

Образование обрушений кровли при отработке пластов Западного Донбасса

Ю.М. Халимендик

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

А.В. Бруй

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

Ю.А. Заболотная

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

Приведены результаты исследований вывалообразований при отработке слабометаморфизированных угольных пластов Западного Донбасса. Рассмотрены геологические и технологические факторы, оказывающие наибольшее влияние на появление вывалов пород кровли. При анализе влияния мелкоамплитудных дизъюнктивных нарушений на формирование зон обрушений использовались результаты натурных маркшейдерских наблюдений за линией скрещения сместителя с пластом и сопровождающих его вывалов пород кровли в процессе перехода нарушения механизированным комплексом. Сформулированы причины вывалообразований в кровле при отработке пологих угольных пластов и выявлены основные закономерности развития зон обрушений в зависимости от причин их образования.

Ключевые слова: угольный пласт, очистные работы, вывал, дизъюнктив, механизированная крепь, зона повышенного горного давления.

На устойчивость пород кровли оказывает влияние множество взаимосвязанных факторов: начальное напряженное состояние пласта и вмещающих пород; прочность, трещиноватость пород непосредственной кровли; наличие в основной кровле труднообрушаемых пород; наличие выработанного пространства в окрестности лавы; скорость подвигания лавы; тип крепления и его рабочие характеристики; соблюдение технических и технологических правил эксплуатации крепи и т.д. Устойчивость выработок угольных шахт Западного Донбасса усложняется еще и наличием слабых вмещающих пород, а также большим количеством дизъюнктивных нарушений. Определить вероятное место и время появления вывала практически невозможно. Поэтому наиболее правильным подходом к борьбе с вывалами будет их профилактика и предупреждение. Для успешного решения этой задачи необходимо знать основные причины вывалов и связанные с ними закономерности развития зон обрушения. Целью проведенных исследований являлось изучение основных причин и закономерностей образования вывалов пород кровли.

Все причины можно разделить на 2 группы в зависимости от причин образования: геологические и технологические. То есть, при расследовании аварий одной из основных причин вывалообразования указывается наличие геологических нарушений и ложной кровли в пределах выемочного участка, т.е. геологические причины.

После анализа и обобщения натурных замеров и наблюдений обрушений пород кровли построена схема образования вывалов в лавах, представленная на рис. 1. При недостаточном отпоре крепи ($R_p + R_z$) происходит опускание пород основной кровли. При этом

непосредственная кровля деформируется и разделяется на блоки, кратные ширине выемки [3]. Углы наклонов блоков зависят от скорости подвигания лавы [3]. При небольшой скорости подвигания очистного забоя и особенно при слабых породах кровли разрывные деформации непосредственной кровли формируются с наклоном на забой. При опускании перекрытия крепи происходит обрушение трехгранных призм. Одна плоскость этих призм образуется по поверхности трения («мыльники»), а другая – по поверхности отрыва. При объединении этих обрушений на нескольких полосах выемки наблюдается увеличение мощности обрушения. Это явление происходит, как правило, на неисправных или неправильно установленных секциях.

