

НАУКОВІ СТАТТІ

Соціально-економічні проблеми Донбасу

Г.Л. Майдуков,

кандидат технічних наук

А.В. Петенко,

аспірант

С.С. Майдукова,

магістр, Донецький науково-дослідницький угольний інститут

МЕТАН УГОЛЬНИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДОНБАССА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Вопрос о промышленной добыче метана из угольных месторождений Донбасса весьма актуален и вызывает интерес специалистов самого различного профиля. Однако это обусловлено не только тем, что угольный метан представляет собой природный энергетический ресурс, наиболее экологически безопасный из числа ископаемых углеводородов. Он создает постоянную угрозу безопасности горных работ в шахте, что существенно усложняет всю систему управления добычей угля и требует значительных финансовых, материальных и трудовых затрат для поддержания превентивных мер по защите людей и инженерных сооружений от возможных взрывов и пожаров. В связи с этими обстоятельствами, а также из-за ограничений скорости потоков воздуха в выработках по медико-санитарным нормам при прочих равных условиях существенно снижается технический потенциал наращивания добычи угля.

Метану принадлежит второе (после углекислого газа) место по эффективности поглощения теплового излучения Земли в инфракрасной области спектра на длине волны 7,66 мкм. Наблюдаемые в последнее время климатические изменения специалисты во многом связывают с усилением парникового эффекта, вызванного антропогенной деятельностью, в том числе — с выбросами в атмосферу метана и продуктов сгорания органического ископаемого топлива.

Между тем ускоряющийся рост интенсивности хозяйственной деятельности в глобальном масштабе сопряжен с дальнейшим увеличением потребления энергетических ресурсов, что приводит к усилению парникового эффекта и создает угрозу озоновому слою земной атмосферы. И хотя единого мнения о причинах и роли различных факторов, вызывающих потепление климата, пока что нет, версия выбросов парниковых газов как основной угрозы озоновому слою стала поводом для принятия ряда международных программ и

соглашений по защите окружающей природной среды, начало которым положила Стокгольмская конференция, организованная ООН в 1972 г.

Проблемы, связанные с выбросами в атмосферу парниковых газов, напрямую затрагивают Украину как государство, ратифицировавшее, в числе других международных соглашений, Киотский протокол. В частности, это касается угольной отрасли промышленности. В связи с этим автор ставит целью настоящей публикации обсуждение всего комплекса проблем шахтного метана, связанных с разработкой угольных месторождений в контексте устойчивого природопользования.

Генезис метана. В природе известно четыре источника образования метана:

- биогенный (результат химической трансформации органического вещества);
- бактериальный (результат деятельности бактерий);
- термогенный (следствие термохимических процессов);
- абиогенный (результат химических реакций неорганических веществ).

Бактериальный метан образуется в донных отложениях болот, лиманов и других водоемов, в процессе пищеварения жвачных животных и насекомых (главным образом термитов). Термогенный образуется в осадочных породах при их погружении в земную мантию на глубину 3—10 км в результате трансформации их органической составляющей при высокой температуре и давлении. Абиогенный метан — результат процессов на больших глубинах в земной мантии.

Шахтный метан по источнику образования относится к термогенному и образуется в результате пиролиза в процессе метаморфизма органических веществ. Растительные остатки содержат большое количество лигнина, который трансформируется в метан.

Шахтный метан растворен в пленках воды, имеющих в угле и содержащих его породах, и находится в газообразном, жидком и твердом состоянии. В естественном залегании для окружающей среды он опасности не представляет. Но как только пласты вскрывают шахтами и горными выработками — нарушается баланс системы «газ — уголь», в пласте происходит резкий спад давления до уровня атмосферного давления в горной выработке, что обуславливает процесс выделения метана. Сорбированная в угле и породах вода, растворимый метан и другие газы устремляются к выработке, что нередко сопровождается кавитационным шумовым эффектом, пучением и выбросами угля и породы.

В газообразном виде метан располагается в приземном слое атмосферы толщиной 11—15 км, называемом тропосферой.

В атмосферу метан попадает как из естественных, так и из антропогенных источников. В настоящее время мощность антропогенных источников (животные, насекомые, болота, торфяники, тундра, рисовые поля, шахты, свалки, горение биомассы, потери при добыче газа и нефти) значительно превышает мощность естественных.

Что касается шахтного метана, то степень пиролиза преобразованных продуктов обусловлена величиной давления вышележащих осадков.

Зависимость качественных изменений донецких углей от мощности вышележащих палеозойских осад-

ков позволяет определить по выходу летучих веществ приблизительную величину мощности вышележащих пород, обусловившей степень метаморфизма углей различных марок — от Д до Т (рис. 1) [1]. Выход летучих веществ не является характерным показателем для антрацитов (9—2%), однако степень их метаморфизма может определяться удельным весом органической массы, последовательно возрастающим от 1,4 до 1,6 кг/см³ по мере увеличения вышележащей толщи палеозоя.

Соотношение основных компонентов природных газов (метана, азота и диоксида углерода) закономерно изменяется с глубиной: содержание метана возрастает, азота вначале возрастает, а затем снижается, содержание CO₂ уменьшается. По их соотношению выделяют четыре зоны [2].

Зона азотно-углекислых газов — CO₂ составляет более 20%, N₂ — до 80%, метан отсутствует. Выделение CO₂ достигает 15 м³/т. По категории такие шахты негазовые.

