

УДК: 622.411:622.45

**В.К. КОСТЕНКО (д-р техн. наук, проф.)**

Донецкий национальный технический университет, Донецк

## ОСОБЕННОСТИ ЭМИССИИ МЕТАНА ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Определены протяженность, частота, ширина раскрытия трещин, которые определяют скорость, объем и концентрацию выделяющегося из пласта метана. Для каждого пласта существует критическая величина интенсивности добычи, превышение которой приводит к сокращению выделения метана в очистную выработку. Отработка угольного пласта с производительностью больше критической приводит к перераспределению выделения газа из забоя в выработанное пространство. Предложен комплекс мероприятий по попутной дегазации пласта, позволяющих обеспечить преодоление «газового барьера» и улавливание метана.

**Ключевые слова:** метан, интенсивная выемка угля, выделение метана, деформации массива, трещины, дегазация.

Угольная промышленность Украины является наиболее надежной и весомой составляющей топливно-энергетического и металлургического комплексов страны. При отсутствии других значительных энергетических ресурсов собственный уголь служит гарантией суверенитета нашего государства в современной международной обстановке. Однако, технико-экономические показатели работы отечественных предприятий существенно уступают зарубежным. Наметилась тенденция интенсификации экспорта угля из соседних стран и даже из-за океана. Сокращение добычи топлива и закрытие украинских шахт неминуемо приведут к ситуации подобной «газовой удавке», когда страна вынуждена покупать самый дорогой в Европе природный газ, за этим может последовать деградация промышленности и сельского хозяйства, ухудшение условий жизни населения.

Сложную ситуацию в отрасли можно объяснить действием комплекса следующих негативных объективных и субъективных причин.

*Экономические:* инновационная непривлекательность горнодобывающих предприятий в условиях экономической и политической нестабильности из-за длительного периода обеспечения безубыточности вложений; отсутствие достаточных средств на реновацию изношенных основных фондов и создание новых.

*Геологические:* сложные условия разработки пластов (малая вынимаемая мощность, низкая прочность и значительная нарушенность пород, высокое горное давление, газообильность массивов, газодинамические явления в угольных пластах и породных слоях, высокая температура вмещающих выработки пород, склонность углей к самовозгоранию и другие).

*Технические:* изношенные и устаревшие физически и морально основные фонды шахт, и оборудование многих забоев; отсутствие прогрессивных технологий комплексного использования ресурсов недр; низкая культура и безопасность труда, устаревшие Правила безопасности.

*Кадровые:* старение персонала предприятий, отток молодежи; снижение квалификации специалистов.

*Экологические:* загрязнение окружающей среды производственными выбросами, отходами и стоками; неумеренное потребление сырьевых ресурсов.

Наиболее эффективный путь недопущения деградации отечественной угольной отрасли – это снижение себестоимости угля, в первую очередь, за счет интенсификации разработки пластов и использования для этого новых прогрессивных технологических и организационных решений.

В последнее десятилетие произошел технический рывок в повышении производительности и надежности средств углевыемки. Современные очистные комплексы позволяют добывать более 2500...4000 тонн/сут., однако, полностью реализовать их возможности из-за ограничений по газовому фактору не представляется возможным. При этом особенности метановыделения в условиях интенсивной добычи угля достаточно не изучены.

По состоянию на начало 2012 года 145 шахт Донбасса обрабатывали газоносные пласты, годовое метановыделение которых составляет 1500...1900 млн.м<sup>3</sup> при средней относительной метанообильности 35м<sup>3</sup>/т. Из этого количества улавливается системами дегазации 200...250 млн.м<sup>3</sup>, а утилизируется около 100 млн.м<sup>3</sup>. На 86 действующих шахтах годовое выделение метана превышает 5млн.м<sup>3</sup>, а общее составляет 1,5 млрд.м<sup>3</sup>. Запасы метана составляют около 600 млрд.м<sup>3</sup> только в пластах рабочей мощности, а общие, с учетом - нерабочих, вмещающих пород, газовых ловушек и свободных скоплений оценивают от 14 до 25 трлн.м<sup>3</sup> [1].

