

УДК 622.831.537.86

А.В. Кравченко, Е.В. Гладкая, Т.А. Василенко, А.К. Кириллов,
Д.М. Житленок

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА ВНЕЗАПНЫХ ВЫДАВЛИВАНИЙ УГЛЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВМЕЩАЮЩИХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Институт физики горных процессов НАН Украины

Приведены результаты экспериментальных исследований физических свойств непосредственной кровли угольного пласта h_6' шахты им. А.А. Скочинского, представленной глинистыми породами. Предложен критерий для прогноза внезапных выдавливания угля по значениям энергии активации выхода флюида из горных пород.

Ключевые слова: внезапные выдавливания угля, энергия активации выхода флюида, глинистые породы, непосредственная кровля.

С переходом горных работ на большие глубины при проведении как подготовительных, так и выемочных выработок участились проявления такого газодинамического явления (ГДЯ), как внезапное разрушение призабойной части угольного массива (внезапные выдавливания угля) с преимуществом динамической составляющей и попутным газовыделением.

В соответствии с современной классификацией ГДЯ [1] внезапное выдавливание (отжим) угля с попутным газовыделением представляет собой быстрое смещение угольного массива в рабочее пространство более чем на 0,2 м. В отличие от типичных внезапных выбросов угля и газа подобные явления могут происходить на однородных угольных пластах с высокими прочностными характеристиками углей и зависят в первую очередь от свойств и напряженного состояния вмещающих угольный пласт горных пород.

В настоящее время на угольных шахтах применяются способы прогноза опасности угольных пластов по внезапным выдавливаниям угля на основе активности акустической эмиссии и по параметрам акустического сигнала [2]. Основным недостатком данных способов является отсутствие возможности разделения сейсмоимпульсов, исходящих от вмещающих пород и угольного массива, и достоверного прогноза координат очагов выдавливания угля. В целом вероятность определения очагов выдавливания угля на основе сейсмоакустических методов не превышает 50%.

В работе [3] авторами была предложена методика квалификации ГДЯ, в том числе и внезапных выдавливаний угля, по комплексу физических показателей. Основой этой методики являются результаты исследований десорбции метана из угля.

Однако, поскольку механизм внезапного выдавливания угля, в том числе осложненного газовыделением, связан с особенностями структуры и реакции вмещающих пород на проведение горных выработок, на наш взгляд, целесообразно, наряду с исследованием свойств и состояния угольных пластов, определение роли вмещающих пород в инициировании данного типа ГДЯ.

Согласно работам [4, 5] было установлено, что внезапные выдавливания угля связаны либо с наличием в песчанике основной кровли угольного пласта высокотемпературных фаз породобразующего кварца в виде β -кварца и β -кристобаллита, либо с низкими значениями водородсодержащей компоненты. На основе проведенных исследований был разработан способ прогнозирования опасности угольных пластов по внезапным выдавливаниям угля, одновременно учитывающий физические и структурные свойства песчаника основной кровли угольного пласта [6].

Цель данной работы – создание методики прогноза внезапных выдавливаний угля по изменению свойств непосредственной кровли угольного пласта, представленной глинистыми породами (аргиллитами).

Глинистые породы всегда существенно отличаются по физико-механическим свойствам от пород другого состава. Являясь непосредственной кровлей угольных пластов, тонкие слои данных пород легко обрушаются в рабочее пространство даже при незначительном кратковременном обнажении [7].

Согласно [8] в состав аргиллитов входит химически и физически связанная вода в различных соотношениях. Это объясняется способностью минералов, входящих в аргиллит, адсорбировать на своей поверхности молекулы воды за счет электростатического притяжения. Для аргиллита наиболее активными центрами адсорбции служат гидроксильные группы поверхности, принадлежащие колиниту и слюдам. Сила связи адсорбированной воды с поверхностью пор в породах определяется, как и в углях, сорбционными центрами пород. Поэтому при исследовании углевмещающих пород из мест проявления различных типов ГДЯ, в том числе внезапных выдавливаний угля, целесообразно изучение сорбционных особенностей пород наряду с их основными физическими и структурными свойствами. Одним из параметров, отражающих изменение сорбционных свойств пород, является энергия активации выхода флюида.

Исследования по определению энергии активации выхода флюида проводили в породах непосредственной кровли на шахте им. А.А. Скочинского. Для этого отбирали образцы пород непосредственной кровли пласта h_6' «Смоляниновский» по мере прохождения 12-го западного конвейерного

штрека 2-й западной лавы. Пласт h_6' относится к особо опасным по внезапным выбросам угля и газа, по суффлярным выделениям газа, имеет III категорию по самовозгоранию. Непосредственная кровля угольного пласта представлена аргиллитом мощностью 2,6–5,8 м с коэффициентом крепости $f = 4,3$. Аргиллит от темно-серого до серого, горизонтально-слоистый, слабо песчаный, по всему слою с редкими включениями глинисто-карбонатных стяжений и остатками обугленной флоры, местами переходит в алевролитистый аргиллит. На участке экспериментальных работ повсеместно наблюдались внезапные отжимы угля по всей мощности пласта на величину 0,3–0,6 м, а иногда и более.

