

На правах рукописи



КАДЕБСКАЯ
Ольга Ивановна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КУНГУРСКОЙ ЛЕДЯНОЙ
ПЕЩЕРЫ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ, ЕЕ ОХРАНА И РА-
ЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Специальность 25:00:36 - Геоэкология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Пермь - 2004

Работа выполнена в Горном институте УрО РАН

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор,

Дублянский Виктор Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор

Воронов Георгий Анатольевич;

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,

Костарев Виталий Петрович

Ведущая организация: Научно-исследовательское, проектное производственное предприятие по природоохранной деятельности «Недра»

Защита состоится: «2» декабря 2004 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.189.05 по адресу: 614990, г. Пермь, ГСП, ул. Букирева, 15, ПГУ.

Факс (34271) 3-99-84;

E-mail: icescave@bk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ПГУ

Автореферат разослан «28» октября 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



И.А. Старков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Последние годы внимание все более заостряется на процессах взаимодействия хозяйственной деятельности человека и компонентов природной среды. Идеалистично требование сохранения всех естественных биоценозов на осваиваемых территориях, но определение допустимого уровня изменений, в том числе геологических компонентов природной среды при условии минимального экологического ущерба задача весьма актуальная.

Для оценки и прогноза изменений, произошедших в окружающей среде, их предотвращения и принятия решений по управлению процессами необходима разработка научно-обоснованной методики исследований, создание принципиальной схемы и реализация ее на основе анализа информации о строении системы, техногенных нагрузках на нее, изменениях, проблемных геоэкологических ситуациях.

Объект исследования. В центре внимания данной работы находится Кунгурская Ледяная пещера как сложная система, антропогенно-природное образование. С 2001 г. она включена в историко-природный комплекс «Ледяная гора и Кунгурская Ледяная пещера».

Кунгурская Ледяная пещера используется человеком на протяжении 300 лет, а с начала XX века является объектом туризма. Требования к оптимизации эксплуатации экскурсионного объекта вызвали многочисленные изменения (пробиты тоннели, проведено электроосвещение). Последствия подобных воздействий до сих пор не нашли исчерпывающих описаний и объяснений. Пещера интересна еще и тем, что параллельно с хозяйственным использованием здесь начиная с 1948 г. велись регулярные наблюдения. Не смотря на это, до сих пор, проведенные исследования не были объединены и рассмотрены с позиций геоэкологии. На сегодняшний день, накопленный материал позволяет подойти к выявлению общих закономерностей антропогенно-природной системы, которые могут быть в дальнейшем спроецированы и на другие подобные спелеообъекты.

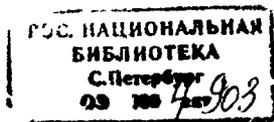
Предмет исследований. Динамика природных процессов и влияние внешних и внутренних факторов на природные компоненты.

Целью работы является разработка научно-технических мероприятий по охране и рациональному использованию Кунгурской Ледяной пещеры и прилегающей территории.

Для достижения цели решалось 6 задач.

1. Сбор, анализ и систематизация опубликованных и фондовых материалов, характеризующих природные условия района Кунгурской Ледяной пещеры.

2. Проведение полевых и лабораторных исследований по уточнению и изучению природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры и прилегающей территории.



3. Оценка и характеристика природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры.

4. Выявление основных природных и антропогенных факторов, определяющих изменение природных компонентов и их состояние.

5. Оценка динамики изменений природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры и прилегающей территории за период стационарных наблюдений.

6. Разработка мониторинга и охрана Кунгурской Ледяной пещеры.

Использовались методы: физико-географических, геологических, гидрогеологических, гляциологических, карстово-спелеологических исследований, а также статистической обработки материалов и геоинформационные технологии.

На защиту выносятся 4 научных положения:

1. Кунгурская Ледяная пещера - это уникальный природный объект по условиям заложения, особенностям морфологии, морфометрии и микроклимата, наличию постоянных подземных озер и многолетнего оледенения, эндемичной биоты, выделяющим её среди 34 крупных гипсовых пещер России.

2. Влияние на уникальные природные компоненты Кунгурской Ледяной пещеры связано с воздействием внешних и внутренних факторов, которые имеют природное и антропогенное происхождение.

3. Изменения всех природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры носят устойчивый негативный характер, что снижает ее рекреационную ценность и ухудшает состояние как объекта, входящего в охраняемый историко-природный комплекс.

4. Обеспечение охраны и рационального использования Кунгурской Ледяной пещеры как уникального природного объекта при ее дальнейшей эксплуатации возможно на основе создания и ведения (в ней и на прилегающей территории) постоянно действующего комплексного мониторинга.

Научная новизна результатов исследований.

1. Выявлены и оценены уникальные природные компоненты Кунгурской Ледяной пещеры, требующие особой охраны.
2. Выявлены и оценены факторы, определяющие состояние пещеры, что позволяет в дальнейшем оперативно управлять протекающими в пещере процессами в целях сохранения ее как целостного природного комплекса.
3. Установлены закономерности изменений, произошедших в морфологии, микроклимате, оледенении и гидрологии пещеры.
4. Внедрена система мероприятий по восстановлению и поддержанию естественного микроклимата и оледенения пещеры.
5. Разработаны принципы и обоснована система комплексного постоянно-действующего мониторинга за микроклиматическими параметрами пещеры.

Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается

- соответствием результатов работы общепризнанным теоретическим положениям и представлениям о карстовых процессах;
- большим объемом обработанных данных (50-летних исследований);
- положительным опытом практического использования разработанных автором мероприятий при восстановлении естественного вида пещеры, микроклимата и ледяного покрова.

Практическое значение результатов исследований связано с выявлением природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры, основных внешних и внутренних факторов, негативно влияющих на их состояние, обоснованием системы комплексного мониторинга, выдачей рекомендаций по охране и рациональному использованию пещеры и прилегающей территории как экскурсионных объектов.

Реализация результатов исследований. Результаты выполненных исследований используются в ЗАО «Сталагмит» и ОАО «Пермтурист» для безопасной эксплуатации Кунгурской Ледяной пещеры. Созданный под руководством автора гидрологический пост на р. Сылва в районе Кунгурской Ледяной пещеры включен в Единую Государственную гидрологическую сеть России. Данные наблюдений по нему используются Пермским Гидрометеоцентром для прогнозирования паводковых ситуаций и Управой г. Кунгура для разработки противопаводковых мероприятий. Автором организована наблюдательная сеть из 22 пунктов за многолетними льдами в пещере, которая является частью гляциологического мониторинга. Материалы наблюдений за природными компонентами пещеры и прилегающей территории включены в электронный банк данных по Кунгурской Ледяной пещере. Данные многолетних наблюдений за отдельными параметрами микроклимата и особенностями гидрогеологии пещеры используются для продления рядов наблюдений на поверхности, что существенно повышает точность прогнозов. Разработанные автором мероприятия позволяют, несмотря на неблагоприятные тенденции развития оледенения пещеры, сохранить ее как экскурсионный объект. Под руководством автора в здании Кунгурской лаборатории-стационара был организован музей карста и спелеологии на основе коллекций пещерных минералов и фондов лаборатории.

Исходные материалы и личный вклад автора. Основой диссертации послужили результаты личных пятилетних исследований Кунгурской Ледяной пещеры и прилегающей территории. С 1999 по 2001 гг. работы выполнялись в порядке инициативы совместно с Институтом Географии РАН; с 2001 по 2003 гг. - в рамках госбюджетной темы Горного института УрО РАН «Изучение закономерностей развития карста при разных видах хозяйственного освоения закарстованных территорий» и договорным темам «Создание Банка данных режимных наблюдений по Кунгурской Ледяной пещере» с Комитетом природных ресурсов по Пермской области и «Мониторинг Кунгурской Ледяной пещеры» с ОАО «Пермтурист».

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач, в обработке и анализе материалов за 50-летний период, проведении полевых и лабораторных исследований; составлении графических и картографических материалов, подготовке публикаций.

