

УДК 502.45

## **Экологический менеджмент в пределах особо охраняемой природной территории регионального значения «Ледяная гора и Кунгурская Ледяная пещера»**

**О.И. Кадебская**

**Горный институт УрО РАН, г. Пермь**

Система экологического менеджмента – это часть общей системы менеджмента, включающая организационную структуру, планирование деятельности, распределение ответственности, практическую работу, а также процедуры, процессы и ресурсы для разработки, внедрения, оценки достигнутых результатов реализации и совершенствования экологической политики, ее целей и задач.

Экологический менеджмент может осуществляться на трех уровнях:

- правовой и экономический механизмы охраны природы;
- система государственных и региональных органов управления;
- деятельность руководителей и специалистов предприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

В статье рассматриваются действия специалистов, непосредственно управляющих объектом (третий уровень менеджмента). Автором была проведена предварительная экологическая оценка состояния Кунгурской Ледяной пещеры – чрезвычайно серьезный этап в развитии системы экологического менеджмента. На основе оценки состояния был разработан эколого-геологический мониторинг – система постоянных наблюдений за изменением эколого-геологической обстановки, действующая в рамках заранее намеченной программы с целью разработки рекомендаций и управляющих решений, направленных на обеспечение оптимального экологического функционирования и устойчивого развития пещеры. Поскольку верхние горизонты литосферы, природно-технические системы не являются полностью саморегулирующимися системами, то в условиях техногенеза они нуждаются в управлении. Цель любой функциональной системы, в том числе и эколого-геологической, состоит в обеспечении собственного устойчивого существования и развития. Таким образом, система работает не только и не столько на настоящее, сколько на будущее. Все ее структурные компоненты подчинены этой цели. В общем виде применительно к экологическим проблемам цель состоит в замене антагонистических отношений между литосферой, техническими системами и человеческим обществом на отношения дополненности, при которых общественная система стабилизирует, а не разрушает природу. В социально-экономическом плане цель этого управления определяется тем, что негативные изменения литосферы могут прямо или косвенно (например, влияя на

использование природных ресурсов, природные экосистемы и здоровье населения) нарушить условия функционирования хозяйственных систем, а это в свою очередь может привести к значительным социальным и экономическим потерям.

Отсюда критерием управления природно-техническими системами (ПТС) следует считать минимизацию неблагоприятных экологических последствий изменений верхних горизонтов литосферы и ее компонентов при одновременной минимизации затрат на создание или поддержание ее состояний, благоприятных для хозяйствования и жизнедеятельности людей, жизнеобеспечения всей биоты в целом. Человеческая деятельность, соответствующая этому критерию, определяется как рациональное использование и охрана литосферы, как разумная деятельность — зачатки ноосферы.

В соответствии с этим критерием, конечной целью эколого-геологического мониторинга является управление природно-технической системой путем регулирования режима ее работы, осуществляемого на базе прогнозирования ее развития, нередко путем создания системы инженерной защиты, предотвращающей или снижающей интенсивность развития тех или иных негативных экологически значимых процессов. При неблагоприятном эколого-геологическом прогнозе характерных для данного вида или комплекса техногенных воздействий инженерно-геологических процессов и явлений возникает необходимость выбора наиболее рациональных способов обеспечения устойчивости и нормальной эксплуатации сооружений или ПТС в целом. К их числу относятся инженерно-строительные (конструктивные) мероприятия, направленные на ослабление или видоизменение внешнего воздействия на литосферу, борьбу с проявлениями нежелательных антропогенных процессов. Таким образом, средствами управления в эколого-геологическом мониторинге являются: целенаправленное планирование ПТС и проведение инженерно-строительных мероприятий, изменение режима работы ПТС, организация и реализация комплекса природоохранных мер, организация системы инженерной защиты, в том числе и с применением методов технической мелиорации грунтов. Все эти средства управления разрабатываются в ходе мониторинга, они выдаются в виде конкретных рекомендаций и обоснований для их последующей реализации.

Роль эколога-геолога в принятии управляющих решений связана с обоснованием необходимости искусственного преобразования массивов пород и придания им определенных свойств, обеспечивающих нормальное функционирование эколого-геологических систем. Следовательно необходимы профессиональный поиск конкретных геологических (инженерно-геологических, геокриологических и др.) решений по разработке методов и рецептур управления состоянием и свойствами массивов горных пород с целью сохранения ими экологических функций, а также геологическое обоснование и предложения по инженерной защите территорий, объектов и сооружений

от природных и антропогенных геологических процессов, снижающих их экологический потенциал.

