

к.т.н. доц. Сятковский С.Л.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина),
инженер Шепелевич В.Д.
(Госгорпромнадзор, г. Киев, Украина)

О ВОЗМОЖНЫХ ИСТОЧНИКАХ И СПОСОБАХ ДОБЫЧИ ГАЗА ИЗ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Виконано аналіз даних по виділенню й промисловому видобутку метану при відпрацьовуванні вугільних родовищ Донбасу, Львівсько-Волинського басейну й закордонних країн. Зроблено кількісну оцінку запасів метану, зосередженого у вугільних басейнах СНД. Встановлено газову зональність в плані й розрізі родовища, для вугілля різних ступенів метаморфізму. Розглянуто форми знаходження газу в вугіллі, види газовиділення при порушенні системи “газ-вугілля” й запропоновані джерела, з яких можливий видобуток метану.

Недостаток энергетических ресурсов как в Украине, так и во всем мире способствует повышению интереса к использованию нетрадиционных источников получения топливно-энергетического сырья. Одним из них является метан угольных месторождений. Метан угольных бассейнов является относительно доступным и значительным резервом добычи газов по сравнению с другими нетрадиционными источниками горючих газов.

Украина обладает большим опытом извлечения газа, с целью снижения опасностей на рабочих местах при добыче угля. Этот газ издавна считали ненужным и опасным побочным продуктом. На шахтах Донбасса за год выделяется около 2,5 млрд. м³ метана, во Львовско-Волинском угольном бассейне - около 60 млн. м³. Доля используемого как топливо газа составляет всего около 8 процентов. Остальной газ выбрасывается в атмосферу и загрязняет окружающую среду. Наряду с этим в США добыча метана из угольных месторождений увеличилась с 5 млрд. м³ в 1990 году до более чем 50 млрд. м³ в 2006 году. Извлечением метана из угольных месторождений активно занимаются Австралия, Канада, Китай и Колумбия.

Исходя из вышеизложенного, в настоящее время необходимы научные работы, направленные на изучение возможных источников и

способов добычи газа с целью комплексного использования угольных месторождений Украины.

Метан вместе с его гомологами составляет от 80 до 100% общего объема природных газов угольных месторождений при подчиненном содержании азота, водорода, углекислого газа и др. [1].

В настоящее время угленосные толщи считаются не только важнейшими газопроводящими формациями в земной коре, но и мощными кладовыми углеводородных газов. Принципиальной особенностью газоносности угольных месторождений является резкая неравномерность в распределении метана в геологическом разрезе: в пределах освоенных глубин около половины массы метана сконцентрировано в угольных пластах, суммарная мощность которых составляет незначительный процент от общей мощности угленосной толщи. Природные газы находятся в различном состоянии: свободном, сорбированном, кристаллогидратном, и растворенном в подземных водах.

Количественная оценка метана, сосредоточенного в угольных бассейнах на разрабатываемых и разведываемых месторождениях, стала потребностью народного хозяйства. При перспективном планировании достоверно можно оценить ресурсы метана лишь в разведанных угольных пластах и приближенно - в маломощных пластах и прослоях угля, а также сорбированного рассеянным углистым веществом. Объем метана в свободной, растворенной или кристаллогидратной форме, заключенного в порово-трещинных полостях не поддается точному расчету, так как еще не найден способ определения щелеватости породных массивов и не ясны количественные закономерности распределения кристаллогидратов в угленосных толщах.

Общий объем метана угольных бассейнов СНГ оценивается от 100-150 до 240-250 трлн. м³ [2, 3]. Такие оценки получены на основе общих гипотетических представлений о процессах генерации газов при метаморфизме углей и доле метана, выделившегося в атмосферу. Более строгий подход к подсчету объема метана в угольных пластах основных каменноугольных и антрацитовых бассейнов СНГ базируется на геологоразведочных данных о распределении в бассейнах запасов углей по марочному составу и современной природной газоносности пластов, ее количественной зависимости от степени метаморфизма и глубины залегания углей.

Для подсчета объема метана запасы углей основных угольных бассейнов подразделены на три группы: низко (Д, Г)-, средне (от ГЖ до ОС)- и высокометаморфизованные угли, существенно отличающиеся по значениям природной метаноносности (таблица 1).

