

УДК 622.831.322:635

*Радченко А. Г.*  
*(РАНИМИ МОН ДНР, г. Донецк),*  
*Радченко А. А.*  
*(ДонНАСА МОН ДНР, г. Макеевка),*  
*Шалованов О. Л., Николаев Д. Ю.*  
*(РАНИМИ МОН ДНР, г. Донецк)*

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДОНБАССА

*В статье рассмотрены основные особенности формирования и проявления внезапных выбросов угля и газа в ряду метаморфизма.*

**Ключевые слова:** выбросы угля и газа, глубина разработки, коэффициент вариации, весовой выход летучих веществ, микроэлементы, трещиноватость, выбросоопасность, угольный пласт.

Исследования особенностей формирования и проявления выбросоопасности угольных пластов Донбасса представляют научный и практический интерес. При ведении горных работ в Донбассе горно-геологические условия характеризуются: повышенными значениями газоносности, тектонической нарушенности, высокой изменчивостью физико-механических и газо-кинетических свойств углей. Геологические и тектонические процессы способствуют формированию и созданию участков с различной степенью неоднородности, изменчивости свойств и состояний угольных пластов: степени нарушенности пластов и вмещающих пород, интенсивности трещиноватости углей, зольности, степени минерализации, газопроницаемости, пористости, влажности, сорбционной способности и газоносности пластов. Процессы флюидизации, геомеханические процессы и технологические факторы способствуют еще большему усилению степени неоднородности и изменчивости свойств и состояний угольных пластов. Обзор литературы показал, что работы по этому направлению малочисленны и в ряде случаев противоречивы.

Поэтому целями настоящей работы являются установление основных закономерностей формирования и проявления

выбросоопасности угольных пластов Донбасса в ряду метаморфизма и исследование связи между степенью изменчивости ряда физико-механических свойств угольных пластов с их потенциальной выбросоопасностью.

В результате выполненного обзора литературы нами предложена рабочая гипотеза формирования и проявления выбросоопасности углей Донбасса. При её разработке были использованы основные положения: теории пространственных переменных по Ж. Матерону [1], геометрии недр по Букринскому В. А. [2], работ академиков Садовского М. А. и Милановского Е. Е., углехимии, коксохимии и др.

Основные положения рабочей гипотезы сводятся к следующему. Участки с более высокими степенями неоднородности, изменчивости свойств и состояний угольного вещества и вмещающих пород характеризуются более высокой степенью потенциальной выбросоопасности угольных пластов. Проверка основных положений гипотезы была выполнена: 1 — на региональном уровне; 2 — на текущем уровне.

**1. Региональный уровень.** В работе [3] приведены доказательства того, что изменения физико-механических свойств углей

в ряду метаморфизма непосредственно связаны со структурно-химическими преобразованиями угольного вещества; эти изменения носят нелинейный, сложный, волнообразный характер. В свою очередь, физико-механические свойства углей непосредственно связаны со степенью выбросоопасности углей. Отсюда вытекает логическая связь структурно-химических свойств углей с их выбросоопасностью. Поэтому мы рассматриваем следующую взаимосвязанную и взаимно обусловленную цепочку событий, процессов и преобразований: структурно-химические преобразования углей → изменения физико-механических свойств углей → изменения газокинетических свойств углей → потенциальная выбросоопасность угольных пластов.

Анализ литературы по различным геолого-промышленным районам Донбасса показал, что в зонах горно-геологических нарушений (ГГН), аномально высоких пластовых давлений (АВПД) и в зонах повышенного горного давления (ПГД) отмечено наибольшее число газодинамических явлений: внезапных выбросов угля и газа, внезапных выдавливаний угля, суфляров, разломов почвы с прорывами газа и т. д. По данным Русьяновой Н. Д., более восстановленные угли имеют менее развитую систему полисопряжения, менее сильное межмолекулярное взаимодействие и более низкую концентрацию парамагнитных центров. Поэтому более восстановленные угли Донбасса характеризуются более высокой степенью выбросоопасности. По данным Ковалева К. Е. (2000г.), при подходе к полости выброса происходит разрушение надмолекулярных структур и уменьшение их размеров, образцы угля характеризуются аномально высокими параметрами надмолекулярных структур, большими расстояниями между ними и минимальными значениями структурной упорядоченности. В своих работах Вольпова Л. С. для Печорского угольного бассейна указывает на следующие закономер-