Наиболее важным вопросом управления экологическим состоянием КЛП является регулирование ее микроклимата, а именно – температурного баланса в полости. Поэтому главным показателем эффективности менеджмента служит сохранение постоянного оледенения в пещере.

Автор предпринял попытку управлять этим процессом по методике, разработанной В.С. Лукиным [9].

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, т. е. 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 его инерция по отношению к внешним возмущениям климата и обводненности.

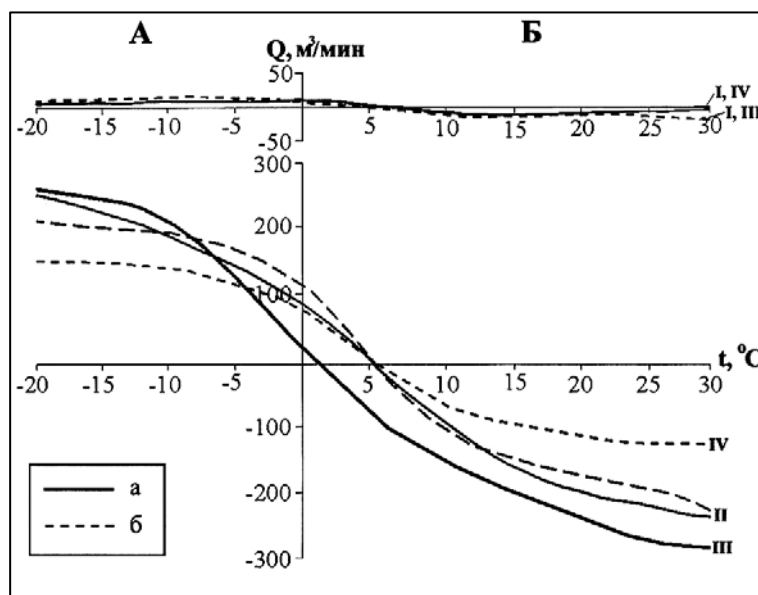
Устойчивость оледенения пещер выражается в динамическом равновесии поступления и расхода тепла в пещере (в многолетнем разрезе). Раскрыть механизм динамического равновесия в развитии оледенения пещер – значит не только понять саму суть этого явления, но и выявить условия, при которых данное состояние может быть реализовано, и, следовательно, получить знание о том, как правильно (рационально) использовать это явление и при каких энергозатратах им управлять [10].

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 в них запаса холода. 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. Осцилляция 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 способствует 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.

После сооружения тоннелей естественный режим воздухообмена пещеры с наружной средой был нарушен, в результате начал меняться ее температурный режим. Наиболее полную микроклиматическую характеристику Кунгурской Ледяной пещеры в условиях искусственного

регулирования дал в 1986-1988 гг. Свердловский горный институт (Об устойчивости горных пород, 1988). За три года было проведено 20 комплексных замеров температуры при четырех режимах 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 находились на основном маршруте. Эти замеры позволили установить места притока и утечек воздуха и определить его количество, поступающее или выходящее из тоннелей в зависимости от температуры атмосферного воздуха (рисунок).

Исследования показали, что в зимний период при I режиме основная часть воздуха попадает в пещеру через трещины и пустоты гротов Полярный и Вышка. Чем ниже температура на дневной поверхности, тем больше приточки воздуха. Суммарное количество воздуха, поступающего в пещеру при I режиме, составляет 180-260 м<sup>3</sup>/мин, при II режиме – до 550, при III режиме – около 350, при IV режиме – до 230 м<sup>3</sup>/мин. В летнее время года в пещере устанавливается совершенно противоположный режим проветривания – свежий воздух с поверхности поступает по тем же каналам, по которым вытекает в зимний период. Выходит воздух по тоннелям и трещинам прибортового склона. Суммарное количество воздуха, выходящего по тоннелям из пещеры, при I режиме составляет 180 м<sup>3</sup>/мин, при II – 470, при III – 300-400, при IV – до 200 м<sup>3</sup>/мин.



