

УДК 622.272: 622.268

**А.В. Чернышов**

## **УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ ГОРНОГО МАССИВА В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ С УЧЁТОМ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ВМЕЩАЮЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД**

*Рассматриваются влияние физико-химического воздействия растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) на уголь и вмещающие породы при очистных и подготовительных работах с различными целями при ведении горных работ.*

*Ключевые слова: физико-химическое воздействие, ПАВ, подземные горные работы.*

Основными факторами, учитываемыми при определении условий реализации нетрадиционных способов добычи угля и управления состоянием горного массива в подземных условиях, использующих природные силы, являются вид напряженного состояния, в котором находится уголь и вмещающие породы, степень газонасыщения, интенсивность газовыделения, сцепление и трение угля по вмещающим породам [1]. Главная задача при создании нетрадиционных способов добычи — найти условия и разработать методы высвобождения потенциальной энергии массива и превращения её в работу по разрушению и перемещению угля.

Первую часть процесса извлечения угля (разрушение) может выполнять сила горного давления в призабойной части угольного пласта, вызывая образование зоны нарушенного перемещения угля. Вторая часть процесса (перемещение) происходит под действием газового давления и силы тяжести.

Одним из видов воздействия, который может вызвать нарушение равновесного состояния угля и окружающего горного массива, является воздействие растворами, понижающими их прочность.

Физико-химическое воздействие растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) на уголь и вмещающие породы при очистных и подготовительных работах с целью снижения пылеобразующей способности и пылеподавления [2], при борьбе с внезапными выбросами [3], дегазации [4], для гидроразрыва пластов и управления состоянием массива [5], при диспергировании угля [6-9]. При взаимодействии адсорбционно-активных растворов с углем происходят лиофилизация его поверхности и, как следствие, уменьшение межфазовой энергии, приводящие к изменению прочностных свойств угля [10]. Одновременно изменяются другие характеристики угольного вещества. Однако особенности изменения прочностных и деформационных свойств угля при действии адсорбционно-активных сред, особенно в условиях сложного напряженного состояния, не всегда очевидны и поэтому не могут достаточным образом учитываться при проведении работ с использованием физико-химической обработки массивов горных пород и углей с целью повышения безопасности и эффективности процессов горного производства.

Установлено [11], что в краевой части угольного пласта благодаря действию сил горного и газового давления может существовать область, из которой уголь может быть вытеснен газовым давлением при снижении прочности угольного вещества ниже некоторой величины. Следовательно, подавая разупрочняющий раствор в эту область можно осуществить добычу угля и вынос его в выработанное пространство. Подача раствора в зону выдавливания может осуществляться либо путем естественного проникновения по транспортным порам, либо нагнетанием жидкости под давлением.

В подземных условиях воздействие адсорбционно-активной среды происходит в условиях, когда уголь находится в сложнапряженном состоянии, оказывающем существенное влияние на эффективность взаимодействия среды с угольным веществом. Это обстоятельство надо особенно учитывать, так как отличительной особенностью поверхностных явлений в твердых телах является то, что характер и эффективность их проявления наблюдается только при совместном действии среды и поля напряжений [12]. Степень снижения прочности зависит от свойств угля и разрушающего раствора, а развитие разрушения определяется видом напряженного состояния в угольном пласте и степенью пропитки. Таким образом, вид напряженного состояния, в котором находится уголь, степень его деформирования оказывает существенное влияние на эффективность воздействия адсорбционно-активного раствора.

При разработке технологических схем процессов переработки и добычи угля с использованием поверхностно-активных веществ для получения наибольшего эффекта воздействия

разрушающего раствора на уголь, раствор необходимо подавать в зону угольного пласта со сдвиговыми или растягивающими напряжениями.

На физико-химическое разрушение углей большое влияние оказывают процессы набухания, так как к существующим на границе блоков внутренних напряжений добавляются напряжения вследствие двухмерного давления образованию адсорбционного слоя и внутреннее напряжение, возникающее вследствие набухания угольного вещества. Добавление некоторых электролитов и других веществ может вызвать достаточно высокие значения явления набухания, что приведет к еще большему ослаблению угля и к более вероятностному процессу его разрушения при воздействии адсорбционно-активными растворами.

При воздействии растворов ПАВ снижается внешнее трение углей. Это особенно важно, так как 60-80 % энергии при разрушении угля механическими индикаторами тратится на трение инструмента о разрушаемый уголь.

Добавление ПАВ, вызывающих лиофилизацию угля, снижает коэффициент твердого сплава по углю [13]. Добавление АПАВ вызывает сильную адсорбцию аниона на поверхности угольного вещества, что приводит к снижению прочности угля (до 0,6). Одновременно это вызывает снижение коэффициента трения почти на 20 %. Для породы АПАВ вызывает не очень сильное снижение прочности, зато сильно снижает коэффициент трения.

