

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ПРОЕКТАХ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

П. Н. Пармузин

## Determination of economic effect in the projects of degassing of coal mines

P. N. Parmuzin

The study considers the problem of low economic efficiency of degassing of coal mines. Methane in coal seams is in a bound sorbed state. This demands additional expenses aimed at breaking of the coal/methane link and intensification of gas production. In addition, the flow rates of gas wells drilled in the coal seams are generally lower than traditional flow rates of gas well. In this regard, projects of methane extraction from coal beds have higher costs and lower revenues compared with the projects on gas production from traditional sources. However, the extraction of methane from coal seams solves a number of problems in the coal industry, not typical for conventional gas production, the solution of which leads to additional economic effects, significantly improves the effectiveness of projects, aimed at recovering of methane from coal seams. The article describes the main effects caused by the degassing of coal mines: reduction of accidents associated with the explosion of methane; improvement in the use of the front of mining operations in coal mines due to a decrease in the influence of the «gas factor»; reduction of methane emissions into the atmosphere; the use of the extracted methane.

Author shows the technique of calculating economic effects in the of coal mines degassing of projects. He also presents the formulas for the calculation of these effects. The research has an analysis of the relationship between all economic effects.

**Keywords:** unconventional sources of gas production; gassy coal seams; extraction of methane from coal beds; degasification of coal mines; economic effect; recycling of methane; gas factor; methane emissions in the atmosphere; explosions of methane-air mixture.

Рассматривается проблема низкой экономической эффективности дегазации угольных шахт. Метан в угольных пластах находится в связанном сорбированном состоянии. Это требует дополнительных затрат, направленных на разрыв связи уголь/метан и интенсификацию добычи газа. Кроме этого, дебиты газовых скважин, пробуренных в угольных пластах, как правило, ниже дебитов традиционных газовых скважин. В связи с этим проекты добычи метана из угольных пластов характеризуются большими затратами и меньшей выручкой по сравнению с проектами по добыче газа из традиционных источников. Вместе с тем извлечение метана из угольных пластов решает ряд проблем в угольной промышленности, не характерных для традиционной добычи газа, решение которых приводит к появлению дополнительных экономических эффектов, существенно улучшающих показатели эффективности проектов по извлечению метана из угольных пластов. В статье раскрываются основные эффекты, обусловленные дегазацией угольных шахт: снижение аварийности, связанной со взрывами метана; улучшение использования фронта горных работ в угольных шахтах, обусловленного снижением влияния «газового фактора»; снижение выбросов метана в атмосферу; использование извлекаемого метана. Приводится методика расчета экономических эффектов в проектах дегазации угольных шахт. Представлены формулы для расчета данных эффектов. Проведён анализ взаимосвязи между всеми экономическими эффектами.

**Ключевые слова:** нетрадиционные источники добычи газа; газосодержащие угольные пласты; извлечение метана из угольных пластов; дегазация угольных шахт; экономический эффект; переработка метана; газовый фактор; выбросы метана в атмосферу; взрывы метано-воздушной смеси.

Одной из основных проблем проектов по извлечению метана из угольных пластов является их низкая экономическая эффективность. Метан в угольных пластах находится в связанном сорбированном состоянии. С этим связана необходимость дополнительных затрат, направленных на разрыв связи уголь/метан и интенсификацию добычи газа. Кроме этого, необходимо учитывать, что дебиты газовых скважин, пробуренных в угольных пластах, как правило, ниже дебитов традиционных газовых скважин. В связи с этим проекты добычи метана из угольных пластов характеризуются большими затратами и меньшей выручкой по сравнению с проектами по добыче газа из традиционных источников. Вместе с тем необходимо отметить, что извлечение метана из угольных пластов решает ряд проблем в угольной промышленности, не характерных для традиционной добычи газа. Решение этих проблем приводит к появлению дополнительных экономических эффектов, учитывая которые, можно существенно улучшить показатели эффективности проектов по извлечению метана из угольных пластов.