Публикации. Автором опубликовано 30 научных статей, из них 18 - по теме диссертации.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на 14 международных, всероссийских и региональных семинарах, конференциях, симпозиумах и совещаниях: международном симпозиуме инженер-геологов «Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий» (Екатеринбург, 2001); II Российско-Украинском симпозиуме «Новые информационные технологии в решении проблем производства, строительства, коммунального хозяйства, экологии, образования, управления и права» (Пенза, 2002); международном симпозиуме «Гипсовый карст мира. Его охрана и туристическое развитие» (Италия, 2003); международной научно-практической конференции «Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности»; I интернациональном симпозиуме «Пещеры с ледяными образованиями» (Румыния, 2004); Международном симпозиуме Карстоведение - XXI век: теоретическое и практическое значение (Пермь, 2004), региональной научно-практической конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (Пермь, 2001); совещании «Оценка карстоопасности территории г. Кунгура» (Кунгур, 2002); Научных чтений памяти П.Н. Чирвинского «Проблемы минералогии, петрографии и металлогении» (Пермь, 2002); V Всероссийской конференции «Оценка и управление природными рисками (Риск-2003)» (Москва, 2003); Научных сессиях Горного института УрО РАН (Пермь, 2002-2004); Научных чтений памяти академика Сергеева (Москва, 2001).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературных источников 197 наименований и содержит 40 рисунков, 29 таблиц, 2 приложения.

Автор приносит глубокую благодарность научному руководителю д.г-м. н., профессору В.Н. Дублянскому за постоянное внимание и помощь при написании диссертации. Особую признательность автор выражает д.г-м. н. Г.Н. Дублянкой за ее содействие в подборе материалов и составление общей концепции диссертации. Полезный опыт приобретен в процессе сотрудничества с институтом географии РАН (г. Москва), а именно с к.г.н. Б.Р. Мавлюдовым. Работе над диссертацией способствовала творческая и доброжелательная атмосфера в коллективе и поддержка коллег по Кунгурской лаборатории-станции Горного института УрО РАН, особенно Ю.В. Кадебского, М.С. Пятунина, Н.В. Лавровой, И.А. Никифоровой.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Природные условия района Кунгурской Ледяной пещеры

Автором по опубликованным и фондовым материалам, взятым из 22 источников, рассмотрены рельеф, климат, гидрология, почвы и растительность, геологическое строение и гидрогеология района исследований.

Глава 2. Характеристика природных компонентов и условий Кунгурской Ледяной пещеры

В изучении Кунгурской Ледяной пещеры вслед за К.А. Горбуновой (1961) можно выделить по формальному признаку 6 периодов (табл. 1).

Таблица 1

Количество публикаций по Кунгурской Ледяной пещере за 300 лет.

Период	XVIII в.		XIX в.		XX в.		Всего
	I	II	I	II	I	II	
Шт.	5	7	19	14	93	320	458
%	1,1	1,5	4,2	3,1	20,1	70	100

Таким образом, в конце XX в. в литературе были освещены почти все аспекты исследования, использования и охраны КЛП. Существенный вклад в ее изучение внесли сотрудники Кунгурского стационара и сотрудничающие с ним организации.

Кунгурская Ледяная пещера - это уникальный геологический объект по условиям заложения, особенностям морфологии, морфометрии и микроклимата, наличию постоянных подземных озер и многолетнего оледенения, эндемичной биоты, выделяющим её среди 34 крупных гипсовых пещер России.

Под природными компонентами понимаются основные материально-энергетические составляющие экологических систем.

Кунгурская пещера заложена в толще переслаивания карстующихся пород, включающей ангидриты, гипсы, гипсо-ангидриты, доломиты, известняки, и в блоках брекчии такого же состава.

Особенность Кунгурской пещеры - преобладание крупных гротов; менее распространены мелкие гроты, совсем мало - узких ходов. Крупные гроты возникают в узлах пересечения галерей (Данте, Дружбы Народов, Центральный и др.) и при расчленении завалами единых галерей (Колизей-Смелых, Крестовый-Руины, Великан-Ночь Осенняя-Длинный-Заозерный). В присклоновой части галереи завалены обвальными отложениями. Дальние части галерей также закрыты навалами. Геофизические исследования выявили их неразведанные продолжения.

КЛП имеет бесспорные черты образования во фреатических условиях напорными карстовыми водами и позднейшей переработки безнапорными водами, а также гравитационными процессами в условиях вадозной зоны.

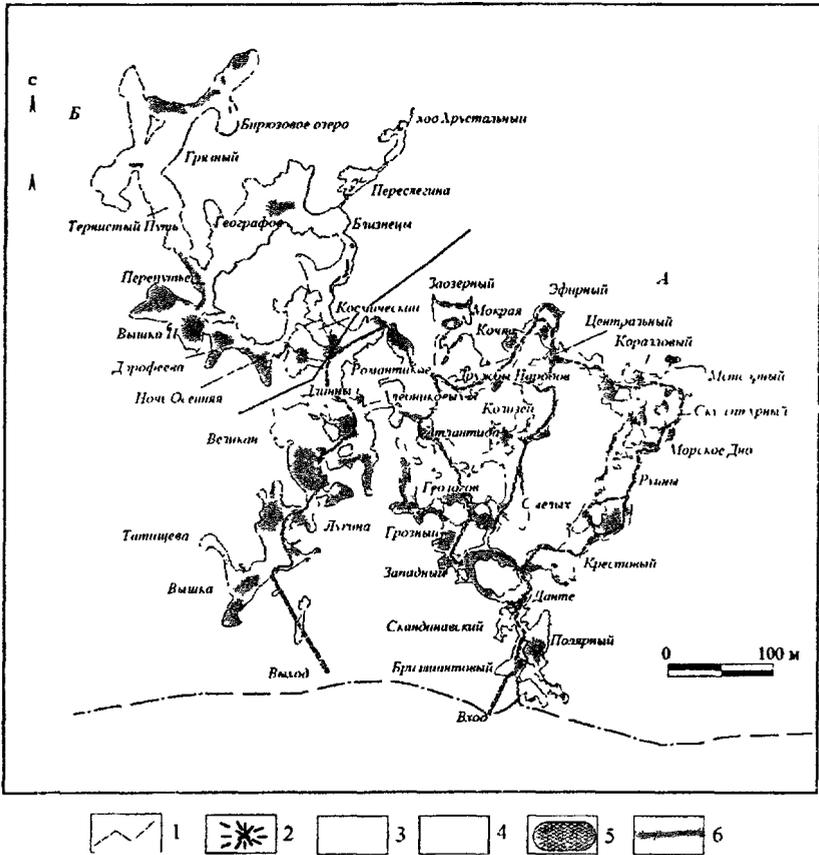


Рис. 1 План Кунгурской Ледяной пещеры

А - Экскурсионная часть, Б - Заповедная часть.

1 - контур пещеры, 2 - осыпи, 3 - озера, 4 - лед, 5 - глина, 6 - экскурсионная тропа

Морфометрическая оценка пещеры дается после проведения топоъемки, выделения всех ее морфологических элементов и выполнения специальных замеров. Она включает размерные и безразмерные показатели. Длина пещеры - 5,7 км. Амплитуда Кунгурской пещеры составляет 32 м. Площадь пещеры составляет 65,0 тыс. м². Объем пещеры составляет 206,0 тыс. м³. Таким образом, Кунгурская Ледяная пещера имеет аномальные морфометрические характеристики, выделяющие ее среди пещер Приуралья.

Общее количество озер в пещере 70, а их суммарная площадь составляет 7470 м². По данным съемки, выполненной Е. П. Дорофеевым и обработанной в программе Marinfo, 12 ее наиболее крупных озер (гrotты Аквалангистов, Бирюзового озера, Великан, Географов северное и южное, Грязный, До

рофеева, Ночь Осенняя, Длинный, Длинный-Близнецы, Дружбы Народов, Романтиков) в межень имеют площадь от 130 до 1460 м². Самое крупное - Большое подземное озеро - находится в гроте Дружбы Народов. Озера располагаются у основания ангидритовых стен пещерных галерей на расстоянии 120-580 метров от реки. Кунгурская Ледяная пещера характеризуется специфической обводненностью, проявляющейся в наличии большого числа подземных озер. Они имеют глубину до 5 м, отличаются размерами, условиями питания и режимом.

