

УДК 622.333:622.8

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

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕГАЗАЦИИ ВЫЕМОЧНЫХ
УЧАСТКОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ СБЛИЖЕННЫХ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ШАХТЕ ИМ. С.М. КИРОВА
(ОАО «СУЭК-КУЗБАСС»)**

Проведен анализ принятой на шахте им. С.М. Кирова системе разработки сближенных пластов «Болдыревский» и «Поленовский». Установлены численные значения коэффициентов, входящих в зависимости метаноносности угольных пластов от глубины залегания и показателей их газоотдачи в скважины предварительной дегазации.

Ключевые слова: шахта, породные прослои, междупластье, метанообильность выемочных участков.

Шахта им. С.М.Кирова разрабатывает пласты «Болдыревский» и «Поленовский». Она относится к сверхкатегорным по метану: в 2008 г. абсолютная метанообильность шахты составила 177,9 м³/мин при среднесуточной добыче угля 10—15 тыс. тонн рядового угля, относительная — 23,3 м³/т. В очистных забоях эксплуатируются механизированные комплексы «Юу». Подготовительные выработки проводятся с использованием проходческих комбайнов П-110, ГПКС и «Юу» и химически закрепляемых сталеполимерных анкеров А20(16)В. Для возведения анкерной крепи применяются буровые установки типа Рамбор и Турбоболтер. Конфигурация сечения горных выработок трапециевидная или прямоугольной формы. Конвейерные и вентиляционные печи лав по пластам 24 и 25 проводятся сечением 9,5—11,3 м² при длине верхняка 4 м и длине анкера 2,3 м.

Глубина разработки пластов на участках лав 24—53 и 25—92 составляет соответственно 270—415 м

и 290—460 м, их средняя мощность — 2,2 м и 1,7 м. Средняя отметка поверхности — +185 м. В кровле пласта «Болдыревский» залегают пласты Брусницинский (мощность $m=1,5$ м, междупластье $M=30$ м), Майеровский ($m=1,3$ м, $M=40$ м), Серебренниковский ($m=1,6$ м, $M=95$ м), а в почве — Промежуточный ($m=1,5$ м, $M=9$ м), Поленовский ($m=1,7$ м, $M=42$ м), Подполеновский ($m=0,7$ м, $M=48$ м). Все значения междупластья M даны от пласта «Болдыревский». Угольные пласты в основном средней мощности и тонкие, их залегание пологое ($\alpha=0—9^\circ$), относительно выдержанное, строение от простого до сложного с включением породных прослоев.

По петрографическому составу угли пластов, залегающих на горном отводе шахты им. С.М.Кирова, являются типичными представителями углей кольчугинской серии: угли характеризуются высоким содержанием витринита (87—94 %), низким содержанием интертинита (3—8 %), определяющего отошающие свойства угля, и семивитринита (до 1 %). Минеральные приме-

си представлены глинистым веществом (2—7 %), карбонатами (до 3 %) и кварцем (до 1 %). Выход летучих веществ — 39...42,5 %, содержание серы — 0,2...0,4 %. Пластовая зольность — 7,8...10 %, влажность — 2...3 %. Теплотворная способность углей — 5600...7600 ккал/кг.

Угольные пласты месторождения по своим химико-технологическим свойствам относятся к газовым и газовым жирным. На северо-восточном крыле Ленинской синклинали угли более метаморфизованы, чем на юго-западном. Природная газоносность пластов угля по данным геологической разведки характеризуется следующими значениями по горизонтам: ± 0 — 10 м³/т с.б.м.; -100 м — 15 м³/т с.б.м.; -200 м — 18 м³/т с.б.м.; -300 м — 20 м³/т с.б.м.; -400 м — 22 м³/т с.б.м.; -500 м — 25...26 м³/т с.б.м. Глубина распространения зоны газового выветривания составляет 30—138 м. Состав газов в углях типичен для угольных месторождений и представлен метаном, углекислым газом и азотом, в отдельных пробах отмечалось наличие примесей водорода и тяжелых углеводородов. Содержание метана в пластах с глубиной увеличивается от 8,7 до 93,2 %.

