

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ МЕТАНОВЫХ ПОТОКОВ В ОЧИСТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛАВ

Ульянов В.П.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: bloodwing@inbox.ru

### Abstract

*Ulyanov V.P. Characteristic of methane streams parameters in coalfaces. The questions of methane streams formation in coalfaces and definition of their parameters are discussed. Different types of methane streams are described. Monitoring parameters and locations of sensors for collection information about atmosphere state in coalfaces are chose.*

Очистной угольный забой является самым опасным местом по интенсивности формируемых метановых потоков, диапазону изменения концентрации метана в них в единицу времени. Интенсивность метанового потока, его разветвленность, концентрация метана в нем, геометрические параметры его формы в значительной мере зависят даже от небольших изменений параметров вентиляционной струи, горнотехнических условий выемки, геологической обстановки в окрестном массиве вмещающих пород.

подавляющее большинство вспышек метана произошло именно в лавах. Большое количество из этих аварий произошло без трагических последствий, ряд из возникших вспышек метана в области исполнительного органа комбайна повлекли ожоги различной степени тяжести лиц, находившихся в непосредственной близости от комбайна. Некоторые аварии завершились взрывом газа (Макеевские шахты «Чайкино», им. Поченкова, «Ясиновская», №13«бис» и ряд других).

Вспышки метана происходят на прилегающих к лаве выработках как со стороны свежей (шахты «Красногвардейская», им. Засядько, №13«бис»), так и исходящей вентиляционной струи воздуха, омывающей очистную выработку, в том числе в местах с отсутствием каких либо источников искрообразования (электроэнергии, фрикционного трения, химических реагентов, открытого пламени, взрывных работ: шахты им. Ильича, «Бутовская», им. Бажанова и ряд других) [1].

Недостаточная изученность вопроса возникновения аномально повышенных выделений метана в атмосфере горных выработок на различных участках шахтного поля не позволяет в ряде случаев своевременно обеспечить условия безопасного ведения работ даже с помощью стационарной аппаратуры автоматического контроля метана типа АКМ.

Метановый поток из призабойной разгружаемой части разрабатываемого угольного пласта частично выделяется в рабочее пространство лавы непосредственно из угольного забоя, а другая часть через зону опережающих трещин попадает непосредственно в выработанное пространство, минуя лаву [2,3]. Соотношение этих частей по мере отхода лавы от разрезной печи направлено в сторону уменьшения доли метана, истекающего непосредственно через обнаженную поверхность угольного забоя, и достигает минимальной величины при полном развитии свода разгрузки в окрестности выработанного пространства.

Метановые потоки из разгружаемых от геостатического давления угольных пластов-«спутников» попадают вначале в выработанное пространство, а затем, в зависимости от их удаленности до разрабатываемого пласта и скорости подвигания очистного забоя, непосредственно в исходящую вентиляционную струю или через рабочее пространство лавы.

Наиболее сложным и ответственным вопросом прогноза характеристик метанового потока в решении технологических метановых проблем явилось решение задачи

определения условий их формирования в очистных пространствах угольных шахт. Попытка решить конкретную задачу определения характеристик потока импульсно-неравномерного выделения метана в горные выработки оказалась неразрешимой с позиций теоретических представлений о пористо-сорбционной форме содержания метана в угольных пластах. Ошибочность физической модели процесса, большие расхождения с прогнозируемыми результатами реальных выделений метана в горных выработках привели к попытке достижения цели с помощью методов математической статистики. К наиболее крупным работам в этом направлении, которые подвели итог всем предыдущим попыткам, относятся исследования, выполненные в МакНИИ под руководством С.Н. Осипова [4]. Обобщенные результаты этих исследований опубликованы в работе [5].

Метод «поперечных газоздушных съёмов» в верхнем окне лавы, использованный в работах [4,5], существенно занижает газоносные свойства разрабатываемого пласта, так как исходит из предположения о поступлении метана из разрабатываемого пласта в рабочее пространство лавы только из угольного забоя. При этом игнорируется другая его существенная часть, порой превышающую первую, которая перетекает через систему опережающих трещин породного массива почвы и кровли непосредственно в выработанное пространство. Кроме того предпосылки метода предполагают, что метан выделяется только из призабойной кромки пласта размером, не превышающим 4-12м. Проведенными исследованиями в Донуги установлена её протяженность до 30м [6]. Выводы по работам [4,5] о зависимости интенсивности формируемых газовых потоков от темпов продвижения угольного забоя, глубины заходки за цикл выемки, способа управления кровлей, структуры газового баланса лавы основывались на неполном определении структуры газового баланса выемочного участка. Занижение выделения метана из разрабатываемого пласта не позволяет определить степень влияния выделения газа из «спутников» на характер формирования метановых потоков в лавах.