В целом все проекты по извлечению метана из угольных пластов можно разделить на два вида:

- 1) проекты дегазации угольных шахт;
- 2) проекты по добыче метана из угольных пластов в качестве самостоятельного полезного ископаемого (промышленная добыча).

Трагические события на шахтах, связанные со взрывами метано-воздушной смеси (МВС), вызвали принятие нормативных актов, направленных на усиление промышленной безопасности и охраны труда в угольной отрасли.

В России первым из этого пакета стал Федеральный закон РФ от 26 июля 2010 г. № 186-ФЗ «О внесении изменений в статьи 1 и 14 Федерального закона «О государственном регулировании в области добычи и использования угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности» и отдельные законодательные акты Российской Федерации. Данный закон устанавливает обязательность дегазации в шахтах, угольных пластах и горных выработках до установленных допустимых норм. Это требование относится не только к горным предприятиям, на которых уже ведётся добыча, но и к будущим разработкам.

Допустимые нормы содержания взрывоопасных газов в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной, установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. № 315, согласно которому:

- 1) дегазация обязательна, когда работами по вентиляции невозможно обеспечить содержание взрывоопасных газов (метана) в рудничной атмосфере действующих горных выработок шахты в размере до 1 %;
- 2) дегазация угольного пласта обязательна, когда природная метаноносность пласта превышает 13 м<sup>3</sup>/т сухой беззолной массы и работами по вентиляции невозможно обеспечить содержание метана в исходящей струе очистной горной выработки в размере менее 1 %;
- 3) дегазация выработанного пространства обязательна, когда концентрация метана в газоотводящих трубопроводах и газодренажных выработках превышает 3,5 %.

В Закон «О недрах» внесено дополнение, в соответствии с которым уже в лицензии на недропользование должны быть прописаны условия снижения содержания взрывоопасных газов в шахте.

Технологическая эффективность работы дегазационной системы в шахте оценивается величиной коэффициента дегазации, который представляет собой отношение количества метана, удаляемого дегазацией, к суммарному количеству метана, удаляемого дегазацией и вентиляцией. Коэффициент дегазации шахты  $K_{\text{дер}}$  определяется по формуле:

$$K_{\text{дер}} = \frac{\sum_{j=1}^k G_{\text{д}j}}{\sum_{j=1}^k (G_{\text{д}j} + I_j)}$$

где  $k$  – число дегазируемых подготовительных и очистных выработок;  $j$  – индекс дегазируемого участка;  $G_{\text{дг}}$  – дебит извлечённого средствами дегазации метана на  $j$ -м дегазируемом участке, м<sup>3</sup>/мин;  $I_j$  – метановыделение в вентиляционную сеть на дегазируемом участке, м<sup>3</sup>/мин.

Количество извлечённого средствами дегазации метана и газовой выделение в вентиляционную сеть принимаются по отдельно взятым участкам.

Таким образом, для обеспечения требований, установленных Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. № 315 по содержанию метана в рудничной атмосфере действующих горных выработок шахты, требуется достижение определенного коэффициента дегазации.

Необходимое значение коэффициента дегазации выработки (призобойного пространства лавы, выемочного участка или подготовительной выработки) определяется по формуле:

$$K'_{\text{дег}} = 1 - \frac{I_{\text{в}}}{k_{\text{н}}},$$

где  $I$  – метанообильность выработки (фактическая или по прогнозу), м<sup>3</sup>/мин;  $I_{\text{в}}$  – допустимое по фактору вентиляции метановыделение в выработку без дегазации источников метановыделения, м<sup>3</sup>/мин;  $k_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности метановыделения, который принимается согласно нормативному документу по проектированию вентиляции угольных шахт.

