

УДК 622. 831.322:635

д.т.н. Антощенко Н. И.
(ДонГТУ, г. Лисичанск, Украина),
с.н.с. Ашихмин В. Д.
(МакНИИ, Украина, e-mail: dmitrievich.valerij@yandeks.ru),
с.н.с. Радченко А. Г.
(УкрНИМИ, Украина),
инженер Радченко А. А.
(ДонНАСА, Украина)

ПРОЯВЛЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА НА ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ ДОНБАССА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ И СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ

В статье рассмотрены основные закономерности изменения интенсивности внезапных выбросов угля и газа на пологих угольных пластах Донбасса в зависимости от глубины и степени метаморфизма углей.

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.

Энергетическая теория В. В. Ходота является одной из общепризнанных гипотез проявления выбросоопасности угольных пластов, но с позиций этой теории нельзя объяснить факт повышенной выбросоопасности углей средней стадии метаморфизма. Существуют различные точки зрения на характер изменения внезапных выбросов угля и газа в ряду метаморфизма и с глубиной. В работе [1] указывается, что проявление выбросоопасности угольных пластов в ряду метаморфизма для угольных месторождений стран СНГ имеет параболический характер с максимумом выбросоопасности при значениях весового выхода летучих веществ $V^{daf} = 18 - 19\%$. В работе [2] утверждается, что максимальная плотность внезапных выбросов угля и газа (R) (наблюдаются в диапазоне значений $V^{daf} = 9 - 10\%$). В работе [3] А.Э. Петросян и Б.М. Иванов указывают, что вероятная частота внезапных выбросов угля и газа в ряду метаморфизма) характеризуется кривой с двумя максимумами:

$$1) V^{daf} = 27 - 22\%;$$

$$2) V^{daf} = 9 - 7\%.$$

Анализ работы [4] также показал, что распределение числа выбросов угля и газа на шахтах Донбасса имеет бимодальное распределение с двумя максимумами:

$$1) V^{daf} = 20 - 22\%;$$

$$2) V^{daf} = 15 - 17\%.$$

В работе [1] было высказано предположение о прекращении внезапных выбросов с глубиной для углей различных стадий метаморфизма, что не подтвердилось практикой ведения горных работ в Донбассе за последние 25 лет. Исследованию этой проблемы были посвящены работы многих авторов. 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 $H = 750$ м.

© Антощенко Н. И., 2017

© Ашихмин В. Д., 2017

© Радченко А. Г., 2017

© Радченко А. А., 2017

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 1 – Количество внезапных выбросов по группам метаморфизма за период 1946–2008 г.г

Залегание угольных пластов (H), м	Средние значение давления газов от группы метаморфизма (P), атм						Всего
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	
	$V^{daf} > 29\%$	$V^{daf} = 29,0 - 25,1\%$	$V^{daf} = 25,0 - 18,1\%$	$V^{daf} = 18,0 - 13,1\%$	$V^{daf} = 13,0 - 9,1\%$	$V^{daf} \leq 9,0\%$	
Пологое	161	30	172	655	20	214	1252
Крутое и наклонное	164	62	332	335	222	75	1190
Пологое, крутое и наклонное	325	92	504	990	232	289	2442

Недвиг С.Н. утверждал, что нет оснований предполагать о снижении выбросоопасности на глубинах 1000 – 1200 м. Г.Н. Фейт и др. в работе [5] указывают на рост потенциальной энергии горного массива с ростом глубины. С увеличением глубины ведения горных работ растут потенциальная и кинетическая энергия вмещающих пород и угольных пластов, давление газов в угольных пластах, их напряженно – деформированное состояние.

Постановка задачи. Задачей настоящей работы является установление основных закономерностей проявления внезапных выбросов угля и газа на пологих угольных пластах Донбасса в зависимости от глубины и степени метаморфизма углей.

