

УДК 622. 831.322:635

с.н.с. Радченко А. Г.
(УкрНИМИ, г. Донецьк, Україна),
к.т.н. Маркин В. А.,
с.н.с. Ашихмин В. Д.
(МакНИИ, г. Макеевка, Україна),
Радченко А. А.
(ДонАСА, г. Макеевка, Україна)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА С ГЛУБИНОЙ

С учетом структурно-химических свойств углей предложена новая рабочая гипотеза проявления внезапных выбросов угля и газа с глубиной, согласно которой на глубинах $H = 800-1600$ м потенциальная выбросоопасность углей низкой и средней стадий метаморфизма будет оставаться высокой, и прекращение выбросов не исключено.

Ключевые слова: выбросоопасность углей и газа, структурно-химические свойства углей, стадия метаморфизма.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В настоящее время общепризнанной гипотезой проявления выбросоопасности угольных пластов является энергетическая теория В. В. Ходота [1], согласно которой к основным факторам, определяющим выбросоопасность пласта, относятся:

- а) физико-механические свойства пласта;
- б) его напряженно-деформированное состояние;
- в) газодинамическое состояние пласта.

Следует подчеркнуть, что в тоже самое время с позиций энергетической теории В. В. Ходота нельзя объяснить следующие факты: 1) волнообразное, мультимодальное проявление выбросоопасности углей в ряду метаморфизма; 2) факт повышенной потенциальной выбросоопасности углей средней стадии метаморфизма; 3) эффект Бриджмена – т.е. происходящие при разрушении углей под ударной нагрузкой механохимические процессы, следствием которых является генерация новых газов. В работе [2] было высказано предположение о том, что проявление выбросоопасности углей в ряду метамор-

физма подчиняется параболическому закону. Данное утверждение не подтвердилось практикой ведения горных работ в Донбассе за последние 25 лет. Далее в работе [2] на основании этого предположения и мало представительного объема статистических выборок была высказана рабочая гипотеза о прекращении внезапных выбросов с глубиной для углей различных стадий метаморфизма, что также не подтвердилось практикой ведения горных работ.

Постановка задачи. Задачей настоящей работы является анализ рабочих гипотез проявления выбросоопасности с увеличением глубины, разработка новой рабочей гипотезы проявления выбросоопасности углей разных стадий метаморфизма на глубинах 800 – 1600 м.

Изложение материала и его результаты. Рассмотрим различные точки зрения на изменение выбросоопасности с увеличением глубины ведения горных работ. Исследованию этой проблемы были

© Радченко А. Г., 2015

© Маркин В. А., 2015

© Ашихмин В. Д., 2015

© Радченко А. А., 2015

посвящены работы Быкова Л. Н., Ярового И. М., Некрасовского Я. Э., Борисенко А. А., Недви́ги С. Н., Степановича Г. Я., Николина В. И., Ткача В. Я., Николина В. В., Лысикова Б. А., Вереды В. С., Юрченко Б. А., Забига́йло В. Е., Боброва А. И., Онопчука Б. Н., Фейта Г.Н. и многих других. Быков Л. Н., Яровой И. М., Борисенко А. А. констатировали увеличение выбросоопасности с ростом глубины. Вередя В. С. и Юрченко Б. А. указывали на уменьшение количества выбросов, начиная с глубины 750м, Недви́га С. Н. утверждал, что нет оснований предполагать о снижении выбросоопасности на глубинах 1000 – 1200м. Г. Н. Фейт и др. в работе [3] указывают на рост потенциальной энергии горного массива с ростом глубины. С увеличением глубины ведения горных работ растут потенциальная и кинетическая энергия вмещающих пород, напряженно-деформированное состояние и давление газов в угольных пластах.

В работе [2] предложена гипотеза о прекращении внезапных выбросов угля и газа с увеличением глубины. Проверка возможности применения указанной гипотезы была выполнена нами в условиях ш/у «Покровское», Красноармейский геолого-промышленный район, по пласту d₄ для разрабатываемых блоков №6 и №8. Мощность пласта d₄ колеблется в пределах 0,60 – 2,5м, углы падения составляют $\alpha = 2-8^\circ$. Угли относятся к маркам – Ж, К и ОС, природная газоносность составляет $X_{np} = 6-12$ куб.м³/т.с.б.м. Согласно [2], для углей различной степени метаморфизма глубина прогнозируемого прекращения внезапных выбросов угля и газа ($H_{np.выб}$) может быть рассчитана по формуле:

$$H_{np.выб} = (V^{daf} + 4,2) \cdot 17,5, \text{ м} \quad (1)$$

где V^{daf} – выход летучих веществ, %.

