

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-4-28-36

УДК 622.831

**ПРОВЕТРИВАНИЕ И ДЕГАЗАЦИЯ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА  
ПРИ ИНТЕНСИВНОМ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИИ ИЗ ОТРАБАТЫВАЕМОГО  
ПЛАСТА И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД****VENTILATION AND DEGASSING IN THE EXTRACTION PANEL WITH  
INTENSIVE METHANE RELEASE FROM THE MINED SEAM AND ENCLOSING  
STRATA****Козырева Елена Николаевна<sup>1</sup>,**

кандидат техн. наук, зав. лабораторией, e-mail: gas\_coal@icc.kemsc.ru

**Kozyreva Elena N.<sup>1</sup>, C. Sc., Head of the laboratory****Шинкевич Максим Валериевич<sup>1,2</sup>,**

кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, доцент e-mail: gas\_coal@icc.kemsc.ru

**Shinkevich Maksim V.<sup>1,2</sup>, C. Sc., Senior research associate; associate professor**

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук»; Россия, 650065, г. Кемерово, проспект Ленинградский, 10

<sup>1</sup> The Federal Research Centre of Coal and Chemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Science; Russia, 650065, Kemerovo, Leningradskij, 10,

<sup>2</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>2</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, ul. Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Аннотация.** Большую сложность на угольных шахтах при интенсивном выделении метана из отработываемого пласта и вмещающих пород вызывает неточность прогноза ожидаемой газообильности горных выработок по нормативам, что не позволяет обеспечить эффективное проветривание и дегазацию выемочных участков. Для решения этой задачи требуется разработка научных основ безопасной и высокоэффективной угледобычи. В основу разработки заложена модель развития нелинейных геомеханических процессов в массиве горных пород. Модель учитывает стратиграфию горного блока, глубину ведения горных работ и геометрические размеры выемочного столба. В статье предлагается метод прогноза динамики метанообильности высокопроизводительного выемочного участка № 567 шахты «Чертинская-Коксовая» и способы ее управления, включая проветривание участка через газодренажный штрек, дегазацию подрабатываемого массива скважинами, пробуренными из параллельных штреков и скважинами направленного бурения, и дегазацию разрабатываемого пласта скважинами ориентированного гидроразрыва. В результате исследований: установлена связь метанообильности выработанного пространства со скоростью подвигания очистного забоя; выполнена конкретизация источников метанообильности выработанного пространства и параметры способов по ее управлению; разработаны технологические решения по комплексному управлению газовыделением, объединяющему комбинированную схему проветривания и дегазацию выработанного пространства и разрабатываемого пласта.

**Abstract.** Inaccurate forecast of the expected gas content in mine workings according to the standards creates difficulties at coal underground mines when there is an intensive gas emission from the developed seam and adjacent strata. This does not allow providing efficient ventilation and degassing of the panel. The solution of this task requires development of scientific bases of safe and highly efficient coal mining. The development is based on the model of development of non-linear geomechanical processes in the rock mass. The model considers the stratigraphy of the rock panel, the depth of mining operations and the geometrical dimensions of the extraction panel. The article suggests the method of predicting the methane content dynamics of the high-productive extraction panel No. 567 of the mine Chertinskaya-Koksovaya and methods of its management, including ventilation of panel via the gas-drainage drift, degassing of the undermined massif by boreholes drilled from parallel drifts and by directional drilling wells, and degassing of the developed seam via the wells of the focused hydraulic fracturing. The study allowed us to establish connection of methane content in the goaf with the rate of working face advance; the sources of methane content on the goaf and the parameters of its manage-

*ment methods were specified; the technological solutions on integrated management of gas emission uniting the combined scheme of ventilation and degassing of the mined area and the developed seam were developed.*

**Ключевые слова:** угольный пласт, выемочный участок, очистной забой, метанообильность, прогноз, проветривание, газовые потенциалы, выработанное пространство.

**Keywords:** coal seam, panel, working face, methane-bearing capacity, forecast, ventilation, gas potentials, mined goaf.

Большую сложность на шахтах при подземной добыче угля вызывает неточность прогноза ожидаемой газообильности горных выработок и обеспечение эффективного проветривания и дегазации выемочных участков при интенсивном выделении метана из обрабатываемого пласта и вмещающих пород.

В настоящее время решением проблемы прогноза метановыделения при разработке угольных месторождений занимаются многие научные учреждения в России и за рубежом [1-24]. Для решения этого круга задач в Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН разрабатываются научные основы безопасной и высокоэффективной угледобычи [21-24].

Нормативные документы, разработанные в 80-х годах на основе широкомасштабных осреднений как горно-геологических, так и горно-технологических факторов, сегодня оказались недостаточно адаптированы к возросшей динамике газовыделения, прежде всего связанной с повышением нагрузок на забои и значительным увеличением площадей выемочных столбов. В результате прогнозируемые значения метанообильности отклоняются от фактических данных в 2-3 раза.