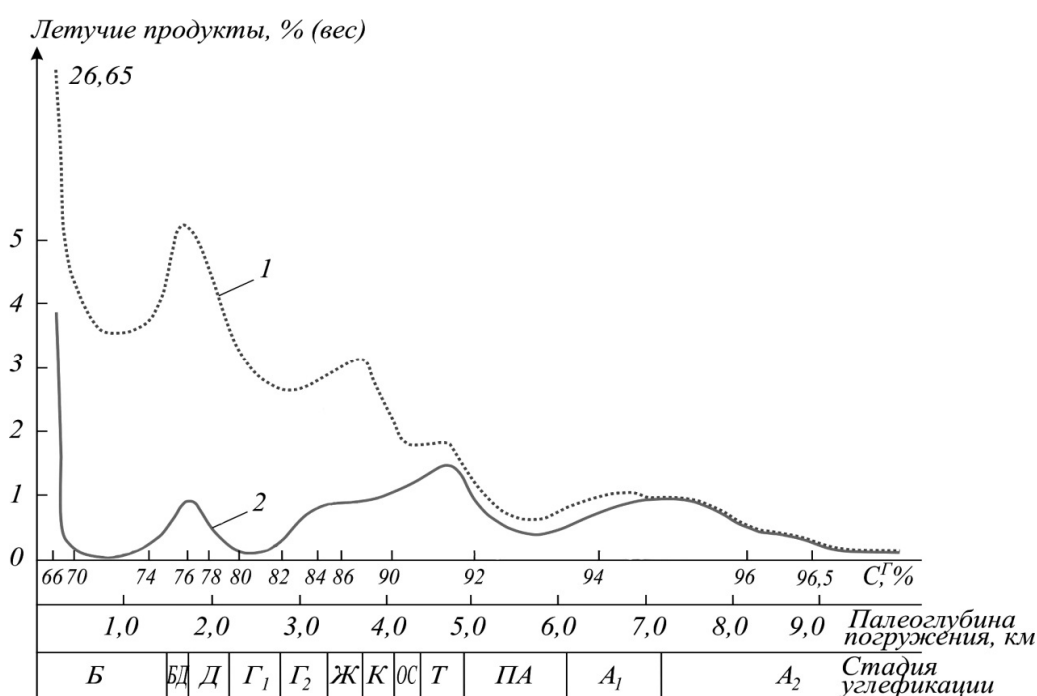
ности. Наблюдаются следующие особенности геохимии газов выбросоопасных объектов по сравнению с невыбросоопасными: а) более высокое содержание тяжелых углеводородов (ГУ) в составе газов угольных пластов; б) более высокая (в 1,5–2 раза) изменчивость (по коэффициенту вариации) содержания ГУ в составе газов по площади в угольных пластах. К особенностям геохимии угля выбросоопасных объектов относятся: а) более высокие средние и максимальные содержания микроэлементов в углях и наличие аномальных содержаний ряда микроэлементов. На неопасной по выбросам площади содержание большинства микроэлементов соответствует средним значениям общей выборки (Л. С. Вольпова). В Донбассе мало восстановленные угли [а] по сравнению с восстановленными углями [б] характеризуются: более высокой степенью однородности по микрокомпонентному составу ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{S}_{\text{об}}^{\text{с}}$ ), более низкими значениями толщины пластического слоя, более высокой степенью упорядоченности их структуры и меньшей степенью изменчивости, они имеют более низкие значения коэффициентов вариации по вышеуказанным микрокомпонентам [4] и характеризуются более низкой степенью выбросоопасности.

На повышенную изменчивость приведенной прочности  $\Pi_{\text{пр}}$  и степени нарушенности  $S_{\text{нар}}$  выбросоопасных угольных пластов Донбасса указывается в работе [5]. Согласно [5] значения коэффициентов вариации приведенной прочности составляют: для неопасных пластов —  $K_{\text{вар}} = 44,4 \%$ , а для выбросоопасных пластов —  $K_{\text{вар}} = 51,0 \%$ .

