

# Метанообильные шахты: газоносность, метановыделение, дегазация<sup>1</sup>



**В.С. Забурдяев,**  
д-р техн. наук, вед.  
науч. сотрудник

ИПКОН РАН

Приведены информация о метанообильности угольных шахт России и основные зависимости для определения метановыделения из разрабатываемых угольных пластов в очистные забои и скважины как при обустройстве выемочного участка, так и последующей предварительной дегазации угольного массива на примере пластов Кузнецкого бассейна.

*The Article provides for the information about methane richness of coal mines of Russia and the main dependencies for defining methane emission from the developed coal seams to the working faces and borehole both at hole drilling of the working area, as well as next preliminary degassing of coal massif by the example of coal-bed of Kuznetsky coal-basin.*

**Ключевые слова:** шахта, участок, метанообильность, пласт, дегазация, скважина.

В угольной отрасли России в 2011 г. насчитывалась 81 действующая шахта. Из них в соответствии с классификацией по метану: 8 — негазовые; 13, 8, 10 соответственно — I, II и III категории опасности; 23 — сверхкатегорные и 19 — опасные по внезапным выбросам угля и газа. Число разрабатываемых угольных пластов (шахтопластов) — 168, в том числе опасных по внезапным выбросам угля и газа — 17; угрожаемых по данному фактору — 62; опасных по взрывчатости угольной пыли — 161; склонных к самовозгоранию — 113; опасных по горным ударам — 33. Абсолютная метанообильность шахт России достигала в среднем 33,8 м<sup>3</sup>/мин, относительная — 15,9 м<sup>3</sup>/т. Средняя метанообильность 17 шахт изменялась от 70 до 180 м<sup>3</sup>/мин.

Наиболее опасные по газовому фактору шахты III категории и сверхкатегорные, опасные по внезапным выбросам угля и газа, находятся в Кузнецком угольном бассейне и Воркуте.

Оценивая состояние шахт по абсолютной метанообильности, можно констатировать, что дегазация необходима на 35 шахтах, где в зависимости от газового баланса выемочных участков и метаносности угольных пластов могут быть рекомендованы способы дегазации разрабатываемых пластов угля, сближенных пластов и выработанных пространств [1]. При разработке свиты угольных пластов наряду с вентиляцией применяется дегазация, как правило, сближенных пластов угля и выработанных пространств. Дегазация разрабатываемых угольных пластов обязательна при метаносности более 13 м<sup>3</sup>/т с.б.м., в том числе пластов, склонных к внезапным выбросам угля и газа.

Согласно действующему нормативному документу [1] схемы и параметры предварительной дегазации пластов угля устанавливаются с учетом геометрических размеров отрабатываемого выемочного участка, метаносности пласта, рациональных, в конкретных горнотехнических условиях, схем вентиляции, доли разрабатываемого пласта в газовом балансе призабойного пространства лавы, показателей газоотдачи угольного массива в дегазационные скважины, продолжительности их функционирования в зонах пласта с природной проницаемостью, а также допустимой по условиям вентиляции величины метановыделения на исходящей из лавы струе воздуха. При этом эффективность дегазации разрабатываемого пласта значительно зависит от показателей его газоотдачи в скважины, т.е. от интенсивности начального метановыделения и темпа его снижения во времени, а также от схемы расположения скважин и расстояния между ними [1–5].

В формуле для расчета расстояния между пластовыми скважинами [1] используется относительное метановыделение  $q_{пл}$  (м<sup>3</sup>/т), определяемое по рекомендациям руководства [6]:

$$q_{пл} = k_{пл}(X - X_1) + k_{э.п}(X - X_0) \quad (1)$$

или

$$q_{пл} = q_{о.пл} + q_{о.у} + k_{э.п}(X - X_0), \quad (2)$$

где  $k_{пл}$  — коэффициент, учитывающий влияние системы разработки на выделение метана из пласта, доли ед.;  $X$  — природная метаносность пласта, м<sup>3</sup>/т [1, 7];  $X_1$  — остаточная метаносность отбитого угля на выходе из участка, м<sup>3</sup>/т (определяется экспериментально или расчетом);  $k_{э.п}$  — коэффициент, учитывающий метановыделение из эксплуатационных потерь угля в пределах выемочного участка, доли ед.;  $X_0$  — остаточная метаносность угля,

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 10-05-01028а.

оставляемого в выработанном пространстве, м<sup>3</sup>/т;  $q_{o,пл}$  — метановыделение из обнаженных поверхностей пласта в лаве, м<sup>3</sup>/т;  $q_{o,y}$  — метановыделение из отбитого в лаве угля на выходе из участка, м<sup>3</sup>/т.

Однако формулы (1) и (2) для определения  $q_{пл}$  в качестве исходной величины не могут быть приняты для расчета расстояния между пластовыми скважинами, поскольку массив угля впереди забоя лавы дополнительно подвергается естественной дегазации.

К ошибочным результатам при расчете расстояния между скважинами предварительной дегазации пласта может привести использование величины относительного метановыделения из угольного пласта  $q_{пл}$ , определенного по формуле [6], в которой  $I_{оч}$  и  $A_c$  принимаются фактическими по лаве-аналогу (либо  $q_{пл} \approx q_{оч}$ )

$$q_{пл} = \frac{I_{оч} \cdot 1440}{A_c}, \quad (3)$$

где  $q_{оч}$  — относительная метанообильность очистной выработки, м<sup>3</sup>/т;  $I_{оч}$  — метановыделение на выходе из очистного забоя (м<sup>3</sup>/мин), на величину которого влияют параметры предварительной и условия естественной дегазации пласта;  $A_c$  — среднесуточная добыча угля в очистном забое, т.

Более того, параметр  $q_{пл}$ , определяемый по формулам (2) и (3), оказывается неоднозначным. Так, при  $X = 15$  м<sup>3</sup>/т,  $X_1 = 3,3$  м<sup>3</sup>/т и  $X_0 = 2,1$  м<sup>3</sup>/т по формуле (1)  $q_{пл} = 8,6$  м<sup>3</sup>/т, а по формуле (2)  $q_{пл} = 3,5$  м<sup>3</sup>/т [6]. Это обусловлено прежде всего тем, что в формулах не учитываются эффективность дегазации в зонах пласта с природной проницаемостью и влияние на интенсивность метановыделения в высокопроизводительных лавках естественной дегазации пласта [4, 5, 8].

Возникает необходимость разработки нового методического подхода к определению исходных данных, расчету метанообильности очистного забоя по метаноносности угольных пластов, отрабатываемых с применением высокопроизводительной очистной техники. Необходимо ориентироваться на положения инструкции [1] в части технологических решений по предварительной дегазации разрабатываемых пластов угля с учетом газодинамических процессов, протекающих в угольном массиве в зонах природной проницаемости, а также учитывать влияние очистного забоя на разгрузку прилегающего массива угля и на метановыделение из него в дегазационные скважины и призабойное пространство лавы, знать динамику интенсивности газовыделения из отбитого угля [4, 5].

Основной исходной величиной в процессе газовыделения в скважины является установленная геологами или измеренная природная метаноносность пласта  $X_r$  (м<sup>3</sup>/т с.б.м.).