Зона азотных газов — N₂ более 80%, CO₂ и CH₄ вместе взятые, менее 20%. Газообильность по CO₂ до 4 м³/т, по метану — 5—10 м³/т. Шахты I и II категорий.

Азотно-метановая зона — CH₄ 20-80%, остальное — азот, в малом объеме CO₂. Количество метана до 10—15 м³/т. Шахты III категории по газу.

Метановая зона — CH₄ более 80%, метанообильность свыше 10—15 м³/т. Шахты III категории или сверхкатегориальные по газу.

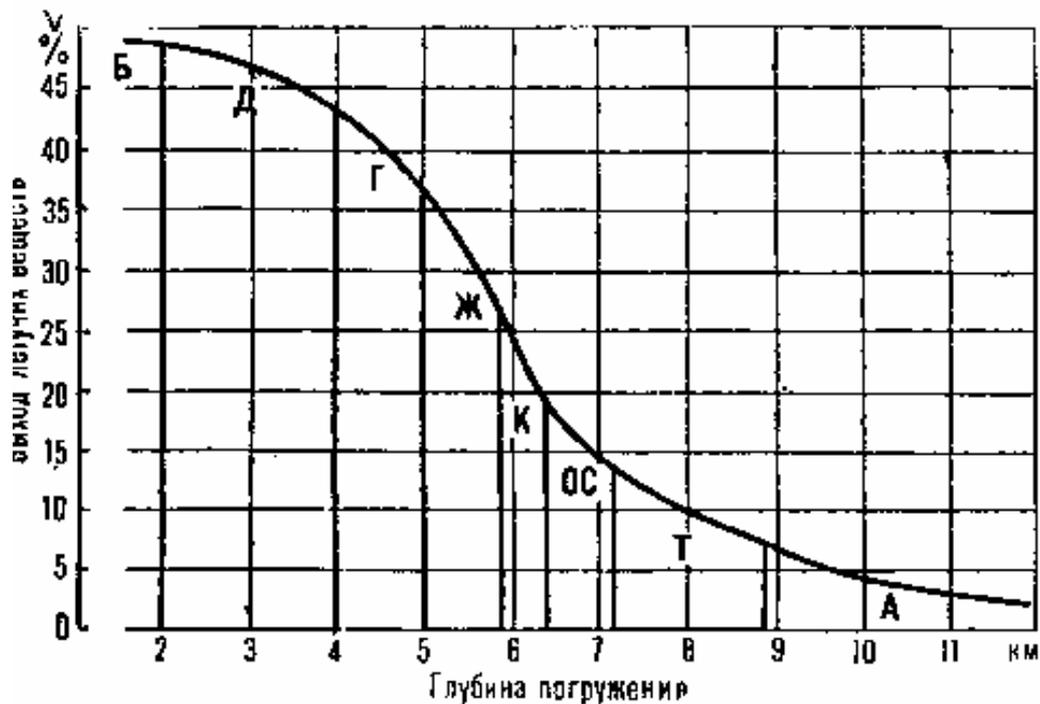


Рис. 1. График зависимости метаморфизма угля от мощности вышележащих палеозойских осадков

Запасы метана угольных месторождений

Страна	Уголь, млрд т	Шахтный метан, трлн м ³
Россия	6500	17—113
Китай	4000	30—35
Канада	7000	5,7—76
Австралия	1700	8,5—14,2
США	3900	11,3
Германия	320	2,8
Польша	160	2,8
Великобритания	190	1,7
Украина	140	1,7
Казахстан	170	1,1
ЮАР, Зимбабве, Ботсвана	150	0,9
Индия	160	0,9

На наличие генетических связей между степенью метаморфизма угля (выход летучих) и газоемкостью участков месторождения указывают и другие обстоятельства. Например, жидкие углеводороды распространены в отложениях карбона с углями низкой и средней стадий углефикации (марки Д, Г, Ж и переходные к коксовым углям). В отложениях карбона с углями марок К, ОС и Т углеводороды единичны, а в антрацитах и полуантрацитах не обнаружены [3].

Более того, в местах скоплений жидких углеводородов в обрабатываемых горных отводах шахт наличествуют скопления газового конденсата, близкие по компонентному составу к «чисто» газоконденсатным месторождениям. Большие объемы и значительные его дебиты, например, на шахте «Комсомолец» (Донбасс), по утверждению авторов [3], обусловлены максимальными газопродуцирующими свойствами углей средней степени метаморфизма (марки Ж и К).

Метан угольных месторождений. В специальной научной литературе и в средствах массовой информации проблема использования угольного метана, равно как и других органических веществ, в качестве альтернативного энергетического ресурса возбуждает постоянный общественный интерес. Особенно активизировалась полемика по всем проблемам энергообеспечения в Украине после так называемого «газового кризиса». И это естественно, поскольку на территории угольных месторождений страны в недрах сосредоточены промысловые, т.е. пригодные для промышленной добычи, запасы углеводородного сырья, которые не используются как энергетический ресурс. Более того, по мере обработки пластов содержащийся в них метан практически целиком растворяется в атмосфере, т.е. безвозвратно теряется.

Мировые ресурсы угольного метана оцениваются

в 260 трлн куб. м и сосредоточены в основном в месторождениях КНР, России, США, Австралии, Польши, Германии, Великобритании и Украины (табл. 1) [4].

