

УДК 622.831:537.86

В.В. Завражин<sup>1</sup>, Я.В. Шажко<sup>1</sup>, И.Е. Кольчик<sup>1</sup>, А.В. Кравченко<sup>1</sup>,  
Л.Д. Ожегова<sup>1</sup>, Н. Хуанган<sup>2</sup>

## ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОВЫБРОСНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ВСКРЫТИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

<sup>1</sup>Институт физики горных процессов НАН Украины

<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

*В работе приведены результаты шахтных исследований критерия эффективности противовыбросных мероприятий при вскрытии угольных пластов, проведенных на шахтах ГП «Дзержинскуголь».*

**Ключевые слова:** вскрытие, критерий, противовыбросные, угольный пласт

Условия разработки крутых и крутонаклонных угольных пластов характеризуются рядом особенностей, к числу которых относятся большие значения углов падения пластов и глубины разработки, тектоническая нарушенность, склонность к внезапным выбросам угля, породы и газа и другие факторы.

В Донбассе ежегодно разрабатываются свыше 500 шахтопластов, угол падения которых колеблется от 35 до 90°. В основном такие пласты сосредоточены в Центральном районе Донецкого бассейна. Практически все шахты района отнесены к опасным по внезапным выбросам угля и газа.

Из анализа геомеханических процессов, определяющих газодинамические явления (ГДЯ) при вскрытии угольных пластов, следует, что эти процессы связаны с особенностями нагрузки (разгрузки) части пласта, физико-механическими особенностями угля и отсутствием возможности десорбции газа до момента обнажения пласта. Естественно может возникнуть ситуация, когда избыток накопленной пластом потенциальной энергии приведет к потере устойчивости его новообнаженной поверхности, что будет выражено в разрушении пласта, а при соответствующей газонасыщенности закончится выбросом угля и газа. Одним из направлений, которое используется для снижения интенсивности и частоты выбросов угля и газа, является снижение прочностных и упругих свойств угля, определяющих граничное напряжение в пласте и его прочность. Это направление положено в основу разработки способов предотвращения ГДЯ. Воздействуя на трещиновато-пористую структуру угольного вещества эти способы с разной степенью эффективно-

сти меняют газодинамическое состояние угольного пласта. При этом дать точную оценку склонности пласта к газодинамическим проявлениям после воздействия на пласт противовыбросными мероприятиями не представляется возможным без контроля эффективности.

Критерии эффективности способов предотвращения ГДЯ базируются на учете давления метана в пласте и скорости газовыделения [1]. Параметры, характеризующие эффективность противовыбросных мероприятий, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Способы предотвращения ГДЯ при вскрытии крутых пластов и критерии оценки их эффективности

Способы предотвращения ГДЯ	Параметр, характеризующий эффективность способа	Предельное значение параметра, характеризующего эффективность способа
Вскрытие квершлагами и другими выработками в сочетании с: бурением дренажных скважин; гидровывыванием; возведением каркасной крепи; гидродинамическим воздействием на пласт	Давление метана в пласте $P_2$	$P_{эф} < 1$ МПа
	Давление газа в 4 м за контуром выработки – // –	$P_{эф} < 1$ МПа – // –
	Давление газа в 4 м за контуром выработки $P_2$ или скорость газовыделения $q$	$P_{эф} < 1$ МПа; $q \leq 2$ л/мин
	Давление нагнетаемой воды $P_H$	$P_{эф} \leq P_H/1,3$

Анализ представленных параметров свидетельствует, что вне зависимости от способов предотвращения ГДЯ при вскрытии угольных пластов контроль эффективности противовыбросных мероприятий осуществляется по уровню давления метана в угле и скорости газовыделения. Естественно, этот параметр при прочих равных условиях является ключевым и при оценке эффективности мероприятий. Основной недостаток такого контроля – фактор времени, связанного с ожиданием установления сорбционного равновесия метана в контрольных скважинах.

Более оперативные способы контроля эффективности противовыбросных мероприятий основаны на измерениях параметров сигнала спектров ЯМР-<sup>1</sup>H [2], а также отношения количества метана и физически связанной влаги [3] до и после гидрообработки угольного пласта. Однако эти способы требуют специального оборудования для проведения оценки эффективности противовыбросных мероприятий в шахтных условиях.

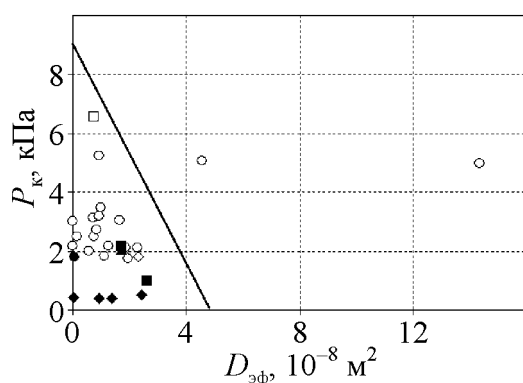
С учетом представленного анализа целью настоящей работы является интегральная оценка эффективности противовыбросных мероприятий при

вскрытии склонных к ГДЯ крутонаклонных угольных пластов, основанная на определении давления газа и параметра эффективной диффузии с помощью измерителя массопереноса метана (ШИММ), характеризующих газодинамическую активность угольного массива во времени и пространстве [4].