Для устранения этой неточности создается методико-программное обеспечение, реализующее пространственное представление исходной и расчетной информации. Повышение точности прогноза газопроявлений в современных условиях требует основывать расчеты не на средней по длине выемочного столба скорости отработки, а на ее интервальных значениях за достаточно малые периоды подвигания, тем самым учитывать пространственно-временную изменчивость горно-геологических характеристик массива и технологических факторов. С этой целью применяется комплексный метод на основе оценки газового потенциала горного блока, современных представлений о газокинетических и геомеханических процессах в массиве с учетом изменчивости его свойств и динамики метановыделения [21-24]. Этот метод позволяет, во-первых, ответить на вопросы об изменчивости стратиграфических характеристик массива и ресурсов метана. Во-вторых, при максимально полном привлечении оперативной информации по всему спектру газопроявлений в процессе ведения горных работ и при соответствующей ее интерпретации можно с большей надежностью судить о газокинетических характеристиках массива горных пород в зоне интенсивных технологических возмущений.

Реализация газовых потенциалов в динамическом режиме приводит к резкому ухудшению газовой обстановки и росту аварийности в очистных забоях и подготовительных выработках. Основным способом снижения газовой аварийности на шахтах Кузбасса в настоящее время является изолированный отвод газа на действующих выемочных участках через дренажные выработки и скважины с помощью специальных всасывающих вентиляторов (типа ВМЦГ). К его основному преимуществу относится относительно небольшие затраты на реализацию. Однако несомненная эффективность способа при производительности участка до 1,5 тыс. тонн в сутки становится весьма проблематичной с приближением к потенциально рентабельному уровню добычи в 3 тыс. тонн в сутки и более. Рост скоростей подвигания забоев и увеличение геометрических размеров выемочных столбов существенно меняет аэрогазодинамику выработанного пространства. Прежде всего, увеличение длин лав приводит к соответствующему увеличению размеров зоны активного аэрогазового обмена между призабойным объемом и выработанным пространством у исходящей забоя. В условиях выраженной динамики газопритоков в выработанное пространство эта особенность приводит к необходимости резкого увеличения расхода воздуха на участке и, как следствие, соответствующему росту затрат на строительство и эксплуатацию газоотводящей системы. Стало настоятельной необходимостью осуществление перехода от комбинированной схемы проветривания к комплексному управлению газовыделением, включающему дегазацию с конкретизацией способов и схем для каждого выемочного участка.

Реализация изложенного подхода на примере лавы № 567 шахты «Чертинская-Коксовая» была рассмотрена в работе [25]. В которой были представлены результаты прогноза метановыделения из разрабатываемого пласта, отбитого и транспортируемого угля и рекомендации к схемам проветривания выемочного участка. Настоящая статья дополнена результатами исследований по динамике метанообильности выработанного пространства и способами ее управления, включая дегазацию подрабатываемого массива и разрабатываемого пласта.

Выемочный блок лавы № 567 находится в целиках. Длина выемочного столба – 1850 м, длина лавы – 164 м. Глубина отработки  $300 \div 360$  м. Угол падения пласта по лаве –  $8 \div 14$  град. Мощность пласта от 1,8 до 2,3 м. Уголь хрупкий, тре-

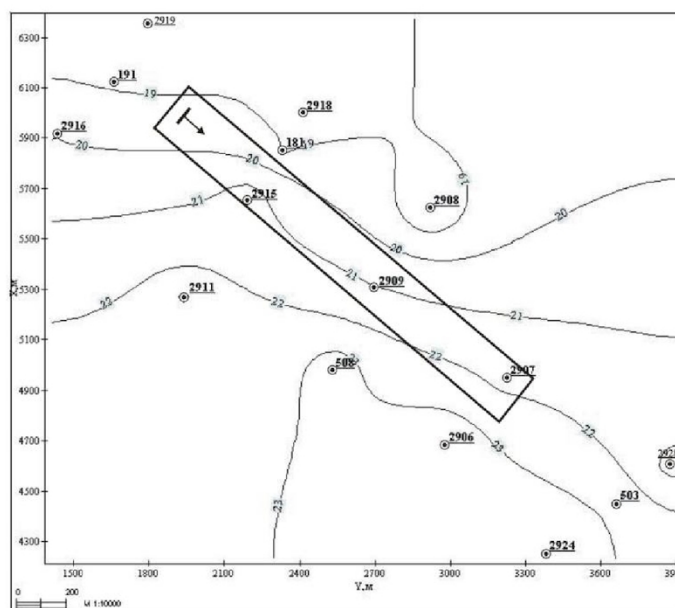


Рис.1. Карта природной газоносности пласта 5 ( $\text{м}^3/\text{т с.б.м.}$ ) в окрестности выемочного участка № 567  
Fig. 1. Map of natural gas content of coal seam 5 ( $\text{m}^3/\text{t d.a.f.}$ ) near extraction panel No. 567

