

# Химическое упрочнение горных пород — метод предотвращения аварийных ситуаций в очистных и подготовительных забоях

**А.В.Ремезов, д.т.н., А.В.Кадошников, инженер, «Ленинскуголь»,  
В.В.Сидорчук, директор, Н.М.Хвещук, гл. инженер, шахта «Полысаевская»**

Проводимая реструктуризация угольной промышленности обеспечила достижение на шахтах высокой концентрации горных работ. Вместо 5—6 действующих очистных забоев в настоящее время на одной шахте находятся в работе 1—2, изредка 3 очистных забоя.

Достижение высоких результатов по добыче угля стало возможным за счет переоснащения очистных забоев забойными механизмами нового уровня: очистными комбайнами, механизированными крепями, забойными конвейерами. Совершенствуется как участковый, так и общешахтный транспорт. Растет интенсивность труда, производительность, нагрузка на очистной забой. Резко возросла значимость каждого очистного забоя в процессе формирования необходимого для рынка объема добычи угля в целом по шахте, но, в силу определенных, существующих на сегодняшний день, объективных и субъективных причин, пока не всегда и не во всех забоях удается обеспечить безаварийную и стабильную работу.

Особенно негативно на работе очистных забоев нередко сказывается внезапное изменение горно-геологических условий, что, как правило, связано или с недостаточной разведанностью угольного пласта, или с субъективными причинами, вызванными неправильным ведением горных работ. В результате имеет место частичное уменьшение нагрузки на очистной забой, а иногда и полное прекращение добычи на длительный период.

Отмечены случаи резкого увеличения горного давления в очистном забое за счет негативного действия штампа целиков, оставленных на

## **Chemical strengthening of rocks: An important means for accident elimination in breakage and development faces**

**A. Remezov, A. Kadoshnikov, V. Sidorchuk, N. Hveshuk**

*The paper briefly describes the examples of the chemical strengthening of rocks in breakage faces; the means necessary for efficient chemical strengthening; and the problems that should be resolved to raise the efficiency of chemical strengthening.*

вышележащих или нижележащих отработанных пластах, что приводит к образованию зон повышенного горного давления (ЗПГД). Кроме того, из-за неправильно принятых размеров целиков между отработанной и отрабатываемой лавами возникают зоны повышенного горного давления на оставленный межлавный целик, приводящий к его разрушению и смещению ЗПГД на «висячий» борт отрабатываемого столба лавы, что также приводит к снижению нагрузки на очистной забой.

Одним из способов уменьшения влияния вышеуказанных негативных факторов на работу очистных забоев является химическое упрочнение угольного и породного массива в зонах ПГД, которое осуществляется путем нагнетания в массив скрепляющих химических смол.

Опыт упрочнения угольного массива и пород кровли в очистных забоях в угольной компании «Ленинскуголь» наработан с давних пор.

Работы по упрочнению угольного массива и пород кровли в местах ЗПГД в «Ленинскуголе» проводились, начиная с 1986 года. На шахте «Полысаевская» проводилось химическое упрочнение целиков угля при отработке пл.Надбайкаимского с разворотом механизированного комплекса «Пиома» на 180° четыре раза. Упрочнение проводилось формальдегидными смолами. Такими же смолами укреплялся забой лавы 1710 пласта Бреевского шахты им.Кирова.

На шахте им.Ярославского имело место упрочнение угольного забоя лавы № 860, а также бортов и кровли разрезной печи перед переходом ее лавой № 860. На этой же шахте проводились испытания по упрочнению угольного и породного массива низкотоксичными формальдегидными смолами, а также полиуретановыми смолами. Успешно было осуществлено упрочнение угольного и породного массива в очистных забоях шахт Беловской рудника, на шахтах «Чертинская», «Новая», «Западная».

В последние годы разработана новая технология и новые химические компоненты для упрочнения угольного и породного массива на основе полиуретана [1].

