Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLII, вып. 1, 1960 г.

РЕЖИМ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ И ДЛИНА ЛАВЫ В УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ ОДИНОЧНОГО ПЛАСТА

В. И. Фомичев

Работами Печорского научно-исследовательского угольного института установлено, что шахты Воркутского месторождения отличаются высокой метанообильностью, возрастающей с переходом горных работ на более глубокие горизонты. Однако метанообильность по шахте в целом, определенная горностатическим методом, не может характеризовать величину метановыделения, например, в очистные и подготовительные забои при различных горногеологических условиях. Так, газовыделение в пределах очистного участка при разработке одиночного пласта, пласта, имеющего спутников, или пласта, разрабатываемого в два слоя, будет резко отлично. Поскольку газовыделение на больших глубинах будет создавать значительные трудности при проветривании выработок и возможно потребуются специальные мероприятия по управлению газовыделением, необходимо четко представлять характер газовыделений при различных горногеологических условиях.

Целью настоящей статьи является краткое изложение результатов проведенного автором исследования режима метановыделения в пределах очистного участка при разработке одиночного пласта.

Исследования проводились в Северной лаве 1 шахты № 18 комбината Воркутуголь пласта O_1, который можно считать одиночным, так как ближайший угольный пласт залегает от него на расстоянии 64 *м*. Результаты наблюдений проверялись в других лавах этого же пласта и пласта N_8, который с некоторым приближением можно также считать одиночным. На всех шахтах комбината Воркутуголь, где разрабатываются эти пласты, принята сплошная система разработки прямым ходом с выемкой угля комбайнами «Горняк» или «Донбасс» и прямоточная схема проветривания лав. Поэтому горнотехнические условия работы Северной лавы 1 пласта O_1 на шахте № 18 типичны для всех других лав, разрабатывающих пласты O_1 и N_8. Длина Северной лавы 1 составляет 180 *м*, мощность пласта 0,85 *м*, угол падения 18—20°. Выемка угля производится комбайном «Горняк», крепление лавы — металлическими и деревянными стойками под распил. Кровля управляется полным обрушением на органный ряд металлических стоек. Уголь доставляется по лаве, нижнему промежуточному штреку и сбоечной печи скребковыми конвейерами. Над вентиляционным штреком оставляется целик угля шириной 12—15 *м*, а ниже вентиляционного

штрека выкладывается бутовая полоса шириной 12 *м*. Откаточный штрек проходится совместно с нижним промежуточным с опережением 80—100 *м* от лавы. Между ними оставляется целик угля шириной 15 *м*. Непосредственной кровлей пласта является песчаник, основная кровля представлена аргиллитами мощностью до 30 *м*, почва пласта сложена песчаниками.

Проветривание лавы осуществляется по прямоточной схеме — свежая струя поступает по откаточному штреку, часть струи поступает в забой штрека, часть через сбойку на нижний промежуточный штрек и в лаву, омывает рабочее пространство лавы и поступает на вентиляционный штрек. Работа в лаве производится в три смены комплексной добычной бригадой с общим выходным днем. На момент наблюдения лава отошла от разрезной печи на 180 *м* и продвигалась равномерно со скоростью 40 *м/месяц*.

Газовые съемки производились в вентиляционном штреке и по поперечному сечению лавы при различных производственных процессах, производимых в лаве, а также в общешахтные выходные дни. Кроме того, для определения зависимости абсолютного газовыделения от количества подаваемого воздуха в выходные дни производились опыты подачи в лаву различных количеств воздуха.

Основными источниками выделения метана в лаве, разрабатывающей одиночный пласт угля, являются пласт угля и вмещающие боковые породы. Количество метана, выделяющееся из этих источников, зависит от потенциальной газоемкости угля и пород, характера производственных процессов ,производимых в лаве, от количества подаваемого в лаву воздуха.

В пределах очистного участка метан выделяется: 1) из обнаженных поверхностей угля и вмещающих пород подготовительных выработок и вместе со струей воздуха попадает в призабойное пространство лавы; 2) в призабойном пространстве лавы непосредственно из груди забоя, из отбитого и транспортируемого угля и из выработанного пространства лавы; 3) на вентиляционном штреке из выработанного пространства лавы и из целиков угля, оставляемых над вентиляционным штреком.

