

УДК 622. 831. 322: 635

**СОВРЕМЕННЫЕ РАБОЧИЕ ГИПОТЕЗЫ  
ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ  
ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ  
ДОНБАССА**

**Анциферов А. В., Туманов В. В., Радченко А. Г.**

*(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)*

**Киселёв Н. Н.**

*(НТЦ «ОНиС при УкрНИМИ НАНУ», г. Донецк, Украина)*

**Ашихмин В. Д.**

*(МакНИИ, г. Макеевка, Украина)*

**Радченко А. А.**

*(Донбасская НАСА, г. Макеевка, Украина)*

*Розглянуті сучасні прогресивні робочі гіпотези про формування і прояв викиднебезпечності вугілля в ряду їх метаморфізму і з глибиною; наведені результати статистичного аналізу і шахтних експериментальних досліджень, що підтверджують основні положення розроблених гіпотез.*

*Present-day advanced working hypotheses on the formation and manifestation of bursting liability of coals for their metamorphism series and with the depth are reviewed; the results from statistical analysis and underground experimental investigations that confirm conceptual issues of the worked out hypotheses are given.*

Исследования изменения выбросоопасности углей в ряду их метаморфизма, по площади и с глубиной в условиях Донбасса представляют значительный научный и практический интерес. Отработка угольных пластов в Донбассе характеризуется следующими современными условиями: рост глубины ведения горных работ, высокая газоносность пластов, тектоническая нарушен-

ность, рост интенсивности выбросов угля и газа. Следует подчеркнуть, что представления о граничных условиях проявления выбросов угля и газа на угольных месторождениях СССР за последние 40 лет изменялись по мере накопления статистических данных о выбросах. Согласно нормативным документам [1, 2] граничным условием проявления выбросов угля и газа в 1973–1977 гг. являлось значение весового выхода летучих веществ равное  $V^{daf} = 35\%$ . В дальнейшем в 1989–1990 гг. в работах [3, 4] граничное условие проявления выбросов угля и газа для углей низкой стадии метаморфизма составило  $V^{daf} = 39\%$ . Опыт ведения горных работ в Донбассе за последние 22 года (1991–2012 гг.) показал, что установленная граница проявления выбросов по комплексному показателю степени метаморфизма углей  $M = 27,7$  является ошибочной, так как выбросы угля и газа происходят при значениях  $V^{daf}$  свыше 39%. Известные нормативные способы [5–7] не позволяют для различных горно-геологических условий непрерывно определять значения минимальной глубины проявления выбросов  $H_{мин.}$ , с которой пласт относят к угрожаемому по выбросам угля и газа. В указанных способах [5–7] при определении значений  $H_{мин.}$  не учитываются абсолютные значения величин по ряду параметров:

1) крепость угля –  $f$ , усл. ед.; 2) йодный показатель степени нарушенности угля –  $\Delta J$ , мг/грамм; 3) толщина пластического слоя –  $u$ , мм; 4) природная газоносность пласта –  $X_{пр}$ , м<sup>3</sup>/т с.б.м. Известные способы категоризации угольных пластов [5, 6] допускают ошибки 1-го рода, т.е. когда выбросоопасные пласты относят к неопасным по выбросам угля и газа, что приводит к авариям и травматизму.

В настоящее время ведущей рабочей гипотезой о проявлении выбросов с глубиной является гипотеза [3], согласно которой при увеличении глубины ведения горных работ вначале следует рост, далее снижение, а затем последующее прекращение числа внезапных выбросов. Практика ведения горных работ за последние двадцать два года показала ошибочность этих взглядов, на современных глубинах наблюдается высокая газодинамическая активность пластов в Донецко-Макеевском и Центральном геолого-промышленных районах.

Все эти факты указывают на необходимость изучения физической природы изменений, происходящих в ряду метаморфизма углей, а также по площади и с глубиной. На основании выше сказанного, **целью настоящей работы является:**

– дальнейшее теоретическое обоснование основных положений рабочих гипотез № 1 и № 2 на основе раскрытия физической сущности закономерностей и особенностей изменения свойств углей в ряду метаморфизма и с глубиной;

– формулировка и уточнение основных положений рабочих гипотез № 1 и № 2 с учетом надмолекулярной организации углей;

– уточнение граничных условий проявления выбросоопасности по данным статистики выбросов и с учетом надмолекулярного строения углей;

– проверка основных положений рабочих гипотез № 1 и № 2 – (аналитические исследования, статистический анализ, шахтные экспериментальные исследования).