Для блоков №6 и №8 рассчитали глубину прекращения выбросов ($H_{np.выб}$) по формуле (1), результаты расчетов приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что в блоке №6 средняя глубина разработки равна $H_{раз} = 685$ м, рассчитанная глубина прекращения выбросов составила $H_{np.выб} = 570,5$ м, а внезапный выброс угля и газа в блоке №6 произошел на глубине $H_{выб.факт} = 703$ м. Из таблицы 1 также следует, что в блоке №8 средняя глубина разработки равна $H_{раз} = 689$ м, рассчитанная глубина прекращения выбросов составила $H_{np.выб} = 586,3$ м, а внезапный выброс угля и газа в блоке №8 произошел на глубине $H_{выб.факт} = 730$ м. Таким образом, в условиях ш/у «Покровское» формула (1) расчета $H_{np.выб}$ допускает весьма существенные и серьезные ошибки. Проверка возможности применения рабочей гипотезы была выполнена нами также в условиях ГП «Первомайскуголь», на шахте «Горская», по пласту k₈.

На пласте k₈ 19.01.1994 г. на глубине 970 м произошел внезапный выброс угля и газа интенсивностью – $Q_{уг} = 100$ т. Марка угля – Г, весовой выход летучих веществ $V^{daf} = 41\%$, $X_{np} = 15$ м³/т.с.б.м., $\alpha = 6^\circ$, $m = 1,75$ м – $H_{np.выб}$, рассчитанная по формуле (1), составила 791м. Следовательно, формула (1) для расчета $H_{np.выб}$ явно ошибочна.

Подводя итог выше сказанному, следует отметить ошибочность основных методологических положений гипотезы о прекращении внезапных выбросов с глубиной, которая была изложена в работе [2].

Таблица 1 – Анализ $H_{пр.выб}$ в условиях ш/у «Покровское»

№№ блоков	V^{daf} , %	$H_{раз}$, м	$H_{пр.выб}$, м	$H_{выб.факт}$, м
Блок №6	28,4	685	570,5	703
Блок №8	29,3	689	586,3	730

В работе [4] показано, что на глубинах разработки $H = 800–1200$ м существенно возросли интенсивность выбросов: количество выброшенного угля – $Q_{уг}$ и количество выделившегося метана – $Q_{газ}$, увеличилась дальность отброса угля и возросла глубина полостей выбросов по сравнению с полостями внезапных выбросов, отмеченных на глубинах $H = 400 – 800$ м. Следует отметить, что с ростом глубины ведения горных работ наблюдаются следующие тенденции: рост природной газоносности пластов, давления газа, снижение газопроницаемости угольного и породного массива, рост энергии горного массива за счет роста энергии газа и возрастания потенциальной энергии вмещающих пород. В связи с этим на глубинах свыше 600 м интенсивность внезапных выбросов – $Q_{уг}$, значительно возрастает (смотри табл. 2).

Структурно-химические свойства углей определяют их физико-механические, сорбционные и газокинетические свойства, которые в совокупности обуславливают формирование и проявление выбросоопасности [5]. В углях средней стадии метаморфизма структурная перестройка органической массы углей ведет к появлению новых свойств, таких как пластичность, которая обуславливает: а) спекаемость, коксуюемость углей; б) низкую прочность, высокую дробимость углей, их высокие сорбционную способность и набухаемость. Высокая сорбционная набухаемость углей ведет: к уменьшению диаметра пор, снижению газопроницаемости угля, росту внутренних напряжений и давления газа, самозаклиниванию пласта. По-

этому, угли средней стадии метаморфизма характеризуются рядом особенностей: пониженные удельный вес, пористость, прочность, низкие значения пределов прочности на сжатие и растяжение, которые обуславливают их повышенную выбросоопасность. Обобщение опыта ведения горных работ в сложных горно-геологических условиях [4], а также изучение особенностей изменения структурно-химических свойств углей [5] позволили разработать новую рабочую гипотезу изменения выбросоопасности с ростом глубины ведения горных работ, ряд отдельных положений которой были изложены в работе [6]. Согласно разработанной новой рабочей гипотезе, на больших глубинах разработки $H = 800–1600$ м прогнозируются следующие условия. Для углей высокой стадии метаморфизма – (марки А) при снижении природной газоносности углей до значений $X_{пр} < 8$ м³/т.с.б.м. ожидается прекращение выбросов, что подтверждается практикой ведения горных работ на шахтах «Коммунист» и «Шахтерская-Глубокая». Для углей средней и низкой стадий метаморфизма будет сохраняться высокая степень потенциальной выбросоопасности угольных пластов. С целью проверки основных положений новой рабочей гипотезы о закономерностях проявления выбросоопасности с ростом глубины был выполнен статистический анализ внезапных выбросов угля и газа за период 1946–2006 гг. по данным работы [7], основные результаты которого приведены в таблице 3.

