

1. **Зотеев О.В.** Применение математического моделирования при обучении студентов специальности РРМ циклу геомеханических дисциплин // Проблемы геотехнологии и недроведения (Мельниковские чтения): Докл. Междунар. конф., 6-10 июля 1998. – Т.1 – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – С. 130-133.
2. **Зотеев О.В.** Научные основы расчета поступательных параметров систем подземной разработки руд с учетом структуры массива и порядка ведения горных работ: Автореф. дис... д-ра техн. наук. - Екатеринбург, 1999. – 44 с.
3. **Петухов И.М., Батугина И.М.** Геодинамика недр. – М.: Недра, 1996. – 217 с.
4. **Степанов В.М.** Введение в структурную гидрогеологию. – М.: Недра, 1989. – 229 с.
5. **Тагильцев С.Н.** Особенности эколого-гидрогеологических исследований в скальных массивах // Экологические проблемы гидрогеологии: Восьмые Толстихинские чтения. Мат-лы научно-метод. конф. – СПб.: СПбГИ, 1999. - С. 199–201.
6. **Тагильцев С.Н.** Геомеханические основы фильтрационной стратификации скальных массивов // Проблемы региональной гидрогеологии: Седьмые Толстихинские чтения. Мат-лы научно-метод. конф. – СПб.: СПбГИ, 1998. - С. 158-162.
7. **Тагильцев С.Н.** Пределы линеаризации закона Кулона – Мора при расчетах НДС массивов горных пород // Мат-лы X межотрасл. координац. сов. по проблемам геодинамич. безопасности. - Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1997. – С. 213 – 217.

УДК 624.131

О. М. Гуман, И. Г. Петрова, С. Э. Лапин

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВБЛИЗИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ (на примере шахты “Центральная” Копейского района Челябинского угольного бассейна)

Наибольшее влияние на изменение состояния компонентов окружающей среды оказывает горнодобывающий комплекс, в том числе и угледобывающие предприятия. Это влияние проявляется в следующем:

- в изменении природных ландшафтов в результате поверхностной и подземной добычи угля, отсыпке отвалов и формировании зон обрушения;
- нарушении равновесного состояния массивов горных пород: раскрытии естественных трещин и трещинообразовании в результате выемки угля;
- нарушении естественного гидрологического и гидрогеологического режимов на подработанных площадях: заболачивании мест проседания дневной поверхности и осушении водоносных горизонтов;
- загрязнении шахтными и шламовыми водами бассейнов рек;
- нарушении равновесия в растительном и животном мире;
- выделении в атмосферу пыли и газа при добыче и транспортировке угля, а также продуктов горения отвалов пустых пород.

В отличие от других полезных ископаемых, залегающих и разрабатываемых локально на ограниченной территории, угольные залежи широко распространены по площади (размеры шахтных полей до нескольких кв. километров) и по глубине - сотни метров, вследствие чего воздействие на компоненты окружающей среды приобретает региональный характер. Это обуславливает граничные условия системы экологического мониторинга на угледобывающих комплексах, выходящие за пределы горного отвода.

Другая проблема ведения экологического мониторинга состоит в том, что помимо горных выработок в зоне воздействия угледобывающего предприятия на компоненты окружающей среды существуют другие источники загрязнения атмосферы, возникающие на сопутствующих угледобыче производствах. К организованным источникам поступления вредных компонентов в атмосферу,

учитываемым при разработке тома ПДВ, относятся котельные, транспорт, кузнечное, сварочное производства, а также отработанный воздух из шахты.

При отработке угольных месторождений ведется контроль аэрогазового состояния шахт и качества сбрасываемых дренажных вод, причем контроль шахтного воздуха выполняется автоматизированными системами контроля шахтной атмосферы типа МИКОН 1Р, используя возможности которых, можно установить пути миграции газов и места их выхода на дневную поверхность. Поэтому целесообразно, зная характер связи между газовой компонентой на шахте и состоянием почв, поверхностных и подземных вод, использовать систему МИКОН 1Р как основу поверхностного экологического мониторинга.

Особенностью угольных месторождений является образование в выработанном пространстве скоплений горючих и токсичных газов, выделяемых из угля и вмещающих пород при определенных условиях. По результатам многочисленных шахтных наблюдений установлено, что в выработанном пространстве в опасных концентрациях скапливаются метан, окись углерода, сероводород, в некоторых случаях радон. Метан выделяется в рудничную атмосферу при снятии нагрузки с пласта, трещинообразовании и разрушении угля. Источником выделения углекислого газа в горные выработки являются процессы разложения горных пород и крепежного леса, газ также выделяется в готовом виде из горных пород и угля. Радон образуется при распаде радия, содержащегося в углях и вмещающих породах. Чаще всего источником выделения окиси углерода, углекислого газа и увеличения концентрации метана являются подземные пожары [2,3].

