

УДК 622.333:622.8

**В.С. Забурдяев, И.А. Новикова, В.С. Сметанин**

**ОСОБЕННОСТИ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ  
ПЛАСТА 52 НА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ШАХТЕ  
«КОТИНСКАЯ» (ОАО «СУЭК-КУЗБАСС»)**

*Установлена зависимость газоносности пласта 52 от глубины его залегания и глубины верхней границы метановых газов от земной поверхности горного отвода шахты «Котинская».*

*Ключевые слова: земная поверхность, флексур, алевролит, метановыделение, метанообильность очистной выработки.*

**П**ласт 52 в стратиграфическом разрезе угленосной толщи расположен в середине Ленинской свиты, Ерунаковской подсерии Кузбасса. Выше него залегает в 38—43 м пласт 53. Ниже пласта 52 в 32—39 м залегает пласт 51. Пласт 53 забалансовый по мощности и зольности. Мощность пласта 52 в пределах выемочного поля колеблется от 4,0 до 4,6 м при средней величине 4,4 м. Протяженность отработанного выемочного столба 5203, располагавшегося в западной части шахтного поля, составляла 2425 м, длина лавы — 230 м. Глубина от земной поверхности 205—265 м. Угол падения пласта 6—9°. Геометрия пласта по кровле волнистая с периодом 60—80 м и амплитудой до 2,4 м. Угол падения пласта вдоль столба 0—5°, но при переходе перегибов пласта (флексур) в средней его части — до 7°, поперек столба — от 8° в начале до 6° в конце столба. По мощности пласта в нижней его части имеется прослой невыдержанной мощности от 0,01 до 0,06 м, а на отдельных участках — до 0,08—0,10 м.

Непосредственная кровля пласта мощностью 16—17 м сложена мелко- и крупнозернистым алевролитом с коэффициентом крепости  $f = 3-4$ .

Выше нее кровля мощностью до 21 м сложена алевролитом средней и крупной зернистости с прослоем мелкозернистого песчаника ( $f = 4-5$ ). Почва пласта — алевролит мелкой и крупной зернистости (редко крупной) — не склонна к пучению, но повсеместно прослеживается ложная почва, представленная алевролитом с включениями прослоев угля и углистого алевролита.

Пласт 52 угрожаем по горным ударам с глубины –180 м, по внезапным выбросам — не опасен. Уголь пласта склонен к самовозгоранию, угольная пыль взрывоопасна. По качественным показателям уголь пласта 52 относится к марке ДГ ( $V^{daf} = 40-41,2\%$ ,  $y = 8$  мм), сопротивление угля резанию — 180 кг/см, коэффициент крепости  $f = 0,8-1,0$ . Пластовая зольность — 8,5 %, эксплуатационная — 12 %. Рабочая влажность — 9 %, аналитическая — 3,7 %. Объемная масса угля — 1,31 г/м<sup>3</sup>.

Отработка выемочного столба 5203 производилась системой длинные столбы по простиранию с полным обрушением пород кровли. Параметры системы разработки по паспорту выемочного участка приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Параметры системы разработки пласта 52 на участке лавы 5203**

Параметры	Размерность	Численные показатели
1. Длина лавы по падению	м	230
2. Длина выемочного столба (участка) по простиранию	м	2 425
3. Нагрузка на очистной забой	т/сут	23 000
4. Порядок отработки лавы	—	Прямой
5. Способ выемки угля	—	Комбайновый
6. Ширина захвата комбайна — подвигание очистного забоя за один цикл	м	0,8
7. Зона первичного шага обрушения пород непосредственной кровли	м	34,3
основной кровли		57,1
8. Зона последующего шага обрушения пород непосредственной кровли	м	10,2
основной кровли		29,6
9. Тип крепи	—	ДВТ, поддерживающе— ограждающего типа
10. Схема работы комбайна	—	Односторонняя
11. Порядок выемки угля в забое	—	Снизу — вверх