Фирмой «Бергверкс фербанд ГмбХ» были созданы специальные составы для применения в различных условиях:

■ «Беведоль N/Беведан» — для слабо разрыхленного массива. Время до вступления в реакцию 4—5 минут, время реакции 25—35 минут, время отвердевания 90—150 минут;

■ «Беведоль S/Беведан» — для сильно разрыхленного массива. Время до начала реакции 70—80 секунд, время реакции 20—30 секунд, отвердевание происходит через 15 минут;

■ «Беведоль WF/Беведан», «Беведоль WFA/Беведан» для обводненного массива. Реакция первого состава наступает через 55—65 секунд, отвердевание через 10—15 минут. Реакция второго состава протекает в

течение 18–20 секунд, отвердевание наступает через 10 минут.

Применение новой технологии обеспечено благодаря разработанным специальным приспособлениям и оборудованию. В состав принадлежностей для нагнетания смол входят: загрузочная труба, смеситель, концевой ниппель, удлинительная труба, а также различные соединительные приспособления в виде тройников, муфт, ниппелей, шлангов, крапов и т.д. Для нагнетания компонентов смол разработаны и производятся пневматические насосы, которые, в отличие от гидравлических насосов, позволяют очень точно регулировать объемы подаваемой смолы.

Особенно необходимо остановиться на нагнетающих трубах анкерного действия (сокращенно IRMA), через которые нагнетается смола. После нагнетания труба остается в массиве в качестве анкера.

IRMA — это стальная труба со сквозным отверстием. На расстоянии 70 см от одного ее конца установлен герметизатор, который герметизирует отверстие шпура на выходе. На другом конце трубы находится предохранительный клапан, запирающий трубу с определенным усилием до тех пор, пока герметизатор не раздуется и не закупорит устье шпура. Со стороны нагнетания на конце трубы находится вентиль обратного хода, который предотвращает обратный выход смолы.

Для нагнетания используется буровой анкер ИВО, выполняющий три функции: бурение, нагнетание, анкерование. При помощи соединитель-

ных муфт можно получить ИВО любой длины. ИВО используется в слабых сильно трещиноватых породах.

Применяются буровые колонки разных диаметров для бурения в породах различной крепости.

В 1997 году в г. Ленинск-Кузнецком совместно с немецкой фирмой «Карбо-Тех» создано закрытое акционерное общество «Карбо-ЦАКК». Кроме производства ампул с химическими компонентами для анкерования кровли, акционерное общество начало заниматься химическим упрочнением горных пород при помощи нагнетания в них полиуретановых смол, используя при этом технологию, оборудование и компоненты химических смол фирмы «Карбо-Тех».

Первым объектом, где было применено химическое упрочнение, была лава № 18169 шахты им. Кирова в ноябре 1997 года [2]. Затем в сентябре 1998 года химическое упрочнение было проведено в лаве № 1310 шахты «Инская» [3], а в октябре 1999 года на шахте «Томская» в г. Междуреченске.

В декабре 1999 года — январе-феврале 2000 года были выполнены работы по химическому упрочнению на шахте «Большевик» в лаве № 30–42. В результате воздействия целлика угля, оставленного на вышележащем пласте 32, образовалась зона повышенного горного давления, которая распространилась на 1/3 длины лавы и находилась в средней ее части. Всего длина лавы составляла 91 м. Воздействие ЗПГД было выражено в форме разрушения пласта угля в средней части очистного за-

боя на глубину до 4 м, в результате чего произошло обрушение пород кровли. После входа лавы в ЗПГД во второй половине декабря 1999 года из-за интенсивного отжима угля в центральной части очистного забоя на величину до 3-х с лишним метров образовались вывалы породы кровли. Производительность лавы с 1.5–2.5 тыс. тонн снизилась до нуля.

По просьбе администрации шахты специалистами ЗАО «Карбо-ЦАКК» был обследован забой лавы 30–42, и на основании полученных данных разработан паспорт по химическому упрочнению забоя.