Особенности проветривания Кунгурской пещеры. Направления движения воздуха: А – из пещеры (холодный период), Б – в пещеру (теплый период); движение воздуха: а – через входную штольню, б – через выходную штольню; I-IV – режим проветривания

Мероприятия, обязательные для выполнения в течение всего периода при каждом режиме проветривания:

1. I режим проветривания – **во входной и выходной штольнях шлюзовые двери закрыты**. Для правильной эксплуатации пещеры в данный период необходимо:

- во входном и выходном тоннеле все двери держать закрытыми (вне зависимости от времени суток);
- во время прохождения групп экскурсантов по тоннелям обязательно проводить шлюзование;
- запретить остановки экскурсионных групп в гроте Бриллиантовый и Полярный;
- ограничить размер экскурсионных групп до 25 чел.;
- установить интервал между заходом групп не менее 15 мин;

2. II режим проветривания – **во входной штольне шлюзовые двери открыты, в выходной – закрыты**. Для правильной эксплуатации пещеры в данный период необходимо:

- в тоннеле в Бриллиантовый грот двери держать открытыми (вне зависимости от времени суток) в то время, когда температура воздуха вне пещеры ниже 0° С;
- в тоннеле в грот Вышка все двери держать закрытыми;
- для сохранения кристаллов в Бриллиантовом гроте при открытом тоннеле в ночное время вывешивать полиэтиленовую завесу от колонны до выхода из старого входа (чтобы изменить струю воздушного потока);
- для пополнения запасов зимнего холода расчистить от камней и мусора территорию около старого входа, из него удалить мешки с опилками и открыть металлические двери;
- диаметр старого входа должен быть 0,7 м шириной и 1 м высотой. При накоплении снега и льда старый ход должен быть расчищен до указанных размеров;
- для выхода влажного воздуха в грот Бриллиантовый диаметр Телячьего ходка должен быть 0,5 м шириной и 0,7 м высотой, при накоплении льда необходимо расчищать его до нужных размеров;
- во входном тоннеле в зимнее время дополнительную дверь для шлюзования групп необходимо убрать или держать открытой;
- при температуре воздуха вне пещеры ниже 0° С можно разрешить остановки экскурсионных групп в гроте Бриллиантовый и Полярный. Эпизодические резкие изменения температуры в пределах суток в этих гротах, связанные с туристами и работой осветительных приборов в зимний период, быстро восстанавливаются;
- разрешить размер экскурсионных групп до 50 чел.;
- установить интервал между прохождением групп не менее 15 мин.

3. III режим проветривания: **во входной и выходной штольнях шлюзовые двери открыты**. Для правильной эксплуатации пещеры в данный период необходимо:

- во входном и выходном тоннелях все двери держать открытыми (вне зависимости от времени суток);
- ежегодно в Бриллиантовом гроте производить работы по заделке щелей вокруг входного тоннеля снегом;
- производить расчистку Телячьего ходка до Теплого грота от натечного льда;
- производить ежедневную уборку снега у старого лаза для поступления холодного воздуха в пещеру;
- разрешить размер экскурсионных групп до 50 чел.;
- установить интервал между прохождением групп не менее 15 мин.

4. IV режим проветривания – **во входной штольне шлюзовые двери закрыты, в выходной – открыты.** Для правильной эксплуатации пещеры в данный период необходимо:

- в тоннеле в Бриллиантовый грот двери держать закрытыми;
- старый вход в пещеру держать открытым и расчищенным до размеров 0,7 м шириной и 1 м высотой;
- в тоннеле в грот Вышка все двери держать открытыми (вне зависимости от времени суток) в то время, когда температура воздуха вне пещеры ниже 0° С;
- разрешить размер экскурсионных групп до 50 чел.;
- установить интервал между прохождением групп не менее 15 мин.

**Для увеличения накопления холода в Кунгурской Ледяной пещере дополнительно необходимо предпринимать следующие меры:**

1. По мере таяния либо выветривания (испарения) восстанавливать ледяную перемышку между гротами Бриллиантовым и Полярным.
2. По мере накопления производить расчистку ото льда и глыб в центральной части Бриллиантового грота, чтобы высота грота здесь составляла не менее 2,5 м.
3. Проводить постоянно действующий мониторинг состояния снежно-ледяных отложений в пещере.
4. Увеличить объем воздуха, протекающего через пещеру в холодный период и соответственно уменьшить в теплый, для чего необходимо своевременно соблюдать режимы искусственного проветривания.
5. Регулировать количество экскурсантов и время их пребывания в пещере в соответствии с расчетами.
6. В летнее время обязательно «шлюзование» экскурсантов, недопустимо создание сквозняков через одновременно раскрытые двери тоннелей.
7. Для уменьшения тепловыделения электроосветительного оборудования необходимо заменить лампы накаливания (КПД ~ 5%) на люминесцентные или галогеновые (КПД ~ 20-40%), что позволит сократить теплоприток от оборудования примерно на 70%.

