота Вышка, когда озера промерзали до дна и водообмен между рекой и пещерой становился затрудненным. Вместе с тем был создан ряд искусственных водоемов в виде наблюдательных шурфов в гротах Крестовом, Руины, Коралловом, Смелых, Грозном.

На химический режим озер, расположенных рядом с экскурсионными тропами, оказывают влияние посетители, бросающие остатки пищи и всевозможные предметы (значки, монеты, пуговицы и т. п.). Выявлено загрязнение нитратами и нитритами Большого подземного озера и озера в гроте Атлантида.

После прокладки экскурсионных троп в ряде озер в гротах Атлантида, Геологов, Длинный, Великан, Вышка частично или полностью исчезла с поверхности воды гипсово-кальцитовая пленка. На гидрохимический режим некоторых гротов повлияло образование временного ледяного покрова, который начал возникать периодически после устройства тоннеля в гроте Вышка. На других озерах причиной разрушения пленки стали камни, бросаемые в воду экскурсантами. Иногда пленки исчезали после обследования озер спелеологами, передвигающимися на резиновых лодках или в гидрокостюмах.

Изменение подземной биосферы

Геологическая молодость пещеры (голоцен) и подземный холод определяют ее сравнительную бедность в отношении спелеофауны. Освоение пещеры человеком обусловило ее "заселение" поверхностными

организмами и своеобразное "биологическое загрязнение" подземного комплекса.

Обилие мусора, оставляемого посетителями вдоль экскурсионных троп, является питательной средой для обитателей пещеры. В разных ее частях на влажной глине обнаруживаются следы мышей и крыс. Часто их самих можно встретить на тропе в гроте Дружбы Народов (800 м от входа), а следы грызунов выявлены на расстоянии до 1000 м от входа в вечно темной глубинной части пещеры.

Экскременты человека служат пищей для личинок двукрылых насекомых, которые обитают и размножаются в теплой части пещеры. Эти насекомые похожи на комаров, но в несколько раз больше их. Они имеют серую и коричневую окраску. Впервые на указанных насекомых обратил внимание в 1912 г. биолог П. Каптерев. Он принимал их за "комаров", попавших в пещеру с поверхности. Насекомые откладывают многочисленные яйца в фекалии, а также в загнившие овощи. Их белые личинки длиной 5–8 мм, толщиной около 2 мм полностью перерабатывают нечистоты в сухой зернистый коричневатый порошок, выступая, таким образом, в роли подземных санитаров. После соответствующего периода развития личинки расползаются в стороны и замирают. Через определенное время оболочка личинки лопается и освобождается летающая особь. Вылет их происходит одновременно, как поденки.

Численность этих насекомых прямо связана с длительностью пребывания людей в пещере. Так, в 1981–1982 гг., когда большая бригада строителей прокладывала тропы и устраивала освещение нового маршрута от грота Дружбы Народов до грота Вышка, на протяжении года поверхность прилегающих подземных озер была усеяна сотнями упавших насекомых, некоторые из которых были еще живыми. Особенно много их было отмечено 15 февраля 1982 г., кроме того, встречались и пролетающие двукрылки. Разлагающимися на поверхности озер летунами питались ногохвостки, которые также развивались в это время в большом количестве. После завершения работ численность двукрылых насекомых и ногохвосток уменьшилась до единично встречаемых экземпляров.

С деятельностью человека связано и развитие плесени, иногда лавинообразное на большой площади. В 1979 г. на гниющих досках в гроте Центральном плесень образовала пышный белый покров толщиной до 5 см и площадью около 2 м² вокруг питательного субстрата. Через

два года, 15 января 1981 г., в центре покрова плесень опала, пышный покров сохранился лишь на периферии, вне питательной зоны, на глине и камнях. К 15 мая 1981 г. она исчезла, оставив сухую пленку ржаво-бурого цвета.

Следующий случай активного образования плесени наблюдался в гроте Эфирном. В декабре 1982 г. она появилась на гниющих досках ступеней, ведущих под органную трубу. Особенно сильно она разрослась в октябре 1983 г. В наиболее плотной массе плесень имела розоватый оттенок. Покров развивался до сентября 1985 г., затем начал отмирать у лестницы, распространяясь вниз по камням и влажной глине и покрывая новые участки. В октябре 1985 г. размеры участка, покрытого пышной плесенью, составили 2.0×0.5 м. На остальной части она отмерла, превратившись в коричневую пленку. В 1986 г. от покрова осталась лишь кайма шириной до 20 см у склона осыпи и пятно в 1 м². В 1987 г. плесень сохранилась лишь на каменной стенке барьера, а к сентябрю 1989 г. исчезла совсем. Еще один процесс активного образования плесени начался в 1988 г. и протекает по настоящее время на боковых поверхностях каменных крепей в гроте Дружбы Народов. В декабре 1985 г. на тропе между гротами Западный и Атлантида были обнаружены ярко-желтые пятна с белым ореолом плесени. Оказалось, что здесь проходили экскурсанты со свечами, и плесень развилась на каплях парафина.

