

## ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНОМ МАССИВЕ

## ПРИ ЗАКРЫТИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

**д. т. н. Алексеев А. Д., к. т. н. Пяталенко Е. И.** (Отделение физико-технических горных проблем ДонФТИ НАНУ), **д. т. н. Маевский В. С.** (Макеевский экномико-гуманитарный институт), **инж. Ермаков В. Н.** (ГК «Укруглереструктуризация»)

Экспериментальными и лабораторными исследованиями установлено [2,4,6,7,9,10], что выемка угольных пластов приводит к деформации и обрушению пород, залегающих выше пласта, а при развитии горных работ на большой площади деформации пород (сдвигание) распространяются вплоть до земной поверхности. Сдвигание вызывает в породах деформации сжатия, растяжения и сдвига. При этом породы деформируются (упруго-, упруго-вязко-, упруго-вязко-пластически) и разрушаются.

В толще подработанных пород в направлении вверх от выработанного пространства условно выделяют три зоны, характеризующиеся различной степенью нарушенности горного массива: зона обрушения, зона прогиба с нарушением слоев в виде трещин и зона плавного прогиба без нарушения сплошности слоев.

Непосредственно над выработанным пространством находится зона интенсивного разрыхления [6], которую ориентировочно можно определить по формуле А. А. Борисова [11]:

$$h_p = \frac{(m - h_c)}{(k_{cp} - 1)}$$

где  $m$  - вынимаемая мощность разрабатываемого пласта;  
 $h_c$  - предел свободного опускания основной кровли;  
 $k_{cp}$  - средний коэффициент разрыхления.

Приведенная схема в основном справедлива для пластов всех углов падения, хотя при отработке крутых пластов имеются некоторые особенности.

При закрытии шахт по схеме мокрой консервации прекращается откачка шахтной воды. Вследствие того, что водоприток остается практически прежним, происходит постепенное заполнение выработанного пространства очистных забоев и других горных выработок водой.

При этом будут происходить следующие процессы:

1. Намокание почвы выработок. Из-за того, что обычно в почве залегают глинистые сланцы, склонные к быстрому намоканию и потере прочности, оставшееся в лавах крепление - деревянные стойки, органические ряды и костры (что наиболее характерно для шахт с кру-

тым залеганием угольных пластов, где применяется так называемый способ обрушения кровли на костры) потеряют связь с почвой и обрушатся вниз вместе с зависшими на них кусками породами.

2. Перепуск пород вниз по лаве и при этом возобновятся процессы деформирования и обрушения кровли. На рис. 1 представлена схема развития процесса обрушения и перемещения пород кровли при намокании почвы. Вследствие дополнительного уплотнения обрушенных пород свод обрушения в верхней части лавы увеличится на высоту до  $6m$ , а по длине лавы он распространится до середины лавы.

3. При оставлении целиков под и над вентиляторами произойдет их частичное разрушение. Возможен также и перепуск пород с вышележащего горизонта, что досрочно, до поступления воды в вышележащие горизонты позволит возобновить процесс деформации пород кровли над выработанным пространством. Таким образом, будет затронута площадь подработки большая, чем площадь затопления.

4. На верхних горизонтах, как правило, расположены старые горные выработки. Обработка пластов велась в основном по камерно-столбовой

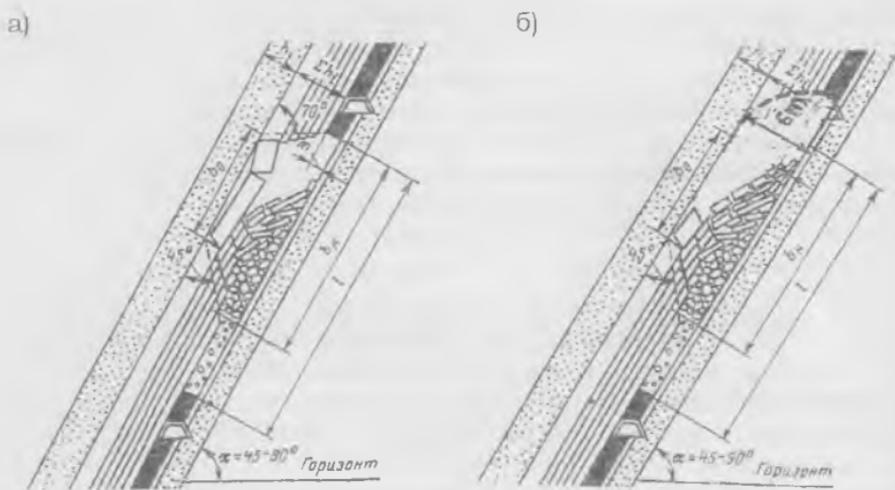


Рис. 1. Схема разрушения пород основной и непосредственной кровли при разработке крутых пластов:

а) до затопления; б) после затопления.

