

УДК 622.834:622.862.3

С.В. ПОДКОПАЕВ (д.т.н., проф.)

С.С. АЛЕКСАНДРОВ (горный инженер)

С.В. ВОЛКОВ (ст.преподаватель)

Д.А. ЧЕПИГА (аспирант)

Донецкий национальный технический университет, г.Красноармейск

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОХРАНЫ ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ВЫРАБОТОК В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены вопросы поддержания подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях. Установлено, что расслоения боковых пород формируют возможные обрушения пород кровли и сползания пород почвы. Обоснована эффективность применения анкерной крепи в штреке, со сползающими породами почвы.

Ключевые слова: боковые породы, расслоения пород, сползание пород почвы, сложные горно-геологические условия.

Общеизвестно, что при добыче полезных ископаемых в подземных условиях приходится считаться с целым рядом естественных и техногенных факторов, приводящих к повышенной опасности для людей и производственных объектов. На предприятиях угольной отрасли ежегодно, наряду с другими опасными производственными факторами, происходят обрушения пород, что приводит к травмированию горнорабочих. Особенно это просматривается при разработке крутых угольных пластов, где проявляются обрушения и обвалы не только пород кровли, но и сползания почвы пластов. В одних случаях обрушения и сползания боковых пород распространяются на призабойное пространство, зачастую по всей длине лавы и сопровождаются, как правило, завалом очистного забоя. В других случаях, эти явления происходят позади очистного забоя в выработанном пространстве и не оказывают существенного влияния на призабойное пространство лавы.

Анализ 84 случаев завалов штреков на шахтах, разрабатывающих крутые пласты, свидетельствуют о том, что наибольшее число завалов приходится на сопряжении штрека с лавой (табл.1).

Таблица 1. Случаи завалов штреков на шахтах, разрабатывающих крутые пласты (1978-2013гг.)

Обрушения	Количество завалов			Всего
	Впереди лавы	На сопряжении	Позади лавы	
Кровля	4	30	16	50
Почва	2	18	14	34
Итого:	6	48	30	84

Следует отметить, что во всех приведенных в табл.1 случаях, обрушения пород кровли и почвы, даже на небольших площадях, способствовали деформированию крепи, остановке производственного процесса и травматизму горнорабочих.

Анализ производственного травматизма по шахтам угольной промышленности Донбасса позволяет сделать вывод о том, что аварии, связанные с обрушениями и обвалами пород, по числу смертельно травмированных стоят на первом месте на одну аварию и на втором месте по тяжести последствий после аварий, связанных со взрывами газа и угольной пыли.

Опыт работы шахт Донбасса показывает, что с ростом глубины горных работ в массиве начинает проявляться такой природный фактор как расслоение пород междупластья, оказывающий существенное влияние на последующее поведение боковых пород и приводящий к возможному травматизму.

В реальных условиях разработки угольных пластов, породы междупластья представляют собой чередующиеся слои как угольных пластов и прослоев, так и самых различных пород. Отличительная особенность такого массива заключается в том, что во всех случаях контакт между слоями представлен глинистыми разностями. В зонах разгрузки, глинистые породы, увеличиваясь в объеме во времени (по различным причинам), отрывают слои более прочных пород и формируют условия обрушения и сползания. Установлено [1], что в зависимости от горно-геологических условий зона расслоения боковых пород составляет в кровле и почве выработке по нормали к напластованию 4-8м.

Вообще, слоистость следует рассматривать как фактор, ослабляющий породу при разгрузке, от которого зависит устойчивость кровли и почвы разрабатываемых угольных пластов. Но для формирования условий обрушения и сползания боковых пород обязательным является наличие слабого слоя внутри пород непосредственной кровли или почвы.

Особенностью таких пластов является то, что между обрушающимся или сползающим слоем и нижележащими породами отсутствует устойчивая связь, имеются гладкие поверхности наслоения или ниже его залегает пропласток угля или углистого сланца [2,3].

На современных глубинах разработки подготовительные выработки проводятся и поддерживаются в боковых породах, представленных глинистыми и песчано-глинистыми сланцами (53%), песчаными сланцами (28%) и песчаниками (19%). Применяемые в настоящее время способы охраны подготовительных выработок различного рода конструкциями из дерева не обеспечивают удовлетворительного состояния поддерживаемых штреков, особенно при наличии в кровле и почве неустойчивых пород, представленных углистыми, углисто-глинистыми, глинистыми и песчано-глинистыми сланцами небольшой мощности. Внезапность возникновения опасных ситуаций является одной из особенностей разработки пластов в таких условиях. Это обуславливается не только горно-геологическими факторами, но и несоответствием применяемых способов охраны штреков и управления кровлей в очистном забое.