Для каждой из проб в лаборатории по методике [9] были определены эффективный коэффициент диффузии D и энергия активации E_a выхода флюида из порового объема исследуемых пород. Для расчета значений этих параметров использовали полученные с помощью влагомера ADS-200 кривые десорбции массы образцов при различных температурах в интервале 100–160°C. На первом этапе обработки данных предполагалось, что для каждого значения температуры зависимость относительной потери массы Δm от времени происходит по экспоненциальному закону:

$$\Delta m(t) = e^{-\alpha t}, \quad (1)$$

где α – параметр десорбции, имеющий размерность s^{-1} и связанный с коэффициентом десорбции равенством $D = \alpha r^2$; r – средний радиус фракции; t – время, с.

Значения $\Delta m(t)$ определяются из экспериментальной кривой потери массы исследуемого образца по формуле

$$\Delta m(t) = \frac{m(t) - m_0}{m_0}, \quad (2)$$

где m_0 – масса сухого вещества.

Второй этап заключался в вычислении энергии активации выхода флюида E_a по данным значениям D , полученным при наборе температур. Этот метод определения энергии активации является стандартным в физических исследованиях термоактивированных процессов, для которых предполагается выполнение формулы Аррениуса:

$$D = D_0 \exp(-E_a / RT), \quad (3)$$

где $R = 8,31$ Дж/моль·К – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура, D_0 – предэкспоненциальный множитель.

Затем было произведено сравнение результатов измерений с шахтными данными о произошедших ГДЯ (внезапных выдавливаниях угля) за время проведения эксперимента.

Согласно полученным экспериментальным результатам был рассчитан коэффициент относительного изменения энергии активации выхода флюида

из непосредственной кровли угольного пласта, представленной глинистым сланцем:

$$B_k = \frac{E_{\phi} - E_T}{E_T}, \quad (4)$$

где E_{ϕ} , E_T – соответственно фоновое и текущее значения энергии активации выхода флюида, кДж/моль.

Значение E_{ϕ} определяли как среднюю величину данного параметра на интервалах выработки, где проявления внезапных выдавливания угля и других ГДЯ не наблюдались.

Некоторые результаты экспериментальных исследований приведены в таблице.

Таблица

Значения энергии активации выхода флюида $E_{\text{акт}}$ и параметра B_k для различных газодинамических явлений по длине 2-го западного конвейерного штрека пласта h_6' шахты им. А.А. Скочинского

Параметры	Без проявления ГДЯ			Внезапные выдавливания угля		ГДЯ в зонах тектонических нарушений				
	номер пикета по длине штрека									
	104+2	105+1,2	117+3,4	102+8	111+6	118+1	101+3,2	101+7	102	
$E_{\text{акт}}$, кДж/моль	24,5	22,1	26,1	16,1	20	13	13,7	12,03	12,4	
B_k	0,06	0,13	-0,04	0,62	0,3	1	0,9	1,16	1,1	

На рисунке представлен график изменения показателя B_k по длине 2-го западного конвейерного штрека пласта h_6' шахты им. А.А. Скочинского.

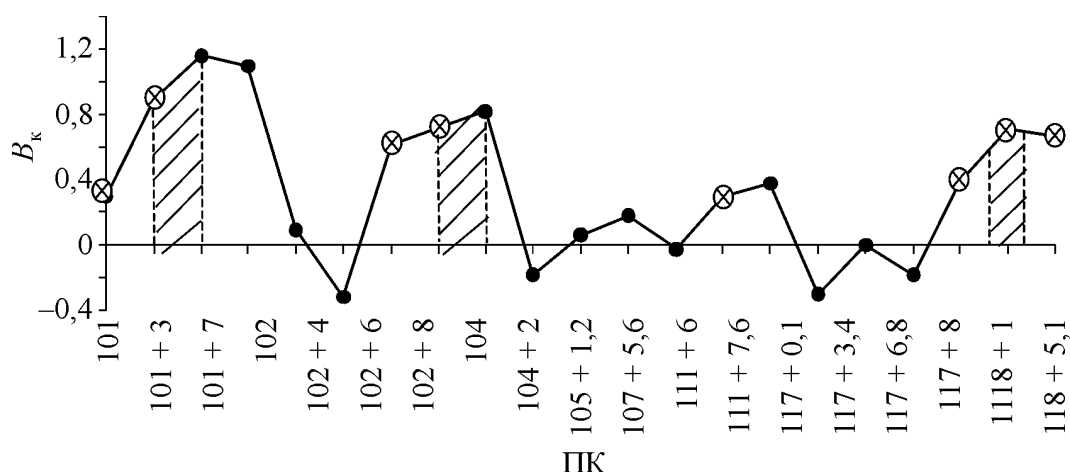


Рис. Изменение показателя B_k по длине 2-го западного конвейерного штрека пласта h_6' шахты им. А.А. Скочинского: \otimes – ГДЯ (внезапное выдавливание угля или микровыброс); \blacksquare – зона тектонического нарушения; ПК – пикеты по длине 2-го западного конвейерного штрека пласта h_6'

Из анализа полученных данных видно, что при подходе к зонам тектонических нарушений и непосредственно в них (ПК 101+3 – ПК 101+7, ПК 103+2 – ПК 103+4, ПК 118+1) наблюдается увеличение значений B_k с 0,7 до 1,16, а в местах проявления внезапных выдавливания угля показатель B_k находится в пределах 0,3 – 0,7 от фонового показателя.