После дегазации пласта в зоне его природной проницаемости с эффективностью  $k_{д,пл}$  (доли ед.) метаноносность пласта (м<sup>3</sup>/т с.б.м.)

$$X'_r = (1 - k_{д,пл}) X_r, \quad (4)$$

а в полосе выемки угля комбайном метаноносность (м<sup>3</sup>/т с.б.м.)

$$X'_b = (1 - k_c) X'_r, \quad (5)$$

где  $k_c$  — коэффициент естественной дегазации угольного массива, прилегающего к очистному забою, доли ед.

Результаты исследования числового значения метаноносности  $X'_b$  (м<sup>3</sup>/т с.б.м.) после предварительной дегазации разрабатываемого пласта с эффективностью  $k_{д,пл}$  приведены в работе [8].

С учетом последовательно протекающих процессов предварительной и естественной дегазации метановыделение из разрабатываемого пласта составит:

в зоне природной проницаемости пласта

$$q'_{пл} = (1 - k_{д,пл})(X - X'_b), \quad (6)$$

в зоне, разгружаемой от горного давления,

$$q''_{пл} = (1 - k_c)(X'_r - X'_b). \quad (7)$$

Для установления численного значения метановыделения из разрабатываемого пласта по новому методу использованы экспериментальные данные по десяти выемочным участкам восьми шахт Кузбасса (табл. 1), включая природную метаноносность  $X_r$  угольных пластов (9,8–16,8 м<sup>3</sup>/т с.б.м.) и метаноносность массива угля в зоне его выемки  $X_b$  комбайном (4–7,5 м<sup>3</sup>/т с.б.м.) [9]. При этом в исследованных условиях отношение  $X_b/X_r$  изменялось от 0,24 до 0,65, причем на участках пласта, где применялась предварительная дегазация угольного массива подземными скважинами, это отношение, как правило, было меньше, что свидетельствует о положительном влиянии дегазационных скважин на снижение метаноносности угольных пластов как в зонах предварительной дегазации с природной проницаемостью, так и в зонах разгружающего влияния очистного забоя на прилегающий к нему массив угля.

При известных величинах метаноносности пласта  $X_r$  и  $X_b$  коэффициент естественной дегазации

$$k_c = 1 - \frac{X_b}{X_r}, \quad (8)$$

а на участках с предварительной дегазацией пласта

$$k'_c = 1 - \frac{X'_b}{X'_r}. \quad (8')$$

Согласно модели изменения метаноносности угольного массива на участке очистных работ [5, 8] относительное метановыделение из угольного пласта

$$q_{пл} = \frac{100 - W - A^c}{100} (X_r - X_b). \quad (9)$$

При числовых значениях  $X_r = 15$  м<sup>3</sup>/т с.б.м.,  $X_b = 5$  м<sup>3</sup>/т с.б.м., природной влажности угля  $W = 2,2$  % и его зольности  $A^c = 15,2$  % значение  $q_{пл}$  составляет 8,3 м<sup>3</sup>/т.

Таблица 1

Шахта, пласт	Выход летучих, %	Природная метаноносность $X_r$ , м <sup>3</sup> /т с.б.м.	Метаноносность массива угля в зоне выемки $X_b$ , м <sup>3</sup> /т с.б.м.	$X_b/X_r$	Коэффициент естественной дегазации $k_e$ , доли ед.	Примечание
«Пионерка», 9-й	39,0	14,3	7,5	0,52	0,48	–
«Чертинская», 3-й	34,0	11,0	4,5	0,41	0,59	Осуществлялась дегазация разрабатываемого пласта
«Комсомолец»:						
Бреевский	36,0	12,0	7,1	0,59	0,41	–
Толмачевский	39,0	11,2	6,7	0,60	0,40	–
Им. С.М. Кирова:						
24-й	41,2	15,2	4,2	0,28	0,72	Осуществлялась дегазация разрабатываемых пластов
25-й	42,1	16,5	4,0	0,24	0,76	–
«Котинская», 52-й	40,5	9,8	6,4	0,65	0,35	То же
«Абашевская», 14-й	35,8	15,9	4,0	0,25	0,75	–«–
«Алардинская», 3-3а	15,8	16,8	4,8	0,29	0,71	–«–
«Распадская», 6-6а	35,4	15,0	5,1	0,34	0,66	–«–

При обработке угольных пластов на полную мощность расстояние между скважинами предварительной дегазации для схемы с параллельно-одиночным их расположением [1] рассчитывается по формуле

$$R_c = \frac{l'_c m_d \frac{g_0}{a} \ln(a\tau + 1)}{l_{оч} m \gamma k'_{д.пл} (X_r - X_b)}, \quad (10)$$

где  $l'_c$  — полезная длина скважин (за вычетом глубины герметизации устья скважины), м;  $m_d$  и  $m$  — дегазируемая скважинами и полная мощность угольного пласта, м ( $m_d$  используется при наличии породного слоя, разделяющего вынимаемую (дегазируемую) и полную мощность пласта, отдающего метан в призабойное пространство лавы);  $g_0$  — начальная удельная интенсивность метановыделения из пласта в скважину, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> · сут);  $a$  — темп снижения метановыделения в скважину от времени  $\tau$  (сут) ее функционирования, сут<sup>-1</sup>;  $l_{оч}$  — длина лавы (очистного забоя), м;  $\gamma$  — плотность угля, т/м<sup>3</sup>;  $k'_{д.пл}$  — необхо-

димая (проектная) эффективность дегазации разрабатываемого пласта, доли ед.

Для схем дегазации пласта ориентированными на очистной забой или перекрещивающимися скважинами расстояние  $R_c$  увеличивается на соответствующий коэффициент интенсивности метановыделения в пластовые скважины [1].

Применительно к изученным условиям обработки метаноносных угольных пластов с предварительной дегазацией при  $l_{оч} = 240$  м определены расстояния между скважинами для схемы с параллельно-одиночным их расположением относительно линии очистного забоя (табл. 2). Полученные данные свидетельствуют о необходимости учитывать газодинамические свойства метаноносных пластов угля и их газоотдачу в скважины при определении основного параметра дегазации — расстояния между скважинами, поскольку оно на примере семи пластов при сроке дегазации 180 сут составило от 6,3 до 17,2 м. При использовании схемы дегазации разрабатываемых пластов угля ориентирован-

Таблица 2

Шахта	Пласт	Мощность пласта, м	Метаноносность пласта, м <sup>3</sup> /т с.б.м.	Показатели газоотдачи пласта в скважины		Расстояние (м) между скважинами при сроке дегазации (сут)		
				$g_0$ , м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> · сут)	$a$ , сут <sup>-1</sup>	120	150	180
Им. С.М. Кирова	24-й	2,2	15,2	0,24	0,009	4,8	5,6	6,3
	25-й	1,7	16,5	0,38	0,011	6,3	7,3	8,2
«Котинская»	52-й	4,1	9,8	0,24	0,014	13,5	15,5	17,2
«Чертинская»	5-й	2,0	19,5	0,48	0,010	7,4	8,5	9,6
«Абашевская»	14-й	1,5	15,9	0,31	0,008	6,0	7,0	7,9
«Распадская»	6-6а	4,3	15,0	0,23	0,011	5,0	5,8	6,5
«Алардинская»	3-3а	7,9*	16,8	0,15	0,028	5,7	6,3	6,9

\* Обработка пласта в два слоя.