Большие концентрации НПАВ также приводят к снижению коэффициента трения на 15-22 %.

Таким образом, пропитка угля растворами ПАВ помимо снижения прочности вызывает снижение коэф-

фициента трения, что способствует повышению вероятности извлечения ослабленного угля из пласта.

Основные выводы, полученные при лабораторных исследованиях физико-химического способа, основанного на обработке углепородного массива жидкими ПАВ в фильтрационном режиме, проверялись путем отработки элементов экспериментальной технологии на шахтах «Бунгурская» и им. Димитрова АО «Кузнецкуголь» [14, 15]. В результате аналитических и лабораторных исследований были обоснованы и подобраны растворы неионогенных ПАВ и электролитов. Оконтуренные подэтажными штреками и опорными целиками камеры на пластах мощностью 4 и 6 метров, были обработаны растворами понизителей прочности через скважины, пробуренные из вентиляционного штрека около кровли (3 скважины через 3 метра) и около почвы (4 скважины). До подэтажного штрека скважины недобуривались на 12÷15 м. Время обработки составляло 6ч10 суток. Раствором, рекомендованным для обработки, была смесь NaCl и неионогенного ПАВ, применение которой в лабораторных условиях позволяло получить максимальное снижение прочности угля. Содержание газа в угольном пласте достигало 20 м<sup>3</sup>/т.

После подсечки камеры с применением БВР происходило постепенное высыпание угля на подэтажный штрек. В общей сложности было добыто около 15 тыс. т угля. Достигнутые в ходе экспериментов результаты позволили определить параметры обработки угольного пласта и отработать горно-технологические параметры (высота подэтажного штрека, величина пролета камеры, расположение нагнетательных скважин и величина подсечки угольного пласта), что

дает возможность рассчитывать на быстрое создание технологической схемы нетрадиционной технологии добычи угля.

Получены следующие выводы:

1. Смещение и разрушение угля в пласте происходит при понижении сцепления в краевой части угольного пласта до величины ниже критического значения, которое определяется не только прочностными, но и газодинамическими характеристиками угольного пласта.

2. Моделирование и пробные испытания в шахтных условиях показали, что достигнутое под воздействием растворов в лабораторных условиях снижение прочности на 40÷60 % от первоначальной величины при одновременном изменении газопроницаемости угольного пласта достаточно для обрушения краевой части угольного пласта в выработанное пространство.

3. Шахтные испытания подтвердили возможность создания технологии выемки угля на новых технических принципах.

Другой физико-химический способ, основанный на обработке угольного массива диоксидом углерода, основан на способности угля к повышенной адсорбции углекислого газа. Активно воздействуя на угольный массив, диоксид углерода снижает интенсивность проявлений горного давления и повышает устойчивость подготовительных выработок в зонах ПГД [9, 14, 15].

Комплекс лабораторных физико-химических исследований выявил механизм разрушения структуры составляющих золы угля при воздействии на неё диоксида углерода и значительное снижение модуля остаточной деформации со снижением доли упругих деформаций в зависимости от режима обработки.

Этот способ прошел успешные испытания на шахте «Джерлаган» ПО «Средазуголь». Для его реализации с поэтажных штреков бурился веер из 34 скважин, которые оснащались запорными устройствами для подачи и герметизации газа в угольном пласте. После окончания насыщения пласта перевод угля в подвижное состояние осуществлялся путем проведения микрокамуфлетного взрыва в одной из скважин. В результате испытаний установлены величины начального и конечного давления газа в скважине, время воздействия, расход газа. Отработаны горно-технологические параметры предлагаемой технологии. Результаты этих испытаний, аналитических и лабораторных исследований послужили основанием для разработки проекта нетрадиционной технологии добычи угля и подготовки экспериментального участка на шахте «Коксовая» АО «Прокопьевск-гидроуголь». Они позволили расширить область применения описанного способа и распространить его для охраны горных выработок, борьбы с горными ударами, управлением состоянием горного массива в ряде экспериментов на шахтах им. Абакумова ПО «Донецкуголь» и «Запоярная» ПО «Воркутауголь». Достигнут положительный опыт внедрения способа разупрочнения угольного массива газовым диспергированием в зонах ПГД, который приводит к резкому изменению геохимического состояния массива: снижению концентрации напряжений и прочности угля в прилегающей к выработке зоне, что позволяет значительно снизить интенсивность проявлений горного давления и улучшить состояние горных выработок, повысит техни-

ко-экономические показатели горных работ.