В пещере существует три микроклиматические зоны: с постоянным оледенением, с сезонным оледенением и зона положительных температур. В зонах постоянного и сезонного оледенения имеются конгеляционные, сублимационные и осадочно-метаморфические льды, разные по происхождению и форме. Даже в условиях массового туризма и близости города, воздух в Кунгурской пещере в результате естественного его кондиционирования сохраняет высокую степень чистоты. Кунгурская Ледяная пещера имеет ряд «лечебных свойств» и стабильные параметры микроклимата, отличающие его от обычных условий существования человека на поверхности.

Глава 3. Характеристика факторов, воздействующих на природные компоненты Кунгурской Ледяной пещеры

Кунгурская Ледяная пещера используется человеком с незапамятных времен, однако кардинальная трансформация пещерной среды связана с возникновением и развитием туристической деятельности.

Для оценки геоэкологического состояния необходимо выделить основные факторы, воздействующие на природные компоненты КЛП, которые в дальнейшем нужно учитывать в системе мониторинга. Эти факторы делятся на внешние и внутренние.

Внешние - воздействующие на исследуемую часть литосферы по ее внешним границам.

Внутренние - это те факторы, которые расположены во внутренних точках литосферного пространства.

Кунгурская Ледяная пещера за время своего развития перешла из ряда чисто-природных геоэкологических систем в ряд антропогенно-преобразованных. Развитие пещеры на современном этапе происходит под влиянием природных и антропогенных факторов.

Природные факторы - это те факторы, действие которых связано с естественными процессами, антропогенные - действие которых обусловлено хозяйственной деятельностью человека.

3.1 Внешние факторы воздействия

3.1.1. Природные факторы

Изменение климата. Средняя многолетняя температура, рассчитанная по среднесуточным температурам метеостанции Кунгур за период с 1926 по 2002 г. (1,8°С), выше приведенной в опубликованных материалах с 1936 по 1959 г. (1,3°С, см. табл. 1.2). Ее распределение по периодам также различаются: на 0,8°С повысилась средняя температура холодного (-6,9°С - рас

четные данные, - 7,7°C - опубликованные данные) и на 0,1°C повысилась средняя температура теплого (V-IX) периода (14,0°C - расчетные данные, 13,9°C - опубликованные данные). Годовая сумма осадков возросла на 26 мм (6%). Распределение по периодам различаются: на 10% возросло количество осадков в холодный период (20 мм); и на 2% увеличилось в теплый период (6 мм).

В целом за последние 60-70 лет изменение климата проявилось в повышении температуры и увеличении осадков. Суровость климата снижается в основном за счет повышения среднемесячной температуры в зимний период. Увеличение осадков происходит и в теплое, и в холодное время года.

Этот фактор влияет на изменение микроклимата пещеры, т.к. в зимнее время за счет уменьшения разности температур между поверхностью и пещерой уменьшается естественная тяга воздуха, а также сокращается количество дней, в которые пещера набирает холод.

Влияние поверхностных водотоков. Изменение климата и вырбка лесов в верховьях бассейна р. Сылва создали благоприятные условия для пополнения запасов почвенной влаги и подземных вод, увеличения их уровня и годового речного стока. В результате за последние 60 лет значительно возросла величина подъема паводковых вод, что в свою очередь привело к более частым наводнениям. Так, если в 1957-1978 гг. отмечены три высоких паводка (1957, 1965, 1966 гг.), то в последующие девять лет они произошли уже четырежды (1979, 1981, 1985 и 1987гг.). В первый промежуток уровень рек Сылвы и Ирени не повышался более 6,5-6,9 м над меженью, а во втором этот подъем превысил 7-7,5 м. Наиболее высокие половодья произошли в 1979, 1987 и 1998 гг., когда уровень рек поднимался на 7,86, 7,46 и 7,6 м соответственно. Во время наводнения в 1979 г. значительная часть пещеры была затоплена водой, которая поступала не только по трещинам, но и через входной тоннель (Ежов и др., 1990).

В процессе работы были выбраны анализы, характеризующие загрязнение реки только в тот период, когда она питает Кунгурскую пещеру. В этот период по NH_4^+ , NO_2^- , SiO_2 и общему железу их максимальные значения превышают ПДК в 1,2-7,0 раз. О формировании загрязнения свидетельствует также появление в апреле вод пятикомпонентного СГНМК состава.

Кольматация путей движения воздуха. В истории жизни пещеры этот фактор сыграл большую роль, но поскольку это медленный геологический процесс, в современную эпоху его влияние не столь существенно. По сравнению с другими факторами кольматацию путей движения воздуха можно считать второстепенным.

3.1.2. Антропогенные факторы

Непосредственное влияние на природные компоненты Кунгурской Ледяной пещеры оказывает сельское и лесное хозяйство, промышленность, гражданское строительство, транспорт и рекреационная деятельность на прилегающей территории.

Сельское хозяйство. Применение органических и минеральных удобрений на Ледяной горе приводят к загрязнению почвы и поверхностных вод.

Гражданское строительство. На исследуемой территории расположены: городская свалка, занимающая 0,3 га, что составляет 1% всей площади, жилая застройка площадью 1 га, (5,8%), и кладбище - 0,4 га (2% территории). Также на исследуемой территории по берегам р. Сылва проходят дамбы длиной около 3,5 км.

Одним из ведущих загрязнителей территории, прилегающей к Кунгурской Ледяной пещере, является городская свалка. Ежегодно на свалке происходят пожары, в результате чего атмосферный воздух подвергается значительному загрязнению.

Атмосферные осадки в районе г. Кунгура, по сравнению с территорией Пермской области в целом, имеют значительно более высокую минерализацию, что, очевидно, связано с антропогенным загрязнением. Имеющиеся данные свидетельствуют о прогрессирующем загрязнении снега: происходит рост средней минерализации по всем компонентам и усложнение химического состава.

Строительство дамбы привело к изменению гидрологического режима пещеры, но благоприятно сказалась на микроклимате пещеры, т.к. в зону постоянного оледенения в пещере перестали поступать паводковые воды.

Транспорт. По Ледяной горе проходит дорога республиканского значения Пермь-Соликамск, которая занимает площадь в 0,1 га, что составляет 0,6%. Примерная плотность потока - 40 единиц в час. Выхлопные газы загрязняют окружающую атмосферу оксидом углерода, углеводородами, оксидом азота и другими продуктами сгорания автомобильного топлива.

Промышленность. На прилегающей территории промышленные предприятия занимают площадь 0,6 га, (3% территории). Загрязнение атмосферного воздуха в районе Кунгурской Ледяной пещеры в основном является сезонным и происходит вследствие деятельности котельных предприятий, выбрасывающих в атмосферу без предварительной очистки как твердые (зольные частицы, сажа), так и газообразные загрязняющие вещества (таблица 3.5). Заправки и нефтебаза ООО «ЛУКойл-Пермнефтепродукт» загрязняют воздух в основном летучими органическими соединениями.

В отличие от воздуха загрязнение подземных вод происходит в течение всего года. Данные о загрязняющих компонентах имеются в 54% анализов. Вода в колодцах и скважинах у Кунгурской пещеры по минерализации, содержанию сульфатов, максимальному содержанию SiO_2 относится к загрязненной. Из других загрязняющих компонентов ПДК превышена только по общему железу.

Лесное хозяйство. Посадка лесов на Ледяной горе в 70-е годы увеличила площадь лесных массивов до 2 га, (11,7% территории). Это благоприятно сказалось на циркуляции воды и воздуха между пещерой и поверх

ностью.

