

УДК 622. 831.3

Л.В. Сергиенко

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТАНА ИЗ ПЛАСТОВ-СПУТНИКОВ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ОЧИСТНЫЕ ВЫРАБОТКИ

ИФГП НАН Украины

*Наведено результати досліджень виділення метану із шарів-супутників і пісковиків при різноманітних швидкостях посування очисних вибоїв.*

**Ключові слова:** виділення метану, пласти-супутники, зона системи аеродинамічно зв'язаних тріщин, очисні вироблення, параметри дегазаційних свердловин

L.V. Sergienko

## STUDIES OF METHANE EMISSION FROM SATELLITE COAL SEAMS AND COUNTRY ROCKS

*Results of studying the methane emission from satellite coal seams and country sandstones at various longwall speeds are presented.*

**Keywords:** methane emission, attendant coal seams, aerodynamically bound rifts, mine-works, degassing boreholes

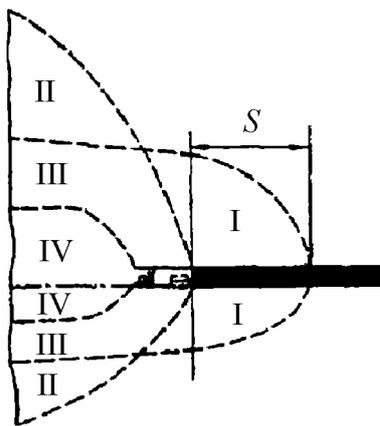
С ростом глубины очистных работ происходит рост газоносности угольных пластов. При этом вентиляционные возможности шахт могут оказаться исчерпанными, что потребует осуществления специальных мероприятий по борьбе с метановыделением, главным из которых является дегазация пласта и выработанного пространства. Дегазация обеспечивает уменьшение газовой выделенности в горные выработки, способствует повышению безопасности работ и увеличению нагрузки на очистные забои [1].

Практика ведения дегазационных работ показала, что их эффективность должна быть более 25% ( $\kappa_d > 0,25$ ). При  $\kappa_d < 0,25$  для нормализации газовой обстановки на участках необходимо выполнение мероприятий по повышению расхода воздуха, что требует увеличения площади поперечного сечения горных выработок. Опыт ведения дегазационных работ показывает, что применение дегазации целесообразно при коэффициенте дегазации  $0,25 < \kappa_d < 0,7$ . При этом следует учесть, что обеспечение эффективности дегазации более 70% ( $\kappa_d > 0,7$ ) современными способами и средствами трудно осуществимо.

Установлено, что в разгруженной зоне из пласта и пород выделяется больше метана, чем в нетронутом массиве и тем более в зоне опорного давления. Поэтому дегазацию необходимо производить с учетом параметров разгруженных зон [2]. В таких зонах происходит увеличение трещиноватости горного массива, и установить размеры зоны влияния разгрузки на трещиновато-пористую среду весьма сложно. Следовательно, определение параметров зон трещиноватости для обеспечения эффективной дегазации подрабатываемых пластов и песчаников является актуальной задачей.

В связи с этим в ИФГП НАН Украины были выполнены исследования по изучению газоотдачи из пластов-спутников и вмещающих пород с учетом зон трещиноватости горного массива при различных скоростях подвигания лав.

Известно, что в результате отработки угольного пласта происходит сдвигание породных слоев над выработанным пространством, формируется разгружаемая зона, представляющая собой развивающуюся систему аэродинамически связанных трещин (САСТ) (рис. 1) [3–5].



**Рис. 1.** Схема формирования зон трещиноватости горного массива при ведении очистных работ: I – зона опережающей трещиноватости, II – развивающейся трещиноватости, III – промежуточного коллектора, IV – крупных сколов [3]

Зона опережающей трещиноватости (ЗОТ) формируется впереди лавы. Образование ЗОТ обусловлено значительной величиной горного давления на границе зоны опорного давления и разгружаемой зоны в массиве пласта, а также движением свободного газа, выделяющегося из разрабатываемого пласта в разгружаемой зоне, под давлением, соизмеримым с геостатическим.

