

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА ПРИ ЩИТОВОЙ ОТРАБОТКЕ КРУТЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

инж. Волошина Н.И., к.т.н. Кольчик Е. И., к.т.н. Стариков Г.П. (ИФГП НАН Украины)

В умовах шахти ім. Ф. Е. Дзержинського ВО „Дзержинськвугілля” проведено випробування способу та технології запобігання раптових викидів вугілля та газу при щитовій вибмці крутих вугільних пластів.

PREVENTION OF SUDDEN EMISSIONS OF COAL AND GAS AT PANEL BOARD WORKING OFF ABRUPT COAL LAYERS

Voloshina N.I., Kolchik E.I., Starikov G.P.

In conditions of mine im. F.E. Dzerzhinskogo tests of a way and technology of prevention of sudden emissions of coal and gas are carried out at panel board dredging abrupt coal layers

В условиях Центральный район Донбасса добыча угля на современных горизонтах осложнена выбросами угля и газа. Учитывая, что технология выемки угля из потолкоуступных забоев наиболее распространена на крутом падении и требует значительных затрат ручного труда и лесоматериалов, в 60^х годах прошлого столетия была разработана технология щитовой выемки угля [5]. Причем предполагалось, что частота и интенсивность выбросов угля и газа резко уменьшится поскольку в лаве остается только один куток, являющийся основным концентратором напряжения к которому приурочены газодинамические явления (ГДЯ).

На протяжении многих лет отработки пластов щитовыми агрегатами выяснилось, что к сожалению, не удалось исключить газодинамические явления. Наибольшее количество ГДЯ приходится на 1980 г. (84 случая). Причем на некоторых пластах ГДЯ происходили практически по всей площади вынимаемой щитовым агрегатом полосы (рис. 1).

До настоящего времени еще нет надежного способа предотвращения газодинамических явлений при щитовой отработке крутых угольных пластов. Поэтому вопрос создания способа предотвращения ГДЯ при щитовой технологии отработки крутых пластов является важным и актуальным.

Анализ ГДЯ, выполненный МакНИИ [1] показывает, что до 75 % от всех явлений приходится на внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением, около 20 % случаев приходится на внезапные выбросы и около 5 % - на внезапные обрушения. Причем максимальное количество ГДЯ приходится на участок панели равный $(0,3...0,8)H_e$ от откаточного горизонта (где H_e - наклонная высота этажа, м).

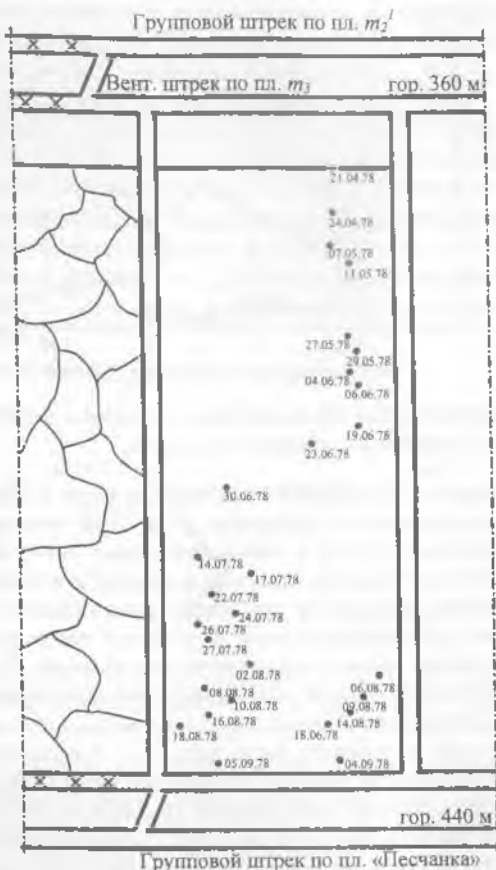


Рис.1. Схема распределения ГДЯ при отработке пласта m_3 на шахте «Александровская» ГП «Орджоникидзеуголь».