Таблица 3

Шахта	Пласт	Расстояние между скважинами, м	Интенсивность метановыделения из скважин, м <sup>3</sup> /мин	
			G <sub>б max</sub>	G <sub>τ</sub>
Им. С.М. Кирова	24-й	6,3	1,95	0,70
	25-й	8,2	2,33	0,78
«Котинская»	52-й	17,2	3,42	0,92
«Чертинская»	5-й	9,6	3,50	2,33
«Абашевская»	14-й	7,9	1,74	0,69
«Распадская»	6-6а	6,5	3,56	1,24
«Алардинская»	3-3а	6,9	3,58	0,59

Остальные исходные данные для расчетов приведены в табл. 2.

В случае применения схем пластовой дегазации ориентированными на очистной забой или перекрещивающимися скважинами уточняются исходные данные в соответствии с рекомендациями инструкции [1].

**Выводы**

1. Число наиболее опасных по метану шахт в России (сверхкатегорные, III категории и опасные по внезапным выбросам угля и газа) составляет 52, или 64,2 % общего их числа. При средней абсолютной метанообильности шахты, равной 33,8 м<sup>3</sup>/мин, более высокие ее значения отмечены на 20 шахтах, где в ряде случаев метанообильность составляла 70–180 м<sup>3</sup>/мин (12 шахт).

2. Оценивая газовую ситуацию шахт России по их абсолютной метанообильности, можно констатировать, что дегазация источников метановыделения необходима на 35 шахтах, где метаноносность угольных пластов превышает 13 м<sup>3</sup>/т с.б.м. и в зонах разгрузки углевмещающей толщи залегают сближенные пласты угля.

3. При использовании в шахтах высокопроизводительной угледобывающей техники прогнозное метановыделение из разрабатываемых угольных пластов в призабойное пространство лавы необходимо определять с учетом природной метаноносности пласта, метаноносности угля в зоне его выемки комбайном и степени искусственной дегазации угольного массива в природных условиях залегания угольных пластов, а также с учетом естественной дегазации массива угля в зоне его разгрузки очистным забоем.

4. Для определения прогнозных величин каптируемого из угольных пластов метана и его последующего использования надо располагать данными об интенсивности выделения метана, извлекаемого средствами дегазации, на основе фактических (или прогнозных) данных метаноносности пластов угля, показателей газоотдачи угольных массивов в скважины предварительной дегазации, геометрических параметров выемочных участков и скважин, схемы расположения и числа дегазационных скважин,

ными на очистной забой или перекрещивающимися скважинами расстояние между ними корректируется с учетом рекомендаций инструкции [1].

При слоевой разработке мощных пологих угольных пластов по системе «слой — пласт» скважины предварительной дегазации необходимо бурить в плоскостях первого (верхнего) и второго (нижнего) вынимаемых слоев. Расстояние между скважинами по нижнему слою, определенное по формуле (10), увеличивается в 2,5–3 раза, что обусловлено существенным повышением газоотдачи пласта в скважины вследствие разгружающего на пласт влияния очистного забоя по верхнему слою. В случае проведения подготовительных выработок только по верхнему слою пласта по его нижнему слою бурят скважины направленной трассы.

Для использования каптируемого из разрабатываемого пласта метана необходимо иметь информацию о его динамике на выемочном участке, которая подразделяется на два этапа: в период t'<sub>6</sub> (сут) обурирования пласта скважинами (число пробуренных скважин N'<sub>с</sub> на участке или в отдельном блоке) и в процессе дегазации τ' (сут) участка (блока) скважинами [1, 4, 5], для чего используются следующие формулы:

$$G'_6 = \frac{l_c m N'_c g_0}{1440 t'_6 a} \ln(at'_6 + 1); \tag{11}$$

$$G'_\tau = \frac{G_{6 \max}}{a_N \tau' + 1}, \tag{12}$$

где G'<sub>6</sub> — интенсивность метановыделения из скважин на момент времени t'<sub>6</sub> (сут) обурирования участка (блока) пласта, м<sup>3</sup>/мин; G'<sub>τ</sub> — интенсивность метановыделения из скважин после завершения буровых работ на участке (в блоке) пласта на момент времени τ', м<sup>3</sup>/мин; G<sub>6 max</sub> — дебит метана из пластовых скважин на участке (в блоке) с проектным числом скважин N<sub>с</sub>, м<sup>3</sup>/мин; a<sub>N</sub> — коэффициент, характеризующий темп снижения метановыделения из N<sub>с</sub> скважин от времени τ дегазации пласта после завершения буровых работ на участке, сут<sup>-1</sup>. Определяется экспериментально путем математической обработки фактических данных [10] или по формуле

$$a_N = \frac{g_0}{g_\tau} - \frac{1}{\tau}, \tag{13}$$

где g<sub>τ</sub> — текущее удельное метановыделение из скважин на период времени τ, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сут)

$$g_\tau = \frac{g_0}{a\tau + 1}. \tag{14}$$

Результаты расчета G<sub>6 max</sub> и G<sub>τ</sub> при N<sub>с</sub> = 30 скважин для нормативного срока предварительной дегазации параллельными очистному забое скважинами, равного 180 сут, приведены в табл. 3. При этом длина скважины принята равной 200 м, продолжительность бурения пластовой скважины — одни сутки.

продолжительности их функционирования на этапе обустройства пластов угля и в процессе предварительной дегазации.

**Список литературы**

1. *Инструкция* по дегазации угольных шахт. — Сер. 05. — Вып. 22. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2012. — 250 с.
2. *Метан* в шахтах и рудниках России: прогноз, извлечение и использование / А.Д. Рубан, В.С. Забурдяев, Г.С. Забурдяев, Н.Г. Матвиенко. — М.: ИПКОН РАН, 2006. — 312 с.
3. *Геотехнологические* проблемы разработки опасных по газу и пыли угольных пластов / А.Д. Рубан, Г.С. Забурдяев, В.С. Забурдяев. — М.: Наука, 2007. — 279 с.
4. *Проблемы* обеспечения высокой производительности очистных забоев в метанообильных шахтах / А.Д. Рубан, В.Б. Артемьев, В.С. Забурдяев и др. — М.: УРАН ИПКОН РАН, 2009. — 396 с.
5. *Подготовка* и разработка высокогазоносных угольных пластов: Справочное пособие / Под ред. А.Д. Рубана, М.И. Шадова. — М.: Горная книга, 2010. — 500 с.

6. *Руководство* по проектированию вентиляции угольных шахт. — Макеевка-Донбасс: Изд. МакНИИ, 1989. — 320 с.

7. *Инструкция* по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геолого-разведочных работах. — М.: Недра, 1977. — 96 с.

8. *Рубан А.Д., Забурдяев В.С.* Оценка эффективности дегазации разрабатываемых угольных пластов // Уголь. — 2010. — № 11. — С. 8–10.

9. *Проблемы* разработки метаноносных пластов в Кузнецком угольном бассейне / Ю.Н. Малышев, Ю.Л. Худин, М.П. Васильчук и др. — М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. — 463 с.