Протяженность этой зоны в глубь массива от груди забоя определяется выражением [3]:

$$S = m \cos \theta_n [Z + \sqrt{Z} \ln(c - |x|) \ln t_2], \text{ м}, \quad (1)$$

где  $S$  – протяженность зоны опережающей трещиноватости, м;  $m$  – мощность разрабатываемого пласта, м;  $\theta_n = 117 + 0,2\alpha$  – параметр, учитывающий влияние угла падения пласта при надработке;  $Z$  – глубина залегания разрабатываемого пласта, км;  $C$  – половина минимальной ширины выработанного пространства, м;  $X$  – текущая координата вдоль линии забоя, м;  $t_2$  – период времени от начала обнажения забоя до рассматриваемого времени, мин.

Удаление верхней границы ЗОТ от разрабатываемого пласта определяется выражением [3,4]:

$$Z_{\text{ЗОТ}} = S \exp\left(1.005 \cdot \ln \frac{2m \cos \theta}{S}\right), \text{ м.} \quad (2)$$

В пределах этой зоны происходит движение метана из разрабатываемого пласта в выработанное пространство (частично минуя рабочее пространство лавы) и в другие зоны САСТ.

Зона крупных сколов (ЗКС) прилегает непосредственно к выработанному пространству и формирует зону обрушения пород кровли, в почве образуются трещины, позволяющие проникать в них шахтному воздуху.

Верхняя граница ЗКС определяется зависимостью [3–5]:

$$Z_{\text{ЗКС}} = 6m \cos \theta, \text{ м,} \quad (3)$$

где  $\theta$  – параметр, учитывающий влияние угла падения пласта и определяемый по формулам:  $\theta_{\text{п}} = 0,5\alpha$  – в кровлю пласта при подработке;  $\theta_{\text{н}} = 117 + 0,2\alpha$  – в почву пласта при надработке.

Дегазация подрабатываемых пластов-спутников, залегающих в ЗКС, скважинами практически невозможна, так как породы кровли после прохода лавы обрушаются.

Зона промежуточного коллектора (ЗПК) прилегает непосредственно к ЗКС. Верхняя граница ЗПК определяется зависимостью [3–5]:

$$Z_{\text{ЗПК}} = 20m \cos \theta, \text{ м.} \quad (4)$$

Через ЗПК мигрирует метан, выделяющийся из всех разгружаемых источников, в том числе частично из разрабатываемого пласта.

Зона развивающейся трещиноватости (ЗРТ) формируется в выработанном пространстве участка непосредственно над ЗПК. Различают 2 зоны: ЗРТ-1 и ЗРТ-2, отличающиеся степенью трещинообразования. Удаление верхней границы ЗРТ от плоскости разрабатываемого пласта определяется зависимостью [3–5]:

$$Z_{\text{ЗРТ-1}} = 50m \cos \theta, \text{ м,} \quad (5)$$

$$Z_{\text{ЗРТ-2}} = 70m \cos \theta, \text{ м.} \quad (6)$$

С целью установления влияния ЗОТ на газоотдачу песчаника и спутников были проведены натурные исследования на шахте «Красноармейская-Западная №1». На участке №3 (1-я северная лава блока № 5) выше разрабатываемого пласта  $d_4$  залегают сланец песчаный мощностью  $m = 0,3$  м и песчаник мелкозернистый  $m = 9,75-15,5$  м, ниже разрабатываемого пласта залегают сланец песчаный  $m = 0,55$  м и песчаник мелкозернистый  $m = 7,85$  м. Природная газообильность песчаника  $1,8-5,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$  породы. Повышенное выделение метана может происходить из пласта  $d_4$  в зонах тектонических нарушений и повышенной трещиноватости из песчаников, залегающих в почве и кровле, и из пласта спутника  $d_4^1$  мощностью  $0,10-0,54$  м, залегающего на расстоянии  $12,4-21,0$  м. Угольный пласт на площади выемочного поля

отнесен к угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа, не склонен к самовозгоранию, по пыли – опасен. Лава является опасной по прорыву метана из почвы и ее разрушению.

Параметры дегазационных скважин, которые бурились в кровлю пласта  $d_4$ , приведены в таблице.

Таблица

Параметры скважин 1-й северной лавы блока № 5

Параметры	Скважина №1	Скважина №2
Угол наклона к горизонту, град.	45	75
Угол разворота от оси выработки, град.	35	55
Диаметр скважины, мм	93	93
Длина скважины, м	50	50
Глубина герметизации устья, м	15	15
Расстояние между кустами скважин, м	20	20

На рис. 2 приведена схема расположения дегазационных скважин и границы зон САСТ на момент работы первого куста скважин (пикет 90) при подходе лавы на расстояние 20 м (начало контроля дебита метана) и 2,8 м (последний замер).