Все внезапные выбросы угля и газа происходили на расстоянии до $0,6 l_n$ (рис.2) от вентиляционного ходка (где l_n – длина щитовой лавы, м), а максимальное количество внезапных выбросов и выдавливания угля приходится на сопряжение щитового забоя с вентиляционным ходком.

Из сказанного следует, что наиболее опасной является кутковая часть очистного забоя и при решении вопросов создания защиты от ГДЯ необходимо уделять ей особое внимание.

Одним из наиболее перспективных направлений по предотвращению внезапных выбросов угля и газа в очистных и подготовительных забоях является гидрообработка угольного массива водными растворами ПАВ [6],



Рис.2. Распределение ГДЯ в щитовых лавах [1]: 1 – внезапные выдавливания угля; 2 – внезапные выбросы угля и газа.

которые снижают поверхностное натяжение воды и обеспечивают проникновение в микропоровую структуру угля. Под влиянием адсорбируемых ПАВ изменяются упругие и деформационные свойства угля, определяющие размер зоны опорного давления и механизм его разрушения. Для выяснения степени влияния на параметры зоны опорного давления физических свойств увлажненного угля в кутковой части щитовой лавы были проведены лабораторные исследования на установке 3^хосного нагружения, позволяющей моделировать напряженно-деформированное состояние любой области призабойной части пласта на реальных угольных образцах кубической формы с размером ребра грани 5,5 - 6,0 см. Программы исследований образцов учитывали, что напряженно-деформированное состояние кутковой части щитовой лавы формируется при отсутствии рядом с щитовой лавой выработанного пространства и с выработанным пространством. Для второго случая за счет стационарной зоны опорного давления [3] общее напряженное состояние может возрасти в 1,6-2,5 раза, что аналогично росту глубины ведения горных работ на ту же величину. Программа нагружения отражала поведение угольного массива в призабойной зоне пласта при увеличении глубины пласта с 1026 м до 3000 м. Для этого угольный образец, помещенный в камеру установки, сжимался независимо главными напряжениями ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) в трех взаимно перпендикулярных направлениях $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_{сж}$, где $\sigma_{сж}$ – прочность угля на одноосное сжатие. Затем σ_2 повышали до величины горного давления - γH и оно поддерживалось постоянным до момента разгрузки, где γ – объемный средневзвешенный вес горных пород, H – глубина ведения горных работ, а σ_1 увеличивали до уровня, при котором в образце появлялись деформации растяжения со стороны минимального сжимающего напряжения σ_3 . После этого разгружали σ_3 до нуля, при этом, как в процессе нагружения, так и

разгрузки фиксировали изменение размеров граней образца индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, рассчитывали деформации (ε) и упругие характеристики для построения зависимости $\sigma_1 = f(\varepsilon_1)$ и анализа механизма разрушения. Исследования проводились на увлажненных и газонасыщенных образцах, изготовленных из угля пласта k_3 „Дерезовка” – гор.1026 м шахты им. Ф.Э.Дзержинского. Контроль за степенью увлажнения и газонасыщением производился по данным спектров ЯМР, ГОСТ 11084-81 в соответствии с [6]. Результаты исследований приведены на рис.2, 3. Анализ результатов показывает, что зависимости $\sigma_1 = f(\varepsilon_1)$ (рис.3) имеют три характерных участка: 0-1 – упругое деформирование без нарушения сплошности; 1-2 – выход угля в предельное состояние при $\sigma_3 = \sigma_{пр}$, либо деформирование