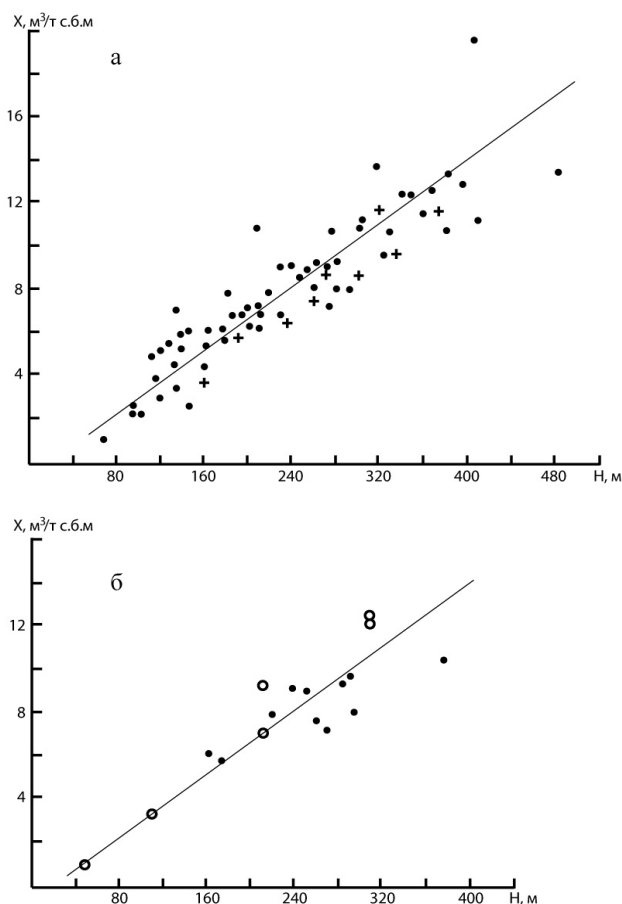
Схема проветривания выработок выемочного участка лавы 5203 возвратноточная. Вентиляционный штрек 5203 предназначен для выдачи исходящей струи воздуха из очистного забоя, доставки материалов и оборудования с основной промплощадки, конвейерный штрек — для транспортировки угля из забоя, установки энергопоезда, подачи свежего воздуха. В лаву подавалось 2100—2350 м<sup>3</sup>/мин свежего воздуха, производилась дегазация выработанного пространства скважинами, пробуренными с земной поверхности.

Основными источниками выделения метана при отработке пласта 52 являются разрабатываемый пласт, подрабатываемый пласт 53 мощностью 1,28 м при зольности угля 26 %, надрабатываемый пласт 51 мощностью 1,88 м, который залегает ниже пласта 52 в 39 м.

При плановой нагрузке на очистной забой  $A_c=23000$  т/сут скорость

подвигания лавы длиной 230 м — 17,1 м/сут. Абсолютное метановыделение в целом по выемочному участку при плановой суточной нагрузке на лаву 23000 тонн угля согласно прогнозу равно 30,56 м<sup>3</sup>/мин.

По данным телеметрии за второй месяц работы лавы при средней концентрации метана на исходящей вентиляционном штреке 5203, равной 0,47 % при расходе воздуха 2000—2460 м<sup>3</sup>/мин и дегазации выработанного пространства, среднесуточное метановыделение на участке лавы 5203 составило 21,65 м<sup>3</sup>/мин, а в лаве — 10,17 м<sup>3</sup>/мин. Дегазационная система включала ПДУ: при расходе метановоздушной смеси 70 м<sup>3</sup>/мин и средней концентрации метана в каптируемой смеси 33—34 % расход каптированного метана составлял 26,4 м<sup>3</sup>/мин.



**Рис. 1. Зависимость газоносности угольных пластов от глубины залегания:** а — свита угольных пластов; б — пласт 52

Для расчета параметров управления газовыделением на участке лавы 5203 приняты: метановыделение на участке —  $51,42 \text{ м}^3/\text{мин}$ , в том числе из разрабатываемого пласта —  $14,31 \text{ м}^3/\text{мин}$ , выработанного пространства —  $37,11 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Газовый баланс составил: разрабатываемый пласт —  $0,28$ , выработанное пространство —  $0,72$ .

