

УДК 622.33.013.3

**ТЕХНОЛОГИЯ НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПОРОД
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРУДНООБРУШАЮЩИМИСЯ КРОВЛЯМИ
В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ И ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин

*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: ordin@misd.nsc.ru,
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия*

Обсуждаются проблемы управления труднообрушающимися кровлями в очистных забоях угольных шахт и дегазации угольных пластов. Приведены методы и технические средства для направленного гидроразрыва пород и дегазации угольных пластов. Показаны практические результаты внедрения этого метода на угольных шахтах Кузбасса.

Очистной забой, шахта, угольный пласт, направленный гидроразрыв пород, дегазация угольных пластов

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных проблем подземной разработки угольных месторождений в Кузбассе является присутствие в большинстве шахт труднообрушающихся кровель, которые создают повышенное горное давление, особенно при выходе комплекса из монтажных камер и заходе в демонтажные. Это значительно снижает эффективность и безопасность горных работ [1]. В проектах отработки лав современными комплексно-механизированными агрегатами практически не предусматривается управление труднообрушающимися кровлями, т. е. искусственное обрушение, несмотря на тяжесть последствий от ее зависания и площадные обрушения.

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРУДНООБРУШАЮЩИМИСЯ
И НЕУСТОЙЧИВЫМИ КРОВЛЯМИ**

В ИГД СО РАН разработана и запатентована уникальная технология направленного гидроразрыва пород для управления труднообрушающимися кровлями, не имеющая аналогов в мире [2]. Суть этой технологии заключается в предварительном нарезании в стенках скважины специальным инструментом дисковой иницирующей щели и после ее герметизации — в подаче рабочей жидкости под высоким давлением, необходимым для гидроразрыва пород основной кровли в плоскости нарезанной щели, с целью ее посадки.

Направленные гидроразрывы осуществляются специально разработанными инструментами. Иницирующие щели нарезаются щелеобразователями ЩМ-1 или ЩУ-Г (рис. 1а), а герметизация участков гидроразрыва выполняется с помощью устройств УПГ-42 или УПГ-76 (рис. 1б) [3–5].



Рис. 1. Оборудование для проведения направленного и поинтервального гидроразрыва угольного пласта: *а* — щелеобразователи ЩМ-1 и ЩУ-Г; *б* — полиуретановый герметизатор с переменной жесткостью УПГ-42 и полиуретановый герметизатор УПГ-76

Технология направленного гидроразрыва пород характеризуется низкой трудоемкостью и стоимостью работ, экологически безвредна, существенно повышает эффективность и безопасность очистных работ и поэтому получила широкое опытно-промышленное внедрение на шахтах Кузбасса (таблица).

Опыт проведения гидроразрывов на шахтах Кузбасса

Место проведения работ	Название шахты	Достигнутый эффект
Лава № 77, пласт XXI	Березовская	Снижение нагрузок на секции крепи и шага первичной посадки кровли (с 60 до 20 м) при выходе комплекса из монтажной камеры
Лава № 5-15-22, пласт 15	МУК-96	
Лава № 0-4-4бис, пласт IV–V	Распадская–Коксовая	Снижение нагрузок на охранный угольный целик более чем на 30 % и обеспечение безопасности работ на сопряжении вентиляционного штрека с лавой
Лава № 79, пласт XXI	Березовская	
Лава № 16, пласт XXVII	Березовская	Снижение нагрузок на секции механической крепи и безаварийный вход комплекса в демонтажную камеру
Лава № 1324, пласт Байкаимский	им. 7 Ноября	
Лава № 43, пласт XXVI	Березовская	Сохранение конвейерного штрека для повторного использования в качестве вентиляционного для нижележащей лавы без перекрепления
Лава № 63, пласт XXVII	Первомайская	Снижение нагрузок на секции механической крепи при выходе комплекса из монтажной камеры и шага первичной посадки кровли до 20–30 м
Лава 2592, пласт Паленовский	им. С. М. Кирова	
Лава № 31, пласт XXVII	Первомайская	Снижение количества и интенсивности динамических явлений при посадке кровли
Лава № 33, пласт XXVII	Первомайская	Разупрочнение кровли и повышение безопасности прохождения аварийного участка с горно-геологическими нарушениями
Лава № 16-17, пласт 16	Абашевская	
Лава № 2, пласт Абрамовский	Романовская	В результате разупрочнения породного прослойка его прочность понизилась в 2 раза, скорость подвигания лавы увеличилась на 40 %

На шахте “Березовская” при выходе механизированного комплекса из монтажной камеры № 44 угольного пласта XXVI была успешно апробирована технология направленного гидроразрыва (НГР) по укреплению смолами блоков пород непосредственной кровли [6].