10. *Методические* положения по выбору и применению новых технологий дегазации и управления метановыделением на угольных шахтах / В.С. Забурдяев, А.Д. Рубан, И.В. Сергеев и др. — Люберцы: Изд. ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского, 2000. — 116 с.

sabyanina@mail.ru



**Ю.М. Бирюков,**  
д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Калининградский  
государственный технический  
университет»

УДК 622.831.322

© Ю.М. Бирюков, 2012

## О механизме формирования, протекания и классификации газодинамического явления

Проведен анализ крупных газодинамических явлений (внезапных выбросов угля и газа). Описана сложность их классификации. Анализируются условия формирования и протекания газодинамического явления.

*The Article analyses the large scale gas dynamic phenomena (sudden coal and gas outbursts). The difficulty of their classification is described. The conditions of formation and behavior of gas dynamic phenomenon are analyzed.*

**Ключевые слова:** внезапный выброс угля и газа, сложность классификации, прогнозирование опасной ситуации, порядок ведения горных работ.

Самый мощный в мире внезапный выброс угля и газа с катастрофическими последствиями произошел в Карагандинском угольном бассейне на шахте им. В.И. Ленина 24 ноября 1995 г. в 21 ч 40 мин в забое конвейерного бремсберга пласта Д6 центр-запад гор. —100 м [1]. Пласт Д6 отнесен к особовыбросоопасному с глубины 320 м от поверхности.

В результате внезапного выброса угля и газа и последующего взрыва метана погибли 13 человек: 3 — в подготовительном забое, 3 — в выработке околоствольного двора от ударной волны и 7 — в подготавливаемой к работе лаве от отравления оксидом углерода.

Аналог этому выбросу трудно найти как по его необычности, так и по сложности классификации,

поэтому подробно рассмотрим все особенности его формирования и протекания.

Согласно программе развития горных работ проходка конвейерного бремсберга центр-запад пласта Д6 велась комбайном ГПК (площадь сечения в свету 12,8 м<sup>2</sup>) в нисходящем порядке под углом 6–8°.

Выработку крепили металлической арочной крепью из спецпрофиля СВП-27, плотностью две рамы на 1 м, бока и кровлю затягивали железобетонной затяжкой.

В призабойное пространство подавали 850 м<sup>3</sup>/мин воздуха, при расчетном 522 м<sup>3</sup>/мин. Забой проводили с выполнением противовыбросных мероприятий в опасных зонах, в которых бурили от 6 до 17 газодренажных скважин диаметром 250 мм, длиной 10 м в зависимости от показателя выбросоопасности с

контролем эффективности проведенных мероприятий.

Выработка проводилась по верхнему слою пласта Д6 на глубине 545 м от земной поверхности. В кровле пласта Д6 на расстоянии 158 м залегал пласт Д9 и в 203 м — пласт Д10. Породы пласта представлены преимущественно аргиллитами и алевролитами с пределом прочности на сжатие соответственно 10–14 и 39–49 МПа. В почве пласта Д6 в районе происшедшего газодинамического явления располагались полевые выработки, пройденные в 90-х годах XX в. буровзрывным способом. Расстояние между пластом Д6 и полевыми выработками по вертикали в плоскости проводимого бремсберга составляло 22–23 м.

Перед внезапным выбросом угля и газа в забое был выполнен комплекс работ по прогнозу выбросоопасности пласта, осуществлению противовыбросных мероприятий и контролю за их эффективностью. Проектная длина скважин составляла 10–11 м с законтурной обработкой 4 м. Было пробурено 17 скважин диаметром 250 мм. Бурение 9 скважин сопровождалось повышенным газовыделением метана объемной долей 1,5–2,5 % и более на исходящей струе, в отдельных случаях наблюдались выбросы штыба и газа из устьев скважин при их бурении.

В правой части забоя с 24.11.95 прослеживалась зона повышенной трещиноватости. Контроль за эффективностью противовыбросных мероприятий после бурения скважин в третью смену позволил установить неопасные значения показателей выбросоопасности. Среднее фоновое значение объемной доли метана в забое и на исходящей струе составляло 0,7–0,8 %. В процессе дальнейшей проходки выработки произошел внезапный выброс угля и газа. Обследование забоя после выброса показало, что выработка на протяжении 76 м заполнена углем, в том числе 30 м — на полное сечение. После отгрузки горной массы установлено, что первая рама крепи в верхней части смещена к устью выработки. Забойный конвейер С-53 в районе стрелы комбайна деформирован на 80 %. Стрела рабочего органа комбайна направлена в правую сторону забоя под углом  $-2^\circ$  к горизонту, что указывает на выполнение работ по отбойке угля в момент газодинамического явления. После последнего цикла бурения скважин забой выработки продвинулся на 2,9 м.

В процессе выброса пострадали три человека. Все они находились на почве выработки на рабочих местах и не перемещались с выброшенным газозольным потоком, представленным на 90 % мелкой фракцией и небольшим количеством крупных кусков объемом до 0,63 м<sup>3</sup>. Уголь верхнего слоя пласта участия в выбросе не принимал.

Интенсивность загазирования горных объемов, опрокидывание вентиляционных струй,

фракционный состав выброшенного угля, местонахождение пострадавших в выработке, повреждение механизмов и крепи позволяют сделать вывод о том, что газодинамическое явление характеризовалось значительным истечением метана из газового коллектора, находящегося под высоким давлением. Данная ситуация могла формироваться подобно ситуации, сложившейся на шахте «Казахстанская» (25.11.89) при приближении к зоне тектонического нарушения и раздуве пласта Д6 до 9 м [1, 2].

В рассматриваемом случае после внезапного выброса при дальнейшей проходке выработки не было выявлено ни тектонического нарушения, ни раздува пласта. Следовательно, газовый коллектор в почве пласта может образоваться вследствие разгрузки угольного массива нижнего слоя пласта, мощность которого составляла 1,5 м. При детальном рассмотрении порядка ведения горных работ в литологической толще над и под пластом было установлено, что такая ситуация формировалась на протяжении предыдущих двух-трех лет при проведении полевых выработок (буровзрывным способом), которые находились под пластом на расстоянии 22–23 м. Для подтверждения этого были выполнены геомеханический анализ и расчет параметров зон повышенного горного давления (ПГД) и защищенных зон от вышележащих пластов Д9 и Д10, а также параметров зон влияния полевых выработок, расположенных ниже пласта Д6.

Расчет параметров ПГД и защищенных зон [3] показал, что размер защищенной зоны от надрабтки очистными выработками, расположенными на пласте Д9, составляет 74 м, что указывает на отсутствие защищенной зоны для пласта Д6.

Зона ПГД составляет 118 м, что также меньше мощности междупластья Д9–Д6, равной 170 м. Следовательно, конвейерный бремсберг проводился вне зон влияния целиков, оставленных на пластах Д9 и Д10.

Рассматривая стратиграфическое строение литологической межпластовой толщи, находим, что суммарная мощность слоев песчаников составляет 44 м, самый мощный из них 21 м. В данной ситуации сосредоточенная локальная нагрузка от зоны ПГД, передаваемая на мощный монолитный слой песчаников, становится равномерно рассредоточенной и также особого влияния на пласт Д6 не оказывает.

