

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Теоретические решения вопроса газовой выделения из отбитого угля. Методическое руководство по расчету метанообильности и количества воздуха для проветривания лав при новой технологии выемки угольных пластов. М., 1967 22 стр.

1. Наиболее значительные теоретические исследования метановыделения из угольных пластов провели В.Н. Воронин, Р.М. Кричевский П.Я. Полубаринова-Кочина, С. А. Христианович, Г. Д. Лидии.

Авторы предложенных методов математического описания процесса метановыделения из обнаженных поверхностей угольного пласта допускали определенные упрощения, в силу чего полученные зависимости не полно отражают происходящий в шахтных условиях процесс выделения метана.

Р. М. Кричевский и И. Л. Полубаринова-Кочина в основу своих выводов положили уравнение ламинарной фильтрации с учетом явления десорбции. При этом принималось, что уголь имеет определенную газопроницаемость и пористость и может дегазироваться на значительную глубину от обнаженной поверхности.

В действительности газопроницаемость и пористость - величины переменные. Вблизи обнаженной поверхности образуется разгруженная от горного давления зона, к которой происходит раскрытие кливажных, тектонических и производственных трещин, что значительно увеличивает пористость и газопроницаемость. И даже в этой зоне газопроницаемость и пористость не постоянны больше у обнаженной поверхности и меньше в глубь массива.

В.Н. Воронин правильно считает, что газовыделение из обнаженных Поверхностей угольного пласта определяется степенью нарушенности и трещиноватости пласта в области, непосредственно прилегающей к выработке. Фильтрация газа, находящегося за зоной трещиноватости, вследствие закрытого характера перового пространства, практически исключается.

Ввиду чрезвычайной сложности системы тектонических и производственных трещин в угольном пласте, их взаимного многократного пересечения в настоящее время нет возможности создать надежную математическую модель газовой выделения.

Анализ работ по экспериментальному определению метановыделения из обнаженных поверхностей угольного пласта. (Г. Д. Лидии, В. Л. Божко, МШТЭМ, И.М. Печук и др.) показал, что предлагаемые эмпирические формулы Не совсем верно отражают закономерность метановыделения во времени для условий антрацитовых пластов Дроновского комплекса.

Институтами ИГД им. А. А. Скочинского, МакИИИ, ВостНИИ, ДПИ и др. выполнены большие работы по исследованию влияния различных факторов на выделение метана из отбитого угля.

Теоретические решения вопроса газовой выделения из отбитого угля из-за сложности процесса и многообразия факторов, влияющих на выделение метана, получены при условии, что газопроницаемость угля и коэффициент диффузии - величины постоянные. Все выводы справедливы для кусков угля сферической формы.

Экспериментальные исследования из отбитого угля (Г. Д. Лидии, А. С. Цырульников, В. Л. Божко, В. Ф. Микитченко, Л. А. Скляр и др.) показали, что наиболее интенсивное выделение метана происходит в течение первых 40-60 мин. после отбойки, затем газовой выделения резко снижается и в течение дальнейшего времени изменяется значительно медленнее. Это можно объяснить тем, что при отрыве угля от массива, когда происходит резкое падение давления газа в угле, процесс выделения метана характеризуется фильтрацией газа, осложненной десорбцией. Когда давление газа в трещинах и макропорах приблизится к атмосферному, газовой выделения происходит в основном за счет диффузии метана из труднодоступных микропор, а этот процесс может длиться очень долго.

Все предложенные эмпирические формулы в условиях пластов Дроновского комплекса дают отклонение от фактического газовой выделения.

2. Исследования газовой выделения из обнаженных поверхностей угольного пласта и вмещающих пород проводилось двумя методами: непосредственным и косвенным (балансовым).