щинчатый, выход летучих 37,5 %. Пласт включает прослои алевролитов мелкозернистых от одного до трех, мощностью от 0,03 до 0,1 м. Присутствуют включения «колчедана». Отрабатываемый пласт отнесен к опасным по внезапным выбросам угля и газа, лава находится ниже границы выбросоопасности. Основная кровля пласта трудноуправляемая – песчаник мелкозернистый крепостью  $f = 6-8$ , мощностью до 30 метров. В непосредственной кровле залегают алевролиты мелкозернистые, крепостью  $f = 3-4$ , мощностью до 4,5 м. Так же присутствует ложная кровля, мощность до 0,5 м, крепостью  $f = 2-3$ . Ложная почва – алевролиты слабые, крепостью  $f = 1,3$ , мощностью до 0,3 м. Почва представлена алевролитами плотными, склонна к пучению, крепостью  $f = 4-5$ , мощностью до 3,3 м. Ниже залегают породы, состоящие из

переслаивания алевролитов и песчаников, крепостью  $f = 4-6$ , мощностью до 22 м.

По данным 15-ти геологоразведочных скважин уточнены горно-геологические условия залегания пласта 5 в окрестности выемочного столба № 567, стратиграфические особенности и свойства газоносного массива горных пород. На рис. 1 представлена карта природной газоносности отрабатываемого пласта, свидетельствующая об изменчивости природных свойств массива по площади горного блока в целом и конкретного выемочного участка.

Метановыделение на выемочный участок из подрабатываемого и надрабатываемого массива является следствием реализации газового потенциала горного блока в результате изменений напряжений в массиве при подвигании очистного

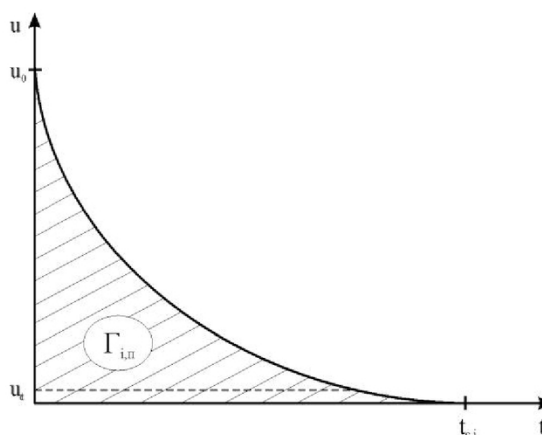


Рис.2. К расчету удельной скорости газовыделения из угля при мгновенном его отторжении

Fig. 2. For the calculation of the specific rate of gas release from coal at its instant separation

забоя.

Метановыделение из подрабатываемых пластов рассчитывается для интервала отработки столба с максимальной амплитудой динамической составляющей при условии полного газистощения эмиссионной части газового потенциала источника (пласта-спутника) за время развития его опасных деформаций при скорости подвигания очистного забоя 1 м/сут. Схема расчета следующая.

Реализация газового потенциала на выемочный участок из подрабатываемого  $i$ -го пласта-спутника

$$G_{i,\Pi} = G_i \cdot \frac{H_i}{H_p}, \text{ м}^3/\text{м}^2, (1)$$

где  $G_i$  – газовый потенциал,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;  $H_i$  – глубина  $i$ -го пласта-спутника, м;  $H_p$  – глубина разрабатываемого пласта, м.

Согласно [26] базовое время опасных деформаций слоя, лежащего выше разрабатываемого пласта на расстоянии  $(H_p - H_i)$

$$t'_{c,i} = 0,6 \cdot (H_p - H_i) + 60, \text{ сут.} (2)$$

Реальное время опасных деформаций

$$t_{c,i} = t'_{c,i} \cdot v^{-0,74}, \text{ сут.} (3)$$

где  $v$  – скорость подвигания очистного забоя, м/сут.

Для описания удельной скорости газовыделения из угля в процессе разгрузки подрабатываемого массива горных пород (рис.2) принята зависимость вида

$$u_{t_{c,i}} = u_{0,i} \cdot e^{-\alpha_i t_{c,i}}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.}), (5)$$

где  $u_{0,i}$  – удельная начальная скорость газовыделения,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$ ;  $\alpha_i$  – газокINETический показатель, 1/сут.

Для определения газокINETического показателя принимаем

$$u_{0,i} = 0,3 G_{i,\Pi}, u_{t_{c,i}} = 0,01 G_{i,\Pi}. (6)$$

Тогда

$$\alpha_i = \frac{-\ln\left(\frac{u_{t_{c,i}}}{u_{0,i}}\right)}{t_{c,i}} = \frac{3,4}{t_{c,i}}. (7)$$

Общее количество газа, выделившееся в лаву из  $i$ -го пласта-спутника

$$Q_{\Pi,i} = \int_0^L 0,3(a_i x + b_i) dx \int_0^{t_x} e^{-\alpha_i \tau} d\tau =$$

$$= \left( -\frac{0,3}{\alpha_i} \right) \left[ \frac{v^2}{\alpha_i^2} a_i \left( \frac{\alpha_i}{v} L - 1 + e^{-\alpha_i \frac{L}{v}} \right) - \frac{a_i L^2}{2} + \right.$$

$$\left. \frac{v}{\alpha_i} b_i \left( 1 - e^{-\alpha_i \frac{L}{v}} \right) - b_i L \right], \text{ м}^3, (8)$$

