

УДК 622.411.332:533.17

*к.т.н. Денисенко В. П.,  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

## **ВЛИЯНИЕ МАЛОАМПЛИТУДНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ МАССИВА НА ДИНАМИКУ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ ВЫРАБОТОК ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА**

*Приведены результаты изучения фактической метанообильности выработок выемочных участков при отработке угольных пластов в зонах тектонически дислоцированного угленосного массива. Экспериментально установлены закономерности и предложена зависимость изменения метанообильности выработок выемочного участка от параметров малоамплитудных тектонических нарушений.*

**Ключевые слова:** угольная шахта, метанообильность, угленосный массив, тектонические нарушения, прогноз.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Увеличение выделения метана в угольных шахтах по мере углубления горных работ, рост производительности очистных и темпов продвижения подготовительных выработок всё чаще приводят к несоответствию между вентиляционными возможностями шахт и их газовым темпераментом. Надёжный и точный прогноз ожидаемой метанообильности горных выработок является основой для разработки мероприятий по борьбе с метаном и выбора их рациональных параметров на стадии проектирования и способов оперативного управления метановыделением в процессе ведения горных работ.

Установлено, что при ведении горных работ в зонах геологических нарушений изменение выделения метана в горные выработки имеет различный характер и может достигать довольно высоких значений. Вместе с этим недостаточно разработаны методические основы прогноза выделения метана в зонах тектонических нарушений с учётом их генотипа и параметров пространственного расположения, вследствие чего прогноз метановыделения с необходимой точностью не осуществляется [1].

Особенностью геологического строения угольных месторождений является высокая степень нарушенности угленосного массива, которая представлена широким спек-

тром разнотипных разрывных и пликативных дислокаций. Часто естественными границами шахтных полей или их отдельных частей являются крупноамплитудные разрывы, которые разделяют шахтное поле на отдельные тектонические блоки. Внутри блоков развиты серии средне- и малоамплитудных разрывных нарушений и локальных пликативных структур, генетически связанных с крупными дислокациями.

Основным результатом тектонической деятельности является образование направленной трещиноватости в газосодержащих породах, которая повышает их газопроницаемость и способствует формированию зон скопления метана и повышенной газоотдачи в горные выработки. Такие зоны являются наиболее опасными при вскрытии и пересечении их горными выработками, но они наиболее благоприятны для извлечения газа метана средствами дегазации.

Исследованиями, проведёнными в МакНИИ на примере шахт Донецко-Макеевского района, установлено влияние крупных геологических разрывных и складчатых нарушений на метанообильность выемочных участков, ведущих очистную выемку в зонах влияния этих нарушений [2]. На основании сопоставления величины расчётной и фактической метанообильности выработок выемочного уча-

стка получены количественные зависимости для различных генетических типов нарушений. Для проведения расчётов метанообильности горных выработок рекомендуются числовые значения поправочных коэффициентов, учитывающие изменения метанообильности выемочных участков при подходе к зонам дробления пород, сопутствующим этим нарушениям.

**Цель исследований.** Выявление возможности прогноза метанообильности выработок выемочного участка при пересечении лавами зон малоамплитудных нарушений за счёт использования закономерностей выделения метана из нарушенного массива для обеспечения газовой безопасности выемочных участков.

**Постановка задачи.** Задача данного исследования — определить численное значение величины относительного приращения (убыли) газовыделения за счёт фактора нарушенности в общей газообильности выработок и установить количественные зависимости этого показателя от пространственного расположения забоя выработки относительно центральной части нарушенной зоны.

**Изложение материала и его результаты.** Для изучения изменений метанообильности выработок выемочного участка при пересечении лавами зон тектонических малоамплитудных нарушений проводились многолетние наблюдения на шахтах Донбасса в различных геологических условиях залегания угольных пластов. Чтобы исключить влияние других факторов, использовались данные о метанообильности горных выработок вне зон влияния нарушений. Для этого изучалась геологическая документация нарушенных выемочных полей, расчёт метанообильности проводился по данным плановых замеров концентрации метана и количества воздуха, проходящего через лаву, учитывалась среднемесячная нагрузка на очистной забой.