Пласты «Болдыревский» и «Поленовский» опасны по взрывчатости угольной пыли. По внезапным выбросам угля и газа они не опасны, а с глубины 150 м отнесены к угрожаемым по горным ударам. Угли пластов не склонны к самовозгоранию.

Способ проветривания шахты — нагнетательный, схема проветривания — фланговая, система проветривания — единая. В шахту подается 22920 м³/мин воздуха при расчетном объеме 16300 м³/мин. Схема проветривания выемочных участков — комбинированная: на участок по пласту 24 подается до 1585 м³/мин воздуха, в

очистную выработку — до 1080 м³/мин, утечки воздуха через выработанное пространство — в среднем 505 м³/мин, а на участок по пласту 25 — соответственно до 1190 м³/мин и 880 м³/мин с утечками воздуха в среднем 310 м³/мин. Метанообильность выемочных участков с учетом дегазации и газоотсоса достигает 100—135 м³/мин, очистного забоя — 14,3 м³/мин. Для снижения метанообильности выемочных участков применяются дегазационные и газоотсасывающие вентиляторные установки.

Принятая на шахте столбовая система разработки пластов «Болдыревский» и «Поленовский» предусматривает проведение подготовительных выработок с оставлением межлавных целиков угля, ширина которых по рекомендациям Сибирского филиала ВНИМИ с позиции их устойчивости на удароопасном пласте принята равной 25 м.

Метанообильность подготовительных выработок, пройденных для подготовки пластов угля в блоке 3 для последующей их отработки, приведена в табл. 1

Метанообильность очистных выработок, их производительность и газовый баланс на примере лав 24—53 и 25—92 приведены в таблице 2. В ней показаны объемы выделения метана в вентиляционную сеть очистного забоя и участка. Анализ этих данных свидетельствует о том, что при комбинированной схеме проветривания выемочного участка доля утечек воздуха в выработанное пространство выемочного участка составляет 26 % на пласте «Поленовский» и 32 % на пласте «Болдыревский».

Взаимосвязь среднесуточной добычи угля в лаве ($A_{л}$, т/сут) и метаноуделения очистной выработки ($I_{оч}$, м³/мин) на примере лав 24—52, 24—53 и 25—92 обозначена линейной

Таблица 1

Метанообильность тупиковых подготовительных выработок

Наименование выработки	Расход воздуха, м ³ /мин		Метанообильность, м ³ /мин	Среднее содержание метана в исходящем потоке воздуха, %
	В забое	В выработке		
Вентиляционная печь 25—93	200	300	0,6	0,2
Конвейерная печь 25—93	205	250	0,5	0,2
Конвейерная печь 25—94	200	250	0,5	0,2
Конвейерная печь 24—53	610	860	1,72	0,2
Конвейерная печь 24—54	290	420	0,84	0,2
Конвейерная печь 24—55	280	330	<u>2,81^{*)}</u> 1,5	<u>0,85^{*)}</u> 0,45

Примечание — ^{*)} Числитель — при работе комбайна, знаменатель — во время крепления выработки

Таблица 2

Метанообильность выемочных участков

Наименование показателей	Размерность	Значение показателей в лавах	
		24—53	25—92
Среднесуточная добыча угля	тонн	11000	4500
Расход воздуха:	м ³ /мин		
в очистном забое		1080	870
на выемочном участке		1580	1180
Содержание метана:	%		
в исходящей очистного забоя		0,9	0,5
в исходящей участка		0,8	0,5
Метановыделение абсолютное:	м ³ /мин		
в очистном забое		9,74	6,3
на выемочном участке ^{*)}		115 ^{*)}	18,1 ^{*)}

Примечание — ^{*)} С учетом вентиляционного и дегазационного метана и метана газоотсасывающих вентиляторных установок

зависимостью $I_{оч}=f(A_{л})$, что подтверждает ранее выявленную линейную связь между интенсивностью метановыделения в очистной выработке и объемами добытого угля [1].