При анализе таких ситуаций было установлено, что в случаях, где проведение штреков осуществлялось с подрывкой пород почвы и для охраны выработок выкладывались искусственные сооружения (кусты, костры) наблюдались не только обрушения пород кровли, но и сползания пород почвы. Применяемая в штреке металлическая крепь не противостояла сдвигению толщи пород почвы.

Это имело место при проведении экспериментальных исследований на шахте им К.А.Румянцева ГП «Артемуголь» в 2011г. Откаточный штрек по пласту k_5^2 был пройден с подрывкой пород кровли и почвы. В непосредственной кровле залегал песчано-глинистый сланец средней устойчивости, в основной – песчаник. В почве пласта – сланец песчаный, склонный к сползанию. Мощность угольного пласта $m=0,85$ м. Охрана штрека осуществлялась кустами из стоек, управление кровлей в лаве – удержание на кострах.

Исследования сдвижений пород вокруг штреков проводились на специально оборудованных замерных станциях. Замерная станция представляла собой участок штрека, на котором в пробуренные в породах шпур заложены контурные реперы. Реперы были расположены таким образом, чтобы фиксировать сдвижения по наиболее характерным для крутого падения направлениям.

Измерения смещений в выработках проводились (через каждые 10 дней) в течении длительного времени. Смещения пород на контуре сечения выработки измеряли рулеткой ВНИМИ. Погрешность замеров не превышала ± 2 мм. При проведении наблюдений в штреке устанавливалась величина смещения контрольных точек за промежуток времени между замерами.

Графики смещений пород на контуре откаточного штрека представлены на рис.1.

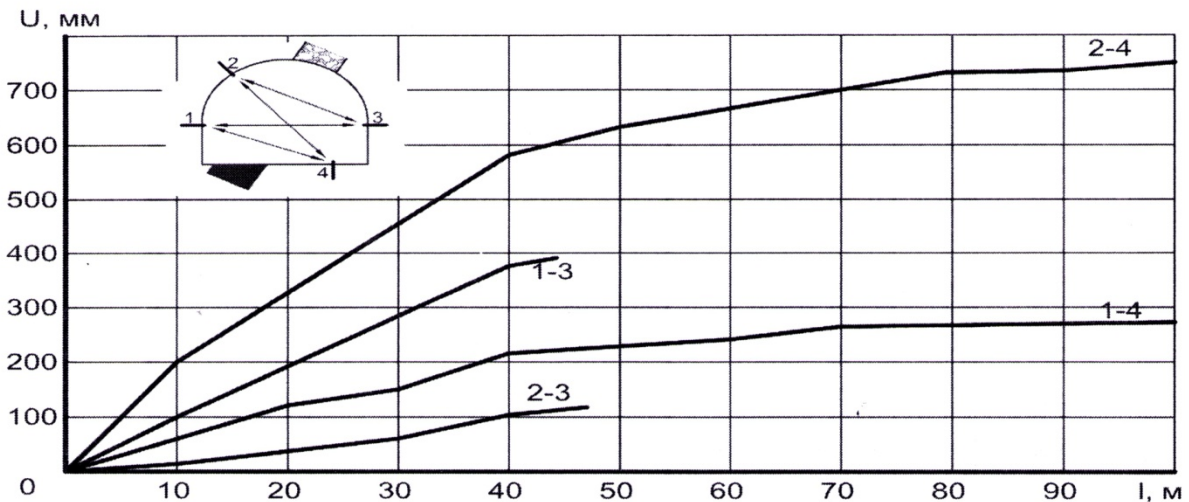


Рис. 1. Графіки зміщень породи на контурі откаточного штрека пласта k_5^2 : 1-4, 1-3, 2-3, 2-4 траекторія зміщення реперів 1-2 в напрямленні реперів 3 і 4.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що на відстані 16 м позади лави имело місце розшарування породи непересовненої породи (направлення 1-3, 2-3). Величини зміщень по цим напрямленням на відстані 45 м позади лави досягли максимальної величини, відповідно 400 і 120 мм. Из-за неможливості проведення замірів по цим напрямленням, їх реєстрацію за вказаною відміткою припинили. Возводимые над штреком кусты из стоек не змогли предотвратити розшарування породи породи. Такое положение, из-за наличия в породах почвы гладких поверхностей скольжения, обусловило их последующее сползание в выработку. Очевидно, предотвращение обрушений в таких условиях может быть успешным за счет разработки и выполнения специальных мероприятий, к которым следует отнести механическое упрочнение разгруженных боковых пород, но с учетом фактора времени.