Анализ результатов исследований показал, что метанообильность горных выработок вне зависимости от генетического типа малоамплитудного нарушения зако-

номерно возрастает при пересечении последнего забоем, достигает максимального значения примерно в срединной части нарушения, далее закономерно снижается. Степень превышения метанообильности в зоне нарушения по сравнению с исходной зоной зависит от амплитуды разрывного нарушения и угла встречи забоя с плоскостью пересекаемого нарушения.

Так, в условиях шахты «Комиссаровская» Селезневского района Донбасса в различные годы отрабатывался пласт 1<sub>6</sub>, сложенный тощим углём с природной метаноносностью 15–25 м<sup>3</sup>/т. При выемке 4 западной лавой 4 горизонта столба по простиранию происходило нарушение в виде взброса с амплитудой смещения 1,1 м под углом 30° к линии очистного забоя. Метанообильность лавы вне нарушенной зоны составила 2,1 м<sup>3</sup>/мин. В момент встречи нарушения метанообильность повысилась до 3,68 м<sup>3</sup>/мин. Максимального значения (6,8 м<sup>3</sup>/мин) метанообильность достигла в срединной части нарушения и оставалась на этом уровне при подвигании лавы на 70 м. При выходе лавы из нарушения метанообильность составила 6,1 м<sup>3</sup>/мин. Метанообильность выемочного участка в нарушенной зоне была выше в 3,3 раза в сравнении с ненарушенной.

2-й восточной лавой пласт отрабатывался по восстанию. Лавой проходила серия нарушений в виде микросбросов со смещением от 0,3 м до 0,75 м. Вне нарушенной зоны метанообильность составила 1,73 м<sup>3</sup>/мин, в зоне нарушения — 3,9 м<sup>3</sup>/мин, превышение — 2,2 раза. Аналогичное положение наблюдалось и в 2-х других лавах, где пересекались нарушения с амплитудой 0,3–0,9 м. При этом метанообильность в нарушенных зонах в среднем увеличилась в 2,5 раза.

При отработке пласта k<sub>3</sub> в условиях шахты им. Кирова Марьевского района лавой 44 встречено продольное нарушение в виде взброса с переменной амплитудой от 0,3 до 1,1 м. В исходной зоне метанообильность составила 1,6 м<sup>3</sup>/мин, при входе в нарушение (амплитуда 0,3 м) — 1,65 м<sup>3</sup>/мин, при

амплитуде смещения 0,8 м метанообильность увеличилась до 2,7 м<sup>3</sup>/мин, при 1,0 м — 3,8 м<sup>3</sup>/мин, максимальная — 4,1 м<sup>3</sup>/мин при амплитуде 1,1 м. В нарушенной зоне метанообильность максимально возросла в 2,6 раза.

На шахте им. Мельникова в Лисичанском районе при отработке пласта l<sub>4</sub> 9 южной лавой в начале выемочного столба проходила серия нарушений с амплитудой 0,4–0,6 м, практически параллельных очистному забою. При этом максимальная метанообильность составила 6,9 м<sup>3</sup>/мин и превысила исходную в 2,5 раза.

В условиях шахты им. В. Р. Менжинского Первомайского района при отработке пласта l<sub>6</sub> 1 северной лавой пересекалась серия нарушений на всём протяжении выемочного столба с амплитудами от 0,5 до 1,2 м. Максимального превышения (в 3 раза) метанообильность достигла при пересечении нарушения с амплитудой 1,2 м.

Приведённые данные являются только небольшой частью типичных примеров влияния нарушенности на метанообильность очистных выработок.