Абсолютное количество газа, выделяющееся в единицу времени, подсчитывалось по количеству воздуха, проходящего по выработке, и процентному содержанию метана (пробы брались «мокрым» способом и анализировались в лаборатории). Замеры скорости воздуха производились 3—4 раза. Пробы набирались два раза в каждом сечении (в табл. 1, 2 приведены усредненные величины). При взятии большого

Таблица 1

Газовыделение на вентиляционном штреке лавы пласта O_1 шахты № 18

Расстояние от лавы, *м*	Пределы изменения			Средний дебит, *м³/мин*
	Q, *м³/мин*	CH_4, %	q_{CH_4}, *м³/мин*	
5	242—357	0,20—0,30	0,63—1,06	0,820
60	265—281	0,30—0,35	0,715—0 982	—
65	330—386	0,25—0,30	0,96—0,968	0,982
75	380—397	0,25	0,95—0,990	—
85	350—367	0,30	1,05—1,1	—

Примечание. Q — расход воздуха; q_{CH_4} — дебит метана.

Таблица 2

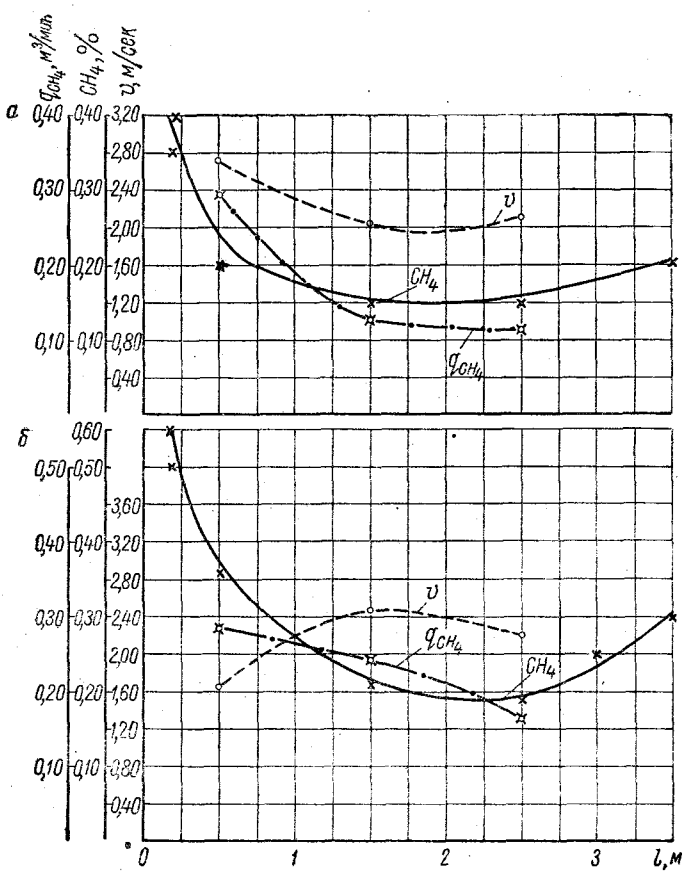
Газовыделение на вентиляционном штреке (в 5 *м* от лавы) пласта O_1 при работе комбайна „Горняк"

Дата наблюдений	Q, $м^3/мин$	CH_4, %	q_{CH_4}, $м^3/мин$
31.I	239	0,45	1,575
2.II	256	0,50	1,280
3.II	267	0,50	1,335
4.II	312	0,30	0,936
9.II	338	0,40	1,350
11.II	339	0,40	1,354
12.II	321	0,35	1,125
13.II	330	0,30	0,990
16.II	342	0,35	1,197
18.II	347	0,30	1,041
19.II	304	0,40	1,216
20.II	310	0,50	1,550
Среднее	311	0,36	1,150

числа проб и тщательном их анализе (исключая сомнительные результаты) средние значения будут приближаться к истинным. Для практических целей эти средние результаты достаточно точны.