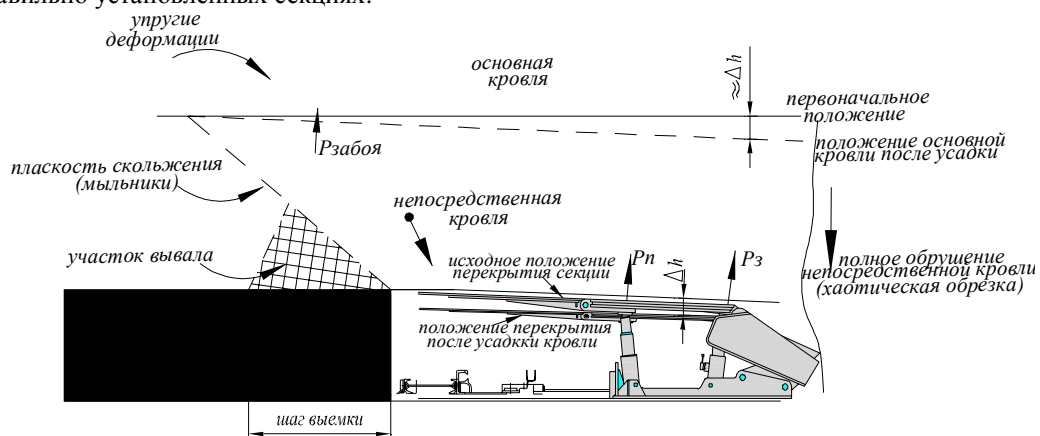


Рис.1. Схема образования вывалов в лавах: Δh – величина усадки кровли, P_p и P_z – опор передней и задней стойки крепи

Принято считать, что в массиве горных пород в зонах геологических нарушений трещиноватость массива повышается. А, учитывая, что в среднем на один выемочный столб приходится 3-4 нарушения [1], то на «неблагоприятные условия» «списывают» обрушения пород кровли, обосновывается уменьшение нормативной добычи участков и снижение производительности рабочих.

Исследования вывалообразования в лавах, обрабатывающих тектонически нарушенные участки угольных пластов включали в себя: прогноз параметров и положения дизъюнктива в пределах выемочного столба, составление плана и графика перехода нарушения механизированным комплексом, контроль и корректировка положения механизированного комплекса в вертикальной плоскости в процессе перехода, а также наблюдения и фиксирование проявлений горного давления с последующим отображением, анализом и обобщением результатов наблюдений на планах горных работ [4].

На рис.2 представлены результаты наблюдений за местоположением сместителей дизъюнктивов нарушенной зоны, а также размеры и положение вывалов пород кровли при отработке 125-й лавы шахты «Юбилейная».

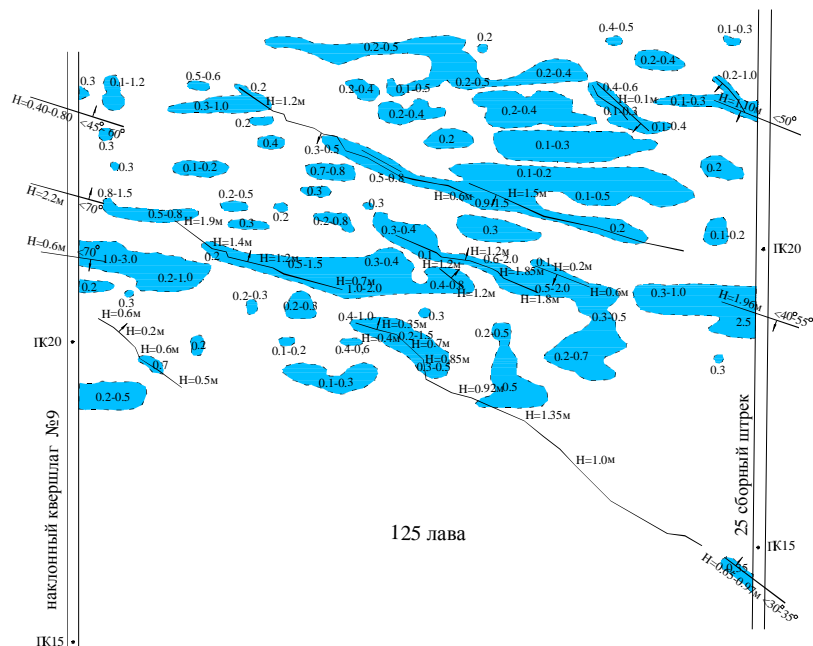


Рис. 2. Выкопировка с плана горных работ по пласту с₆ шахты «Юбилейная»

При наличии тектонической нарушенности сплошности массива процесс вывалообразования усиливается за счет близкого расположения природных разрывов с технологическими. При этом исследовалось влияние величины угла встречи сместителя и направление его падения по отношению к движущемуся очистному забою (рис. 3).