Рекреационная деятельность. Несколько крупных рекреационных зон площадью 0,2 га (1% территории), таких как горнолыжные трассы, гостиница «Сталагмит», да и все окрестности Ледяной пещеры, являются излюбленным местом отдыха горожан как в летний, так и в зимний период.

Сложно оценить ущерб, причиняемый местными жителями и отдыхающими туркомплекса «Сталагмит» ресурсам лекарственных, декоративных и съедобных растений Ледяной горы. Высокодекоративный мордовник обыкновенный в настоящее время практически полностью исчез в восточной части горы (надишенный участок), и это обстоятельство можно с полным основанием отнести на совесть посещающих гору туристов.

Все антропогенные факторы влияют на изменение химического состава подземных вод и их загрязнение, загрязнение воздуха имеет второстепенное значение из-за высокой очищающей способности карстового массива. Большие концентрации загрязняющих веществ в почвах и поверхностных водах могут быстро попадать в подземные воды и распространяться на большое расстояние. Поэтому антропогенные факторы имеют первостепенное значение при загрязнении грунтовых вод массива Ледяной горы и изменении микроклимата в пещере.

3.2. Внутренние факторы воздействия

3.2.1. Природные

Гравитационные процессы. Основными причинами обвалов являются - низкая прочность пород, их слоистая структура, трещиноватость, гидратация ангидритов и колебание температуры в зоне сезонного оледенения.

Внутренние природные факторы в основном влияют на морфологические характеристики пещеры.

3.2.1. Антропогенные факторы

Искусственные сооружения. К искусственным сооружениям относятся: экскурсионная тропа со смотровыми площадками, тоннели, подпорные стенки, колонны, подсобные помещения и металлические опоры.

Площадь и объем искусственных сооружений в отдельных гротах достигает более 10% от площади и 8% от объема. В целом по пещере они занимают площадь 160 м² и 360 м³.

Антропогенные отложения в пещере. В настоящее время значительное количество неиспользованных строительных материалов осталось в пещере в рассредоточенном виде. Вдоль экскурсионной тропы и в озерах накапливается мелкий мусор (монеты, спички, обрывки бумаги, частицы пыли, приносимые людьми и др.).

Посещение пещеры. Общее количество зафиксированных посетителей пещеры на 01.01.2004 г. составляет около 4,5 млн. человек. Регулярная фиксация численности посетителей пещеры начинается с 1950-х гг., с разрывом в наблюдениях с 1968 по 1970 гг. включительно, также нет данных за 1976 г.

Историю туристического освоения пещеры можно разделить на четыре периода.

Первый период с 1914 по 1948 г. Данные о численности экскурсий сохранились только за некоторые годы.

Второй период связан с организацией научного стационара УФАН при пещере в 1948 г. Экскурсии проводились сотрудниками стационара. Средняя численность посещений в этот период равнялась 40 тыс. чел/год.

Третий период с 1967 по 1991 г. характеризуется расцветом профсоюзного туризма. С 1970 года в Пермской области существовало 4 плановых маршрута, два из которых № 133 и 134, включали экскурсию по КЛП. Среднее число посетителей в этот период возросло до 150 тыс. чел/год, с максимальной посещаемостью 201,5 тыс. человек в 1980 г.

Четвертый период начался в 1991 г., когда исчезла система профсоюзного туризма и, соответственно, резко упала посещаемость пещеры. Среднее число посещений с 1991 по 2002 г. равно 70 тыс. чел/год. Экономический рост последних трех лет способствует дальнейшему развитию туристской деятельности и увеличению числа людей, потребляющих услуги туристских предприятий. Ряд проблем, связанных с устаревшей туристской инфраструктурой, нехваткой подготовленных кадров, недостаточным распространением информации о туристских центрах, и т.д. сдерживает этот рост. Несмотря на это, число посетителей КЛП в последние годы устойчиво возрастает.

Произошли также изменения в потоке туристов в течение года: в настоящий период в полтора раза возросло количество посещений в марте и апреле, по сравнению с периодом 1977-1980 гг. Летом посещения остались примерно на том же уровне, а вот осенью и в декабре поток туристов уменьшился, соответственно в 2 и 3 раза.

Искусственное проветривание. После сооружения тоннелей естественный режим воздухообмена пещеры с наружной средой был нарушен, в результате начал меняться температурный режим пещеры. Наиболее полную микроклиматическую характеристику Кунгурской Ледяной пещеры в условиях искусственного регулирования дал в 1986-1988 гг. Свердловский горный институт. За три года было проведено 20 комплексных замеров температуры, для четырех режимов искусственного проветривания: в обоих тоннелях шлюзовые двери закрыты (I), во входном тоннеле шлюзовые двери открыты, в выходном - закрыты (II), в обоих тоннелях шлюзовые двери открыты (III), во входном тоннеле шлюзовые двери закрыты в выходном - открыты (IV). Замеры температур были проведены по всей протяженности экскурсионной части пещеры в 94 точках, из них 56 пикетов по основному маршруту. Эти замеры позволили установить места притечек и утечек воздуха, и определить его количество, поступающее или выходящее из тоннелей в зависимости от температуры атмосферного воздуха.

Система электроосвещения. Вся осветительная сеть разбита на 17 отдельных участков, включая входной, выходной тоннели и малое кольцо.

Общее время работы осветительной сети за 2003 год составило 1900 часов или 79 суток непрерывной работы осветительной сети в течение года. Особенно сильное влияние оказывают прожектора на снежно-ледяные отложения в первых гротах пещеры. Влияние этого фактора на микроклимат пещеры значительно, поэтому его необходимо учитывать в расчетах теплового баланса пещеры.

Проведение взрывных работ. В основном взрывы в пещере проводились при прокладке тоннелей и увеличении проходов между гротами. Общая протяженность ходов (включая тоннели), затронутых взрывами, на сегодняшний день составляет 417 метров. Это почти третья часть длины экскурсионного маршрута. После 1981 года взрывы в пещере не применялись. Этот фактор повлиял в основном на морфологию пещеры и повлек за собой увеличение числа обрушений в пещере в периоде 1963 по 1981 гг.

Глава 4. Изменение природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры и ее экологическое состояние

Наиболее существенные изменения произошли в морфологии, микроклимате и в химическом составе подземных озер.

4.1. Изменение морфологии

Под изменением морфологии автор понимает изменение морфометрических показателей пещеры, таких как протяженность, амплитуда, площадь, объем под влиянием природных и антропогенных факторов. В начале XX в. естественный режим пещеры был нарушен сооружением входной двери. Это сразу отразилось на микроклимате пещеры и накоплении холода. При сооружении в 1937 году входного тоннеля резко изменился круговорот воздуха в пещере. В 1972 г. был сооружен выходной тоннель и естественные условия циркуляции воздуха в ней еще больше нарушились (изменение микроклимата будет рассмотрено ниже). Сейчас в пещере имеется 4 тоннеля общей длиной 194 м.

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 сопровождалось сотрясениями, вызывающими обрушения и в соседних, а также отдаленных гротах (гроты Длинный, Хлебниковых, Геологов, Центральный, Ночь Осенняя и Морское Дно). При обвалах происходит накопление обломочного материала в пещере и заполнение полостей. В результате обустройства подземных троп и расчистки, особенно при строительстве ограждений, подпорных стенок и колонн из обломков породы, подземные пейзажи теряют свой естественный вид. Во многих местах пещеры сооружены (не всегда обоснованно) массивные металлические подпорные конструкции, придающие пещере вид горной выработки. Строительство искусственных сооружений в пещере велось в основном после 1970 года.

4.2. Изменение микроклимата пещеры и оледенения в ней

Характер изменения масштабов оледенения пещер при изменении внешней температуры воздуха можно оценить по модельным расчетам. Для

пещер, исходя из климата равнинной части России, пределом распространения оледенения в полостях является изотерма средней годовой температуры воздуха вне пещер около $+4,0^{\circ}\text{C}$ (Мавлюдов, 1985). То есть говорить о исчезновении полностью зоны оледенения в пещере только по естественным причинам еще рано. Повышение среднегодовой температуры воздуха на поверхности на $0,5^{\circ}\text{C}$ привело к уменьшению зоны отрицательной температурной аномалии на 60-70 м.