Так как необходимое значение коэффициента дегазации обусловлено нормативными актами, затраты на его обеспечение являются обязательными для угледобывающего предприятия. Таким образом, требования безопасности обуславливают необходимые минимальные затраты на проведение дегазации угольных шахт. При этом затраты на дегазацию могут превышать минимально необходимые, если это необходимо предприятию для достижения других задач. Например, для получения и использования дополнительных объемов метана, снижения воздействия «газового фактора» на производительность угольных комбайнов, сокращения выбросов метана в атмосферу и пр.

Также необходимо учитывать, что выполнение существующих требований безопасности не гарантирует полного отсутствия аварий. Поэтому извлечение дополнительных объемов метана сверх тех, которые установлены требованиями безопасности, снижает вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Для проектов дегазации угольных шахт можно выделить следующие экономические эффекты.

Во-первых, экономический эффект может быть получен от использования извлечённой дегазационной системы угольного метана. В угольных пластах и вмещающих их породах заключены огромные запасы ценнейшего углеводородного сырья – практически чистого метана, который используют в самых разных областях. Каждые 1000 м<sup>3</sup> метана по теплоте сгорания экономят 1,3–1,5 т угля; цена моторного топлива из метана на 15–20 % меньше цены традиционно применяемого жидкого топлива; использование 1 м<sup>3</sup> позволяет вырабатывать 3,1–3,3 кВт·ч электроэнергии [1].

Во-вторых, в оценку эффективности дегазации необходимо ввести экономический эффект от повышения эффективности угледобычи, связанного со снижением воздействия «газового фактора». Интенсивное развитие и концентрация горных работ ограничиваются газовой выделением, пылеобразованием, внезапными выбросами угля, пород и газа, самовозгоранием угля. Производительность очистных участков, работающих с дегазацией, возрастает на 20–50 %. Себестоимость тонны добытого угля при этом снижается на 8–10 % [2].

В-третьих, необходимо учитывать экономический эффект от сокращения затрат на ликвидацию последствий аварий, вызванных взрывами и вспышками метана, которые приводят к увеличению травматизма, разрушению шахтной инфраструктуры, снижению объемов добычи угля.

В-четвертых, использование извлечённого дегазацией метана сокращает выбросы этого парникового газа в атмосферу, что позволяет решить ещё один актуальный вопрос горного производства – обеспечение экологически чистой комплексной безотходной технологии угледобычи. Выброшенные в атмосферу 71,5 м<sup>3</sup> метана, являющегося стойким парниковым газом, эквивалентны 1 т диоксида углерода [3]. Поэтому при оценке эффективности дегазации необходимо учитывать экономический эффект от снижения эмиссии метана в атмосферу.

В-пятых, в случае, если проектируемая система дегазации заменяет действующую систему, необходимо предусмотреть эффект от сокращения затрат на ранее проводимые мероприятия по дегазации.

Для проектов по добыче метана угольных пластов в качестве самостоятельного полезного ископаемого можно выделить только экономи-

ческий эффект от использования метана.

Далее приводится методика расчета экономических эффектов в проектах дегазации угольных шахт.

**Определение экономического эффекта от снижения аварийности, связанной с взрывами метана**

Первоочередной проблемой угольного газа является метанобезопасность. В 2000-х гг. в России произошло несколько крупных взрывов МВС, в результате которых погибло 370 чел. Аварии, вызванные взрывами и вспышками метана, приводят к увеличению травматизма, разрушению шахтной инфраструктуры, снижению объемов добычи угля.

По официальным данным, в последнее десятилетие компенсация погибшим, пострадавшим и членам их семей в расчете на 1 чел. составила около 2 млн руб. Кроме того, шахты и государство понесли значительный ущерб от снижения объемов добычи угля и дополнительных затрат на восстановительные работы. Средние потери от снижения объемов добычи, связанные с необходимостью проведения восстановительных работ на шахтах, составляют около 630 млн руб., в том числе самих шахт – 350 млн руб.; потери государства от недополучения налогов – 280 млн руб. Общий прямой ущерб государству, наносимый авариями, связанными с внезапными выбросами метана, составляет около 537 млн руб.

