

УДК 622. 831.322:635

с.н.с. Радченко А. Г.
(УкрНИИМ, Украина),
к.т.н., с.н.с. Маркин В. А.,
с.н.с. Ашихмин В. Д.
(МакНИИ, Украина, e-mail: dmitrievich.valerij@yandex.ru),
инженер Радченко А. А.
(ДонНАСА, Украина)

ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ В ПЛАСТАХ ДОНБАССА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ И ГЛУБИНЫ

В статье рассмотрены основные закономерности изменения давления газов в пластах Донбасса в зависимости от глубины и степени метаморфизма углей, даны рекомендации по определению максимальной глубины, с которой необходимо вводить текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов.

Ключевые слова: внезапные выбросы угля и газа, степень метаморфизма, глубина, давление газа, волнообразное изменение, перераспределение энергии, горный массив.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Измерению давления газов в угольных пластах Донбасса в 50-е годы прошлого столетия уделялось большое внимание [1].

Обзор литературы по измерению давления газов в угольных пластах Донбасса показал следующее. В работе [1] Н.Е. Волошин приводит результаты наблюдений за давлением газа впереди движущегося очистного забоя 16-й восточной лавы отработываемой пласт h_8 – «Прасковиевский» шахты № 7/8 им. М.И. Калинина (г. Донецк). Стабилизированное давление газа, измеренное в шпурах в угольном пласте, составило $P_{cm} = 60 - 65$ атм. По мере подвигания очистного забоя, когда расстояние от забоя до манометров составляло 4,0–2,0 м, при проходе комбайна мимо пункта замера в скважинах происходил резкий скачок давления газа $P_{дин} = 130 - 134$ атм. Таким образом, впереди работающего комбайна движется волна опорного давления, вызывающая динамические пригрузки, которые проявляются в росте напряжений и давления газа в угольном пласте.

В работе [2] В.Я. Ткач приводит график зависимости максимальных значений дав-

лений газов от удельного выхода летучих веществ (V^{daf}). Указанный график имеет форму параболы с максимумом при значениях $(V^{daf}) = 20 - 22$ %. Максимальные значения давления газа на графике составили $P = 130$ атм. Таким образом, в работе [2] взяты максимальные динамические значения давления газа $P_{дин} = 130$ атм при прохождении комбайна, а не статические значения давления газа ($P_{cm} = 60 - 65$ атм) в нетронутом угольном забое, которые были измерены за 38-11м до подхода очистного забоя к манометрам, согласно [1].

На основании графика параболического распределения давления газа в угольных пластах в зависимости от (V^{daf}), а также на основании статистической вероятности встречи выбросоопасных пластов в ряду метаморфизма углей в работах [2, 3] были высказаны следующие предположения. В работах [2, 3] высказано предположение о том, что проявление выбросоопасности углей в ряду метаморфизма подчиняется параболическому закону. Данное утвер-

© Радченко А. Г., 2017

© Маркин В. А., 2017

© Ашихмин В. Д., 2017

© Радченко А. А., 2017

ждение не подтвердилось практикой ведения горных работ в Донбассе за последние 25 лет. Далее в работе [3] была высказана рабочая гипотеза о прекращении внезапных выбросов с глубиной для углей различных стадий метаморфизма, что также не подтвердилось практикой ведения горных работ в Донбассе за последние 25 лет. Распределение количества внезапных выбросов угля и газа в ряду метаморфизма имеет сложный, волнообразный, мульти-модальный характер, который обусловлен сложными, нелинейными преобразованиями структурно-химических свойств углей в ряду метаморфизма и который связан со скачками углефикации [4]. Знание закономерностей изменения давления газов в угольных пластах позволяет решить ряд теоретических и научно-практических задач:

а) уточнение минимальной глубины проявления внезапных выбросов угля и газа для различных марок углей;

б) прогнозирование основных закономерностей проявления внезапных выбросов угля и газа для различных марок углей с глубиной и т. д.