Анализ исходных данных о газоносности угольных пластов при проведенных в 1970—1980 гг. геологоразведочных работах на шахт-

ном поле позволил выявить зависимость газоносности пласта 52 ( $X$ ,  $\text{м}^3/\text{т}$  с.б.м) от глубины его залегания ( $H$ , м), которая от верхней границы зоны метановых газов описана формулой

$$X = \kappa(H - H_0), \quad (1)$$

где  $H_0$  — глубина от земной поверхности до верхней границы метановых газов, м (принята равной 20 м).

Доразведка нижних горизонтов, произведенная в 2009 г. с отбором проб угля на его газоносность из пластов 57—49 с последующей обработкой полученных данных, подтвердила эту зависимость, но статистическая информация из более 70 пластоопределений газоносности позволила скорректировать численное значение коэффициента « $\kappa$ » в формуле (1) для всей свиты пластов, в том числе и для пласта 52 (рисунок 1). Коэффициент  $\kappa = 0,037$ .

Выемочный участок лавы 5203 отработан в период с марта по сентябрь 2008 г. Вынимаемая мощность пласта —  $4,3\text{—}4,4$  м, среднемесячное подвигание линии очистного забоя в активный период работы лавы —  $340\text{—}420$  м/мес, среднесуточная добыча угля —  $10000\text{—}26000$  т/сут (в отдельные сутки — до  $30000$  т/сут). При поступающем к очистной выработке расходе воздуха, в среднем равном  $2185 \text{ м}^3/\text{мин}$  без содержания метана, и выходящем из нее воздухе с расходом  $1900 \text{ м}^3/\text{мин}$  и концентрацией метана  $0,8\%$  метано-

выделение из лавы составляло 15,2 м<sup>3</sup>/мин, а на выходе из участка — 10—12,5 м<sup>3</sup>/мин, что обусловлено работой дегазационной системы.

Для снижения метанообильности выработок выемочного участка с земной поверхности были пробурены 54 вертикальные скважины, которые перебуривали подрабатываемые лавой пласты угля и вмещающие породы, а также разрабатываемый пласт 52. Диаметр вертикальных скважин на конечном их участке составлял 159—219 мм. В работе находились 2 скважины: одна сообщена с вакуум-насосом ВВН-50, другая — с ВВН-150. Расстояние между скважинами 45—55 м. Кроме того, по вентиляционному штраку 5203, погашаемому за лавой, был проложен дегазационный трубопровод диаметром 325 мм, который был сообщен через вертикальную скважину №55, пробуренную на вентиляционный штрек в интервале между путевым и конвейерным стволами, с вакуумным насосом ВВН-150.

Средние показатели работы вертикальных скважин, сообщенных с вакуум-насосом ВВН-50, составляли 17,6 м<sup>3</sup>/мин метана при расходе каптируемой газовой смеси 44 м<sup>3</sup>/мин с концентрацией метана 40 %. При отсосе газа из выработанного пространства лавы через вертикальные скважины вакуум-насосом ВВН-150 дебит каптированного метана составлял 24,5 м<sup>3</sup>/мин при расходе газовой смеси 98 м<sup>3</sup>/мин с концентрацией метана 25 %. Метановыделение из проложенного трубопровода по вентиляционному штраку, сообщенного с вакуум-насосом ВВН-150, составляло 1,23 м<sup>3</sup>/мин при расходе газовой смеси 123 м<sup>3</sup>/мин с концентрацией метана 1 %.

Динамика добычи угля из лавы 5203 в течение марта-сентября 2008 г. и аэрологические показатели лавы приведены в таблице 2.

Динамика среднесуточной угледобычи и средние показатели метановыделения в очистной выработке и на выемочном участке лавы 5203 (без учета дегазации) сведены в табл. 3.

Дегазационной системой при работе передвижной наземной вакуум-насосной станции (ПНВНС) из выработанного пространства лавы 5203 извлекалось от 9,8 до 22 м<sup>3</sup>/мин метана. Концентрация метана в каптируемой вертикальными скважинами газовой смеси, равной 38 м<sup>3</sup>/мин, изменялась в пределах 28—58 % (объемных).