Убытки предприятия от аварий в шахтах, вызванных взрывами и вспышками МВС,  $Y_{\text{ав}}$  можно определить по фактическим данным по формуле:

$$Y_{\text{ав}} = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{т}} + \text{Нп}, \quad (1)$$

где  $Y_{\text{пр}}$  – прямые потери, связанные с разрушением промышленных объектов, руб.;  $Y_{\text{т}}$  – сумма потерь в связи с травматизмом шахтеров, руб.; Нп – потери, связанные с недополучением продукции в связи с аварией, руб.;

$$Y_{\text{пр}} = C_{\text{и.до}} - C_{\text{и.пос}},$$

где  $C_{\text{и.до}}$  – стоимость имущества шахты до момента аварии, руб.;  $C_{\text{и.пос}}$  – стоимость имущества шахты после момента аварии, руб.;

$$Y_{\text{т}} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4,$$

где  $Y_1$  – возмещение бюджету государственного социального страхования расходов на выплату пособий по временной нетрудоспособности, руб.;  $Y_2$  – возмещение органам социального обеспечения сумм пенсий (или части пенсии) инвалидам труда, руб.;  $Y_3$  – выплата пособий нетрудоспособным членам семьи в случае смерти работника от травмы, связанной с производством (за потерю кормильца), руб.;  $Y_4$  – затраты предприятия на профессиональную подготовку и переподготовку работающих, принимаемых на работу взамен выбывших в связи с травмой, руб.;

$$\text{Нп} = \text{ДВ}_{\text{ср/сут}} (\Pi_{1 \text{ т у г}} - C_{1 \text{ т у г}} y_{\text{у-пер}}),$$

где Д – число дней, потерянных вследствие аварии;  $V_{\text{ср/сут}}$  – среднесуточная выработка аварийного участка до момента аварии, т;  $\Pi_{1 \text{ т у г}}$  – цена 1 т угля, руб./т;  $C_{1 \text{ т у г}}$  – себестоимость 1 т угля, руб./т;  $y_{\text{у-пер}}$  – удельный вес условно-переменных затрат в себестоимости 1 т угля, доли ед.

В специальной литературе по промышленной безопасности и охране труда встречаются предложения рассчитывать экономический эффект от сокращения аварийности с использованием коэффициента, учитывающего вероятность предотвращения аварий. То есть для проектов дегазации данный эффект  $\Xi_{\text{ав}}$  можно было бы определить по формуле:

$$\Xi_{\text{ав}} = Y_{\text{ав}} K_{\text{в}},$$

где  $K_{\text{в}}$  – коэффициент, учитывающий вероятность предотвращения аварий, связанных со взрывами МВС в результате внедрения новой системы дегазации, доли ед.

Однако, учитывая невозможность сколько-нибудь точного определения этого коэффициента, а также этические мотивы, включение данного эффекта в доходную часть проектов по дегазации можно предложить только при условии полного исключения возможности аварии в результате внедрения новой системы дегазации. То есть, если  $k_{\text{в}} = 1$ , то  $\Xi_{\text{ав}} = Y_{\text{ав}}$ . При этом убытки предприятия от аварий в шахтах, вызванных взрывами и вспышками МВС,  $Y_{\text{ав}}$  можно определить по фактическим данным шахты за предшествующий период, равный сроку реализации предлагаемого проекта дегазации. Например, если новый проект дегазации рассчитан на 10 лет, то необходимо рассчитать  $Y_{\text{ав}}$  – суммарный убыток от аварий, вызванных взрывами и вспышками МВС на данной шахте за прошедшие 10 лет по формуле (1) и равномерно распределить его по всем годам в доходной части предлагаемого проекта дегазации в качестве экономического эффекта от сокращения затрат на ликвидацию последствий аварий  $\Xi_{\text{ав}}$ . Если же коэффициент, учитывающий вероятность предотвращения

аварий, имеет значение, меньшее единицы, то включение данного экономического эффекта в доходную часть предлагаемого проекта дегазации нецелесообразно. То есть, если  $K_b < 1$ , то  $\Theta_{ав} = 0$ .