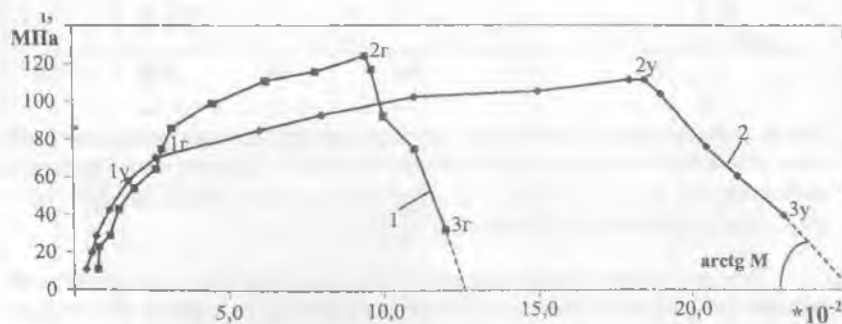


Рис.3. Влияние адсорбированных флюидов на упругие и деформационные свойства угля в предельном и запредельном состоянии при отсутствии смежного выработанного пространства: 1 - $\sigma_1 = f(\varepsilon_1)$ – для газонасыщенных образцов ($a_n = 14-18 \text{ м}^3/\text{т}$); 2 - $\sigma_1 = f(\varepsilon_1)$ – для увлажненных образцов ($W = 1,5-1,8\%$).

при $\sigma_1 = \text{const}$ в процессе снижения σ_3 до нуля; 2-3 – разрушение угля при отодвигании нажимной плиты по линии σ_3 и формирование запредельного состояния угольного массива. Упругие и деформационные свойства угля в моделируемой зоне пласта в зависимости от типа флюида в структуре угля приведены в таблице 1. Установлено, что увеличение физически связанной влаги до 1,5-1,8% снижает в 1,5-2,0 раза модуль упругости угля при нагружении по сравнению с газонасыщенным углем. При этом фактическое разрушение влагонасыщенного угля происходит на горизонтальном участке кривой $\sigma_1 = f(\varepsilon_1)$. Поскольку при обобщенном сжатии по напряжениям ($\mu_\sigma = -0,75$) формируется обобщенный сдвиг по деформациям ($\mu_\varepsilon = 0$), у газонасыщенных образцов при $\mu_\sigma = 0,97$ деформационное состояние $\mu_\varepsilon = 0,2$ и характеризует обобщенное сжатие-сдвиг.

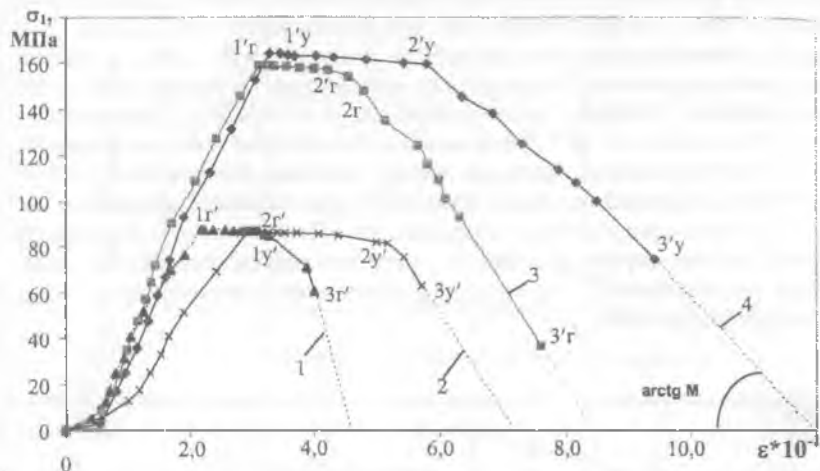


Рис.4. Влияние адсорбированных флюидов на физико-механические свойства угля в зоне опорного давления при наличии смежного выработанного пространства: 1,3 - $\sigma_1 = f(\epsilon_1)$ - для газонасыщенных образцов; 2,4 - $\sigma_1 = f(\epsilon_1)$ - для увлажненных образцов.

