

Г.И.Соловьёв¹, А.Л.Касьяненко², В.Е.Нефёдов³,
А.П.Тимохин⁴, В.Б.Малеев⁵

О МЕХАНИЗМЕ ВЫДАВЛИВАНИЯ ПРОЧНЫХ ПОРОД ПОЧВЫ ГЛУБОКИХ ШАХТ

Аннотация:

Представлены особенности механизма выдавливания пород почвы горных выработок в условиях шахт им. Е. Т. Абакумова и им. М. И. Калинина государственного предприятия «Донецкая угольная энергетическая компания»

Summary:

Features of the mechanism of squeezing of floor rocks of roadway in the conditions of E.T.Abakumov and M.I.Kalinin mines of the state enterprise "Donetsk coal energy company" are presented

С увеличением глубины разработки характер проявления горного давления в выработках изменяется не только количественно, но и качественно. Многие сложные вопросы механизма взаимодействия крепи с породами, вмещающими выработку, необходимо изучить на практике в реальных условиях глубоких шахт.

Известно, что до 30-40% общих затрат на ремонт подземных выработок приходится на подрывку пород почвы, что сопряжено с необходимостью выполнения режимных взрывных работ и значительных объемов ручных работ по уборке горной массы.

¹ Доцент, канд. техн. наук Соловьёв Г.И. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

² Аспирант Касьяненко А.Л. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

³ Ассистент Нефёдов В.Е. - Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

⁴ Магистрант Тимохин А.П. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

⁵ Профессор, докт. техн. наук Малеев В.Б. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

Соловьёв Г. И. О механизме выдавливания прочных пород почвы глубоких шахт / Г. И. Соловьёв, А. Л. Касьяненко, В. Е. Нефёдов, А. П. Тимохин, В. Б. Малеев // XIV Międzynarodowe Sympozjum "Geotechnika-Geotechnics 2010": Наукові матеріали XIV-го Міжнародного симпозіуму «Геотехніка-2010» (19-22 жовтня 2010 г.) – Гливице-Устрень, 2010. – С. 253-262.

Выдавливание пород почвы является одним из особенностей проявления горного давления, механизм которого остается окончательно не изученным и открытым [1-4].

Для выяснения особенностей механизма выдавливания прочных пород почвы были выбраны две представительные шахты ГП «ДУЭК» - им. Е. Т. Абакумова и им. М.И. Калинина.

В настоящее время на шахте им. Е. Т. Абакумова разрабатывается угольный пласт m_3 «Александровский» на глубине 860 м с углом залегания 9° с использованием в основном столбовой, а в последние годы и сплошной систем разработки. На рис. 1 представлена структура залегания боковых пород пласта m_3 . Визуальными и инструментальными наблюдениями в 8-м восточном конвейерном штреке пл. m_3 было установлено, что пучение пород почвы в штреке начинается на расстоянии 20-25 м вслед за проходческим забоем.

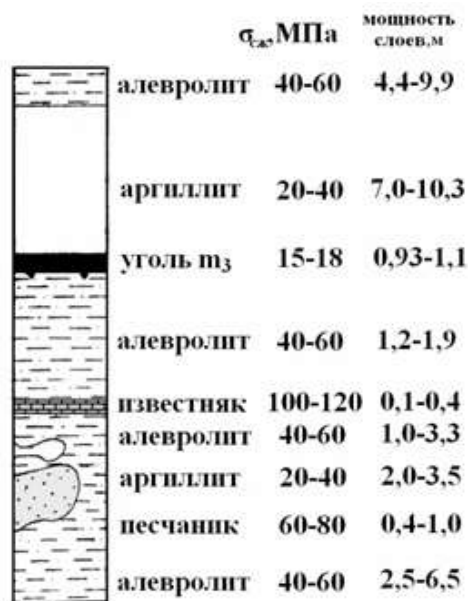


Рис. 1 – Структура боковых пород конвейерного штрека 8-ой восточной лавы пласта m_3 шахты им. Е. Т. Абакумова

При средней скорости пучения почвы – 0,15-0,2 м/мес. вне зоны влияния очистных работ общая величина ее выдавливания достигает 1,5 – 2,0 м.