Непосредственный метод заключался в следующем: часть обнаженной поверхности накрывалась щитком на всю мощность пласта, из-под которого путем просасывания воздуха определялось количество выделившегося метана. Входным отверстием в щитке являлась шель равновеликого сопротивления, что давало возможность добиться равномерного распределения скорости метановоздушной смеси и незначительной разности давлений в выработке и под щитком. Перед началом отбора проб в подщитковом пространстве предварительно добивались установления постоянной концентрации метана при постоянной скорости прокачивания. Щитком изолировались обнаженные поверхности пласта с верхней и нижней стороны штрека. Щиток устанавливался на свежем обнажении в забое штрека и находился постоянно (без снятия) до подхода лавы к месту установки. В каждой выработке пары щитков устанавливались 2-3 раза через 50-70 м друг от друга. Каждый сеанс замеров метановыделения предусматривал набор 4-5 проб. Полученные результаты газовой выделения за один опыт осреднялись, и в обработку принималось среднее значение. Все полученные результаты приводились к редуцированному газу с учетом изменения вязкости

метановоздушной смеси при изменении концентрации метана в последней. Кроме того, чтобы исключить влияние Подсосов метана по периметру щитка, производился контроль содержания метана во входящем под щиток воздухе.

Исследование газовой выделению косвенным методом проводилось для сравнения с результатами, полученными непосредственным методом. Этот метод заключался в следующем: вся выработка разбивалась на определенное число пикетов, по маркшейдерским данным устанавливалось время обнажения в замерном сечении, а в проходящем воздухе определялось содержание метана. Набор проб в каждом замерном сечении был сдвинут во времени с учетом скорости воздуха и расстояния между пикетами, что давало основания считать полученные данные сравнимыми. По полученному газовой выделению на пикете определялось выделение метана с одного квадратного метра обнаженной поверхности.

Исследование Метановыделения из отбитого угля производилось по следующей методике. Свежеотбитый уголь из наиболее глубокой части вруба (2,50-3,0 м) рассеивался на классы 0-6,6-13,13-25, 25-50 мм. Уголь каждого класса помещался в баллон емкостью 1,5 л. Баллон имел штуцер, через который метан мог свободно выходить в атмосферу или в прибор для замера скорости газовой выделению. При эксперименте фиксировалось время с момента отбойки, давление и температура воздуха в выработке. Время наблюдения составляло 100-120 мин. В лаборатории исследуемый уголь подвергался техническому анализу и тщательно взвешивался. При обработке экспериментальных данных количество выделившегося метана относилось к весу горючей массы угля, а газ приводился к редуцированному. Анализами было установлено, что через 3-5 мин. после помещения угля в баллон из него выделяется метан с концентрацией около 90 процентов. Так как газовой выделению из крупных фракций угля (более 25 мм) приблизительно одинаково, наши исследования ограничивались классом 25-50 мм.

3. Исследование метановыделения из подвижных обнаженных поверхностей производилось по пластам К2, К22, К3. Исследованиями было установлено, что в течение первых 5-6 часов после обнажения пласта зависимость газовой выделению в функции времени с момента обнажения имеет вид экспоненты.

$$g = a \cdot e^{-bt} \quad (1.1)$$

где: g -газовыделение с 1 м² через время 1 с момента обнажения, м³/м² мин. a и b - постоянные эмпирические коэффициенты для данного пласта. По истечении этого времени (5 - 6 час) закономерность газовой выделению изменяется и принимает вид степенной зависимости

$$g = c \cdot t^{-u} \quad (1.2)$$

где: c и u -постоянные для данного пласта.

Наличие двух режимов газовой выделению можно объяснить следующим образом. В течение первого режима газовой выделению происходит из крупных трещин угля под влиянием значительного давления свободного газа. Этот процесс заканчивается сравнительно быстро и протекает по экспоненциальному закону, когда давление в трещинах в разгруженной от горных напряжений зоне угольного массива вплоть до порога уплотнения резко падает. Этот процесс связан с изменением газосодержания в пласте в направлении по нормали от обнаженной поверхности и характеризуется он как процесс фильтрации свободного газа по крупным трещинам в пласте. В этот период происходит и десорбция газа из микропор но процесс десорбции в общем балансе газовой выделению не является определяющим, так как истечение метана из микропор происходит очень медленно. Когда падение давления газа в трещинах приблизится к порогу уплотнения, газовой выделению будет определяться почти исключительно процессом десорбции в разгруженной зоне.

