

## ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ОБРУШЕНИЯ КРОВЛИ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ

к.т.н. Лобков Н.И. (ИФГП НАН Украины), инж. Порубай В.В. (Государственное предприятие «Торезантрацит»)

*Приведено результати досліджень зсуву та характеру руйнування порід покрівлі у очистних вибоях.*

## GEODYNAMIC JUSTIFICATION OF CHARACTER OF A ROOF CAVING IN LONGWALL FACE

Lobkov N.I., Porubai V.V.

*The results of examination displacement and character of fracture of soils of a roof in longwall face are reduced.*

Уровень нагрузки на очистные забои шахт ГП «Торезантрацит» в значительной степени определяет устойчивость непосредственной кровли и обрушаемость основной. Вывалы непосредственной кровли в виде мелких фракций в призабойное пространство с обыгрыванием крепи приводят к остановкам лав для закладки полостей вывалов и обеспечения распора секций крепи. При разрушении непосредственной кровли крупными блоками, очень часто наблюдается ее интенсивное смещение над призабойным пространством, зажатие секций, посадка крепи «нажестко», длительные простои лав. Особенно интенсивные смещения пород происходят в период первичной посадки основной кровли, а иногда и в периоды вторичных посадок и вызывают поломки забойного оборудования, потери добычи. В таблице 1 приведены величины потерь рабочего времени и добычи за 2003 год.

Таблица 1. Потери рабочего времени и добычи на шахтах ГП «Торезантрацит» в 2003 году.

Наименование предприятия	Потери рабочего времени, час.				Потери добычи, т
	Горный фактор	Забойное оборудование	Транспорт	Прочие потери	
Шахта «Прогресс»	282	1025	83	640	79701
Шахта имени Л.И. Лутугина	990	2225	2668	1395	393346
Шахта имени К.И. Киселева	438	633	1446	1527	31761
Шахта Яблоневская	144	40	517	22	6110

Как видно из таблицы почти половина потерянного времени приходится на горный фактор под которым понимается обрушение кровли и, как следствие, выход из строя забойного оборудования. Поэтому актуальным является исследование параметров обрушаемости основной и снижения устойчивости непосредственной кровли. Цель статьи – установление закономерностей проявления горного давления в очистных забоях, для чего решаются следующие задачи:

- анализ особенностей разрушения непосредственной и обрушения основной кровли;
- изучение строения породного массива в кровле пласта;
- изучение характера формирования опорного давления;
- определение шага посадки кровли.

В результате инструментальных и визуальных наблюдений за поведением кровли в очистных забоях было установлено, что при залегании непосредственно над пластом мощного и прочного слоя сланца или песчаника происходят наиболее интенсивные смещения пород в периоды первичной и вторичных посадок. Шаг первичной посадки кровли, характер разрушения и обрушения в призабойном пространстве зависит от мощности слоя и прочностных характеристик породы. Так в 12-й восточной лаве шахты «Прогресс» непосредственно над пластом залегал слой песчано-глинистого сланца мощностью 18м, предел прочности на одноосное сжатие составлял 80 МПа.

Первичная посадка кровли произошла при отходе лавы от разрезной печи на 130м и разрушение

породного слоя происходило в виде блоков длиной 1...3м. Максимальные смещения боковых пород у заднего ряда механизированной крепи достигало 400мм, что привело к посадке крепи «нажестко» (Рис. 1).