Постановка задачи. Задачей настоящей работы является:

– установление закономерностей изменения давления газов в угольных пластах Донбасса в зависимости от весового выхода летучих веществ (V^{daf}) и глубины залегания угольных пластов (H);

– уточнение минимальной глубины проявления внезапных выбросов угля и газа ($H_{мин}$) для различных марок углей.

Изложение материала и его результаты. Для достижения поставленных целей по данным работы [5] был выполнен статистический анализ изменения давления газов на крутопадающих угольных пластах Донбасса в зависимости от степени метаморфизма углей и глубины, результаты которого приведены в таблице 1.

Из анализа таблицы 1 следует, судя по общим средним арифметическим значениям значений давления газов для каждой группы метаморфизма - распределение

давлений газа в ряду метаморфизма не подчиняется параболическому закону и в группах 2,3,4,5 имеет практически одинаковые значения. В каждой из групп метаморфизма: 2-й, 3-й, 4-й и 5-й наиболее четко прослеживается рост давлений газа с ростом глубины ведения горных работ. Обращает на себя внимание следующий факт: с уменьшением степени метаморфизма углей от 7-й к 2-й группе увеличивается глубина, на которой измерены максимальные значения давления газа. Если в 7-й группе среднее значение давления газов $P = 38$ атм расположено на глубине $H = 501 - 600$ м, то в группе 5 среднее значение давления газов $P = 34$ атм располагается на глубине $H = 601 - 700$ м, а в группе 3 среднее значение давления газов $P = 40$ атм расположено уже на глубине $H = 801 - 900$ м. В углях высокой стадии метаморфизма первые внезапные выбросы зафиксированы на глубинах: $H = 106 - 111$ м, так как для этих углей характерна небольшая глубина газового выветривания и высокие значения давления газа на малых глубинах. Нами также, по данным работы [5], выполнен анализ изменения средних арифметических значений давления газов на пологих угольных пластах Донбасса в зависимости от весового выхода летучих веществ и глубины залегания угольных пластов. В связи с весьма малой выборкой общих закономерностей для пологих пластов установить не удалось. Следует только отметить, что в группе 5 на глубине $H = 501 - 600$ м зафиксировано давление газа $P = 60 - 65$ атм, а в группе 4 на глубине более 900 м зафиксировано давление угольных пластах $P = 77 - 79$ атм. Показатели отнесения пластов к угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа согласно [6], приведены в таблице 2.

Способ отнесения пластов к угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа согласно [6] не позволяет дифференцировать пласты по категориям: 1) крутое, наклонное падение и 2) пологое падение.

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 1 – Изменения средних арифметических значений давления газов (P), на крутых угольных пластах Донбасса в зависимости от весового выхода летучих веществ (V^{daf}) и глубины залегания угольных пластов (H)

Интервалы глубин залегания угольных пластов (H), м	Средние значение давления газов от группы метаморфизма (P), атм						
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я
$V^{daf} > 35\%$	$V^{daf} = 35,0$ –29,1%	$V^{daf} = 29,0$ –25,1%	$V^{daf} = 25,0$ –18,1%	$V^{daf} = 18,0$ –13,1%	$V^{daf} = 13,0$ –9,1%	$V^{daf} = 9,0$ –4,5%	$V^{daf} < 9,0\%$
401 – 500	–	25 (1)*	20 (2)*	19 (5)*	25(1)*	–	–
501 – 600	25 (1)	32 (7)	28 (15)	27 (12)	26 (9)	28 (14)	38 (4)
601 – 700	24 (2)	30 (16)	30 (30)	33 (31)	34 (14)	25 (1)	–
701 – 800	25 (1)	32 (19)	30 (32)	36 (8)	32 (7)	–	–
801 – 900	–	35 (1)	40 (2)	37 (4)	–	–	–
Общее среднее	25	30,8	29,6	30,4	29,8	26,5	38

* (5) – в скобках дано количество измерений давления газов

Таблица 2 – Показатели отнесения пластов к угрожаяемым по внезапным выбросам угля и газа