В связи с высокой метанообильностью горных выработок все выемочные участки в последнее время работают с дегазацией разрабатываемых и сближенных пластов, проветриваются по комбинированной схеме, включающей применение возвратноточной схемы проветривания выработок участка за счет общешахтной депрессии и использование газоотсасывающих

вентиляторных установок, с помощью которых оставшиеся неизвлеченными объемы метана в значительных объемах выбрасываются в атмосферу Земли.

Согласно действующему «Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт», 1989 г. [2] способ управления газовой выделением на выемочных участках с применением газоотсасывающих вентиляторных установок должен использоваться только дополнительно к вентиляции и дегазации, если с помощью последних не удастся обеспечить нормативную га-

зовую обстановку на выемочных участках и полях. На 4 действующих и подготовленных выемочных участках шахты применяются способы предварительной пластовой дегазации путем бурения параллельно-одиночных и веерных скважин. Способы дегазации сближенных пластов и выработанного пространства с помощью вертикальных скважин, пробуренных с земной поверхности, используются при отработке пласта «Болдыревский».

Информация о среднесуточной добыче угля $A_{ш}$ (т/сут) на шахте и абсолютной метанообильности $I_{ш}$ ($\text{м}^3/\text{мин}$) свидетельствует о пропорциональной связи между этими величинами. Зависимость $I_{ш} = \varphi(A_{ш})$ может быть представлена формулой

$$I_{ш} = 0,011 A_{ш}, \quad (1)$$

по которой на ближайшие годы при отработке пластов «Болдыревский» и «Поленовский» можно прогнозировать метанообильность шахты в зависимости от объемов планируемой среднесуточной добычи угля.

Анализ шахтных данных, приведенных в таблицах 1 и 2, позволяет сделать выводы о том, что, во-первых, при существующих темпах проведения подготовительных выработок по пластам «Болдыревский» и «Поленовский» не отмечено превышений содержания метана в исходящих из выработок воздушных потоках и, во-вторых, при среднесуточной очистной добыче угля на упомянутых пластах, превышающей соответственно 11000 и 4500 тонн угля, при несоблюдении параметров дегазации, рекомендованных РД-05—09—2006 [3], отмечено превышение нормативного содержания метана в исходящем из очистной выработки потоке воздуха.

Второй вывод свидетельствует о необходимости совершенствования методов и параметров управления га-

зовыделением на выемочных участках, причем, прежде всего, путем научного обоснования комплекса способов и параметров дегазации угольных пластов и выработанного пространства, то есть способов дегазации разрабатываемых и сближенных угольных пластов скважинами.

По материалам геологоразведочных работ, выполненных трестом «Кузбассуглеразведка» на этапах изучения геологического строения и подсчета запасов каменного угля и доразведки шахтного поля, исследована зависимость величины газонности пластов каменного угля от глубины их залегания, которая в интервале глубин 140—600 м от земной поверхности для 9 угольных пластов описана формулой

$$x = 0,038 H, \text{ м}^3/\text{т с.б.м.} \quad (2)$$

По результатам обработки исходных данных о параметрах подготовительных выработок и объемах метановыделения в тупиковые их части в блоке № 3 установлена зависимость обратной величины удельного метановыделения $1/G$ [$(\text{м}^2 \cdot \text{сут})/\text{м}^3$] из пласта в тупики проводимых выработок от времени t (сут), которая описана формулой

$$1/G = K t + B, \quad (3)$$

где K и B — эмпирические коэффициенты.

Коэффициент « K » в зависимости (3) характеризует газодинамические и фильтрационные свойства угольного пласта (K - фактор) на участке проведения выработки, а обратная величина коэффициента « B » — величину начального удельного метановыделения G_0 [$\text{м}^3/(\text{м}^2 \text{Мсут})$] из угольного пласта в подготовительную выработку

$$1/B = G_0. \quad (4)$$

Для описания изменения во времени t (сут) интенсивности удельного

Таблица 3

Численные значения показателей газоотдачи в подготовительные выработки в блоке № 3

Наименование угольных пластов	Показатели газоотдачи		
	G_o	A	K
Болдыревский	2,5	0,156	0,0625
Поленовский	$\frac{2,7^{*)}}{5,0}$	$\frac{0,078}{0,115}$	$\frac{0,029}{0,023}$

Примечание — ^{*)} Числитель — в природных условиях, знаменатель — в разгружаемом от горного давления массиве угля горными работами на пласте «Болдыревский»

метановыделения G из угольного пласта в подготовительные выработки принята зависимость

$$G = \frac{G_o}{At + 1}, \quad (5)$$

где коэффициент A (сут⁻¹) — это темп снижения удельного метановыделения из массива угля во времени, который рассчитывается по формуле

$$A = KG_o. \quad (6)$$

Численные значения величин G_o , A и K сведены в табл. 3.