Энергетическая теория В. В. Ходота о формировании и проявлении выбросоопасности угольных пластов в настоящее время является общепризнанной [7]. В то же самое время следует отметить, что с позиций энергетической теории В. В. Ходота нельзя объяснить факт повышенной потенциальной выбросоопасности углей средней стадии метаморфизма. Согласно [7], к основным факторам, определяющим выбросоопасность пласта, относятся:

а) физико-механические свойства пласта; б) его напряжённо-деформированное состояние; в) газодинамическое состояние пласта. На эти основные факторы оказывают существенное воздействие дополнительные влияющие факторы: геологические, тектонические, геомеханические процессы, технология ведения горных работ.

Анализ работ В. В. Ходота, Ж. Матерона, А. Е. Ольховиченко и других исследователей позволил разработать рабочую гипотезу № 1 о формировании и проявления выбросоопасности угольных пластов с учетом степени их неоднородности, степени изменчивости основных параметров, характеризующих поведение пласта [8]. Основные положения рабочей гипотезы сводятся к следующему. На неопасных участках пласта параметры, характеризующие пласт, стабильны, стационарны, имеют низкую из-

менчивость; участок считается однородным, стабильным по свойствам и состояниям. На участках с повышенной потенциальной выбросоопасностью параметры изменяются неравномерно, нестационарно, скачкообразно; участок является неоднородным по своим свойствам и состояниям. На таком участке энергия в угольном пласте перераспределяется неравномерно, поведение всей системы: «вмещающие породы – угольный пласт – газ, содержащийся в угле» не стабильно. Вследствие этого, чем выше степень неоднородности, изменчивости свойств и состояний угольного пласта и вмещающих пород, тем выше степень его потенциальной выбросоопасности. Таким образом, степень изменчивости свойств и состояний угольного пласта и вмещающих пород определяет степень потенциальной выбросоопасности пласта.

Для проверки основных положений рабочей гипотезы № 1 нами были выполнены аналитические исследования, обобщение опыта ведения горных работ, шахтные эксперименты. Аналитические исследования включали: а) анализ проявления выбросоопасности углей в ряду их метаморфизма; б) раскрытие физической сущности повышенной потенциальной выбросоопасности углей средней стадии метаморфизма. Согласно статистической теории прочности, чем выше коэффициент вариации физико-механических свойств испытуемого материала, тем меньше коэффициент структурного ослабления, тем ниже прочность данного материала [9]. Угли средней стадии метаморфизма характеризуются наиболее высокими значениями коэффициентов вариации по параметрам весовой выход летучих веществ –  $V^{daf}$ , % и толщина пластического слоя –  $u$ , мм; отличаются повышенной потенциальной выбросоопасностью [10]. Данный факт является убедительным подтверждением основных положений гипотезы № 1. Повышенную выбросоопасность углей средней стадии метаморфизма на региональном уровне можно объяснить с позиций их надмолекулярной организации [11]. По мнению индийского исследователя Кришнимурти угли средней стадии метаморфизма являются паракристаллическими, т.е. характеризуются наличием одновременного сочетания твердой и подвижной составляющих - фаз. Подвижная фаза в углях способствует росту их вязкости, снижению пористости, удельного веса, снижению прочности, га-

зопроницаемости, росту дробимости углей. Указанные угли отличаются высокой сорбционной набухаемостью, имеют низкие значения пределов прочности на растяжение и сжатие, пониженные значения модуля статической деформации, энергии активации диффузии метана из угля [11]. Таким образом, повышенная степень неоднородности, изменчивости физико-механических и структурно-химических свойств в углях средней стадии углефикации является следствием надмолекулярной организации угольного вещества в ряду метаморфизма, эти угли характеризуются высокой дробимостью и повышенной потенциальной выбросоопасностью.