Приведенные в табл. 1 данные характеризуются большим разбросом «плотности» метана (от 2,6 до 17,5 м³/т), что, как нам представляется, может быть не только следствием неодинакового метаморфизма угля месторождений в различных странах, но и обусловлено другими причинами (методология расчета, глубина разведочного бурения и др.).

Информация о газовых ресурсах угленосной толщи Донбасса достаточно обширна (например, [5—9]), хотя достоверной оценки запасов метана в недрах Украины нет, поскольку расчет произведен по плотности ресурса и площади месторождений. Первый из названных сомножителей — величина усредненная. Кроме того, разведочное бурение проводилось в ряде случаев не на полную глубину.

По данным бывшего Государственного комитета Украины по геологии, ресурсы метана, рассчитанные по шахтным полям и участкам, подлежащим дегазации, т.е. тем, которые выделяют более 10 м³/ч метана на 1 т горной массы, в 1988 г. составляли 1083 млрд м³ (в рабочих угольных пластах — 562 млрд м³, в нерабочих — 521 млрд м³). С учетом газа, содержащегося во вмещающих породах и скоплениях, общие запасы метана в украинской части Донбасса оценивались в 1,3 трлн м³, из них может быть извлечено 850 млрд м³. Приведенные данные относятся к числу наиболее пессимистических, так как, по мнению некоторых геологов Украины, они получены при разведке на уголь, которая выполнена до глубины 1200 м, и лишь по некоторым регионам Донбасса до 1800 м, т.е. не учитываются запасы во вмещающих породах. По оптимистичес-

Категории шахт по газу

Газ	Уровень категоричности				
	I	II	III	Сверхкатегориальные	Опасные по внезапным выбросам
Метан на 1 т добычи, м ³	до 5	от 5 до 10	от 10 до 15	15 и более; шахты, опасные по суфлярным выделениям	Шахты, разрабатывающие пласты, опасные по внезапным выбросам угля, газа и породы

ким прогнозам, при постановке специальных разведочных работ на газ до глубин 5000—5500 м запасы метана угольных месторождений могут быть существенно увеличены [10].

Газоносность угольных месторождений. Общие ресурсы метана в угленосной толще Донецкой области на глубинах от 500 до 1800 м оценивают в 12 трлн м³. К наиболее газоносным относят угольные пласты, содержащие от 8 до 40 м³ метана на тонну сухой беззолной массы.

Практически вся толща горных пород, слагающая угленосную часть Донбасса, насыщена метаном, который является побочным продуктом метаморфизации органического вещества в уголь. Количество содержащегося в породах и угле метана плавно увеличивается при возрастании степени преобразования угля от длиннопламенных марок до тощих и антрацитов. При переходе углей от марки Т (тощие) к А (антрациты) метан практически исчезает и замещается генерацией углекислого газа. Поэтому площади Донбасса, сложенные углями марочного состава от Д до Т, считают потенциально газоносными, а угольные шахты, извлекающие эти угли, — газоопасными. Исключения составляют отдельные площади, где из-за геологического строения территории скорость дегазации углесодержащей толщи превышает генерацию метана (Селидовский район Донбасса) [8].

Метан в угленосной толще содержится в различных фазах. В органическом веществе (угольные пласты любой мощности, породы, содержащие углистое вещество, мелкие линзы угля) метан находится в химически связанном, сорбированном состоянии, что затрудняет его выделение в окружающую среду. Газ, выделившийся из углистого вещества, распределяется в породах горного массива в свободном состоянии, заполняя поры горных пород, как проницаемых (песчаники, особенно высокопористые крупнозернистые), так и слабопроницаемых (аргиллиты (сланцы песчаные) и алевролиты (сланцы глинистые)). Кроме того, метан может накапливаться в трещиноватых зо-

нах дробления тектонических нарушений любой мощности, ловушках различных типов, образуя мелкие газовые месторождения.

Площадь углегазоносной зоны Донбасса составляет около 6,7 тыс. км². Продуктивные угленосные отложения залегают преимущественно ниже зоны метанового выветривания (с глубин 150 — 200 м) и определяется по началу выделения метана в горные работы в количестве свыше 2 м³/т.

Газоносность угольных пластов — это количество газа, выделяющегося в подземные выработки. Газоносность подразделяют на абсолютную — дебит газа в единицу времени и относительную — количество газа, выделившееся за определенное время и отнесенное к количеству ископаемого, добытого за тот же период. Газоносность обусловлена выходом газа главным образом с обнаженных выработками поверхностей разрабатываемого пласта и боковых пород, из отбитого от массива угля и породы, а также выделением газа из выработанных пространств, куда газ выделяется из обрушающихся пород и подрабатываемых пластов и пропластков. Шахты, где выделяется метан, подразделяются на категории (табл. 2) [11, с. 497].

Содержание метана в пластах угля изменяется от 5 до 30 — 40 м³/т, что постоянно осложняет разработку угольных месторождений и требует дегазации, эффективность которой пока в большинстве случаев не превышает 13—17% [8].

Газонасыщенность вмещающих пород. На территории Донецкой области в целом выделено 6 угленосных районов, где начальные потенциальные объемы свободных скоплений газа оцениваются в 250 млрд м³ на глубинах от 700 до 1800 м.