где  $a_i, b_i$  – эмпирические коэффициенты изменения газового потенциала;  $L$  – отход лавы от монтажной камеры, м;  $\tau$  – переменная интегрирования;  $t_x$  – продолжительность газовыделения вида

$$t_x = \frac{L}{v} - \frac{x}{v}, \text{ мин; } x \text{ – расстояние от положения}$$

забоя, при котором обеспечивается газокINETическое вскрытие пласта спутника, м.

Реализующаяся на выемочный участок часть газового потенциала подрабатываемого пласта-спутника на 1  $\text{м}^2$  длины выработанного пространства

$$G_{i,\Pi,\sigma} = \frac{dQ_{\Pi,i}}{dL} = -1 \left( \frac{a_i v}{\alpha_i} \left( 1 - e^{-\alpha_i \frac{L}{v}} \right) - \right.$$

$$\left. - a_i L + b_i e^{-\alpha_i \frac{L}{v}} - b_i \right), \text{ м}^3/\text{м}^2. (9)$$

Реализующаяся на выемочный участок часть газового потенциала надрабатываемого пласта-спутника на 1  $\text{м}^2$  длины лавы и при  $v = 1$  м/сут

$$G_{i,\Pi,\sigma} = \frac{l_i G_i}{2l} \left( 1 - \frac{\sigma_{i,0}}{\sigma_i} \right), \text{ м}^3/\text{м}^2, (10)$$

где  $l_i$  – длина хорды  $i$ -го пласта, входящего в зону разгрузки надрабатываемого массива;  $m$ ;  $l$  – длина лавы, м;  $\sigma_{i,0}$  и  $\sigma_i$  – действующие напряжения на глубине зоны разгрузки  $i$ -го пласта в надрабатываемом массиве и на глубине  $H_i$  вне зоны влияния горных работ, МПа.

Расчетами установлено:

- рост скорости подвигания очистного забоя обуславливает увеличение амплитуды динамической составляющей метанообильности выемочного участка, выходящей за пределы возможных усреднений при установлении параметров системы управления газовыделением;

- величина амплитуды связана не только с газоносностью и угленосностью горного блока или шагами обрушения основной кровли, а, прежде всего, с процессами сдвижения подрабатываемого массива пород;

- увеличение длины очистного забоя приводит к изменению размеров зоны газопитока на выемочный участок;



• значительная длина выемочного столба обуславливает периодичность сдвижений горных пород и, как следствие, скачкообразные по-

вышения аэродинамического сопротивления выработанного пространства, ограничивающие эффективность связи объема призабойного про-

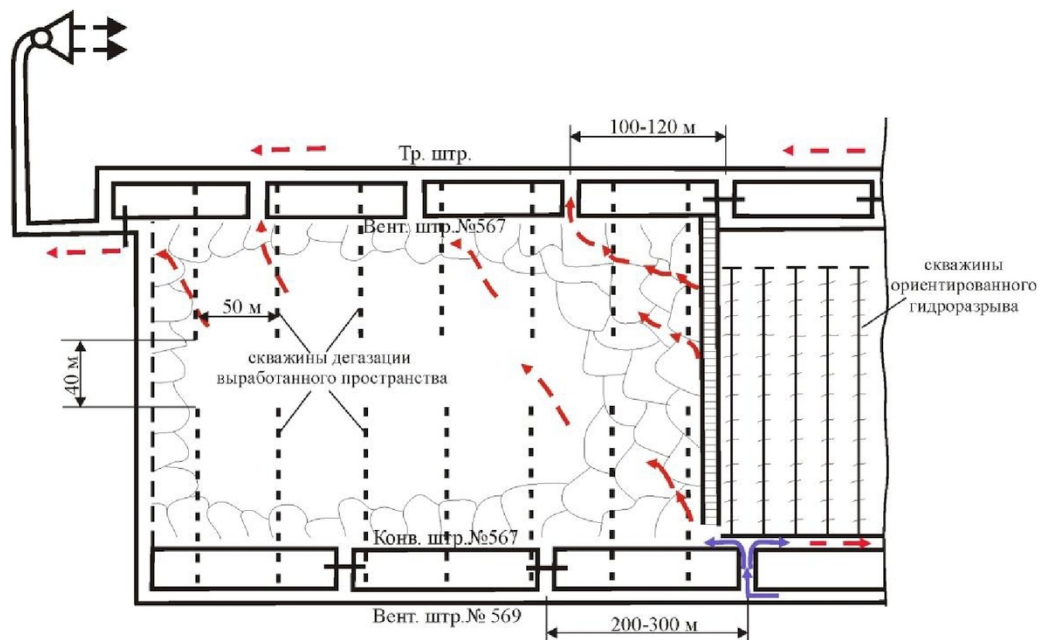


Рис.3. Схема проветривания выемочного участка № 567 через газодренажный штрек с дегазацией подрабатываемого массива скважинами, пробуренными из параллельных штреков, и с дегазацией разрабатываемого пласта скважинами ориентированного гидроразрыва