Анализ опыта ведения горных работ за последние 110 лет на различных угольных месторождениях мира показал, что внезапные выбросы угля и газа происходят в диапазоне  $V^{daf} = 44\text{--}3,5\%$ . В Украине согласно [5], для углей высокой стадии метаморфизма граничным условием проявления выбросоопасности является условие:  $lgr < 3,2$ . На основании выполненного статистического анализа внезапных выбросов, с учетом особенностей изменений надмолекулярной организации органической массы угольного вещества и обеспечения необходимого уровня безопасного ведения горных работ нами определены следующие граничные условия проявления выбросоопасности для углей низкой стадии метаморфизма:  $V^{daf} \leq 44, \%$ ;  $X_{пр.} \geq 8,0 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ ; и  $u \geq 6,0 \text{ мм}$ .

В работе [9] отмечается, что геологические, тектонические, геомеханические и технологические факторы способствуют усилению степени изменчивости свойств и состояний угольного пласта. Природная неоднородность выбросоопасного угольного пласта обуславливает высокую изменчивость ряда параметров, характеризующих свойства и состояния пласта [12]. Рассмотрим изменчивость этих параметров на текущем уровне. Шахтные экспериментальные исследования проводились в условиях шахты «Заперевальня–2» ПО «Донецкуголь» на особо выбросоопасном пласте  $h_8$  «Прасковиевский». В результате выполненных исследований установлено, что выбросоопасные участки отличаются более высокими значениями коэффициентов вариации по весо-

вому виходу летучих речовин –  $V^{daf}$ , % і содержанию в пробах угля аналітичної вологи –  $W_a$ , смотри таблицю 1.

Выбросоопасные участки отличаются от неопасных участков также более высокими показателями по средним арифметическим значениям и коэффициентам вариации по параметрам: начальная скорость газовыделения из шпуров –  $g_{нач}$  и содержание гелия в пробах газа –  $He$ , % – см. [12].

Таблица 1

Изменения  $V^{daf}$  и  $W_a$  на неопасных и выбросоопасных участках пласта  $h_8$

Анализируемые параметры и их $K_{вар}$	Неопасные участки, N = 76	Выбросоопасные участки, N = 23
$V^{daf}$ , %	11,0	11,6
$K_{вар}$ , %	8,0	9,0
$W_a$ , %	0,7	1,4
$K_{вар}$ , %	29,0	56,0

Далее в условиях ПО «Донецкуголь» и ПО «Октябрьуголь» были выполнены шахтные исследования скорости десорбции метана из угольного штыба –  $V_{дес}$ , отобранного на различных интервалах при бурении шпуров по пласту. Согласно [13], экспериментально установлено, что выбросоопасные зоны отличаются от неопасных более высокими средними арифметическими значениями и коэффициентам вариации по параметру –  $V_{дес}$ .

В работе [14] выполнен анализ скоростей сближения боковых пород –  $V_{сбл}$ , мм/ч для различных горно-геологических условий. Согласно [14], в увлажненной зоне скорость сближения боковых пород составила  $V_{сбл} = 1,71$  мм/ч, а значение  $K_{вар}(V_{сбл})$  равнялось 42 %; в зоне без увлажнения скорость сближения боковых пород составила  $V_{сбл} = 1,35$  мм/ч, а значение  $K_{вар}(V_{сбл}) = 71$  %, т.е. в неувлажненной зоне наблюдаются задержки в деформациях пород кровли и деформации происходят более неравномерно. Следует подчеркнуть, что коэффициенты изменчивости –  $K_{изм}$  по сравнению с коэффициентами вариации –  $K_{вар}$  более точно характеризуют изменчивость пласта, так как учитыва-

ют геометрическое расположение измеряемых величин в пространстве угольного пласта, смотри работы [9–15].

В условиях шұ «Покровское» в блоке № 10 были проведены исследования по определению существенности влияния Котлинского надвига на глубину залегания угольного пласта  $d_4 - H$ , м и параметр  $V^{daf}$ , % на участке шириной 200 м, прилегающем к указанному надвику. Установлено существенное влияние Котлинского надвига на параметры  $H$ , м и  $V^{daf}$ , %, т.е. вблизи этого надвига в блоке № 10 наблюдаются значительные колебания по глубине залегания пласта  $d_4$ , что количественно выражается коэффициентом изменчивости по глубине –  $K_{изм}(H)$ .