Установлено, что по мере приближения лавы к скважинам газовыделение из них увеличивается. Это объясняется тем, что скважины попадают в зоны САСТ.

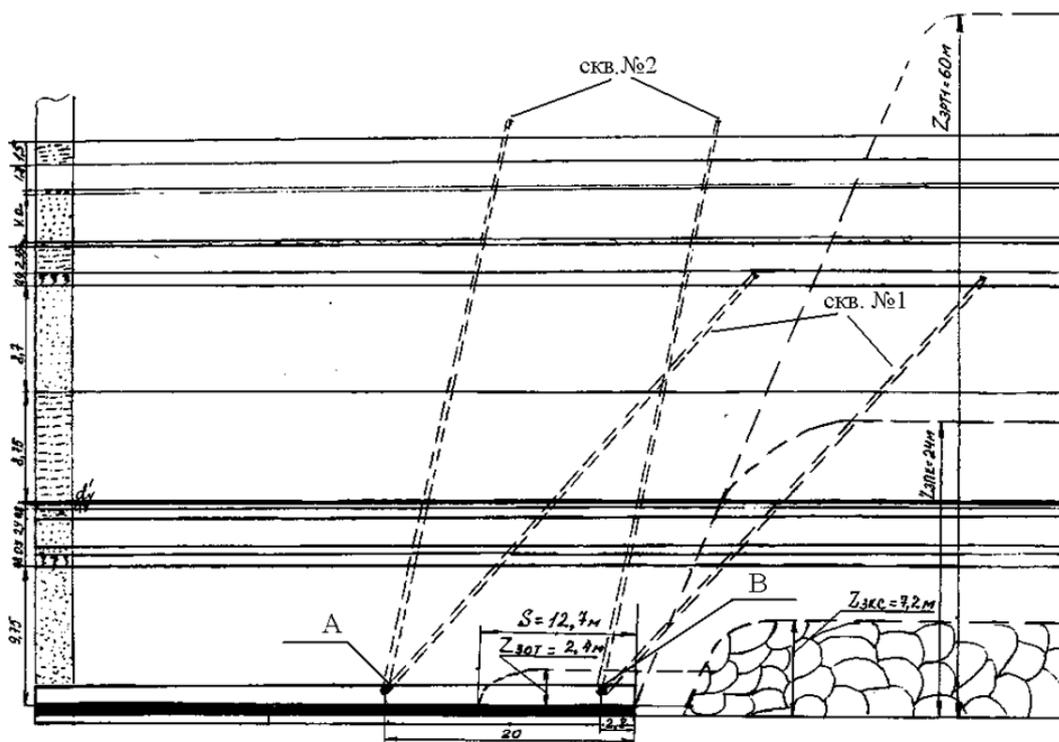
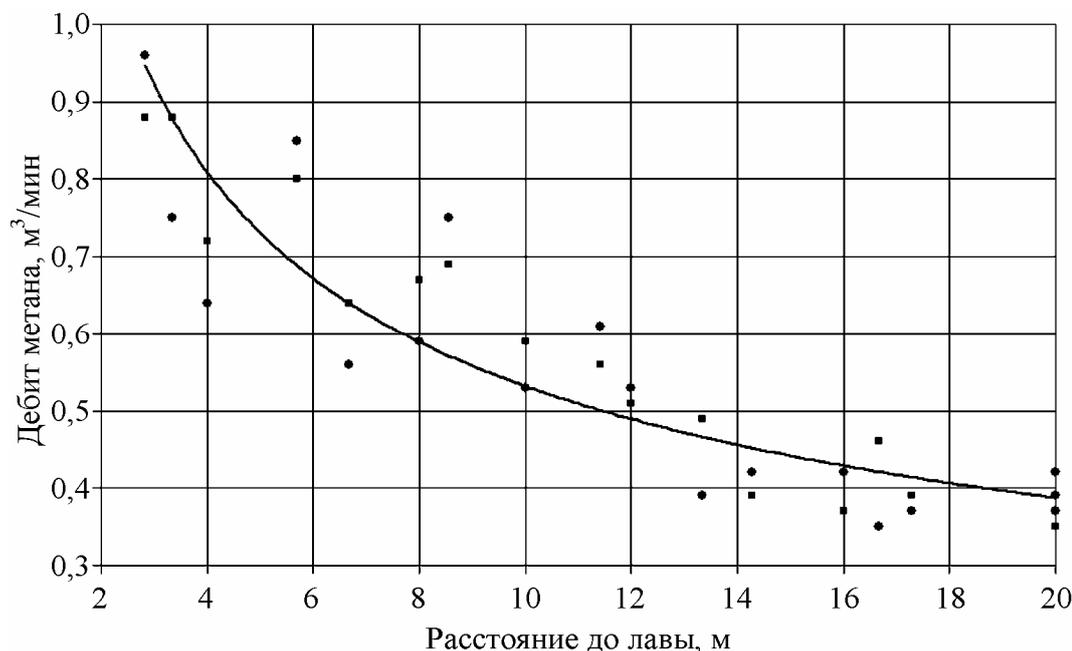