В работе [1] рассмотрены условия образования слоевых скоплений метана в горных выработках и некоторые способы их ликвидации. При этом исследования показывают, что расслоение газовой смеси по удельному весу газа происходит только в непроветриваемом («мертвом») пространстве. В условиях же проветриваемой, а иногда довольно интенсивной воздушной струей, выработки следует говорить о формировании слоевых потоков с различной концентрацией газа в нем. Каждый поток предполагает наличие источника.

Наибольшее расслоение газовых потоков по концентрации в них метана происходит в очистных выработках. Это обусловлено высокой мобильностью переменных по интенсивности во времени и местах расположения источников концентрированного выделения метана на значительной площади их распространения. Неудовлетворительная изученность этих процессов видна из того, что практически все аварии, связанные с взрывом метана, произошли при исправных средствах автоматического его контроля в атмосфере (АКМ).

В основу исследования положены физико-химические методы прогноза и определения метаноносности угольных пластов и метанообильности выемочных участков, надежность которых проверена в широком диапазоне условий угольных шахт Донбасса.

Формирование метановых потоков начинается от источников через развивающуюся техногенную систему трещин окрестности выработанного пространства лав в выработанное и/или рабочее пространство лавы и далее, смешиваясь между собой, в исходящую струю выемочного участка. Условия формирования, интенсивность и начальная траектория движения потока определяется источником выделения газа в структуре метанового баланса выемочного участка. Рассмотрим эти группы источников.

Разрабатываемый угольный пласт начинает выделять метан с призабойной кромки массива. При этом формируются три потока метана: через угольный пласт к забою лавы, через зону опережающих трещин (ЗОТ) в породах почвы и кровли непосредственно в



выработанное пространство лавы, минуя рабочее пространство, или через зоны промежуточного коллектора ЗПК и крупных сколов (ЗКС). Интенсивность источника, как и любого другого источника разгружаемого массива, определяется его метаносностью, мощностью пласта, технологическими и геологическими параметрами выемочного участка.

Угольные пласты, расположенные в зоне ЗКС САСТ, начинают выделение метана при их разгрузке, обусловленной выемкой разрабатываемого пласта, по мере подвигания очистного забоя. Этот поток газа смешивается потоком разрабатываемого пласта, истекающего через ЗОТ, и обычно попадает в лаву со стороны выработанного пространства.

Угольные пласты, расположенные в зоне ЗПК САСТ, начинают выделение метана при их разгрузке, обусловленной выемкой разрабатываемого пласта, по мере подвигания очистного забоя. Формируемый поток смешивается с потоками метана, проникающих в эту зону из всех зон САСТ, включая разрабатываемый пласт.

Пласты из зоны развивающихся трещин ЗРТ САСТ формируют рассеянные метановые потоки до образования в породном массиве канала стока, который импульсно деметанизирует разгруженную часть угольных пластов этой зоны.

По характеру истечения из источника метановые потоки условно можно разделить на три группы: свободные, импульсно-неравномерные и импульсные.

Источники, темпы образования метана в которых не превышает темпов формирования во вмещающих породах техногенных газоотводящих трещин достаточной пропускной способности, формируют свободные метановые потоки.

Формирование свободных метановых потоков в лаве по источникам выделения газа и их интенсивности можно разделить по следующему принципу:

а) разрабатываемый угольный пласт:

- метановый поток из зоны отбойки угля, который формируется на комбайновой дороге по всей длине лавы от комбайна по направлению воздушной струи. Интенсивность потока зависит от скорости резания комбайна, ширины захвата исполнительного органа, темпов подвигания угольного забоя, а также требующих изучения характера зависимости от способа управления кровлей в лаве, скорости воздуха по лаве и эпюры её скоростей в сечении лавы;

- поток газа из обнаженной поверхности угольного забоя, формируемый преимущественно на комбайновой дороге по всему протяжению лавы. Интенсивность потока изменяется во времени и зависит на данном участке лавы от продолжительности цикла выемки угля на этом участке;

- метановый поток из разрабатываемого пласта, той его части, которая проникла в выработанное пространство через зону опережающих трещин ЗОТ, минуя лаву, и формируется на всем протяжении лавы, имеет разветвленный характер, перемещаясь с другими потоками по мере передвижения по лаве. Интенсивность потока зависит от удаления лавы от разрезной печи, литологического состава вмещающих пород и схемы проветривания выемочного участка;