Вдоль забоя через каждые 3 м на глубину 3.0 м был пробурен 21 шпур, и через них проведено нагнетание смолы. Бурение шпуров осуществлялось электрическим сверлом в 10–20 см от кровли параллельно плоскости пласта. Смола нагнеталась через специальные анкера IRMA, которые оставались в шпуре в качестве арматуры.

В соответствии с проектом после нагнетания смолы было необходимо в лаве произвести работы по выемке угля в количестве трех «стружек» (примерно на 2 м), затем произвести следующий цикл по укреплению забоя, и в дальнейшем, периодически чередуя работы по выемке угля на 2.0 м и упрочнению забоя, отработать лаву в зоне действия ЗПГД.

К сожалению, после проведения второго цикла нагнетания работы были остановлены на четыре дня (новогодние праздники), хотя специалисты ЗАО «Карбо-ЦАКК» предупреждали, что из опыта производ-

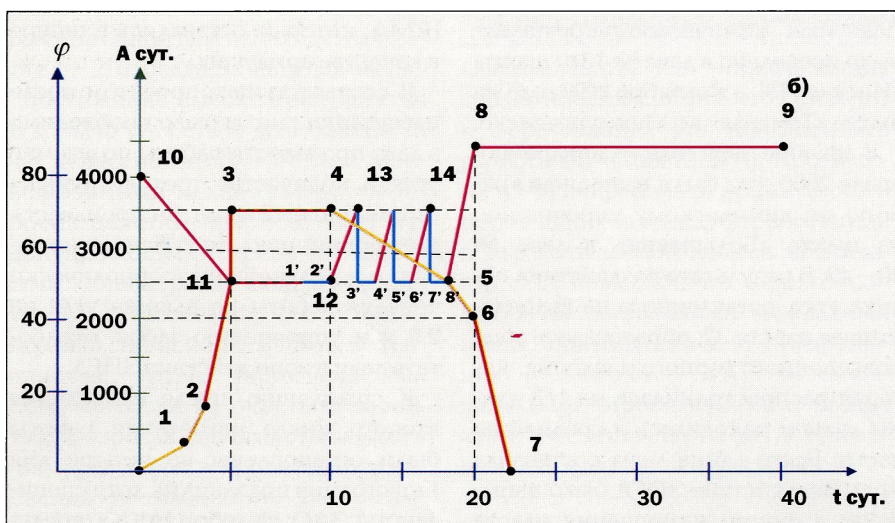
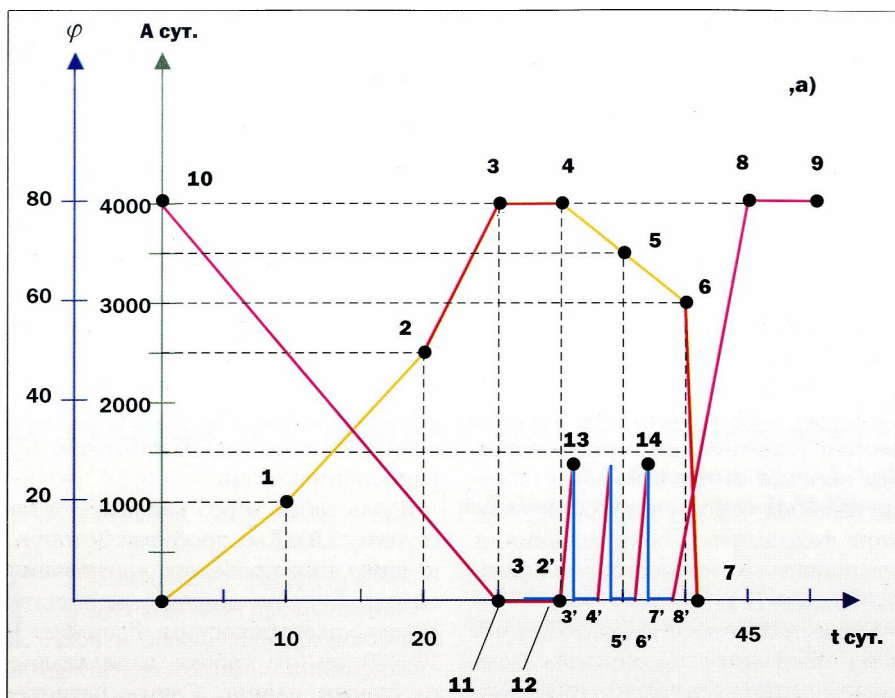