Рис. 2. Схема расположения дегазационных скважин в породном массиве с учетом зон САСТ по 1-й северной лаве блока № 5 на моменты: начала контроля (А) и последнего замера (В) дебита метана

Пробуренные кусты скважин при приближении очистного забоя на расстоянии 20 м поочередно подключались к дегазационному трубопроводу. Средняя скорость подвигания очистного забоя до пикетов 90, 88 и 86 составляла соответственно 4; 3,35 и 2,84 м/сут. Расположение скважин относительно зон САСТ определялось геометрически.

В результате выполненных исследований установлено, что на пикете 86 в начальный момент контроля дебит метана составлял из первой скважины 0,42 м<sup>3</sup>/мин, из второй – 0,35 м<sup>3</sup>/мин, при этом скважины еще не попадали в зоны САСТ. При подходе лавы к кусту скважин на расстояние 2,8 м дебит метана составил из первой скважины 0,96, из второй – 0,88 м<sup>3</sup>/мин. Это объясняется тем, что скважина № 1 попадает в зоны опережающей трещиноватости, промежуточного коллектора и развивающейся трещиноватости. Скважина № 2 при этом также попадает в ЗОТ. Аналогично происходит изменение газовыделения и на пикетах 88 и 90.

Из рис. 3 видно, что с приближением очистного забоя к кустам скважин, газовыделение из последних возрастает с 0,38 до 0,94 м<sup>3</sup>/мин, следовательно, расход метана увеличился в 2,5 раза. Это объясняется тем, что скважины попадают в разгруженную зону, в которой происходит возникновение трещин и увеличивается газоотдача из песчаника и спутника  $d_4^1$ .



**Рис. 3.** Изменение расхода метана из скважин в зависимости от расстояния до лавы

Зависимость изменения дебита метана из скважин от расстояния до лавы в условиях шахты «Красноармейская-Западная №1» описывается уравнением

$$I = 1,53 \cdot L^{-0,46}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (7)$$

где  $I$  – дебит метана, м<sup>3</sup>/мин;  $L$  – расстояние до лавы, м.

Таким образом, по результатам шахтных исследований на шахте «Красноармейская-Западная №1» можно сделать следующие *выводы*:

1. Экспериментально определены протяженность зоны опережающей трещиноватости  $S = 12,7$  м и высота зон трещиноватости горного массива в зоне влияния очистного забоя:  $Z_{30T} = 2,4$  м;  $Z_{3КС} = 7,2$  м;  $Z_{3ПК} = 24$  м;  $Z_{3РТ} = 60$  м.

2. Получена зависимость дебита метана из скважин от расстояния до очистного забоя, позволяющая для средних (2,84–4 м/сут) скоростей лавы определить расход метана из скважин.

3. Установлено, что с приближением очистного забоя к кустам скважин газовыделение из последних возрастает от 0,38 до 0,94 м<sup>3</sup>/мин, следовательно, расход метана увеличился в 2,5 раза.

1. Руководство по дегазации угольных шахт. – М., 1990. – 192 с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
3. Андреев М.М. Формирование техногенной системы аэродинамически связанных трещин породного массива // Разраб. месторождений полез. ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1988. – Вып. 81. – С. 27–36.
4. Андреев М.М. Определение петли гистерезиса давления // Разраб. месторождений полез. ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1989. – Вып. 84. – С. 14–23.
5. Ярембаш И.Ф., Андреев М.М. Модель образования свода разгрузки угленосной толщи // Разраб. месторождений полез. ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1981. – Вып. 60. – С. 74–79.

*Статья поступила в редакцию 7 июля 2009 года*