За основу определения параметров предварительной дегазации пластов «Болдыревский» и «Поленовский» на участке блока № 3 приняты расчетные методы, изложенные в РД-15—09—2006 [3], а также использованы результаты исследования газоносности пластов угля на горном отводе шахты и газоотдачи угольных пластов в подготовительные выработки.

Поскольку основными газодинамическими параметрами в расчетных формулах для определения расстояния между пластовыми скважинами являются начальное удельное метановыделение g_o [м³/(м²Мсут)] из угольного пласта в дегазационные скважины и коэффициент a (сут⁻¹) снижения во времени метановыделения из пласта в скважины, то использованы соответствующие зависимости, изложенные в РД-15—09—2006.

Интенсивность начального метановыделения g_o из угольного пласта в скважины предварительной дегазации определялась по формулам [3]

$$g_o = \beta x \quad (7)$$

$$\text{и } g_o = \frac{\pi d}{2m} G_o, \quad (8)$$

где x — природная газоносность угольного пласта, м³/т с.б.м; β — эмпирический коэффициент, величина которого находится из выражения

$$\beta = \frac{1}{16 + 12m}, \quad (9)$$

где d — диаметр пластовой скважины, м; m — мощность разрабатываемого угольного пласта на участке бурения скважин, м; G_o — начальное удельное метановыделение из угольного пласта в подготовительную выработку, пройденную на дегазируемом участке, м³/(м²·сут).

Величина « a » темпа снижения во времени метановыделения из угольного пласта в скважины предварительной дегазации рассчитывалась по формулам

$$a = b - cV^{daf}, \quad (10)$$

либо при использовании результатов газовоздушных съемок в подготовительных выработках при их проведении — по формуле

$$a = k g_o, \quad (11)$$

где V^{daf} — выход летучих веществ, %; b и c — эмпирические коэффициенты; k — коэффициент, характеризующий газодинамические и фильтрационные свойства угольного пласта на участке функционирования дегазационных скважин, m^2/m^3 (k — фактор пласта при его предварительной дегазации скважинами)

$$k = 6,25 \cdot 10^{-5} m H', \quad (12)$$

где H' — глубина залегания угольного пласта от верхней границы метановых газов, м.

$$H' = H - H_o, \quad (13)$$

где H — глубина залегания пласта от земной поверхности, м; H_o — зона газового выветривания, м.

Зависимости (7)–(13) использованы для определения численных значений показателей газоотдачи пластов «Болдыревский» и «Поленовский» в пластовые дегазационные скважины на участках лав, расположенных в блоке № 3.

В связи с тем, что выемочное поле по пласту «Болдыревскому» в блоке 3 разделено осью Ленинской синклинали на участки с противоположными углами падения пласта и часть поля отрабатывалась по его падению, а другая часть поля — по восстанию, на выемочных участках выделены 4 участка: № 1, который отрабатывался по падению пласта с углами 3–0°; № 2, № 3 и № 4 отрабатывались лавой по восстанию пласта с углами возвышения соответственно 0–3°, 3–6° и 6–8°.

Расстояние между скважинами предварительной дегазации на выделенных участках блока №3 рассчитывалось по формуле

$$R_c = \frac{l_c m_d \frac{g_0}{a} \ln(at + 1)}{l_{oc} \cdot m \cdot \gamma \cdot K'_{дер.пл} \cdot q_{пл}}, \quad \text{м} \quad (14)$$

где l_c — полезная длина скважины, м; m_d — дегазируемая скважинами мощность пласта, м. На пластах средней мощности она принята равной мощности m пласта; τ — продолжительность предварительной дегазации пласта, сут. Согласно нормативному документу принимается равной 180 сут.; $q_{пл}$ — метановыделение из разрабатываемого пласта в призабойное пространство лавы без учета его искусственной и естественной дегазации, $m^3/т$. Устанавливается по прогнозу [2].