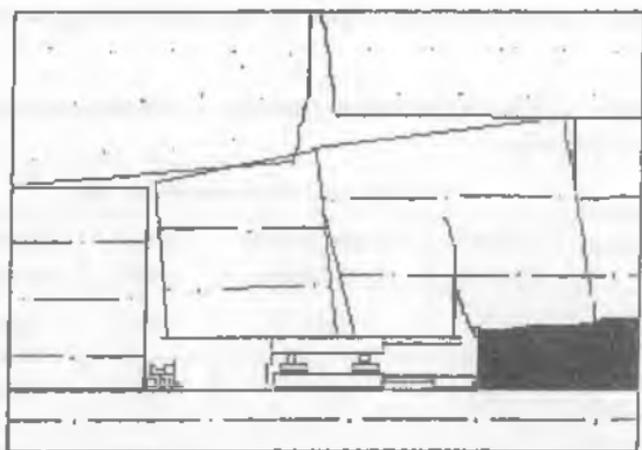


Рис. 1 Обрушение пород кровли блоками в период первичной посадки

Уменьшение прочности непосредственной кровли ведет к уменьшению шага первичной посадки и разрушению пород впереди лавы в зоне опорного давления на мелкие фракции, просыпающиеся в призабойное пространство вслед за проходом комбайна. Примером может служить поведение пород кровли лавы №2 пласта  $h_8$  шахты «Заря» (Рис.2), где непосредственно над пластом залегал глинистый сланец мощностью 16...18м с крепостью пород по шкале М.М. Протодяконова  $f = 5$ .

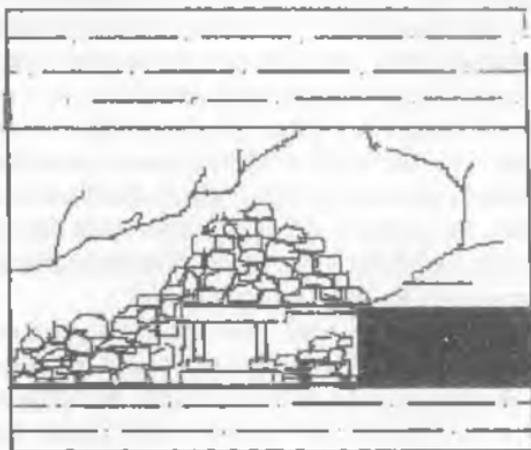


Рис.2 Обрушение пород кровли мелкими фракциями

Шаг первичной посадки кровли составил 60м. Расположение полюсти, образованной обрушенной породой дает основание утверждать, что кровля разрушилась на мелкие фракции впереди забоя в зоне опорного давления. Аналогично вели себя породы кровли и в 5-й, 6-й восточных лавах шахты «Прогресс». Максимальное смещение боковых пород в призабойном пространстве лав до первичной посадки не превышало 100...150мм, несмотря на зависание кровли в выработанном пространстве до 60...130 метров.

При залегании мощного и прочного слоя пород на удалении от пласта в 15...20 метрах шаг первичной посадки определяется мощностью и прочностью этого слоя (основной кровли), а характер разрушения и обрушения пород в призабойное пространство мощностью и прочностью непосредственной кровли, причем прочность породы играет решающую роль.

Интенсивные вторичные посадки кровли наблюдались в 12-й и 13-й восточных лавах пласта  $h_8$  шахты «Лесная». В пределах выемочных полей этих лав непосредственно над пластом залегал слой песчаного сланца мощностью 6..8м, крепостью  $f = 6$ , а выше него слой песчаника мощностью 20...25м, крепостью  $f = 9...10$ . Шаг вторичных посадок составлял

20...25м, во время которых происходило обрушение кровли в призабойном пространстве лав в виде блоков, что приводило к

смятию кромки пласта, вдавливанию стоек индивидуальной призабойной и посадочной крепи в 12-й восточной лаве в почву, а также к посадке секций механизированной крепи в 13-й восточной лаве «нажестко». Смещение боковых пород в лавах во время вторичных посадок кровли достигало 600мм.

По мере отработки 12-й восточной и 12-й западной лав шахты «Прогресс» после первичной посадки кровли наблюдались интенсивные смещения боковых пород в лавах и подготовительных выработках без периодического повторения. Эти явления выходили за рамки традиционных представлений о вторичных посадках кровли.

При развороте выработанного пространства, т.е. при последовательной отработке трех и более лав и общей ширине выработанного пространства  $\geq 600$ м первичная посадка кровли проходила более интенсивно. Величина смещений боковых пород достигала 400...500мм, наблюдался капез воды из разломов кровли. Подобные явления происходили также в 5-й, 6-й, 23-й и 24-й восточных лавах шахты «Прогресс».