В свою очередь изменение глубины залегания пласта  $d_4$  вблизи Котлинского надвига вызывает изменение параметра  $V^{daf}$ , что количественно может быть выражено показателем  $K_{изм}(V^{daf})$ .

В результате выполненного корреляционного анализа [16] установлена прямо пропорциональная зависимость между коэффициентом изменчивости  $K_{изм}(V^{daf})$  и неравномерностью залегания пласта  $d_4$  по глубине –  $K_{изм}(H)$ :

$$K_{изм}(V^{daf}) = 0,148K_{изм}(H) - 0,107. \quad (1)$$

Следует отметить, что при подходе подготовительных выработок к Котлинскому надвику наблюдались различные газодинамические явления: повышенное газовыделение и водопритоки с попутным газовыделением, обрушение пород, переросшее во внезапный выброс угля и газа. В данном случае изменение геометрии горного массива под воздействием надвига привело к изменению величин ряда параметров, в том числе параметра  $V^{daf}$ . Таким образом, более опасной ситуации соответствуют и более высокие значения коэффициентов вариации и коэффициентов изменчивости по ряду параметров:  $V^{daf}$ , %;  $W_a$ , %;  $g_{нач}$ , He, %;  $V_{дес}$ ;  $V_{сбл}$ , мм и т. д., что является убедительным подтверждением основных положений рабочей гипотезы № 1.

В настоящее время действующие нормативные способы ведения регионального прогноза выбросоопасности угольных пластов [5, 6] не обеспечивают необходимый уровень безопасного ведения горных работ. Недостатки способов [5, 6] подробно рассмотрены в работе [17]. Выполненные теоретические, аналитиче-

ские и шахтные экспериментальные исследования позволили разработать усовершенствованные способы регионального прогноза выбросоопасности угольных пластов Донбасса [18, 19]. Повышение надежности и точности ведения регионального прогноза в способах [18, 19] достигается путем:

– учета новых граничных условий проявления выбросоопасности угольных пластов –  $V^{daf} \leq 44 \%$ ;  $X_{пр.} > 8,0 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$ ;  $u \geq 6,0 \text{ мм}$ ;

– применения более точных уравнений для расчета комплексного показателя степени метаморфизма углей –  $S_m$ ;

– применения более объективных уравнений для расчета минимальной глубины проявления выбросов –  $H_{мин.}$  с учетом абсолютных значений следующих параметров: а) угол падения пластов –  $\alpha$ , градус; б) крепость угля –  $f$ , усл. ед.; в) йодный показатель степени нарушенности угля –  $\Delta J$ , мг/грамм; г) толщина пластического слоя –  $u$ , мм; д) природная газоносность пласта –  $X_{пр.}$ ,  $\text{м}^3/\text{т с.б.м.}$

Следовательно, разработанная и апробированная рабочая гипотеза № 1 имеет не только теоретическое, научное, но прикладное значение и может успешно применяться в практике ведения горных работ на шахтах Донбасса.

Наряду с надежным определением минимальной глубины проявления выбросов –  $H_{мин.}$  весьма важный научный и практический интерес представляют исследования проявления выбросоопасности с глубиной ведения горных работ в условиях Донбасса. Существуют различные точки зрения на закономерности изменения выбросоопасности с глубиной. Так например, Быков Л. Н., Яровой И. М., Борисенко А. А. указывают на увеличение выбросоопасности с глубиной, а ВерEDA В. С. и Юрченко Б. А. указывают на уменьшение количества выбросов, начиная с глубины 750 м. Недвига С. Н. утверждает, что нет оснований предполагать о снижении выбросоопасности на глубинах 1000–1200 м. Практика разработки выбросоопасных пластов в Донбассе за последние двадцать два года показала, что на пластах, содержащих марки углей низкой и средней стадий метаморфизма, прекращения выбросов угля и газа не произошло и только на от-

дельных шахтах, разрабатывающих угли высокой стадии метаморфизма, внезапные выбросы угля и газа прекратились.