Эти параметры свидетельствуют о повреждаемости угля, но окончательное разрушение происходит на падающем участке кривой при отодвигании плиты. С увеличением общего уровня напряженного состояния нетронутого массива повышенное содержание влаги в угле тем не менее обеспечивает полное соответствие между μ_σ и μ_ϵ и разрушение сдвигом при $\sigma_2 = 1,6\gamma H$ и растяжение при $\sigma_2 = 2,5\gamma H$. В тоже время у газонасыщенных образцов такое соответствие полностью отсутствует, более того при снижении σ_3 до нуля деформационное состояние остается обобщенное сжатие. Разрушение газонасыщенных образцов происходит только на падающей части кривой $\sigma_1 = f(\epsilon_1)$, причем оно может происходить как в форме выброса угля и газа, так и внезапного отжима. Интегральной характеристикой, характеризующей состояние угля на падающей части кривой $\sigma_1 = f(\epsilon_1)$ является модуль спада - $\arctg M$, теоретически обоснованный в работе [4]. Показано, что длина зоны опорного давления - a_n - расстояние от поверхности очистного забоя до максимального значения главного сжимающего напряжения σ_1 определяется соотношением модуля упругости вмещающих пород E , модуля спада угля M и мощности пласта m в виде:

$$a_n = 0,73m \cdot \frac{E}{M} \quad (1)$$

Таблица 1. Физико-механические свойства угля пл. Дерезовка в зоне моделируемого опорного давления.

Номер точки на зависимости $\sigma_r = f(\varepsilon_r)$	Влажность $W, \%$	Длина зоны опорного давления, $a_n, \text{см}^3/\text{г}$	Гл. напряжения			Деформации			Модуль упругости вмещающих пород, $E, 10^3 \text{ МПа}$	Модуль спада угля, $M \cdot 10^3 \text{ МПа}$	μ_σ	μ_ε
			$\sigma_1, \text{ МПа}$	$\sigma_2, \text{ МПа}$	$\sigma_3, \text{ МПа}$	$\varepsilon_1 \cdot 10^{-2}$	$\varepsilon_2 \cdot 10^{-2}$	$\varepsilon_3 \cdot 10^{-2}$				
1У	1,8	-	-70,3	-14,0	-10,3	-2,75	-0,5	-0,1	1,09	-	-0,91	-1
2У	1,8	-	-111,6	-24,5	-12,3	-19	-0,43	18,5	0,23	-	-0,91	-1
3У	1,8	-	-39,6	-20,5	-	-23	-0,43	24,5	-	1,8	0,01	0,05
1Г	0,75	16,7	-85,7	-12,9	-10,3	-3,2	-0,5	-0,12	2,85	-	-0,94	-1
2Г	0,75	16,7	-124,0	-23,5	-11,0	-9,4	-0,4	6,2	0,56	-	-0,9	-0,2
3Г	0,75	16,7	-31,9	-18,2	0	-11,8	-0,23	10,8	-	3,8	0,14	0,03
1У'	1,5	-	-86,7	-40,6	10,3	-2,9	-0,56	-0,95	-	-	-1	-1
2У'	1,5	-	-82	-36,5	0	-5,2	0,56	3,2	5,8	-	-0,11	-0,1
3У'	1,5	-	-57,1	-30,8	0	-5,84	-0,61	4,5	-	4,0	0,07	-0,01
1Г'	0,72	18,8	-87,8	-42,2	-10,7	-2,2	-0,64	-0,75	-	-	-1	-1
2Г'	0,72	18,8	-85,6	-41,3	0	-3,2	-0,6	-0,52	3,89	-	0,03	-0,4
3Г'	0,72	18,8	-60,7	-40	0	-4,0	-0,6	2,5	-	7,9	0,13	-0,05
1'У	1,9	-	-164	-79,0	-10,8	-3,28	-1,28	-0,8	-	-	-1	-1
2'У	1,9	-	-159,5	-76	-13,8	-5,78	-1,2	1,8	5,3	-	-0,22	-0,21
3'У	1,9	-	58,0	56,2	0	9,42	-1,2	8,1	-	2,59	0,93	0,97
1'Г	0,85	14,4	-158,7	-80,1	-10,0	-3,1	-0,98	-1,29	-	-	-1	-1
2'Г	0,85	14,4	-148,0	-75,5	-13,4	-4,7	-0,98	-0,95	5,0	-	-0,16	-0,98
3'Г	0,85	14,4	-37,7	-37,7	0	-7,4	-2,2	5,5	-	4,9	-1	0,05