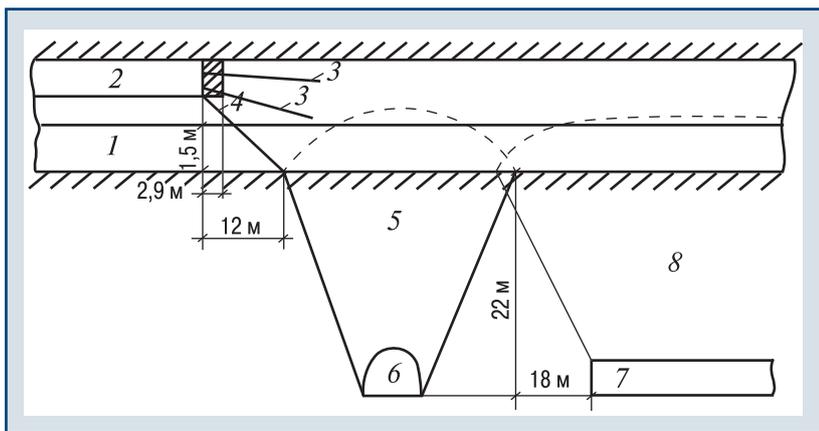
Как показал расчет смещения пород контуров горных выработок [4], смещения пород на контуре поперечного сечения существующих выработок (конвейерный уклон и сбойка между уклонами гор. –100 м) составляли от 250 до 300 мм (кровля, почва). На сопряжениях горных выработок смещения изменялись от 350 до 400 мм. В боковых стенках выработок они равнялись 105–130 мм.

В приконтурном массиве в результате этих смещений пород вокруг выработок образовалась зона неупругих деформаций. Расчет этой зоны, выполненный по методике КазНИМИ, определил следующие ее параметры: размер в кровлю (почву) выработок — от 8,2 до 10,8 м, в боках выработок — от 4,5 до 5,7 м.

Проведение полевых выработок обусловило перераспределение напряженно-деформированного состояния вокруг них. Эта область получила название зоны влияния. Результаты исследований КазНИМИ, ВНИМИ и других институтов показали, что размер такой зоны зависит от многих параметров (ширина выработки, глубина ведения работ, прочность и мощность вмещающих породных слоев и угольного пласта, срок службы выработки и др.).

Как правило, размеры зоны влияния превышают размеры зоны неупругих деформаций более чем в 2 раза. Следовательно, зона влияния полевых выработок, пройденных под пластом Д6, распространялась в кровле выработки на расстояние более 22 м.

Анализируя ситуацию, сложившуюся перед внезапным выбросом, установили, что в литологической толще навстречу друг другу двигались два забоя, расстояние между которыми по горизонтали 49 м, а по вертикали — 22 м. Забой нижней приемной площадки пласта Д6 гор. —100 м проводился в породах почвы пласта с помощью буровзрывных работ (БВР), а забой конвейерного бремсберга центр-запад пласта Д6 гор. —100 м — комбайна ГПКС по верхнему слою пласта Д6. Схема расположения забоев подготовительных выработок на момент аварии показана на рис. 1.



▲ Рис. 1. Схема расположения забоев подготовительных выработок на момент аварии:

1 — нижний слой перемятого угля пласта Д6; 2 — конвейерный бремсберг центр-запад пласта Д6; 3, 4 — газодренажные скважины; 5 — зона разгрузки от полевой выработки конвейерного уклона гор. —100 м; 6 — конвейерный уклон гор. —100 м; 7 — породный забой нижней приемной площадки пласта Д6; 8 — зона разгрузки от полевой выработки нижней приемной площадки пласта Д6

Между ними в 22 м по вертикали под пластом находился ранее пройденный конвейерный уклон

гор. —100 м. Забой конвейерного бремсберга центр-запад пласта Д6 приблизился на 12 м по горизонтали к разгруженной зоне, созданной конвейерным уклоном гор. —100 м, а забой нижней приемной площадки пласта Д6, с противоположной стороны, — до 18 м. При проведении выработок встречными забоями и восточного полевого откаточного штрека пласта Д6 комбайном 4ПП-2 под пластом в 20 м по вертикали и в 370 м по горизонтали происходило виброволновое воздействие через литологическую толщу на пласт Д6.

При этом значительно повышается газовыделение, особенно, если высок критический уровень дефектности угля [5, 6]. В нашем случае дефектность угля нижнего слоя пласта Д6 соответствует критическому уровню, т.е. коэффициент крепости угля (по шкале проф. М.М. Протодыяконова) менее 0,1, а в разгруженном состоянии представляет собой перемятый сажистый уголь. Уголь нижнего слоя пласта Д6 содержит до 86 % витринита, природная газоносность более 19,9 м<sup>3</sup>/т, скорость газоотдачи до 28 у.е., угол внутреннего трения менее 7,5°, в разгруженном состоянии почти мгновенно более 80 % газа переходит в свободное состояние [7, 8].

Активная техногенная деятельность под пластом привела к увеличению зоны влияния от полевых выработок, созданию больших соединенных между собой разгруженных объемов угольного массива, особенно нижнего слоя пласта и породного массива в литологической толще. Искусственный газовый коллектор создавался на протяжении трех лет, давление в нем в первоначальный момент стремилось к природному значению на этой глубине, т.е. более 5 МПа, а в последствии превысило 17 МПа [9].

Следует отметить, что ситуация с образованием зон разгрузки и влиянием полевых выработок, пройденных под пластом Д6, в зависимости от свойств и тектонической нарушенности пласта, пород междупластья, технологии проведения полевой выработки, а также концентрации горных работ при приближении к этим зонам, в существующих нормативных документах не рассматривается и порядок ведения горных работ не регламентируется отраслевыми нормативно-техническими документами и инструкцией [3], которой упорядочивается только заложение полевых выработок на расстоянии не ближе 5 м от выбросоопасного пласта, считая по нормали.

Забой конвейерного бремсберга центр-запад пласта Д6 приблизился (под углом 45°) к зоне влияния

полевой выработки на расстояние 12 м по нормали. При движении забоя к разгруженной зоне

формировалась зона максимальных деформаций растяжения, располагавшаяся справа, впереди забоя выработки по диагонали к разгруженной зоне и отделенная от выработки сжатой перемычкой [10]. Зона максимальных деформаций растяжения содержит системы ориентированных трещин, которые могут быть плоскостями скольжения для ослабленного внутренними связями угольного массива. Поэтому работа встречными забоями приводит к ответственному моменту — организации безопасной сбойки выработок. Приближение друг к другу встречных забоев и слияние их напряженно-деформированных зон может привести, особенно при буровзрывной технологии проходки, к мгновенному разрушению целичка угля и развязыванию внезапного выброса или горного удара [11].

Динамические воздействия от БВР через монолитные породы передаются через зону разгрузки энергией свободного под давлением газа на угольный забой. С увеличением площади приложения газовых сил, создаваемой вибрацией при работе проходческого комбайна на границе разнородных по крепости слоев и при условии нахождения опасной зоны — зоны разгрузки в почве пласта, создаются благоприятные условия для развязывания газодинамического явления.