На шахте для борьбы с вфыдавливанием применяется буровзрывная подрывка пород почвы сразу после проведения выработки на всю ее длину (рис. 2), а за время ее эксплуатации производится еще 2-3 подрывки на отдельных участках выработки.

Практика поддержания выемочных выработок на шахте им. Е. Т. Абакумова показывает, что после 2-3 подрывок почвы выработку необходимо перекреплять.



Рис. 2 – Подрывка пород почвы в 8-м восточном конвейерном штреке пласта m_3

Представляет определенный интерес механизм деформирования пород почвы при расположении в ней прочного слоя известняка мощностью 0,6 – 0,8 м ($f = 10-12$), расположенного на расстоянии 0,6 – 1,2 м от стоек арочной крепи. Прочный слой известняка посредством экранирования аккумулирует повышенные нагрузки от выдавливаемых в полость выработки пород основной почвы и фокусирует повышенное давление на верхний слой непосредственной почвы с образованием в ней симметричной складки (рис. 3). При этом наличие в боках выработки угольного пласта по аналогии со штампом способствует концентрации на опорном контуре повышенного горного давления с последующим выдавливанием почвы в полость выработки. Следует отметить, что прочные породы почвы наряду с выдавливающими нагрузками из-под опорных контуров испытывают воздействие и от нагрузок

упругого восстановления, которые возникают в почве после ее обнажения в проходческом забое. Проведенные инструментальные наблюдения позволили установить, что смещения пород почвы за счет упругого восстановления при ее разгрузке незначительны по величине и составляют обычно до 10% от величины конечных смещений почвы.

Прочный слой известняка аккумулирует давление нижележащих пород и за счет одновременного воздействия продольных усилий F_1 и F_2 , а также вертикальной силы F_3 выдавливается в полость выработки с образованием симметричной складки (рис. 1). При этом процесс выдавливания почвы можно условно разделить на 3 этапа. На первом этапе сразу после проведения выработки происходит упругое восстановление обнаженных пород почвы с дальнейшим обжатием породного контура выработки. Вертикальные смещения почвы при этом незначительны и составляют около 0,1-0,2 м.

На втором этапе через 1,5 - 2 месяца на расстоянии 80-110 м от забоя выработки в породах почвы в результате формирования зоны неупругих деформаций происходит разуплотнение и расслоение пород верхнего слоя почвы. В течение 2 - 3 месяцев на расстоянии 200-240 м от проходческого забоя величина выдавливания верхнего слоя почвы составляет 0,8 - 1,1 м.

На третьем этапе, на расстоянии 400 - 450 м от забоя наблюдается интенсивное выдавливание верхнего слоя почвы с и разрушением ее верхнего слоя на отдельные блоки. В образовавшейся блочно-распорной среде связь между отдельными блоками, выдавливаемыми в полость выработки нижележащими породами почвы, осуществляется лишь за счет сил трения между блоками при воздействии на них боковых сил давления F_1 и F_2 . При поддержании подготовительных выработок в массиве, когда по обеим сторонам в боках выработки располагается массив угля, соотношение сил бокового давления F_1 и F_2 примерно одинаково.

Поэтому в выработке формируется симметричная относительно ее продольной оси складка (рис. 3).

Одним из способов предотвращения выдавливания прочных породных блоков при образовании симметричной складки является силовое воздействие на верхний слой почвы упорно-лежневой системой, которая передает часть энергии давления кровли породам почвы и предотвращает, таким образом, их разуплотнение. При образовавшихся по-

родных блоках упорно-лежневое силовое воздействие совместно с боковым распором верхних слое почвы способствует увеличению коэффициента трения между породными блоками и снижает величину их выдавливания.

При сплошных системах разработки, когда в боках подготовительной выработки с одной стороны расположен массив угля, а с другой - выработанное пространство, механизм выдавливания прочных пород непосредственной почвы имеет существенные отличия.