б) угольные пласты-«спутники»:

- поток газа из «спутников», расположенных в зоне крупных сколов ЗКС САСТ, который формируется на всем протяжении лавы, смешиваясь с предыдущим потоком. Интенсивность потока зависит от мощности угольного пропластка, технологических параметров отбойки угля, схемы проветривания выемочного участка и способа управления кровлей лавы;

- поток газа из угольных пластов, расположенных в зоне промежуточного коллектора ЗПК САСТ, который начинает формироваться в выработанном пространстве от середины и направляется в сторону снижения атмосферного давления с возможным попаданием в рабочее пространство лавы, преимущественно верхней её части. Интенсивность потока

зависит от мощности угольных пластов этой зоны, технологических параметров отбойки угля, схемы проветривания выемочного участка и способа управления кровлей лавы;

- поток метана из «спутников», расположенных в зоне развивающихся трещин ЗРТ САСТ, который начинает формироваться в выработанном пространстве от середины и направляется в сторону снижения атмосферного давления с возможным попаданием в рабочее пространство лавы, преимущественно верхней её части, при некоторых схемах проветривания выемочного участка. Интенсивность потока зависит от мощности угольных пластов этой зоны, технологических параметров отбойки угля, схемы проветривания выемочного участка и способа управления кровлей лавы.

Для свободных метановых потоков характерным признаком является распространение по направлению воздушных потоков, наращивая концентрацию газа от начала до конца лавы. Импульсные приросты концентрации метана в вентиляционной струе вдоль лавы происходят по мере включения в структуру газового баланса очередных потоков газа из разгружаемых от геостатического давления угольных пластов-«спутников».

Источники, темпы образования метана в которых несколько превышают темпы формирования во вмещающих породах техногенных газоотводящих трещин достаточной пропускной способности, формируют импульсно-неравномерные метановые потоки [7].

Условия формирования импульсно-неравномерных метановых потоков в лаве по источникам выделения газа и их интенсивности аналогичны свободным потокам. Отличия состоят в том, что по различным геологическим и технологическим причинам формирование развитых газоотводящих трещин породного массива отстает во времени от темпов разгрузки угольного пласта от геостатического давления. Это приводит к росту внутрипластового газового давления до уровня геостатического. Дальнейшее увеличение площади разгрузки угольного пласта от геостатического давления может привести к реализации газодинамического явления, сопровождаемого интенсивным выносом газа из источника. Чем удаленнее источник от разрабатываемого пласта, тем интенсивнее прорыв газа, но с большей продолжительностью времени между очередными прорывами.

Для импульсно-неравномерных метановых потоков характерным признаком является интенсивное начальное выделение метана в вентиляционную струю очистной выработки, сопровождаемое обрушением пород в выработанном пространстве лавы и усилением давления на крепь. Начальный момент выделения метана может сопровождаться незначительным снижением температуры атмосферы, что является характерным признаком совершенной работы по разрушению массива сжатым газом. Предшествующим признаком такого явления может служить повышение влажности абсолютной воздуха за счет выделения её из пластообразования. Угольные пласты-«спутники», расположенные в зоне ЗРТ выбрасывают при этом газ или в рабочее пространство лавы дальше её середины (по направлению вентиляционной струи) или непосредственно в исходящую струю участка.

Источники, темпы образования метана в которых значительно превышают темпы формирования во вмещающих породах техногенных газоотводящих трещин достаточной пропускной способности, формируют импульсные метановые потоки.

Движение газа от источников таких потоков начинается при давлении не ниже геостатического. При разрушении пробки пород или угля избыточное давление газа может опрокинуть вентиляционную струю. К таким газодинамическим явлениям относятся внезапные выбросы угля и/или газа, суфлярные выделения метана (техногенные), внезапные прорывы в рабочее пространство выработок боковых пород.

Внезапные выбросы приурочены к местам наименьшего опорного давления и ширины призабойной зоны разгрузки пласта. Сюда относятся концевые участки лав (ниши), кутки, а при отходе лавы от разрезной печи – средняя часть угольного забоя. Суфлярные выделения газа и прорывы боковых пород в рабочее пространство наиболее вероятным местом проявления этих газовыделений является средняя часть лавы. Характерными признаками



внезапных выбросов являются: повышенное метановыделение в выработку, нередко сопровождаемое шипением, отскакиванием мелких кусочков угля от забоя, помутнением угольного забоя.