Fig. 3. The scheme of ventilation of panel No. 567 via the gas-drainage drift with degassing of the undermined massif by wells drilled from parallel drifts and with degassing of the developed seam by wells of the focused hydraulic fracturing

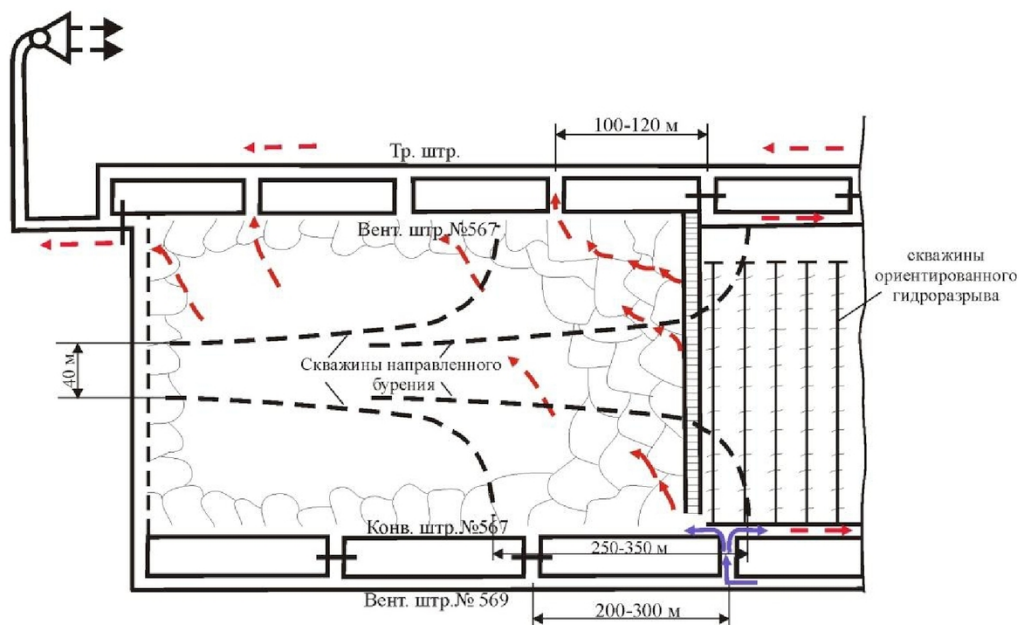


Рис.4. Схема проветривания выемочного участка № 567 через газодренажный штрек с дегазацией подрабатываемого массива скважинами направленного бурения и с дегазацией разрабатываемого пласта скважинами ориентированного гидроразрыва

Fig. 4. The scheme of ventilation of panel No. 567 via the gas-drainage drift with degassing of the undermined massif by directional drilling wells and with degassing of the developed seam by wells of the focused hydraulic fracturing

странства и производительности всасывающего вентилятора.

Расчетами параметров процесса разгрузки массива для условий лавы № 567 установлено, что основные максимумы метанообильности выемочного участка будут располагаться от монтажной камеры на расстояниях 230, 690 и 1200 метров. Периоды (около 110 м) максимумов метанообильности призабойной части выработанного пространства с меньшей амплитудой будут связаны с достижением границей зоны сдвижений пласта 4 и его ближайших спутников. Через каждый шаг полных сдвижений аэродинамическое сопротивление выработанного пространства будет скачкообразно повышаться. Учитывая неуклонно возрастающую по мере движения забоя аэродинамическую связь всасывающего вентилятора со старым выработанным пространством пласта 3, следует ожидать уже в зоне максимума газовыделения на втором шаге полных сдвижений недостаточную эффективность всасывающей части системы управления газовыделением средствами вентиляции через выработанное пространство пласта 5 и фланговую скважину. Это показал контроль допустимых значений концентрации метана на сопряжениях лавы с конвейерным и вентиляционным штреками и на выходе из выработанного пространства.

В работе [25] предложены схемы проветривания с использованием газодренажного штрека, так как часть схемы проветривания через выработанное пространство только через фланговую скважину не обеспечивает нормальной концентрации метана в исходящей струе даже при увеличении коэффициента эффективности дегазации выработанного пространства до 0,6.

Другим решением обеспечения допускаемых контрольных параметров могут служить схемы, представленные на рис. 3 и 4, с дегазацией подрабатываемого массива и разрабатываемого пласта, при которой исключается необходимость подачи воздуха в лаву по параллельному штреку. Увели-

чение требуемого коэффициента дегазации разрабатываемого пласта до 0,6 обеспечивается использованием поинтервального ориентированного гидроразрыва пласта [27].