Рис.1 Примерные случаи возникновения аварийной ситуации: а) – при отсутствии в проекте мер по предупреждению аварийной ситуации; б) – при заложении в проекте мер по предотвращению аварийной ситуации:

- 0–1 – зона вялого поиска решения
- 1–2 – зона усиленного поиска решения
- 2–3 – зона интенсивного поиска решения
- 3–4 – принятие варианта решения
- 4–5–6–7 – зона решения задачи и снижения напряженности
- 7–8 – зона восстановления тех уровня добычи
- 10–11 – зона снижения добычи в результате резкого изменения горнотехнических условий
- 11–12 – зона потери добычи до 0
- 13–14 – зона химического упрочнения пород и обновления забоя (искусственного воздействия на массив)
- 1'–2', 3'–4', 5'–6', 7'–8' – зоны периодической химической обработки забоя

ва работ по химическому упрочнению угольного массива в ЗПГД время между двумя циклами химического упрочнения не должно превышать двух, в крайнем случае, трех суток, т.к. продолжающийся процесс повышения горного давления приведет к дальнейшему образованию трещиноватости и разрушению ранее упрочненного массива.

Так произошло и в данном случае.

За время праздников забой лавы подвергся новому разрушению. А, учитывая, что работы в очистном забое после выходных начали проводить с правки секций, положение забоя еще больше усугубилось. В кровле образовались вывалы породы, высота которых достигала 3–4 и более метров. Несмотря на принимаемые меры, работы по добыче угля в лаве возобновить не удалось до сих пор. В

настоящее время основной задачей является закрепление забоя, завозка бруса и демонтаж механизированного комплекса без доработки запасов.

Аварийная ситуация в очистном забое возникла в результате пренебрежения советом специалистов ЗАО «Карбо-ЦАКК» и накопленным ими опытом.

В последний период времени химическое упрочнение проводилось в очистных забоях шахт «Есаульская», «Новокузнецкая».

В результате влияние ЗПГД на «висячий» борт штрека лавы происходил отжим угля с «висячего» борта на глубину 3–4 м и опережением забоя по штреку на 8–10 м.

Добыча из лавы № 2919 шахты «Есаульская» снизилась с 6.0 тыс.тонн в сутки до 2.0–3.0 тыс.тонн. После химического упрочнения «висячего борта» лавы добыча в лаве № 2919 шахты «Есаульская» увеличилась до 5.0–6.0 тыс.тонн/сут.

На шахте «Новокузнецкая» в столбе лавы № 693 находились вспомогательные выработки, которые при отработке лавы должны быть погашены.

В результате опережающего горного давления впереди лавы борта выработки стали интенсивно разрушаться, образовались вывалы пород кровли. Добыча угля в лаве снизилась с 2.0–2.5 тыс.тонн до 0.5 тыс.тонн в сутки. После проведенных работ по упрочнению бортов погашаемых лавой выработок удалось восстановить прежний уровень добычи.

Отсутствие подробной информации о возможностях и эффективности химического упрочнения в вопросах предотвращения аварийных ситуаций в очистных забоях приводит или к запоздалому принятию решения по его использованию, или вообще к неприятию решения в его пользу, что в конечном итоге приводит к дальнейшему усугублению аварийной ситуации в очистном забое.

Анализируя случаи и причины возникновения аварийных ситуаций в очистных забоях, можно сделать вывод, что подобные ситуации в очистных забоях возникают из-за отсутствия детальной проработки всех технических вопросов, определяющих в дальнейшем высокопроизводительную работу очистного забоя еще на стадии проектирования.