Во время наводнений паводковые воды способствовали существенному уменьшению запаса холода в пещере. После строительства дамбы после 1985 года паводковые воды перестали напрямую через входной тоннель попадать в зону постоянного оледенения.

При строительстве горнолыжной трассы некоторые воронки на Ледяной горе были засыпаны, что привело к уплотнению почвы и уменьшению циркуляции воздуха между пещерой и поверхностью.

Изучение и реклирование искусственного проветривания пещеры началось после изменения ее морфологии. Это привело к тому, что нарушилась естественная вентиляция, возникла проблема сохранения ледового убранства.

Строительство искусственных сооружений в пещере изменили движение воздушных потоков и приток воздуха в пещеру.

С 1992 по 2000 год было прекращено зимнее проветривание пещеры через входной тоннель. Через старый ход пещера не получала достаточного количества холода, что привело к повышению среднегодовой температуры воздуха во всех гротах, но особенно в зонах сезонного и многолетнего оледенения. Так, в 1969 году среднегодовая температура воздуха в гроте Крестовом была $-2,3^{\circ}\text{C}$, в 1980 году (после строительства выходного тоннеля) $+0,2^{\circ}\text{C}$, а в 2000 г. уже $+1,5^{\circ}\text{C}$. Из-за общего повышения температуры воздуха в 2000 г., летом 2001 г. весь многолетний лед в гроте Крестовом растаял.

Влияние посещаемости и осветительных приборов на изменение теплового баланса в пещере можно просчитать по методике, предложенной В.С. Лукиным (1965), и скорректированной автором с учетом выделения тепла экскурсантами и осветительными приборами. Исходя из расчетов, можно оценить общий вынос тепла из пещеры в холодный период, с учетом теплопритока от экскурсантов и от работы электроосветительного оборудования в 1 456,5 млн кДж.

Общий теплоприток в теплый период в Кунгурской Ледяной пещере составляет 1 334,7 млн. кДж. Отрицательный баланс тепла в Кунгурской Ледяной пещере сейчас составляет приблизительно 121,8 млн. кДж/год.

По расчетам В.С. Лукина (1965), без учета теплопритока от экскурсантов и электрического оборудования, отрицательный баланс тепла в Кунгурской Ледяной пещере на 1965 г. составлял 336 млн. кДж/год. **На сегодняшний момент, после оборудования пещеры электроосветительными приборами и с учетом теплопритока от экскурсантов (при средней посещаемости, равной 70000 чел/год) произошло уменьшение выноса тепла на 64%. Поэтому вое**

становление и накопление снежно-ледяных отложений происходит гораздо медленнее, чем в шестидесятые годы.

Морфология пещер на таяние снежно-ледяных отложений непосредственного влияния не оказывает. Оно влияет на таяние опосредованно, через температуру и влажность воздуха, поскольку для каждого типа полостей характерен свой температурно-влажностный режим (Мавлюдов, 1994). Уравнение регрессии, связывающее интенсивность таяния снежно-ледяных отложений в пещерах со средней суточной температурой воздуха (T) в них выразится в виде:

$$A = 0,24 + 0,817 T \quad (1).$$

По формуле (1) видно, что температурный коэффициент таяния снежно-ледяных отложений в пещерах составляет 0,6-0,8 мм/(°С сутки), причем интенсивность таяния снега и льда при одной температуре воздуха практически не различаются. Влияние ветра на таяние снежно-ледяных отложений в пещерах не наблюдается. С ростом скорости ветра от 0 до 2.5 м/с таяние льда практически не меняется (Мавлюдов, 1994).

Чтобы оценить величину годового таяния снежно-ледяных отложений в пещерах, нужно знать продолжительность теплого периода года, когда температура воздуха в пещерах положительная. Таким образом, зная температуру воздуха в пещерах, мы можем оценить величину годового таяния снежно-ледяных отложений (Мавлюдов, 1994):

$$A = (0,24 + 0,817 T) * \tau \quad (2),$$

где T - среднелетняя температура воздуха в пещерах; A - суммарное таяние снежно-ледяных отложений в пещерах в мм/год в слое воды. Оценим величину таяния льда в гроте Крестовом (рис. 2).

Как видим, до 1972 г. (время оборудования второго входа в пещеру) величина годового стаивания льда в гроте невелика; после 1972 г. наблюдается некоторое повышение температуры воздуха в пещере и увеличение суммарного таяния. Начиная с 1980 г. температура воздуха в пещере начинает повышаться, что ведет к усилению таяния льда. Оледенение, то есть образование и присутствие льда в любой форме, перешло в Крестовом гроте из многолетнего в сезонное. Расположенная в южной части фотомноголетняя наледь сначала перешла в разряд перелетовывающих, то есть иногда не тающих за лето, а затем - в сезонное образование, обязательно тающее летом.

В 2002-2003 году после возобновления искусственного режима проветривания в пещере произошло снижение суммарного таяния в гроте Крестовый. К сожалению, в настоящее время льда в фоте почти не осталось.

Наиболее близко ко входу в пещеру северная фаница постоянного оледенения находилась в 1950, 1987 и 2002 гг. (200 м от бровки склона), а наиболее далеко - в 1967 г. (400 м от бровки склона) Самый дальний пункт пещеры, где по литературным данным в 1770 г. отмечено оледенение - это фот **Метеорный**.

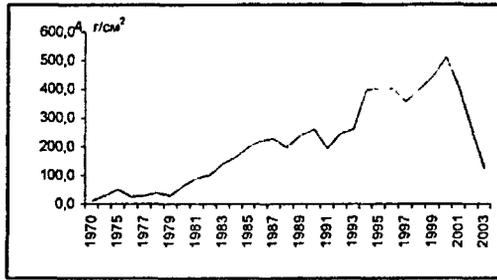


Рис. 2. Потенциальная абляция льда (А) в разные годы в гроте Крестовый

Граница распространения многолетних льдов за последние 20 лет переместилась из грота Крестового в грот Данте. Площадь многолетних льдов в пещере сократилась вдвое (рис 3).

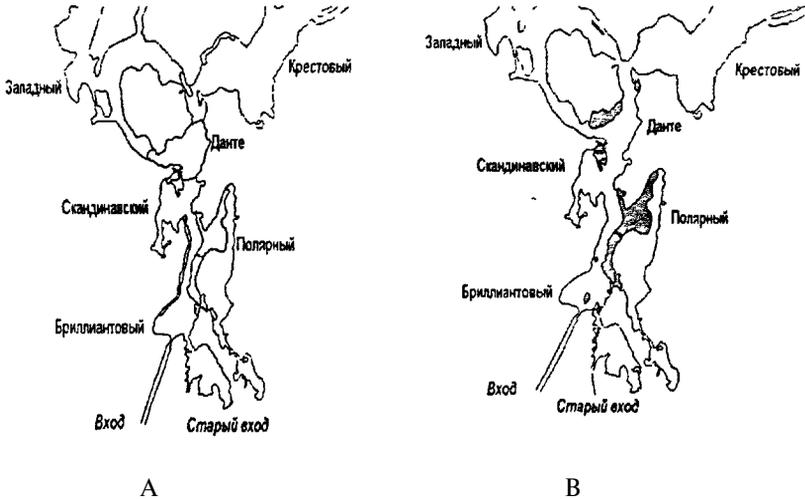


Рис. 3. Расположение многолетних льдов в Кунгурской Ледяной пещере.
Площадь постоянных льдов: А - в 1967 г. по плану Е.П. Дорофеева (1020 м²).
В - в 2001 г. по данным автора (530 м²)

Таяние пещерных льдов, общее потепление пещеры представляют собой крайне нежелательное явление, дальнейшее развитие которого ставит под сомнение перспективы использования пещеры. Помимо утраты привлекательности, которая во многом обусловлена ее ледяным убранством, размораживание трещин в сводах, заполненных льдом, неизбежно активизирует обвалы. Сейчас сохранность льда в пещере определяется не столько погодными условиями на поверхности, сколько режимом ее проветривания. Микроклимат пещеры зависит от того, сколько времени зимой открыты двери, и от их

герметичности в тоннелях летом. Требуется много сил и средств по восстановлению естественной вентиляции через старый ход в пещере.