Выделение метана из нарушенного массива пород почвы и кровли происходит, как правило, в выработанном пространстве лавы в виде суфляров второго рода, обеспечивая повышенную метанообильность выработок участка с исходящей струёй вентиляционного воздуха.

Экспериментально установлено [3, 4], что ожидаемая абсолютная метанообильность выработок выемочного участка на ненарушенном участке пласта, при прочих равных условиях разработки, зависит от нагрузки на очистной забой и описывается уравнением вида:

$$I = I_0 + B \cdot A, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (1)$$

где  $I_0$  — фоновый уровень метановыделения, численно равный уровню метанообильности горной выработки при временной остановке очистных работ, м<sup>3</sup>/мин;

$B$  — темп нарастания метанообильности от увеличения темпа выемки угля, м<sup>3</sup>/мин/т/сут.;

$A$  — среднесуточная нагрузка на очистной забой, т/сут.

В общем виде изменение динамики выделения метана в выработки выемочного участка на интервалах нарушенной зоны описывается зависимостью вида [5]:

$$I_H = a \cdot L^c \cdot e^{-bL} + I_{И}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (2)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — эмпирические коэффициенты уравнения регрессии;

$L$  — расстояние от места вскрытия лавой тектонического нарушения до линии очистного забоя, м;

$I_{И}$  — исходная метанообильность выемочного участка при его работе в ненарушенной зоне, м<sup>3</sup>/мин.

Значения эмпирических коэффициентов принимаются в зависимости от параметров тектонических нарушений:

$$a = \frac{I_{\max} \cdot e}{L_{\max}}, \quad (3)$$

где  $I_{\max}$  — максимальное газовыделение в нарушенной зоне, м<sup>3</sup>/мин [5];

$L_{\max}$  — протяжённость зоны нарушения пород по ходу движения лавы, м;

$$b = \frac{1}{L_{\max}}. \quad (4)$$

Значения коэффициента  $c = 1-1,2$ .

Выделение дополнительных объёмов метана в выработки выемочного участка происходит в результате вскрытия сформированной зоны скопления метана в трещинах нарушенных пород и повышенной их газоотдачи. Выделение метана в очистной забой непосредственно из зоны нарушения часто происходит в виде суфляров, внезапных выбросов угля и газа, внезапном выдавливании угля с повышенным метановыделением, то есть в виде газодинамических явлений.

Особенностью метановыделения из тектонически нарушенного угленосного массива является увеличение исходного фонового уровня метанообильности горных выработок, тогда:

$$I_0 = I - B \cdot A, \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (5)$$

В зоне тектонических нарушений фоновый уровень метанообильности выработок определяется по формуле:

$$I_0 = a \cdot L^c \cdot e^{-b \cdot L}, \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (6)$$

Зависимость степени превышения метанообильности выработок в нарушенной зоне в сравнении с ненарушенным участком при учёте зависимости (3) принимает вид:

$$\alpha_m = \frac{I_0}{I_{0И}} = 1 + \frac{a \cdot L^c \cdot e^{-b \cdot L}}{I_{0И}}, \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (7)$$

где  $I_{0И}$  — фоновый уровень метанообильности при работе лавы на ненарушенном участке пласта,  $\text{м}^3/\text{мин.}$

Прогноз динамики метанообильности выемочного участка при его работе в нарушенной зоне осуществляется в следующем порядке: проводится расчёт средней ожидаемой метанообильности на ненарушенном участке пласта; определяется исходный фоновый уровень метанообильности выработок на ненарушенном участке пласта; определяется фоновый уровень метанообильности на различных интервалах нарушенных пород (размер интервала принимается равным месячному подвиганию лавы при проектной нагрузке на очистной забой); устанавливается степень превышения фонового

уровня метанообильности в нарушенной зоне над исходным; определяется ожидаемая метанообильность выработок на разных интервалах нарушенной зоны.