Изложение материала и его результаты. Для установления основных закономерностей изменения выбросоопасности угольных пластов Донбасса в зависимости от глубины и степени метаморфизма углей по данным работы [6] был выполнен статистический анализ внезапных выбросов угля и газа за период 1946 – 2008 г.г., основные результаты которого приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что изменение количества внезапных выбросов угля и газа в ряду метаморфизма имеет сложный, волнообразный, мультимодальный характер. В работе [7] показано, что на глубинах разработки $H = 800 - 1200$ м существенно возросла интенсивность выбросов: количество

выброшенного угля (Q_{y2}) и количество выделившегося метана ($Q_{газ}$). С ростом глубины разработки растут природная газоносность пластов и давления газов. На пластах наклонного и крутого падений на проявление выбросоопасности оказывают влияние следующие факторы:

- а) гравитационные силы;
- б) взаимное влияние одновременно разрабатываемых 7-10 пластов;
- в) надработка пластов и т.д.

Поэтому, для получения более достоверной и объективной информации нами был выполнен последовательный 2-х этапный детальный статистический анализ внезапных выбросов угля и газа, произошедших на пластах пологого падения за период 1946 – 2008 г.г. На 1-м этапе анализировались внезапные выбросы интенсивностью $Q_{y2} = 1 - 300$ т. (табл. 2).

Следует подчеркнуть, что в таблице 2 приведен анализ только тех внезапных выбросов угля и газа, интенсивность которых составляла $Q_{y2} = 1 - 300$ т, выбросы с более высокой интенсивностью в данной выборке к учету не принимались.

Пороговое значение $Q_{y2} = 1 - 300$ т было выбрано для того, чтобы исключить влияние крупных выбросов на точность определения средних арифметических значений в интервале 1 – 300 т.

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 2 – Распределение средней интенсивности выброшенного угля ($Q_{yz.cp}$) на пластах пологого падения по группам метаморфизма за период 1946 – 2008 г.г (выборка в интервале $Q_{yz} = 1 – 300$ т)

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%	$V^{daf} < 9,0\%$
1 – 150	–	–	–	–	–	–	7
151 – 300	–	–	–	–	7	–	39
301 – 450	–	–	–	30	25	91	51
451 – 600	–	67	41	23	68	121	80
601 – 750	–	37	34	44	103	60	40
751 – 9000	–	20	57	28	48	–	–
901 – 1050	52	33	75	94	106	–	–

Из таблицы 2 следует, что наблюдается волнообразное изменение ($Q_{yz.cp}$) как по глубине, так и в ряду метаморфизма. Этот ранее неизвестный факт хорошо согласуется с данными работы [1], в которой указывается на неравномерность распределения природной газоносности как в ряду метаморфизма (по площадям), так и с глубиной. На 2-м этапе был выполнен статистический анализ интенсивности внезапных выбросов угля и газа на пластах пологого падения по группам метаморфизма за период 1946 – 2008 г.г. с учетом всего диапазона принимаемых значений интенсивностей выброшенного угля (Q_{yz}). Результаты анализа приведены на рисунке 1.

В 1-й группе метаморфизма первый внезапный выброс угля и газа зафиксирован на глубине $H_{min} = 617$ м. Для данной группы метаморфизма присуще увеличение проницаемости породного массива, обуславливающее большие глубины дегазации угольных пластов, которое приводит к увеличению глубины газового выветривания и увеличению глубины достижения максимальных значений газоносности. В 1-й группе метаморфизма в интервалах глубин $H = 617 – 990$ м наблюда-