Расположение скважин дегазации подрабатываемого массива в узлах сдвижений пласта 4 обеспечивает сближение зоны действия дегазационных скважин с наиболее активной зоной аэрогазового обмена у призабойной части выработанного пространства. Скважины с поверхности, если в их бурении возникает необходимость, должны ориентироваться на вершины сводов сдвижений спутников пласта 4.

Также перспективно применение дегазации и надрабатываемого массива, что позволяет снизить требования к эффективности дегазации подработки. Все типы скважин дегазации выработанного пространства должны буриться как в его верхней, так и в нижней части. Производительность системы дегазации выработанного пространства по метану должна обеспечивать удаление части метанообильности источника в зоне действия скважины, соответствующей коэффициенту эффективности его дегазации.

В результате исследований горно-технологических условий отработки выемочного участка № 567 шахты «Чертинская-Коксовая»:

- установлена связь метанообильности выработанного пространства со скоростью его подвигания;
- выполнена конкретизация динамики источников метанообильности выработанного пространства и параметры способов по ее управлению, при этом динамика метанообильности призабойного объема (наряду с аэрогазовым обменом с выработанным пространством) ориентируется и на интенсивность разрушения углеметанового пласта;
- разработаны технологические решения по комплексному управлению газовыделением, объединяющему комбинированную схему проветривания и дегазацию выработанного пространства и разрабатываемого пласта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. About extraction of methane and slate gas from coal and slate deposits Tabachenko N.M., Dychkovskiy R.Ye., Falshtynskiy V.S. // Науковий Вісник Національного Гірничого університету. 2012. Т. 2. С. 44-48.
2. Проблемы текущего прогнозирования метановыделения в горных выработках угольных шахт Денисенко В.П., Верба Р.В., Абакумова Е.В. // Труды РАНМИ. 2011. № 8. С. 138-148.
3. Разработка методики расчета шагов обрушения основной кровли и исследование взаимосвязи с интенсивностью метановыделения Пак Г.А., Шпаков П.С., Долгонос В.Н // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С. 31-36.
4. Динамика изменения концентрации метана в куполах большого объема Левицкий Ж.Г. // Труды Университета. 2011. № 2. С. 62-64.
5. Исследование метаносности угля пласта к7 в районе шахтного поля шахты им. Т. Куземаева Амангелдіқызы А., Пономарева М.В., Айтпаева А.Р. // Труды Университета. 2015. № 2. С. 67-70.
6. Опыт заблаговременного извлечения метана из угольных пластов Карагандинского бассейна Коликов К.С., Кашапов К.С., Иванов Ю.М. // Технологии нефти и газа, (2011), 1, 37-40

7. Проблемы развития работ по заблаговременной дегазации в Карагандинском бассейне Газалиев А.М., Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х. // Уголь, (2013), 4, 67-68
8. Оценка влияния длины лавы на характер газовыделения на выемочных участках шахт ОАО «Воркутауголь» Казанин О.И., Суфияров А.М. // Записки Горного института, 207 (2014), (март), 36-40
9. Расчёт газовыделения в очистной забой в системах разработки подэтажными штреками «крепь - штрек» Клишин В.И., Опрук Г.Ю. // Вестник Кузбасского государственного технического университета, (2012), 6, 54-59
10. Tailakov O.V. Justification of a Method for Determination of Gas Content in Coal Seams to Assess Degasification Efficiency / Tailakov O.V., Kormin A.N., Zastrelov D.N., Utkaev E.A., Sokolov S.V. // The 8th Russian-Chinese Symposium. Coal in 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016 – pp. 324 – 329.
11. Tailakov O.V. Utilization Prospects of Coalbed Methane in Kuzbass / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, V.O. Tailakov, A.B. Efremkov // Applied Mechanics and Materials. –Apr. 2015. – Vol 756. – Pp. 622–625.
12. Tailakov O.V. Experience for Coal Mine Methane Utilization to Generate Thermal and Electric Power / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, E.A. Utkaev, A.N. Kormin, A.I. Smyslov // Taishan Academic Forum – Project on mine Disaster Prevention and Control. – Mining 2014. – Qingdao, China, 17–20 October, 2014 г. – Pp. 450–454.
13. Shevchenko L.A. Debit gas in well as a comprehensive indicator of gas permeability of the coal seam // В сборнике: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. С. 184-187.
14. Шевченко Л.А. Влияние интенсивности отработки угольного пласта на структуру газового баланса выемочного участка / Л.А. Шевченко, В.Ю. Гришин // Современные проблемы шахтного метана. / сб. научн.тр. к 85-летию проф. Н.В.Ножкина. – М ИД. ООО Роликс. – 2014, С. 144-150
15. Шевченко Л.А. Дегазация выработанных пространств длинными скважинами / Л.А. Шевченко, В.Ю. Гришин // Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – № 2. – С. 10-11
16. Палеев Д.Ю. Моделирование аэрогазодинамических процессов в вентиляционных сетях современных горнодобывающих предприятий / Д.Ю. Палеев, В.В. Аксенов, О.Ю. Лукашов, И.М. Васенин, А.Ю. Крайнов, Э.Р. Шрагер // ГИАБ. – 2015. – № 2 (7). – С. 224–230.
17. Прогноз метановой опасности угольных шахт при интенсивной отработке угольных пластов / Н. М. Качурин, В. И. Клишин, А. М. Борщевич, А. Н. Качурин. Тула–Кемерово: ТулГУ, 2013. 220 с.
18. Kachurin N.M. Generalized mathematical model for gases filtration in coal beds and enclosing strata / Kachurin N.M., Vorobev S.A., Vasilev P.V. // Eurasian Mining, 2015. T. 2015. № 2. С. 40-43
19. Портола В.А. О повышении эффективности извлечения метана из шахт при эксплуатации высокогазоносных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2007. - № 3. - С. 10-12.
20. Портола В.А. О возможности отработки высокогазоносных угольных пластов во взрывобезопасной газовой среде // Безопасность труда в промышленности. - 2007. - № 12. - С. 53-57.
21. Плаксин, М.С. Особенности повышения газопроницаемости угольных пластов / М.С. Плаксин, Р.И. Родин // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 42–48
22. Рябцев, А.А. Измерение газоносности угольного пласта из горных выработок / А.А. Рябцев, Е.С. Непеина, В.И. Альков // Уголь. – 2016. – № 1. – С. 68–70
23. Козырева Е.Н. Уточнение технологических решений при проектировании выемочных участков и управлении газовыделением / Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 3. – С. 28–32.
24. Полевщиков, Г.Я. Влияние процессов разгрузки и сдвижений вмещающих пород на выделение метана из разрабатываемого пласта. / Г.Я. Полевщиков, М.В. Шинкевич, Е.Н.Козырева, О.В. Брюзгина // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2008, №2.- С.139-143
25. Полевщиков, Г.Я. Нелинейные изменения метанообильности высокопроизводительного выемочного участка / Г.Я. Полевщиков, Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Безопасность труда в промышленности. – Москва, 2014 – № 6 – С. 50 – 54.
26. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с.
27. Гидроразрыв угольного пласта в шахтных условиях как панацея решения газовых проблем шахт (основы разработки и внедрения) Плаксин М.С., Родин Р.И., Рябцев А.А., Альков В.И., Леонтьева Е.В., Непеина Е.С. Уголь. 2015. № 2. С. 48-50.