Приведенные выше примеры проявлений горного давления позволяют предположить, что помимо первичных посадок мощных и прочных породных слоев, залегающих непосредственно над пластом или на незначительном удалении от пласта, на призабойную крепь оказывают влияние и посадки мощных слоев, залегающих значительно выше. Анализ геологических разрезов, построенных по данным геологоразведочных скважин в пределах поля шахты «Прогресс» показал, что породный массив в кровле пласта  $h_8$  сложен чередующимися слоями сланцев и песчаников, мощность некоторых из них составляет 15...30м, а иногда и более. Как правило, выше мощных слоев залегают слои с меньшей мощностью 1...10м, а также угольные пропластки, пропластки углистого сланца и слабых пород, обеспечивающие четкий межслоевой контакт.

Исследования характера сдвижения породных слоев в кровле пласта над выработанным пространством в натуральных условиях [1] и на моделях из эквивалентных материалов [2] позволяют сделать вывод о поочередном прогибе слоев. Начиная от разрезной печи, по мере по мере подвигания лавы прогибается, а при достижении предельного пролета [3] обрушается слой непосредственной кровли, за тем прогибается и соответственно обрушается лежащий над ним слой и в таком порядке все вышележащие слои. Если в кровле пласта имеется мощный и прочный слой (несущий), а над ним один или несколько слоев маломощных и менее прочных, то формируется группа слоев, обрушающаяся вместе с обрушением несущего слоя.

Предельный пролет каждого слоя можно определить из выражения Г.Л. Фисенко [3], а предельный пролет несущего слоя с учетом веса, обрушающихся вместе с ним вышележащих менее прочных слоев (пригрузки) из работы [4]. Из этой работы определяем и величину опорного давления,

как сумму давлений на кромку пласта прогибающихся в период первичной посадки групп слоев, залегающих в породном массиве кровли.

Принимая во внимание, что несущий слой над выработанным пространством можно принять за тонкую плиту, жестко заделанную по четырем или трем сторонам, прогиб которой в центральной части соответствует прогибу балки, а слой у заделки находится в сложном напряженном состоянии [3] сжатия с растяжением, то процесс разрушения пород можно представить в следующем виде.

В процессе прогиба слоя над выработанным пространством у заделки (в зоне опорного давления) происходит микроразрушение (потеря сплошности) пород при значении действующих напряжений, превышающих предел длительной прочности материала. С течением времени сплошность материала нарушается с последующим образованием трещин по наклонным площадкам и разрушением слоя на всю мощность. Для оценки степени разрушенности пород под действием нагрузки воспользуемся исследованиями [4;5] для описания изменения сплошности породы во времени:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = -A \left( \frac{\sigma - B}{\psi} \right)^n, \quad (1)$$

где  $\psi$  - сплошность горной породы, характеризующая развитие трещин под действием напряжений за некоторое время;  $A$  - реологический параметр, зависящий от типа, структуры и свойства горной породы, ее влажности и температуры, 1/сут.МПа;  $\sigma$  - напряжение, действующее в породе, МПа;  $B$  - пороговое значение напряжения, после превышения которого начинают развиваться микротрещины, соответствует пределу длительной прочности породы, МПа;  $n$  - показатель трещинообразования.

Анализ работ посвященных исследованию процесса разрушения в условиях сжатия показывает, что начало распространения трещин определяется коэффициентом концентрации касательных напряжений. При этом распространение трещин происходит в направлении действия большего сжимающего напряжения. Величину эффективного касательного напряжения, под действием которого происходит распространение трещин в породе определим по способу, предложенному Г.Г.Литвинским [6].

$$\tau_{\text{эф}} = \tau_0 - [\tau], \text{ МПа} \quad (2)$$

где  $\tau_0$  - действующее касательное напряжение, МПа;  $[\tau]$  - допустимое касательное напряжение, МПа.

$$\tau_0 = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2} \cos \rho, \text{ МПа} \quad (3)$$

$$[\tau] = \frac{\sigma_{\infty} - \sigma_1}{2} \cos \rho, \text{ МПа} \quad (4)$$

где  $\sigma_3$  и  $\sigma_1$  - главные нормальные соответственно вертикальное и горизонтальное напряжения, МПа;  $\rho$  - угол внутреннего трения породы;  $\sigma_{\infty}$  - предел длительной прочности породы, МПа.