Физической основой определения газодинамического состояния является тот факт, что процесс, связанный с формированием выбросоопасных зоны и выбросом угля и газа, должен иметь несколько подготовительных фаз. При этом физико-химические изменения в каждой фазе протекают за определенный промежуток времени. В принципе возможны два случая формирования выбросоопасных ситуаций. Первый определяется локальностью природы выбросоопасности, а второй связан с накоплением изменений в структуре угля, фазовыми превращениями на уровне водородных взаимодействий, формирующихся за счет импульса взрывных работ. Применительно к глубине 600–1200 м с учетом коэффициента концентрации напряжения во вскрываемом угольном пласте суммарное напряженное состояние будет составлять в среднем 100–120 МПа, что близко к давлению, приводящему к механо-химическим реакциям типа взрыва в твердых телах.

Независимо от условий формирования выбросоопасных зон должны происходить изменения в структуре угля, влияющие на процесс истечения метана, степень изменения которого можно контролировать по параметрам эффективной диффузии  $D_{эф}$  ( $m^2/c$ ) и давлению газа в угле.

По результатам исследований, проведенных на шахтах Донбасса в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, был разработан способ экспресс-оценки газодинамического состояния угольного пласта в месте отбора проб (рис. 1).



Определение давления в кювете и параметров массопереноса метана в угольном пласте должно производиться по показаниям измерителя ДС-03 (ШИММ) [6].

Аппроксимирующая линия, разделяющая неопасное состояние угольного массива от области, в которой произошли ГДЯ, фактически является критерием оценки состояния угольного массива, учитывающим десорбционные свойства угля. Его можно представить в виде

$$B = 0,44P_k + 1,14 \cdot 10^8 D_{эф} \geq 5, \quad (1)$$

где  $P_k$  – давление в кювете шахтного измерителя массопереноса, кПа;  $D_{эф}$  – эффективный коэффициент массопереноса метана, м<sup>2</sup>/с.

Критерий (1) был взят за основу при проведении шахтных исследований критерия эффективности противовыбросных мероприятий при вскрытии склонных к ГДЯ крутых угольных пластов.

Шахтные исследования разработанного критерия осуществлялись в условиях шахт «ОП «Шахта Торецкая» и им. Ф.Э. Дзержинского ГП «Дзержинскуголь». Объем исследований составил 2 и 4 вскрытия на пластах  $m_2$ -«Тонкий» и  $m_3$ -«Толстый» шахт соответственно «ОП «шахта Торецкая» и шахты им. Ф.Э. Дзержинского.

Отбор проб для оценки эффективности противовыбросных мероприятий проводили при бурении скважин в пласт через породную пробку не менее 3 м (рис. 2).

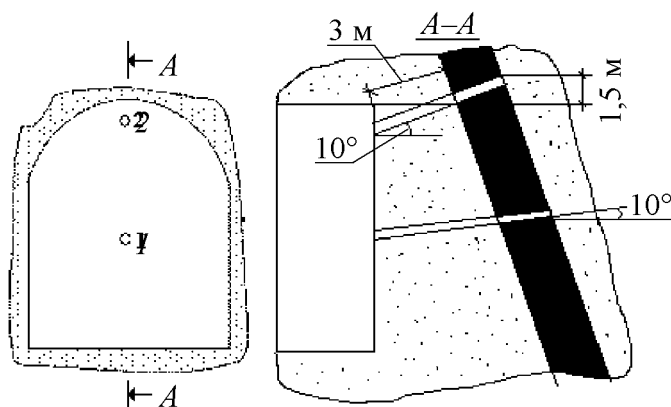


Рис. 2. Схема расположения скважин в забое подготовительной выработки при вскрытии крутопадающих угольных пластов

Давление и эффективный коэффициент массопереноса определяли шахтным измерителем массопереноса метана в интервале от 24 до 48 ч после проведения противовыбросных мероприятий.

В табл. 2 и 3 представлены результаты шахтных исследований соответственно на пластах ОП «Шахта Торецкая» и шахте им. Ф.Э. Дзержинского ГП «Дзержинскуголь».

На угрожаемых пластах «ОП «Шахта Торецкая» противовыбросные мероприятия не проводили и вскрытия осуществляли по нормативной методике [1] с контролем выбросоопасности по комплексному показателю. Оценка потенциальной газодинамической активности угольных пластов в месте вскрытия показала отсутствие возможности выброса по критерию (1).