системе, при которой выработанное пространство крепилось забойщицкой деревянной крепью и органной крепью, оставляемой в выработанном пространстве. Поэтому полного обрушения пород кровли в камерах, особенно учитывая небольшую глубину горных работ

(30-60 м), как показывает опыт бурения скважин в старые горные выработки, ожидать, не следует. Вместе с тем, при заполнении водой этих выработок будут также намочать горные породы и возможно их обрушение в выработанное пространство, и развитие этого процесса до поверхности с образованием деформационных воронок.

В подавляющем большинстве случаев нарушение сплошности пород и высота зоны первичного обрушения сравнительно невелика, и составляет от 1,5 до 3 кратной мощности пласта [1,2,4,9]. Выше лежащие слои прогибаются плавно или с образованием разломов и блоков, шарнирно связанных друг с другом. Специально проведенные исследования ВНИМИ и бывшего ВУГИ на шахтах Донбасса, например, установлено, что средняя кратность высоты обрушения к мощности пласта в различных горно-геологических условиях составляет 1,9, а в некоторых случаях не превышает 1,0 [6].

Набухание аргиллита сопровождается его пластификацией. При наборе образцом около 6-8% дополнительной влажности еще сохраняется его целостность, но прочность его уменьшается в 3-4 раза по сравнению с не намоченным образцом. В дальнейшем, при достижении более 14% дополнительной влаги образцы разрушались. Это свидетельствует о том, что и в выработанном пространстве обрушившиеся породы кровли, а это в основном глинистый сланец, а также породы почвы будут быстро намочать и разрушаться. Под действием сил тяжести эти породы будут перемещаться вниз и уплотняться. Можно оценить степень уплотнения мокрых обрушенных пород исходя из компрессионных свойств сухой и мокрой закладки, применяемой на шахтах крутого и пологого падения. "Правилами охраны сооружений и природных объектов..." [2] коэффициент заполнения выработанного пространства при гидравлической закладке из дробленой породы составляет 0,70-0,85, а при самотечной также из рядовой породы он составляет уже 0,50-0,65, т.е. в 1,2-1,7 раза меньше. Следовательно, и при намочании горного массива возможно уплотнение обрушенных пород в выработанном пространстве на 20-70% или в среднем на 30% с учетом перепуска пород по горизонту.

Известно [1], что устойчивый пролет пород кровли зависит от их прочности, мощности и геометрических размеров обнажения.

Шаг обрушения пород непосредственной кровли можно определить по формуле:

$$L=1,3 m_{п.к.}/m+1,2f-4,8.$$

Шаг обрушения пород основной кровли приблизительно можно определить по формуле:

$$L_{о.к.}=1,7 m_{п.к.}/m+0,6f_{о.к.}+0,1 m_{о.к.}-7,5,$$

где  $m_{п.к.}$  - мощность непосредственной кровли,

$f_{о.к.}$  - крепость пород по М.М.Протодьяконову,

$m_{о.к.}$  - мощность пород основной кровли.

Как видно из приведенных формул, предельный пролет кровли зависит от прочности пород почти линейно.

Выполним расчеты предельного пролета для разных значений прочности пород кровли (при прочих равных условиях).

Примем для расчетов  $m = 1\text{ м}$ ;  $m_{н.к.} = 6\text{ м}$ ;  $f_{о.к.} = 8$ ;

$m_{о.к.} = 4\text{ м}$ .

На графике (рис. 2) приведены результаты вычислений.

Как следует из приведенных данных, при уменьшении прочности пород кровли в 2 раза ее пролет уменьшается более чем в 3 раза. Рассмотрим случай, когда в кровле угольного пласта залегает слой глинистого сланца мощностью до 4-6 м, где  $m$  – мощность пласта. В этих условиях будет обеспечено достаточно полное подбучивание основной кровли и они не будут обрушаться беспорядочно.

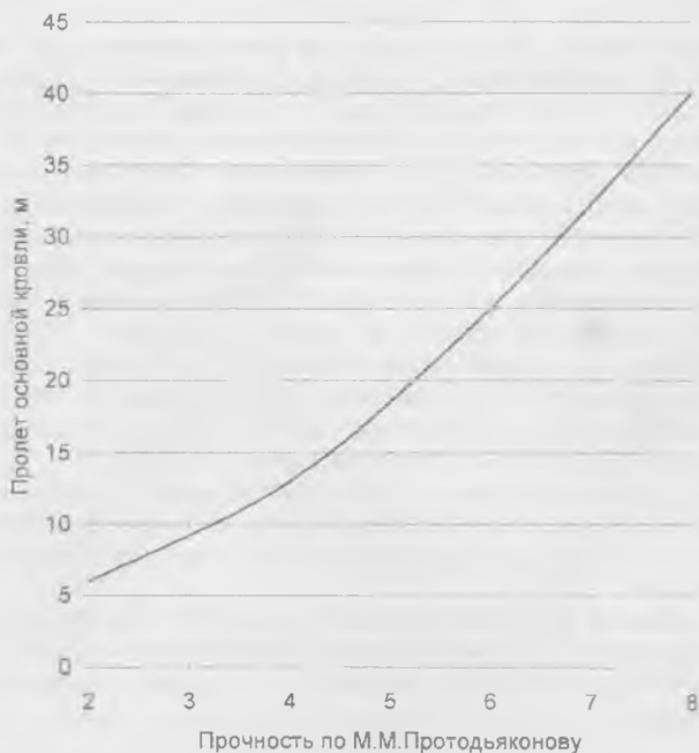


Рис. 2. Изменение предельного пролета кровли в зависимости от прочности пород кровли.