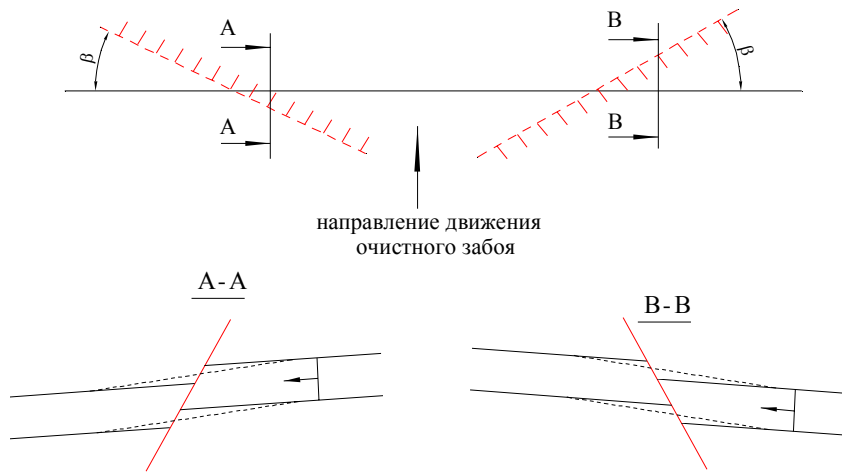


Рис. 3. Расположение сместителя относительно забоя лавы

На разрезе по линии А–А направление падения сместителя совпадает с падением плоскости отрыва, а на разрезе по линии В–В падение сместителя совпадает с падением плоскости скольжения.

При большом угле встречи совпадение направлений падения сместителя с технологическими разрывами сплошности массива меньше сказываются, чем при малых.

На рассматриваемом примере шахты «Юбилейная» ОАО «Павлоградуголь» угол встречи плоскости забоя со сместителем составлял $20 \pm 30^\circ$ (рис. 2). Из шести случаев встречи сместителей по выемочным штрекам – четыре не получили дальнейшего распространения. Линии скрещения плоскостей сместителей с пластом имеют волнистую форму и прерывистость. Всю нарушенную зону, представленную линиями пересечения плоскости сместителя с кровлей пласта, можно разделить на две части: верхнюю часть – в которой падение сместителя совпадает с направлением движения комплекса и падением пласта (разрез В-В) и нижнюю часть, в которой сместитель падает в противоположную сторону относительно движения комплекса (разрез А-А).

В верхней части наблюдаются более интенсивные обрушения по площади (рис. 2), а нижняя часть меньше подвержена процессу вывалообразования при равных геологических и технических условиях.

Из рис. 2 видно, что прямой и полной связи зон вывалов пород кровли со сместителями дизъюнктивов не наблюдается. Следовательно, необходимо обращать внимание на положение сместителя относительно забоя и на состояние гидравлической части механизированной крепи [2]. Последний фактор и был принят авторами в качестве технических причин образования вывалов пород кровли.

При ведении очистных работ по пласту c_5 шахты «Самарская» ОАО «Павлоградуголь» неоднократно возникали аварийные ситуации в связи с посадкой секций механизированной крепи на «жесткую базу». Угольный пласт c_5 простого строения, геологической мощностью от 0,83 м до 1,24 м, гипсометрия пласта волнистая, угол падения $2-4^\circ$. Марка угля ДГ. Непосредственно над угольным пластом залегает углистый аргиллит мощностью от 0,21 м до 0,44 м, со слабым сцеплением с вмещающими породами.

На высоте 6-8 м от кровли угольного пласта c_5 залегает обводненный угольный пласт c_5^1 мощностью 0,24 м. В основной кровле залегает аргиллит и алевролит. Породы непосредственной и основной кровли отнесены к категории неустойчивых. Тип применяемой крепи КД-80 и КД-90, вынимаемая мощность колеблется от 1,04 до 1,10 м, длина 545-й лавы – 250 м, а 535-й, 537-й, 543-й лав – 180 м, средняя скорость подачи комбайна около 2 м/мин.

При отработке полезного ископаемого в рассматриваемых лавах постоянно присутствовали обрушения кровли, о чём свидетельствуют данные маркшейдерских съемок и геологических зарисовок. При этом преобладали вывалы пород кровли высотой 0,1–0,3 м (рис. 4). Дизъюнктивные нарушения отсутствовали.

