

УДК 504.06 (571.62)

С.В. Сластунов, К.С. Коликов, Г.П. Ермак

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ
ПОДГОТОВКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

Рассмотрена проблема извлечения метана из неразгруженных от горного давления угольных пластов. На основе оценки возможных экономических результатов выполнено сравнение технологии добычи метана угольных пластов и заблаговременной дегазационной подготовки.

Ключевые слова: пласты угольные, метан, добыча, дегазация заблаговременная, эффект экономический, внедрение, сравнение, стимулирование.

Успехи газовых компаний США и ряда других стран позволили заявить о формировании газовой подотрасли по добыче метана из угольных пластов. При этом в отсутствие ясного представления о важности данного направления для угольной отрасли, возможных экологических, экономических и социальных результатах, работы ведутся вне горных отводов угольных шахт. Сочетание интересов газовой и угольной отрасли может обеспечить кардинальное повышение ТЭП технологии.

Большое внимание и интенсивное развитие данное направление получило в последние 10–15 лет. Во многом это связано с успехами использования технологии в США, где в 2010 г. объем добычи составил 55 млрд м³ метана. Кроме США эта технология используется в Канаде (более 9 млрд м³ в 2010 г.), Австралии (5,5 млрд м³), успешно внедряется в Китае (1,2 млрд м³), испытывается в Индии (47 млн м³) и России (6 млн м³), начаты работы в Казахстане. Следует отметить, что первоначально решался только вопрос обеспечения рентабельности добычи метана. Основной задачей в этом случае было выявление

наиболее перспективных участков на основе изучения и анализа горно-геологических условий. Важнейшими критериями при этом являлись: проницаемость угольных пластов; плотность ресурсов метана; степень метаморфизма угля и его петрографический состав; и ряд других менее значимых критериев, но позволяющих в итоге выявить участки, обеспечивающие дебит скважин на уровне 20–30 тыс. м³/сут. В последние годы усилилась тенденция проведения этих работ на полях угольных шахт. Следует, отметить, что извлекаемый из природного сорбента газ, отличается более высокими экологическими характеристиками.

На современном этапе технико-технологического развития данная технология наиболее эффективно на наш взгляд может быть использована на полях действующих или строящихся шахт. В этом случае решаются вопросы обеспечения безопасности ведения горных работ, повышения эффективности угледобычи (на особо опасных по газу и пыли шахтах нагрузки на очистные забои значительно ниже технологически возможных) и создаются условия для эффективной утилизации

метана, при значительном расширении возможных направлений за счет высоких кондиций получаемого газа.

Следует отметить, что изначально в России такие работы проводились только в условиях действующих шахт, что определяло совершенно иные требования к технологии: глубокая дегазация угольных пластов, в ряде случаев и вмещающих пород, позволяющая снизить газоносность и давление газа до безопасного уровня; равномерная обработка массива на значительных площадях; снижение способности угольных пластов к накоплению потенциальной энергии, при дегазации выбросоопасных пластов.

Необходимо отметить, что добыча угольного метана (без последующей отработки угольных пластов) не может расцениваться как сокращение эмиссии парниковых газов, в то время как дегазация угольных пластов с последующей утилизацией метана практически реализует требование интенсивного развития производства. При добыче метана из угольных пластов имеет место экстенсивное развитие.

В настоящее время общепризнанным является необходимость разработки угольных месторождений как углегазовых, однако, признание этого не сопровождается практическими шагами в этом направлении.

Поскольку газовый фактор является одним из основных сдерживающих факторов роста интенсивности ведения подготовительных и очистных работ, дегазация является неотъемлемым элементом технологии отработки газоносных угольных пластов.

Потенциал угольного метана в РФ используется весьма ограниченно. Тем не менее, следует иметь в виду, что эти ресурсы в пересчете на условное топливо составляют 4-е место в мире после угля, нефти и природ-

ного газа, являясь одним из видов минерально-сырьевых ресурсов страны.

Анализ использования шахтного метана в России показывает, что:

- метановоздушные смеси вентиляционных потоков не используются;
- доля использования метановоздушных смесей (МВС) дегазационных систем на Воркутинском месторождении не превышает 40 % (в основном котельные, потребляющие газ с концентрацией не менее 25 % метана), в Кузбассе — единичные случаи для получения электрической и тепловой энергии (одна из немногих — шахта им. С.М. Кирова, «СУЭК-Кузбасс»).

Технические проблемы продвижения технологий утилизации сводятся к следующим:

- отсутствие стабильного качества газа, извлекаемого дегазационными системами;
- сложность системы подготовки и стабилизации качества извлекаемого метана при относительно невысоких дебитах МВС;
- недостаточно широкое применение способов дегазации.