Необходимо добавить, что выполнение требований безопасности напрямую связано с проблемой повышения эффективности добычи угля и получением экономического эффекта от улучшения использования фронта горных работ в угольных шахтах.

**Определение экономического эффекта от улучшения использования фронта горных работ в угольных шахтах, связанного со снижением влияния газового фактора**

Важнейшей проблемой угольного метана является повышение эффективности добычи угля. Эта проблема связана с тем, что на особо опасных по газу и пыли шахтах нагрузки на очистные забои в 1,5–2 раза ниже технологически возможных. При нагрузках на очистные забои, предусматриваемые на перспективных шахтах, необходимо обеспечивать эффективность дегазации на уровне 50–70 % и более. В метаноопасных шахтах устанавливается система сигнализации, которая в автоматическом режиме прерывает работу угольных комбайнов, при превышении содержания метана в шахтной атмосфере выше величины, определенной требованиями безопасности. Скорость работы угольных комбайнов и глубина ведения очистных работ постоянно возрастают. В связи с этим метановыделение на участках увеличивается. Это заставляет предприятия постоянно стремиться к повышению эффективности дегазации. Таким образом, так называемый «газовый фактор» является серьезным препятствием для увеличения эффективности работы угольных предприятий [4, 5].

Также необходимо отметить, что на многих шахтах до сих пор действует традиционная для угольной отрасли сдельная оплата труда шахтеров. Заработная плата шахтеров находится в прямой зависимости от объемов добычи угля. Шахтеры, стремясь увеличить выработку и соответственно собственный доход, пренебрегают требованиями безопасности и мешают штатной работе системы метанобезопасности шахты. В связи с этим можно порекомендовать отказаться от сдельной оплаты и заменить её на повременно-премиальную форму оплаты труда. При этом премии должны стимулировать не только повышение выработки, но и неукоснительное выполнение требований безопасности.

Экономический эффект от улучшения использования фронта горных работ в угольных шахтах  $\Theta_{ш}$ , связанного со снижением влияния газового фактора, складывается из эффекта от повышения темпа проведения подготовительных выработок в шахтах  $\Theta_{подг}$  и эффекта от повышения нагрузки на очистной забой  $\Theta_{оч}$ :

$$\Theta_{ш} = \Theta_{подг} + \Theta_{оч}$$

Экономический эффект от повышения темпа проведения подготовительных выработок в шахтах  $\Theta_{подг}$  рассчитывается по формуле:

$$\Theta_{подг} = (v_{п} - v_{д})NC_{1м}y_{у-пост}$$

где  $v_{п}$ ,  $v_{д}$  – скорость проведения подготовительных выработок в зоне дегазации соответственно после и до её внедрения, м/сут;  $N$  – число рабочих дней в году, сут;  $C_{1м}$  – себестоимость проходки 1 м подготовительных выработок после проведения дегазации, руб./м;  $y_{у-пост}$  – удельный вес условно-постоянных затрат в себестоимости проходки 1 м подготовительных выработок, доли ед.

Экономический эффект от повышения нагрузки на очистной забой  $\Theta_{оч}$  рассчитывается по формуле:

$$\Theta_{оч} = ((t_{п.до} - t_{п.пос})\Pi_k N)(\Pi_{1т ут} - C_{1т ут} y_{у-пер}), \quad (2)$$

где  $t_{п.до}$ ,  $t_{п.пос}$  – время простоев очистных комбайнов, работающих в зоне дегазации, из-за воздействия газового фактора до и после проведения дегазации, мин/сут;  $\Pi_k$  – производительность очистных комбайнов, т/мин.