Газоносность песчаников подтверждается интенсивными газодинамическими явлениями и наблюдениями за газообильностью скважин и горных выработок шахт. Залежи метана в основном можно считать многопластовыми (от 2 до 8 продуктивных горизонтов, перспективных по извлечению метана). Площадь газоносности залежей — от 3 до 30 км², запасы

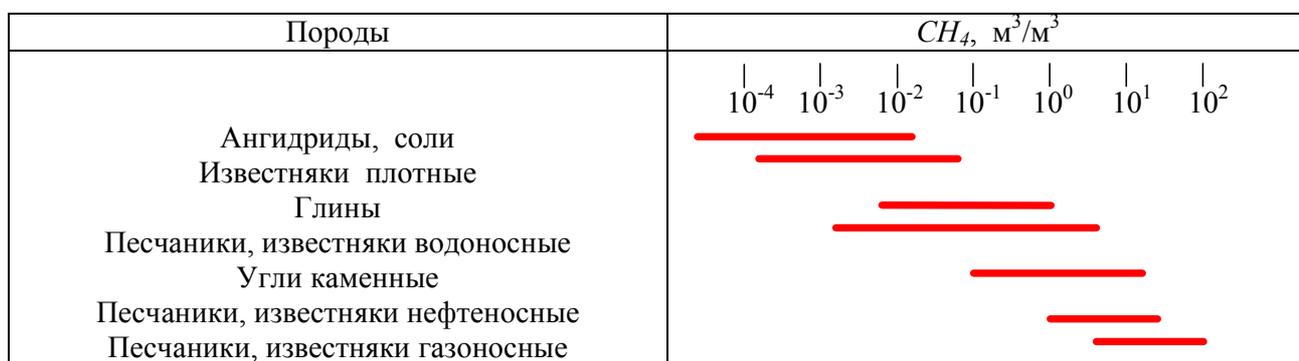


Рис. 2. Преобладающая газоемкость горных пород по метану

— 0,1—1,5 млрд м³, дебиты дегазационных скважин от 1 до 10 тыс. м³ сут.

Песчаники, сосредоточенные в зоне распространения малометаморфизованных углей (до марки Ж), имеют высокую пористость (до 12—15%), газопроницаемость и, соответственно, газоотдачу. С повышением степени метаморфизма углей пористость песчаников резко снижается (до 3—5% на углях марки К), что требует массивованного разрушения массива для активизации метановыделения. Это происходит в процессе добычи угля. На этом принципе выполняется дегазация и извлечение метана на поле шахты им. А.Ф. Засядько, когда дегазационные скважины бурятся перед фронтом горных работ и готовятся к приему метана заблаговременно до подработки и разрушения массива.

Перспективна вся полоса угленосных отложений, относящаяся к Красноармейскому, Южно-Донбасскому угленосным районам, а также площади Донецко-Макеевского угленосного района, где прогнозные ресурсы метана в коллекторах составляют 78,4 млрд м³. Максимальная газонасыщенность песчаников в угленосной толще прогнозируется на глубинах от 1150 до 1500 м. в Центральном, от 1250 до 1650 м в Донецко-Макеевском и от 1700 до 2050 м в Красноармейском угленосных районах, т.е. на глубинах, где разведочное бурение не проводилось. Газовые ресурсы данного типа составляют не менее 10—15% общих запасов метана Донецкой области. Промышленное значение они могут иметь в благоприятных структурно-тектонических условиях и на техногенных объектах шахтного метана. Газоносность алевролитов изменяется от 0,15 до 1,9 м³/м³, а аргиллитов — от 0,34 до 1,48 м³/м³ и обусловлена главным образом наличием углистого вещества и детрита, а также развитием трещинно-поровых и трещинных коллекторов [9].

Данные о газоемкости вмещающих пласт горных пород приведены на рис. 2 [11, с. 493].

Эмиссия метана в атмосферу. Свободный

метан, выделяющийся в атмосферу, — это в основном продукт антропогенной деятельности, связанной с добычей угля. По данным инвентаризации выбросов метана шахтами Украины, произведенной за период с 1999 по 2000 год, его объем пропорционален массе добытого угля и составляет в среднем 17,3 кг/т. В пределах от 15 до 90 млн т годовой добычи метановыделение описывается эмпирической зависимостью, полученной с помощью метода наименьших квадратов по данным, приведенным в [9]:

$$J = 2470 \left(\frac{Q}{67,5} \right)^{0,5}, \quad (1)$$

где J — количество выделившегося метана на шахтах Украины, млн м³; Q — годовая добыча, млн т.

Однако, по оценкам специалистов, велика вероятность того, что метан выделяется в атмосферу по всей подработанной площади через разломы и различные каналы, образовавшиеся в толще пород и почве. Об этом свидетельствуют многочисленные случаи проникновения метана в помещения и на отдельные участки земной поверхности [13; 14; 15]. Выявлено 62 точки выхода метана на поверхность и зарегистрировано 60 пожаров, в результате которых пострадали люди.

Точное измерение или расчет этого объема и концентрации газа в этом потоке из-за отсутствия надежной информации затруднены, хотя сам факт и продолжительность переноса газов отдельным исследователям удалось установить.

Установление достоверных данных о запасах шахтного метана и объемах его выбросов в атмосферу предприятиями отрасли имеет чрезвычайно важное значение как для выработки сбалансированной энергетической политики правительства Украины, так и для сотрудничества с партнерами по Рамочному соглашению к Киотскому протоколу. Один из последних источников такой информации — это инвентаризация выбросов метана угледобывающими предприя-

тиями, проведенная организацией «Партнерство по энергетической и экологической реформам» [9], представлены временные ряды эмиссии CH_4 за период с 1990 по 2001 год.