Как следует из результатов, приведенных в табл. 1 модуль спада угля с содержанием физически связанной влаги 1,5-1,8% в среднем в 1,96 раза меньше, чем у газонасыщенных до 14,4-18,8 м³. Поскольку модуль упругости пород кровли практически остается неизменным, то за размер зоны опорного давления отвечает при прочих равных условиях модуль спада угля. Таким образом, можно утверждать, что предварительное увлажнение газонасыщенного угля за счет снижения величины упругих характеристик увеличит размер зоны опорного давления в среднем в 2 раза и как минимум на 30% снизит концентрацию напряжений (см. рис.3).

Установленные закономерности по влиянию физически связанной влаги на геомеханическое состояние в призабойной зоне пласта позволили обосновать необходимое количество воды в угле, вызывающей его разрушение на стадии формирования зоны опорного давления и исключаяющей появление участков обобщенного сжатия при разгрузке.

Отработка параметров увлажнения, обеспечивающей предотвращение ГДЯ при щитовой выемке проводилась на выбросоопасном пласте k₃ „Дерезовка” шахты им. Ф.Э. Дзержинского.

Для этого в щитовой панели №10 участка №131 гор. 1026 м через породную пробку была пробурена скважина длиной 34 м (рис.5), после чего с помощью нагнетальной установки НВ-35 в пласт было подано 3,4 м³ водного раствора сульфанола с концентрацией 0,1 %. Давление нагнетания составляло 15 - 18 МПа.

Оценку эффективности данных мероприятий производили по спектрам ЯМР угля и по скорости газовыделения из шпуров, пробуренных в кутке вентиляционного ходка (см. рис. 6). Пробы для определения газонасыщения угля отбирались из шпуров, в которых определялась скорость газовыделения. Полученные результаты сравнивались с данными проб, полученными при бурении скважины и шпуров в необработанной зоне.

В результате выполненных исследований установлено, что в угольном массиве пласта k₃ «Дерезовка» гор. 1026 м содержание физически связанной влаги составляет 0,7 - 1,2 %. При этом показатель газодинамической активности (табл. 2, рис. 6) находился в пределах 1,06 - 1,73 и в большей части исследованного массива превышал безопасный уровень, величина которого составляет 1,5. В зоне обработанной водным раствором поверхностно активных веществ (табл. 4) содержание физически связанной влаги составило 2,45 - 2,7 % на глубине 1,5 м и 2,01 - 2,2 % на глубине 3,5 м, а уровень газодинамической активности составил в среднем 0,63 (рис. 6). Значения начальной скорости газовыделения уменьшились на 49 - 58 % (табл. 3, 4). При этом в зоне увлажнения граничная величина начальной скорости газовыделения не превышала 1,1 л/мин, в то же время в необработанной зоне она достигала 4,0 л/мин, что в соответствии с «Инструкцией ...» п. 2.4.13 является критическим значением.

В целом анализ полученных результатов показал, что увлажнение водным раствором ПАВ позволяет увеличить содержание физически связанной влаги в угольной массиве до безопасного уровня на глубине 3,5 м