Газовыделение из подготовительных выработок (т. е. количество газа, содержащееся в поступающей в лаву струе) во времени постоянно и составляет в среднем 0,46 $м^3/мин$, если забои продвигаются примерно с той же скоростью, что и лава. При этом время, затраченное на проветривание забоев после взрывания по углю и погрузки угля, не учитывается. В пересчете на единицу поверхности обнаженного угля такое газовыделение составляет 1,35 $л/мин \cdot м^2$, что в 1,3—1,4 раза меньше, чем с единицы поверхности в лаве. Уменьшенное газовыделение объясняется тем, что подготовительные выработки в меньшей степени нарушают угольный пласт и, следовательно, имеют меньшую зону дренирования, чем обнаженная поверхность угля в очистном забое. Кроме того, в данном случае выработки проходятся парными забоями на расстоянии 15 *м* друг от друга и зоны дренирования могут перекрываться в целике угля, разделяющем выработки, поэтому газовыделение с единицы поверхности целика угля будет меньше. При взрывании шпуров газовыделение в течение 1—1,5 часа увеличивается не более чем на 30—35%, а затем снова устанавливается на определенном уровне. Исследованиями В. Л. Божко установлено, что газовыделение при взрывании шпуров в подготовительных забоях может увеличиваться в 1,5 раза [4].

Как видно из приведенного рисунка, в начале лавы максимальная скорость движения воздуха наблюдается у груди забоя, где по «машинной дороге» проходит 35—45% всего количества воздуха лавы. Здесь отмечается максимальная концентрация метана, который относительно равномерно выделяется из груди забоя по всей длине лавы. Концентрация метана и его дебит в конвейерном ходке и ходке у выработанного пространства одинаковы. Газовыделение в ходке у выработанного пространства происходит в основном вследствие выделения из угольной мелочи (эксплуатационные потери) и породы, а не за счет вымывания газа из выработанного пространства. Выше середины лавы, ближе к вентиляционному штреку, воздух перераспределяется и максимальная скорость



Зависимость количества воздуха, содержания и дебита CH_4 от расстояния до забоя:

а — в середине лавы; *б* — в лаве у вентиляционного штрека

его движения наблюдается в 1,5—2 *м* от груди забоя. Кривая концентрации метана сохраняет свою форму у груди забоя и несколько повышается ближе к выработанному пространству за счет перемещения части газа вместе с воздухом в сторону выработанного пространства. Наибольшая концентрация метана наблюдается непосредственно у груди забоя. Следовательно, основной прирост дебита метана по лаве 0,29 *м*³/*мин*, или 1,9 *л*/*мин* · *м*² происходит за счет газовыделения из груди забоя. На вентиляционном штреке, в 5 *м* от лавы, общее газовыделение составляет 0,82 *м*³/*мин* (см. табл. 1) и складывается из газовыделения из подготовительных выработок, из груди забоя, боковых пород и из потерь угля в виде мелочи. По вентиляционному штреку газовыделение увеличивается на 0,162 *м*³/*мин* (около 19% от дебита на вентиляционном штреке у лавы) за счет метановыделения из выработанного пространства и целиков угля, оставляемых над вентиляционным штреком.

По наблюдениям автора, колебания атмосферного давления не сказывались на газовыделении из призабойного и выработанного пространства, несмотря на довольно резкие изменения атмосферного давления в течение суток. За весь период наблюдения (февраль) барограф отметил колебание давления в пределах 725—741 *мм рт. ст.* Однако колебание атмосферного давления не влияет или влияет очень незначительно при разработке одиночного пласта, а в большей степени на газовыделение при разработке свиты пластов, где газовыделение из выработанного пространства имеет больший удельный вес в газовом балансе очистного участка.

При изменении количества воздуха, подаваемого в лаву, газовыделение изменялось следующим образом. При уменьшении количества подаваемого воздуха в 2—2,5 раза концентрация метана на вентиляционном штреке, в 65—70 *м* от лавы, несколько повышалась и через 3—4 час. устанавливалась на 12—15% выше среднего процента (бывшего до уменьшения количества воздуха). Дебит метана вначале несколько уменьшался, а затем через 3—4 час. устанавливался на постоянном уровне — на 10—12% меньше среднего дебита метана при первоначальном количестве подаваемого воздуха. При повышении количества воздуха в 1,8—2 раза концентрация метана на вентиляционном штреке, в 65—70 *м* от лавы, несколько понижалась, но не более чем на 12—14% от средней концентрации при прежнем количестве воздуха. Дебит метана в течение 1—2 час. возрастал вначале на 14—15%, а затем постепенно снижался и через 3—4 час. достигал постоянной величины — на 11—12% выше среднего значения дебита метана до увеличения количества воздуха. При подаче постоянного количества воздуха газовыделение остается постоянным в течение суток, если в лаве не производится очистных работ. При изменении подачи воздуха газовыделение изменяется непропорционально увеличению или уменьшению количества воздуха.