Расстояние между скважинами предварительной дегазации при среднесуточной добыче из лавы 8000 т по пласту «Болдыревскому» составила 4–8,5 м, а по пласту «Поленовскому» — 6–13,5 м.

Очередность выемки пласта угля в угленосной свите предопределяет интенсивность метановыделения на выемочных участках, дебиты каптируемого метана. Так, на горном отводе шахты им. С.М.Кирова в блоке №3 первым из сближенных пластов угля отрабатывался пласт «Болдыревский», а затем под участком двух отработанных лав — пласт «Поленовский», залегающий ниже пласта «Болдыревский». При отработке пласта «Болдыревский» подрабатывались сближенные пласты «Брусницинский» и «Майеровский» общей мощностью 2,8 м и надрабатывался пласт «Промежуточный» мощностью 1,5 м. При отработке пласта «Поленовский» надрабатывался пласт «Подполеновский» мощностью 0,65 м.

Сравнительные показатели метанообильности выемочных участков по пластам «Болдыревскому» и «Поленовскому», отрабатываемых с применением средств дегазации разрабатываемых и сближенных пластов, свидетельствуют о следующем:

- метанообильность выемочных участков пласта «Болдыревский» в 2,3—2,5 раза выше метанообильности лавы по пласту «Поленовский», главным образом, за счет различных объемов метановыделения из сближенных пластов угля;

- объемы метана, выделяющегося в горные выработки выемочного участка лавы 24—53 с применением дегазации и газоотсоса и выносимые потоками воздуха, составляли в среднем 9,7 м³/мин при средней концентрации метана в рудничном воздухе 0,8 %;

- коэффициент извлечения метана на выемочном участке лавы 24—53 равен в среднем 0,76 без учета метана, отводимого газоотсасывающей вентиляторной установкой, и 0,7 — с учетом извлечения ею 29,7 м³/мин метана с концентрацией менее 3 %;

- объемы каптируемого метана из разрабатываемых пластов средствами дегазации составили 9,8 м³/мин (концентрация метана 39 %), а из сближенных пластов и выработанного пространства — 44 м³/мин (концентрация 63 %);

- эффективность дегазации подрабатываемых сближенных пластов угля на поле лавы 24—53 равнялась 82 %,

по источнику метановыделения а целом по участку — 47 %;

- газоотдача надработанного пласта «Поленовский» в скважины предварительной дегазации выше на 20 %, чем газоотдача неразгруженного пласта «Болдыревский».

Выводы

1. При принятой на шахте им. С.М. Кирова системе разработки сближенных пластов «Болдыревский» и «Поленовский» отмечено надрабатывающее влияние пласта «Болдыревский» на пласт «Поленовский», что подтверждено более высокой газоотдачей пласта «Поленовский» в скважины предварительной дегазации (на 20 %).

2. Установлены численные значения коэффициентов, входящих в зависимости метаноносности угольных пластов от глубины залегания и показателей их газоотдачи в скважины предварительной дегазации.

3. Применение комплексной дегазации угольных пластов на выемочных участках пласта «Болдыревский» позволило снизить уровень метановыделения на участке на 70—75 %, в том числе из сближенных пластов на 45—50 %; разрабатываемых — на 15—20 %, выработанного пространства — остальное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. *Руководство* по проектированию вентиляции угольных шахт. — Макеевка-Донбасс, 1989. — 319 с.

3. *Методические* рекомендации о порядке дегазации угольных шахт (РД-15—09—2006). Серия 05. Выпуск 14. — М.: ОАО НТЦ по безопасности в промышленности, 2007. — 256 с. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Забурдяев В.С. — доктор технических наук, Институт проблем комплексного освоения недр РАН;
Новикова И.А. — горный инженер, Институт проблем комплексного освоения недр РАН;
Сметанин В.С. — горный инженер, шахта им. С.М. Кирова ОАО «СУЭК-Кузбасс».