Обзор литературы показал, что в горном массиве идет постоянное перераспределение энергии, под действием процессов метаморфизма, флюидизации и тектонических процессов формируются участки угольных пластов с пониженными и повышенными напряжениями, трещиноватостью, газопроницаемостью и газоносностью. В работе [3] приведены сведения о

количестве летучих продуктов  $Q_{\text{лп}}$ , выделившихся на разных этапах углефикации, в % на органическое вещество конца торфяной стадии ( $C^{\text{daf}} = 58,97\%$ ), (рис. 1). Из анализа работы [3] следует, что функция летучих продуктов  $Q_{\text{лп}} = f(C^{\text{daf}}),\%$  (рис. 1, график 1) имеет волнообразный, затухающий колебательный характер с четырьмя убы-

вающими максимумами в диапазонах: 1)  $C^{\text{daf}} = 77-76\%$ ; 2)  $C^{\text{daf}} = 89-87\%$ ; 3)  $C^{\text{daf}} = 92-91\%$ ; 4)  $C^{\text{daf}} = 96-94\%$ . На рисунке 1 из графика 2 видно, что количество выделившегося в процессе углефикации метана изменяется нелинейно, волнообразно и имеет три максимума в диапазонах: 1)  $C^{\text{daf}} = 77-76\%$ ; 2)  $C^{\text{daf}} = 92-91\%$ ; 3)  $C^{\text{daf}} = 96-94\%$ .



1 — сумма летучих продуктов углефикации, в %;  
2 — метана ( $\text{CH}_4$ ), по данным [3]

Рисунок 1 Количество летучих продуктов  $Q_{\text{лп}}$ , выделившихся на разных этапах углефикации, в % на органическое вещество конца торфяной стадии ( $C = 58,97\%$ )

По исходным данным [6] был выполнен статистический анализ внезапных выбросов угля и газа за период 1946–2006 гг., который показал, что на пластах пологого падения наблюдается три максимума в проявлении выбросоопасности: 1)  $N_{\text{в}} = 161$  при  $V^{\text{daf}} > 29,0\%$ ; 2)  $N_{\text{в}} = 655$  при  $V^{\text{daf}} = 18,0 \div 13,1\%$ ; 3)  $N_{\text{в}} = 214$  при  $V^{\text{daf}} \leq 9,0\%$ . На пластах наклонного, крутого падений наблюдается два максимума в проявлении выбросоопасности: 1)  $N_{\text{в}} = 164$  при  $V^{\text{daf}} > 29,0\%$ ; 2)  $N_{\text{в}} = 335$  при  $V^{\text{daf}} = 18,0 \div 13,1\%$ ; (табл. 1). Геомеханиче-

ские процессы, происходящие в горном массиве на пластах пологого падения, существенно отличаются от процессов, происходящих на пластах наклонного и крутого падений.

Поэтому анализ проявления выбросоопасности углей в ряду метаморфизма проводился отдельно для пластов пологого и отдельно для пластов наклонного, крутого падений. Всего было проанализировано 2442 внезапных выброса угля и газа. Основные результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Количество внезапных выбросов по группам метаморфизма за период 1946–2006 гг.

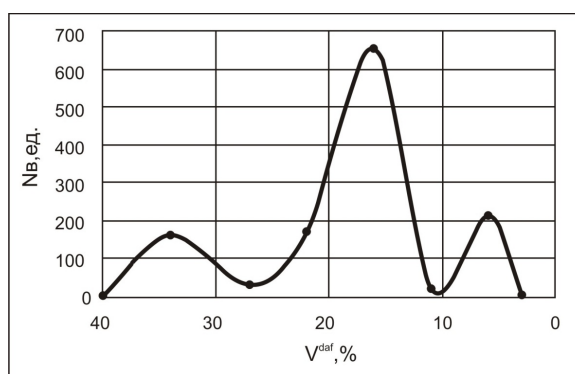
Весовой выход летучих веществ, %	Пологое	Крутое и наклонное	Пологое, крутое и наклонное
$V^{daf} > 29,0$	161	164	325
$V^{daf} = 29,0 \div 25,1$	30	62	92
$V^{daf} = 25,0 \div 18,1$	172	332	504
$V^{daf} = 18,0 \div 13,1$	655	335	990
$V^{daf} = 13,0 \div 9,1$	20	222	242
$V^{daf} < 9,0$	214	75	289
Всего	1252	1190	2442