Коэффициент a (м³/м² мин) характеризует условную начальную интенсивность выделения метана в первый момент после обнажения пласта. Процесс истечения метана в этот момент определяется разностью давлений газа в массиве и в выработке. Коэффициент, a определяется текстурой угля. Можно считать, как показал, анализ, что он прямо

пропорционален начальной газоносности. Для исследованных пластов величина $\frac{a \cdot 10^3}{W_n}$ мало отличается и ее можно

$$b \left(\frac{1}{\text{МИН}} \right)$$

принять равной 0,50. Коэффициент b характеризует интенсивность газовой выделению во времени. На интенсивность газовой выделению влияет система трещин, а это, в свою очередь, определяется текстурой угля и величиной зоны деформации пласта в глубь массива.

Исследованиями было установлено, что направление кливажных трещин на газовой выделению в течение первого режима не оказывает влияния (наблюдения проводились из боковых и лобовых стенок забоя выработки). Это можно объяснить чрезвычайной сложностью системы тектонических и производственных трещин в угольном пласте, их

взаимным многократным пересечением.

Были проведены исследования по влиянию времени остановки забоя на глубину дегазации пласта. Как показали исследования, интенсивность газовой выделению из свежего обнажения практически одинакова во время равномерного подвигания и после остановки забоя на 36 суток. Это показывает, что глубина дегазации для антрацитовых пластов не превышает 2-3 метра.

4. Исследование метановыделения из неподвижных поверхностей угольного пласта проводилось в 4-х выработках. Щитки устанавливались с верхней и нижней сторон выработки через 5 - 12 часов после обнажения пласта. Параллельно с исследованием метановыделения с помощью щитков проводились наблюдения косвенным методом. Косвенный метод, хотя и менее точен, но вполне подтверждает результаты, полученные при помощи щитков. Математической обработкой полученных результатов была подтверждена степенная зависимость метановыделения как функция времени с момента обнажения вида (2).

Коэффициент C ($\text{м}^3/\text{м}^2 \text{ мин}$) характеризует интенсивность метановыделения после резкого падения давления газа в разгруженной от горных напряжений зоне вплоть до порога уплотнения. В это время выделение метана происходит в основном за счет десорбции из микропор. Метан из микропор поступает в макропоры, тектонические и производственные трещины и диффундирует в атмосферу или выделяется за счет незначительного перепада давления в пласте и в выработке. Этот коэффициент определяется разностью начальной газоносности и остаточной при атмосферном давлении в равновесном состоянии, а также развитостью микроструктуры угля, которая зависит от степени его метаморфизма. Однако в первом приближении, как показывает анализ, можно считать, что коэффициент C прямо пропорционален начальному газосодержанию.

Коэффициент u характеризует интенсивность выделения метана во времени. В системе координат $[l\text{нг}, l\text{нт}]$ он численно равен тангенсу угла наклона прямой, полученной по опытным данным. Коэффициент u зависит от структуры угля, глубины залегания пласта, горного давления, физико-химических свойств угля и др. Для всех

$$\frac{c \cdot 10^3}{W_n}$$

исследованных пластов антрацита значение

мало отличается и его можно принять равным 0,02, а

значение коэффициента u можно принять равным 0,8.