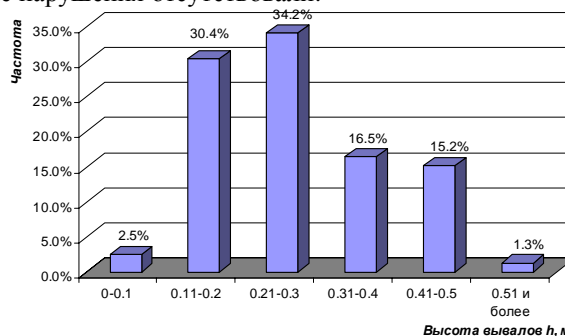


Рис. 4. Частота и высота вывалов в выемочном столбе 535-й лавы

Обеспечить начальный распор гидростоек необходимо строго контролируя действия рабочих при наличии работоспособных индикаторов (манометров) визуальным их

осмотром, или проверкой секций на «дораспор». Для достижения правильного начального распора инструкция по эксплуатации комплексов требует выдержку общего распора в течение не менее 5 секунд [5]. Контроль за этим процессом должен производиться горным мастером.

При обследовании состояния кровли по пласту c_5 установлено, что наиболее часто проявляются обрушения в диапазоне 0,1-0,3 м. При вынимаемой мощности 1,1-1,15м наличие этих обрушений приводит к увеличению вынимаемой мощности свыше технической возможности секции крепи. Рабочие устанавливают секции с подпором передней частью секции, т.е. не выполняют общий распор в течении 5 секунд.

Для рассмотрения этой ситуации воспользуемся оценкой сопротивления механизированной крепи по ширине рабочего пространства. Для этого применяется [6, 7] коэффициент полезного использования рабочего сопротивления крепи

$$\eta = \frac{Q_1}{Q}$$

где Q_1 – полезный отпор при поддержании пород кровли;

$$Q_1 = R \cdot t \cdot q_c$$

где R – ширина поддерживаемой части лавы, 5м;

t – шаг установки крепи, 1,5м;

q_c – среднее удельное усилие по ширине рабочего пространства;

Q – распор секций.

При моделировании различных ситуаций деформации пород кровли, вызванных разрушением пород над секциями и попаданием в них воды получены следующие результаты (таблица 1)

Таблица 1

Прочность пород кровли	17 МПа	12МПа	7,5МПа
Вес пород в области разрушения (над секцией) Q_1 , т	182,5т	295,3т	345,0т
Коэффициент использования рабочего сопротивления η_n при работе четырёх стоек	0,51	0,82	0,95
Коэффициент использования рабочего сопротивления при работе двух стоек (переднего ряда)	1,01	1,63	1,92

Таким образом, при работе четырех стоек коэффициент полезного использования рабочего сопротивления крепи после разуплотнения пород приближается к 1, а при работе только переднего ряда превышает 1, т.е. секции работают в аварийном режиме.

Давно доказано [5, 6, 7, 9], что при отпоре крепи 400кН/м^2 исчезают оседания кровли, провалы между перекрытием и забоем и естественно посадка лавы на «жесткую» базу.

При снижении отпора крепи начиная с 300кН/м^2 начинается опускание пород кровли особенно на обрезной линии [6]. Не включая первоначально в работу второй (обрезной) ряд, мы имеем (при правильно выполненной операции лишь в первом ряду) отпор крепи только 240кН/м^2 . Таким образом, при выходе из строя одиночных или группы секций в первом ряду и не включении в работу второго ряда секции работают в аварийном режиме, т.е. резко увеличивается опускание пород кровли, а с учетом эффекта «топтанья» к образованию обрушений практически по всей длине лавы.

Таким образом, технические причины, в рассматриваемом примере являются первостепенным

Влияние технологических факторов рассмотрим на примере шахты «Западно-Донбасская» ОАО «Павлоградуголь» При разработке пласта c_8^B были пройдены подготовительные выработки: 924-й и 928-й сборные штреки, оконтуривающие отработанную часть пласта (рис. 5). В соответствии с требованиями нормативного документа [8] были рассчитаны и построены зоны повышенного горного давления от краевых частей массива со стороны названных штреков. По степени опасности проявления горного давления на нижележащий пласт c_8^H эти зоны относятся к зонам повышенной опасности. Глубина разработки 460 м; мощность междупластья составляет около 6 м; вынимаемая мощность пласта c_8^H 1,10 м; лава оборудована комплексом КД-80.