С деятельностью человека связано также появление в пещере грибов. Одни из них были белого цвета и напоминали шампиньоны с длиной ножки до 15 см и диаметром шляпки до 2–3 см. Первый гриб был встречен возле скважины в гроте Коралловом в мае 1980 г. В июне он засох, но появилось 8 грибов в другом месте. Молодые грибы в виде белых столбиков длиной до 3 см, диаметром 0.5 см выросли на щебнистом основании. В ноябре 1980 г. в гроте Коралловом на куске шлама, извлеченного из скважины, обнаружен еще один гриб с белой чешуйчатой ножкой длиной до 10 см и шляпкой диаметром 1.5 см с опущенными черными перьевидными краями, на которых виднелись спороносные участки. Верхушка шляпки была гладкая коричневая, напоминающая сверху глаз.

Впоследствии, до 1991 г., в пещере неоднократно находили грибы разного вида и размера. Обращает на себя внимание приуроченность грибов к бетонированному устью скважины в гроте Коралловом и бетонированной экскурсионной тропе. Очевидно, споры были занесены

с песком, входящим в состав бетона, и прорастали на протяжении ряда лет после пещерных работ.

С деятельностью человека также связано произрастание водорослей и мхов на подводных лампах в гротах Дружбы Народов, Атлантида, а также на камнях и глине перед прожекторами в гроте Длинном. В гроте Атлантида водоросли покрыли даже дно около ламп подводного освещения. Возле ламп окраска водорослей и мхов была ярко-зеленой, далее от источника света их окраска сменялась на бурую. Наряду с закрепленными появлялись свободно плавающие водоросли, которые медленным течением относились в сторону от ламп.

В 50-х гг. проводились эксперименты по пересадке рыб в Большое озеро. Речные рыбки длиной 8–10 см прожили в подземных условиях свыше трех лет. При обследовании озера в 1960 г. их уже не обнаружили.

Современная фауна и флора пещеры не стала объектом внимания специалистов, как и микроорганизмы – бактерии, актиномицеты, водоросли, грибы, лишайники. Это вызывает сожаление, поскольку пещера стала уникальным объектом экспансии жизни и в этом аспекте здесь могли бы быть сделаны интересные наблюдения, а возможно, и открытия.

Загрязнение пещеры

В пещеру с ее благоустройством были привнесены десятки тонн различных стройматериалов, металла, пластмассы, стекла, резины и пр. Большая их часть пошла на оборудование экскурсионной тропы. Значительное количество неиспользованных материалов осталось в пещере в рассредоточенном виде. Поддерживающие работы в пещере также приводят к накоплению материалов, пополняющих антропогенные отложения. Вдоль экскурсионной тропы и в озерах накапливается мелкий мусор в виде монет, спичек, обрывков бумаги и т. д.

Для оценки характера и степени загрязнения пещеры было осуществлено предварительное картирование предметов антропогенного происхождения. В таблице приведены данные о количестве различных материалов, обнаруженных в экскурсионной и заповедной частях пещеры, площади которых находятся примерно в соотношении 2:1.

Материалы, отложения	Часть пещеры				Пещера в целом	
	Экскурсионная		Заповедная		Вес, кг	Площадь, м ²
	Вес, кг	Площадь, м ²	Вес, кг	Площадь, м ²		
Дерево	570	36	700	19	1270	55
Металл	4360	141	85	11	4445	155
Стекло	4	11				
Бетон, цемент	160	3				
Картон	35	8				
Резина	109	18				
Дерево и металл	3970	211				
Дерево и цемент	300	2				
Дерево и резина	270	9				
Металл и пластмасса	25	6				
Картон и пластмасса	1	1				
Металл и картон	5	2				
Дерево и картон	26	5				
Металл и резина	786	41				
Металл и цемент	30	2				
Дерево и стекло	500	64				
Металл и стекло	20	2				
Различный мусор	7225	386				
ИТОГО	19191	1158				

Приведенные цифры, безусловно, занижены, и детальные работы позволят уточнить масштабы антропогенного загрязнения пещеры. Её очистка от антропогенного мусора является наиболее актуальным мероприятием на пути к реконструкции пещеры, восстановлению и регулированию ее естественного режима.

НОВЫЕ ПЕЩЕРЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ г. КУНГУРА

И. А. Лавров

Кунгурский стационар ГИ УрО РАН

В 1992–1994 гг. в окрестностях г. Кунгура автором совместно со спелеологами Перми, Екатеринбурга и других городов России исследован ряд новых пещер в гипсах и ангидритах. Описания наиболее значительных из них приводятся ниже.

Пещера Новая Подкаменская (Скаутов). Расположена на правом берегу р. Сылвы в устье лога Рассоха, в 2 км вниз по течению от д. Подкаменное, в пределах Нижнесылвенского карстового района. Вход представляет собой провал диаметром 1.5 и глубиной 3 м, возникший на правом склоне лога весной 1993 г. Ходы пещеры, имеющие преимущественно щелевидное сечение, образовались в гипсах и ангидритах шалашнинской пачки вследствие расширения вертикальных трещин благодаря карстовым процессам и вытянулись параллельно крутому скалистому склону долины реки на 200 – 300 м. Главными пещерообразующими трещинами являются трещины разгрузки. Ширина ходов не превышает 1–3 м, высота – 10 м, в местах пересечения трещин сформировались гроты размерами до 20×15×5 м. В двух местах, там, где ходы пещеры проходят под логами, имеются бурные водотоки. Вблизи этих мест стены и потолок пещеры инкрустированы вторичными сульфатными и, реже, карбонатными образованиями кристаллами, корами, кораллоидами.