При намокании обрушенных слоев глинистого сланца произойдет их уплотнение при некотором увеличении объема на 10% за счет набухания.

Максимально возможная величина уплотнения составит:

$$h=N(1,15-1,01)=1,14N;$$

где  $N$  – мощность слоев глинистого сланца.

Таким образом, при  $N=6m$  максимальная величина уплотнения может составить:

$$h=(6,84-6,00)m=0,84m$$

Максимальная величина составит 0,36m.

Следовательно, намокание глинистого сланца может вызвать активизацию процесса сдвижения за счет уменьшения высоты обрушенных пород на величину 0,36m.

Таким образом при заполнении водой выработанного пространства будет происходить намокание пород кровли, последующая потеря ее устойчивости и возобновление процесса обрушения и деформации нависающего горного массива. В конечном итоге произойдет дополнительное оседание земной поверхности, что вместе с поднятием уровня подземных вод и приведет к затоплению поверхности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Черняк И.А., Ярунин С.А. Управление состоянием массива горных пород. М.: "Недра", 1995, 395с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок. М., "Недра", 1981. 288с.
3. Фармер Я. Выработки угольных шахт. М., "Недра", 1990. 269с.
4. Вопросы управления горным давлением на тонких крутых пластах Донбасса. Донецк, 1998. - 288с.
5. А.Д.Алексеев, В.Н.Ревва, Н.А.Рязанцев Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений. Киев. Наукова думка, 1989. -168 с.
6. Авершин С.Г. Горные работы под сооружениями и водаемами: Углетехиздат, М., 1964.
7. Забровский А.С. Зона обрушения и зона прогиба с разрывом сплошности при отработке свиты пластов. // Уголь, -1962, -№5.
8. Ильштейн А.М. Закономерности проявления горного давления. Углетехиздат, М., 1958. Методические указания по прогнозу сдвижений и деформаций земной поверхности. Л., ВНИМИ. 1987. 94с.
9. Иофис М.А. О расчете сдвижения горных пород в условиях крутого падения угольных пластов. // Уголь Украины, -1960, -№7. с. 20-23.

10. Земисев В.Н. Расчеты деформаций горного массива. - М., Недра, 1973. 102 с.

11. Борисов А.А. Основы геомеханики горных массивов. -Л.: АГИ, 1989. -94 с.

## УДК 622.831

### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КРОВЛИ В ОКРЕСТНОСТИ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ С ПОЗИЦИИ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

**д. т. н. Маевский В. С.** (Макеевский экономико-гуманитарный институт), **к. т. н. Ревва В. Н.,** **инж. Борисенко Э. В.** (Отделение физико-технических горных проблем ДонФТИ НАНУ), **к. т. н. Брюханов А. М.** (Государственная холдинговая компания "Октябрьуголь")

Устойчивость кровли в призабойном пространстве очистных забоев является определяющим фактором при выборе способа управления горным давлением, типа выемочного оборудования, характеристики, схемы расположения и передвижки крепи.

Как отмечалось ранее, существующие к настоящему моменту классификации кровель [1,2,3] не учитывают многих влияющих факторов. Наиболее существенным из них, на наш взгляд, являются неравнокомпонентность объемного напряженного состояния и дефектность структуры горных пород.

С позиции механики разрушения горных пород предлагается новый подход к оценке устойчивости кровли в окрестности горной выработки. Рассмотрим предельный, в смысле устойчивости кровли, случай. Горный массив принимаем упругим. В породах, обладающих свойствами пластичности, со временем напряжения могут релаксировать.

Учитывая сложность проблемы, ограничимся рассмотрением плоской задачи о напряженно-деформированном состоянии упругого горного массива в окрестности протяженной горизонтальной выработки кругового поперечного сечения, подверженного действию гидростатического напряжения  $\gamma H$ . Согласно [4] напряжения в окрестности выработки определяются по формулам:

$$\begin{aligned}\sigma_r &= \gamma H - \frac{P - \gamma H}{\rho^2} \\ \sigma_\phi &= \gamma H - \frac{P - \gamma H}{\rho^2}\end{aligned}\quad (1)$$

где  $\sigma_r$  - радиальное напряжение;  
 $\sigma_\phi$  - тангенциальное напряжение;  
 $\rho = r/a$ ;