Угольный забой на момент внезапного выброса угля и газа приблизился на критическое расстояние, равное 9 м, к встречному забою (зоне разгрузки). При дальнейшей проходке находящийся между ними целичок угля мгновенно разрушился, что подтверждается условием [10]:

$$B_{кр} = 1,75aL_{ц},$$

где  $B_{кр}$  — расстояние между выработками, м;  $a$  — высота выработки, м;  $L_{ц}$  — уход забоя от места производства БВР за цикл, м.

Используя исходные данные, получаем:  $B_{кр} = 7,925$  м, а это ведет к разрушению целичка при очередном технологическом цикле, что и произошло при производстве БВР в породном забое и начале проходки угольного забоя комбайном ГПКС. Последнее взрывание в породном забое было произведено за 3 ч до внезапного выброса.

При бурении газодренажных скважин в опасной зоне перед газодинамическим явлением наблюдались повышенное газовыделение и загазирование выработки. Рассматривая весь процесс и технологию бурения газодренажных скважин при приближении к разгруженной зоне с высоким давлением свободного газа можно предположить, что после бурения каждой скважины ее фактической длины не доставало для вскрытия газового коллектора, так как в противном случае внезапный выброс произошел бы через скважину. Повышенное газовыделение через скважину характеризует дополнительную разгрузку угольного массива в районе

самой скважины как в процессе бурения, так и при извлечении бурового снаряда с последующим затеканием скважины и тампонажем ее углем нижнего слоя пласта. Большое площадное давление свободного газа в коллекторе способствует уплотнению угольной среды и закрытию фильтрационных каналов мелкодисперсным углем нижнего слоя пласта. Эта ситуация объясняет получение неопасных значений показателей контроля эффективности после выполнения противовыбросных мероприятий.

Бурение газодренажных скважин в почву выработки с правой стороны, где прослеживалась внутрипластовая перемычка, способствовало направленному разупрочнению угольного массива впереди забоя, т.е. целичка угля до зоны разгрузки, потере внутренних сил сцепления, сопротивления выдавливанию и его устойчивости.

Последующий выброс газа под высоким давлением и с большой скоростью его истечения привел к мгновенному заполнению выработки метаном. Данная ситуация подтверждается результатами судебно-медицинской экспертизы погибших. У всех пострадавших отсутствовали телесные повреждения, которые могли привести к смерти, и признаки механической асфиксии от закрытия дыхательных путей мелкодисперсным углем. Смерть троих проходчиков наступила от асфиксии, вызванной мгновенным вытеснением кислорода из атмосферы выработки выделяющимся из коллектора метаном.

Фактическое состояние забоя после отгрузки выброшенной угольной массы подтвердило, что газодинамическое явление развивалось с правой стороны выработки в районе внутрипластовой перемычки нижнего слоя пласта.

При расследовании внезапного выброса на шахте «Казахстанская» было установлено, что выработка вскрыла нижний слой пласта Дб в зоне его раздува до 9 м, и процесс внезапного выброса развивался параллельно кровле и почве выработки [2]. На шахте им. В.И. Ленина выброс газа и угля наблюдался с правой стороны выработки под углом 30° к кровле из нижнего слоя пласта под высоким давлением, что привело к «выдуванию» железобетонной затяжки за крепью в кровле выработки на протяжении 30 м и деформации решетки конвейера С-53.

Расчет [12] параметров внезапного выброса показал, что его активная фаза составила 72,4 с, интенсивность выброса газа — 47 м<sup>3</sup>/с. В течение основной фазы выброса выделилось 3400 м<sup>3</sup> газа. От начала выброса за 30 мин до взрыва выделилось 64 600 м<sup>3</sup> метана. Отношение общего объема выделившегося метана к количеству выброшенного угля составило 860 м<sup>3</sup>/т. Это примерно в 40 раз превысило природную газоносность пласта Дб на данной глубине.

Относительно небольшое количество выброшенного угля (640 т) и значительное количество выделившегося метана (550 тыс. м<sup>3</sup>) объясняется тем, что произошло самозапирание газодинамического процесса угольной пробкой, полностью запечатавшей выработку на протяжении 30 м. Дальнейшая миграция газа происходила через бока, кровлю выработки и растянулась более чем на 20 ч.

Значительное количество выделившегося метана объясняется еще и тем, что в процессе внезапного выброса миграцией газа были охвачены значительные массы угля нижнего слоя пласта. Подтверждение тому — в конвейерном бремсберге центр-запад пласта Д6 на расстоянии 24 м от забоя произошло проседание почвы выработки до 25 см и крепи — до 30 см с образованием поперечных трещин разрыва в угольном слое. В кровле выработки образовались купола высотой от 0,5 до 1 м на протяжении 10 м.

Проседание объясняется тем, что вследствие мгновенного сброса давления газа в коллекторе — зоне разгрузки от полевой выработки — под действием стремительных десорбционных процессов с периферийных областей угольного массива нижнего слоя пласта газоугольная смесь поступала в очаг внезапного выброса.

После внезапного выброса, до взрыва и разрушения вентилятора на шурфе № 5 южного блока, имели место две стадии вентиляции в месте аварии: одна — в момент протекания основной фазы выброса, вторая — после ее окончания и последующего выделения метана с убывающей интенсивностью.

В период основной фазы выброса в прилегающих к конвейерному бремсбергу выработках произошло опрокидывание вентиляционных струй и были загазированы полевые выработки, пройденные под пластом Д6 через две геологоразведочные скважины диаметром 80 мм, пробуренные для уточнения его мощности. До выброса, в процессе бурения газовыделения из скважин не наблюдалось. Загазирование полевых выработок через геологоразведочные скважины произошло после внезапного выброса и продолжалось более 3 сут.

Внезапный выброс угля и газа привел к значительному загазированию сети горных выработок протяженностью более 35 км с исходящей струей западного крыла пласта Д6 шахты, включая вентиляционный канал южного шурфа № 5, диффузор вентилятора главного проветривания (ВГП) ВЦД-31,5 и местность, прилегающую к зданию ВГП. На поверхность вентиляцией было выброшено более 25 тыс. м<sup>3</sup> метана. В это время стояла тихая безветрен-

ная погода. Над южным вентиляционным шурфом № 5 и его сооружениями образовалась метановая шапка. В результате возникла взрывоопасная обстановка, не предусмотренная типовым проектом для вентиляторов ВЦД-31,5.

Помещения здания ВГП проветривались через специальные проемы в крыше, стенах и окна. Взрывчатая метановоздушная смесь, выбрасываемая ВГП в атмосферу, проникла в помещение ВГП и воспламенилась от искры электрооборудования, выполненного в общепромышленном исполнении (при наличии открытых искрящихся частей).

После воспламенения фронт пламени через диффузор распространился под кожух рабочего колеса вентилятора, где смесь сдетонировала из-за высокой турбулизации. В результате детонации смеси возникло избыточное давление продуктов взрыва, равное 1,3–1,6 МПа, что привело к разрушению здания вентиляторной установки (рис. 2) с вентилятором ВЦД-31,5 и шахтного копра (рис. 3).



▲ Рис. 2. Здание вентиляторной установки после взрыва

Большой разброс элементов конструкций зданий (до 75 м), смещение копра и продолжительное свечение зарева объясняется длительным истечением раскаленных продуктов взрыва метановоздушной смеси, исходящей из вентиляционного шурфа № 5.