5. Исследование выделения метана из обнаженных поверхностей вмещающих пород проводилось непосредственным методом в откаточных штреках пластов К2 и К22. Дегазация породного забоя происходит через свободные трещины тектонического характера, имевшиеся до разработки, и через трещины, раскрывающиеся и образующиеся под влиянием сил, вызванных разработкой пласта. Как показали наши исследования, газо-выделение из вмещающих пород происходит по экспоненциальной зависимости, которая продолжается 5 - 6 часов, после чего выделение метана носит случайный характер и практически не влияет на общий баланс метановыделения в подготовительной выработке. Анализ показывает, что в условиях проведенных экспериментов газовой выделение из вмещающих пород не превышает 30% от метановыделения из свежее обнаженных поверхностей угольного пласта. Однако выделение метана из боковых пород зависит от их пористости и при трещиноватых породах (например песчаник) может быть значительным. При определении количества выделившегося метана из свежего обнажения в забое выработки, метановыделение из пород можно учитывать коэффициентом K_p . Для условий Дроновского комплекса $K_p=1,3$.

6. Целью экспериментальных исследований выделения метана из отбитого угля в шахтных условиях было установление качественной и количественной зависимости газовой выделению от времени, прошедшего с момента отбойки, начальной и остаточной газоносности и крупности кусков угля. Эксперименты проводились с углями пластов К2, К22, К3. Интенсивность выделения метана в первый момент после отбойки для различных классов угля различная: чем меньше размер зерен угля, тем газовой выделение идет интенсивнее. Через 60-90 мин., интенсивность газовой выделению из различных фракций угля мало отличается друг от друга. Анализ полученных результатов показывает, что и в отбитом угле не сохраняется один режим истечения газа, а наблюдается два режима, как и с обнаженных поверхностей угольного пласта. Однако в отбитом угле первый режим заканчивается значительно раньше и составляет для исследованных пластов 30 - 60 мин. Режим истечения газа, описываемый экспонентой, сохраняется в течение более продолжительного времени при большей крупности угля. Проведенными ранее исследованиями в ДПИ было установлено, что начальная скорость выделения метана из отбитого угля прямо

$$\frac{a_1^*}{W_n - W_0}$$

пропорциональна разности начальной и остаточной газоносности. В наших исследованиях для каждого класса исследованных углей - величина постоянная. Коэффициент b_1^* для каждого класса этих углей также величина постоянная. Это объясняется однородностью структуры исследованных пластов. Полученные в результате проведенных наблюдений значения коэффициентов при известном фракционном составе отбиваемого угля и времени нахождения угля в выработке после отбойки дают возможность найти общее количество выделившегося метана. Коэффициент a_1^* характеризует условное начальное выделение метана из i -той фракция угля в первый момент после отбойки. Он предопределяется разностью начальной и остаточной газоносности. Коэффициент b_1^* характеризует интенсивность выделения метана во времени из i -той фракции угля. Этот коэффициент зависит от крупности, трещиноватости и физико-химических свойств угля.

7. В откаточных штреках на некотором расстоянии впереди лавы нередко наблюдается повышенное выделение

метана. Это явление обычна, принято объяснять местным изменением структуры угля и, вследствие этого, повышенной газоотдачей или действием небольшого невидимого суфляра. Проведенные нами исследования показали, что и при отсутствии геологических нарушений и суфляров газовыделение из угольных стенок впереди лавы заметно возрастает вследствие возросшего напряжения горных пород в зоне опорного давления. По мере приближения лавы к месту установления щитков метановыделение из обнаженных поверхностей протекало с нарастающей скоростью и стало резко снижаться только тогда, когда до забоя лавы оставалось 3-5 м. При этом газовыделение из верхней стенки штрека было несколько выше, чем из нижней. В среднем это превышение составляет 20 процентов. На нижней стенке щиток неоставался и после прохода лавы. При этом газовыделение резко упало, а на расстоянии 25 м выделение метана стало таким же, какое наблюдалось до начала влияния лавы. Влияние опорного давления на газовыделение начало проявляться для пластов К2, К3 и К22 на расстоянии 60, 40 и 30 м соответственно при глубине залегания 554, 420 и 310 м.