Можно добавить, что существует альтернативный метод определения эффекта от повышения нагрузки на очистной забой. Н. М. Лобов в своей работе предлагает определять экономический эффект от экономии на условно-постоянных расходах при увеличении годовой производственной мощности шахты  $\Theta_{ун}$  [6]:

$$\Theta_{ун} = \frac{A'_c}{A_c} C_{ун} - C'_{ун}$$

где  $A_c$ ,  $A'_c$  – суточная производственная мощность шахты до и после проведения мероприятий по повышению извлечения метана соответственно, т/сут;  $C_{ун}$ ,  $C'_{ун}$  – годовая величина условно-постоянных расходов до и после повышения нагрузки, руб.

В свою очередь, суточная производственная мощность шахты до и после проведения мероприятий по повышению извлечения метана опреде-

ляется по формулам:

$$A_c = \frac{864vSk_{о.а}f}{K_n q_n}, \quad A'_c = \frac{864vSk_{о.а}f}{K_n(q_n - \Delta q)}$$

где  $v$  – максимально допустимая скорость движения воздуха в лаве, м/с;  $S$  – площадь рабочего пространства лавы, свободного для прохода воздуха, м<sup>2</sup>;  $k_{о.а}$  – коэффициент, учитывающий движение воздуха по выработанному пространству, непосредственно прилегающему к рабочему пространству лавы;  $f$  – допустимая концентрация метана в исходящей струе лавы, %;  $K_n$  – коэффициент неравномерности газовыделения;  $q_n$  – относительная метанообильность очистного участка, м<sup>3</sup>/т;  $\Delta q$  – снижение метанообильности очистного забоя в результате проведенных мероприятий, м<sup>3</sup>/т.

Данный вариант расчета, тем не менее, имеет ряд недостатков. Во-первых, снижение метанообильности очистного забоя в результате проведенных мероприятий (ключевой параметр в расчете) опосредованно приводит к снижению вероятности остановки угольного комбайна. В предлагаемом расчете (формула (2)) для определения эффекта от повышения нагрузки на очистной забой сразу используется параметр «время простоев очистных комбайнов». Во-вторых, результаты расчетов зависят от множества первичных данных, собрать которые в реальных условиях бывает затруднительно.

**Определение экономического эффекта от использования метана, полученного путем дегазации угольных шахт**

Ещё одной проблемой угольного метана является проблема его использования. На начальных этапах развития работ по дегазации угольных шахт добываемый метан практически не использовался и выбрасывался в атмосферу. Ещё в конце 1990-х гг. в России только 20 % каптируемого дегазационными системами метана проходило дальнейшую переработку. Угольный метан по аналогии с попутным газом в нефтедобыче рассматривался как помеха для основного производства, а не источник дополнительного дохода. В настоящее время большая часть метана используется для различных нужд.

Экономический эффект может быть получен от использования метана из угольных пластов в качестве топлива для выработки пара и электроэнергии; для выработки моторного топлива; для бытовых нужд; в качестве теплоносителя на различных заводах, в том числе металлургических; в качестве сырья для химической промышленности; для получения кристаллогидратов. При этом необходимо учитывать, что направление использования зависит от объемов добычи, качества добываемого газа, его содержания в МВС.

Выбор конкретного варианта использования метана зависит от таких экономических и организационных факторов, как величина затрат на создание перерабатывающего производства по соответствующему направлению использования, организационно-экономический механизм взаимодействия участников проекта по извлечению метана, специфические потребности участников проекта в определенных продуктах переработки.

Экономический эффект от использования метана  $\Theta_{и}$  складывается из эффектов от различных направлений его использования, которые определяются выручкой от реализации метана и (или) продуктов, полученных при его переработке:

$$\Theta_{и} = \sum_{i=1}^n B_i = \sum_{i=1}^n (Q_i + \Pi_i)$$

где  $Q_i$  – объем реализации метана и (или) продуктов, полученных при его переработке (1000 м<sup>3</sup> метана, 1 кВт · ч электроэнергии, 1 Гкал · ч тепла, 1 т сажи и т. д.);  $\Pi_i$  – цена реализации метана и (или) продуктов, полученных при его переработке (руб./1000 м<sup>3</sup>, руб./1 кВт · ч электроэнергии, руб./1 Гкал · ч тепла, руб./1 т сажи);  $i$  – направление использования извлеченного метана.