ется низкая интенсивность выбросов $Q_{yz} \leq 40$ т. На глубине $H = 1000$ м наблюдается рост интенсивности выбросов $Q_{yz} = 2400$ т. Во 2-й группе метаморфизма первый внезапный выброс зафиксирован на глубине $H_{min} = 410$ м. Во 2-й группе метаморфизма в интервалах глубин $H = 510 – 1250$ м наблюдаются волнообразные изменения интенсивности выбросов в диапазоне $Q_{yz} = 25 – 2000$ т (рис. 1а). В 3-й группе метаморфизма первый внезапный выброс угля и газа зафиксирован на глубине $H_{min} = 487$ м. В данной группе метаморфизма наблюдается волнообразное изменение интенсивности внезапных выбросов в диапазоне $Q_{yz} = 20 – 200$ т. В 4-й группе метаморфизма углей первый внезапный выброс зафиксирован на глубине $H_{min} = 310$ м, в этой группе наблюдается также волнообразное изменение интенсивности внезапных выбросов в диапазоне $Q_{yz} = 30 – 500$ т. В данной группе зафиксировано шесть максимумов интенсивности выброшенного угля (Q_{yz}) (рис. 1б).

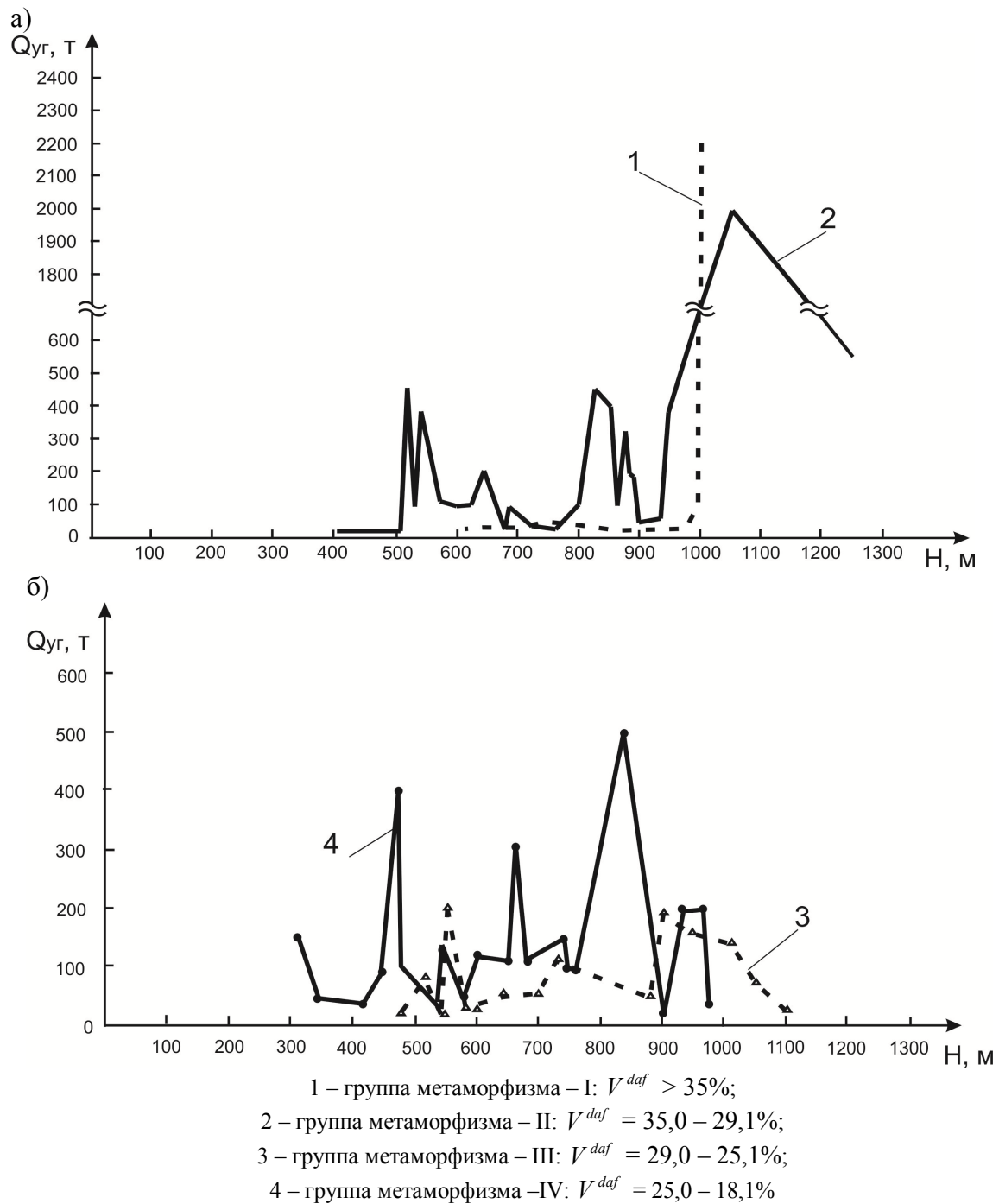


Рисунок 1 – Изменение интенсивности выбросов угля и газа в зависимости от глубины в группах метаморфизма

В 5-й группе метаморфизма первый внезапный выброс угля и газа зафиксирован на глубине $H_{\min} = 286$ м. В данной группе метаморфизма наблюдается волнообразное изменение интенсивности внезапных выбросов в диапазоне $Q_{\text{уг}} = 30 - 500$ т. В 5-й группе метаморфизма зафиксировано наи-

большее количество внезапных выбросов угля и газа $N_B = 576$ (табл. 3). В 6-й группе метаморфизма первый внезапный выброс зафиксирован на глубине $H_{\min} = 254$ м (рис. 2а). В 7-й группе метаморфизма пер-

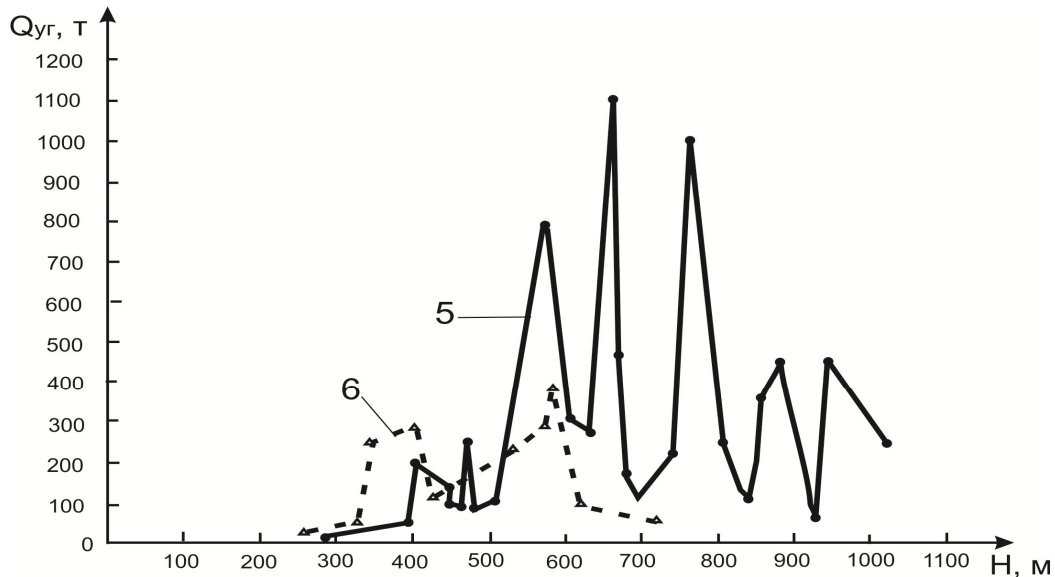
РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

вый внезапный выброс угля и газа произошел глубине $H_{\min} = 106$ м (см. рис. 2 б).