Поэтому, раскрытие особенностей эмиссии шахтного метана из интенсивно разрабатываемых газоносных горных массивов, обеспечение его улавливания для переработки в менее вредные виды парниковых газов является важной научно-технической задачей, которая обусловила актуальность данной работы.

*Обоснование комплекса технологических приемов дегазации горного массива и каптажа метана для создания на их основе эффективных технологий нового уровня добычи угля - цель данной работы.*

Для достижения поставленной цели были изучены особенности механизма выделения шахтных газов при интенсивной отработке метанообильных пластов.

Выделение газов ведет к существенному ограничению производительности лав (так называемый газовый барьер), а значительное содержание метана в местах его выделения определяет высокую взрыво - пожароопасность горных выработок. Следовательно, важнейшей является проблема управления газовыми потоками, выделяющимися из разрабатываемого горного массива, их улавливания, и обеспечения безопасных по газовому фактору условий высокопроизводительной работы очистных забоев.

В угленосной толще горных пород основная часть метана находится в связанном состоянии в виде сорбатов или твердых растворов [2]. Для перевода газа в свободное состояние необходимо воздействие внешней энергии, которая способствует выходу метастабильной системы «порода – газ» из равновесного состояния. Анализ показал, что любой вид механических деформаций (растяжение, сжатие, изгиб, кручение и их комбинации) способствует такой дестабилизации и диффузирования газа из массива [3]. Для интенсивной миграции свободного метана необходимы каналы в виде трещин и пор. Как правило, в нетронутых горными работами массиве их объем незначителен, но они возникают или развиваются из природных зародышей под влиянием горных работ.

Выделение метана определяется двумя основными процессами – диффузией свободного газа в практически сплошной среде и фильтрацией по трещинам и порам (коллекторам). Скорость первого процесса на несколько порядков меньше чем второго. Вследствие сравнительно небольшого изменения коэффициента диффузии ( $D \approx 10^{-12} \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$ ) осадочных горных пород при изменении НДС продолжительность  $t_b$  выделения газа в коллекторы определяется размерами блоков, на которые естественными и техногенными трещинами разбиты угли и породы, а также геометрическими параметрами (частота, протяженность, ширина раскрытия, форма) трещин [4]

$$t_b = \delta^2 \Gamma$$

где:  $\delta$  – ширина раскрытия, м;  $\Gamma$  – частота трещин, м<sup>-1</sup>.

Формирование блоков и разделяющих их трещин происходит под действием двух параллельно происходящих процессов изменения НДС. Первичным является концентрирование квазиупругих напряжений и соответствующих им деформации вокруг очистной горной выработки перемещающейся со скоростью  $v$ . Вторичная составляющая обусловлена релаксацией первичных напряжений, она происходит во времени  $t$ , даже при остановленном забое выработки и определяется реологическими физико-механическими свойствами среды. Поэтому, при интенсивной отработке пластов, продолжительность формирования коллекторов меньше, а, следовательно, их фильтрационные параметры хуже, чем при неинтенсивной, из-за сокращения времени пребывания пород в области  $L$  интенсивного газовыделения впереди очистного забоя:  $t=L/v$ , объем выделяющегося метана уменьшается.

Фильтрационные характеристики деформированной среды определяются ее трещиноватостью и блочностью, при этом под влиянием изменяющегося вблизи очистной выработки напряженно-деформированного состояния горного массива количество трещин возрастает, размеры блоков соответственно уменьшаются, а их форма приближается к призматической или кубической (табл.1).

Таблица 1. Изменение характеристик породного массива под влиянием очистных работ [5]