Вследствие этих причин экономическая эффективность технологий промышленного использования угольного метана по факторам энерго- и ресурсосбережения существенно уступает традиционной технологии добычи твердого топлива. При этом даже учет экологического фактора не всегда приводит к положительному экономическому эффекту.

Решение проблемы извлечения и широкого использования метана в угольной промышленности имеет государственное социально-экологическое значение, так как обеспечивает:

- безопасные условия отработки запасов угля;
- повышение темпов ведения подготовительных и добычных работ;

- снижение выбросов угольного метана в атмосферу, за счет использования каптируемого газа.

Концептуальный подход к решению важной комплексной проблемы, базируется на обеспечении эффективного извлечения метана на всех стадиях разработки угольного месторождения — строительства, эксплуатации и ликвидации угольной шахты.

Актуальность решения проблемы извлечения и широкого использования угольного метана в России обусловлена следующими факторами:

- низким уровнем безопасности ведения горных работ (продолжающиеся аварии с крупными человеческими жертвами);

- невозможностью обеспечения современными темпами ведения горных работ без применения эффективной дегазации с извлечением метана из углегазоносного массива;

- постановлением Правительства России № 410 от 01.07.2005 об увеличении штрафов за выброс метана в 1000 раз;

- нереализованными международными соглашениями РФ в области защиты окружающей среды (Киотский протокол).

Реализации данного подхода во многом препятствует отсутствие четкого понимания о возможных преимуществах технологии заблаговременной дегазации по сравнению с добычей угольного метана.

Экономический эффект от внедрения заблаговременной дегазационной подготовки определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4 - C_{зп}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} — экономическая эффективность заблаговременной дегазационной подготовки; \mathcal{E}_1 — экономический эффект от повышения темпа проведения подготовительных выработок; \mathcal{E}_2 — экономический эффект от по-

вышения нагрузки на очистной забой; \mathcal{E}_3 — экономический эффект от утилизации извлеченного метана; \mathcal{E}_4 — экономический эффект от снижения эмиссии метана в атмосферу; $C_{зп}$ — стоимость заблаговременной дегазационной подготовки.

Экономический эффект от повышения темпа проведения подготовительных выработок вычисляется следующим образом:

$$\mathcal{E}_1 = (1 - V_1/V_2) K_c C_d D_1 \gamma_{п.з.} V_{уч} / 100V_{ш}, \quad (2)$$

где V_1, V_2 — средняя скорость проведения подготовительных выработок по шахте и в зоне заблаговременной дегазационной подготовки соответственно, м/мес; K_c — коэффициент несоответствия уменьшения числа действующих подготовительных забоев и участков темпам роста скорости проведения выработок; C_d — производственная себестоимость добычи 1 т угля до внедрения новой техники; D_1 — годовая добыча шахты в предшествующий период; $\gamma_{п.з.}$ — удельный вес условно постоянных затрат на проведение подготовительных выработок в общешахтной себестоимости; $V_{уч}, V_{ш}$ — объем проведения горных выработок на исследуемом участке и по шахте в целом, м/год.

Экономический эффект от повышения нагрузки на очистной забой определяется по формуле (3):

$$\mathcal{E}_2 = [0,1 + 0,7(k - 1,1)] \gamma_{п.з.}^* C_d D_{1c} N / 100, \quad (3)$$

где k — коэффициент роста нагрузки на очистной забой; $\gamma_{п.з.}^*$ — удельный вес условно постоянных расходов по звеньям, обслуживающих очистной забой в общешахтной себестоимости 1 т угля, %; D_{1c} — суточная нагрузка на лаву до внедрения; N — число дней на отработку данного участка.

Экономический эффект от утилизации извлеченного метана представлен следующим выражением (4):

$$\Theta_3 = Q_M C_d c_y / 1000 c_M, \quad (4)$$

где Q_M — количество извлеченного метана, м^3 ; c_y , c_M — соответственно теплотворная способность 1 кг угля и 1 м^3 метана.

Экономический эффект от снижения эмиссии метана в атмосферу определяется формулой (5):

$$\Theta_4 = \sum \Delta_i \Theta_i, \quad (5)$$

где Δ_i — снижение отдельных видов выбросов при замене угля метаном; Θ_i — величина оплаты за единицу соответствующих выбросов.

Дополнительным эффектом является снижение выбросов парниковых газов. При добыче метана из угольных пластов экологическая эффективность в основном определяется разницей в удельном выделении парниковых газов между угольным метаном и заменяемым сырьем. При заблаговременном извлечении метана в пределах горных отводов шахт кардинально сокращаются выбросы парниковых газов даже при отсутствии утилизации метана за счет его факельного сжигания.

В связи с этим экологическая оценка выполнена для следующих вариантов:

1. Заблаговременное извлечение метана из угольных пластов при различных технологиях воздействия на них осуществляется в пределах горного отвода действующих шахт.