8. Провести микроклиматическую и аэрогазодинамическую съемку в пещере. На основе проведенных исследований дополнительно к настоящему проекту разработать «Регламент искусственного проветривания Кунгурской Ледяной пещеры».

Один из самых простых методов регулирования оледенения пещеры заключается в дополнительном охлаждении ее полости путем заполнения отдельных участков блоками льда, принесенными с поверхности. Дефицита льда на р.Сылве, протекающей у входа в пещеру, зимой нет, потому этот метод в случае крайней необходимости может помочь в восстановлении оледенения пещеры. Привнесение льда в пещеру должно обязательно сопровождаться ее зимним охлаждением.

Таким образом, оледенение Кунгурской пещеры сейчас полностью находится в руках человека и, управляя им, можно добиться не только сохранения естественного облика подземной полости, но и повысить безопасность ее эксплуатации как экскурсионного объекта.

### **Библиографический список**

1. *Воронов Г.А.* Ледяная гора и Кунгурская ледяная пещера – историко-природный комплекс / Г.А. Воронов // Кунгурская ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности. Кунгур, 2003. С. 9–11.
2. *Дорофеев Е.П.* Эволюция оледенения Кунгурской пещеры / Е.П. Дорофеев // Пещеры. Пещеры в гипсах и ангидритах: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 1988. Вып. 21. С. 36–41.
3. *Дорофеев Е.П.* Динамика оледенения Кунгурской пещеры / Е.П. Дорофеев, Б.Р. Мавлюдов // Пещеры. Итоги исслед.: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 1993. Вып. 23-24. С. 131–140.
4. *Израэль Ю.А.* Философия мониторинга / Ю.А. Израэль // Метеорология и гидрология. 1990. №6. С.5–10.
5. *Кадебская О. И.* Изменение микроклимата и загрязнение карстовых вод в Кунгурской Ледяной пещере / О.И. Кадебская // Проблемы комплексного мониторинга на месторождениях полезных ископаемых: сб. докл. Матер. науч. сес. Горного института УрО РАН. Пермь, 2002. С. 219–222.
6. *Кадебская О.И.* Многолетние изменения микроклиматических элементов Кунгурской Ледяной пещеры / О.И. Кадебская, В.Н. Дублянский // Горное эхо. Пермь, 2002. № 4(10) С. 13–14
7. *Кадебская О.И.* Разработка новой системы мониторинга в Кунгурской Ледяной пещере / О.И. Кадебская // Антропогенная динамика природной среды: матер. междунар. науч.-практ. конф. (16-20 окт. 2006 г., г. Пермь) / Перм. ун-т. Пермь, 2006. Т. II. С. 174–178.
8. *Лукин В.С.* Воздушный режим закарстованных массивов / В.С. Лукин // Специальные вопросы карстоведения. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
9. *Лукин В.С.* Работы по восстановлению природного режима Кунгурской ледяной пещеры / В.С. Лукин // Пещеры / Перм. ун-т. Пермь,

1963. Вып. 3. С. 35–42.

10. *Лукин В.С.* Температурные аномалии в пещерах Приуралья и критический анализ теорий подземного холода / В.С. Лукин // Там же. 1965. Вып. 5(6). С. 164–172.

11. *Мавлюдов Б.Р.* Зависимость внутренней среды пещер от внешних воздействий / Б.Р. Мавлюдов // Науч. чтения. IV Всеурал. совещ. по подземным водам Урала и сопредельных территорий, посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Г.А. Максимовича. (Тез. докл., г. Пермь, 23-25 мая 1994 г.). Пермь, 1994, С. 128–129.

12. *Мавлюдов Б.Р.* Факторы уязвимости пещер / Б.Р. Мавлюдов // Проблемы экологии и охраны пещер. Красноярск, 2002. С. 5–11.

13. *Мавлюдов Б.Р.* О деградации оледенения в Кунгурской Ледяной пещере и возможных путях его восстановления / Б.Р. Мавлюдов, О.И. Кадебская // Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Пермь. 2003. С.148–155

14. *Теория* и методология экологической геологии / В.Т. Трофимов и др. / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1997. 368 с.