Рассмотрим ряд положений работы [3] о прекращении выбросов с глубиной на примере угольного пласта  $d_4$ , отрабатываемого в блоках № 2, № 6+8 и № 10, в условиях ш/у «Покровское». Мощность пласта колеблется в пределах 0,60–2,5 м, углы падения составляют  $\alpha = 2–8$  градус. Угли относятся к маркам Ж, К и ОС, природная газоносность составляет  $X_{пр.} = 6–21$  м<sup>3</sup>/т с.б.м. Согласно [3], средняя минимальная глубина появления первых выбросов –  $H_{ср.мин.}$  определяется по формуле:

$$H_{ср.мин.} = 322,8 + 10,6V^{daf} . \quad (2)$$

Рассчитаем для блоков № 2, № 6+8 и № 10  $H_{ср.мин.}$  по формуле (2), результаты расчетов приведены в таблице 2. Из таблицы 2 следует, что средняя глубина ведения горных работ  $H_{раз.}$  в блоке № 2 составила 590 м, в блоках № 6+8 –  $H_{раз.} = 685$  м, а в блоке № 10  $H_{раз.} = 790$  м (по данным 2008 года), т.е. блок №10 расположен ниже блоков № 2, № 6+8. В тоже самое время в блоке № 2  $H_{ср.мин.} = 645$  м, а в блоке № 10  $H_{ср.мин.} = 614,3$  м, что лишено физического смысла. В блоке № 10 средняя минимальная глубина появления первых выбросов –  $H_{ср.мин.}$  должна быть по абсолютной величине больше, чем в блоке № 2.

Далее согласно [3], минимальная глубина первых выбросов в каждой из шести групп метаморфизма –  $H_{мин.гр.}$  определяется по формуле:

$$H_{мин.град.} = 27,0 + 13,8V^{daf} . \quad (3)$$

Таблица 2

Анализ глубины прекращения выбросов- $H_{пр.выб.}$

№ блоков	$V^{daf}$ , %	$H_{ср.мин.}$ , м	$H_{мин.гр.}$ , м	$H_{раз.}$ , м	$H_{пр.выб.}$ , м	$H_{выб.факт.}$ , м
Бл. 2	30,4	645,0	446,5	590	605,5	–
Бл. 6+8	28,4	623,8	418,9	685	570,5	Бл. 6-703 м; Бл. 8-730 м
Бл. 10	27,5	614,3	406,5	790	554,8	–

Рассчитаем для блоков № 2, № 6+8 и № 10  $H_{\text{мин.гр.}}$  по формуле (3), результаты расчетов приведены в таблице 2. Из таблицы 2 следует, что в блоке № 2  $H_{\text{мин.гр.}} = 446,5$  м; а в блоке № 10  $H_{\text{мин.гр.}} = 406,5$  м, т. е. в блоке № 10  $H_{\text{мин.гр.}}$  меньше, что опять противоречит физическому смыслу залегания пласта  $d_4$ .

Согласно [3], для углей различной степени метаморфизма глубина прогнозируемого прекращения внезапных выбросов угля и газа –  $H_{\text{пр.выб.}}$  может быть рассчитана по формуле:

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

Рассчитаем для блоков № 2, № 6+8 и № 10  $H_{\text{пр.выб.}}$  по формуле (4), результаты расчетов приведены в таблице 2. Из таблицы 2 следует, что в блоке 2  $H_{\text{пр.выб.}} = 605,5$  м; а в блоке № 10  $H_{\text{пр.выб.}} = 554,8$  м.

Таким образом, в блоке № 10  $H_{\text{пр.выб.}}$  оказалась меньше, чем в блоках № 6+8 № 2, что лишено не только физического, но и инженерно-логического смысла. Согласно [3], выбросы должны прекратиться в диапазоне  $H_{\text{пр.выб.}} = 554,8–605$  м, но по пласту  $d_4$  они только начались с глубины  $H_{\text{выб.}} = 703$  м в блоке № 6 и с глубины  $H_{\text{выб.}} = 730$  м – в блоке № 8. И в формуле (4) мы также наблюдаем явные противоречия, смотри таблицу 2. Таким образом, краткий анализ работы [3] показывает, что формулы расчета  $H_{\text{пр.выб.}}$  являются ошибочными, так как не соответствуют практике ведения горных работ на выбросоопасных пластах [20].