Исследованиями было установлено, что при посадке основной кровли выделение метана в штреке впереди лавы увеличивалось еще более значительно. Для установления влияния посадки основной кровли были проведены газовые съемки по длине штрека до посадки и после посадки основной кровли. При действии опорного давления впереди лавы в обычное время (между посадками основной кровли) дебит метана увеличивался на 20-30 процентов, а во время посадки кровли на 50-70 процентов. Увеличение скорости газовыделения в зоне действия опорного давления можно объяснить следующим образом. При проходке лавы дополнительная нагрузка, возникающая вследствие действия опорного давления, вызывает нарушение между силами бокового распора и силами трения в стенке горной выработки. Это влечет за собой увеличение трещиноватости, смещение порога уплотнения вглубь массива и увеличение области, из которой происходит фильтрация метана.

Исследования показывают, что в остановленных выработках общее газовыделение из обнаженных поверхностей снижается незначительно. Это можно объяснить дополнительным выделением метана из обнаженных поверхностей за счет влияния опорного давления работающей лавы.

8. Проведение подготовительных выработок по газоносным пластам сопровождается значительным выделением метана и, чем больше отбивается угля в единицу времени, тем больше метановыделение. Исследования показывают, что при взрывных работах по углю в таких выработках происходит загазирование воздушной струи. В связи с этим большой интерес представляет динамика выноса метана во времени и в пространстве, а также протяженность зоны опасного скопления метана и пути уменьшения опасности загазирования выработок. Исследования проводились в различных сечениях выработки, находящиеся на различных расстояниях от забоя. Как показали наши исследования, в воздушном потоке происходит непрерывное изменение содержания метана. И, чем больше расстояние от забоя, тем меньше максимальная концентрация его в исходящем из выработки воздухе.

Исходя, из результатов полученных наблюдений видно, что на протяжении 20-30 м от груди забоя в течение 10-12 мин. после взрывных работ в выработке сохраняется взрывоопасная концентрация метана. Устранить опасность загазирования выработки только средствами вентиляции сложно, так как необходимо было бы подавать огромное количество свежего воздуха. Следовательно, необходимо искать пути уменьшения выделения метана и в первую очередь из отбитого угля. Одним из способов снижения газовыделения является увеличение кусковатости вынимаемого угля путем совершенствования технологии прохождения, а также, более равномерная выемка угля путем выбуривания и вырубывания пласта.

9. Проведенные исследования показывают, что газовыделение из обнаженных поверхностей угольного пласта можно представить как газовыделение из свежесобранной поверхности на участке последнего вруба G1 и из всей остальной поверхности или из боковых стенок G2

$$G_{СТ} = G_1 + G_2 \quad (1.3)$$

Проинтегрировав выражение (1.1) в пределах от $t = 0$ до $t = t_n$, где t_n время проветривания выработки после взрывных работ, получим газовыделение из свежего обнажения.

$$G_1 = \frac{m(1 + 2r) \cdot a}{b t n} (1 - e^{-b t m}) \quad (1.4)$$

где: m - мощность пласта, l - ширина забоя по углю, g - длина одной заходки по углю, m или

$$G_1 = G_0 \cdot K \quad (1.5)$$

K - коэффициент снижения газовыделения во времени

$$K = \frac{1 - e^{-\delta t n}}{\delta t n} \quad (1.6)$$

$$G_0 = m(1 + 2r) \cdot a \quad (1.7)$$

Анализ показывает, что коэффициент K , учитывающий затухание газо-выделения во времени из свежего обнажения в течение периода времени проветривания выработки после взрывных работ изменяется мало и его можно принять равным единице; так при $tn=15$ мин $K=0,96$, при $tn=30$ $K=0,93$ для всех исследованных пластов, то есть расчет всегда можно по газовыделению в первую минуту. Исследования показали, что газовыделение из вмещающих пород можно учитывать коэффициентом K_n .