Непосредственная кровля пласта, по данным геологической службы шахты, слабоустойчивая и представляет собой темно-серый крупноблочный алевролит мощностью до 4.4 м и крепостью 5 по шкале Протодяконова. Очистные работы в лаве периодически осложнялись образованием заколов и куполообразований по груди забоя. Попытки превентивного закрепления кровли смолами по обычной общепринятой схеме не дали положительных результатов, так как смола, обладая низкой текучестью, не продавливалась из пробуренных шпуров в естественные микротрещины крупноблочного массива кровли.

Применение предварительного направленного гидроразрыва из пробуренных шпуров, в сочетании с нагнетанием жидкости в режиме гидрорасчленения (рис. 2), как показали выполненные исследования, создали в кровельном массиве не только искусственные макротрещины, но и раскрыли естественные до достаточных размеров для последующего заполнения их смолой по стандартной методике.

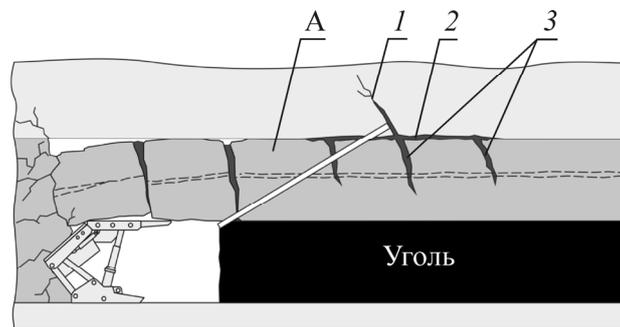


Рис. 2. Технологическая схема гидроразрыва и пропитки закрепляющими смолами непосредственной кровли пласта XXVI: А — непосредственная кровля; 1–3 — естественная и искусственная трещины

В результате последовательного применения перечисленных технологических приемов [6] достигнуто упрочнение кровли, предотвращающее образование заколов и куполообразований по груди очистного забоя. Все предполагаемые по прогнозу очаги нарушений кровли были пройдены со значительным снижением простоя очистных работ, что подтвердило высокую эффективность совокупных технологий.

СПОСОБЫ ТЕКУЩЕЙ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

В настоящее время теоретически обосновано еще одно направление, расширяющее область применения НГР.

По статистике в Кузбассе из 60 действующих в настоящее время шахт 40 разрабатывают угольные пласты с природной метаноносностью более $15 \text{ м}^3/\text{т}$, которые относятся к сверхкатегорийным по метану. Для них правилами безопасности рекомендовано обязательное применение предварительной дегазации угольных пластов.

Дегазация угольных пластов развивается в двух направлениях, одно из которых предусматривает снижение общей концентрации метана с целью повышения безопасности ведения очистных работ. Второе направление связано с промышленным объемом добычи метана. Для реализации этих направлений применяются способы дегазации скважинами, пробуренными с “дневной поверхности”, которые, в свою очередь, носят характер предварительной дегазации и текущей подземной дегазации угольных пластов.

Известно, что наиболее эффективной и экономичной является подземная дегазация. При этом бурение дегазационных скважин, как правило, проводят из конвейерного штрека параллельными одиночными скважинами, встречными перекрещивающимися скважинами, а также

кустовыми скважинами (с водонасыщением и без него). Подземные пластовые скважины герметизируют от устья на глубину не менее 6 м при угле разворота скважины от оси выработки в пределах $60-90^\circ$ и не менее 10 м при угле разворота до 60° . После закладки газоотводящей трубы и герметизации устья скважины ее подключают к общешахтному дегазационному трубопроводу, в котором вакуум-насосами создается пониженное давление. Перечисленные способы в большинстве случаев малоэффективны из-за низкого дебита метана.