4.3. Изменение подземной гидросферы

Проблема изучения загрязнения карстовых вод относится к числу наименее разработанных и частично решена только для условий открытого карста (Гольдберг, Газда, 1984). Для покрытого карста великолепным модельным объектом для изучения формирования загрязнения карстовых вод под влиянием природных и антропогенных факторов является Кунгурская Ледяная пещера (Биржевая, 2001). Кунгурский стационар, городская санэпидемстанция и другие организации Пермской области неоднократно использовали пещеру для этих целей.

Оценка состояния подземных вод дается по двум прямым критериям - их качеству и площади зафазнения подземной гидросферы. Для химического загрязнения, включающего фенолы, хлор-фенолы и другие химические вещества, тяжелые и другие металлы, нитраты, пестициды и нефтепродукты, оценка уровня загрязнения осуществляется через ПДК или коэффициент суммарной загрязненности, для бактериологического - через коли-тнтр, механического - через ПДК для взвесей. В 1957 г. были проведены эксперименты по выяснению влияния р. Сылва на загрязнение воды в гротах пещеры. Химические анализы показывают, что окисляемость воды озер как в гроте Колизей, так и в гроте Мокрая Кочка, не связанных с рекой, находится почти на одном уровне, незначительно повышаясь в апреле. Ионы хлора и жесткость по всем водоупункам пещеры испытывают за весь период наблюдений незначительные колебания, в воде озер аммиак содержится в минимальных количествах (от 0,005 до 0,027 мг/дм³), а в большинстве проб отсутствует. Для нитратов в воде озер характерно увеличение содержания с апреля (до 14,7 мг/дм³), причем для всего весенне-летнего периода типично их высокое содержание. Данные бактериологических исследований показывают кратковременное (до 1-2 месяцев) увеличение количества микробов в 1 мл воды (данные по капели и воде подземных озер) в весенне-летний период. Очевидно, при возникновении массового сброса загрязняющих веществ процессы самоочищения воды в карстовом массиве нарушаются.

Кроме специальных экспериментов в пещере в 1959-1996 гг. проводился массовый отбор проб, при котором наряду с основными компонентами химического состава воды определялись и некоторые загрязнители. На сегодняшний день атмосферные осадки приносят в Кунгурскую пещеру только железо, поверхностные воды загрязнены кремнеземом и нитритами.

Загрязнение озер. Сведения о загрязнении озер имеются в 10% анализов. По минерализации, средним и максимальным содержаниям сульфатов и SiO₂, максимальным содержаниям ионов NH₄⁺, NO₂⁻ отдельные пробы воды **подземных озер Кунгурской пещеры относятся к загрязненным (Биржевая, 2001).**

Ржавеющие и гниющие металлические и деревянные остатки конструкций, не вынесенные из пещеры, наряду с бытовым мусором **являются** бла

гоприятной средой для развития микроорганизмов, плесени.

На химический режим озер, расположенных рядом с экскурсионными тропами, оказывают влияние посетители, бросающие остатки пищи и всевозможные предметы (значки, монеты, пуговицы и т.п.). Результаты анализа проб воды, проведенные 23.05.2002 г., показали наличие меди (во всех озерах) и цинка (в Большом подземном озере).

Глава 5. Обоснование охраны и рационального использования Кунгурекой Ледяной пещеры

5.1. Охрана Кунгурской Ледяной пещеры

Вопрос об охране пещеры и Ледяной горы, в которой она находится, к сожалению, до сих пор не нашел достойного решения. Кунгурская пещера непрерывно меняла свой статус: в разные годы становясь геологическим, геоморфологическим, природным, нсюрпко-прпродным памятником (заповедником, заказником, охраняемой территорией) и пр. Принятые по ней природоохранные решения не выполнялись.

В 2001 г. в соответствии с Федеральным законом «Об особо охраняемых территориях» от 14.03.1995 г., Земельным Кодексом РСФСР, ст. 89 и Законом Пермской области «Об историко-культурно-природном наследии» от 20.02.1997 г. образован *историко-природный комплекс «Ледяная гора» и «Кунгурская Ледяная пещера»* площадью 106,5 га (Особо охраняемые природные территории, 2002, Воронов, 2003).

В настоящее время разрабатываются предложения по включению Ледяной горы и Кунгурской Ледяной пещеры в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО, обсуждение которых состоится на форуме «Karst and World Heritage in Europe» в Словении в ноябре 2004 года.

5.2. Разработка мониторинга

Эколого-геологический мониторинг - система постоянных наблюдений, оценки, прогноза состояния и изменения эколого-геологической обстановки-системы, проводимую по заранее намеченной программе с целью разработки рекомендаций и управляющих решений, направленных на обеспечение ее оптимального экологического функционирования и устойчивого развития (Теория и методология, 1997).

На основе оценки существующей режимной сети, материалов многолетних наблюдений автор обосновал систему постоянно действующего мониторинга за микроклиматом.

С климатической точки зрения наиболее пристального внимания требуют полости, подверженные оледенению (Мавлюдов, 1989, 1994). Такие полости имеют самое сложное строение в климатическом отношении. На границах и в пределах микроклиматических зон отмечаются существенные колебания температуры, которые зависят как от изменений внешней температуры воздуха, так и от способностей вмещающей породы накапливать и отдавать аккумулярованные холод и тепло.

Несмотря на то, что большая часть пещер СНГ в той или иной степени подвержена оледенению, и, следовательно, имеет большой набор климатиче

ских зон, в подавляющем большинстве полостей не было проведено не только режимных, но и сколько-нибудь детальных климатических наблюдений.

Практически единственным исключением является Кунгурская Ледяная пещера. Только в ней имеются длительные ряды наблюдений, которые проводились в фиксированных точках. Между тем температурный режим каждой конкретной пещеры является тем фоном, на котором в ней происходят все процессы - от спелеогенеза и седиментогенеза до движения воздуха и распространения в живых организмов. Изучение практически любого процесса в пещерах невозможно без знания этого температурного фона. Во многих случаях вполне достаточно знание единичных значений температуры воздуха в пещерах, особенно если мы хотим охарактеризовать некий процесс в целом, не вдаваясь в детали его протекания и не обращая внимания на специфику конкретной полости. Все меняется, когда эта точность требуется. Тогда уже мало единичных измерений температуры в отдельных точках, но могут потребоваться непрерывные записи изменений температуры по высоте, по всему протяжению, всему сечению или даже всему объему полости. То же самое относится и к тем случаям, когда мы хотим характеризовать процессы, происходящие в пещере, которые связаны с климатическими изменениями.

Вопрос о количестве точек измерений по протяжению пещеры требует дополнительного изучения. Исторически сложилось, что измерения температуры воздуха в пещере проводились только в 13-17 фиксированных точках. Полученные данные довольно полно характеризуют картину температурного поля в пещере. Для получения преемственных данных *измерения в этих точках должны продолжаться.*

Однако если в задачи исследований входит изучение процессов, на которые оказывают влияние такие температурные изменения, которые не фиксируются существующей сетью измерений, то эта *сеть должна быть сущена.* Измерения в промежуточных точках должны привязываться к опорным точкам. При накоплении достаточного ряда измерений наблюдения в промежуточных точках могут быть использованы для восстановления рядов на период наблюдений на опорных точках.