Изменения количества внезапных выбросов по группам метаморфизма за период 1946–2006 гг. на пластах пологого падения и на пластах наклонного, крутого падений показаны на рисунке 2. Обращает на себя внимание следующий факт: график изменения количества внезапных выбросов  $N_b$  на пластах пологого падения (рис. 2, а) с тремя максимумами напоминает график 1 на рисунке 1, который имеет так же ряд максимумов и описывает сумму летучих продуктов  $Q_{лп}$ , выделившихся на разных этапах углефикации. Анализ графиков на рисунке 2 позволил установить следующее.

Первый максимум внезапных выбросов угля и газа на пологом падении (рис. 2,а) находится в диапазоне  $V^{daf} = 36–34\%$  и совпадает с первым максимумом внезапных выбросов, произошедших на пластах наклонного и крутого падений (рис. 2,б). Второй максимум внезапных выбросов угля и газа на пологом падении (рис. 2,а) находится в диапазоне  $V^{daf} = 19–14\%$  и

фактически совпадает со вторым максимумом внезапных выбросов, произошедших на пластах наклонного и крутого падений. Следует особо подчеркнуть, что вторые максимумы внезапных выбросов угля и газа как на пологих, так и на пластах наклонного и крутого падений находятся в диапазоне  $C^{daf} = 92–90\%$  (рис. 2) и совпадают со вторым максимумом метана, выделившегося на разных этапах углефикации (рис. 1, график 2).

а)



б)

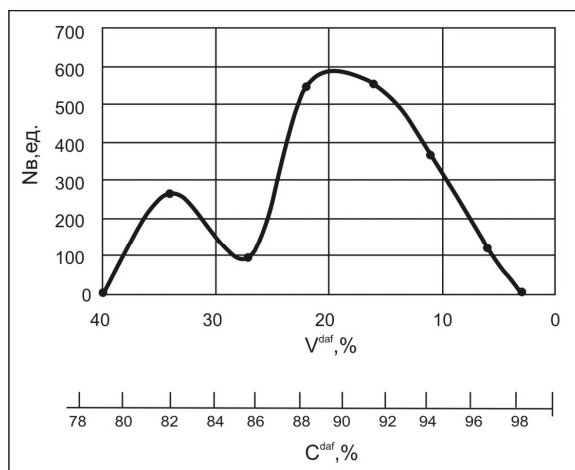


Рисунок 2 Изменения количества внезапных выбросов по группам метаморфизма за период 1946–2006 гг.: а) на пластах пологого падения; б) на пластах наклонного и крутого падений

Следует также отметить, что третий максимум метана, выделившегося на разных этапах углефикации, находится в диа-

пазоне  $C^{daf} = 94-96\%$  (рис. 1, график 2) и с ним совпадает кривая роста третьего максимума внезапных выбросов угля и газа на пологом падении (рис. 2,а).

Все эти факты указывают на тесную взаимосвязь между структурно-химическими преобразованиями в углях и изменениями их потенциальной выбросоопасности. Таким образом, впервые для условий Донбасса установлено, что максимальные изменения в генерации метана, выделившегося на разных этапах углефикации в диапазоне  $C^{daf} = 92-90\%$  (второй максимум метана, рис. 1, график 2), вызывают максимальный рост потенциальной выбросоопасности углей Донбасса как на пластах пологого падения, так и на пластах наклонного, крутого падений (рис. 2,а и рис. 2,б). Необходимо также отметить, что в диапазоне  $V^{daf} = 31-25\%$  в углях наблюдаются повышенные значения толщины пластического слоя ( $y$ , мм); содержания высших углеводородов ( $B.V.$ ,  $m^3/t$ ) и минимальные значения суммарной пористости углей, а также диэлектрической проницаемости —  $E$  (по Ван Кревелену); пониженные значения показателя сорбционной активности микропор углей ( $S_a$ , %). Все эти изменения обуславливают снижение потенциальной выбросоопасности углей в ряду метаморфизма в диапазоне  $V^{daf} = 31-25\%$ , (рис. 2,а и рис. 2,б).