**Определение экономического эффекта от снижения выбросов метана в атмосферу**

Согласно статье 28 Федерального закона «Об охране атмосферного воздуха» от 04 мая 1999 № 96-ФЗ (ред. от 19 июля 2011), за загрязнение окружающей природной среды выбросами вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух с физических и юридических лиц взимается плата в соответствии с законодательством Российской Федерации. Выбросы шахтного метана относятся к категории выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками.

Стационарный источник выброса вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух – любой (точечный, площадной и т. д.) источник с организованным или неорганизованным выбросом вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, дислоцируемый или функционирующий постоянно или временно в границах участка терри-

тории (местности) объекта, предприятия, юридического или физического лица, принадлежащего ему или закрепленного за ним в соответствии с действующим законодательством.

Экономический эффект от снижения эмиссии метана в атмосферу  $\mathcal{E}_{\text{эк}}$  представляет собой сокращение затрат угледобывающего предприятия на платежи за выбросы метана в атмосферу.

При определении платежа необходимо сравнить величину предотвращенного выброса  $Q$ , переведенную в тонны (масса  $1 \text{ м}^3$  метана при температуре  $293 \text{ К}$  равна  $6,679 \cdot 10^{-4} \text{ т}$ ) с установленными нормативами. Необходимо отметить, что снижение выплат возможно только при условии полного или частичного использования извлеченного метана. Таким образом, к предотвращенному выбросу относятся только объемы используемого метана.

Если  $Q \leq H_{\text{пдв}}$ , то  $\mathcal{E}_{\text{эк}} = (Q - H_{\text{пдв}})k_3$ .

Если  $H_{\text{пдв}} < Q \leq H_{\text{лим}}$ , то  $\mathcal{E}_{\text{эк}} = (H_{\text{пдв}} - H_{\text{лим}})3_{\text{пдв}} + (Q - H_{\text{пдв}})3_{\text{лим}}k_3$ .

Если  $H_{\text{лим}} < Q$ , то  $\mathcal{E}_{\text{эк}} = (H_{\text{пдв}} - H_{\text{лим}})3_{\text{пдв}} + (Q - H_{\text{пдв}})5_{\text{лим}}3_{\text{лим}}k_3$ , где  $H_{\text{пдв}}$  – предельно допустимый выброс, т;  $H_{\text{лим}}$  – выброс в пределах установленного лимита, т;  $3_{\text{пдв}}$  – базовый норматив платы за выброс  $1 \text{ т}$  в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов, руб./т;  $3_{\text{лим}}$  – плата за выбросы в пределах установленных лимитов, руб./т;  $k_3$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе (применяется с дополнительным коэффициентом  $1,2$  при выбросе в атмосферный воздух городов).

Можно добавить, что сокращение выбросов метана в атмосферу позволяет улучшить экологическую ситуацию в угледобывающих регионах, сократить негативное воздействие на состояние озонового слоя.

**Определение экономического эффекта от сокращения затрат на ранее проводимую дегазацию**

Техника и технология дегазации угольных шахт постоянно совершенствуются. При этом возникает возможность достижения необходимого коэффициента дегазации при меньших затратах.

Экономический эффект от сокращения затрат на ранее проводимую дегазацию  $\mathcal{E}_{\text{рд}}$  определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{рд}} = Q_{\text{уг}} C_{\text{1т}} y_{\text{рд}} y_{\text{с.а.}}$$

где  $Q_{\text{уг}}$  – годовая добыча угля в зоне дегазации, т;  $y_{\text{рд}}$  – доля затрат на ранее проводимую дегазацию в себестоимости добычи  $1 \text{ т}$  угля, доли ед.;  $y_{\text{с.а.}}$  – доля, на которую можно сократить затраты на ранее проводимые методы дегазации без снижения общей эффективности дегазации, доли ед.