В естественных условиях на шахте "Центральная" ОАО "Челябинскуголь" в разрезе угольных отложений зафиксировано четыре газовые зоны (сверху вниз):

1) углекислотно-азотная, в составе которой преобладающим является азот (86-99 %), метан практически отсутствует, углекислого газа до 15 %;

2) метаново-азотная (зона газового выветривания), где содержания метана до 38 %, азота до 90 %;

3) азотно-метановая, характеризующаяся наличием метана 51-60 %, азота 24-49 %, углекислого газа 3-19 %;

4) метановая, характеризующаяся наличием в угольных пластах метана от 69 до 99 %, азота до 30 %, углекислого газа до 5-18 %.

В целом отмечается нарастание с глубиной концентрации метана и уменьшение концентрации азота, концентрация углекислого газа с глубиной практически не изменяется. Следует отметить, что газовые зоны, за исключением углекислотно-азотной, выделены по угольным пластам, т. к. именно в них происходит нарастание концентрации метана. Граница появления метана в западной и на востоке крайней южной части имеет незначительную глубину погружения и расположена практически под четвертичными отложениями. В восточной части северного блока и в центральной части южного блока она погружена на глубину свыше 130 м. Граничная поверхность метановой зоны в южном блоке залегает на меньших глубинах, чем в северном. Так, на юге она встречается в интервале от 260 до 365 м, на севере - от 350 до 560 м, причем максимальные глубины отмечаются в восточной части участка.

В естественных условиях для Копейского угольного района Челябинского бассейна характерно выделение трех гидродинамических зон в подземной гидросфере. Первая (А) доходит примерно до глубины 150 м, она характеризуется активным водообменом и углекислотно-азотным газовым составом подземных вод. Вторая зона (Б) располагается между 150-300 м, обладает затрудненным водообменом, характеризуется углекислотно-азотным и метаново-азотным составом подземных вод. Третья зона (В) залегает ниже 300 м, циркуляция вод в ней практически отсутствует, преобладают азотно-метановые и метановые подземные воды. Необходимо отметить, что глубина гидродинамических и соответствующих им гидрохимических и газовых зон в отдельных случаях может изменяться в ту или другую сторону, так как на образование зон оказывают влияние "промытость" пород, их состав, структурные или другие особенности. В процессе разработки угольных залежей происходит изменение газового режима подработанных толщ горных пород. Газы, выделяемые в шахтную атмосферу, изменяют химический состав и свойства подземных вод. Совместный анализ результатов опробования шахтных вод в системе сброса и замеров концентрации газов на скиповом стволе наличия корреляционной связи между этими факторами не показал, что, по-видимому, свидетельствует о наличии других источников выхода газов на поверхность.

При выемке угольных залежей и интенсификации процессов газовыделения претерпевают изменение не только составляющие геологической среды (водоносные горизонты и комплексы, горные породы), но и компоненты природной среды, расположенные на дневной поверхности. Так, в зонах проникновения метана на поверхность почва теряет свою структуру, сильно уплотняется, приобретает серый цвет и вся растительность на ней гибнет. В зонах выхода на поверхность углекислого газа и мертвого воздуха изменений почвенного слоя не наблюдается, растительность развивается лучше, чем на участках, на которых эти газы не выделяются, но домашние животные и птицы эти участки покидают.

Исследованиями, проведенными специалистами РосНИИГД на угольных месторождениях, было отмечено, что проникновение метана на дневную поверхность происходит по трещинам в случае перепада давлений между газом в выработанном пространстве и атмосферой на поверхности, причем в этом случае размеры зоны изменяются от десятков до сотен метров. Так, при увеличении избыточного давления газа в выработанном пространстве размеры газовой аномалии на поверхности уменьшаются. Горизонтальные потоки газа в обрушенной горной массе не только расширяют границы газовых аномалий на поверхности, но и могут значительно сместить их относительно вертикальной проекции источника газовыделения. Величина смещения возрастает с ростом глубины залегания источника. При больших утечках воздуха через выработанное пространство величина смещения может составить сотни метров, поэтому области газовыделения могут перемещаться на большие расстояния, в том числе и в области, не располагающиеся непосредственно над подземным скоплением опасных газов [3].

Иными словами, В.А. Портола считает основными факторами, определяющими граничные условия области выхода газа из шахты на поверхность, глубину залегания скопления газов, а также перепад давлений между выработанным пространством и атмосферой на поверхности при резкой смене климата. С нашей точки зрения, определение границ проникновения шахтных пылегазовых потоков на поверхность необходимо начинать с анализа геологического строения месторождения и технологических особенностей разработки.