В работе [9] показано, что внезапные выбросы, происшедшие на глубинах  $H = 800–1200$  м, отличаются более высокими значениями массы выброшенного угля и объемов выделившегося газа, при этом глубина полостей также больше по сравнению с внезапными выбросами, отмеченными на глубинах 400–800 м. Следует отметить, что с ростом глубины ведения горных работ наблюдаются следующие тенденции: рост природной газоносности пластов, рост давления газа, снижение газопроницаемости угольного и породного массива, рост энергии горного массива за счет роста энергии газа и роста потенциальной энергии вмещающих пород.

Обобщение многолетнего опыта ведения горных работ в сложных горно-геологических условиях [9], изучение основных фундаментальных положений углехимии по надмолекулярной организации углей [21], анализ различных рабочих гипотез формирования и проявления выбросоопасности позволил разработать новую рабочую гипотезу изменения выбросоопасности с ростом глубины ведения горных работ [22]. Сущность рабочей гипотезы № 2 сводится к следующему. В углях низкой и средней стадий углефикации с ростом глубины наблюдаются рост метаморфизма углей и их газоносности. Структурная перестройка органической массы в указанных углях ведет к появлению новых свойств, таких как пластичность, которая обуславливает: спекаемость, коксуюемость, высокую дробимость углей и повышенную выбросоопасность пластов. С ростом глубины наблюдается рост давления горных пород, рост газоносности, давления газа, снижается газопроницаемость угольного массива. Следовательно, на глубинах свыше 800 м для углей средней и низкой стадий метаморфизма прекращения выбросов ожидать не следует. На глубинах  $H = 800\text{--}1600$  м будет сохраняться высокая степень потенциальной выбросоопасности для углей средней и низкой стадий метаморфизма.

Рассмотрим ряд внезапных выбросов угля и газа, которые зафиксированы на различных угольных месторождениях мира на глубинах свыше 600 м за период 1904 – 1981 гг., см. таблицу № 3.

Из таблицы 3 следует, что на глубинах  $H \geq 600$  м происходят выбросы угля и газа высокой интенсивности, выбросы характеризуются значительными количествами выброшенного угля и выделившегося газа, в ряде случаев приводят к серьезным авариям и катастрофам.

Так, например, выбросы на шахтах «Аграпп», «Моррисей», «Руббенгрубе», «Юбари Шин» сопровождалась человеческими жертвами с числом погибших от 25 до 200 человек. Статистика приведенных выбросов убедительно доказывает, что на глубинах свыше 600 м сохраняется высокая степень выбросоопасности на многих угольных месторождениях, а гипотеза о прекращении выбросов [3] не соответствует действительности.

Таблица № 3

Внезапные выбросы на угольных месторождениях мира

Страна	Бассейн	Шахта	Год	Глубина Н, м	К-во угля, т	К-во газа, тыс. м <sup>3</sup>
ВНР	Печ	Коксовая	1957	680	1400	3000
Германия	Нижняя Силезия	Руббен- грубе	1941	750	10000	800
СССР	Донбасс	Им. Ю. А. Гагарина	1969	710	14500	250
ПНР	Нижняя Силезия	Нова Руда	1969	800	3500	820
СССР	Донбасс	Им. К. Маркса	1971	750	5000	90
СССР	Донбасс	Кондратьевка	1973	740	4000	70
СССР	Донбасс	Красный Профинтерн	1973	885	4370	80
СССР	Донбасс	им. Изотова	1981	750	3000	60
Франция	Севенн	Фонтен	1921	600	5600	190
Велико- британия	Ланка- шир	Корвей	1944	590	2500	70
ВНР	Печ	Иштван	1960	700	1800	300
ФРГ	Иббенбюр- рен	Иббен- бюррен	1975	1350	2500	47
Франция	Севенн	Аграпп	1979	740	500	20
Канада	Британская Колумбия	Морри- сей	1904	600	3500	750
Япония	Хоккайдо	Юбари Шин	1981	1139	1000	600

С целью дополнительной проверки основных положений предложенной гипотезы № 2 нами был выполнен анализ внезапных выбросов угля и газа на пластах пологого падения за период 1946–2006 гг. по пяти свитам. В таблице 4 приведен обобщенный анализ внезапных выбросов угля и газа по смоляниновской, каменской, алмазной, горловской и зувевской свитам.