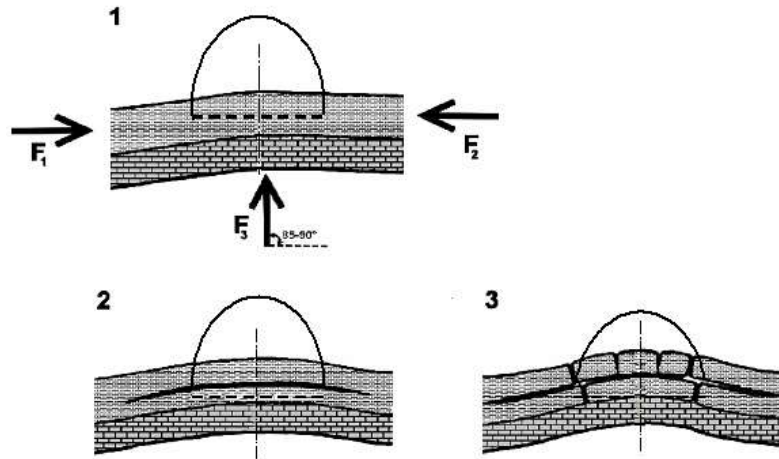


Рис. 3 – Механизм формирования симметричной складки в почве выработки

В условиях шахты им. М.И. Калинина отработка пласта h_{10} «Ливенский» мощностью 1,0-1,3 м и углом залегания $18-21^\circ$ ведется на глубине 1360 м с использованием сплошной системы разработки «лава-этаж». Конвейерный штрек проводится буровзрывным способом с опережением лавы на 20 м.

В почве пласта залегают прочные породы песчаного сланца и песчаника (рис.4), которые в зоне влияния очистных работ интенсивно выдавливаются в полость выработки.

Обеспечение устойчивости почвы штрека первоначально осуществлялось за счет ее подрывки с использованием буро-взрывных работ. Величина выдавливания на расстоянии 60 м за очистным забоем составляла 2,4-2,8 м.

Для использования естественной прочности верхнего слоя, как средства снижающего величину выдавливания почвы, была принята верхняя подрывка боковых пород при поведении конвейерного штрека с наклонным расположением почвы выработки под углом залегания пласта (рис. 5).

При таком способе охраны выработки величина выдавливания почвы на расстоянии 60 м вслед за лавой составила 1,5-1,8 м, т.е. снизилась более чем в полтора раза.

Значительный интерес представляет особенность механизма формирования породной складки при выдавливании прочных пород почвы в полость конвейерного штрека.

При старом способе охраны, когда выработка проводилась с двухсторонней подрывкой и использованием буровзрывного разрушения верхнего прочного слоя почвы, процесс выдавливания дезинтегрированных породных отдельностей протекал с одновременным вдавливанием стоек крепи в почву.

При этом величина выдавливания почвы составляла на сопряжении лавы 1,4-1,6 м, из которых на вдавливание приходилось около 0,7 м.

При верхней подрывке выдавливание прочного слоя песчаного сланца и песчаника в конвейерный штрек происходило с образованием асимметрично породной складки, ось симметрии которой была наклонена в сторону выработанного пространства лавы под углом 50-55°(рис. 5).

При этом асимметричная складка формируется за счет одновременного воздействия на прочные слои непосредственно почвы вертикаль-



Рис. 4 – Структура боковых пород конвейерного штрека 2-й западной лавы пласта h_{10} шахты им. М. И. Калинина

ной и горизонтальной нагрузок со стороны массива угля, которая по своей величине значительно превосходит горизонтальную нагрузку со стороны выработанного пространства (рис. 6). Процесс дезинтеграции почвы можно условно разделить на 4 этапа.



Рис. 5 – Состояние пород почвы конвейерного штрека 2-й западной лавы пласта h_{10} на расстоянии 120 м от очистного забоя

На первом этапе сразу после проведения выработки с опережением лавы на 20 м происходит упругое восстановление обнаженных пород почвы с дальнейшим обжатием породного контура выработки. Вертикальные смещения почвы при этом незначительны и составляют около 0,1-0,15 м.