**2. Текущий уровень.** На текущем уровне выбросоопасные участки угольных пластов характеризуются повышенными значениями градиентов температуры, измеренной в стенках шпуров (Рыженко А.И., Еремин И.Я.), [7]. Известно, что при ведении текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов по начальной скорости газовыделения из шпуров  $g_n$  выбросоопасные участки характеризуются повышенными значениями коэффициентов вариации по мощности пласта  $K_m$  и по крепости угля  $K_f$ , а значения начальной скорости газовыделения из шпуров  $q_n$  должны превышать критические значения ( $q_{крит} = 4,0-5,0$  л/мин), [8].

Научная новизна и принципиальные отличия предлагаемой нами математической модели от известного способа текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов [8, 9] заключаются в следующем:

1) для оценки степени изменчивости и степени выбросоопасности угольного пласта наряду с коэффициентами вариации  $K_{вар}$  применены коэффициенты изменчивости —  $K_{из}$ ;

2) при ведении непосредственной стадии текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов (по выражению Ольховиченко А.Е. — собственно текущего прогноза) был использован ряд параметров и их показателей, которые не входят в нормативные документы [9];

3) при ведении контроля эффективности противовыбросных мероприятий по начальной скорости газовыделения из шпуров  $g_n$  был также задействован расширенный комплекс информативных параметров, которые не входят в нормативные документы [9].

Поясним вышесказанное.

Для выявления участков с повышенной степенью изменчивости свойств и состояний угольных пластов и их повышенной степенью выбросоопасности обычно применяют известные в математической статистике параметрические критерии: среднее арифметическое —  $a_{cp}$ , дисперсию —  $\sigma^2$ , среднее квадратическое отклонение —  $\sigma$ , коэффициенты вариации —  $K_{вар}$  и др. Наряду с параметрическими критериями в практике ведения горных работ нами были применены известные в морфометрии непараметрические критерии — коэффициенты изменчивости ( $K_{из}$ ). Обоснование необходимости и эффективности применения коэффициентов изменчивости  $K_{из}$  рассмотрено в работе Букринского В. А. [2], а примеры применения  $K_{из}$  для характеристики выбросоопасных участков углей, солей, песчаников и порфиритов рассмотрены в работе [10].

В процессе проведения шахтных экспериментальных исследований при ведении

собственно текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов и контроля эффективности противовыбросных мероприятий был задействован большой комплекс информативных параметров, многие из которых не включены в нормативные документы [9]:

$J_{тр}$  — интенсивность трещиноватости угольного пласта, ед./п. м.;

$m$  — мощность угольного пласта, м;

$\alpha$  — угол падения пласта, град;

$\ell_p$  — величина зоны разгрузки (м), определяемая согласно [9];

$X_{пр.}$  — природная газоносность пласта, м<sup>3</sup>/т. с.б.м.;

$V^{daf}$  — весовой выход летучих, %;

$y$  — толщина пластического слоя, мм;

$H$  — глубина разработки пласта на данном участке, м;

$V_{дес}$  — скорость десорбции метана из угольного штыба, отобранного из шпуров и скважин;

$\operatorname{tg} \delta$  — тангенс угла диэлектрических потерь, измеренный в угольном пласте;

$\Delta I$  — показатель степени нарушенности угольного пласта;

$\Delta P$  — показатель начальной скорости газоотдачи из угля;

$He$  — концентрация гелия в пробе газов, отобранных из скважин, % и др.