2. В качестве альтернативного принят нулевой вариант — отказ от заблаговременного извлечения метана из неразгруженных угольных пластов.

Функционирование любого предприятия, в данном случае — шахты, как при отказе от использования технологии извлечения угольного метана из неразгруженных пластов (нулевой вариант), так и при её применении (основной вариант) оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду. Заблаговременное извлечение метана

не предусматривает внесения каких-либо изменений в технологию разработки угля. В этих условиях в случае нулевого варианта изменение воздействия на окружающую среду в перспективе определяется величиной эмиссии метана, утилизируемого факельным сжиганием при реализации проекта.

Для сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу при заблаговременном извлечении (в случае отсутствия полезного использования) применяется факельное сжигание (утилизация) извлекаемого метана, который обладает в 21 раз большим парниковым воздействием по сравнению с углекислым газом.

Теоретические расчеты, подтвержденные фактическими результатами полученными на шахте им. В.И. Ленина, показывают возможность заблаговременного извлечения 50—60 % содержащегося в угольных пластах метана. Достигнутый объем извлечения метана из одной скважины составляет 1,5—2 млн м^3 , с учетом того, что тонне двуокиси углерода соответствует 71,5 м^3 метана, эмиссия 1,5 млн м^3 метана эквивалентна 21 тыс. т CO_2 . В то же время при сгорании такого количества метана образуется 3,1 тыс. т CO_2 . Для обеспечения добычи в объеме один миллион тонн в зависимости от горно-геологических условий необходимо от 3 до 8 скважин заблаговременной дегазации. В этом случае даже на достигнутом уровне сокращение выбросов парниковых газов составит более 50 тыс. т эквивалента CO_2 .

Для условий шахты им. Ленина (Карагандинский бассейн) величина заблаговременного извлечения метана через первые 14 скважин составила около 20 млн м^3 , что соответствует снижению выбросов CO_2 практически на 280 тыс. т. При стоимости тонны углеродного эквивалента от 5 до 7

Сопоставление экономических показателей заблаговременной дегазации и добычи метана из угольных пластов (на одну скважину)

№ п/п	Наименование показателя	ЗДП	Добыча
1	Увеличение нагрузки на очистной забой, млн у.е.	3,3	—
2	Сокращение объема подготовительных выработок*, млн у.е.	до 0,4	—
3	Реализация метана (100 у.е./1000м ³ CH ₄), млн у.е.	0,15	1,5
4	Сокращение выбросов ПП*, млн у.е./ (тыс. т CO ₂)	0,18/(18)	до 0,23/(23)
ИТОГО		4,03	1,82
* — возможные статьи дохода.			

у.е. экономический эффект даже в случае факельного сжигания составит около 1600 тыс. у.е., что превышает затраты на реализацию данного проекта, но с учетом временного фактора составляют более 75 %.

К сожалению, в экономических критериях эффективности практически не учитываются фактор риска человеческой жизни и вероятность катастрофических аварий при взрывах метана в газовых угольных шахтах.

Данные, приведенные в таблице, наглядно подтверждают преимущества заблаговременной дегазации по сравнению с добычей метана из угольных пластов. Следует отметить, что оценка выполнена при условии достижения объемов извлечения метана из одной скважины на уровне 15 млн м³ в варианте добычи и 1,5 млн м³ в варианте заблаговременной дегазации. Для извлечения 15 млн м³ метана при сроке функционирования скважины 5 лет средний дебит должен составлять около 6 м³/мин, что в условиях угольных пластов отмечается только на отдельных скважинах и связано с горно-геологическими особенностями. В то

же время извлечение 1,5 млн м³ при заблаговременной дегазации является достигнутым показателем.

Величина экономического эффекта от повышения нагрузки на очистной забой определена также для фактически достигнутых величин в 25–40 %, которые были ограничены спросом на уголь. При этом достигнутый съем метана обеспечивает возможность увеличения нагрузки на 50–80 %, что приводит к соответствующему увеличению экономического эффекта.

Принципиальная разница при оценке величины сокращения выбросов парниковых газов определяется тем, что при дегазации весь извлеченный и использованный метан подпадает под действие Киотского протокола, а при добыче метана снижение выбросов парниковых газов определяется только более низкими удельными выбросами на единицу вырабатываемой энергии.

Исходя из этого подхода, проблеме извлечения угольного метана следует решать путем государственного регулирования за счет совершенствования горного законодательства. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Сластунов Сергей Викторович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, e-mail: svsv@msmu.ru,

Коликов Константин Сергеевич — доктор технических наук, профессор, kolikovks@mail.ru, Московский государственный горный университет,

Ермак Геннадий Павлович — кандидат технических наук, начальник управления по надзору в угольной промышленности, Ростехнадзор.