Внезапные прорывы боковых пород и суфлярные выделения метана приурочены к местам наибольшей величины опорного давления, то есть – средней части лавы. Характерными признаками процесса развития импульсных газовыделений являются: усиление давления на крепь, появление признаков капеза воды

В работах [8,9] установлено, что интенсивность газового потока зависит от метаносности пластов, схемы проветривания участка, скорости подвигания забоя лавы, в том числе за цикл выемки, способа управления кровлей. При прочих равных условиях наибольшее влияние на параметры формируемого метанового потока оказывает схема проветривания выемочного участка.

Нормативными документами рассмотрены следующие схемы проветривания выемочных участков [8]:

- по направлению вентиляционной струи, омывающей забой лавы: прямоточные и возвратноточные;

- по интенсивности вентиляционного потока: с подсвежением исходящей из лавы вентиляционной струи воздуха и без её подсвежения;

- по отношению направлений движения исходящей вентиляционной струи к перемещению угольного забоя лавы: сонаправленные и противоположные.

Неблагоприятными условиями с точки зрения возникновения опасных концентраций метана в вентиляционной струе на сопряжении с очистной выработкой являются сонаправленные схемы проветривания. Прямоточная и возвратноточная схемы с подсвежением исходящей из лавы вентиляционной струи являются наиболее неблагоприятными, при которых метановые потоки всех источников сходятся в верхней части лавы. Подсвежающая вентиляционная струя отжимает метановые потоки из зон ЗПК и ЗРТ в выработанное пространство, откуда они устремляются в рабочее пространство лавы, сливаясь воедино с потоками других источников, могут образовывать в окне выхода из лавы на вентиляционный штрек широкий спектр концентраций метана в исходящей из лавы вентиляционной струе. Исследование условий формирования и истечения газа при таких схемах проветривания должно осуществляться с наибольшей тщательностью отслеживания потоков каждого из источников.

Схемы проветривания выемочных участков с противоположным движением угольного забоя лавы и исходящей вентиляционной струи являются наиболее безопасными с точки зрения предупреждения превышений допустимых норм концентрации метана в атмосфере действующих горных выработок. Наибольший эффект разбавления концентрированных потоков метана по источникам достигается при применении прямоточных и возвратноточных схем проветривания с подсвежением исходящей вентиляционной струи.

Существующие в настоящее время методы контроля аэрогазовой обстановки в очистном пространстве лавы не обеспечивают своевременного прогноза и необходимой надёжности определения опасных ситуаций, которые возникают в атмосфере рабочего пространства горных выработок.

Импульсно-неравномерное выделение метана из нескольких источников, разноплановых по динамике истечения и характеру формирования газовых потоков на всем протяжении очистной выработки со стороны угольного забоя и выработанного пространства, создает значительные трудности для принятия экстренных мер обеспечения безопасности людей при возникновении опасных концентраций газа в той или иной части рабочего пространства. Кроме того, на формирование концентрированных метановых потоков

существенное влияние оказывает принятая схема проветривания выемочного участка, расход воздуха, подаваемого для проветривания в лаву, и интенсивность добычи угля.

Смешение всех метановых потоков происходит в исходящей вентиляционной струе выемочного участка. Интенсивность метановой его части определяется интегральной метанообильностью ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ), выражаемая зависимостью:

$$Q = 1440 * i / a, \quad (1)$$

где  $i$  – средняя интенсивность суммарного метанового потока из всех источников участка за рассматриваемый период,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $a$  – среднесуточная добыча участка за этот период, т/сут.

Концентрация метана в потоке исходящей вентиляционной струе (%) определяется из выражения:

$$C = 100 * i_i / q_i, \quad (2)$$

где  $q$  – расход воздуха по участку в  $i$ -й момент времени,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Особое место в формировании метановых потоков с взрывчатой концентрацией газа в смеси занимают импульсные выделения при развитии газодинамических процессов: внезапных выбросов, суфляров, внезапных прорывов (обрушений) пород в рабочем и выработанном пространстве лав. Импульсное выделение метана характеризуется высокой интенсивностью в начальный момент процесса. Для своевременного прогноза возможной реализации явления необходимо установить непрерывный контроль над динамикой изменения тех параметров газоздушного потока, изменение которых связано с возможной реализацией того или иного явления.