Проверка существования временного тренда средней удельной величины выбросов метана ($q = \text{кг/т}$) (тенденции) проводилась по разности средних уровней двух частей ряда, разбитого на две равные части [15, с.17], т.е. по величине t -статистики, с помощью выражения

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{S} \quad (2)$$

где y_1 и y_2 — средние для первой (1990—1995 гг.) и второй (1996—2001 гг.) половин ряда; n_1 и n_2 — числа наблюдений в этих группах; S — средние квадратичные отклонения разности средних, вычисляемые по формуле

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)^2 S_1^2 - (n_2 - 1)^2 \cdot S_2^2}{n + n - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (3)$$

Расчетное значение t оказалось равным 0,8, что меньше табличного значения t_α (при числе степеней свободы $n - 1$ и $P = 0,05$), равного 2,57. Это позволяет принять гипотезу об отсутствии тренда. Однако нестационарность ряда и наличие в нем максимумов и минимумов в крайних точках требует дополнительной проверки гипотезы об однородности дисперсий по величине \hat{F} -критерия, равного в рассматриваемом случае $S_2^2 / S_1^2 = 3,60$.

Табличное значение \hat{F} при тех же степенях свободы ($n - 1$) и при $P = 0,05$ равно 5,05, т.е. меньше \hat{F} , что позволяет, приняв гипотезу о равенстве дисперсии, использовать метод Фостера-Стюарта [15]. В этом случае ближайшие табличные значения t_α для U_t и l_t (см.: [15, с. 20]) больше 2.20 и превышают вычисленные \hat{t} (0,49 и 0,83). Таким образом, гипотеза об отсутствии тренда отвергается.

И действительно, сглаживание ряда пятилетней скользящей средней (см. рис. 3-б) указывает на существование тренда во временном ряду суммарной эмиссии метана из всех действующих угольных шахт, отнесенной к массе добытого угля.

На рис. 3-а представлен динамический ряд значений объема выбросов метана, отнесенного к добыче угля шахтами, где осуществляется дегазация углеродной толщи техническими средствами. Приведенные графики свидетельствуют о значительном размахе колебаний ординат соседних точек (до 15%) по нестационарности ряда. Ряд сглаженной пятилетней скользящей средней по своему виду представляет плоскую кривую второго порядка (параболу).

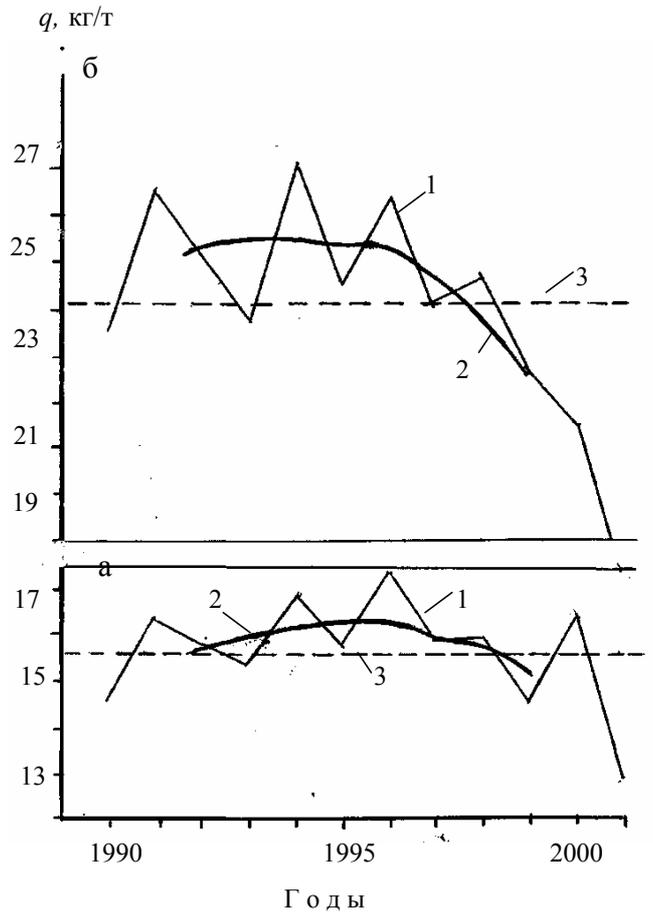


Рис. 3. Динамика удельных выбросов метана: а — из всех действующих шахт; б — из шахт, осуществляющих дегазацию. 1 — ряд абсолютных значений; 2 — ряд, сглаженный пятилетней скользящей средней; 3 — линия средней арифметической

Поскольку совокупность угледобывающих предприятий отрасли является системой, обладающей значительной инерцией, то вывод о недостаточной достоверности информации из-за случайных и неслучайных ошибок в измерениях и расчетах представляется вполне вероятным.