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 2 – Интенсивность внезапных выбросов

Дата	Шахта	Пласт, глубина, м	Количество угля, $Q_{уг}$, т
08.06.09г.	им.А.А. Скочинского	h ¹ ₆ , 1289	850
30.01.00.г	им.А.А. Скочинского	h ¹ ₆ , 1250	550
20.02.03г.	Ясиновская-Глубокая	m ₃ , 667	1100
23.05.08г.	Краснолиманская	l ₃ , 845	2400
08.06.08 г	им. Карла Маркса	l ₃ , 1000	7400

Таблица 3 – Количество внезапных выбросов по группам метаморфизма

Залегание пластов и глубина, м	$V^{daf} > 29,0\%$	$V^{daf} = 29,0\div 25,1\%$	$V^{daf} = 25,0\div 18,1\%$	$V^{daf} = 18,0\div 13,1\%$	$V^{daf} = 13,0\div 9,1\%$	$V^{daf} \leq 9,0\%$	Всего
1. Пологое:							
$H \leq 600$ м	6	9	127	234	17	205	598
$H > 600$ м	155	21	45	421	3	9	654
Общее	161	30	172	655	20	214	1252
2 Крутое и наклонное:							
$H \leq 600$ м	37	21	147	170	178	67	620
$H > 600$ м	127	41	185	165	44	8	570
Общее	164	62	332	335	222	75	1190
3 Пологое, крутое и наклонное:							
$H \leq 600$ м	43	30	274	404	195	272	1218
$H > 600$ м	282	62	230	586	47	17	1224
Итого:	325	92	504	990	242	289	2442

Данные таблицы 3 указывают на увеличение количества внезапных выбросов для углей средней и низкой стадий метаморфизма с ростом глубины и являются убедительным подтверждением объективности новой предложенной рабочей гипотезы.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Практика ведения горных работ в Донбассе за последние 25 лет опровергает

рабочую гипотезу о прекращении внезапных выбросов с глубиной для углей низкой и средней стадий метаморфизма.

2. Для углей высокой стадии метаморфизма – (марки А) в случаях снижения природной газоносности углей до значений $X_{np} < 8$ м³/т.с.б.м. ожидается прекращение выбросов, что подтверждается практикой ведения горных работ на шахтах «Коммунист» и «Шахтерская-Глубокая».

3. Изучение структурно-химических особенностей свойств угольного вещества в ряду метаморфизма показало, что для углей низкой и средней стадий метаморфизма на глубинах $H = 800-1600$ м прекращение выбросов не произойдет, потенциальная выбросоопасность этих углей остается высокой.

4. При разработке новых современных рабочих гипотез формирования и проявления внезапных выбросов угля и газа необходимо обязательно учитывать структурно-химические свойства углей разных стадий метаморфизма.

Бібліографічний список

1. Ходот В. В. Внезапные выбросы угля, породы и газа / В. В. Ходот. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 363 с.
2. Забигаило В. Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В. Е. Забигаило, В. И. Николин. – Киев: Наук. думка, 1990. – 168 с.
3. Фейт Г. Н. Геомеханика изменения выбросоопасности при разработке на больших глубинах / Г. Н. Фейт, О. Н. Малинников, Г. Г. Смирнова // Внезапные выбросы угля и газа, рудничная аэрология. – М.: Ин-т горн. дела им. А. А. Скочинского. - 1989. – С.14–21.
4. Минеев С. П. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах: [монография] / С. П. Минеев, А. А. Рубинский, О. В. Витушко, А. Г. Радченко. – Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2010. – 603 с.
5. Гамов М. И. Флюиды в углях / М. И. Гамов. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013. – 67 с.
6. Современные рабочие гипотезы формирования и проявления выбросоопасности угольных пластов Донбасса / [А. В. Анциферов, В. В. Туманов, А. Г. Радченко, Н. Н. Киселев, В. Д. Ашихмин, А. А. Радченко]; під заг. ред. А.В. Анциферова // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецьк, 2013. – Випуск 13. – С.136–152.
7. Выбросы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906–2007 гг.: справочник / Н. Е. Волошин, Л. А. Вайништейн, А. М. Брюханов [и др.]. – Донецк: СПД Дмитренко, 2008. – 920 с.

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

Статья поступила в редакцию 24.07.15.

Радченко О. Г. (УкрНДМІ, м. Донецьк, Україна), к.т.н. Маркін В. О., Ашихмін В. Д. (МакНДІ, м. Макіївка, Україна), Радченко О. О. (ДонАБА, м. Макіївка, Україна)

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЯВУ РАПТОВИХ ВИКИДІВ ВУГІЛЛЯ І ГАЗА З ГЛИБИНОЮ

З урахуванням структурно-хімічних властивостей вугілля запропонована нова робоча гіпотеза прояву раптових викидів вугілля і газу з глибиною, згідно якої на глибинах $H = 800-1600$ м потенційна викидонебезпечність вугілля низької і середньої стадій метаморфізму залишатиметься високою, і припинення викидів не виключене.

Ключові слова: викидонебезпечність вугілля і газу, структурно-хімічні властивості вугілля, стадія метаморфізму.

Senior researcher Radchenko O. G. (*UkrNDMI, Donetsk, Ukraine*), **PhD Markin V. O.**, **senior researcher Ashymin V. D.** (*MakSRI, Makeievka, Ukraine*), **Radchenko O. O.** (*DonNACEA, Makeievka, Ukraine*)

DISPLAY PECULIARITIES OF COAL AND GAS SUDDEN OUTBURST

New working hypothesis is proposed which supposes that for coals with low and medium metamorphism at 800-1600 depth coal and gas outburst will not stop.

Key words: *coal and gas outburst hazard, structural-chemical properties of coals, metamorphism stages.*