Возникновение гипсовых образований можно объяснить наличием в близи ручьев взвесей гидроаэрозольных частиц, богатых сульфатом кальция, а также хорошей естественной вентиляцией пещеры, способствующей удалению избыточной влаги. Кальцит отлагается водами гидрокарбонатно-кальциевого состава, поступающими из покровных крупноглыбовых отложений, елкинской доломитовой пачки и часто выполняет трещины в потолках ходов. В целом для пещеры характерны отложения глины и глыбовые навалы, иногда представленные высыпками доломитов елкинской пачки. В некоторых местах на глине отмечены

налеты мелких кристаллов гипса.

Происхождение пещеры связано с растворяющей деятельностью речных вод, проникающих в трещины разгрузки во время паводка. В меженный период эти воды сохраняются в виде небольших озер в наиболее пониженных местах пещеры.

Вход в пещеру обнаружен автором в июле 1993 г., раскопки входа и первичное обследование пещеры осуществлены отрядом новосибирских скаутов (руководители П. Заякин, Г. Андросов) в июле-августе этого же года. В 1993–1994 гг. пещера исследовалась спелеологами Кунгура, Перми и Екатеринбургa под руководством автора. Общая длина изученных ходов пещеры около 1 км.

Поляковская пещера. Расположена в Посадском логу, впадающем в долину р. Сылвы справа в районе с. Посад, в пределах Кишертского карстового района. Вход в пещеру открывается на левом крутом склоне лога в 3.5 км от его устья на дне рва отседания и имеет вид небольшого отверстия среди глыб. Пещера делится на две различные по морфологии части: привходовую – ходы в глыбовом навале – и основную – стометровую галерею, развитую по крутонаклонной трещине, расширенной коррозией до 1–2 м. В паводковый период галерея подтопляется подземными водами, о чем свидетельствуют отложения глины на полу и стенах. В верхней, недоступной для воды части галереи сформировались вторичные гипсовые образования – коры, кристаллы и кораллоиды, иногда принимающие сталактитоподобные формы. Здесь же происходит интенсивное накопление обломочного материала вследствие процессов морозного выветривания, что говорит о малой мощности кровли.

Полости пещеры образовались в гипсово-ангидритовой толще поповской свиты кунгурского яруса в зоне циркуляции относительно слабоминерализованных вод, поступающих со стороны Уфимского вала.

Пещера исследована автором совместно со спелеологами Перми в 1992 г. Протяженность ходов около 200 м.

Ординская (Казаковская) пещера. Расположена на левом берегу р. Кунгур близ юго-западной окраины с. Орда, в пределах Иренского карстового района. Река здесь огибает высокую (превышение 40–50 м над рекой) плоскую возвышенность, называемую местными жителями Казаковской горой. Поверхность горы усеяна крупными карстовыми воронками. Вход в пещеру образовался в результате обвала пород

над карстовой полостью на юго-восточном склоне горы. В настоящее время стенки провальной воронки осыпались, она имеет вид конусообразной впадины диаметром 10 и глубиной 5 м с обнажением гипса на северо-западном склоне, в основании которого зияет большой (5×2 м) вход в пещеру. От входа вниз тянется осыпь из обвального-глыбовых и глинистых отложений, приводящая в грот длиной 30, шириной 15 и высотой до 8 м. В своде грота обнажаются (сверху вниз) гипсы и ангидриты шалашнинской пачки, а затем известняки и доломиты неволинской пачки. Внизу, на глубине 21 м от входа, расположено глубокое озеро, уровень которого совпадает с уровнем воды в р. Кунгур. Основной ход пещеры тянется влево от входного грота и представляет собой вытянутый в юго-западном направлении (параллельно долине) грот длиной около 50 м, шириной до 15 и высотой до 7 м. В правой стене грота, образованной по вертикальной трещине разгрузки, обнажаются известняки и доломиты, а потолок, развитый по трещинам напластования, сложен гипсом. Пол грота усеян упавшими с потолка обломками коренных пород. Количество обломков постепенно увеличивается, пол повышается и в дальнем конце грота он почти смыкается с потолком. Дальше на несколько метров тянутся узкие трещинные ходы в доломитах.

В северо-восточной части грота находится озеро, в котором обнаружено подводное продолжение пещеры. В результате погружения в озеро с аквалангом выяснено, что параллельно гроту тянется длинная галерея шириной до 20 и высотой более 10 м, полностью затопленная водой. Пройденная длина этого хода более 100 м, продолжение наблюдается в обе стороны. Плоский потолок галереи сложен известняком и доломитом. Сама галерея сформировалась в гипсах и ангидритах ледянопещерской пачки.