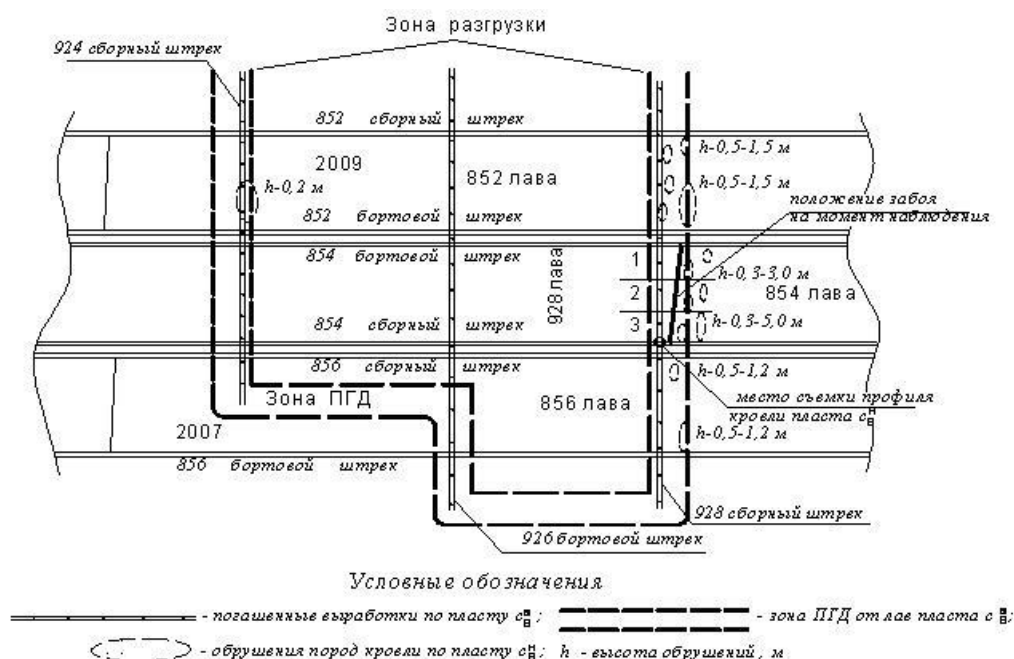


Рис. 5. Выкопировка с плана горных выработок

Особенностью забоя 854-й лавы является наличие множества техногенных трещин и нарушений залегания угольного пласта и пород в виде сбросов, реже взбросов, грабенов с амплитудой до 0,15 м. Эти нарушения зафиксированы по всей длине лавы. Причиной их образования является действие опорного давления, которое возникает при ведении очистных работ в ранее отработанных соседних лавах и в зонах ПГД от верхнего пласта. Смещение в вертикальной плоскости хорошо просматривается по маркирующему слою, который представлен известняком (рис. 6).



Рис.6. Техногенное разрывное нарушение

При пересечении зон ПГД наблюдались вывалы пород кровли. Установлено, что приближение 854-й лавы к зоне ПГД от краевой части массива со стороны 928-го сборного штрека сопровождалось наличием множества обрушений пород кровли. Высота вывалов колеблется в пределах от 0,3 до 3 м. Интенсивность появления обрушений пород кровли увеличивалась с приближением очистного забоя к зоне ПГД, а их высота достигала 5 м.

Общий анализ вывалов при переходе зоны ПГД очистными работами 856-й и 852-й лав показал следующее. Переход зоны ПГД от краевой части массива со стороны 928-го сборного штрека 852-й и 856-й лавами также сопровождался значительным количеством обрушений пород кровли. Высота вывалов изменялась от 0,5 м до 1,2 м. При переходе 852-й и 856-й лавами зоны ПГД от краевой части со стороны 924-го сборного штрека вывалы пород кровли не зафиксированы. В данном случае осуществлялся переход из разгруженной зоны в зону ПГД. Таким образом, вывалообразование происходит идентично рассмотренному примеру с дизъюнктивами в зависимости от направления падения плоскости сместителя к направлению движения очистного забоя.