## REFERENCES

1. About extraction of methane and slate gas from coal and slate deposits Tabachenko N.M., Dychkovskiy R.Ye., Falshtynskiy V.S. // Naukoviy Visnik Natsional'nogo Gornichogo universitetu. 2012. v. 2. pp. 44-48.
2. Problemy tekushchego prognozirovaniya metanovydeleniya v gornykh vyrabotkakh ugodnykh shakht

Denisenko V.P., Verba R.V., Abakumova E.V. // Trudy RANIMI. 2011. № 8. pp. 138-148.

3. Razrabotka metodiki rascheta shagov obrusheniya osnovnoy krovli i issledovanie vzaimosvyazi s intensivnost'yu metanovydeleniya Pak G.A., Shpakov P.S., Dolgonosov V.N // Mashinostroyeniye i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2009. № 6. S. 31-36. 4. Dinamika izmeneniya kontsentratsii metana v kupolakh bol'shogo ob'ema Levitskiy Zh.G. // Trudy Universiteta. 2011. № 2. pp. 62-64.

5. Issledovanie metanonosnostiuglya plasta k7 v rayone shakhtnogo polya shakhty im. T. Kuzembaeva Amangeldikyzy A., Ponomareva M.V., Aytpaeva A.R. // Trudy Universite-ta. 2015. № 2. pp. 67-70.

6. Opyt zablagovremennogo izvlecheniya metana iz ugol'nykh plastov Karagandinskogo basseyna Kolikov K.S., Kashapov K.S., Ivanov Yu.M. // Tekhnologii nefti i gaza, (2011), 1, 37-40

7. Problemy razvitiya rabot po zablagovremennoy degazatsii v Karagandinskom bas-seyne Gazaliev A.M., Drizhd N.A., Sharipov N.Kh. // Ugol', (2013), 4, 67-68

8 Otsenka vliyaniya dliny lavy na kharakter gazovydeleniya na vyemochnykh uchastkakh shakht OAO «Vorkutaugol» Kazanin O.I., Sufiyarov A.M. // Zapiski Gornogo institu-ta, 207 (2014), (mart), 36-40

9. Raschet gazovydeleniya v ochistnoy zaboy v sistemakh razrabotki podetazhnymi shtre-kami «krep' - shtrek» Klishin V.I., Opruk G.Yu. // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstven-nogo tekhnicheskogo universiteta, (2012), 6 (4 kvartal), 54-59

10. Tailakov O.V. Justification of the Method for Determination of Gas Content in Coal Seams to Assess Degasification Efficiency / Tailakov O.V., Kormin A.N., Zastrelov D.N., Utkaev E.A., Sokolov S.V. // The 8th Russian-Chinese Symposium. Coal in 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016 – pp. 324 – 329.