| Тип и параметры трещин: ( $\Gamma$ - частота, $m^{-1}$ ; $L$ и $\delta$ – протяженность и ширина раскрытия, $m$ ), | Число Кнудсена<br>$K_n = \lambda/\delta$ | Отношение<br>$L/\delta$ | Коэффициенты                                    |   |                                  |
|--|--|-------------------------|---|---|----------------------------------|
|  |  |                         | Проницаемости                                   |   | Массовой нагрузки, (форма блока) |
|  |  |                         | трещины,<br>$D$                                 | среды,<br>$m^2$                                   |                                  |
| В нетронutom массиве   |  |                         |   |   |                                  |
| Слоевые, $\Gamma=0,3...30$ ,<br>$l=1...10$<br>$\delta=10^{-8}...10^{-10}$  | $10^2 ... 10^4$                          | $10^8...10^{10}$        | $8 \cdot 10^{-12} ...$<br>$...8 \cdot 10^{-16}$ | $2.5 \cdot 10^{-24} ...$<br>$...3 \cdot 10^{-33}$ | 1...4<br>(пластина... балка)     |
| Кливажные и торцовые, $\Gamma=0,3...50$ ,<br>$l=0,05...10$ ,<br>$\delta=10^{-9} ...10^{-6}$                        | $10^3 ...10^{-3}$                        | $10^4...5 \cdot 10^6$   | $8 \cdot 10^{-2} ...$<br>$...8 \cdot 10^{-14}$  | $2.5 \cdot 10^{-9} ...$<br>$...4 \cdot 10^{-27}$  |                                  |
| В местах геологической нарушенности пласта   |  |                         |   |   |                                  |
| Хаотические,<br>$\Gamma=100...1000$ ,<br>$l=10^{-2}...10^{-4}$ ,<br>$\delta=0...10^{-2}$                           | $-\infty ...10^{-4}$                     | $10^8 ...10^{10}$       | $0...80$  | $0...8 \cdot 10^{-2}$                             | 6 и более<br>(куб, призма)       |
| В зоне влияния горных работ  |  |                         |   |   |                                  |
| Дополнительное расслоение, $\Gamma=0,3...100$ ,<br>$l=10...10^2$ ,<br>$\delta=0...10^{-1}$                         | $-\infty... 10^{-5}$                     | $1...10^3$              | $0...8 \cdot 10^2$                              | $0...8 \cdot 10^{-1}$                             | 3...6<br>(призма, куб)           |
| Трещины давления,<br>$\Gamma=2...200$ , $l=5 \cdot 10^{-3} ...$<br>$...5 \cdot 10^{-2}$ , $\delta=0...10^{-1}$     | $-\infty ... 10^{-5}$                    | $1...10^3$              | $0...8 \cdot 10^2$                              | $0...17 \cdot 10^{-2}$                            |                                  |

Под влиянием очистных работ происходит уменьшение в 3...10 и более раз размеров породных блоков, и увеличение в 1,5...6 раз коэффициента их массовой нагрузки. Такой процесс аналогичен гидравлическому разрыву пластов (ГРП), выполняемому при разработке нефтегазовых месторождений. Увеличение частоты трещин вблизи очистной горной выработки и связанное с этим уменьшение размеров породных или угольных блоков способствует интенсификации процесса диффузного выделения газов.

Результаты расчетов показывают (рис.1), что при частоте трещин менее  $50...100 м^{-1}$ , что соответствует характерному размеру блока более 1...2 мм, длительность истечения всего метана из блока составляет десятки и сотни суток. Условно, по длительности диффузии и фильтрации метана в горные выработки или на поверхность, его можно разделить на «быстрый» - период выделения которого исчисляется сутками, «медленный»- месяцы, годы.

Общая продолжительность метановыделения из массива превышает срок отработки выемочного столба. Из этого следует вывод о том, что системами вентиляции и дегазации удаляется из массива только часть содержащегося в нем газа, а значительные его запасы безвозвратно теряются в недрах.

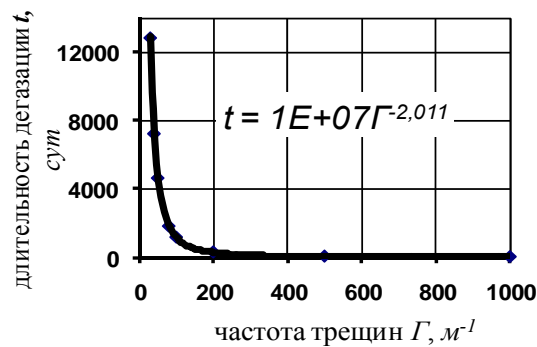


Рис.1. Зависимость продолжительности ( $t$ ) дегазации блоков горного массива от их трещиноватости ( $\Gamma$ )

В окружающем очистную выработку углепородном массиве наблюдается ярко выраженная зональность характера выделения метана. Размеры области влияния очистной выработки на окружающий горный массив  $L$  определяются, в основном, геометрическими размерами выработанного пространства, глубиной ведения горных работ и свойствами слагающих горную толщу пород [2]. Упрощенная геомеханическая схема механизма формирования газопроницаемых областей в окружающем очистную выработку горном массиве, составленная на основе обобщения результатов шахтных исследований, выглядит следующим образом (рис. 2).