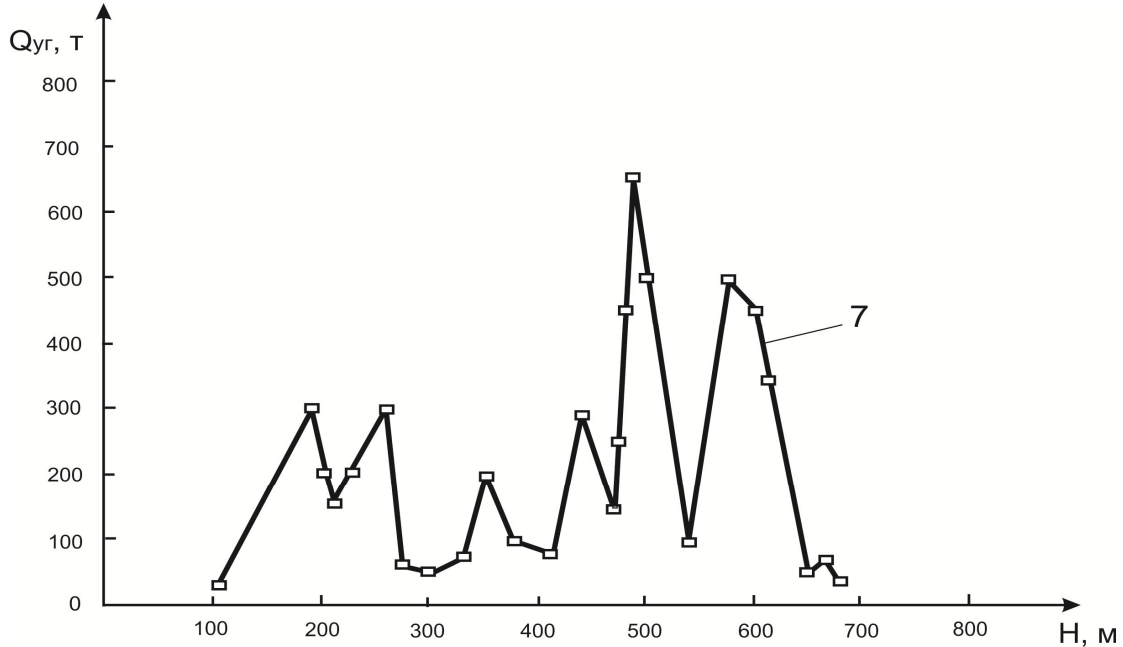
В группах 6 и 7 также наблюдается волнообразное изменение интенсивности внезапных выбросов. Следует подчеркнуть,

что группы метаморфизма 2-я, 4-я, 5-я и 7-я характеризуются повышенным количеством произошедших выбросов и отличаются высокой газодинамической активностью по параметру H .

а)



б)



5 – группа метаморфизма – V: $V^{daf} = 18,0 - 13,1\%$;

6 – группа метаморфизма – VI: $V^{daf} = 13,0 - 9,1\%$;

7 – группа метаморфизма – VII: $V^{daf} < 9,0\%$

Рисунок 2 – Изменение интенсивности выбросов угля и газа в зависимости от глубины в группах метаморфизма

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 3 – Распределение H_{\min} , м и количества внезапных выбросов N_B , 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%	$V^{daf} < 9,0\%$
Минимальная глубина первого выброса, м	617	410	487	310	286	254	1 0 6
Количества внезапных выбросов	6	102	30	144	576	19	214

Статистический анализ внезапных выбросов, произошедших за период 1946 – 2008 г.г., показал, что распределение внезапных выбросов в ряду метаморфизма на пластах пологого падения имеет сложный, волнообразный, мультимодальный характер: с тремя максимумами во 2-й, 5-й и 7-й группах метаморфизма углей (см. табл. 3).

1-й максимум выбросов во 2-й группе связан с максимумом значений толщины пластического слоя (y). 2-й максимум выбросов в 5-й группе связан с максимумом дробимости, разрушаемости углей, а 3-й максимум выбросов в 7-й группе связан с максимумом природной газоносности углей (X_{np}). Более подробно связь структурно-химических и физико-механических свойств углей с выбросоопасностью угольных пластов рассмотрена в работе [8].