Пещера образовалась в зоне разгрузки слабоминерализованных вод, поступающих в гипсовый массив со стороны Уфимского вала.

Пещера известна местным жителям давно. В 1993 г. она исследовалась ординскими и пермскими спелеологами (руководители А. Самовольников, И. Лавров), а в марте 1994 г. – спелеоподводниками из Рязани (руководитель В. Комаров).

ЗИМОВКА ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ В ПЕЩЕРЕ НОВАЯ ПОДКАМЕНСКАЯ

Д. В. Наумкин, М. И. Демидова

Национальный природный парк "Сылвенский"

В силу специфики своей биологии рукокрылые составляют одну из наименее изученных групп млекопитающих России. Что касается Пермского Прикамья, то информация о летучих мышах в этом регионе исчерпывается сведениями в единичных работах [1, 3, 7–11].

Осенью 1993 г. были начаты наблюдения в пещере Новая Подкаменская, находящейся на территории проектируемого национального парка "Сылвенский". Пещера, открытая в июле 1993 г., расположена в 1 км к северо-востоку от д. Подкаменное Кунгурского района, в непосредственной близости от ранее известной Подкаменской пещеры, в настоящее время недоступной в результате происшедших обвалов. Вход в пещеру представляет собой вертикальный провал диаметром 1–1.5 м в устье одного из логов правого берега р. Сылвы. Наряду с ним имеются многочисленные трещины, сообщающиеся с пещерой.

Породы, в которых образована пещера, представлены гипсами и ангидритами нижнепермского возраста. Они пронизаны вертикальными тектоническими трещинами, ориентированными вдоль долины р. Сылвы. Протяженность исследованной части пещеры составляет около 1 км. В привходовой части температура и влажность существенно меняются в течение года, зимой здесь появляются различные ледяные образования. Далее идет галерея протяженностью около 300 м, заканчивающаяся единственным в пещере крупным гротом (20×15×5 м). Эта часть пещеры сухая и относительно холодная. В зимний период температура на дне может опускаться ниже 0°С, однако у потолка по результатам ноябрьских наблюдений она составляет 3.6–4.2°С. Более теплая, не промерзающая у дна Водопадная галерея характеризуется повышенной (практически 100 %) влажностью, наличием постоянных водотоков.

Посещаемость этой малоизвестной пещеры регламентирована. Главным образом ее изучают небольшие квалифицированные спелеогруппы.

С целью наблюдений за рукокрылыми проведено четыре обследования: 8 ноября 1993 г., 16 апреля, 12 ноября и 8 декабря 1994 г. Учено 25 зверьков в первую зиму и около 100 во вторую. Выборочно осмотрена 41 особь. Для установления видовой принадлежности использован "Определитель млекопитающих СССР" (1965). Приняты во внимание изменения, внесенные в систематику ночниц [8]. Возраст определен по форме и состоянию суставов фаланг пальцев [2].

Комплекс зимующих рукокрылых средней полосы европейской части России включает семь видов [6, 7]. На зимовке в Новой Подкаменской пещере были обнаружены лишь два вида. Абсолютное большинство составляли ночницы Брандта (*Myotis brandti* Eversmann, 1845), кроме того, в годы исследования было отмечено по одному экземпляру ушанов (*Plecotus auritus* L, 1758).

Число зарегистрированных зимующих особей относительно невелико. Небольшое количество помета и единичные находки скелетов погибших зверьков подтверждают вывод об отсутствии крупных скоплений рукокрылых в исследуемой пещере. Бедность видового и численного состава летучих мышей, очевидно, объясняется нестабильностью микроклиматических условий в полостях сульфатного карста, что отмечалось и ранее [11].

В 1993/94 г. в пещере зимовали в основном взрослые особи рукокрылых (табл. 1). В последующую зиму почти половину обследованных зверьков составляли сеголетки. В связи с этим можно предположить, что увеличение общего числа зимующих особей в 1994/1995 г. связано с повышением интенсивности размножения.

Таблица 1

Половой и возрастной состав рукокрылых

Период	Число зверьков		
	Обследованных	Взрослых	Самцов
1993/1994	16	15	15
1994/1995	25	13	23

Колония ночниц Брандта состояла преимущественно из самцов. Единственная обнаруженная самка расположилась отдельно на открытом участке свода. Изменение в соотношении полов в условиях зимовок и изолированное существование самок и самцов ночниц отмечено также С. П. Чащиным с соавторами [10]. Найденные особи ушанов представляли собой взрослую самку и молодого самца.

Результаты измерения длины предплечья ночниц Брандта (в среднем 35 мм, n-12) подтверждают вывод П. П. Стрелкова и Е. Т. Бунтовой [8] об их более мелких размерах на Урале в сравнении с Казахстаном, Сибирью и Дальним Востоком.