При очистных работах в лаве газовый баланс очистного участка изменялся. При работе комбайна «Горняк» газовыделение увеличивалось за счет обнажения новой поверхности угля, измельчения отбитого угля и газовыделения из угля, транспортируемого по конвейерам. Максимальной величины оно достигало при работе комбайна в верхней части лавы, когда длина потока транспортируемого угля была наибольшей. В нижней части лавы в это время велись работы по подготовке ниши, и газовыделение составляло 0,33 *м*³/*мин*. Это примерно равно 40% дебита метана на вентиляционном штреке, в 5 *м* от лавы, в период, когда очистных работ не производится (см. табл. 2). Максимальная концентрация метана отмечается у груди забоя, но не превышает более чем на 0,1—0,2

концентрацию CH_4 при отсутствии очистных работ. Это объясняется большой скоростью воздуха у груди забоя, по всей длине лавы имеющей значение ниже 1,5—1,6 *м/сек*. Изменения интенсивности газовыделения при работе с орошением и без орошения установить не удалось, хотя есть основание предполагать, что, как и пылеобразование, газовыделение увеличивается при отсутствии орошения.

При увеличении интенсивности очистных работ абсолютное газовыделение возрастает, относительная же метанообильность может уменьшаться [5, 6]. Как показывает опыт работы других лав (на пластах O_1 и N_8), при увеличении добычи на 30—40% за счет более высокой нагрузки на лаву (что может быть при разработке нижележащих горизонтов) газовыделение возрастает не более чем на 10—15%, по сравнению с газовыделением при месячном подвигании лавы 40—45 *м*.

Таблица 3

Газовый баланс участка одиночного пласта

Газовыделение	При полном отсутствии работ		При одновременных очистных и подготовительных работах	
	м³/мин	%	*м³/мин*	%
Из подготовительных выработок	0,46	47	0,52	38
Из разрабатываемого пласта	0,29	30	0,62	45
Из выработанного пространства в лаву	0,07	7	0,07	5
Из выработанного пространства на вентиляционный штрек	0,16	16	0,16	12
	0,98	100	1,37	100

Количественные зависимости, приведенные в табл. 3, аналогичны тем, которые наблюдаются в других лавах, разрабатывающих пласты O_1 и N_8 при различной длине лав, количестве воздуха и содержании метана.

Таким образом, для этих условий можно подсчитать необходимое количество воздуха по газовыделению.

$$Q = \frac{100\,(\Delta q_л L m + P_{заб}\Delta q_{заб} K_{взр})\,K_{пор} K_{оч} K_{выр} K_{зап}}{p}, \qquad (1)$$

где $\Delta q_л$ — удельное газовыделение с 1 $м^2$ поверхности угля лавы, $м^3/мин \cdot м^2$;

$\Delta q_{заб}$ — удельное газовыделение с 1 $м^2$ угольной поверхности подготовительных выработок, $м^3/мин \cdot м^2$;

L — длина лавы, *м*;

m — мощность пласта, *м*;

$P_{заб}$ — площадь обнажения угля в подготовительном забое, $м^2$;

$K_{взр}$ — коэффициент, учитывающий взрывание шпуров, равный 1,5;

$K_{пор}$ — коэффициент, учитывающий газовыделение из пород и потерь угля, равный 1,1;

$K_{оч}$ — коэффициент, учитывающий влияние очистных работ, равный 1,4;

$K_{выр}$ — коэффициент, учитывающий газовыделение из выработанного пространства, равный 1,2;

$K_{зап}$ — коэффициент запаса, учитывающий колебания количества воздуха, равный 1,1;

p — допустимое содержание CH_4 на исходной струе, %.