Дальнейшего распространения по горным выработкам взрыв не получил из-за того, что объемная доля метана в метановоздушной струе превысила 15 %.

На сопряжении вентиляционного канала со стволом детонационный комплекс распался и по стволу распространился комплекс «ударная волна — фронт пламени» до сопряжения с выработками гор. +120 м. Далее распространились только раскаленные продукты реакции и воздушная ударная волна.

Разрушение ВГП привело к нарушению схемы вентиляции шахты. За счет депрессии, развиваемой остальными четырьмя ВГП, вентиляционная струя,



▲ Рис. 3. Разрушенное здание копра

следовавшая по южному вентиляционному шурфу № 5, изменила направление и распространилась по сети горных выработок шахты.

При дальнейшей проходке выработки после газодинамического явления велись тщательная геологическая документация и наблюдение за строением угольного пласта, элементами его залегания, мощностью, трещиноватостью и тектоникой. Тектонических нарушений, разрывов или утонений пласта не было выявлено. Пласт имел обычную мощность 6–6,5 м, все прослои верхнего слоя были выдержаны по мощности и строению. Уголь был крепкий, за исключением участков, приуроченных к тектоническим подвижкам.

Комиссия, расследовавшая аварию, отметила, что внезапные выбросы угля и газа при подобной геомеханической ситуации ранее в Карагандинском угольном бассейне не происходили.

Анализируя происшедшие на шахтах «Казахстанская» и им. В.И. Ленина внезапные выбросы и условия формирования геотехногенной, выбросоопасной ситуации, можно констатировать, что дальнейшие опасные события в рассматриваемых случаях не зависели от принятой технологии работ. Следовательно, в любом случае, как при бурении скважин, так и при дальнейшей проходке выработки, произошел бы внезапный выброс.

По существующей классификации [3] эти явления относятся к категории газодинамических явлений, т.е. к внезапным выбросам угля и газа.

Согласно принятой классификации динамических явлений по интенсивности [13], внезапные выбросы угля и газа, происшедшие на шахтах «Казахстанская» и им. В.И. Ленина, попадают в категорию катастрофических. Выброшенная масса составила более 2000 т, а объем газа — более 10 тыс. м<sup>3</sup>. В соответствии с классификацией позиция по выброшенной массе в нашем случае меньше (1200 и 640 т соответственно), а по газу — превышает в 25 и 55 раз. Следовательно, в соответствии с классификацией [13] эти газодинамические явления характеризуются как внезапные выбросы газа и угля. Данная геомеханическая ситуация при формировании внезапных выбросов газа и угля не отражена в инструкции [3], и создаваемая опасная геотехногенная ситуация не регламентируется в действующих нормативных документах и не обеспечивается мероприятиями по ее прогнозированию и ликвидации.

Особенности формирования и протекания газодинамических явлений, происшедших на шахтах «Казахстанская» и им. В.И. Ленина, а также свойства и состояние угольного массива, горно-геологические условия ведения работ в литологической толще способствуют созданию опасной ситуации в угольном массиве. Ведение горнопроходческих работ по песчаникам с помощью ВВ, проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом, оседание и торпедирование основной кровли в лавах, концентрация горных работ в песчаниках в непосредственной близости от проходческих работ по углю оказывают большое динамическое воздействие на горную среду, и особенно на выбросоопасный угольный массив. Продолжительность воздействия зависит от интенсивности динамического импульса, монолитности песчаников, формы его тела, содержания в нем кварца и размещения песчаников в литологической толще.

Усиление динамического влияния на угольный массив возможно с изменением формы тела песчаников, приближенных или внедренных в угольный массив, а также активности горных работ в песчаниках.

Под действием динамических процессов тектонические нарушения или зоны разгрузки преобразуются в мощные резервуары-коллекторы, давление газа в которых стремится к природному.

При подходе выработки к зоне тектонического нарушения миграция газа по фильтрационным каналам уменьшается вследствие заполнения их мелкодисперсным разрушенным углем, образованным в результате тектонических, динамических и технологических процессов в угленосной толще.

В угольной переемычке, в которой осуществляется текущий прогноз выбросоопасности по газовыделению и выходу бурового штыба с метрового интервала шпура, где уже произошла его частичная

дегазация, фильтрационные каналы — плоскости скольжения — закрыты мелкодисперсным углем, и поэтому в этих зонах искажается истинная картина степени его потенциальной опасности. Ситуация усугубляется метаморфизмом угольного массива и увеличением содержания витринита и фюзинита.

В процессе внезапного выброса происходит пульсирующая разгрузка окружающей горной среды (песчаников), которая находилась в напряженном состоянии. В этот момент образуются продольные и поперечные волны. Продольные волны в массиве передаются в атмосферу выработка и воспринимаются людьми, если частота их окажется более 15 Гц.

Разгрузка в виде вибрационных волн в процессе внезапного выброса и после него, передаваясь на угольную среду, интенсифицирует процесс его газоотдачи и приток газа с периферийных глубинных областей угольного массива, что проявляется в степени его катастрофичности.

При больших мощностях песчаников поперечные волны могут проходить по почве или кровле, но не обязательно по всей его мощности, в зависимости от местонахождения источника динамического воздействия, вызывая разрушение массива в зонах локальных напряжений. Необходимо отметить, что после внезапного выброса на шахте «Казахстанская» [2] поперечная волна прошла по кровле выработки — почве песчаников — и вызвала образование купола в песчаниках кровли высотой 1 м на протяжении 40 м от забоя. На расстоянии 25 м от забоя и на участке протяженностью 15 м металлическая крепь в выработке (СВП-27) была деформирована в сторону от забоя. При недостаточной разгрузке зоны тектонического нарушения в процессе внезапного выброса оно может повторно активизироваться, накапливаясь газом, вышеописанным образом, под действием динамических процессов от техногенной деятельности, особенно когда скорость газоотдачи и природная газоносность угля имеют максимальные значения. Так, после внезапного выброса на шахте «Казахстанская» продолжалась активная техногенная деятельность. На расстоянии 230 м от забоя в песчаниках почвы пласта осуществлялась проходка породного забоя заезда на верхнюю приемную площадку рельсового уклона пласта Д6 III горизонта с помощью БВР и 400 м — проходка полевого рельсового уклона 212-Д6-з комбайном 4ПП-2. Через 2 мес после отгрузки выброшенной массы, зачистки и приведения забоя выработки и оборудования в рабочее состояние начали буровые работы по геологической разведке состояния пласта и тектонической нарушенности по трассе проводимой выработки.

При бурении станком СБГ разведочной скважины диаметром 80 мм на 21-м метре произошло за-

жатие бурового става. Началось интенсивное (под давлением) истечение метана через внутреннее отверстие буровых штанг, что привело к загазированию забоя. Объемная доля метана превышала 2,5 % при подаче в забой 450 м<sup>3</sup>/мин свежего воздуха.

В исходящей из выработки струе объемная доля метана составила 1 % и более. Активное истечение метана и загазирование выработки продолжалось 7 сут. До нормализации газовой обстановки в забое и продолжения работ по эксплуатационной разведке выделено более 60 тыс. м<sup>3</sup> метана.