По фактическим данным установлена линейная зависимость интенсивности метановыделения в очистной выработке и на выемочном участке от среднесуточной добычи угля в пределах 10—26 тыс. тонн (рис. 2): маленькие точки характеризуют метановыделение в исходящей струе воздуха из очистной выработки, большие — в исходящем потоке воздуха выемочного участка.

Математически процесс метановыделения ( $\bar{I}$ , м<sup>3</sup>/мин) в выработке выемочного участка лавы 5203 от среднесуточной производительности лавы ( $\bar{A}_c$ , т/сут) описывается эмпирической формулой

$$\bar{I} = 2,59 \cdot 10^{-4} \bar{A}_c + 3. \quad (2)$$

Аналогичная зависимость  $I = f(A_c)$  установлена в условиях лавы 5207, находящейся в работе, которая описана формулой

$$\bar{I} = 1,92 \cdot 10^{-4} \bar{A}_c + 3,5. \quad (2')$$

Эти зависимости аналогичны ранее установленным [1, 2].

Применительно к условиям отработки пласта 52 лавой 5203 определены

Таблица 2

**Динамика добычи угля и аэрологические показатели лавы 5203**

Показатели	Месяцы 2008 года						
	3	4	5	6	7	8	9
Добыча, тыс. т	262	495	601	559	480	472	480
Месячное подвигание лавы, м	185	365	420	405	350	340	345
Расход воздуха (м <sup>3</sup> /мин) и концентрация метана на исходящей струе участка, % (объемных)	$\frac{2350^*}{0,5}$	$\frac{2253}{0,5}$	$\frac{2230}{0,45}$	$\frac{2180}{0,56}$	$\frac{1920}{0,65}$	$\frac{1950}{0,6}$	$\frac{2100}{0,5}$
Расход воздуха и концентрация метана на ВВН-150 (трубопровод верхнего кутка)			$\frac{80^{\dagger}}{1,2}$	$\frac{90}{1,1}$	$\frac{95}{1,0}$	$\frac{105}{1,1}$	$\frac{105}{1,1}$

\* Числитель — расход воздуха (м<sup>3</sup>/мин), знаменатель — концентрация метана, %.

Таблица 3

**Показатели среднесуточной добычи угля и интенсивности метановыделения в лаве 5203**

Месяц	Добыча угля, т/сут	Расход воздуха на участке, м <sup>3</sup> /мин	Абсолютное метановыделение, м <sup>3</sup> /мин	
			в лаве	на участке
Март	10118	2350	5,48	11,15 <sup>†</sup>
Апрель	26100	2157	9,46	9,88
Май	14323	2123	7,61	7,08
Июнь	19060	2060	6,74	6,33
Июль	19620	2100	5,57	7,73
Август	19235	2100	3,96 <sup>**</sup>	7,74

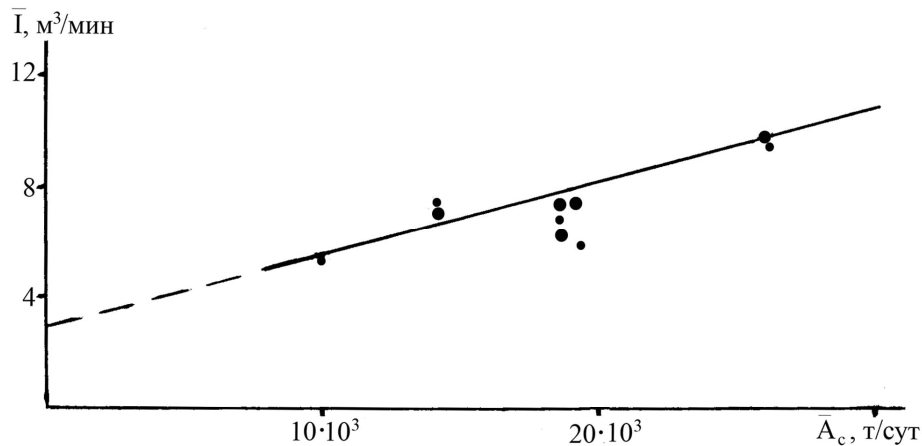
<sup>†</sup> С учетом метановыделения после первичной посадки основной кровли;

<sup>\*\*</sup> На завершаемом этапе работы лавы.