Общий коэффициент запаса

$$K_{общ} = (K_{пор} + K_{оч} + K_{выр} + K_{зап}) - 3 = 1{,}8.$$

Удельное газовыделение с единицы поверхности подготовительных выработок связано с $\Delta q_л$ зависимостью

$$\Delta q_{заб} = n\Delta q_л, \tag{2}$$

где n — коэффициент, учитывающий зону дренирования массива угля.

Как показывают наши наблюдения, при проведении выработок парными забоями и их длине, равной месячному (40—45 *м*) подиганию лавы, $n = 0{,}770$ при длине выработок, равной двухмесячному подиганию лавы, $n = 0{,}715$.

Для действующей лавы $\Delta q_л$ можно определить в выходной день или в ремонтную смену, произведя газовую съемку и подсчитав газовыделение на единицу поверхности.

Для нарезаемой лавы $\Delta q_л$ можно определить после проведения разрезной печи, замерив количество воздуха и определив процентное содержание метана в начале и конце разрезной печи,

$$\Delta q_л = \frac{q}{2lmn}, \tag{3}$$

где q — газовыделение, рассчитанное по количеству воздуха и процентному содержанию метана, *м³/мин*;

l — длина разрезной печи, *м*.

Удельное газовыделение для проектируемого горизонта можно рассчитать по потенциальной газоемкости угля, определенной для шахт Воркутского месторождения Б. Я. Коровиной [8], считая, что газовыделение с единицы поверхности угля растет по такой же закономерности, как и потенциальная газоемкость. Для глубины разработки 650 *м* пласта O_1, например $\Delta q_л = 0{,}005$ *м³/мин. м²*. Заменяя в формуле (1) $Q = 60\,vS$ (v — скорость движения воздуха, S — сечение выработки) и выражая $P_{заб}$ через мощность пласта и длину выработок, можно определить длину лавы по фактору газовыделения

$$L = \frac{pvb60 + 71.5\Delta q_л 4lK_{взр}K_{общ}}{100\Delta q_л K_{общ}}, \tag{4}$$

где b — ширина призабойного пространства.

Подставляя численные значения для глубины разработки 650 *м* и принимая допустимую скорость движения воздуха $v = 4$ *м/сек*, получим длину лавы около 400 *м*.

Если для этих же условий разработки посчитать длину лавы по формуле Н. К. Цольвега [7], приняв $q = 29$ *м³/т*, получим $L = 112$ *м*.

Выводы

1. Метановыделение в пределах участка при отсутствии производственных процессов и поступлении одинакового количества воздуха в течение суток постоянно. Соотношение между дебитами из различных источников остается неизменным.

2. При изменении количества подаваемого воздуха газовыделение меняется непропорционально.

3. При ведении очистных и подготовительных работ газовый баланс участка изменяется.

4. Газовыделение на участке можно рассчитать по удельному газовыделению с единицы поверхности обнаженного угля.

5. При переходе работ на более глубокие горизонты нет необходимости в специальных мероприятиях по управлению газовыделением, поскольку в рассмотренных условиях расчетная длина лавы не лимитируется газовыделением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скочинский А. А., Комаров В. Б. Рудничная вентиляция. Углетехиздат, 1951.

2. Лидин Г. Д. Газовыделения в угольных шахтах и меры борьбы с ними. Углетехиздат, 1952.

3. Божко В. Л., Петрухин П. М. Метановыделение при работе угольного комбайна «Донбасс». Сб. МакНИИ, 1953, т. 7.

4. Божко В. Л. О газовыделении при взрывании шпуров. Бюлл. МакНИИ, 1957, № 3.

5. Осипов С. Н. О влиянии длины лавы на газообильность выемочного участка. «Уголь», 1956, № 6.

6. Божко В. Л., Осипов С. Н. Влияние скорости подвигания лавы на газообильность выемочного участка. Бюлл. МакНИИ, 1958, № 9.

7. Цольвег Н. К. О длине лавы по условиям вентиляции в глубоких шахтах. Сб. «Разработка угольных месторождений на больших глубинах». Углетехиздат, 1955.

8. Коровина Б. Я. Природная газоносность пластов Воркутского месторождения. Народное хозяйство Коми АССР, 1957, № 7.