11. Tailakov O.V. Utilization Prospects of Coalbed Methane in Kuzbass / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, V.O. Tailakov, A.B. Efremkov // Applied Mechanics and Materials. –Apr. 2015. – Vol 756. – pp. 622–625.

12. Tailakov O.V. Experience of Coal Mine Methane Utilization to Generate Thermal and Electric Power / O.V. Tailakov, D.N. Zastrelov, E.A. Utkaev, A.N. Kormin, A.I. Smyslov // Taishan Academic Forum – Project on mine Disaster Prevention and Control. – Mining 2014. – Qingdao, China, 17–20 October, 2014 g. – pp. 450–454.

13. Shevchenko L.A. Debit gas in well as a comprehensive indicator of gas permeability of the coal seam // V sbornike: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. pp. 184-187.

14. Shevchenko L.A. Vliyanie intensivnosti otrabotki ugol'nogo plasta na strukturu gazovogo balansa vyemochnogo uchastka / L.A. Shevchenko, V.Yu. Grishin // Sovremennyye problemy shakhtnogo metana. / sb. nauchn.tr. k 85-letiyu prof. N.V.Nozhkina. – M ID. OOO Roliks. – 2014, pp. 144-150

15. Shevchenko L.A. Degazatsiya vyrabotannykh prostranstv dlinnymi skvazhinami / L.A. Shevchenko, V.Yu. Grishin // Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal. – 2014. – № 2. – pp. 10-11

16. Paleev D.Yu. Modelirovanie aerogazodinamicheskikh protsessov v ventilyatsionnykh setyakh sovremennykh gornodobyvayushchikh predpriyatiy / D.Yu. Paleev, V.V. Aksenov, O.Yu. Lukashov, I.M. Vasenin, A.Yu. Kraynov, E.R. Shrager // GIAB. – 2015. – № 2 (7). – pp. 224–230.

17. Prognoz metanovoy opasnosti ugol'nykh shakht pri intensivnoy otrabotke ugol'nykh plastov / N. M. Kachurin, V. I. Klishin, A. M. Borshchevich, A. N. Kachurin. Tula–Kemerovo: TulGU, 2013. p. 220.

18. Kachurin N.M. Generalized mathematical model for gases filtration in coal beds and enclosing strata / Kachurin N.M., Vorobev S.A., Vasilev P.V. // Eurasian Mining. 2015. T. 2015. № 2. pp. 40-43

19. Portola V.A. O povyshenii effektivnosti izvlecheniya metana iz shakht pri eks-pluatatsii vysokogazonosnykh plastov // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstven-nogo tekhnicheskogo universiteta, 2007. - № 3. - pp. 10-12.

20. Portola V.A. O vozmozhnosti otrabotki vysokogazonosnykh ugol'nykh plastov vo vzryvobezopasnoy gazovoy srede // Bezopasnost' truda v promyshlennosti.- 2007. - № 12. - pp. 53-57.

21. Plaksin, M.S. Osobennosti povysheniya gazopronitsaemosti ugol'nykh plastov / M.S. Plaksin, R.I. Rodin // Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'-noy promyshlennosti. – 2016. – № 1. – pp. 42–48

22. Ryabtsev, A.A. Izmerenie gazonosnosti ugol'nogo plasta iz gornyykh vyrabotok / A.A. Ryabtsev, E.S. Nepeina, V.I. Al'kov // Ugol'. – 2016. – № 1. – pp. 68–70

23. Kozyreva E.N. Utochnenie tekhnologicheskikh resheniy pri proektirovanii vyemochnykh uchastkov i upravlenii gazovydeleniem / E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstven-nogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – № 3. – pp. 28–32.

24. Polevshchikov, G.Ya. Vliyanie protsessov razgruzki i sdvizheniy vmeshchayushchikh porod na vydelenie metana iz razrabatyvaemogo plasta. / G.Ya. Polevshchikov, M.V. Shinkevich, E.N.Kozyreva, O.V. Bryuzgina // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. - 2008, №2.- pp.139-143

25. Polevshchikov, G.Ya. Nelineynye izmeneniya metanoobil'nosti vysokoproizvoditel'nogo vyemochnogo uchastka / G.Ya. Polevshchikov, E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – Moskva, 2014 – № 6 – pp. 50 – 54.

26. Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob'ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornyykh vyrabotok na ugol'nykh mestorozhdeniyakh. – SPb., 1998. – p.291.

27. Gidrorazryv ugol'nogo plasta v shakhtnykh usloviyakh kak panatseya resheniya gazovykh problem



---

shakht (osnovy razrabotki i vnedreniya) Plaksin M.S., Rodin R.I., Ryabtsev A.A., Al'kov V.I., Leont'eva E.V., Nepeina E.S. Ugol'. 2015. № 2. pp. 48-50.

*Поступило в редакцию 29 мая 2017*

*Received 29 May 2017*