$$\sigma_3 = P_{on} + \frac{\gamma l_{нк}^2 (h + \sum h_i)}{2h^2}, \text{ МПа} \quad (5)$$

$$\sigma_1 = \gamma H - \frac{\gamma l_{нк}^2 (h + \sum h_i)}{2h^2}, \text{ МПа} \quad (6)$$

где  $P_{on}$  - значение максимального опорного давления, МПа;  $\gamma$  - плотность породы,  $\kappa\text{Н} / \text{м}^3$ ;  $l_{нк}$  - предельный пролет несущего слоя,  $\text{м}$ ;  $h$  - мощность несущего слоя,  $\text{м}$ ;  $\sum h_i$  - суммарная мощность слоев пригрузки,  $\text{м}$ .

С учетом выражений (2),(3),(4),(5),(6) получим

$$\tau_{\psi} = \left[ P_{on} + \frac{\gamma l_{нк}^2 (h + \sum h_i)}{2h^2} - \sigma_s \right] \frac{\cos \rho}{2}, \text{ МПа} \quad (7)$$

Подставляя (7) в (1), интегрируя его с учетом начального условия  $\psi = 1$ ;  $t = 0$  получаем функцию изменения сплошности во времени

$$\psi^{n+1} = 1 - A(n+1) \int_0^t \frac{\cos \rho}{2} \left[ P_{on} + \frac{\gamma l_{нк}^2 (h + \sum h_i)}{2h^2} - \sigma_{\infty} \right] dt, \quad (8)$$

Разрушение породы наступит в момент времени  $t_p$ , когда сплошность станет равной нулю  $\psi = 0$ . Время  $t_p$  находим, подставляя в выражение (8)  $\psi = 0$  и интегрируя его от 0 до  $t_p$ .

$$t_p = \frac{1}{A(n+1) \frac{\cos \rho}{2} \left[ P_{on} + \frac{\gamma l_{нк}^2 (h + \sum h_i)}{2h^2} - \sigma_{\infty} \right]^n}, \text{ сут.} \quad (9)$$

Согласно [5] время разрушения слоя по всей мощности  $h$  определяется из выражения

$$T = t_p \left( 1 + \frac{2}{2n-1} \right), \text{ сут.} \quad (10)$$

Определяя согласно (5) показатель трещинообразования и не трудно убедиться, что его значения близки к 1 для основных пород Донбасса тогда

$$T = \frac{3}{A \cos \rho \left[ P_{on} + \frac{\gamma l_{нк}^2 (h + \sum h_i)}{2h^2} - \sigma_{\infty} \right]}, \text{ сут} \quad (11)$$

Полученное выражение (11) позволяет определить допустимое время остановки  $T_0$  очистного забоя, при котором несущий слой, залегающий непосредственно над пластом не разрушится по всей мощности при условии  $T_0 < T$ . Первичная посадка кровли произойдет при  $T_0 \geq T$ .

Многочисленными наблюдениями установлено, что при залегании непосредственно над пластом менее прочного слоя (рис.2) крепостью  $f \leq 5$ , его разрушение впереди забоя лавы происходит мелкими фракциями, способными просыпаться в призабойное пространство. При  $f > 5$  разрушение породы происходит блоками размеры которых увеличиваются с увеличением крепости пород.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлов И.В. Комплексное исследование массива горных пород.- М.: Наука, 1986.- 163с.
2. Лобков Н.И. Исследование сдвижения породных слоев над очистными выработками пологих пластов. В сб. Материалы международной научно-технической конференции «Проблемы механики горнометаллургического комплекса» г. Днепрпетровск, 2002.-с.175-176.
3. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. – М.: Недра, 1976,-272с.
4. Лобков Н.И. К вопросу о механизме формирования горного давления в лавах пологих пластов. В сб. «Физико-технические проблемы горного производства» №6, под ред. А.Д. Алексева, - Донецк: 000 «Алекс», 2003,-с.81-87.
5. Качанов Л.М. Основы механики разрушения.- М.: Наука, 1974,-312с.
6. Литвинский Г.Г. Параметры хрупкого разрушения горных пород в условиях возникновения горных ударов. В кн.: Разработка месторождений полезных ископаемых.- К.6 Техника, 1974, вып.35,- с.31 – 37.