Таблица 2

Результаты исследований на «ОП «Шахта Торецкая»

Пласт угрожаемый, квершлаг 13ППШ-42 гор. 710 м (без мероприятия)	$P_k$ , Па	$D_{эф}$ , $10^{-8}$ м <sup>2</sup> /с	$B$	Оценка состояния
$m_3$	2395	1,9	3,2	–
$m_2$	2100	1,5	2,6	–

Таблица 3

Результаты исследований на шахте им. Ф.Э. Дзержинского

Пласт, место вскрытия, мероприятия	$P_k$ , Па	$D_{эф}$ , $10^{-8}$ м <sup>2</sup> /с	$B$	$B_{п}/B_{м}$	Оценка состояния
$m_3$ -«Толстый», квершлаг 3 ВППШ-41 № 17 гор. 1146м: перед мероприятием; после мероприятия	10560 3135	2,8 3,1	7,8 4,9	1,72	– Эффективно
$m_2$ -«Тонкий», квершлаг 3 ВППШ-41 № 17 гор. 1146 м: перед мероприятием; после мероприятия	7648 10540	4,9 3,4	8,9 8,5	<1	– Неэффективно
квершлаг 3 ЗППШ-42 № 8 гор. 1146 м, после мероприятия: $m_3$ -«Толстый»; $m_2$ -«Тонкий»	7125 3872	0,4 2,3	3,6 4,3	2,06 2,07	Эффективно Эффективно

На шахте им. Ф.Э. Дзержинского пласты вскрывались без прогноза выбросоопасности по комплексному показателю, но во всех случаях применялись локальные методы борьбы с выбросами (гидровоздействие и каркас безопасности).

В результате выполненных шахтных исследований проведена оценка эффективности противовыбросных мероприятий при вскрытии на 4 пластах 2 шахт крутого падения ГП «Дзержинскуголь»:

1) при вскрытии угрожаемых пластов с прогнозом выбросоопасности критерий (1) показал состояние «эффективно» ( $B < 5$ ), и противовыбросные мероприятия не проводились;

2) на выбросоопасных пластах в 3 из 4 случаев величина критерия  $B$  составляла менее 5 и вскрытия не сопровождались газодинамическими явлениями;

3) для пласта  $m_2$ -«Тонкий» значение критерия  $B$  составило 8,5, а вскрытие его сопровождалось обрушением незначительной нависающей части угольного массива, из-за нарушения технологии гидровоздействия на угольный пласт через породную пробку менее 3 м.

В целом результаты шахтных исследования свидетельствуют о возможности применения критерия  $B$  для оценки эффективности противовыбросных мероприятий при вскрытии угольных пластов.

1. СОУ 100.1.00174088.011–2005. Киев. 2005. – 224 с. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям.
2. ДНАОП 1.1.30–1.XX.04. Киев. 2004. – 195 с. Безопасное ведение работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям.
3. КД 12.10.05.01–99. Донецк. 1999. – 23 с. Прогноз выбросоопасности при вскрытии крутых и крутонаклонных угольных пластов.
4. *Стариков Г.П.* Оценка эффективности мероприятий по предотвращению внезапных выбросов угля и газа при вскрытии крутых угольных пластов / Г.П. Стариков, В.В. Завражин, И.Е. Кольчик, Д.В. Мельников, Я.В. Шажко, А.В. Кравченко // Материалы Междунар. научн.-практ. конф.: «Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках». – Алушта, 2013. – С. 307–310.
5. *Стариков Г.П.* Оценка эффективности противовыбросных мероприятий при вскрытии крутонаклонных угольных пластов / Г.П. Стариков, В.В. Завражин, Я.В. Шажко, С.Е. Дегтярь, Ш.В. Мамлеев // Геотехническая механика: Днепрпетровск. – 2012. – Вып. 105. – С. 64–68.
6. *Шажко Я.В.* Экспресс-метод определения давления и количества метана в угольных пластах / Я.В. Шажко // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк, 2011. – Вып. 14. – С. 60–67.

*В.В. Завражин, Я.В. Шажко, И.Е. Кольчик, А.В. Кравченко Л.Д. Ожегова,  
Н. Хуанган*

#### **ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИВИКИДНИХ ЗАХОДІВ ПРИ РОЗКРИТІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ**

У роботі наведено результати шахтних досліджень критерія ефективності противикидних заходів при розтині вугільних пластів, проведених на шахтах ДП «Держжинськвугілля».

**Ключові слова:** розкриття, критерія, противикидні, вугільний пласт

*V.V. Zavrazhin, Ya.V. Shazhko, I.E. Kolchik, A.V. Kravchenko, L.D. Ozhegova,  
N. Nyangan*

#### **GROUNDING OF THE CRITERIA OF EFFICIENCY OUTBURST PREVENTION MEASURES AT THE OPENING OF COAL BEDS**

The paper presents the results mine study criterion the effectiveness of measures at the opening coal seams, held at the mines GP «Dzerzhinskugol».

**Keywords:** opening, method, steep incline, coal seam