Дальнейшее разведочное бурение показало, что угольный пласт имеет мощность 9 м и нарушен тремя взбросами. Мощность нижнего слоя пласта увеличена до 2,5 м. Проанализировав геологические материалы по выработке, в месте внезапного выброса, а также материалы разведочного бурения, было установлено, что на участке зоны тектонического нарушения произошли интенсивные динамические сдвиговые нагрузки с вовлечением в этот процесс значительных масс упругих монолитных песчаников.

Вследствие сдвиговой нагрузки наблюдались неоднократные нарушения сплошности угольного пласта взбросового характера с интенсивным метаморфизмом угля в зоне утонения пласта, что привело к его структурным изменениям, повышению содержания витринита, фюзинита и, возможно, образованию кристаллогидратов.

По завершении геологоразведочного бурения, зона тектонического нарушения была обурана 144 дегазационными скважинами, по которым в течение двух лет стабильно выделялся метан интенсивностью до 4,8 м<sup>3</sup>/мин. Было снято 9,6 м<sup>3</sup> метана на 1 т дегазируемых запасов при природной газоносности пласта 15,75 м<sup>3</sup>/т. Это говорит о том, что геологическое нарушение — большой коллектор свободного газа под давлением.

Анализируя состояние целичка угля перед выбросом, установили, что он не находился в напряженном состоянии. Это подтверждают данные выхода бурового штыба с метровых интервалов буровых шпуров при прогнозе выбросоопасности  $q = 3,1$  л/м. Значительного количества газа также не наблюдалось. Данные замеров газовыделения с метровых интервалов буровых шпуров скорее говорили о его незначительном содержании — 0,5 л/мин. Поэтому основная причина разрушения целичка — его перегрузка от техногенной деятельности при перераспределении напряженного состояния при перераспределении напряженного состояния песчаников, что и фиксировали задолго до аварии проходчики полевого рельсового уклона 212-Д6-з в виде глухих ударов в массиве [2].

Как показало исследование образцов песчаников (отобраны в месте внезапного выброса) на электронном микроскопе в НПО «Нефтегеофизика» ВНИИГеофизика, зерна кварца имеют внутренние разрывы. Это говорит о том, что поперечные текто-

нические волны сдвинули частицы твердого кварцевого вещества и привели песчаники в напряженное состояние. Перераспределение напряжений в песчаниках от техногенной деятельности и внезапного выброса угля и газа способствовало пульсирующему мгновенному снятию напряжений с монолитных зерен кварца и их внутреннему разрушению. Учитывая этот момент, можно разработать метод прогноза напряженных зон в литологической толще.

Изучая геотехногенную обстановку перед внезапным выбросом, установили, что на формирование газовых коллекторов под высоким давлением также оказывают виброволновое воздействие от техногенной деятельности и концентрация горных работ в угленосной толще относительно выбросоопасного забоя, проводимого по выбросоопасному пласту.

Анализируя статистический материал о газодинамических явлениях, происшедших за последние 20 лет, наблюдаем их снижение, однако возрастает их интенсивность и катастрофичность. Экономические потери при таких проявлениях значительны. Возрастает масштаб и тяжесть аварий, связанных с возникновением внезапных выбросов газа и угля. В этой связи повышается ответственность людей за правильную оценку выявления и ликвидации очага формирования опасной газодинамической ситуации. В настоящее время инженерный инструмент по своевременному выявлению степени опасности впереди подготовительной выработки далек от предъявляемых требований, поэтому возрастают субъективные ошибки, которые ведут к недооценке степени выбросоопасности горного массива. Аварийные ситуации возникают в основном из-за недооценки свойств и состояния горной среды, а также порядка ведения горных работ в литологической толще относительно выбросоопасного забоя.

С увеличением глубины разработки, природной газоносности, скорости газоотдачи угольного массива, а также катастрофичности последствий газодинамических явлений вопросы создания системы управления безопасностью при ведении горных работ на выбросоопасных угольных пластах вышли на передний план и стали более приоритетными, чем технические. Поэтому назрела необходимость в разработке концепции предотвращения газодинамических явлений при ведении горных работ на выбросоопасных пластах, долгосрочных программ научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ.

Распад СССР привел к обособлению научно-го потенциала по республикам, дублированию в постановке и решении научных задач и значительным материальным затратам. С изменением политической системы и стабилизацией экономической ситуации в России и странах СНГ открылся новый неконфронтационный путь делового

и научно-технического сотрудничества со всеми странами мира. Появилась возможность объединения научного потенциала России, Украины, Казахстана, Германии, Австралии и других ведущих угледобывающих стран для решения сложных вопросов по созданию безопасных условий при ведении горных работ на выбросоопасных угольных пластах.

### Список литературы

1. *Каталог* внезапных выбросов угля и газа (Карагандинский угольный бассейн)/ Ю.М. Бирюков, Р.Р. Ходжаев, Е.И. Фоминых, Н.А. Карев. — Калининград: изд. КГТУ, Академия горных наук, 2009. — 158 с.
2. *Бирюков Ю.М.* К вопросу о классификации газодинамических явлений// Безопасность труда в промышленности. — 2012. — № 7. — С. 73–78.
3. *Инструкция* по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа. — М.: изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1989. — 189 с.
4. *Инструкция* по выбору рамных податливых крепей горных выработок. — Л., 1991. — 125 с.
5. *Фролков Г.Д.* О механохимической природе дополнительных источников газовой выделения при внезапных выбросах// Химия твердого топлива. — 1985. — № 4. — С. 54–57.
6. *О роли* структурно-химических факторов и механизме внезапных выбросов/ Г.Д. Фролков, Н.В. Свеколкин, А.Г. Ефремов, Б.Г. Якинцев// Уголь Украины. — 1987. — № 7. — С. 38–39.
7. *Установить* и внедрить эффективные способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа при подготовке и разработке пластов в условиях шахты им. В.И. Ленина: Отчет о НИР / КО ВостНИИ. Научный руководитель Е.И. Фоминых, № ГР 01820077482. — Караганда, 1982. — Кн. 3.
8. *Газовые условия* в угольных шахтах АрселорМиттал в Казахстане с отдельной ссылкой на пласт Д6 на шахте им. В.И. Ленина: отчет компании Siga PTY LTD Australia; регистрационный № 183, 2009. — 72 с.
9. *Бирюков Ю.М., Пименов А.А., Ходжаев Р.Р.* Научные основы техногенной газодинамической безопасности ведения горных работ в угленосной толще. — Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО КГТУ, 2009. — 316 с.
10. *Механизм* инициирования динамических явлений в подготовительных забоях/ Ж.С. Ержанов, Ю.Ф. Векслер, Н.А. Жданкин, С.В. Колоколов. — Алма-Ата: Наука, 1984. — 223 с.
11. *Петухов И.М.* Горные удары на угольных шахтах. — М.: Недра, 1972. — 229 с.
12. *Методика* прогнозирования параметров внезапных выбросов угля и газа и их влияние на устойчивость проветривания и распределение выделившегося метана по выработкам при нормальном и реверсивном режимах работы ВГП. — Караганда: изд. ДНТИ УД АО «Испат-Кармет», 1997. — 16 с.
13. *Подразделение* динамических явлений по интенсивности// Уголь. — 1996. — № 9. — С. 60–61.

amikus13@mail.ru