Согласно работе [8], текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов подразделяется на три стадии: 1 — разведочные наблюдения; 2 — непосредственное ведение текущего прогноза (собственно, текущий прогноз); 3 — контрольные наблюдения. На стадии разведочных наблюдений измеряют параметры  $m$ ,  $f$ ,  $g_n$  и вычисляют коэффициенты вариации  $K_{вар}(m)$  и  $K_{вар}(f)$ . На стадии непосредственного ведения текущего прогноза измеряют только параметр  $g_n$ . При ведении контрольных наблюдений измеряют параметры  $m$ ,  $f$ ,  $g_n$  и вычисляют коэффициенты вариации  $K_{вар}(m)$  и  $K_{вар}(f)$ . В отличие от работ [8, 9] на стадии, собственно, ведения текущего прогноза по новой методике измерялись следующие параметры:  $\alpha$ ;  $m$ ;  $f$ ;

$\Delta I$ ;  $V_{дес}$ ;  $g_n$ ;  $V^{daf}$ ;  $y$ ; сейсмоакустическая активность пласта —  $SA_{пл}$ ; также для них определялись показатели  $a_{ср}$ ,  $K_{вар}$  и  $K_{из}$ . При обработке результатов наблюдений были использованы параметрические и непараметрические критерии, а также ряд положений теории фракталов. На основании выполненных шахтных исследований в условиях ПАО «Шахтоуправление "Покровское"» по пласту  $d_4$  были экспериментально установлены квазипериодические, волнообразные изменения следующих параметров: а) коэффициента вариации напряженно-деформированного состояния вмещающих пород и пласта  $d_4$  —  $K_{вар}(SA_{пл})$ , который определялся по данным сейсмоакустической аппаратуры — АПСС; б) газодинамического состояния пласта (в каждом шпуре длиной 3,5 м подсчитывали суммарное значение начальной скорости газовыделения из шпура —  $\Sigma g_n$ ); шпуры, предназначенные для ведения текущего прогноза выбросоопасности пласта, бурили в забоях подготовительных выработок, проводимых в блоках №№ 6, 8 и 10, [11].

Обработка данных ведения текущего прогноза выбросоопасности и сейсмоакустической активности пласта  $d_4$  по подготовительным выработкам в блоках №№ 2, 6, 8 и 10 велась с помощью предложенной нами математической модели и позволила семь выемочных участков, расположенных ниже Котлинского надвига в блоке № 10 пласта  $d_4$ , отнести к угрожаемым по выбросам угля и газа. Необходимо отметить, что в блоках №№ 6 и 8, которые расположены выше Котлинского надвига, ранее произошло несколько внезапных выбросов угля и газа. Также следует особо подчеркнуть, что в условиях ПАО «Шахтоуправление "Покровское"» по пласту  $d_4$  установлены волнообразные, квазипериодические изменения суммарного газовыделения  $g_n$  из шпуров впереди движущихся подготовительных забоев как в зонах видимых геологических нарушений, так и вне зон нарушений. По нашему мнению, это связано с геометрией залегания пласта  $d_4$ , который

на площади шахтного поля характеризуется волнистым залеганием, значительной изменчивостью как по мощности, так и по углам падения. В результате выполненного корреляционного анализа в работе [12] была установлена прямо пропорциональная зависимость между коэффициентом изменчивости весового выхода летучих веществ  $K_{из}$  ( $V^{daf}$ ) и неравномерностью глубины залегания угольного пласта  $d_4$   $K_{из}$  (H) в зоне влияния Котлинского надвига:

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

где коэффициент корреляции составил  $r = 0,61$ .

Следует также указать, 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. Под воздействием Котлинского надвига произошло изменение геометрии залегания породных слоев и угольного пласта  $d_4$ , что, в свою очередь, привело к изменению параметра  $V^{daf}$ , а также ряда других параметров.

Обобщение данных шахтных экспериментальных исследований и опыта ведения горных работ в Донбассе в сложных горно-геологических условиях [10] позволило нам сделать следующий вывод: участки угольных пластов с более высокой степенью выбросоопасности характеризуются более высокими значениями коэффициентов вариации и коэффициентов изменчивости по ряду параметров ( $V^{daf}$ ,  $u$ ;  $W_a$ ;  $g_n$ ;  $He$ ;  $V_{дес}$ ;  $tg \delta$ ;  $\Delta I$ ;  $\Delta P$ ;  $m$ ;  $\alpha$ ;  $l_p$  и др.), что является убедительным подтверждением основных положений данной рабочей гипотезы.