Таблица 4

Результаты статистического анализа внезапных выбросов

Глубина, м	Количество внезапных выбросов по группам метаморфизма						Всего
	$V^{daf} > 29,0 \%$	$V^{daf} = 29,0 \div 25,1 \%$	$V^{daf} = 25,0 \div 18,1 \%$	$V^{daf} = 18,0 \div 13,1 \%$	$V^{daf} = 13,0 \div 9,1 \%$	$V^{daf} \leq 9,0 \%$	
$H \leq 600$ м	6	9	127	234	17	205	598
$H > 600$ м	155	21	45	421	3	9	654
<b>Всего</b>	161	30	172	655	20	214	<b>1252</b>

Из таблицы 4 следует, что максимальное количество выбросов произошло при  $V^{daf} = 13,1 \div 18,0 \%$  ( $n = 655$ ), в этой группе на глубинах свыше 600 м отмечен существенный рост количества выбросов. Значительное количество выбросов отмечено также при  $V^{daf} \leq 9,0 \%$  ( $n = 214$ ) и при  $V^{daf} > 29,0 \%$  ( $n = 161$ ). Характерным фактом является следующее: при  $V^{daf} \leq 9,0 \%$  205 выбросов произошло на глубинах  $H < 600$  м, а при  $V^{daf} > 29,0 \%$  155 выбросов зафиксировано на глубинах  $H > 600$  м. Следует особо подчеркнуть, что для углей с  $V^{daf} = 18,0 \div 13,1 \%$  наблюдается существенный рост числа выбросов с глубиной. Таким образом, на глубинах свыше 600 м для углей низкой и средней стадий метаморфизма снижения степени выбросоопасности не последует.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны новые рабочие гипотезы № 1 и № 2 о формировании и проявлении выбросоопасности шахтопластов Донбасса по площади и с глубиной с учетом степени изменчивости

свойств и состояний угольных пластов, а также особенностей надмолекулярной организации углей в ряду их метаморфизма.

2. Выполненные статистические и шахтные экспериментальные исследования доказывают правомерность основных положений гипотез № 1 и № 2.

3. Предложенные гипотезы № 1 и № 2 имеют не только научное, но практическое значение, на базе основных положений этих гипотез разработаны: а) усовершенствованные способы ведения регионального прогноза выбросоопасности угольных пластов; б) надежные горно-геологические прогнозы проявления выбросоопасности для углей разных стадий метаморфизма на глубинах  $H = 800\text{--}1600$  м.

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Недра, М., 1973. — 511 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа. — М. : ИГД им. А. А. Скочинского, 1977. — 160 с.
3. Забигаило В. Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В. Е. Забигаило, В. И. Николин — К. : Наукова думка, 1990. — 168 с.
4. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. — М. : ИГД им. А. А. Скочинского, 1989. — 192 с.
5. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ. Мінвуглепром України, Київ, 2005. — 225 с.
6. СОУ–П 10.1. 00174088.029:2011. Правила віднесення вугільних пластів до категорій викиднебезпеки. — К. : Міненерговугілля України, 2011. — 22 с.
7. Ходот В. В. Внезапные выбросы угля, породы и газа. — М. Госгортехиздат, 1961. — 363 с.
8. Радченко А. Г. Повышение надежности ведения текущего прогноза в зонах геологических нарушений на пологих шахтопластах Донбасса. // Способы и средства создания безопас-