Зимующие зверьки располагались в дальнем от входа конце сухой галереи, гроте и влажной галереи единично и в скоплениях насчитывающих до 10 особей. Они прикреплялись частью открыто на стенах, частью – в щелях. Число учтенных в ноябре 1993 и 1994 гг. рукокрылых превышало их количество в более поздний период зимовки, когда зверьки, очевидно, прятались глубоко в щели и были недоступны для наблюдения (табл. 2). Выяснено также, что в первую стадию зимовки они были очень активны, часто перелетали с места на место. В ноябре их численность на сухом и влажном участках убежища была сопоставима, тогда как позднее в результате перегруппировки

Таблица 2

Характер распределения зверьков, доступных наблюдению

Число зверьков в группе	Количество групп							
	1993/1994				1994/1995			
	8.11.93		16.04.94		12.11.94		8.12.94	
	I	II	I	II	I	II	I	II
1	–	–	2	2	14	11	3	5
2	3	–	1	–	4	2	1	1
3	3	–	–	–	–	1	1	–
4	–	–	1	–	1	1	–	–
5	–	2	–	–	–	–	–	–
6	–	–	1	–	1	–	2	–
7	–	–	–	–	–	1	–	–
8	–	–	–	–	–	2	–	–
9	–	–	–	–	1	–	–	–
10	–	–	–	–	–	1	–	–
Всего	15	10	14	2	41	57	20	7

Примечание: I – в сухой галерее и гроте, II – в Водопадной галерее

в Водопадной галерее оставалось значительно меньше летучих мышей, чем на сухом участке. В ноябре же на потолке влажной галереи наблюдались скопления ночниц в непосредственной близости от стекающих струек воды, так что зверьки были совершенно мокрые. Капли конденсата отмечены и на мышах, находившихся в центральном гроте.

А. П. Кузякин [8] считал, что некоторые виды летучих мышей в период зимовки обеспечивают самотеплоизоляцию благодаря покрывающей их корочке льда, образующейся при замерзании конденсата. Не исключено, что мы наблюдали активное тяготение зверьков к наиболее влажным участкам перед впадением в спячку. Ушаны оставались зимовать во влажной части пещеры.

Ни в декабре, ни в апреле мы не регистрировали состояния абсолютного оцепенения у всех особей. Некоторые зверьки летали, многие быстро пробуждались от сна.

В заключение следует сказать, что наблюдения за рукокрылыми на территории будущего национального парка "Сылвенский", характеризующейся развитыми карстовыми процессами, могут стать одним из направлений проводимых в нем научных исследований. Ежегодный учет зимующих особей целесообразно осуществлять в первой половине ноября, когда большинство зверьков доступны наблюдению.

Библиографический список

1. Воронов А. Г. Заметки о фауне Пашийской пещеры // Изв. ЕНИ при ПГУ. Пермь, 1951. Т. 13, вып. 2–3. С. 162–172.
2. Громов И. М., Гуреев А. А., Новиков Г. А. и др. Млекопитающие фауны СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. Ч. 1. 639 с.
3. Карякин И. В. Летучие мыши в пещерах Урала // Изучение Уральских пещер: Докл. конф. Пермь, 1992. С. 16–19.
4. Кузякин А. П. Отряд рукокрылые. Определитель млекопитающих СССР. М.: Просвещение, 1965. С. 79–116.
5. Кузякин А. П. Рукокрылые. Жизнь животных. М.: Просвещение, 1989. Т. 7. С. 110–119.
6. Курсков А. Н. Экологические аспекты зимовки рукокрылых северо-запада Европейской части СССР // Рукокрылые (морфология, экология, эхолокация, паразиты, охрана). Киев: Наукова Думка, 1988. С. 90–92.

7. Стрелков П. П. Материалы по зимовкам летучих мышей в Европейской части СССР // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1958. Т. 25. С. 255–303.

8. Стрелков П. П., Бунтова Е. Т. Усаемая ночница (*Myotis mystacinus*) и ночница Брандта (*M. brandti*) в СССР и взаимоотношения этих видов. Сообщение 1 // Зоол. жур. 1982. Т. 61, вып. 8. С. 1227–1241.

9. Чащин С. П. Изучение фауны пещер Пермской области // Пещеры. Пермь, 1965. Вып. 5(6). С. 172–175.

10. Чащин С. П., Панарина Г. Н., Тиунов М. П. Новые данные по спелеофауне Пермской области // Пещеры. Пермь, 1971. Вып. 10–11. С. 150–154.

11. Чащин С. П., Панарина Г. Н., Тиунов М. П. Летучие мыши в пещерах Пермского Прикамья // Пещеры. Пермь, 1978. Вып. 17. С. 103–108.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кунгурская пещера – единственная в России туристская пещера, где на базе режимной сети ведутся научные исследования. Результаты многолетних метеорологических, гидрохимических и криогенных наблюдений, осуществленных стационаром, были обобщены и опубликованы В. С. Лукиным, Е. П. Дорофеевым, Ю. А. Ежовым, В. А. Шерстобитовым, В. Н. Дублянским и другими. В меньшей степени охарактеризована гидрогеология пещеры, в частности, она освещена в статьях А. В. Турышева, Ю. А. Ежова, опубликованных 20–30 лет назад.