Возникновение путей миграции газов происходит под влиянием различных факторов - как природных, так и техногенных. Поиск путей миграции и оценка степени воздействия пылегазовых выбросов на компоненты окружающей среды - задача сложная, долговременная и дорогостоящая.

К основным природным факторам относятся структурно-текстурное строение месторождения, наличие и характер тектонических нарушений, мощность рыхлых покровных отложений и физико-механические свойства пород. К техногенно сформированным путям миграции газов относятся трещины во вмещающих породах, образующиеся в результате сдвижения массивов горных пород, ликвидированные вертикальные выработки, имеющие выход на поверхность, незатампонированные буровые скважины, водоносные породы вмещающей толщи после их осушения, зоны разгрузки массива горных пород вокруг горных выработок, карьеров и разрезов.

Анализируя структурно-тектонические особенности шахты "Центральная", видно, что поле шахты расположено в пределах синклинали структуры, которая осложнена серией разрывных нарушений. Наиболее крупное из них - Северо-Камышловское - расположено в южной части шахтного поля, в центральной части расположены мелкие тектонические разрывные нарушения: Перевальное и Пограничное. Продольные дизъюнктивы благоприятствуют активной миграции газа, широтные и косоширотные малопроницаемы для газа и в силу этого играют роль экрана. Приуроченность района к синклинали структуре позволяет сделать выводы, что крылья складки, имеющие более низкое напряженное состояние, чем ядро складки, отличаются повышенной литогенетической трещиноватостью, поэтому миграция газовой составляющей здесь интенсивнее.

В геологическом строении района распространены породы с различными свойствами, и они по-разному реагируют на трещинообразование. К условно "мягким" относятся уголь, углистые аргиллиты, алевролиты, глины. К условно "жестким" относятся песчаники и конгломераты, по которым и проходит техногенное образование трещин.

Четвертичные отложения, представленные глинами и глинистыми породами, залегают с резким угловым несогласием и перекрывают сплошным чехлом нижнемезозойский комплекс пород; они играют роль экрана по отношению к газам. Общая мощность четвертичных отложений в центральной части 8 - 18 м, к краевым частям увеличивается до 25 - 27 м.

Проведение выработок в угольных залежах нарушает равновесие горных пород, в результате чего они деформируются и сдвигаются. Сдвигание пород обычно начинается с прогиба кровли выработок, пройденных по пласту или залежи полезного ископаемого. По мере увеличения выработанного пространства деформация пород растет, в сдвигание вовлекается все большее число слоев, и породы сдвигаются по плоскостям напластования [3]. Вследствие этого происходит формирование трещин, которые имеют различное направление (секущие трещины и трещины расслоения) и различную степень открытости, при этом слои кровли разбиваются на отдельные блоки и обрушаются. В процессе сдвигания пород происходит изменение их плотности: там, где кровля обрушается, происходит разрыхление, а в прилегающих к зонам обрушения - уплотнение.

Кроме того, трещинообразование идет параллельно сечению горной выработки, что связано со снятием напряжений и формированием зон расслоения массива вокруг выработки. Образование трещин зависит от физико-механических свойств горных пород, а также от способа управления кровлей, глубины разработки, общей мощности вынимаемых пластов.

При ведении горных работ на шахтах производится осушение водоносных горизонтов, залегающих над разрабатываемыми угольными пластами, вследствие чего газы по трещинам поступают под покровные отложения, а при их малой мощности проникают на дневную поверхность.

Техногенными путями поступления газа являются дегазационные скважины и скважины, пробуренные при разведке месторождения. Объем пустот, образованный за счет скважин в пределах шахты «Центральная», примерно равен 50-100 куб. м.

Многообразие путей миграции газов затрудняет выбор места расположения пунктов наблюдения за выходами газа на поверхность. Предлагается поиск этих мест начинать с анализа структуры месторождения и тектонических особенностей площади. В противном случае результаты мониторинга будут недостоверны. Например, на начальном этапе изучения экологической обстановки в районе шахты «Центральная» авторами была предпринята попытка поиска взаимосвязи между здоровьем населения и количеством пылегазовых выбросов из скипового ствола шахты. Пространственные границы жилых поселков 4-6 участков и шахты «Центральная», население которых учитывалось при статистической обработке заболеваемости, определялись в пределах зоны санитарной охраны, равной для угольных шахт 500 м. Отсутствие связи между заболеваемостью и выходами газов на поверхность через скиповой ствол свидетельствует о том, что есть другие источники выхода газов в атмосферу. Наиболее вероятные пути движения газов приурочены к ослабленным крыльям складки по направлению шарнира, а эта зона влияния расположена вне ССЗ шахты «Центральная».