- ных и здоровых условий труда в угольных шахтах. — Сб. науч. трудов. — Макеевка-Донбасс, 1993. — С. 21—27.
9. Минеев С. П. Горные работы в сложных условиях на выбросо-опасных угольных пластах : [монография] / С. П. Минеев, А. А. Рубинский, О. В. Витушко, А. Г. Радченко. — Донецк : ООО «Східний видавничий дім», 2010. — 603 с.
  10. Киселев Н. Н. Исследование степени изменчивости свойств угольных пластов и вмещающих пород / Киселев Н. Н., Радченко А. Г. Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 6 / Під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2010, С. 266—275.
  11. Киселев Н. Н. Роль надмолекулярной структуры углей в формировании выбросоопасности угольных пластов Донбасса / Киселев Н. Н., Коптиков В. П., Радченко А. Г., Радченко А. А. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 10 / Під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2012, С. 236—249.
  12. Николин В. В., Гурин Н. И., Радченко А. Г. Природная неоднородность метаноносных угольных пластов как фактор, определяющий разработку и надежность критериев выбросоопасности // Рекомендации по повышению надежности оценки выбросоопасности призабойной части угольного пласта. — Макеевка-Донбасс, МакНИИ. — 1993. — С. 3—18.
  13. Агафонов А. В., Радченко А. Г., Евдокимова В. П. Сравнительная оценка степени выбросоопасности различных участков на пологих шахтопластах. // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. — Сб. науч. трудов. — Макеевка-Донбасс, 1995. — С. 63—70.
  14. Агафонов А. В., Радченко А. Г., Евдокимова В. П. Исследования скорости сближения боковых пород на различных участках пологих угольных пластов. // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. — Сб. науч. трудов. — Макеевка-Донбасс, — 1996. — С. 15—20.
  15. Агафонов А. В., Радченко А. Г., Бабенко И. В. Обоснование методологии исследования изменчивости свойств и состояний пологих нарушенных шахтопластов. // Способы и средст-

- ва создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. — Сб. науч. трудов. — Макеевка-Донбасс, — 1996. — С. 250—256.
16. Киселев Н. Н., Радченко А. Г., Никифоров А. В., Радченко А. А. Анализ влияния Котлинского надвига на выход летучих веществ по пласту  $d_4$  ш/у «Покровское» // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 8 / Під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2011, С. 108—113.
  17. Киселев Н. Н. Прогрессивные способы регионального прогноза выбросоопасности угольных пластов / Киселев Н. Н., Радченко А. Г., Рубинский А. А., Радченко А. А. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 11 / Під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2012, С. 176—186.
  18. Патент на корисну модель № 68676 Спосіб визначення категорії викидонебезпечності вугільних пластів низької і середньої стадії метаморфізму вугілля. Номер заявки: U 2011 09993, МПК (2012.01), Е 21 F 5/00. Канін В. О., Кисельов М. М., Радченко О. Г., Радченко О. О., Жолоб Н. В. Дата публікації: 10.04.2012, Бюл. № 7.
  19. Патент на корисну модель № 75981 Спосіб визначення категорії викидонебезпечності вугільних пластів. Номер заявки:
  20. U 2012 04854, МПК (2012.01), Е 21 F 5 / 00. Канін В. О., Кисельов М. М., Коптіков В. П., Радченко О. Г., Радченко О. О., Дата публікації: 25.12.2012, Бюл. № 24.
  21. Рубинский А. А., Радченко А. Г., Богоудинов Р. М. Бондаренко А. Д. О выбросоопасности пласта  $d_4$  в условиях шахты «Красноармейская-Западная № 1» // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна». Випуск 8 (136). / Редкол.: Башков С. О. (голова) та інші — Донецьк, ДонНТУ, 2008. — С. 179—183.
  22. Надмолекулярная организация, структура и свойства угля / Саранчук В. И., Айруни А. Т., Ковалев К. Е.; отв. ред. Сапунов В. А. ; АН УССР. Ин-т физ.-органич. химии и углехимии. — Киев : Наук. думка, 1988. — 192 с.

23. Анциферов А. В. Анализ рабочих гипотез формирования и проявления выбросоопасности углей на глубинах 800–1600 м / Анциферов А. В., Киселев Н. Н., Коптиков В. П., Радченко А. Г., Радченко А. А. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 10 / Під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2012, С. 236—249.