На втором этапе, который начинается на сопряжении лавы с конвейерным штреком и заканчивается на расстоянии 50-60 м за лавой, в породах почвы в результате формирования зоны неупругих деформаций происходит разуплотнение и расслоение пород верхнего слоя почвы. В поперечном сечении образуется асимметричная продольная складка, гребень которой смещается в сторону выработанного пространства и

располагается на расстоянии 1,2-1,5 м от стойки крепи со стороны лавы. Угол наклона складки в сторону выработанного пространства составляет порядка $45-50^{\circ}$. Величина выдавливания пород почвы в конце этапа составляла 1,5-1,6 м.

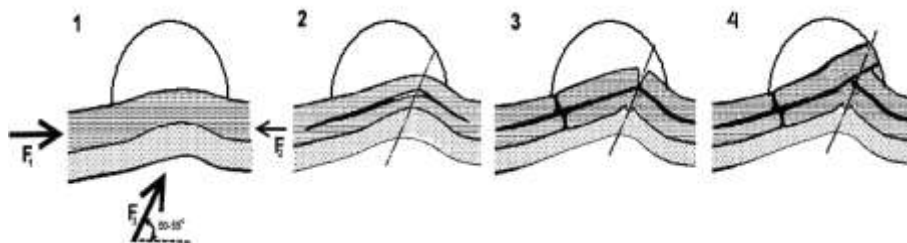


Рис. 6 – Механизм формирования асимметричной складки пород почвы

На третьем этапе, на расстоянии 60–80 м от забоя, наблюдается интенсивное выдавливание и разлом верхнего слоя почвы с наклоном вертикальной оси складки на выработанное пространство лавы под углом $50-55^{\circ}$. Глубина разлома составляла в среднем 0,6-0,9 м. Величина выдавливания пород почвы в конце этапа на расстоянии 100-120 м составляла 1,8-2,2 м.

На четвертом этапе, на расстоянии от 120 до 180 м за очистным забоем, в результате горизонтального сжатия верхний слой прочной почвы со стороны массива был надвинут на породные фрагменты со стороны лавы до упора в стойки арочной крепи (рис. 6).

При этом происходило разуплотнение верхнего слоя и разделение его на породные отдельныености в виде плоских призм плитчатой формы с толщиной 0,02-0,03 м. Величина выдавливания почвы со стороны стоек крепи достигала 2,5-2,9 м.

На этом участке выработки производилась подрывка почвы на глубину 1,0-1,2 м с приданием ей горизонтальной формы расположения.

После подрывки почвы конвейерный штрек использовался на расстоянии 250-300 м вслед за лавой, а затем погашался по мере проведения нового промежуточного квершлага от полевого штрека, проведен-

ного в почве пласта на расстоянии 25 м по нормали в прочном слое песчаника основной почвы пласта.

Представленный анализ механизма деформирования прочных пород почвы позволяет сделать вывод о необходимости проведения дополнительных исследований деформационного процесса для определения рациональных параметров способа предотвращения выдавливания почвы.

Определенный научно-практический интерес представляет использование упорно-лежневого силового воздействия на верхний прочный слой почвы как средства управления процессом дезинтеграции вмещающих пород в зоне влияния очистных работ для предотвращения или снижения величины их выдавливания в полость выработки.

Библиография

- [1] Максимов А.П. Выдавливание горных пород и устойчивость подземных выработок.– М.: Госгортехиздат, 1963.– 144 с.
- [2] Черняк И.Л. Предотвращение пучения почвы горных выработок.– М.: Недра, 1978. – 237с.
- [3] Роечко А.Н. Устойчивость подготовительных выработок угольных шахт в условиях больших глубин разработки. Авт. дис. д.т.н. Днепрпетровск: 1995. – 32с.
- [4] С. Негрей, Г. Соловьев, А. Толкачев, И. Сахно, В. Мокриенко, В.Куцерубов. Алгоритм расчета параметров способа предотвращения выдавливания пород почвы // Научные материалы XIII-го Международного симпозиума «Геотехника-2008». Гливице – Устронь. 13-18 октября 2008г. – С.225-243.