Считалось, что водонасыщение угольного пласта способствует газоотдаче, так как около 90% метана находится в адсорбированном состоянии в микропорах, а вода создает в массиве макропоры. Однако в 1960 г. О. И. Чернов высказал предположение о том, что при подаче воды в угольный пласт метан не вытесняется, а происходит его закупоривание. Это явление было названо “консервацией газа в угольном массиве”. Последующие исследования ОАО “НЦ ВостНИИ” подтвердили правильность этого предположения и прямой зависимости газоотдачи пласта от его трещиноватости.

Исходя из установленного влияния трещиноватости на метаноотдачу пласта, в ИГД СО РАН запатентованы технологии, повышающие газоотдачу при дегазации угольных пластов [7, 8]. Их отличительной особенностью является проведение в дегазационных скважинах поинтервальных гидроразрывов. Одна из разработанных схем дегазации угольного пласта и эффективного проветривания очистного забоя показана на рис. 3 и заключается в следующем.

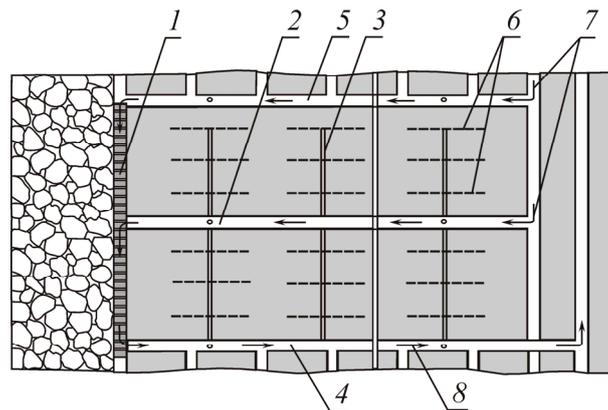


Рис. 3. Трехштрековая схема подготовки и дегазации выемочного столба шахты (патент РФ № 2472939)

Для подготовки выемочного столба лавы 1 осуществляют проходку трех штреков: промежуточного 2, конвейерного 4 и вентиляционного 5. В промежуточном штреке бурят дегазационные скважины 3 с увеличенным интервалом 20–25 м по восстанию и падению пласта. Скважины, пробуренные по падению пласта, бурят на всю длину до выхода в борт конвейерного штрека, а скважины, пробуренные по восстанию пласта, не доводят до вентиляционного штрека на 5–10 м.

В устьях скважин, выходящих в борт конвейерного штрека, устанавливают цементные пробки, герметизирующие скважины со стороны конвейерного штрека. Из скважин осуществляют поинтервальные гидроразрывы пласта, формирующие трещины 6 в пласте с расстоянием между гидроразрывами 10–15 м, и проводят дегазацию пласта с подключения вакуум-насоса через газопровод, проложенный в промежуточном штреке.

Свежий воздух 7 подают в лаву 1 по вентиляционному 5 и промежуточному 2 штрекам, а исходящую струю 8 воздуха выдают по конвейерному штреку 4. Подача струи свежего воздуха по промежуточному штреку в середину лавы позволяет увеличить количество свежего воздуха

в лаве, снизить концентрацию метана в исходящей струе воздуха и таким образом осуществить эффективное проветривание очистного забоя. Обеспечение притока свежего воздуха из промежуточного штрека в середину лавы особенно важно в связи с утечками свежего воздуха в выработанное пространство на сопряжении вентиляционного штрека 5 с лавой 1.

Проведение дополнительного промежуточного штрека 2 способствует дополнительной дегазации пласта, а создание в пласте сети протяженных трещин с помощью поинтервальных гидроразрывов вблизи середины лавы, в области повышенного горного давления, позволяет увеличить дебит метана в скважинах и повысить эффективность дегазации угольного пласта.

Трехштрековый способ дегазации весьма затратный как по времени, так и материально, поэтому предложен способ [8] поинтервального гидроразрыва, который, воздействуя на угольный массив, увеличивает естественные макротрещины, исключая насыщение угля водой (рис. 4).