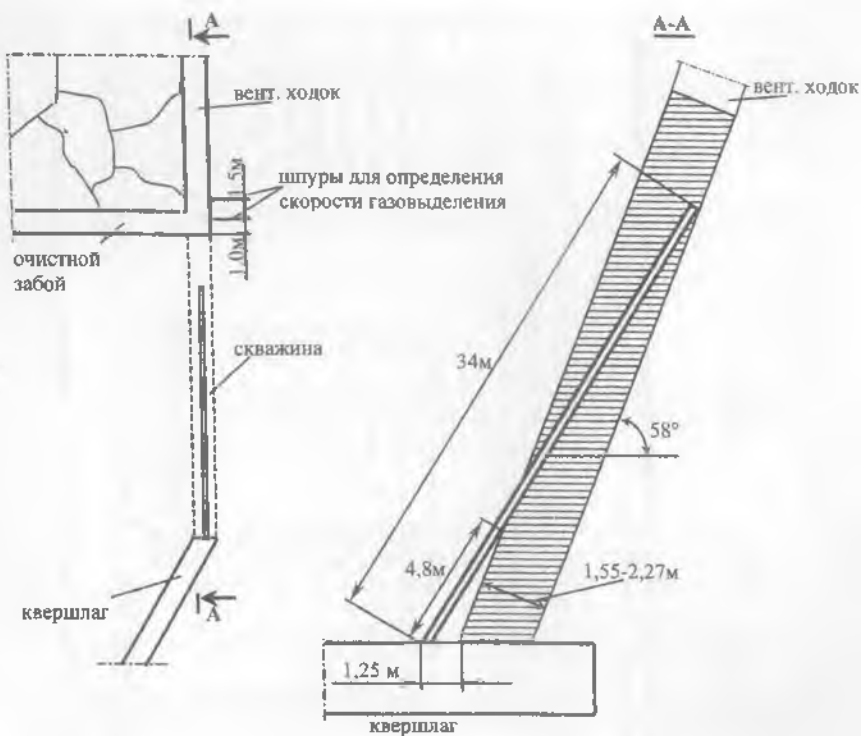


Рис. 5. Схема обработки пласта k_3 «Дрезовка».

от контура скважины и снизить начальную скорость газовыделения, показателя характеризующего газодинамическую опасность угольных пластов. Установленные параметры достаточно надежно могут обеспечить безопасную выемку кутковой части щитовой лавы с помощью одной восстающей нагнетательной скважины, пробуренной из пром. квершлага в пределах проектного контура вентиляционного хода.

В результате выполненных исследований впервые показано, что при повышении содержания физической влаги до 1,8 % разрушение угля происходит сдвигом, при этом модуль спада в среднем в 1,96 раза меньше чем у газонасыщенного угля. По результатам приемочных испытаний отработаны основные параметры гидрообработки пласта водными растворами ПАВ, обеспечивающих формирование геомеханического состояния в призабойной зоне пласта исключая выбросы угля и газа.

Таблица 2. Результаты исследований проб угля отобранных при бурении нагнетательной скважины на ЯМР-спектрометре и расчета показателя его газодинамической активности.

Место отбора проб	Интенсивность узкой линии, $I_{\text{уз}}$	Интенсивность широкой линии, $I_{\text{ши}}$	Отношение $I_{\text{уз}}/I_{\text{ши}}$	Содержание адсорбированной влаги, W , %	Показатель газодинамической активности, $\frac{Q \cdot 0.712}{W \cdot 10}$	Примечание
5,0	2,35	1,57	1,5	1,00	1,21	Отношение характеризующее содержание адсорбированной влаги в пределе 2 % составляет - $I_{\text{уз}}/I_{\text{ши}} = 3$ $Q = 17 \text{ м}^3/\text{т}$
8,0	1,88	-//-	1,2	0,80	1,51	
11,0	1,90	-//-	1,21	0,81	1,52	
14,0	1,85	-//-	1,18	0,78	1,55	
17,0	1,93	-//-	1,23	0,82	1,54	
20,0	1,96	-//-	1,25	1,14	1,06	
23,0	2,20	-//-	1,40	0,93	1,30	
26,0	1,66	-//-	1,06	0,70	1,73	
29,0	1,90	-//-	1,21	0,80	1,51	
32,0	2,22	-//-	1,41	0,95	1,27	

Таблица 3. Результаты измерения начальной скорости газовыделения и содержания адсорбированной воды в угле в неувлажненной зоне.