Растворы для физико-химического воздействия на уголь способны воздействовать и на вмещающие породы. При этом самое значительное воздействие оказывает вода, так как породы — лиофильные системы и хорошо смачиваются водой. При этом к размоканию наиболее склонны вмещающие породы угольных пластов низкой стадии метаморфизма, угли которых особенно легко поддаются физико-химическому воздействию. Наличие НПАВ и АПАВ способствует быстрой пропитке породы и ослаблению, таким образом, более толстого слоя породы. Если при этом в растворе имелись катионы (а это будет иметь место всегда и особенно при АПАВ), то вследствие их адсорбции прочность породы еще более сильно снижается. В случае НПАВ и АПАВ величина промокшего слоя примерно одинакова вследствие хорошей пропитки при низком поверхностном натяжении. Более сильное снижение прочности при использовании АПАВ обусловлено адсорбцией катионов, имеющихся в растворе. Пропитка чистой водой даёт глубину обработки в 2÷3 раза меньшую, чем при использовании ПАВ. Сохранение прочности вмещающих пород можно достичь, предотвращая их пропитку и следующую за этим пластификацию за счет обработки породы ингибиторами гидратации, действующими по молекулярному механизму. Такие ингибиторы целесообразно вводить в состав растворов для обработки угля, на уголь они практически не воздействуют.

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии для физико-химического способа добычи угля/заключительный/ ИГД, УДК 622.272:541.18.05; № гос. регистрации 01860085898, инв. N 01931068000, 1988.
2. Карагодин Л.Н., Ишук И.Г. Современное состояние борьбы с пылью на угольных шахтах. — Уголь, 1977. — № 9.
3. Алексеев А.Д. и др. В сб. «Внезапные выбросы на больших глубинах». — Киев, 1979. — С. 45—52.
4. Васючков Ю.Ф. Дегазация угольного пласта с использованием физико-химической обработки. — М.: ЦНИЭИуголь, 1976.
5. Докукин А.В., Кусов Н.Ф. Современные проблемы управления состоянием горного массива. — Труды ИГД им. А.А. Скочинского. — М., 1984. — Вып.224.
6. Воронков Г.Я., Маршинкевич Г.И. Воздействие адсорбционно-активной среды на уголь в условиях сложного напряженного состояния. — Труды ИГД им. А.А. Скочинского. — М., 1984. — Вып.224.
7. Кусов Н.Ф., Воронков Г.Я., Маршинкевич Г.И. Взаимодействие адсорбционно-активной среды с углем в условиях с ложного напряженного состояния, ФТПРПИ, 1985. — № 3.
8. Кулаков В.Н., Мучник С.В., Смирнова Г.Т. О химическом разрушении угля в стесненных условиях. ФТПРПИ, 1984. — № 4.
9. Джигрин А.В., Чернышов А.В. и др. Разгрузка приконтурного массива горных выработок диспергированием угольного пласта диоксидом углерода. М., ИГД им. А.А. Скочинского, 1994. — 24 с.
10. Воронков Г.Я. Роль сорбции в процессах взаимодействия жидких сред с углем. Труды ИГД им. А.А. Скочинского. — М., 1983. — Вып. 215.
11. Адамидзе Д.И. К вопросу разработки экологически чистой технологии выемки угля с использованием энергии сжатого воздуха. // В сб. Нетрадиционные способы добычи угля: Науч. сообщ. ИГД им. А.А. Скочинского, вып. 296. — М., 1994. — С. 18—26.
12. Ребиндер П.А., Шукин Е.Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения. — Успехи физических наук, 1972. — Т. 108. — № 1. — С. 3:41.
13. Разработка физико-химических основ выбора растворов, существенно изменяющих механические свойства угля и исследование горно-технических условий диспергирования углей при воздействии поверхностно-активных растворов. Отчет / ИГД им. А.А. Скочинского 0193168012, № гос. регистрации 01860085898. 1987. — 74 с.
14. Ткаченко Н.Ф. Направления развития нетрадиционных технологий добычи угля в исследованиях ИГД им. А.А. Скочинского // В сб. Нетрадиционные способы добычи угля: Науч. сообщ./ ИГД им. А.А. Скочинского, вып.296. — М.,1994. — С. 5:8.
15. Кузнецов А.А., Воронков Г.Я., Маршинкевич Г.И., Антипов А.Н. Теоретические и экспериментальные результаты исследований процесса физико-химической обработки крутых пластов с целью повышения эффективности извлечения угля // В сб. Нетрадиционные способы добычи угля: Науч. сообщ. / ИГД им. А.А. Скочинского, вып. 296. — М., 1994. — С. 8—18. **ИДБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Чернышов Андрей Васильевич — доцент, кандидат технических наук, докторант кафедры подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