Повышение уровня безопасного ведения горных работ в лавах по газовому фактору может быть достигнуто непрерывным мониторингом основных параметров формируемых метановых потоков от источников до их разбавления вентиляционной струей с безопасной концентрацией. Отслеживание динамики параметров метановых потоков в пространстве и во времени, их обработка, выдача оперативной информации и командных сигналов по аварийному оповещению людей в лаве, исполнительных команд по снятию напряжения с токоприёмников участка при превышении допустимого уровня контролируемых параметров осуществляются в автоматическом режиме.

В системе мониторинга метановых потоков предполагается использовать следующие контролируемые их параметры: концентрация метана  $c$ , %; скорость воздуха в лаве  $v$ , м/с; температура воздуха  $T$ , °С; относительная влажность воздуха  $W$ , %; атмосферное давление  $p$ , мм.рт.ст.

Концентрация метана в шахтной атмосфере  $c$  (%) является интегрирующим показателем аэрогазовой обстановки в лаве, величина которого однозначно определяет уровень безопасности возникшей ситуации в данный момент времени. Сложность прогноза интенсивности и траектории метанового потока от источника к месту его смешения с вентиляционной струей определяет необходимость рассредоточенного размещения датчиков контроля концентрации метана по всей лаве.

Интенсивность метанового потока на входе вентиляционной струи в лаву определяется преимущественно выделением газа из угольного забоя и существенно меньше интенсивности его на выходе из лавы. Большинство угольных пластов-«спутников», из которых выделяющийся метан входит в структуру газового баланса участка, расположены в зонах промежуточного коллектора (ЗПК) и развивающихся трещин (ЗРТ) техногенной системы аэродинамически связанных трещин угленосного массива в окрестности выработанного пространства (САСТ). Формирование метанового потока их них начинается примерно с середины выработанного пространства и в дальнейшем своём движении поток сонаправлен с вентиляционной струей. Поэтому интенсивность метанового потока из выработанного пространства в лаву начинает быстро увеличиваться примерно с середины лавы, достигая своего максимума на выходе из лавы. Из этого условия следует требование о дифференцированной плотности размещения датчиков метана вдоль и поперек рабочего



пространства лавы. В рассматриваемой системе мониторинга принята следующая плотность размещения датчиков концентрации метана по ходу движение воздушной струи: в первой трети лавы – один датчик в поперечном сечении лавы, установленный на первой от забоя стойке крепи через каждые 20м, начиная от «окна» лавы; во второй трети лавы – два датчика в поперечном сечении лавы, установленные на первых от забоя и выработанного пространства стойках крепи через каждые 10м; в последней трети лавы – три датчика в поперечном сечении лавы, установленные на первых от забоя и выработанного пространства стойках крепи и под козырьком секции через каждые 5м; на последних двух рамах (секциях) крепи – четыре датчика в поперечном сечении лавы, установленные на первых от забоя и выработанного пространства стойках крепи и под козырьком секции, а также напротив бутовой полосы (в запасном выходе из лавы на вентиляционную выработку).

Особо опасными точками лавы по наиболее вероятному развитию газодинамических процессов являются концевые участки (ниши), средняя часть лавы и место выемки (отбойки) угля. В этих местах размещаются по два датчика контроля концентрации метана с аналитической обработкой поступающего с них сигнала: сопоставление показаний со всеми сигналами от датчиков, размещенных на соседних местах сзади и впереди их по ходу вентиляционной струи; сопоставление собственных показаний, с интервалом между ними 30с.

Скорость движения воздушного потока по лаве  $v$ (м/с) является аналитическим параметром воздушного потока, использование показаний датчиков которой позволяет определить расход воздуха в рассматриваемом поперечном сечении лавы и интенсивность обобщенного и дифференцированного метанового потока по мере роста её величины вдоль лавы. Датчики скорости воздуха устанавливаются рядом со всеми датчиками концентрации метана. В особо опасных точках лавы по наибольшей вероятности развития газодинамических процессов размещаются по два датчика контроля скорости воздуха с дополнительной аналитической обработкой поступающего с них сигнала: сопоставление показаний со всеми сигналами от датчиков, размещенных на соседних местах сзади и впереди их по ходу вентиляционной струи; сопоставление собственных показаний, с интервалом между ними 30с.

Указанная плотность размещения датчиков концентрации метана и скорости воздушного потока по лаве принята для схемы проветривания лавы с сонаправленными векторами скорости воздуха и движения угольного забоя. При направлении этих векторов в противоположные стороны частота размещения датчиков вдоль лавы уменьшается в два раза. При этом на вентиляционной выработке устанавливаются пары таких датчиков на выходе их лавы, затем 5 пар через 20м, 5 пар через 40м и 5 пар через 100м.