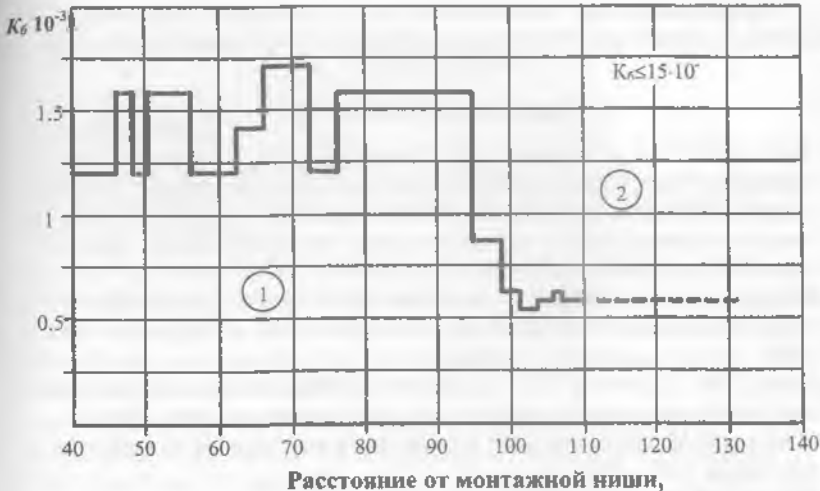
Место измерения, дата	Номер шпура	Скорость газовыделения на интервале, л/мин.							Расстояние до середины шпура с максимальной скоростью газовыделения, $l_{\text{г}}$, м	Содержание адсорбированной воды на интервале бурения, %	
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м		1,5 м	3,0 м
03.03.03 40 м от в/г*	1	-	-	-	-	0,69	1,14	1,14	3,25	1,0	1,2
	2	-	-	-	-	0,69	1,04	1,14	3,25	1,0	1,0
10.03.03 46 м от в/г	1	-	0,22	0,27	1,32	1,64	1,74	2,01	3,25	0,8	0,9
	2	-	0,27	0,27	1,14	1,32	1,74	1,22	2,75	0,9	0,9
12.03.03 48 м от в/г	1	-	-	сл.	0,27	0,27	1,04	1,24	3,25	1,1	1,1
	2	-	-	0,27	0,54	0,54	0,84	1,14	3,25	1,0	1,0
14.03.03 50 м от в/г	1	-	-	0,27	0,27	0,54	0,69	0,94	3,25	1,1	1,1
	2	-	-	-	сл.	0,27	0,54	0,54	2,75	0,8	0,8
17.03.03 53 м от в/г	1	-	-	0,27	0,69	0,94	1,24	1,32	3,25	0,8	0,8
	2	-	-	сл.	0,54	0,84	0,84	1,04	3,25	0,9	0,9
19.03.03 56 м от в/г	1-2	-	-	-	-	0,27	0,69	0,94	3,25	1,0	1,1
24.03.03 62 м от в/г	1	-	сл.	0,84	1,11	1,57	1,88	2,01	3,25	1,1	1,0
	2	-	0,27	0,27	0,84	0,84	1,14	1,32	3,25	0,9	1,0
26.03.03 65 м от в/г	1	-	-	0,94	1,45	1,74	2,01	3,3	3,25	0,8	0,7
	2	-	сл.	0,89	1,24	1,4	1,64	2,01	3,25	0,9	0,7
30.03.03 69 м от в/г	1	-	-	-	-	0,27	0,54	0,54	2,75	0,7	0,9
	2	-	-	-	0,27	0,27	0,54	4,0	3,25	0,8	0,7
02.04.03 72 м от в/г	1	-	-	сл.	0,84	1,14	1,45	1,84	3,25	1,0	1,0
	2	-	-	0,54	0,84	1,14	1,14	1,32	3,25	1,1	1,0
07.04.03 76 м от в/г	1-2	-	-	сл.	0,94	0,94	1,4	1,74	3,25	0,8	0,8

* в/г – вентиляционный горизонт

Таблица 4. Результаты измерения начальной скорости газовыделения и содержания раствора ПАВ в увлажненной зоне.