численные величины  $L_{\max}$  для сближенных пластов 53, 56, 57 и 58 вдоль центра выемочного столба при скорости подвигания лавы, равной 13,85 м/сут (табл. 4). На рисунке 3 согласно РД-15—09—2006 [3] показаны границы разгрузки подрабатываемых пластов от вентиляционного штрека и линии очистного забоя в координатах междупластий  $M$  (м) и величины  $L_{\max}$  (м) в плоскости подрабатываемых пластов 53, 56, 57 и 58 (снизу вверх от пласта 52).

Из рис. 3 и табл. 4 видно, что при угле разгрузки пород кровли, сложенных преимущественно алевролитами, равном 55°, зоны разгрузки сближенных пластов угля вблизи вентиляционного штрека 5203 находятся

от линии очистного забоя за пределами 30 м (пласт 53), 82 и 92 м (соответственно пласты 56 и 57) и 126 м (пласт 58), а зоны максимальных величин метановыделения в дегазационные скважины, пересекающих упомянутые пласты, — в интервалах 50,3; 137,1; 153,8 и 210,2 м от линии очистного забоя, движущегося со средней скоростью 13,85 м/сут. В связи с этим, вертикальные дегазационные скважины, пробуренные в зону пласта 52 на расстоянии 25—30 м от вентиляционного штрека 5203, способны улавливать газ из пласта 53 только вблизи призабойного пространства лавы, тем более, что в работе находились только 2 ближайшие к очистному забою скважины.



**Рис. 2. Зависимость интенсивности метановыделения в лаве 5203 от среднесуточной добычи угля**

Таблица 4

**Исходные данные для расчета величины  $L_{max}$  для сближенных подрабатываемых пластов**

Индекс угольного пласта	Междупластье, м	Мощность пласта, м	Скорость продвижения лавы, м/сут	Численное значение $L_{max}$ , м
52	0	4,38	13,85	—
53	45	1,5	—	50,3
56	128	0,45	—	137,1
57	144	2,05	—	153,8
58	198	4,4	—	210,2

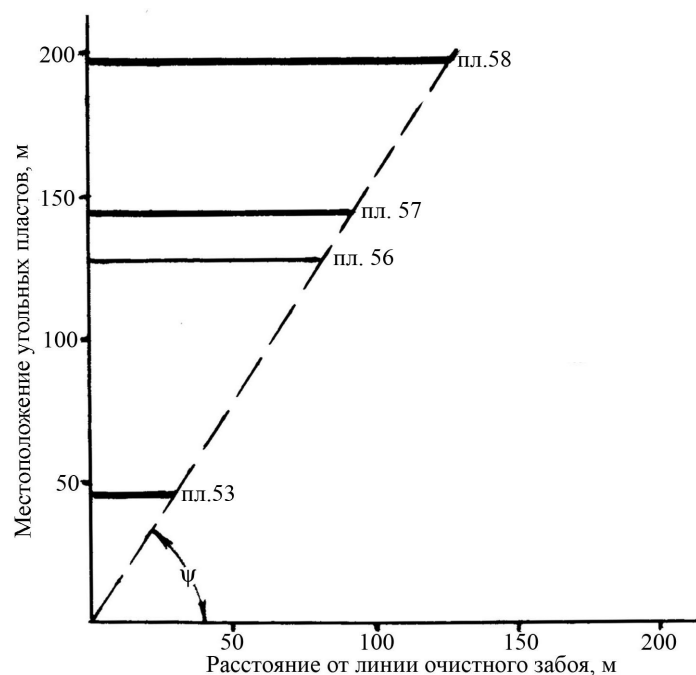
Зона максимального метановыделения из надрабатываемого пласта 51 определена по формулам РД-15—09—2006 при следующих исходных данных: мощность междупластья между пластами 52 и 51 —  $M=39$  м, мощность пласта 51 —  $m=1,88$  м, скорость продвижения очистного забоя —  $13,85$  м/сут.