В работе [4] показано, что выбросоопасные участки угольных пластов отличаются более высокими значениями коэффициентов вариации  $K_{вар}$  по параметрам  $V^{daf}$  и влажности угля  $W_a$  (табл. 2).

Таблица 2

Изменения параметров  $V^{daf}$  и  $W_a$  в условиях шахты «Запореваляная № 2»  
ПО «Донецкуголь» на особо выбросоопасном пласте  $h_8$ , по [4]

Показатели	Неопасные участки	Выбросоопасные участки
$V^{daf}$ % ( $a_{cp}$ )	11,0	11,6
$K_{вар}$ , %	8,0	9,0
$W_a$ , % ( $a_{cp}$ )	0,7	1,4
$K_{вар}$ , %	29,0	56,0

На основании выполненного статистического анализа внезапных выбросов с учетом особенностей изменений надмолекулярной организации органической массы угольного вещества в ряду метаморфизма и для обеспечения необходимого уровня безопасного ведения горных работ нами определены для Донбасса следующие граничные условия проявления выбросоопасности для углей низкой стадии метаморфизма:  $V^{daf} \leq 44$ , %; природная газоносность углей —  $X_{пр} \geq 8,0$  м<sup>3</sup>/т.с.б.м.; толщина пластического слоя —  $u \geq 6,0$  мм [13].

#### Выводы.

1. В процессе углефикации происходят нелинейные, скачкообразные изменения структурно-химических свойств угольного вещества, которые обуславливают нелинейные изменения физико-механических свойств углей в ряду метаморфизма. В свою очередь, изменения физико-механических свойств углей в ряду метаморфизма непосредственно определяют степень выбросоопасности угольных пластов [14].

Участки выбросоопасных шахтопластов, отличающиеся более высокими степенью изменчивости и диапазоном вариаций физико-механических свойств углей, характеризуются и более высокой степенью потенциальной выбросоопасности.

2. Для условий Донбасса установлено, что к максимальным значениям метана, выделившегося на разных этапах углефикации в диапазоне  $C^{daf} = 92-90$  %, приурочены максимальные значения количества

внезапных выбросов угля и газа в ряду метаморфизма ( $V^{daf} = 20-14\%$ ) как на пластах пологого падения, так и на наклонных и крутых пластах.

3. Снижение потенциальной выбросоопасности углей в ряду метаморфизма в диапазоне  $V^{daf} = 30-25\%$  обусловлено:

а) повышенными значениями пластических свойств углей и содержания высших углеводородов;

б) минимальными значениями суммарной пористости углей, диэлектрической

проницаемости и пониженными значениями показателя сорбционной активности микропор углей [14].

4. В условиях ПАО «Шахтоуправление "Покровское"» по пласту  $d_4$  установлены волнообразные, квазипериодические изменения суммарного газовыделения из шпуров  $\Sigma g_n$  впереди движущихся подготовительных забоев как в зонах видимых геологических нарушений, так и вне зон нарушений [11].