При подходе очистных работ 852-й лавы к зоне ПГД от краевой части со стороны 924-го сборного штрека образовалась зона обрушения на границе зоны ПГД. Протяженность этой зоны около 66 м, высота вывалов 0,2 м. Причина образования этих вывалов – влияние нарушенных пород почвы пласта c_8^b в районе 924-го сборного штрека.

В результате проведенных наблюдений сформулированы закономерности и причины вывалообразований кровли:

- основными причинами образования обрушений являются: нерабочее состояние отдельных групп секций крепи и неверная установка секций после их перемещения, например, отсутствие достаточного отпора части крепи на нескольких секциях подряд;

- обрушение пород кровли приразрывной зоны дизъюнктивов усиливается при несовпадении падения сместителя с направлением движения комплекса и, наоборот, при падении сместителя в сторону движения комплекса породы кровли наименее подвержены процессу вывалообразования;

- при входе лавы в зону ПГД со стороны массива наблюдается увеличение количества вывалов; переход лавы из разгруженной зоны в зону ПГД характеризуется меньшей интенсивностью обрушения пород кровли. Это явление объясняется направлением падения техногенных трещин при их субпараллельном расположении относительно очистного забоя.

Выявленные закономерности формирования обрушений пород в лавах позволят более эффективно планировать очистные работы.

Список литературы

1. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки. – Донецк: ООО “АЛАН”, 2003. – 312 с.
2. Ведение работ при обрушениях кровли в очистных забоях пологих пластов / Ю.М. Халимендик, И.Е. Иванов, Н.А. Добровольский и др. – Донецк: ООО “Лебедь”, 2000. – 126 с.
3. Якоби О. Практика управления горным давлением. – М.: Недра, 1987. – 587 с.
4. Колоколов О.В., Халимендик Ю.М. Рекомендации по управлению механизированными комплексами в вертикальной плоскости при переходе разрывных нарушений в условиях Западного Донбасса. – Донецк: ЦБНТИ. – 1995. – 48 с.
5. Хорин В.Н. Расчет и конструирование механизированных крепей. – М.: Недра, 1988. – 255 с.
6. Взаимодействие механизированных крепей с кровлей. А.А. Орлов, В.Ю. Сетков, С.Г. Баранов и др. М.: Недра, 1976. – 336 с.
7. Орлов А.А. Взаимное влияние сопротивления и начального распора механизированной крепи на ее взаимодействие с массивом. Маркшейдерский вестник. – 1994. – №1, С. 35-41.
8. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35° / С.Т. Кузнецов, Д.Г. Пекарский, В.В. Сычев и др. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 62 с.
9. Irresberger H. Schreitausban fur densteinkohlen bergban. Verlaq Gliickauf. 1994, s. 340
10. Кияшко И.А. Процессы подземных горных работ. К.: Вища школа, 1984. – 225 с.

Roof Falls Formation at Working off Coal Seams in the Western Donbas.

The results of researches over fall formations at working off weak metamorphosed coal seams of Western Donbas are given in the article. Geological and technological factors rendering most influence on roof falls occurrence are considered. The results of in-situ surveying data over the fault plane and coal seam cross-line, and accompanying roof falls in the process of failure transition by the mechanized complex were used at the analysis of small-amplitude disjunctive failures influence on caving zone formation. The reasons of roof falls formations at working off declivous coal seams are set and the basic regularities of development of fall zones according to the reasons of their creation are detected.

Key words: coal seam, roof falls, failures, mechanized support, high rock pressure zone.

Сведения об авторах.

Юрий Михайлович Халимендик – заведующий кафедрой маркшейдерии, профессор (Национальный горный университет)

Анна Валерьевна Бруй – доцент кафедры маркшейдерии (Национальный горный университет)

Юлия Александровна Заболотная – аспирант кафедры маркшейдерии (Национальный горный университет)