Охрана горных выработок крутых угольных пластов и создание безопасных условий труда горнорабочих обязаны отвечать требованиям комплексной безопасности работ в подземных условиях. Ранее проведенными исследованиями было установлено [4], что для повышения устойчивости горных выработок, пройденных по пластам с неустойчивыми боковыми породами, особенно в условиях сползающих пород почвы, целесообразно ориентироваться на применение анкерной крепи. При этом было доказано, что условия равновесия расшарившихся пород почвы по длине лавы крутого угольного пласта, когда их обрушение и сползание невозможно, обеспечивается при следующих условиях: мощность пород почвы непересовненой почвы не менее 2,5 м, высота столба расшарившихся пород – не менее 8-9 м. При меньших значениях указанных параметров, во избежание аварийных ситуаций, рекомендуется применение анкерной крепи. Установка анкеров в таких условиях, позволяет закрепить сползающих слой и сохранить сплошность слоистых пород почвы.

Предложенный способ [5] был реализован на шахте им. К.Маркса ГП «Орджоникидзуголь» в 2012 году. На горизонте 1000 м в откаточном штреке пласта m_3^E для определения эффективности способа были проведены замеры на специально оборудованных станциях замеров. Мощность пласта 0,9 м, угол падения 65° . В непосредственной почве залегает слоистый глинистый сланец мощностью от 1,2 м, склонный к сползанию. В основной почве – песчаный сланец средней устойчивости. В непосредственной кровле залегает глинистый сланец средней устойчивости, переходящий в песчаный сланец. В основной кровле – песчаный сланец. Площадь поперечного сечения откаточного штрека $8,5 \text{ м}^2$, крепление – трехзвенная металлическая арочная крепь, с расстояниями между рамами 1,0 м. Способ удержания кровли в очистном забое – удержание на кострах. При этом, при проведении исследований, в выработанном пространстве по всей длине лавы костры были нагружены и зажаты. Анкеры устанавливали в почву подготовительной выработки. Один анкер (длиной 1,3 м) устанавливали горизонтально (к подошве выработки), а второй (длиной 1,6 м) – под углом $\beta=30^\circ$, как это описано в [5]. Расстоя-

ние между установкой пары анкеров равнялось 2,5м и было выбрано в зависимости от прочности вмещающих пород.

При проведении экспериментальных исследований в откаточном штреке, на замерных станциях, устанавливалась величина смещения контрольных точек за промежутки времени между замерами. Графики смещений контрольных точек представлены на рис. 2.

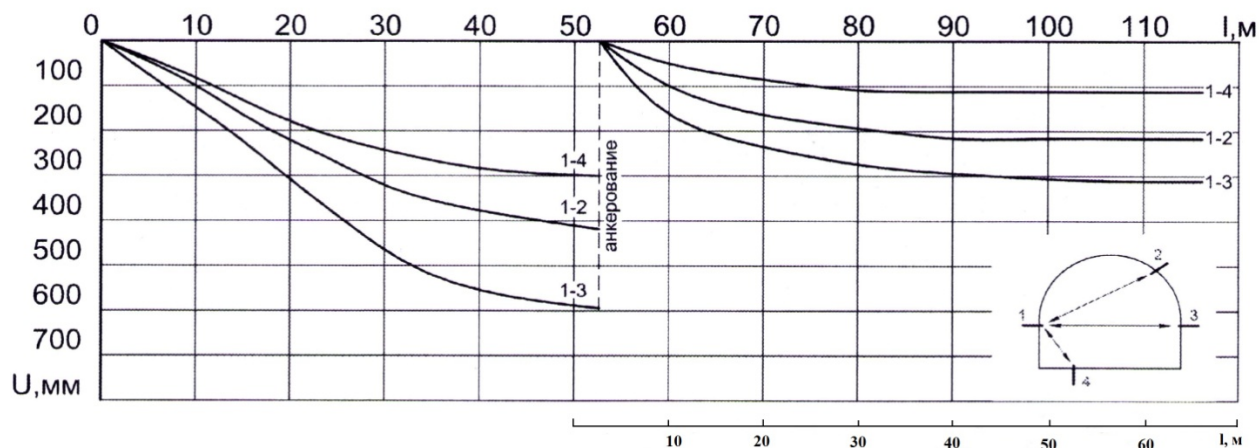


Рис. 2. Графики смещений контрольных точек до и после анкерования пород почвы по длине штрека.

Анализ как графиков, так и ситуации в выработке, указывают на то, что смещения пород почвы, до закрепления ее анкерами, происходят в результате прогиба и расслоения пород с последующим высыпанием их в выработку. Разрушение почвы привело к усиленной деформации крепи (направление 1-2, 1-3), уменьшению площади поперечного сечения выработки, о чем свидетельствуют данные замеров по указанным направлениям (соответственно 420 и 580 мм).