Дата, место измерения	Нескважины	Скорость газовыделения – л/мин.						Среднее содержание адсорбированного раствора ПАВ в интервале бурения, %	
		1,0 м	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	1,5	3,5
07.05.03 95 м от в/г*	1	0,0	0,0	0,96	1,1	1,1	1,9	1,4	1,35
	2	0,0	0,0	0,56	1,2	1,31	1,3	1,42	1,47
12.05.03 99 м от в/г	1	0,0	сл.	0,28	0,28	0,56	0,8	2,5	2,05
	2	0,0	0,28	0,56	0,86	1,01	1,1	2,5	2,12
16.05.03 102 м от в/г	1	0,0	0,0	0,26	0,66	0,8	0,95	2,7	2,7
	2	0,0	0,0	0,52	0,8	0,9	1,2	2,49	2,2
20.05.03 104 м от в/г	1	0,0	0,26	0,26	0,8	0,86	0,94	2,47	2,01
	2	0,0	0,0	0,52	0,52	0,8	0,95	2,49	2,2
25.05.03 106 м от в/г	1	0,0	0,0	0,26	0,52	0,90	0,99	2,52	2,1
	2	сл.	сл.	0,26	0,66	0,8	0,9	2,51	2,0
30.05.03 107 от в/г	1	0,0	0,0	0,7	0,9	1,01	1,1	2,49	2,2
	2	0,0	0,0	0,0	0,28	0,28	0,39	2,52	2,12
01.06.03 111 м от в/г	1	0,0	0,0	0,0	0,52	0,75	1,1	2,5	2,2
	2	сл.	0,0	0,41	0,82	0,84	1,0	2,52	2,15

* в/г – вентиляционный горизонт



Расстояние от монтажной ниши,

Рис.6. Изменения показателя газодинамической активности угля: 1 – необработанная часть щитовой панели ($W = 0.8 \dots 1.0 \%$); 2 – обработанная часть щитовой панели ($W = 2.0 - 2.2 \%$).

Таблица 5. Результаты определения величины показателя газодинамической активности угля.

Расстоян. от вент. горизон- та, м	Сорбцион- ная мета- но емкость $Q, \text{ м}^3/\text{т}$	Всесовое кол- во метана $Q \times 0,712,$ кг/т	Минимальное со- держание влаги в двух шпурах, $W, \text{ кг/т}$	Показатель газодинами- ческой ак- тивности,	Примечание
40	17,0	12,1	10	1,21	Газодина- мическое состояние угля до зоны обработки, $K_{г\text{безоп}} \leq 1,5$
46	-//-	-//-	8	1,51	
48	-//-	-//-	10	1,21	
50	-//-	-//-	8	1,51	
53	-//-	-//-	8	1,51	
56	-//-	-//-	10	1,21	
62	-//-	-//-	9	1,34	
65	-//-	-//-	7	1,73	
69	-//-	-//-	7	1,73	
72	-//-	-//-	10	1,21	
76	-//-	-//-	8	1,51	
95	17,0	12,1	13,5	0,89	Газодина- мическое состояние угля в зоне увлажнения раствором ПАВ
99	-//-	-//-	19,5	0,62	
102	-//-	-//-	22,0	0,55	
104	-//-	-//-	20,7	0,58	
106	-//-	-//-	20,1	0,60	
107	-//-	-//-	21,0	0,58	
111	-//-	-//-	21,0	0,58	

Авторы выражают благодарность д.т.н., профессору Алексееву А.Д. за ценные советы и замечания, высказанные при обсуждении результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайнштейн Л.А., Южанин И.А., Новичихин И.А., Тихолиз А.М. Направление совершенствования технологии щитовой выемки угольных пластов, опасных по газодинамическим явлениям. – Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. – МакНИИ. – Макеевка - Донбасс: 1993, с.4-14.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа. – М., Недра, 1989, - 158с.
3. Булат А.Ф., Курносков А.Т. Управление геомеханическими процессами при отработке угольных пластов. – К., Наукова думка, 1987, -206с.
4. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. – М., Недра, 1983, -280с.
5. Махно Е.Я. Вопросы разработки крутопадающих пластов угля с применением щитовой крепи. – М., Углеиздат, 1957, -118с.
6. Алексеев А.Д., Стариков Г.П. и др. Обработка выбросоопасных пластов водными растворами ПАВ. – К., Техника, 1988, -86с.