В 2005 году осуществляла дегазацию углеродного массива 41 шахта. Удельная эмиссия метана колеблется в пределах 7,2—141,9 кг/т. С помощью методов математической статистики данные по 10 объектам, где разность превышала отклонения от средней на 3σ , были отсеяны. Для оставшихся в массиве наблюдений объектов $\bar{q} = 24,25 \pm 9,06$ кг/т. При этом следует отметить, что, например, на девяти шахтах с производительностью более 3 тыс. т в сутки в 2005 году было получено почти $\frac{3}{4}$ валовой добычи в Донецкой области, каптировано 63% метана. Средняя

Стоимость добычи шахтного метана в основных угольных бассейнах США

Угольный бассейн	Штат	Плотность ресурса, скв. /га	Стоимость бурения и обустройства скважины, долл.	Коэффициент извлечения начальных запасов	Стоимость газа на головке скважины, долл. /тыс. м ³
Сан-Хуан	Колорадо, Нью-Мексико	128	750 000	0,8	4
Блэк Уорриор	Алабама, Миссисипи	32	— *	0,65	9
Аппалаччи	Теннесси	32	— *	0,5	— *
Пайсинс	Колорадо	16	834 000	0,15	44,7
Ривер	Вайоминг, Колорадо	64	750 000	0,6	13
Рэйтон	Колорадо, Нью-Мексико	64	330 000	0,55	6,5
Уинта	Юта	64	400 000	0,5	9
Паудер Ривер	Вайоминг, Монтана	32	65000	0,5	9

*Нет данных

удельная эмиссия метана составила 5,1 кг на тонну добытого угля. Таким образом, большое рассеивание данных, наличие нелинейного тренда во временном ряду удельных показателей эмиссии и его высокая динамика свидетельствуют о необходимости тщательного анализа источников возникших возмущений в информационных массивах.

Рассматривая вышеизложенный материал как предварительный маркетинг Донецкого угольного бассейна, можно утверждать, что существует достаточно оснований для вывода о целесообразности развития на его площади промысловой добычи метана как основного инструмента снижения угрозы земной атмосфере, опасности взрывов и пожаров в шахте, улучшения социально-экономической обстановки в Донбассе и вовлечения в хозяйственный оборот дополнительного энергетического ресурса.

Промысловая добыча. Наибольшие успехи в добыче шахтного метана достигнуты в США [4]. Его промышленная добыча началась в этой стране в 1984 г., когда было добыто 280 млн м³ газа через 284 скважины. К 1997 г. было пробурено уже 7300 скважин, а объем добычи достиг 32 млрд м³, что составило 6 % общего объема потребления газа. В 2000 г. число пробуренных скважин достигло 8000, объем добычи составил 35 млрд м³.

Основная часть газа, добываемого на угольных

месторождениях США, получена за счет применения методов интенсификации приплыва газа в скважины, в частности, гидроразрыва пластов.

Одним из наиболее весомых факторов, стимулировавших начало активной добычи шахтного метана в США, было принятие в 1980 г. закона об альтернативных видах топлива. Субъектам хозяйственной деятельности, занятым добычей шахтного метана, предоставлялась налоговая скидка (tax credit) в размере 15—20 долл./т у.т. Стоимость газа на головке скважины зависит от многих факторов: глубины залегания угольного пласта, его толщины, проницаемости пород, использования методов интенсификации газотдачи, и поэтому, как видно из табл. 3 (данные 2000 г. [4]), она колеблется в широком диапазоне.

В 1992 г. налоговые льготы были отменены, однако к тому времени технологии добычи шахтного метана были развиты настолько, что стоимость его добычи в большинстве случаев была в 2—3 раза меньше, чем природного газа.

Опыт США интересен с технологической точки зрения, поскольку основная часть газа добывается на тех угольных месторождениях, где добыча угля не производится или вовсе не предполагается. Собственно технология добычи газа достигла высокого уровня: скважины пробуриваются за несколько дней, процесс добычи полностью компьютеризирован, решены

проблемы поддержания высокого качества газа и подключения скважин к газопроводам, а также проблемы откачки и отвода минерализованных вод. С организационной точки зрения важным является принятие законодательства о предоставлении льгот на начальном периоде разработки месторождений, а также тот факт, что ввиду разбросанности и сравнительно небольшой величины месторождений их разработка осуществляется малыми компаниями.

При этом следует отметить, что прямой перенос существующих технологий извлечения метана из угленосной толщи (разработанных в США) достаточно проблематичен из-за разных горно-геологических условий залегания угленосных пород и физических показателей самих пород, оказывающих прямое влияние на извлекаемость метана из массива.

В Австралии технологии извлечения газа на шахтах и вне горных предприятий разрабатывались параллельно с США, и некоторые компании (Tirreary, Rio Tinto, ВНР) успешно ведут разработку метана уже с середины 90-х годов. Так, на угольном разрезе Моура, штат Квинсленд, извлечение метана начато в 1996 г. Добыча метана ведется горизонтальными скважинами, пробуренными по пласту на расстояние до 1500 м; газ поступает на очистительную фабрику, где в соответствии с техническими требованиями обезвоживается, фильтруется, сжимается и далее по газопроводу высокого давления поступает в города Брисбен и Гладстон. Правительство штата Новый Южный Уэльс одобрило строительство в районе г. Ньюкасл электростанции мощностью 12 МВт, которая будет работать на метане, извлекаемом из угольных пластов; планируется осуществление еще нескольких подобных проектов [16].

В Китае ресурсы метана угольных пластов составляют, по оценке компании China United Coalbed Methane Co. Ltd., 30—35 трлн куб. м. Интерес к извлечению метана из угольных пластов стал здесь проявляться в начале 90-х годов. За прошедшие 10 лет китайскими и иностранными специалистами пробурено более 100 опытных скважин на территории угольных бассейнов в восточной части страны.