Совершенно иная картина имела место в этой же выработке после анкерования пород почвы (рис. 2). На экспериментальном участке, когда сползающий слой пород почвы был закреплен до прохода лавы анкерами, максимальные смещения по направлениям 1-3 и 1-2 составили соответственно 310 мм и 215 мм, на расстоянии 60м позади лавы. Крезь подготовительной выработки находилась в рабочем состоянии, а ее деформации – в пределах конструктивной податливости. Тем не менее, следует отметить, что применение кустов из стоек над штреком, сопровождалось интенсивным обыгрыванием последних и ухудшением устойчивости пород почвы. В таких условиях применение анкеров улучшило ситуацию в выработке, т.к. уменьшило расслоение пород лежачего бока. Очевидно, применение анкерной крепи в выработках, пройденных по пластам с породами почвы, склонными к сползанию, одновременно с улучшением условий поддержания горных выработок решает и еще одну весьма важную задачу – повышение безопасности горных работ.

Таким образом, разработка и внедрение технических решений по повышению устойчивости боковых пород и подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях и, на этой основе снижение производственного травматизма, является актуальной научно-технической задачей.

Для проведения дальнейших исследований в этом направлении необходимо более детально изучить соответствие применяемых способов и средств охраны горно-геологическим условиям разработки угольных пластов. При этом необходимо учитывать тенденцию к сдвигу породных слоев по напластованию с учетом увеличения угла падения пластов (такое положение способствует потере несущей способности не только крепи в очистном забое, но и уменьшает эффективность применения анкерного крепления). Необходимо так же прогнозировать наличие ослабленных мест в боковых породах по длине лавы, отличительной особенностью которых является малая сопротивляемость изгибу и сдвигу породных слоев. Все эти исследования должны выполняться с учетом фактора времени, величина которого определяет степень расслоения боковых пород.

Вывод. Совершенствование способов и средств охраны поддерживаемых выработок в сложных горно-геологических условиях должно рассматриваться с учетом закономерностей геомеханических процессов, проявляющихся при разгрузке угленосного массива, от комплекса природных опасностей и способствующих улучшению состояния боковых пород за счет уменьшения их расслоений. Такой подход позволит снизить уровень травматизма рабочих при ведении горных работ.

Библиографический список

1. Селезень А.Л., Томасов А.Г., Андрушко В.Ф. Поддержание подготовительных выработок при разработке крутых пластов/ А.Л.Селезень, А.Г. Томасов, В.Ф. Андрушко – М.:Недра, 1977.-205с.
2. Давидяц В.Т. Управление кровлей на крутопадающих пластах Донбасса/ В.Т.Давидяц. – М.:Углетехиздат, 1949.-180с.
3. Шаповал Н.А., Литвинов Ю.Г. Особенности проявлений горного давления на крутых пластах// Н.А. Шаповал, Ю.Г. Литвинов/ Уголь.-1989.-№5.-с.28-32.
4. Александров С.С. Обґрунтування та розробка способів забезпечення безпеки праці при підтримці виробок крутих вугільних пластів. Автореферат дисертації канд.техн.наук. – 05.26.01. – Красноармійськ, ДонНТУ.-2015-23с.
5. Пат.67858 Україна, МПК (2006.1) E21D20/02. Спосіб кріплення підготовчої виробки при розробці крутих пластів з підшвами, схильними до сповзання/ С.А.Александров, С.В. Подкопаєв,
6. П.М. Голубєв. – Опубл.12.03.2012. – Бюл.№5. – 4с.

Надійшла до редакції 28.12.2015

С.В.Подкопаєв, С.С.Александров, С.В.Волков, Д.А.Чепига
Донецький національний технічний університет, м. Красноармійськ

ПРО ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ОХОРОНИ ВИРОБОК, ЩО ПІДТРИМУЮТЬСЯ, В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Розглянуті питання підтримки підготовчих виробок в складних гірничо-геологічних умовах. Встановлено, що розшарування бічних порід формують можливі обвалення порід покрівлі і сповзання порід підшви. Обґрунтована ефективність застосування анкерного кріплення в штреку, зі сповзаючими породами підшви.

Ключові слова: бічні породи, розшарування порід, сповзання порід ґрунту, складні гірничо-геологічні умови.

S.V. Podkopaev, S.S.Aleksandrov, S.V.Volkov, D.A.Chepiga
Donetsk National Technical University, Krasnoarmeysk

ON IMPROVEMENT OF WAYS AND MEANS SUPPORTED DEVELOPMENTS IN COMPLEX GEOLOGICAL CONDITIONS

The problems of maintaining of development workings in complex geological conditions have been considered. It has been determined, that the separation of wall rocks forms a possible collapse of the rocks and soil sliding rocks. The effectiveness of a roof bolting in mines with sliding rocks has been grounded.

Keywords: wall rocks, separation of rocks, soil sliding rocks, complex geological conditions.