Выход летучих веществ (V^{daf}), %	Комплексный показатель степени метаморфизма угля (M), у.е.	Природная газоносность пласта (X), м ³ /т.с.б.м.	Глубина ($H_{мин}$), м
более 29	от 26,6 до 27,7	8 и более	410
	от 24,1 до 26,5	8 и более	400
более 9	от 22,0 до 24,0	9 и более	390
	от 17,0 до 21,9	10 и более	370
	от 12,8 до 16,9	12 и более	340
	от 9,0 до 12,7	15 и более	300
менее 9 (но $\lg p > 3,3$)	–	16 и более	150

Таблица 3 – Распределение минимальной глубины проявления внезапных выбросов угля и газа ($H_{мин}$) и количества внезапных выбросов (N_g) на пластах пологого падения по группам метаморфизма за период 1946 – 2008 г. г.

Наименование показателей	Группы метаморфизма						
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я
$V^{daf} > 35\%$	$V^{daf} = 35,0$ –29,1%	$V^{daf} = 29,0$ –25,1%	$V^{daf} = 25,0$ –18,1%	$V^{daf} = 18,0$ –13,1%	$V^{daf} = 13,0$ –9,1%	$V^{daf} = 9,0$ –4,5%	$V^{daf} < 9,0\%$
Минимальная фактическая глубина, м	617	410	487	310	286	254	106
Количество выбросов (N_g)	6	102	30	144	576	19	214

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 4 – Предлагаемые значения минимальной глубины, с которой необходимо вводить текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов ($H_{мин.пред.}$) в зависимости от группы метаморфизма углей

№№ группы	Интервалы (V^{daf}), %	Кол-во выбросов (N_g)	Критические значения (X_{np}), м ³ /т *	($H_{мин.факт.}$), м	($H_{мин.норм.}$), м	($H_{мин.пред.}$), м
1	> 35	6	8	617	400	410
2	35,0-29,1	102	9	410	380	390
3	29,0-25,1	30	9	487	230	310
4	25,0-18,1	144	10	310	230	280
5	18,0-13,1	576	10	286	230	250
6	13,0-9,1	19	12	254	230	150
7	< 9,0	214	13	106	150	100

* (X_{np}) – минимальные критические значения природной газоносности угольных пластов, при которых возможны внезапные выбросы угля и газа для каждой из групп метаморфизма углей

Данный способ [6] так же не позволяет непрерывно определять минимальную глубину (H_g), с которой необходимо вводить текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов. Нами, по данным работы [7] выполнен анализ внезапных выбросов (N_g), которые произошли на пластах пологого падения за период 1946–2008 г.г. (табл. 3). Из данных таблицы 3 следует, что фактические данные минимальной глубины проявления внезапных выбросов угля и газа ($H_{мин.факт.}$), не совпадают с данными ($H_{мин.норм.}$) нормативного способа [6], и нуждаются в корректировке. Поэтому, на основании выполненного статистического анализа предлагаем в 1-м приближении следующие значения минимальной глубины, с которой необходимо вводить текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов ($H_{мин.пред.}$) для пластов пологого падения (табл. 4). Во втором более точном приближении, для надежного определения значений ($H_{мин.пред.}$) для пластов крутого, наклонного и пологого падений рекомендуется применять разработанный способ [8]. Способ [8] по сравнению с нормативным способом [6] позволяет наиболее точно и достоверно определять значения ($H_{мин.пред.}$) с учетом абсолютных значений: крепости углей (f), толщины пластического слоя (y), природной газоносности

углей (X_{np}) и весового выхода летучих веществ (V^{daf}).

Выводы и направление дальнейших исследований. На основании выше изложенного следует:

– изменения средних арифметических значений давления газов на крутых, наклонных и пологих угольных пластах Донбасса в ряду метаморфизма углей не подчиняются параболическому закону;

– изменения средних арифметических значений давления газов на крутых угольных пластах Донбасса в ряду метаморфизма углей в интервалах глубин 400-900м имеют волнообразный характер;

– во 2-й, 3-й, 4-й и 5-й группах метаморфизма наблюдается устойчивый рост абсолютных значений давления газа в угольных пластах с увеличением глубины ведения горных работ;

– с уменьшением степени метаморфизма углей от 7-й ко 2-й группе увеличивается глубина, на которой измерены максимальные значения давления газа;

– существующие нормативные способы определения минимальной глубины ($H_{мин.норм.}$), с которой необходимо вводить текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов [6] требуют существенной корректировки с учетом новейших разработок в области проявления внезапных выбросов угля и газа в ряду метаморфизма [4, 8].