Расчеты показали, что максимально метановыделение из пласта 51 в выработанное пространство лавы 5203 происходит на расстоянии  $71,7$  м от линии очистного забоя. Это свидетельствует о том, что только вторая от очистного забоя вертикальная дегазационная скважина (из 2-х скважин, находящихся

в работе) может частично улавливать метан, выделяющийся из пласта 51 в выработанное пространство действующей лавы.

Зоны максимального метановыделения из подрабатываемых и надрабатываемого пластов угля в выработанное пространство лавы 5203 в первый месяц ее работы, когда отмечается первый шаг обрушения пород кровли, сведены в табл. 5 и 6.

Сопоставление величины зоны интенсивного метановыделения, отсчитываемой от линии очистного забоя (см. табл. 5), и численного значения отхода забоя лавы от монтажной камеры (см. табл. 6) свидетельствует о следующем:



**Рис. 3. Зоны разгрузки от горного давления подрабатываемых пластов угля**

Таблица 5

**Результаты определения зон максимального метановыделения из сближенных пластов в выработанное пространство лавы 5203**

Индекс пласта	Междупластье от разрабатываемого пласта 52, м	Средняя скорость продвижения лавы, м/сут	Зона интенсивного метановыделения от очистного забоя, м
58	198		96,4
57	144		71,0
56	128		63,5
53	45		24,5
52	0	6,43	-
51	39		26,2

- первичная разгрузка сближенных пластов 53 и 51, оцененная по расчетной величине зоны интенсивного метановыделения из них в выработанное пространство в начальный период работы лавы, отмечена на расстояниях от линии очистного забоя 24,5—26,2 м (см. табл. 5), а значительное в 1,52 раза повышение интенсивности метановыделения на вы-

емочном участке произошло на 5-е сутки работы лавы, забой которой продвинулся от монтажной камеры на расстояние 32,2 м (см. табл. 6);

- первичная разгрузка подрабатываемого пласта 56, определенная аналогично по протяженности зоны интенсивного метановыделения, произошла на расстоянии от линии очистного забоя 63,5 м (см. табл. 5), а

Таблица 6

**Интенсивность метановыделения на выемочном участке лавы 5203**

Продолжительность работы лавы, сут	Отход забоя лавы от монтажной камеры, м	Интенсивность метановыделения, м <sup>3</sup> /мин		Коэффициент прироста метановыделения
		в день наблюдения	средняя за предыдущий период	
Выемочный участок				
5	32,2	16,67	11,0	1,52
8	51,4	15,54	11,47	1,35
14	90,0	12,72	10,45	1,22
18	115,7	13,2	9,98	1,32
1	2	3	4	5
Очистная выработка				
8	51,4	1,47	0,94	1,56
9	57,9	3,58	1,47	2,44
17	109,3	4,08	1,83	2,23
20	128,6	13,2	3,1	4,25

прирост метановыделения в 1,35 раза на исходящей из участка струе воздуха — на расстоянии 51,4 м от монтажной камеры на 8-й день работы лавы (см. табл. 6);

- первичная разгрузка подрабатываемого пласта 57 по данным расчета местоположения зоны интенсивного метановыделения спрогнозирована на расстоянии от очистного забоя 71,0 м (см. табл. 5), в то время как прирост фактически измеренного метановыделения на выемочном участке в 1,22 раза отмечен на расстоянии 90 м от монтажной камеры на 14-е сутки работы лавы (см. табл. 6);

- первичная разгрузка подрабатываемого пласта 58 по данным таблицы 5 произошла на расстоянии от очистного забоя, равного 96,4 м, а по приросту в 1,32 раза измеренного метановыделения на выемочном участке — на расстоянии от монтажной камеры 115,7 м (см. таблицу 6), т.е. на 18-е сутки работы лавы по добыче угля;

- прирост интенсивности метановыделения из разрабатываемого и сближенных пластов угля в очистную

выработку в течение 20 суток повышался в отдельные периоды в 2,56—4,25 раза, причем с ростом темпа прироста метановыделения.