В нетронутом горными работами углепородном массиве  $1$  метан находится, преимущественно, в связанном состоянии. В области влияния горных работ  $2$ , где происходит изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива, газовые молекулы получают дополнительную энергию, которая позволяет им перейти в свободное состояние [2]. Происходит разрушение и разгрузка горного массива, развиваются системы трещин, формируются каналы, по которым фильтруются газы. Области фильтрации находятся в нависающих в кровле породных слоях  $3$ , обрушенных породах кровли  $5$  и примыкающих к ним участках пород почвы  $8$ . Наиболее эффективным коллектором метана является участок нарушения сплошности среды, где условия движения газовых потоков наиболее благоприят-

ные 4. После формирования свода полных сдвижений и уплотнения обрушенных пород условия фильтрации существенно ухудшаются как в кровле, так и в почве 6,7.

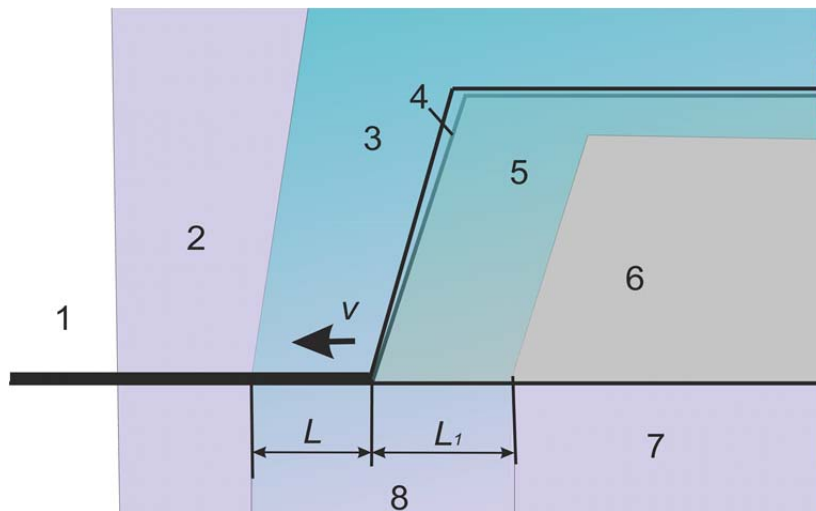


Рис.2. Зональность газовыделения в окрестностях очистной выработки:

1 – нетронутый горный массив; 2,3,5,8 – участки, соответственно, влияния горной выработки, интенсивного выделения газа в подрабатываемых, находящихся в своде полных сдвижений и надрабатываемых породах; 4 – разрыв сплошности горного массива; 6,7 – участки уплотнения под- и надработанных пород;  $L$ ,  $L_1$  – протяженность областей интенсивного газовыделения впереди и позади очистного забоя;  $v$  – вектор скорости перемещения фронта очистных работ

Практика свидетельствует, что размеры  $L$  и  $L_1$  участков 3 и 5 существенно не зависят от скорости перемещения фронта очистных работ. Это можно объяснить тем, что при современных темпах выемки угля основная доля деформации горных пород, как реакция на перемещение очистного забоя, реализуются намного быстрее, чем происходит следующий цикл выемки угля.

На практике, при выемке угля с производительностью от почти нулевой до некоторого критического уровня, а это значит, что скорость движения лавы ( $v \leq v_{кр}$ ) наблюдают нарастание интенсивности выделения метана  $q$  в призабойное пространство очистной выработки. Если же производительность превышает критическую - снижается газовыделение в лаву (рис.3).