Компании Arco, Phillips, Техасо и Saga Petroleum заключили с китайской компанией China United Coalbed Methane Co. Ltd. шесть контрактов на разведку и разработку метана. В 2000 г. Техасо Petroleum Co. подписала новые соглашения о совместном изучении ресурсов метана на западе Китая, в частности, в каменноугольных бассейнах Джунгар, Шэньфу и Баодэ на площади 6897 кв. км, где потенциальные ресурсы газа угольных пластов оцениваются в 1 трлн куб. м. В настоящее время объем добычи метана в Китае составляет около 0,5 млрд куб. м. Однако к 2005 г. пла-

нировалось увеличить годовую добычу до 3—4 млрд куб. м, а к 2010 г. — до 10 млрд куб. м.

В Канаде начались экспериментальные работы по извлечению метана на участке Паллисер в провинции Альберта. В проекте участвуют компании PanCanadian и Quicksilver Resoucers. Канадский газовый комитет (Canadian Gas Potential Committee) прогнозирует, что метан угольных пластов, ресурсы которого составляют около 8 трлн куб. м (тогда как ресурсы традиционного газа в стране — 5 трлн куб. м), в будущем станет основным видом добываемого газа в ряде районов Канады [16].

В Великобритании известная компания Coalgas Ltd. ведет добычу метана из двух заброшенных шахт — Макхрам, расположенной недалеко от города Мансфилд, и Ститлей. Компания разработала альтернативный метод извлечения метана посредством его откачки через вентиляционные стволы шахт, куда он поступает из неотработанных угольных пластов. В 1999 г. компания EuroGas Inc. из США подписала с германской Slovgold GmbH соглашение о проведении шестискважинной пилотной программы добычи метана в Южном Уэльсе.

В последние годы американские фирмы EuroGas Inc. и Pol-tex Methane Sp.z.o.o. получили возможность применить разработанные ими технологии добычи метана из угольных пластов в Польше, где, по их оценке, можно извлекать ежегодно несколько миллиардов кубометров газа. Так, несколькими пробуренными из шахты Весоло горизонтальными скважинами извлекается газ, используемый затем в производстве электроэнергии газовыми турбинами мощностью 2,5 МВт.

В России ведутся работы по дегазации и извлечению метана на шахте им. Ленина в Карагандинском угольном бассейне, где более 8 лет функционируют скважины с поверхности по извлечению метана из особо выбросоопасного мощного пласта D_6 . За 8 лет из 14 скважин было извлечено более 18 млн m^3 100-процентного метана, что позволило снизить газоносность пласта на 6—9 m^3/t . Извлечение газа продолжается, ряд скважин в настоящее время имеет дебит более 1—2 $m^3/мин$.

В Казахстане в структуру Угольного департамента АО «Миттал Стал Темиртау» входят 8 шахт, обрабатывающих запасы угля в Карагандинском угольном бассейне. Ежегодная добыча угля составляет около 12 млн т. Добыча 1 т угля сопровождается выделением от 15 до 120 и более m^3 метана [16].

В Украине добыча угольного метана ведется на шахте им. А. Засядько. Разрабатывается пилотный проект в границах горного отвода шахты «Горская» ГП «Первомайскуголь» и проект для шахты «Холодная Балка» ГП «Макеевуголь». Основным источни-

ком каптации угольного метана остаются шахтные дегазационные установки.

Заключение

Утилизация шахтного метана осуществляется различными путями. Это сжигание в топочных устройствах, в двигателях внутреннего сгорания, в когенерационных установках, в качестве дополнительного ресурса для магистральных трубопроводов.

Наряду со штатными средствами сжигания и переработки концентрированного угольного метана уже разработаны технологии использования низкоконцентрированного угольного метана. В их числе можно назвать теплоэнергетические кооперационные модули, которые способны потреблять обедненные метановоздушные смеси с колебаниями дебита и низкой концентрацией метана и вырабатывать при этом не только тепловую, но и электрическую энергию. Поскольку основная масса шахтных выбросов в атмосферу имеет низкую и поэтому взрывоопасную для топливных агрегатов концентрацию метана, то вопрос его использования может быть разрешен также с применением каталитического окисления с последующей утилизацией тепла отходящих газов. Перспективной представляется технология извлечения метана из низкоконцентрированных газовоздушных выбросов вентиляционных систем угольных шахт с помощью низкотемпературной адсорбции, при которой образование хладагента происходит вследствие кристаллизационных процессов. При этом попутно возникает возможность решить и такую важную для отрасли проблему глубоких шахт, как улучшение в них температурного режима. Весьма перспективная область для угольного метана — нанокерамика (электрохимические источники тока нового поколения).

Вместе с другими аргументами в пользу перевода угольного метана в разряд самостоятельных полезных ископаемых следует иметь в виду и то, что использование метана в качестве топлива существенно снижает его вредное влияние на окружающую природную среду, поскольку при его сжигании удельное количество загрязняющих веществ (килограммов на тонну условного топлива) значительно ниже, чем у других видов органического топлива. При сжигании угольного метана выбросов CO_2 образуется на 50 % меньше, чем при сжигании угля, и на 25 % меньше, чем при сжигании тяжелого нефтяного топлива, а выбросы пыли не образуются. С точки зрения выпадения кислотных дождей, фотохимического загрязнения, вызывающего разрушение озонового слоя, сжигание метана происходит с образованием очень малого количества парниковых газов.