На данном этапе исследований авторы решили следующие задачи:

1. Детализировали геологические разрезы на основе проведенных ранее Б. Ф. Перевозчиковым (1956) и Е. П. Дорофеевым (1964) работ, классифицировали трещиноватость и дислокации, играющие основную роль в обрушении блоков пород и формировании гротов.

2. Выявили режимобразующие факторы и особенности динамики карстовых вод придолинного закарстованного пещерного массива.

3. Выделили основные фациальные обстановки и виды пещерного минералообразования на основе применения петрографо-минералогических методов.

4. Дали оценку антропогенных изменений пещеры (морфологии, гидрологии, климата, оледенения, состава отложений) с целью выработки

эффективных мер по ее охране и многоцелевому использованию. Пещера расположена на территории национального парка "Сылвенский" и является примечательным памятником природы, представляющим интерес не только как туристский объект, но и как подземная научная лаборатория.

5. Исходя из детальных исследований закарстованного пещерного массива отказались от традиционного упрощенного понимания карстовых явлений, как обусловленных в основном растворением карстующихся пород, и показали на многочисленных примерах, что карст – это процесс глубокого геохимического преобразования массивов и связанного с ним экзогенного минералообразования.

6. Использовали результаты режимных гидрогеологических и петрографо-минералогических исследований для оценки активности карста района Кунгурской пещеры. Начиная с 1990 г. наблюдается повышение уровня карстовых вод, увеличение скорости их движения, усиление инфильтрации атмосферных осадков в массив в связи с дождливыми периодами, что, несомненно, будет сопровождаться возникновением новых просадок дна, оползней рыхлых отложений, обвально-осыпных явлений в пещере.

ЮБИЛЕЙ

Горбунова Клара Андреевна

К. А. Горбунова в 1948 г. закончила с отличием геолого-географический факультет Пермского (Молотовского) государственного университета. Производственную практику проходила в системе "Уралзолото". С 1 октября 1948 г. по 1 октября 1951 г. Обучалась в аспирантуре по специальности "Общая геология". 30 мая 1956 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему "Карст некоторых районов Пермской области", в которой впервые было осуществлено районирование карста и охарактеризованы закарстованные территории всей области. После окончания аспирантуры работала на кафедре динамической геологии и гидрогеологии старшим преподавателем (с 1 октября 1951 г.), доцентом (с 1 ноября 1956 г. по 4 сентября 1993г.). В 1970, 1982, 1985–1986 гг. проходила стажировку на факультете повышения квалификации преподавателей вузов в МГУ по общей и региональной геологии.

Учебная работа. Учебную нагрузку составляли лекции, лабораторные занятия по общей геологии, геоморфологии, гидрохимии, карстоведению, руководство учебными и производственными практиками на I, III, IV курсах, курсовыми и дипломными работами. К. А. Горбунова является автором ряда методических разработок по летней учебной и производственной практикам, методических указаний к лабораторным занятиям, программ по общей геологии и карстоведению. 11 апреля 1959 г. ей присвоено ученое звание доцента.

Научная работа. К. А. Горбуновой опубликовано 310 в основном научных, а также научно-популярных и научно-методических работ общим объемом 132 печатных листа, среди которых 7 монографий и глава "Озера карстовых районов" в монографии Г. А. Максимовича "Основы карстоведения" (1969, т 2), написанная совместно с автором .

Большая часть работ посвящена следующим научным направлениям:

1. Геоморфология: строение долин и террас рек Сылвы, Чусовой, Камы, мерзлотные формы, морфология карста и пещер.

2. Карстоведение: карст отдельных районов, типы карста и факторы карстообразования, районирование карста Пермской области, типы карста Урала (совместно с Г. А. Максимовичем); мелкомасштабное районирование карста крупных территорий на литолого-палеогеографической основе; выделение мегатипов и мезотипов карбонатного, сульфатного и соляного карста на территории б. СССР по инженерно-геологическому принципу и отражение их на карте масштаба 1:7500000; составление под руководством К. А. Горбуновой в 1990 г. "Карты карстующихся пород и карста Пермской области" в масштабе 1:500000, которая используется производственными организациями при изысканиях в карстовых районах; карст зарубежных стран.

3. Гидрогеология, гидрология, гидрохимия отдельных закарстованных территорий: условия формирования химического состава озерных, речных, грунтовых, карстовых вод в районах распространения карбонатных и сульфатных пород; нитратное загрязнение подземных вод территории г. Перми и ряда сельских населенных пунктов; гидрогеологическая классификация карстовых озер.

4. Карст галогенных отложений на территории бывшего СССР, особенности гипсового карста, его влияние на поверхностные и подземные воды, оценка устойчивости закарстованных площадей.

5. Спелеология: составление сводки о кальцитовых плотинах рек карстовых областей и гуров пещер (совместно с Г. А. Максимовичем), изучение режима карстовых вод Кунгурской пещеры, влияния гидрогеологических условий на эволюцию пещеры и петрографо-минералогический состав пещерных отложений, рассмотрение эволюции спелеолитогенеза с историко-геологических позиций; освещая использование пещер в историческом аспекте.