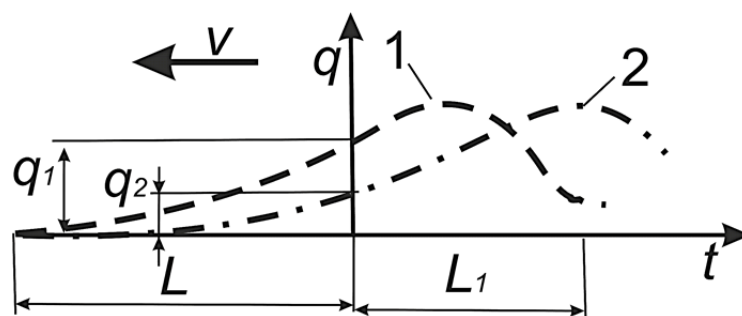


Рис.3. Характер газовыделения  $q$  в горные выработки при до – (1) и за критической (2) скоростях перемещения очистного забоя:  $q_1, q_2$  – газовыделение в призабойное пространство очистной выработки при различных темпах выемки угля;  $L, L_1$  – размеры областей интенсивной фильтрации во вмещающем выработку горном массиве соответственно впереди и позади очистного забоя

В последнем случае наблюдается иллюзия «перетекания» метана в выработанное пространство, хотя он малоподвижен. На самом деле имеет место замедление высвобождения газа впереди очистного забоя вследствие сокращения длительности пребывания пород в области изменяющегося НДС. Дополнительным фактором, определяющим уменьшение выделения газа в призабойном пространстве, является, также, малая частота трещин из-за уменьшения доли реологических деформаций вследствие сокращения периода их реализации, что определяет увеличение размеров блоков. Поэтому выделение метана происходит, преимущественно, в выработанном пространстве.

На основании шахтных наблюдений, установлена нелинейная зависимость между нагрузкой на очистной забой ( $A$ ) и метановыделением в очистную выработку ( $I$ ) в условиях отработки пластов  $l_1$  и  $m_3$  на шахте им. А.Ф. Засядько [6].

При нагрузке в интервале  $500 < A < 2500 \text{ м/сут}$  наблюдали увеличение выделения метана с  $I=4 \dots 8$  до  $11 \dots 20 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Дальнейший рост производительности лавы до  $3500 \text{ м/сут}$  и более приводил к уменьшению  $I$  до значений  $5 \dots 15 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Обобщенная зависимость между производительностью и метановыделением из пласта в очистную выработку представляет собою обратную (обращенную ветвями вниз) параболу. Обработка экспериментальных данных подтвердила достаточное качество полученных статистик. Теснота связи между нагрузкой на очистной забой и выделением метана в очистную выработку в большинстве выборок характеризовалась коэффициентом тесноты связей  $R^2$  не менее 0,7.

Подтверждением универсальности установленной закономерности послужили экспериментальные данные, полученные МГГУ на шахте «Котинская» при отработке мощного угольного пласта [7], тенденция выделения метана в зависимости от добычи - обратная парабола (рис.4).

Некоторая часть газа, не успевшая диффундировать из крупных кусков угля, удаляется из очистной выработки с потоком отбитой горной массы. При транспортировке по выработкам со свежей струей, выделяющийся из отбитого угля метан возвращается в очистную выработку, ограничивая производительность лавы. Сокращение доли рециркулирующего метана может служить резервом для увеличения нагрузки на очистной забой

Установленные особенности механизма выделения метана при интенсивной отработке угольных пластов позволяют обосновать технологические приемы улавливания газа, что дает возможность повысить нагрузку на очистные забои и улучшить обстановку в шахтных природно-производственных экосистемах, а также сократить потери метана в недрах. Для этого на не опасных по ГДЯ пластах, в первую очередь, необходимо обеспечить нагрузку на очистной забой, обеспечивающую его перемещение со скоростью в 1.5...2 раза более критической, что позволяет уменьшить выделение метана в призабойном пространстве. Во-вторых, следует обеспечить меры по локализации метана в выработанном пространстве и его каптажу.