Бібліографічний список

1. Волошин Н. Е. Борьба с внезапными выбросами угля и газа на шахте № 7/8 им. Калинина треста Куйбышевуголь // Н. Е. Волошин в кн.: Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах. – М.: Государ. научно-технич. издат-во литературы по горному делу, 1962. – С. 347–374.
2. Ткач В. Я. Методы прогноза выбросоопасности шахтных пластов / В. Я. Ткач – К.: Техніка, 1980. – 190 с.
3. Забигаило В. Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В. Е. Забигаило, В. И. Николін. – К.: Наук. думка, 1990. – 168 с.
4. Антипов И. В. Проявление выбросоопасности углей в ряду метаморфизма / И. В. Антипов, А. Г. Радченко, А. А. Радченко // Безопасность труда в промышленности. – М., 2015. – № 5. – С. 59–65.
5. Бобров И. В. Борьба с внезапными выбросами угля и газа / И. В. Бобров, Р. М. Кричевский. – К.: Техника, 1964. – 328 с.
6. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – Киев: Минуглепром Украины, 2005. – 225 с.
7. Выбросы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906-2007 г.г., справочник / Н. Е. Волошин, Л. А. Вайнштейн, А. М. Брюханов [и др.] – Донецк: СПД Дмитренко, 2008. – 920 с.
8. Патент на корисну модель № 75981 Спосіб визначення категорії викидонебезпечності вугільних пластів. Номер заявки: U 2012 04854, МПК (2012.01), E 21F 5 / 00. Канін В. О., Кисельов М. М., Коптіков В. П., Радченко О. Г., Радченко О. О. Дата публікації: 25.12.2012, Бюл. № 24.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Антощенко Н. И.,
д.т.н., с.н.с. Кудиновым Ю. В.*

Статья поступила в редакцию 05.12.2016

с.н.с. Радченко О. Г. (УкрНДМІ, Україна),
к.т.н., с.н.с. Маркін В. О., с.н.с. Ашихмін В. Д. (МакНДІ, Україна),
інженер Радченко О. О. (ДонНАБА, Україна)

ЗМІНЕННЯ ТИСКУ ГАЗІВ У ПЛАСТАХ ДОНБАСУ ЗАЛЕЖНО ВІД МІРИ МЕТАМОРФІЗМУ ВУГІЛЛІВ ТА ГЛИБИНИ

Розглянуто основні закономірності змінення тиску газів на крутопадаючих вугільних пластах Донбасу залежно від глибини і міри метаморфізму вугілля. Дано рекомендації щодо визначення мінімальної глибини, з якої необхідно вводити поточний прогноз викидонебезпечності на пологих вугільних пластах.

Ключові слова: раптові викиди вугілля і газу, міра метаморфізму, глибина, тиск газу, хвилеподібне змінення, перерозподіл енергії, гірський масив, мінімальна глибина прояву викидів.

Senior researcher Radchenko O. G. (UkrNDMI, Ukraine), **PhD (Engineering) senior researcher Markin V. O., senior researcher Ashymin V. D.** (MaksRI, Ukraine), **engineer Radchenko O. O.** (DonNACEA, Ukraine)

GAS PRESSURE CHANGES THE SEAMS OF DONBASS DEPENDING ON THE DEGREE OF COAL METAMORPHISM AND DEPTH

The basic laws of gas pressure changes in the formations of Donbass, depending on the depth and degree of metamorphism of coal, recommendations for the definition of the maximum to which requires a current forecast of outburst coal seams.

Keywords: sudden coal and gas emissions, the degree of metamorphism, depth, pressure gas, wavy change, a redistribution of power massif.