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Обзор литературы показал, что в горном массиве существуют неоднородности различных уровней и масштабов: региональные, локальные, текущие. Эти неоднородности обусловлены:

а) слоистым строением горного массива, различной мощностью и крепостью слоев;

б) наличием действовавших тектонических сил, которые привели к перераспределению напряжений и неравномерному распределению природной газоносности в породных слоях и угольных пластах.

2. Неравномерное распределение напряжений и газоносности в угольных пластах, изменение структурно-химических свойств углей в процессе углефикации (скачки углефикации) обусловили сложный, волнообразный характер распределения количества внезапных выбросов на региональном уровне:

а) в ряду метаморфизма (в том числе по площадям – с запада на восток);

б) по глубине залегания угольных пластов.

3. Самой высокой газодинамической активностью на пластах пологого падения характеризуются угли 5-й группы метаморфизма с $V^{daf} = 18,0 – 13,1\%$. Эти угли характеризуются высокой дробимостью, газоносностью и сорбционной набухаемостью.

4. Выполненный статистический анализ внезапных выбросов угля и газа ($N = 1081$), произошедших на пологих угольных пластах Донбасса, позволил установить следующее. На региональном

уровне интенсивность внезапных выбросов угля и газа ($Q_{уг}$) изменяется волнообразно как в ряду метаморфизма, так и с глубиной. Установленная закономерность изменения интенсивности выброшенного угля ($Q_{уг}$) обусловлена законом перераспределения энергии в горном массиве:

- 1) наличием неравномерного распределения напряжений в горном массиве;
- 2) неоднородным распределением газоносности и давления газов по площадям и по глубине;
- 3) изменением структурно-химических свойств углей в процессе метаморфизма и свойств вмещающих пород в процессе их катагенеза.

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.: Техника, 1980. – 190 с.
3. Забигаило В. Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В. Е. Забигаило, В. И. Николин. – 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. – 225с.
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), Е 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 Окалеловым В. Н.,
д.т.н., с.н.с. Кудиновым Ю. В.*

Статья поступила в редакцию 05.12.2016

д.т.н. Антощенко М. І. (ДонДТУ, м. Лисичанськ, Україна),
с.н.с. Ашихмін В. Д. (МакНДІ, Україна), **с.н.с. Радченко О. Г.** (УкрНДМІ, Україна),
інж. Радченко О. О. (ДонНАБА, Україна)

ПРОЯВ РАПТОВИХ ВИКИДІВ ВУГІЛЛЯ І ГАЗУ НА ПОЛОГИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТАХ ДОНБАСУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГЛИБИНИ ТА СТУПЕНЯ МЕТАМОРФІЗМУ ВУГІЛЛЯ

У статті розглянуто основні закономірності зміни інтенсивності раптових викидів вугілля і газу на пологих вугільних пластах Донбасу залежно від глибини та ступеня метаморфізму вугілля.

Ключові слова: раптові викиди вугілля і газу, ступінь метаморфізму, глибина, тиск газу, хвилеподібна зміна, перерозподіл енергії, гірський масив.

Full Doctor (Engineering) Antoshchenko M. I. (DonSTU, Lysychansk, Ukraine), **senior researcher Ashymin V.D.** (MaksRI, Ukraine), **senior researcher Radchenko O.G.** (UkrNDMI, Ukraine), **engineer Radchenko O.O.** (DonNACEA, Ukraine)

DEMONSTRATION OF SUDDEN OUTBURSTS OF COAL AND GAS SEAMS IN DONBASS BY DEPENDENCE OF DEPTH AND METAMORPHIC GRADE OF COAL

The basic patterns of change in the intensity of sudden coal and gas outburst in the shallow coal seams of Donbass, depending on the depth and degree of metamorphism of coal.

Keywords: *sudden coal and gas emissions, degree of metamorphism, the depth, the gas pressure, wavy change, a redistribution of energy, mountain range.*