Необходимо отметить, что возникновение этого экономического эффекта возможно, если внедряемая новая система дегазации полностью или частично заменяет ранее проводимую дегазацию.

**Петр Николаевич Пармузин,**

кандидат экономических наук, доцент

ptr12@mail.ru

Ухтинский государственный технический университет  
Россия, Республика Коми, Ухта, ул. Первомайская, 13

Суммарный экономический эффект от дегазации  $\mathcal{E}_{\text{дег}}$  равен сумме пяти перечисленных эффектов:

$$\mathcal{E}_{\text{дег}} = \mathcal{E}_{\text{ав}} + \mathcal{E}_{\text{ш}} + \mathcal{E}_{\text{и}} + \mathcal{E}_{\text{эк}} + \mathcal{E}_{\text{рд}}$$

При этом можно отметить, что величина одних эффектов зависит от величины других.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пучков Л. А., Сластунов С. В., Федунец Б. И. Перспективы добычи метана в Печорском угольном бассейне. М.: Изд-во МГГУ, 2004. 557 с.
2. Шувалов Ю. В., Павлов И. А., Веселов Л. П. Комплексное использование ресурсов и регулирование газового режима шахт Воркутского месторождения. СПб., 2006. 392 с.
3. Рубан А. Д. Нетрадиционные источники энергии: шахтный метан // Газовая промышленность. 2011. № 4. С. 28–29.
4. Liu J., Chen Z., Elsworth D., Miao X., Mao X. Evolution of coal permeability from stress-controlled to displacement-controlled swelling conditions // Fuel. 2011. Vol. 90, № 10. P. 2987–2997.
5. Qingquan Liu. Permeability distribution characteristics of protected coal seams during unloading of the coal body // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2014. Vol. 71. P. 105–116.
6. Лобов Н. М. Определение экономической эффективности использования метана угольных месторождений // Актуальные проблемы горной науки и образования: сб. тр. науч.-метод. конф. СПб.: СПГИ (ТУ), 1999. С. 91–93.

#### REFERENCES

1. Puchkov L. A., Slastunov S. V., Fedunets B. I. 2004, *Perspektivy dobychi metana v Pechorskoy ugol'nom bassejne* [Prospects for methane production in the Pechora coal basin], Moscow, 557 p.
2. Shuvalov Yu. V., Pavlov I. A., Veselov L. P. 2006, *Kompleksnoe ispol'zovanie resursov i regulirovanie gazovogo rezhima shakht Vorkutskogo mestorozhdeniya* [Integrated use of resources and the regulation of the gas regime of the Vorkuta deposit mines]. Saint Petersburg, 392 p.
3. Ruban A. D. 2011, *Netraditsionnye istochniki energii: shakhtnyy metan* [Alternative energy sources: coal mine methane]. *Gazovaya promyshlennost'* [Gas industry], no. 4, pp. 28–29.
4. Liu J., Chen Z., Elsworth D., Miao X., Mao X. 2011, Evolution of coal permeability from stress-controlled to displacement-controlled swelling conditions. *Fuel*, vol. 90, no. 10, pp. 2987–2997.
5. Qingquan Liu. 2014, Permeability distribution characteristics of protected coal seams during unloading of the coal body. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 71. pp. 105–116.
6. Lobov N. M. 1999, *Opreделение ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya metana ugol'nykh mestorozhdeniy* [The definition of economic efficiency of the use of coal bed methane]. *Aktual'nye problemy gornoy nauki i obrazovaniya: sbornik trudov nauchno-metodicheskoy konferentsii. SPb.: SPGGI (TU)* [Actual problems of mining science and education: Proceedings scientific-methodical conference, Saint Petersburg, Saint-Petersburg Mining University], pp. 91–93.

**Petr Nikolaevich Parmuzin,**

PhD, Assistant Professor

ptr12@mail.ru

Ukhta State Technical University  
Ukhta, Komi Republic, Russia