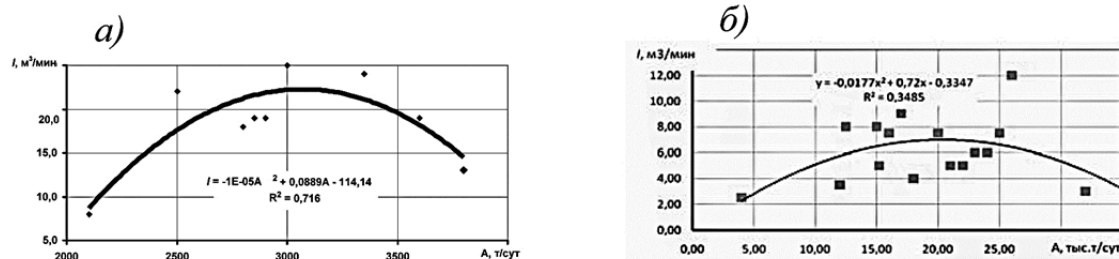


Рис. 4. Связь между метановыделением ( $I, \text{м}^3/\text{мин}$ ) и производительностью ( $A, \text{т/сут}$ ) очистного забоя: а) 9-я западная лава пласта  $l_1$  шахты им. А.Ф.Засядько; б) лава №5203 шахты «Котинская»

Технические решения, направленные сокращение неуправляемой эмиссии метана из разрабатываемого углегазового массива, представлены в виде комплекса мероприятий по выполнению попутной дегазации (табл.3) [8].

Таблица 3 – Технологические приемы попутной дегазации разрабатываемого горного массива

| Технологический процесс                                | Места и способы воздействия   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
|  | Угольный пласт, массив горных пород   | Подработанная толща пород  | Выработанное пространство   | Надработанная толща пород                              |
| Интенсификация выемки угля                             | – Вынос метана с транспортируемой горной массой                             | Проветривание  |   |  |
| Попутная дегазация поверхностными скважинами (ПДС)     | – Частичная дегазация пласта через трещины давления                         | – Расклинивание трещин наполнителем при гидровоздействии   |   |  |
| Попутная дегазация подземными скважинами               | – Бурение пластовых и экранирующих скважин<br>– Измельчение породных блоков | – Расклинивание трещин при гидровоздействии<br>– Использование барьерных скважин                           | – Расположение ПДС над зонами разгрузки, длительная дегазация         | – Длительная дегазация через выработанное пространство |
| Откачка метана из полостей в выработанном пространстве | –   | – Создание каналов для миграции газа в полости   | – Охрана устьев скважин<br>– Бурение и эксплуатация барьерных скважин | – Использование барьерных скважин                      |
| Управление газовыми потоками                           | – Обеспечение разряжения в скважинах  | – Обеспечение депрессии в полостях для сбора и накопления газа,<br>– Ограничение утечек метана в выработки | – Создание изолирующих сооружений и полостей для сбора метана         | – Осушение и создание каналов для миграции газа        |

Комплексность состоит в том, что работы по дегазации следует производить параллельно как в призабойной части пласта, так и в породах кровли и почвы. Следует отметить, что в данной работе предложено для опасных по ГДЯ пластов только дегазация через поверхностные дегазационные скважины (ПДС) [9]. Выполнение масштабной предварительной дегазации углегазового массива, является отдельным предметом дальнейших дополнительных публикаций.

Обобщение представленных результатов исследований позволяет сделать следующие **выводы**.

1. Выделены участки горного массива вблизи очистной выработки, которым свойственны характерные виды деформаций (частота, ширина раскрытия трещин

- и т.п.) которые определяют скорость, объем и концентрацию выделяющегося метана.
2. Для каждого метанообильного шахтопласта существует критическая величина интенсивности углевыемки и, соответственно, скорость подвигания очистного забоя, превышение которой приводит к сокращению выделения метана в призабойное пространство очистной выработки.
  3. Интенсивная, с производительностью больше критической, отработка угольного пласта приводит к перераспределению выделения газа из призабойного в выработанное пространство. Это определяет необходимость изменения подхода к организации работ по дегазации на выемочном участке.
  4. Предложен комплекс параллельно производимых мероприятий по попутной дегазации разрабатываемого пласта, а также пород кровли и почвы, позволяющих обеспечить преодоление «газового барьера» и улавливание метана. Управление газовыми потоками и каптаж метана позволяют обеспечить высокоэффективную и безопасную работу выемочных участков шахт, переработка уловленного метана в электрическую и тепловую энергию - существенно улучшить экологическую обстановку в шахтных природно-производственных системах.