Для определения путей миграции газов в разгруженных (или трещиноватых) зонах целесообразно использовать геофизические методы, в частности методы сейсмометрии для поиска зон повышенной трещиноватости.

Цель экологического мониторинга - установление тенденций развития и изменения компонентов окружающей среды (атмосферы, почв и грунтов, поверхностных, подземных вод) с учетом их экологических последствий для человека и других организмов в пределах горного отвода и на прилегающих территориях под влиянием пылегазовых выбросов действующих угольных шахт. На основе этого осуществляется разработка рекомендаций и управляющих решений по оптимизации функционирования угледобывающих шахт и обеспечению экологически благоприятных условий близ расположенных населенных пунктов.

первый этап мониторинга - это поиск связи производственного контроля за состоянием атмосферы в горных выработках с экологической ситуацией в населенных пунктах, расположенных в зоне влияния;

второй этап мониторинга - ведение одновременной системы наблюдений за состоянием атмосферного воздуха на поверхности и в горных выработках с отслеживанием этого воздействия на все компоненты окружающей среды;

третий этап - контроль за состоянием окружающей среды при управлении процессом вентиляции в шахтах;

четвертый этап - разработка единой системы контроля, прогноза и управления за состоянием компонентов окружающей среды на основе подземного мониторинга.

Было бы целесообразно провести комплексный эксперимент на шахте “Центральная” Челябинского бурого угольного бассейна с тем, чтобы при получении положительных результатов использовать ее в качестве аналога на других угольных месторождениях.

Шахта “Центральная” является наиболее метанообильной в Челябинском бассейне и находится на сверхкатегорийном режиме. Причина высокой газообильности – высокая угленасыщенность разреза и относительно спокойное залегание угольных пластов при слабой тектонической нарушенности. На поле шахты “Центральная” имеется лишь три тектонических нарушения.

Уровень организации экологического мониторинга - локальный в пределах горного отвода и на прилегающей территории. Локальный мониторинг предназначен для обеспечения экологической оценки изменения окружающей среды под влиянием действующей шахты.

Пространственные границы экологического мониторинга определяются с учетом возможных миграционных путей загрязнения окружающей среды (атмосферных - по ветру, атмосферных - с осадками, атмосферных – по техногенным пустотам, поверхностных - текущими водами на основе особенностей рельефа и направлений поверхностного стока территории, подземных вод - на основе исследования карт гидроизогипс и других гидродинамических схем и т.п.).

Мониторинг вблизи шахты “Центральная” охватывает территорию, включающую поселки 4-б, 201-й и озеро Курлады.

Особенности проектируемой системы экологического мониторинга шахты “Центральная”:

- мониторинг является многосредным, т.к. включает почвогрунты, поверхностные, подземные воды и атмосферу, животный и растительный мир, население ближайших поселков;
- приоритетно наблюдаемыми являются процессы массообмена и трансформации вещества;
- объектами наблюдения являются природно-технические системы, преобразованные в процессе эксплуатации месторождения;
- пространственно-временными границами мониторинга является область воздействия шахты, выходящая за пределы горного отвода и проектных сроков эксплуатации.

Задачи мониторинга на такой наблюдательной сети:

- 1) систематические наблюдения за состоянием атмосферы в подземных горных выработках и на дневной поверхности;
- 2) систематические наблюдения за состоянием почвогрунтов, поверхностных и подземных вод, растительности, животного мира и своевременное обнаружение загрязнения, изменения, исчезновения и других видов воздействия;
- 3) интерпретация результатов наблюдений, оценка масштабов загрязнения и составление отчетов по результатам наблюдений;
- 4) прогноз за динамикой развития негативных процессов во времени и в пространстве, влияющих на качество окружающей среды;
- 5) разработка постоянно действующей модели в системе экологического мониторинга;
- 6) разработка и реализация мер по предотвращению вредных последствий этих процессов;
- 7) создание информационной базы состояния окружающей среды в зоне воздействия шахты;
- 8) разработка методических рекомендаций по разработке системы наземного экологического мониторинга вблизи угольных шахт на основе мониторинга атмосферы подземного пространства.

Интерпретация результатов мониторинговых наблюдений и формирование информационных ресурсов проводится на базе технических и программных средств системы МИКОН - 1. Наблюденная, прогностическая, оперативная, режимно-справочная информация о состоянии загрязнения окружающей среды должна быть увязана с данными подземного мониторинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Багазеев В.К., Валиев Н.Г. Механика рыхлых отложений: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998. – 118 с.
2. Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах. - М.: Недра, 1981. – 184 с.
3. Портола В.А. Опасность образования газовых скоплений в выработанном пространстве // Уголь. – 1997. - № 10. - С. 44-46.