Реализация предложенной модели процесса формирования метанообильности в выработках выемочного участка была выполнена для условий отработки пласта  $k_3$  шахты им. С. М. Кирова лавой № 44 в тектонически нарушенной зоне.

Предложенная модель позволила получить удовлетворительную сходимость прогнозной величины метанообильности горных выработок с фактической при числовых значениях коэффициентов, равных:

$$a = 4,7 \cdot 10^{-2}; b = 5,1 \cdot 10^{-3}; c = 1,1.$$

Относительная погрешность прогнозных значений метанообильности составила 7,8 %.

**Выводы.** Для проектирования вентиляции выработок выемочного участка при работе лавы в зоне развития тектонических нарушений в расчёте расхода воздуха предлагается принимать максимальное значение прогнозной метанообильности, полученное в зоне нарушения.

В пределах нарушенной зоны необходимо применять скважинную дегазацию массива кровли и почвы и увеличивать плотность бурения дегазационных скважин.

### Библиографический список

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / Государственный нормативный акт об охране труда 1.130-6.09.93 — К. : Основа, 1994. — 311 с.
2. Кузьмин, Д. В. О метанообильности выемочных участков в зонах геологических нарушений [Текст] / Д. В. Кузьмин, С. Н. Недвига // Уголь Украины. — 1988. — № 6. — С. 32–33.
3. Денисенко, В. П. Совершенствование горно-статистического метода прогноза метанообильности горных выработок обычных участков [Текст] / В. П. Денисенко, Г. Л. Пигида, Е. В. Абакумова, В. А. Маркин, Е. П. Анненков // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах : сб. науч. тр. МакННИИ. — Макеевка : МакННИИ, 2008. — Вып. 2 (22). — С. 63–75.
4. Захаров, В. Н. Угленородные массивы : прогноз устойчивости, риски, безопасность [Текст] / В. Н. Захаров, В. С. Забурдяев, В. Б. Артемьев. — М. : изд. «Горное дело», ООО «Киммерийский центр», 2013. — С. 152–158.
5. Денисенко В. П. О метанообильности очистных выработок в зонах малоамплитудной нарушенности пластов / В. П. Денисенко // Сборник научных трудов ДГМИ. — Алчевск: ДГМИ, 1998. — Вып. 8 — С. 61–64.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А.,  
гл. инженером Филиала «Шахта Никонор-Новая» Чепурным Д. С.*

*Статья поступила в редакцию 01.06.18.*

**к.т.н. Денисенко В. П.** (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**ВПЛИВ МАЛОАМПЛІТУДНИХ ТЕКТОНІЧНИХ ПОРУШЕНЬ МАСИВУ  
НА ДИНАМІКУ БАГАТОМЕТАНОВОСТІ ВИРОБОК ВІЙМАЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ**

*Наведено результати вивчення фактичної багатометановості виробок виїмкової ділянки при відробці вугільних пластів у зонах тектонічно дислокованого вуглепородного масиву. Експериментально встановлено закономірності та запропоновано залежність зміни багатометановості виробок виїмкової ділянки від параметрів малоамплітудних тектонічних порушень.*

**Ключові слова:** *вугільна шахта, багатометановість, вуглепородний масив, тектонічні порушення, прогноз.*

**Ph.D. Denisenko V. P.** (DonSTU, Alchevsk, LNR)

**INFLUENCE OF SMALL-AMPLIFIED TECTONIC BREAKDOWNS OF THE MASSIVE  
ON THE DYNAMICS OF THE METHAN-BEARING CAPACITY IN THE WORKINGS  
OF THE CUTTING SITE**

*The results of studying the actual methane-bearing capacity of excavation site during the coal seams mining in the areas of tectonically dislocated coal-bearing massif are given. The regularities were experimentally determined and the dependence of changing the methane-bearing capacity of the excavation site on the parameters of low-amplitude tectonic disturbances was proposed.*

**Key words:** *coal mine, methane metabolism, coal-rock massif, tectonic disturbances, forecast.*