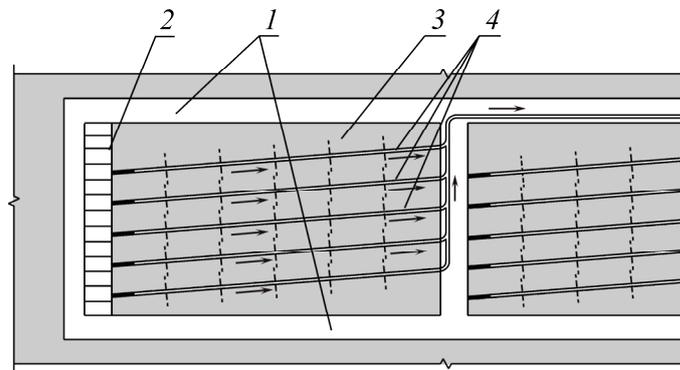


Рис. 4. Схема дегазации угольного пласта: 1 — горные выработки; 2 — очистной забой; 3 — выемочный столб; 4 — дегазационные скважины

Технология включает бурение направленных на очистной забой 2 дегазационных скважин 4, последующее проведение из них поинтервальных гидроразрывов угольного пласта 3 и отведение высвободившегося газа по газопроводу на поверхность. Дегазационные скважины бурят в восходящем направлении из монтажной камеры и нарезанных поперек выемочного столба разрезных печей до выхода в борт соседней разрезной печи. Наиболее перспективным направлением является проведение поинтервальных гидроразрывов с использованием жидкости Novac 1230. Для отвода газа устья дегазационных скважин герметизируют со стороны начала восхождения или со стороны выхода в борт соседней печи, имеющей более высокую отметку, и подключают к общешахтному газопроводу. Использование при гидроразрывах вместо воды жидкости Novac 1230, известной как “сухая вода” ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ перфтор (этил-изопропилкетон), исключает закупоривание микропор в угольном массиве.

При текущей дегазации угольного пласта устья параллельных дегазационных скважин с началом ведения очистных работ оказываются в зоне опорного давления (30–70 м нарезанного угольного столба от очистного забоя), что способствует наиболее интенсивному газовыделению в дегазационные скважины, а наличие восходящего направления дегазационных скважин обеспечивает его свободное истечение.

ВЫВОДЫ

Разработана технология направленного и поинтервального гидроразрыва пород. На шахтах Кузбасса она применяется для управления труднообрушающимися кровлями в очистных забоях.

На шахте “Березовская” рекомендовано применять направленный гидроразрыв пород для повышения прочности непосредственной кровли. Применение гидроразрыва в основной кровле на шахте “Березовская” и нагнетание смол через скважины в образованные трещины позволило предотвратить блоковое обрушение непосредственной кровли при струговой выемке угля.

Предложено создавать поинтервальные гидроразрывы угольного пласта в дегазационных скважинах для формирования в пласте протяженных трещин и повышения дебита метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клишин В. И., Зворыгин Л. В., Лебедев А. В., Савченко А. В. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений. — Новосибирск: ИД “Новосибирский писатель”, 2011.
2. Чернов О. И. Гидродинамическая стратификация монолитных прочных пород в качестве способа управления труднообрушающейся кровлей // ФТПРПИ. — 1982. — № 2.
3. Пат. РФ № 2394991. Способ разупрочнения прочных углей / Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин, В. И. Клишин // Оpubл. в БИ. — 2010. — № 20.
4. Пат. РФ № 2400624. Щелеобразователь / Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин // Оpubл. в БИ. — 2010. — № 27.
5. Пат. РФ № 2433259. Устройство для гидроразрыва пород в скважине / Ю. М. Леконцев, А. В. Леонтьев, Е. В. Рубцова // Оpubл. в БИ. — 2011. — № 31.
6. Пат. РФ № 2480589. Способ дегазации угольного пласта / Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин // Оpubл. в БИ. — 2013. — № 12.
7. Пат. РФ № 2472939. Способ дегазации угольного пласта / А. А. Ордин, Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин и др. // Оpubл. в БИ. — 2013. — № 2.
8. Леконцев Ю. М., Сажин П. В., Салихов А. Ф., Исамбетов В. Ф. Расширение области применения метода направленного гидроразрыва // Уголь. — 2014. — № 4.

Поступила в редакцию 25/V 2014