Развитие газодинамических процессов происходит поэтапно. Начальный период связан с образованием петли гистерезиса давления, обусловленный формированием молекулы воды в угольном пласте на участке уменьшения опорного давления. При снижении давления менее геостатического  $\gamma Z$  ( $\gamma=2,3$  т/м<sup>3</sup> - объёмная масса породного массива,  $Z$  - глубина ведения горных работ, м) в пределах угольного пласта формируется газовая структура. При недостаточно развитой системе техногенных трещин, которая не в состоянии отводить образующийся метан на этом участке пласта, внутренне пластовое давление вновь возрастает до уровня геостатического, выдавливая воду из пласта в породный массив. Этот предварительный этап характеризуется появлением влаги (капежа) на груди забоя или кровли выработки. Вслед за водой в каналы (трещины) устремляется метан. Этот признак, предшествующий развязыванию газодинамического процесса, описан как «помутнение груди забоя», связанное с одновременным выделением воды и газа через сформированные каналы (трещины). В атмосфере горных выработок повышается относительная влажность воздуха и давление. Следующий этап характеризуется циклическим повторением предварительного с нарастающей интенсивностью до тех пор, когда энергия образованного

газа ( $E = \gamma Z v$ , где  $v$  – объём образовавшегося газа,  $m^3$ ) не достигнет уровня, достаточного для создания горловины выброса в угольном забое или разрушения породного массива между источником и выработанным (рабочим) пространством. Продолжительность второго этапа колеблется от нескольких минут до 1,5 часов. Этот этап характеризуется локальным повышением концентрации метана в месте его интенсивного выделения, помутнением угольного забоя, отскакиваем от груди забоя мелких кусочков угля («стреляние пласта»).

В особо опасных точках лавы по развитию газодинамических процессов, кроме места выемки (отбойки) угля, размещаются также по два датчика контроля температуры воздуха  $T$  ( $^{\circ}C$ ), относительной влажности воздуха  $W$  (%) и атмосферного давления  $p$  (мм.рт.ст.), показания которых используются для аналитической обработки поступающего с них сигнала: сопоставление показаний с сигналами от датчиков, размещенных во всех особо опасных местах; сопоставление собственных показаний, с интервалом между ними 30с.

### Выводы.

1. Рассмотренные характеристики метановых потоков очистных лав позволяют разработать программу контроля рудничной атмосферы в очистных выработках, которая позволит в пространстве и во времени обнаруживать предвестники возникающих аварийных ситуаций, связанных с газодинамическими проявлениями угленосного массива, в автоматическом режиме выработать команды исполнительным устройствам на включение предупредительной и аварийной сигнализации и на снятие напряжения с токоприемников выемочного участка.

2. Оснащение очистных выработок системой мониторинга метановых потоков лав целесообразно предусмотреть на выемочных участках сверхкатегорных шахт по метану (опасных по внезапным выбросам):

- при нагрузках более 1500 т/сут;
- при скорости подвигания очистного забоя более 0,7 [v];
- при интегральной метанообильности участка более 40  $m^3/t$ ;
- на участках, где произошли аварии, связанные с газодинамическими проявлениями угленосного массива.

### Литература

1. Орлик В.П., Симонов А.М. Способы борьбы с местными скоплениями метана в подготовительных выработках угольных шахт/Донецк: «Донбасс» - 2002.
2. Андреев М.М. Определение и прогноз газоносности угольных пластов и газообильности шахт Донбасса. //ЦНИЭИУголь, М., 1975.
3. Андреев М.М. формирование техногенной системы аэродинамически связанных трещин породного массива//«Разработка месторожд. полезн. ископаемых», меж. вед. научн.-техн. Сб. Киев, "Техніка"). - 1988 - вып.81.
4. Осипов С.Н. Метановыделение при разработке пологих угольных пластов/ М.: «Недра» - 1984.
5. Исследование газовыделения из разрабатываемого пласта в очистные забои в условиях пологого и наклонного падения /Отчет МакНИИ по теме №2/1// Макеевка-Донбасс. – 1971.
6. А.с. №1550136. Способ определения ширины зоны опорного давления// Бюллетень изобретений СССР. – 1990. - №10.
7. Андреев М.М. Управление импульсно-неравномерным метановыделением из разгружаемых источников// Технология добычи угля подземным способом из тонких пластов на шахтах украинской ССР– Донецк: Донуги, 1989.
8. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт //Макеека-Донбасс: МакНИИ. – 1989.