Оперативное устранение возник-

кающих осложнений при работе очистных забоев при помощи химического упрочнения угольного и породного массива осложняется отсутствием методических рекомендаций и слабым освещением в литературе доступных для широкого круга инженерно-технических работников примеров успешного решения подобных ситуаций при помощи химического упрочнения лав.

Вероятность возникновения аварийной ситуации в очистном забое с резким изменением его производительности можно разделить на несколько типов:

■ первый тип, когда технический персонал, участвующий в подготовке технической документации (проекта) на подготовку очистного забоя, зная о вероятном наличии в «теле» столба проектируемой лавы зоны ПГД, не проработал и не отразил в проекте конкретные меры по предотвращению последствий ЗПГД или заложил малоэффективные для этого случая меры;

■ второй тип, когда технический персонал, участвующий в подготовке технической документации (проекта), в силу своей недостаточной технической компетенции упустил осложняющий фактор, воздействующий на производительную работу очистного забоя в виде существующей ЗПГД и, естественно, не только не предусмотрел меры по его предотвращению, но и не заострил внимание эксплуатирующего забой персонала;

■ третий тип, когда, в силу недостаточной геологической разведаннос-

ти пласта, а затем и «тела» столба лавы (при длине лавы 150—200 и более метров), технический персонал, участвующий в подготовке проекта, не смог предсказать геологические осложняющие факторы, такие как пережим пласта, перематание пород кровли, сложную систему трещиноватости в нескольких плоскостях и т.д. при отсутствии зон ПГД от оставленных целиков.

При подготовке новых очистных забоев с длиной лавы 180—250 м необходимо дополнительно производить исследование «тела» столба лавы на предмет отсутствия внутри него различных геологических нарушений.

Способы дополнительного контроля наличия в «теле» столба лавы геологических нарушений существуют в настоящее время и позволяют четко зафиксировать геологические отклонения (аномалии), а также разработать заранее меры по безболезненному переходу через них лавы;

■ четвертый тип, когда в проекте были заложены соответствующие мероприятия, но не принималось должных мер, или они принимались с запозданием.

Соответственно, от типа возникшей аварийной ситуации зависит и время ликвидации аварийной ситуации, и объемы потерь добычи угля. Кроме вышесказанного необходимо отметить, что отсутствие методической литературы, описывающей положительные примеры удачного предотвращения подобной аварийной ситуации в различных условиях, не позволяет оперативно принимать ис-

черпывающие меры.

Даже при известной заранее, на стадии проектирования причине вероятного ухудшения условий, резкого снижения нагрузки на забой, персонал, эксплуатирующий очистной забой, очень медленно и вяло принимает технические решения в силу опять же отсутствия информации (сведений) о способах решения и устранения подобных аварийных ситуаций в очистных забоях при помощи химического упрочнения забоя лав.

На рис.1 в виде графика представлен примерный случай возникновения двух вариантов аварийной ситуации, учтено время на принятие решения о химическом упрочнении забоя и показан ход исполнения самого решения. При первом варианте рассмотрен случай, когда в проекте не заложены меры по предотвращению аварийной ситуации (вариант а). Второй вариант (вариант б) предусматривает проведение мероприятий по предотвращению аварийной ситуации. В первом случае имеют место максимальные потери по объемам добычи, а во втором случае — минимальная потеря нагрузки на очистной забой. ■

## Литература:

- 1 Рекламные проспекты фирмы Carbo-Tech, Carbo-ZAKK AG  
- Карбо-ЦАКК установка по производству SIS патронов для склеивающихся анкеров, г Ленинск-Кузнецкий  
- Полиуретан для укрепления и тампонажа породного и угольного массива
- 2 Кадошников А В, Ремезов А В  
Опыт упрочнения пород кровли химическими смолами на сопряжении лавы с конвейерной печью «Кузбассуглетехнология», Сборник научных трудов № 13, 1998 г
- 3 Кадошников А В, Коновалов А М, Ремезов А В  
Оценка объективности принятия решения о химическом упрочнении кровли очистного забоя персоналом шахты «Инская» «Кузбассуглетехнология», Кемерово, 1999 г