6. История изучения карста и пещер Пермской области и всей территории б. СССР.

7. Экология: влияние техногенной деятельности человека на геологическую среду, активность карста и провалоопасность освоенных территорий, впервые составлена схема техногенных воздействий на геологическую среду Пермской области.

Международные связи. К. А. Горбунова поддерживает научные связи со многими известными зарубежными учеными – специалистами в области карстоведения и спелеологии. Она принимала участие в работе международных спелеологических конгрессов (МСК): IY – в Югославии (1965), YI – в Чехословакии (1973), X – в Венгрии (1989), Международного симпозиума по карстовой гидрологии в Венгрии (1978), 1-й Европейской конференции по спелеологии в Болгарии (1980); ее исследования опубликованы в трудах МСК: Y в ФРГ (1969), YII в Англии (1977), YIII в США (1981), IX в Испании (1986), X в Китае (1993), а также в трудах Международных конгрессов по инженерной геологии: 6-го в Нидерландах (1990), 7-го в Португалии (1994), XIII Международного конгресса по четвертичной геологии – в Китае (1991), Международного симпозиума по антропогенному воздействию и изменению геологической среды в карстовых районах – в Чехословакии (1990) и др.; дважды избиралась в комиссию "Физика-химия карста" Международного спелеологического союза, в течение ряда лет была референтом международного библиографического журнала по карсту и спелеологии, в 1990–1993 гг. входила в рабочую группу Международного проекта 299 "Геология, климат, гидрология и карст".

Редакционно-издательская деятельность. В 1967 г. по инициативе Г. А. Максимовича была подготовлена и издана книга "Химическая география и гидрохимия Пермской области". К. А. Горбунова, как член редколлегии, была фактически научным редактором и составителем монографии. Коллективом авторов в ней были обобщены данные

более 15000 химических анализов природных вод – от атмосферных осадков до глубинных горизонтов. С 1961 г. она – член редколлегии сборника "Пещеры", а с 1976 г. его ответственный редактор; состояла членом редколлегии сборника "Гидрогеология и карстование" (1964–1975), вестника Киевского карстолого-спелеологического центра "Свет" (1991–1995), сборника докладов Международного симпозиума "Инженерная геология карста" (1993) и др.

Общественная работа. В течение многих лет К. А. Горбунова была членом методической комиссии факультета, принимала участие в работе общества "Знание", Пермского отдела Географического общества СССР (сейчас Русского географического общества), в проведении совещаний и семинаров по карсту и подготовке их тезисов докладов. С момента организации Института карстования и спелеологии в 1964 г. является его активным сотрудником, с 1979 г. заместителем директора, а с февраля 1992 г. – его директором на общественных началах.

Учебная, научная, общественная деятельность К. А. Горбуновой поощрялась грамотами университета, Географического общества СССР, нагрудным знаком "За отличные успехи в области высшего образования СССР" (21 апреля 1983), медалью "Ветеран труда" (27 апреля 1984). На юбилейном X съезде Русского географического общества в августе 1995 г. ей было присвоено звание "Почетный член Русского географического общества".

За 45 лет педагогической работы К. А. Горбунова участвовала в подготовке нескольких тысяч специалистов: гидрогеологов, инженеров-геологов, геофизиков. Как опубликованные ее работы, так и составленные ею отчеты по госбюджетной и договорной тематике используются многими производственными организациями. Исследования К. А. Горбуновой цитируются в учебниках по общей и инженерной геологии (Золотарев Г. С. Инженерная геодинамика, 1983; Короновский Н. В., Якушова А. Ф. Основы геологии, 1991 и др.), монографиях (Максимович Г. А. Основы карстования, 1963, т 1; 1969, т 2; Гвоздецкий Н. А. Карст, 1981; Цыкин Р. А. Отложения и полезные ископаемые карста, 1985; Дублянская Г. Н., Дублянский В. Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий, 1992; Ford D., Williams P. Karst Geomorphology and Hydrology. London, 1989 и др.), справочной литературе (Форма геологических тел, 1977; Словарь-справочник "Терминология

карста", 1991 и др.). Она автор двух очерков в "Горной энциклопедии" (1989, N 4; 1991, N 5) .

С 1992 г. К. А. Горбунова является старшим научным сотрудником НИСа Пермского университета, научным руководителем темы "Кунгурская пещера. Комплексные исследования", разрабатываемой в рамках программы "Университеты России" совместно с Кунгурским стационаром УрО РАН.