В качестве технических средств наблюдений в Кунгурской Ледяной пещере за метеопараметрами в будущем автор предлагает создать сеть электронных датчиков с автоматическим выводом всех показаний на терминал в здании лаборатории Горного института УрО РАН. Дополнительно к общей сети необходимо организовать несколько автономных пунктов наблюдения (не соединенных кабелями) в заповедной части пещеры, оборудованных датчиками с источниками питания и накопителями информации.

Возникает вопрос о необходимой и достаточной частоте наблюдений за температурой воздуха в пещере. Поскольку никаких научных разработок по этому поводу для Кунгурской Ледяной пещеры не существует, попробуем рассмотреть этот вопрос на основании имеющихся данных. Для примера рассмотрим наблюдения в Бриллиантовом гроте в период с 1982 по 1984 г., когда проводились все три типа наблюдений: запись на ленты самописцев, еже

недельные и ежемесячные. С самописцев снимались значения температуры воздуха через каждые три часа, после чего по полученным значениям рассчитывалась среднесуточная и среднемесечная температура воздуха. Грот Бриллиантовый II использован для анализа потому, что именно в нем колебания температуры воздуха в пещере наиболее существенны.

Сравнение средних месячных данных показывает, что все три метода измерения дают близкие результаты в марте 1983 г., марте и апреле 1984 г. Зимой (XI - II) значения температуры воздуха, полученные разными методами, сильно разнятся. Так как в эти месяцы колебания температуры вне пещеры имеют очень большие амплитуды (до 40-45°C), то в это время следует считать более надежным использование самописцев.

Проведение одних ежемесячных или еженедельных измерений явно недостаточно для решения любых типов задач, связанных с климатом пещеры.

Летом (V - IX) ежемесячные и еженедельные показания температуры воздуха в гроте практически совпадают, но данные по самописцам отличаются от этих значений. Вероятно, эта разница определяется влиянием отепления грота в дневное время потоком посетителей и восполнением холода в нем в ночное время. Видимо, для общей характеристики климата пещеры будет вполне корректно и достаточно летом проводить только ежемесячные наблюдения.

Если мы хотим использовать результаты наблюдений для оценки влияния посетителей на температурный режим грота, то ежемесячных и еженедельных измерений температуры будет явно недостаточно. В этом случае потребуется непрерывная запись измерений.

При изучении температурного режима Кунгурской Ледяной пещеры можно использовать дифференцированный подход к измерениям температуры воздуха. Однако, если учесть, что полученные данные по температуре воздуха (как впрочем, и по другим параметрам) ни восполнить, ни восстановить невозможно, наиболее оптимальным следует считать проведение непрерывной записи измерений. Тогда полученные данные по температуре воздуха и в настоящем и будущем можно будет использовать для решения задач самого разного класса точности и разного масштаба сложности.

5.3. Управление и мероприятия по восстановлению оледенения

Управление — это целенаправленный процесс, связанный с выбором наилучшего действия, способа, метода, тактики и стратегии, ведущих к достижению цели наилучшим образом с точки зрения установленного критерия (Теория и методология, 1997).

Автор предпринял попытку управлять процессом оледенения пещеры по методике, разработанной В.С.Лукиным (1963).

Оледенение конкретных полостей зависит в основном от температуры воздуха, а количество льда - от количества поступающей воды (при условии, что теплоприток от воды меньше, чем запас холода в полости).

Устойчивость оледенения определяет многолетний запас холода в пещерах, то есть запас холода в полостях с устойчивым оледенением много выше, чем ежегодный приход тепла (включая межгодовые вариации). При этом, чем больше превышение запаса холода над приходной частью теплового баланса полости, тем более устойчиво оледенение и тем больше инерция его по отношению к внешним возмущениям климата и обводненности.

Устойчивость оледенения пещер выражается в динамическом равновесии прихода и расхода тепла в пещере (в многолетнем разрезе). Раскрыть механизм динамического равновесия в развитии оледенения пещер - значит не только понять саму суть этого явления, но и выявить условия, при которых данное состояние может быть реализовано, и, следовательно, получить знание о том как правильно (рационально) использовать это явление и при каких энергозатратах им управлять (Лукин, 1965).

Установившееся динамическое равновесное состояние оледенения в пещерах может быть нарушено при изменениях: внешнего климата, водопритока в пещеры, строения полостей. Изменение внешней температуры воздуха отражается на оледенении пещер через изменение запаса холода в них. Наибольшее влияние изменение температуры воздуха оказывает на оледенение горизонтальных пещер: потепление приводит к уменьшению зоны оледенения, похолодание — к ее увеличению. Инерция системы может достигать нескольких лет. Повышение температуры воздуха год от года приводит к колебаниям величины зоны сезонного оледенения и в меньшей степени - постоянного. Направленное изменение температуры воздуха в течение длительного периода времени приводит к переходу температурных условий в пещере на новую ступень, что ведет к смещению границ постоянного и сезонного оледенения в полости. При похолоданиях запас холода в пещерах увеличивается и границы смещаются в глубину пещер; при потеплениях запас холода уменьшается и границы перемещаются к выходу.

Чтобы восстановить оледенение Кунгурской Ледяной пещеры, в ней был проведен комплекс профилактических работ. Была восстановлена система зимнего проветривания пещеры. Входной тоннель в 2001 году для зимней вентиляции был оборудован решетчатой дверью. В течение всей зимы герметичные двери во входном тоннеле остаются открытыми. С 2001 года производится закладка щелей в Бриллиантовом гроте мокрым снегом. По мере выветривания застывшей облицовки и появления каменной кладки производится наложение дополнительных слоев для сохранения холода в летнее время.

Зимой 2001-2002 гг. искусственно восстановлена ледяная перемычка между гротами Бриллиантовым и Полярным, которая была подновлена и следующей зимой. В результате зона сезонного промораживания в пещере зимой 2002-2003 гг. переместилась до грота Морское Дно, а количество натечного льда в пещере существенно увеличилось. Также в 2000 году автором была восстановлена система наблюдения за многолетним льдом в пещере.

Для восстановления сублимационных кристаллов в Бриллиантовом

гроте зимой 2004 года была произведена расчистка от льда и глыб старого входа на участке протяжением 10 м до сечения 1.0 (высота) x 0.7 (ширина). Удалено скопление льда и глыб в центральной части Бриллиантового грота., Для улучшения циркуляции увлажненного воздуха выполнена расчистка Телячьего хода до сечения 1,3 м.

Проведение микроклиматической съемки в этой части пещеры и всех вышеперечисленных мероприятий, позволит в какой-то мере управлять процессом оледенения в будущем.

Анализ температурных кривых в пещере и вне ее показал, что хотя связь внешних и внутренних температур воздуха довольно тесная, она не прямая и сильно зависит от контроля за открыванием дверей в холодную погоду и закрыванием в теплую. Несмотря на то, что резервы такого регулирования охлаждения пещеры не безграничны, тем не менее, они еще достаточно велики. Поэтому пока еще можно справляться с регулированием оледенения в пещере с помощью ее зимнего проветривания, не прибегая к другим радикальным методам.

Как показывает опыт изучения режима накопления и расхода льда в пещере, дольше всего лед сохраняется на тех участках пещеры, где постоянно поддерживаются отрицательные температуры воздуха и льда. На этих участках таяние льда не происходит, а наблюдается только процесс его испарения. В гротах Бриллиантовый и Полярный происходит круглогодичное испарение льда, достигая максимума в зимнее время (от 1-2 мм в слое льда за зиму на участках со слабым движением воздуха до 6-7 мм за зиму вблизи пешеходной дорожки). Этот процесс происходит несравнимо медленнее, чем таяние льда, величина которого в 1980-е гг. в 100 м от входа была менее 10 мм в год, но далее вглубь пещеры росла и в 200 м от входа достигала 200 мм в год.

Это означает, что всю зону оледенения в пещере можно разделить на две части - зону постоянно отрицательных и зону сезонно отрицательных температур. Их границы не полностью совпадают с границами областей сезонного и постоянного оледенения, так как вблизи границы нулевых температур количество накопившегося за зиму льда может превышать количество льда, растаявшее за лето. В пределах зоны постоянно отрицательных температур количество льда будет меняться мало (за исключением участков попадания воды в замороженную полость, где отмечается его рост). В пределах зоны сезонно отрицательных температур количество льда в полости будет сильно меняться в течение года, причем с удалением от входа продолжительность жизни льда будет уменьшаться.