### Список использованной литературы

1. Анциферов А.В. Газоносность угольных месторождений Донбасса / А.В. Анциферов, М.Г. Тиркель, М.Т. Хохлов. – Киев: Наукова думка, 2004. – 232 с.
2. Костенко В.К. Влияние очистных работ на процесс выделения метана из породного массива / В.К. Костенко, А.Б. Бокий, Е.В. Шевченко // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2007. – №2. – С. 36-43.
3. Костенко В.К. Уточнение параметров попутной дегазации угольных пластов / В.К. Костенко, А.Б. Бокий, Е.В. Шевченко // Метан: сб. науч. тр. по матер. симпоз. [«Неделя горняка - 2008»]. Отд. вып. Горного информ.-аналит. бюлл. – М.: «Мир горной книги», 2008. – С. 239-247.
4. Карашкадзе Г.Г. Методика расчета дебита метана из зоны гидрообработки неразгруженного угольного пласта / Г.Г. Карашкадзе // Метан: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – М.: Изд-во «Мир горной книги», 2007. – С. 83-95.
5. Костенко В.К. Изменение физических свойств углегазового массива под влиянием очистных работ / В.К. Костенко, А.Б. Бойкий // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. Праць / Ін-т Геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – 2008. – Вип. 80. – С. 90-97.
6. Kostenko V. Influence of level of coal mining on the discharge of greenhouse gases / V. Kostenko, A. Boki, Ye. Shevchenko / Aktualne problemy zwalczania zagrozen gorniczych/ konferencja naukowo-techniczna. – Polytechnika Slaska, Brenna, 2011. – P. 202-212 .
7. Лупий М.Г. Обоснование технологии комплексной дегазации выемочных участков при высокоинтенсивной разработке газоносных угольных пластов: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» / М.Г. Лупий; Московский гос. горн. ун-т. – Москва, 2010. – 21 с.
8. Костенко В.К. О совершенствовании процесса дегазации углегазового массива / В.К. Костенко, А.Б. Бокий // Горно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т.11, №12. – С. 129-137.
9. Бокий А.Б. Исследование дебита поверхностных дегазационных скважин / А.Б. Бокий, С.Г. Ирисов, В.В. Чередников // Физико-технические проблемы горного производства. – 2001. – вып. 14. – С. 115 – 122.

Надійшла до редакції 12.08.2013

В.К. Костенко

#### ОСОБЛИВОСТІ ЕМІСІЇ МЕТАНУ ПРИ ІНТЕНСИВНОМУ ВІДПРАЦЮВАННІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

Визначено протяжність, частоту, ширину розкриття тріщин, які визначають швидкість, обсяг і концентрацію метану що виділяється з пласта. Для кожного пласта існує критична величина інтенсивності видобутку перевищення якої призводить до скорочення виділення метану в очисну виробку. Відпрацювання вугільного пласта з продуктивністю більше критичної призводить до перерозподілу виділення газу із



забою у вироблений простір. Запропоновано комплекс заходів з попутної дегазації пласта, що дозволяють забезпечити подолання «газового бар'єру» і уловлювання метану.

Ключові слова: метан, інтенсивна виїмка вугілля, виділення метану, деформації масиву, тріщини, дегазація.

V.K. Kostenko

#### METHANE EMISSIONS DURING INTENSIVE DEVELOPMENT OF COAL SEAMS

We defined the length, frequency and width of the cracks, which determine the speed, amount and concentration of methane emitting from the seam. For each seam there is a critical value of output intensity above which there is a reduction in methane emission. We propose a set of measures for seam degassing, which will help to overcome "gas barrier" and capture methane.

Keywords: methane, intensive excavation of coal, methane emission, deformation of array, cracks, degassing.