### Библиографический список

1. Матерон, Ж. Основы прикладной геостатистики [Текст] / Ж. Матерон. — М. : Мир, 1968. — 408 с.
2. Букринский, В. А. Геометрия недр [Текст] / В. А. Букринский. — М. : Недра, 1985. — 526 с.
3. Саранчук, В. И. Надмолекулярная организация, структура и свойства угля [Текст] / В. И. Саранчук, А. Т. Айруни, К. Е. Ковалев; отв. ред. В. А. Сапунов // АН УССР. Ин-т физ.-орг. химии и углехимии. — Киев : Наук. думка, 1988. — 192 с.
4. Киселев, Н. Н. Исследование степени изменчивости свойств угольных пластов и вмещающих пород [Текст] / Н. Н. Киселев, А. Г. Радченко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України; Під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк : УкрНДМІ НАН України, 2010. — Випуск 6. — С. 266–275.
5. Иванов, Б. М. Механические и физико-химические свойства углей выбросоопасных пластов и пород [Текст] / Б. М. Иванов, Г. Н. Фейт, М. Ф. Яновская. — М. : Наука, 1979. — 195 с.
6. Выбросы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906–2007 гг. [Текст] : справочник / Н. Е. Волошин, Л. А. Вайнштейн, А. М. Брюханов и др. — Донецк : СПД Дмитренко, 2008. — 920 с.
7. Рыженко, И. А. Прогноз выбросоопасности призабойной части пластов по температурному режиму [Текст] / И. А. Рыженко, И. Я. Еремин // Уголь Украины. — Киев, 1988. — № 3. — С. 36–37.
8. Ольховиченко, А. Е. Прогноз выбросоопасности угольных пластов [Текст] / А. Е. Ольховиченко. — М. : Недра, 1982. — 278 с.
9. СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. — Киев : Минуглепром Украины, 2005. — 225 с.
10. Минеев, С. П. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах [Текст] : монография / С. П. Минеев, А. А. Рубинский, О. В. Витушко, А. Г. Радченко. — Донецк : ООО «Східний видавничий дім», 2010. — 603 с.
11. Стариков, Г. П. Прогноз геологических нарушений по удельному значению начальной скорости газовыделения [Текст] / Г. П. Стариков, А. А. Рубинский, А. Г. Радченко, М. Ф. Рыжков // Физико-технические проблемы горного производства : сб. науч. тр. — Институт физики горных процессов НАН Украины. — Вып. 12. — 2009. — С. 97–102.
12. Киселев, Н. Н. Анализ влияния Котлинского надвига на выход летучих веществ по пласту  $d_4$  ш/у «Покровское» [Текст] / Н. Н. Киселев, А. Г. Радченко, А. В. Никифоров, А. А. Радченко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України; під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк : УкрНДМІ НАН України, 2011. — Випуск 8. — С. 108–113.
13. Пат. на корисну модель № 75981 Україна, U 2012 04854, МПК (2012.01), E 21F 5 / 00. Спосіб визначення категорії викидонебезпечності вугільних пластів / В. О. Канін, М. М. Кисельов, В. П. Коптіков, О. Г. Радченко, О. О. Радченко. Дата публікації: 25.12.2012, Бюл. №24.



14. Антипов, И. В. Проявление выбросоопасности углей в ряду метаморфизма [Текст] / И. В. Антипов, А. Г. Радченко, А. А. Радченко // *Безопасность труда в промышленности*. — М. : 2015. — № 5. — С. 59–65.

© Радченко А. Г.  
© Радченко А. А.  
© Шалованов О. Л.  
© Николаев Д. Ю.

*Рекомендована к печати канд. геол.-минерал. наук, с.н.с. ОЭГИ РАНИМИ Савченко А. В., к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А.*

*Статья поступила в редакцию 20.11.17.*

**Радченко О. Г.** (РАНДМІ, Донецьк, ДНР), **Радченко О. О.** (ДонНАБА, Макіївка, ДНР)

**Шалованов О. Л., Николаєв Д. Ю.** (РАНДМІ, Донецьк, ДНР)

#### **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ І ПРОЯВУ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ДОНБАСУ**

*У статті розглянуто особливості формування і прояву викидонебезпечності вугільних пластів Донбасу в ряду метаморфізму.*

**Ключові слова:** викиди вугілля і газу, глибина розробки, коефіцієнт варіації, ваговий вихід легких речовин, мікроелементи, тріщинуватість, викидонебезпечність, вугільний пласт.

**Radchenko A. G.** (RANIMI, Donetsk, DPR), **Radchenko A. A.** (DonNACEA, Makeievka, DPR), **Shalovanov O. L., Nikolaiev D. Yu.** (RANIMI, Donetsk, DPR)

#### **PECULIARITIES OF FORMATION AND MANIFESTATION OF THE OUTBURST HAZARD IN DONBASS COAL LAYERS**

*The paper presents the main peculiarities of formation and manifestation of the outburst hazard in Donbass coal layers in metamorphism series. It is proved that the areas of the outburst hazard mine layers featuring by a higher variability and range of physical and mechanical properties variations of coal are also characterized by a higher degree of potential outburst hazard.*

**Key words:** coal layers, grade composition of coal, volatile yield, digging depth, wave-type change, inhomogeneity.