Для сохранения количества льда в пещере, близкого к постоянному, и сохранения устойчивости сводов желательно создать такие условия проветривания пещеры, чтобы граница зоны постоянно отрицательных температур воздуха оставалась год от года на приблизительно одном и том же месте. Как показала практика предыдущих работ по зимнему охлаждению пещеры, наиболее благоприятное место границы зоны отрицательных температур проходит по южной или средней части Крестового грота.

Для увеличения накопления холода в Кунгурской Ледяной пещере, в соответствии с вышеприведенными расчетами, дополнительно можно предпринять следующие меры:

1. Увеличить объем воздуха, протекающего через пещеру в холодный период и, соответственно, уменьшить в теплый;
2. Регулировать количество экскурсантов и время их пребывания в пещере;
3. В летнее время обязательно «шлюзование» экскурсантов, недопустимо создание сквозняков через одновременно раскрытые двери тоннелей;
4. Так как в настоящее время в осветительной сети используются лампы накаливания, которые основную часть энергии излучают в инфракрасном диапазоне (до 95 %), то для уменьшения тепловыделения электроосветительного оборудования необходимо заменить лампы накаливания на люминесцентные, что позволит сократить теплоприток от оборудования примерно на 70%.

Заключение

Основные результаты исследований по теме диссертационной работы сводятся к следующему:

Доказано, что Кунгурская Ледяная пещера в процессе хозяйственного использования перестала быть чисто-природным объектом и перешла в разряд антропогенно-преобразованных.

Изменения всех природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры носят устойчивый негативный характер, что снижает ее рекреационную ценность и ухудшает геоэкологическое состояние как объекта, входящего в охраняемый историко-природный комплекс.

Сделанный при этом акцент на изучение изменений и их предотвращение определяет основную область применения разработанных приемов и методик, которые в дальнейшем можно использовать в других подобных пещерах.

Обеспечение охраны и рационального использования Кунгурской Ледяной пещеры как уникального природного объекта при ее дальнейшей эксплуатации возможно на основе создания и ведения (в ней и на прилегающей территории) постоянно действующего комплексного мониторинга всех природных компонентов.

Основные положения диссертации изложены в работах:

1. Изменение микроклимата и загрязнение карстовых вод в Кунгурской Ледяной пещере // Проблемы комплексного мониторинга на месторождениях полезных ископаемых. Матер, научной сессии Горного института УрО РАН. Пермь, 2002. С. 219-222

2. Создание базы данных инженерно-геологической информации и её значение для нужд города. Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий // Матер. Междунар. симп. Т. 2. Екатеринбург: АКВА ПРЕСС, 2001. С. 767-772. (в соавторстве с Кадебским Ю.В., Пятуниным М.С.)

3. Антропогенное воздействие на Кунгурскую Ледяную пещеру и прилегающую территорию // Горное эхо. Пермь, 2002. № 4(10). С. 15-26 (в соавторстве с Наумкиным Д.В.)

4. Создание тематических карт затопляемых территорий при чрезвычайных ситуациях в г. Кунгуре // Горное эхо. Пермь, 2002. № 4(10). С. 26-28 (в соавторстве с Пятуниним М.С.)

5. Многолетние изменения микроклиматических элементов Кунгурской Ледяной пещеры // Горное эхо. Пермь, 2002. № 4(10). С. 13-14 (в соавторстве с Дублянским В.Н.)

6. Снежно-ледяные отложения Кунгурской Ледяной пещеры // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского / Перм. ун-т.- Пермь, 2003. - Вып. 5. С. 77-82 (в соавторстве с Назаровой У.В.)

7. 300 лет исследований Кунгурской Ледяной пещеры // Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности: Матер, междунар. конф. Кунгур, 2003. С. 12-40 (в соавторстве с Дублянским В.Н.)

8. Морфометрия озер Кунгурской Ледяной пещеры // Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности: Матер, междунар. конф. Кунгур, 2003. С. 81-85(в соавторстве с Сивинских П.Н.)

9. Об изучении температурного режима в пещерах и необходимой точности измерений (на примере Кунгурской Ледяной пещеры) // Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности: Матер, междунар. конф. Кунгур, 2003. С. 140-148 (в соавторстве с Мавлюдовым Б.Р.)

10. О деградации оледенения в Кунгурской Ледяной пещере и возможных путях его восстановления // Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности: Матер, междунар. конф. Кунгур, 2003. С. 148-155 (в соавторстве с Мавлюдовым Б.Р.)

11. Уникальность Кунгурской Ледяной пещеры как туристского объекта и ее геоэкологическое состояние // Туризм, экология и устойчивое развитие регионов: Матер. Междунар. конф. Тверь: ТвГУ, 2003. С. 187-194 (в соавторстве с Дублянским В.Н.)

12. Заложение Кунгурской Ледяной Пещеры // Моделирование стратегии и процессов освоения георесурсов. Пермь: Горный институт УрО РАН, 2003 С. 187-190 (в соавторстве с Дублянским В.Н.)

13. Обвалы в Кунгурской Ледяной пещере // Моделирование стратегии и процессов освоения георесурсов. Пермь: Горный институт УрО РАН, 2003 с. 190-193 (в соавторстве с Кадебским Ю.В.)

14. Гидрогеологическая характеристика района Кунгурской Ледяной пещеры // Карстоведение - XXI век: теоретическое и практическое значение: Матер, междунар. симпозиума (25-30 мая 2004, Пермь, Россия) / Пермский ун-т. - Пермь, 2004 с.351-354. (в соавторстве с Никифоровой И.А.)

15. По Кунгурской Ледяной пещере. Пермь, Изд-во «Звезда», 2004 г. 133 с. (в соавторстве с Дублянским В.Н.)

16. Кунгурская Ледяная пещера (в печати, в соавторстве с Дублянским В.Н.)

17. Кадебская О.И. Взаимосвязь морфологии, микроклимата и динамики таяния снежно-ледяных отложений в Кунгурской Ледяной пещере / Горное эхо. Пермь 2004, № 2(16) С. 43-45.

18. The Kungur cave - the oldest show cave in gypsum of the world // Gypsum karst areas in the world: their protection and tourist development. Bologna (Italia) 2004 с 47-52. (в соавторстве с Кадебским Ю.В.)

Оглавление

Введение

Глава 1. Природные условия района Кунгурской Ледяной пещеры

1.1. Рельеф

1.2. Климат

1.3. Гидрология

1.4. Почвы и растительность

1.5. Геология

1.6. Гидрогеология

Глава 2. Характеристика природных компонентов и условий Кунгурской Ледяной пещеры

2.1. Заложение пещеры

2.2. Морфология пещеры

2.3. Морфометрия пещеры

2.4. Наличие подземных озер

2.5. Микроклимат пещеры

2.6. Наличие оледенения

Глава 3. Характеристика факторов, воздействующих на природные компоненты Кунгурской Ледяной пещеры.

3.1. Внешние факторы воздействия

3.1.1. Природные факторы

3.1.2. Антропогенные факторы

3.2. Внутренние факторы воздействия

3.2.1. Природные факторы

3.2.2. Антропогенные факторы.

Глава 4. Изменение природных компонентов Кунгурской Ледяной пещеры и ее экологическое состояние

4.1. Изменение морфологии

4.2. Изменение микроклимата пещеры и оледенения в ней

4.3. Изменение подземной гидросферы

Глава 5. **Обоснование охраны и рационального использования Кунгурской Ледяной пещеры**

5.1. Охрана Кунгурской Ледяной пещеры

5.2. Разработка мониторинга

5.3. Управление и мероприятия по восстановлению оледенения

Заключение

Приложение 1

Приложение 2

Список использованных источников