Между тем утилизация (в широком смысле)

шахтного метана — это лишь часть проблемы угледобывающих предприятий.

Монотоварная специализация отрасли была целесообразной в первой половине прошлого века из-за стратегической роли угля в обеспечении железнодорожных перевозок колоссальных грузов на большие расстояния. По мере электрификации дорог, развития большегрузного автотранспорта, развития нефтегазовой промышленности и атомной энергетики уголь (возможно, временно) утратил своё стратегическое значение. Поэтому экономическое оздоровление угольной отрасли требует масштабной диверсификации.

В условиях развивающегося процесса перестройки структуры промышленного производства в Украине, ориентирующего государственную политику на безотходное производство как основу экономии природных ресурсов и снижения техногенной нагрузки на окружающую среду, возникает необходимость маркетингового эколого-экономического анализа перспектив «освоения» всех трех основных составляющих отходов профильных предприятий угольной промышленности — выбросов в атмосферу, сбросов в гидрографические сети, отходов от проведения, поддержания и ремонта горных выработок и обогащения угля, а возможно, и пересмотра требований к ориентации отрасли на используемые месторождения как метаногольные либо многопрофильные. Важным стимулом для осуществления такой стратегии на практике является убыточность отрасли, что в немалой степени обусловлено функциональной потребностью шахт затрачивать большую часть средств и ресурсов на поддержание жизненной среды в горных выработках, их воспроизводство, ремонт, водоотлив, вентиляцию, выдачу на поверхность и складирование породы в отвалы.

Анализ процессов, происходящих в экономике Украины, свидетельствует о том, что переход к инновационному по своей природе развитию в промышленных отраслях народного хозяйства происходит крайне медленно. В результате высокие энерго- и ресурсоемкость производства становятся причиной несбалансированности отечественной экономики с экономикой ведущих стран мира. Из-за несовместимости технологий, низкой способности к инновациям и инвестициям, из-за структурно-отраслевой, институциональной и социально-культурной несовместимости этот разрыв постоянно углубляется и угрожает стать непреодолимым. Между тем мировой опыт свидетельствует о том, что в последние годы в развитых государствах существенно изменилось соотношение факторов экономического роста.

Доля инновационных факторов становится все

большой, и среди них наблюдается рост экологических инноваций, которые в ряде случаев выступают в качестве средства разрешения экологических проблем и ресурсосбережения. И такое направление развития экономики Украины для быстрейшего преодоления застойных явлений, пожалуй, неизбежно.

Инновационные вложения, привлечение инвестиций со стороны и государственные преференции, системы налоговых льгот и специальных тарифов в принципе способны изменить сложившуюся эколого-экономическую ситуацию в отрасли. Систематизированные данные о ресурсах метана, о концентрации в выбросах, способах его утилизации являются важным этапом маркетинговых исследований.

Литература

1. **Геолого-углехимическая** карта Донецкого бассейна. Вып. 8. — М.: Углемехиздат, 1954. — 430 с.
2. **Горное** дело: Энциклопедический справочник. Т. 2. — М.: Углетехиздат, 1957. — 645 с.
3. **Касьянов В.В., Твердовидов, Джамалова Х.Ф., Лакоба М.В.** Состав и тип жидких углеводородов в Донбассе // Уголь Украины. — 1999. — № 10.
4. **Криштопа О.А.** Перспективы мировой добычи метана угольных пластов как источник первичной энергии // www.kaktus.chita.ru.
5. **Алейников Д.В., Кононов Ю.А., Валуконис Г.Ю.** Газовые ресурсы угленосной толщи Донбасса // Уголь Украины. — 1999. — № 1. — С. 41.
6. **Орлов А.В., Бурлуцкий Н.С.** Природные и техногенные залежи угольных месторождений северо-восточного Донбасса // Уголь Украины. — 2004. — № 3. — С. 34—35.
7. **Жикаляк Н.В., Назаренко А.М., Михелис А.В.** Природные энергоносители и экономика Украины: состояние, проблемы, перспективы // Уголь Украины. — 2000. — № 8. — С. 14—19.
8. **Авдеева А.М., Зося А.Н.** О скоплениях (залежах) свободных газов в угленосных отложениях юго-западного Донбасса // Уголь Украины. — 2004. — №11. — С. 28—32.
9. **Метан** вугільних родовищ України. Інвентаризація виходів метану з вугільних підприємств України за період 1990—2001 рр. / Пер. з англ. / Авт.: Д.Р.Тріплет та ін. — К., 2002. — 28 с.
10. **Карп И.Н.** Метан угольных пластов // Экология и ресурсосбережение. — 2005. — № 1. — С. 5—9.
11. **Горная** энциклопедия. — М.: Сов. энциклопедия. — Т.1. — 1984. — 560 с.
12. **Печук И.М.** Проникновение газов по трещиноватым породам в помещения и выработки. — К.: Изд-во АН УССР, 1962. — 111 с.
13. **Игашев В.Г., Потова В.А.** Формирование скоплений токсичных горючих газов в приповерхностном слое земли над отработанными пластами угля // Безопасность труда в угольной промышленности. — 1994. — №11. — С. 47—49.
14. **Партола В.А.** Продолжительность переноса газовой выделения до поверхности // Горный журнал. — 1997. — №8. — С. 59—64.
15. **Четыркин Е.М.** Статистические методы прогнозирования. — М.: Статистика, 1977. — 200 с.
16. www.kaktus.chita.ru.