Приведенные в табл. 5 и 6 данные требуют в дальнейшем более глубокого теоретического анализа.

Рекомендации по выбору способов и параметров дегазации подрабатываемой угленосной толщи над пластом 52 на примере лавы 5203 при использовании вертикальных скважин заключаются в следующем:

- при угле разгрузки  $\psi$  пород кровли, принятом равным  $55^\circ$ , междупласты  $M=45$  м от пласта 52 до подрабатываемого пласта 53, газоносность которого  $9,8 \text{ м}^3/\text{т}$  с.б.м, вертикальные дегазационные скважины предпочтительно располагать таким образом, чтобы скважина пересекала пласт 53 на расстоянии ( $L_v$ , м) от вентиляционного штрека, рассчитанном по Рекомендациям РД-15—09—2006 ( $L_v = 33,3$  м), и принимаемом с учетом резерва равным 38—40 м;

- при расстоянии между пластами 52 и 53, равном 43 м, вынимае-



мой мощности разрабатываемого пласта 4,3 м и управлении кровлей полным обрушением вертикальную скважину нецелесообразно бурить до непосредственной кровли пласта 52. Ею необходимо перебурить пласт 53 на 5—10 м ниже его почвы, а обсадную трубу вертикальной скважины перфорировать вблизи пласта 53;

- расстояние между вертикальными скважинами для дегазации пласта 53 и выработанного пространства (пласт 53 находится в зоне обрушения пород кровли и их трещиноватости) при последующем шаге обрушения пород основной кровли 30 м принимать равным 90 м;

- по центральной оси вдоль выемочного столба целесообразно дополнительно бурить вертикальные дегазационные скважины с расстоянием между ними 150 м, так как пласт 51 интенсивно разгружается от горного давления по всей надрбатываемой лавой площади, а выше пласта 52 находятся газоносные пласты 56 и 57, разгружаемые от горного давления ближе к центральной оси вдоль выемочного столба;

- режимы работы вертикальных дегазационных скважин и их пара-

метры должны соответствовать требованиям РД-15—09—2006, чтобы извлекать кондиционные по метану газовоздушные смеси, пригодные для утилизации.

### **Выводы**

1. Установлена зависимость газоносности пласта 52 от глубины его залегания и глубины верхней границы метановых газов от земной поверхности горного отвода шахты «Котинская».

2. Выявлена связь между интенсивностью метановыделения на высокопроизводительном выемочном участке пласта 52 и объемами добытого угля в очистном забое, которая позволяет прогнозировать метанообильность очистной выработки и выемочного участка в условиях выполнения работ по дегазации подрабатываемого пласта 53 и выработанного пространства.

3. Обосновано местоположение зон максимального метановыделения из подрабатываемых и надрбатываемого пластов в выработанное пространство высокопроизводительного выемочного участка лавы 5203 и в вертикальные дегазационные скважины.

---

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Методические* положения по выбору и применению новых технологий дегазации и управления метановыделением на угольных шахтах. — Люберцы. ННЦ ГП-ИГД им. А.А. Скочинского, 2000. — 116 с.

2. *Методические* основы проектирования дегазации на действующих и ликвидируемых шахтах / В.С. Забурдяев, А.Д. Ру-

бан, Г.С. Забурдяев и др. — М.: ННЦ ГП-ИГД им. А.А. Скочинского, 2002. — 316 с.

3. *Методические* рекомендации о порядке дегазации угольных шахт (РД-15—09—2006). Серия 05. Выпуск 14 / Колл. авт. — М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2007. — 256 с. **ГЛАЗ**

---

### **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

*Забурдяев В.С.* — доктор технических наук,

*Новикова И.А.* — горный инженер,

Институт проблем комплексного освоения недр РАН, info@ipkonran.ru

*Сметанин В.С.* — горный инженер, шахта им. С.М. Кирова ОАО «СУЭК-Кузбасс».