На основе полученных результатов были определены следующие критериальные значения параметра B_k :

$0,3 \leq B_k \leq 0,7$ – внезапное выдавливание угля;

$B_k \geq 0,7$ – ГДЯ (внезапные выдавливания угля) в зонах тектонических нарушений;

$0,3 \leq B_k$ – отсутствие ГДЯ (внезапные выдавливания угля).

Таким образом, в ходе проведенных исследований были получены закономерности изменения энергии активации выхода флюида из вмещающих глинистых пород. Данные результаты можно использовать в качестве критериальных при разработке методики прогноза внезапных выдавливания угля по изменению энергии активации выхода флюида из глинистых пород непосредственной кровли угольного пласта, представленной аргиллитом.

1. *Методические указания по классификации газодинамических явлений на угольных шахтах / ЦБНТИ МУП СССР. – Донецк, 1991. – 17с.*
2. СОУ 10.1.00174088.011-2005 «Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям».
3. *Стариков Г.П. Разработка методики квалификации типа ГДЯ для угольных пластов пологого падения / Г.П. Стариков, Г.П., В.В. Завражин, А.Н. Бойко, Д.В. Мельников, Н.И. Волошина // Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: Материалы XIX Международ. науч. школы. – Симферополь: Таврич. нац. ун-т, 2009. – С. 97–102.*
4. *Стариков Г.П. Влияние изменения структуры основной кровли на угольный пласт / Г.П. Стариков, Е.В. Гладкая, А.В. Кравченко // Физико-технические проблемы горного производства: сб. науч. тр. / НАН Украины, Институт физики горных процессов. – 2009. – Вып. 12. – С. 11–14.*
5. *Стариков Г.П. Прогноз аномальных зон в песчанике по изменению фазового состояния кварца и количества водородосодержащих компонент / Г.П. Стариков, Е.В. Гладкая, В.В. Завражин, А.В. Кравченко // Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: Материалы XVIII международ. науч. школы. – Симферополь: Таврич. нац. ун-т, 2008. – С. 302–304.*
6. Патент № 90062 UA, МПК (2009) E21F 5/00. Спосіб прогнозування небезпеки вугільних пластів по раптовому видавлюванню вугілля / А.Д. Алексєєв, Г.П. Старіков, О.В. Гладка, О.В. Кравченко. – Власник Інститут фізики гірничих процесів НАН України. – Заявл. 29.01.2009. – Опубл. 25.03.2010. – Бюл. № 6.

7. *Структурная геология Донецкого угольного бассейна / М-во геологии СССР, Всесоюз. науч.-исслед. геологоразвед. ин-т угольных м-ний. – М.: Недра, 1985. – 149с.*
8. *Алексеев А.Д. Радиофизика в угольной промышленности / А.Д. Алексеев, В.Е. Зайденварг, В.В. Синолицкий, Е.В. Ульянова. – М.: Недра, 1992. – 184с.*
9. *Василенко Т.А. Скейлинговое представление процесса десорбции метана из природного сорбента / Т.А. Василенко, А.К. Кириллов, Я.В. Шажко, Н.И. Волошина // ФТДВ. – 2007. – 17, №4. – С. 91–99.*

О.В. Кравченко, О.В. Гладка, Т.А. Василенко, А.К. Кириллов,
Д.М. Житленок

НАУКОВІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУ РАПТОВИХ ВИДАВЛЮВАНЬ ВУГІЛЛЯ ЗА ЗМІНОЮ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВМІЩУЮЧИХ ГЛИНИСТИХ ПОРІД

Наведено результати експериментальних досліджень фізичних властивостей безпосередньої покрівлі вугільного пласта h₆' шахти ім. А.А. Скочинського, представлені глинистими породами. Запропоновано критерій для прогнозу раптових витискувань вугілля за значеннями енергії активації виходу флюїда з гірничих порід.

Ключові слова: раптові витискування вугілля, енергія активації виходу флюїда, глинисті породи, безпосередня покрівля

A.V. Kravchenko, E.V. Gladkaya, T.A. Vasilenko, A.K. Kirillov,
D.M. Zhytlyonok

SCIENTIFIC GROUNDS OF FORECASTING SUDDEN COAL EXTRUSIONS BASED ON CHANGES IN PHYSICAL PROPERTIES OF COAL-BEARING MUDSTONES

Physical properties of mudstones forming the immediate roof of coal seam h₆' within A.A. Skochinsky mine's coalfield were experimentally studied. A criterion was proposed for forecasting sudden coal extrusions based on the activation energy of fluid emission from the rock.

Keywords: sudden coal extrusion, activation energy, fluid emission, mudstone, immediate roof

Статья поступила в редакцию 17 мая 2010 года