Тогда

$$G = G_0 \cdot K_n \quad (1.8)$$

Проинтегрировав выражение (1.2) в пределах от r до L (где L длина выработки), получим газовыделение с неподвижных поверхностей угольно-го пласта.

$$G_2 = \frac{2 \cdot m \cdot c \cdot V^u}{1 \cdot u} [L^{1-u} - r^{1-u}] \quad (1.9)$$

где: V --среднесуточная скорость прохождения выработки на длине L . Так как r по сравнению с L величина незначительная, то им можно пренебречь.

$$G_2 = \frac{2 \cdot m \cdot c \cdot V^u}{1 - u} L^{1-u} \quad (1.10)$$

Формулы (1.4) и (1.10) справедливы для всех случаев. Для практических целей при расчете газовыделения из пластов Дроновского комплекса, подставив значения коэффициента a с и n и равных $a=0,5 \cdot 10^{-3} Wn$, $a=0,02 \cdot 10^{-3} Wn$ и $u=0,8$ получим следующее выражение:

$$G_{cm} = 0,2 \cdot 10^{-3} Wn \cdot m \cdot [2,5 \cdot (1 + 2r)Kn + V^5 Vt] \quad (1.11)$$

t - время с начала прохождения выработки, сут. Данная формула справедлива при прохождении выработки вне зоны влияния очистного забоя. Если выработка проходится впереди лавы, необходимо в формулу (1.11) ввести коэффициент влияния опорного давления лавы K_l . Для пластов Дроновского комплекса K_l равен 1,3.

$$G_{cm} = 0,2 \cdot 10^{-3} Wn \cdot m \cdot K_l [2,5(1 + 2r)Kn + V^5 \sqrt{t}] \quad (1.12)$$

10. Анализ проведенных исследований из отбитого угля показывает, что наиболее интенсивное выделение метана происходит в первые 60-90 минут. За это время выделяется 60-80 процентов всего метана. Время пребывания угля в подготовительной выработке обычно не превышает 60 мин. Закономерность метановыделения из отбитого угля за этот промежуток времени подчиняется экспоненциальной зависимости вида (1.1). Тогда метановыделение за время проветривания tn из i -той фракции угля составит

$$G_i = \frac{100 - A^c - W}{100} \cdot A \cdot \frac{\Phi_i \cdot a_1^*}{\delta_1^* tn} (1 - e^{-\delta_1^* tn}) \quad (1.13)$$

где: A - содержание золы в угле, % W - содержание влаги в угле,% Φ_i - выход i -той фракции угля, доля единицы, A - количество одновременно отбитого угля, т

$$A = m^1 \cdot l \cdot r \cdot \gamma \tag{1.14}$$

где: m^1 - полезная мощность угольного пласта, м l -удельный вес угля. Как показывает анализ, коэффициент снижения газовыделения во времени

$$K^1 = \frac{1 - e^{-\delta_1^* t_n}}{\delta_1^* t_n} \tag{1.15}$$

при времени проветривания $t_n = 15$ мин равен 0,9, при $t_n = 30$ мин $K^1 = 0,8$ для всех исследованных пластов. Значение a_1^* ; можно представить как

$$a_1^* = Z_i (W_n - W_0), \text{ м}^3 / \text{МИН т з.м.} \tag{1.16}$$

Z_i - относительное метановыделение из i -той фракции угля. Размерность Z_i - 1/МИН. Для пластов Дроповского комплекса относительное метановыделение Z_i для каждой фракции угля величина, постоянная и равна для фракции 0-6 мм-0,0150; 6-12мм-0,0045, 13-25мм-0,0030; 25-50 мм-0,0020. Газовыделение из всего отбитого угля составит

$$G_{oy} = \sum G^1 \tag{1.17}$$

или

$$G_{oy} = \frac{100 - A^c - W}{100} A (W_n - W_0) K_1 \sum \Phi_i Z_i \tag{1.18}$$

Статистика

Реклама