Основные публикации

1. Карст Пермской области. Пермь, 1958. 180 с. (с Г. А. Максимовичем).
2. Особенности гипсового карста. Пермь, 1965. 120 с.
3. Типы карста Урала // Типы карста СССР / Тр. МОИП. 1965. Т. 15. С. 33–41. (с Г. А. Максимовичем).
4. Карст гипса СССР. Пермь, 1977. 84 с.
5. Морфология и гидрогеология гипсового карста. Пермь, 1979. 95 с.
6. Карстоведение: Вопросы типологии и морфологии карста. Пермь, 1985. 88 с.
7. Типы обстановок карстообразования на территории СССР // Инженерная геология, 1988. N 4. С. 93–97 (с Н. Г. Максимовичем).
8. Пещеры. // Горная энциклопедия. М., 1989. Т. 4. С. 95–98.
9. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области // Науч. докл. УрО АН СССР, 1990. 44 с. (с Н. Г. Максимовичем, В. Н. Андрейчуком).
10. В мире карста и пещер. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1991. 120 с. (с Н. Г. Максимовичем).
11. Карст и пещеры Пермской области. Пермь, 1992. 200 с. (с В. Н. Андрейчуком, Н. Г. Максимовичем, В. П. Костаревым).
12. Geochemical aspects of the geological medium changes in coalfields // Proc. 6 int. Congress int. Ass of engineering geology. Rotterdam. 1990. P. 1457–1461 (with N. G. Maximovich).
13. Technogenic activation of karst in Perm region // Proc. 7 Int. Congress Int. Ass. of engineering geology. Lisboa, Portugal. 1994. Vol 3. 1929–1931 (With N. G. Maximovich, V. P. Kostarev).

В. Н. БЫКОВ

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
Катаев В. Н. Геологическое строение и типы дислокаций пещерного массива	8
Горбунова К. А., Молоштанова Н. Е., Максимович Н. Г., Яцына И. И. Геохимически измененные породы и вторичные минеральные образования Кунгурской пещеры	26
Молоштанова Н. Е., Шлыков В. Г., Максимович Н. Г. Новообразование целестина в ледяной пещере	59
Горбунова К. А., Сычкина Г. А., Блинов С. М., Дорофеев Е. П. Режим карстовых вод Кунгурской пещеры	63
Андрейчук В. Н. О возможности гравитационного обрушения поверхности Ледяной горы над подземными полостями	81
Андрейчук В. Н., Дорофеев Е. П. Антропогенный фактор и Кунгурская пещера	85
Лавров И. А. Новые пещеры в окрестностях г. Кунгура	100
Наумкин Д. В., Демидова М. И. Зимовка летучих мышей в пещере Новая Подкаменная	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
ЮБИЛЕЙ	108

TABLE OF CONTENTS

FOREWORD	4
V. N. Katayev. Geological structure and types of dislocations of cave massif	8
K. A. Gorbunova, N. E. Moloshtanova, N. G. Maximovich, I. I. Yatsyna. Geochemically changed rocks and secondary mineral formations of Kungur cave	26
N. E. Moloshtanova, V. G. Shlykov, N. G. Maximovich. Neogenesis of celestine in ice cave	59
K. A. Gorbunova, G. A. Sychina, S. M. Blinov, E. P. Dorofeev. Kungur cave karst water regime	63
V. N. Andreichuk. Possibility of gravitational downstopping of Ice Mountain surface above underground cavities	81
V. N. Andreichuk, E. P. Dorofeev. Anthropogen factor and Kungur cave	85
I. A. Lavrov. New caves in the vicinity of Kungur city	100
D. V. Naumkin, M. I. Demidova. Hibernation of bats in Novaya Podkamennaya cave	103
CONCLUSION	107
JUBILEE Klara A. Gorbunova	108

Научное издание
Кунгурская ледяная пещера
Выпуск 1

Редактор Е. А. Огиенко
Технический редактор Г. Н. Ковальчук
Корректор Л. В. Хлебникова

ИБ N 101
Лицензия ЛР N 020409 от 12.02.92

Подписано в печать 28.11.95. Формат 60×84 1/16.
Бум. тип. N 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,74.
Уч.-изд. л. 6,5. Усл. кр.-отт. 6,5.
Тираж 100 экз. Заказ С14

Редакционно-издательский отдел Пермского университета
614600, Пермь, ул. Букирева, 15

Типография ИПП "РЕАЛ", г. Пермь, тир. 150 экз., зак. 5207–1995.

Имеются в продаже книги

Горбунова К. А., Максимович Н. Г. В мире карста и пещер. Пермь: Изд-во ТГУ, Перм. отд-ние, 1991. 120 с.

В книге в популярной форме рассказывается о провалах земной поверхности, необычных озерах и пещерах, каменных "цветках" в подземных гротах, рисунках древнего человека на стенах пещер. Цена 500 р.

Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П., Максимович Н. Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1992. 200 с.

Охарактеризован карбонатный, сульфатный, соляной карст, его активизация под влиянием деятельности человека, условия строительства и мероприятия по защите сооружений в карстовых районах Пермской области. Цена 3000 р.

Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т, Пермь, 1993. 204 с.

Представлены итоги исследования пещер Урала, Башкирии, Восточной Сибири, Крыма, Западного Кавказа. Несколько статей посвящены Кунгурской ледяной пещере, а также спелеотерапии. Публикуется библиография по карсту и пещерам 1987 – 1992 гг. Цена 3000 р.

Цены указаны без почтовых расходов.

Заявки направлять по адресу: 6146004, Пермь, ГСП, ул. Генкеля, 4,
Пермский университет, ЕНИ, лаб. ГТП

KUNGUR ICE CAVE