Таблица 1 – Разделение угольных бассейнов СНГ по группам (степени метаморфизма) и характеристика углей

Бассейн	Группа улей по степени метаморфизма и их средняя метаносность, м ³ /т	Стадии метаморфизма	Отражательная способность витринита		Марки улей	Выход летучих V ^{daf} , %
			В воздухе 10 R ^a , усл. ед.	В иммерсионном масле, %		
	Первая (низкая)	I-II	70-82	0,5-0,84	Д, Г	Более 35-37
Кузнецкий	8-12					
Печорский	10-15					
Донецкий	8-12					
	Вторая (средняя)	II-V	83-107	0,85-1,99	ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС, СС	35(37)-15
Кузнецкий	16-21					
Печорский	23-28					
Донецкий	14-18					
Карагандинский	18-23					
	Третья (высокая) ¹	VI-IX	108-150	2,0-5,5	Т,А	Менее 15-17
Кузнецкий	20-30					(>110 см ³ /г)
Печорский	20-30					
Донецкий	20-30					

¹ Исключены наиболее высокометаморфизованные антрациты (суперантрациты) – X стадия: 10 R^a>150, R^o>5,5, V^{daf}<110 см³/г.

Угольным месторождениям присуща газовая зональность в плане и в разрезе, обусловленная рядом природных факторов. В верхней части месторождений, в зоне газового выветривания, содержание метана в пластах обычно не превышает 1-2 м³/т для длиннопламенных и газовых, 3-4 м³/т для жирных и коксовых и 4-6 м³/т для тощих углей и антрацитов. В расположенной ниже зоне метановых газов с глубиной происходит общее нарастание метаносности. Наиболее быстрый рост метаносности наблюдается до глубины 400-600 м от границы метановой зоны. Далее с увеличением глубины темпы нарастания метаносности пластов заметно снижаются (интервал замедленного роста до 800-1000м). Весьма незначительные изменения газоносности на глубинах 1000-1500м дают возможность рассматривать их как интервалы практи-

ческой стабилизации метаноносности угольных пластов. Интенсивность роста метаноносности углей в метановой зоне повышается с возрастанием степени метаморфизма углей: от длиннопламенных (не превышает $8-10 \text{ м}^3/\text{т}$) к наиболее метаморфизованным (тощим) каменным углям (до $30-35 \text{ м}^3/\text{т}$) и достигает максимума (до $40-45 \text{ м}^3/\text{т}$) и у низкометаморфизованных антрацитов. Высокометаморфизованные антрациты (суперантрациты) резко отличаются от всех ископаемых углей низкой природной метаноносностью (до $2-5 \text{ м}^3/\text{т}$). Эти закономерности изменений природной метаноносности различных марок углей с глубиной и по площади служат базой для геологической оценки объема метана, содержащегося в угольных месторождениях.

Подсчет, выполненный до глубины 1800м в двух вариантах – для общегеологических и кондиционных запасов углей показал, что в четырех бассейнах СНГ содержится около 15 трлн. м^3 метана.

О распределении ресурсов метана по отдельным месторождениям в пределах бассейнов можно судить по результатам приближенных подсчетов, выполненных в Печорском бассейне, где до глубины 1800м в угольных пластах мощностью более 0,5м (в расчете на общегеологические запасы угля) объем метана (млрд. м^3) составляет: 200-300 на Воргашорском, 700-900 на Усинском, 600-800 на Сейдинском месторождениях и около 300-500 в Хальмерюзском районе [1]. Объем метана, заключенного в промышленных запасах отдельных шахтных полей, исчисляется миллиардами кубических метров (таблица 2).

Рекогносцировочные определения и расчеты показывают, что в тонких прослоях (менее 0,5м) содержится примерно 20-30% метана, а в рассеянном углистом веществе около 30-45%, т.е. на долю промышленных пластов приходится примерно 30-50% от общего объема метана, сорбированного концентрированной и рассеянной органикой. Учитывая эти соотношения, можно ориентировочно определить общий объем метана (трлн. м^3) во всей массе углистого вещества, которое в Кузнецком бассейне составит 20-25, в Печорском – около 5-7, а в Донецком и Карагандинском бассейнах - примерно 2-2,5. Полученные прогнозные оценки ресурсов метана позволяют считать метан угольных месторождений важным дополнительным энергетическим ресурсом, в первую очередь для районов и предприятий угледобывающей промышленности.

Зная количественные характеристики содержания метана в угольных пластах, рассмотрим возможность его извлечения в промышленных масштабах. Объёмы газов, находящихся в угольных пластах одной шахты [4], соизмеримы с его годовой добычей в Украине из газовых месторождений.

Таблица 2 – Запасы метана в отдельных угольных месторождениях и бассейнах СНГ

Бассейн	Шахта	Объем метана, млрд. м ³
Кузнецкий	«Распадная»	9,6-12,2
	«Капитальная»	6,5-8,2
	«Тайбинская»	2,3-2,8
	«Октябрьская»	2-2,8
	«Ильинская»	7,2-9,2
Карагандинский	«Саранская»	12,7-15,8
	Им. 50-летия Октябрьской революции	3,8-4,5
	Им. Костенко	3,2-3,7
Печорский	«Воркутинская»	3,5-4,2
	«Северная»	3,8-4,8
	«Комсомольская»	3,6-4,6
	«Воргадорская»	3,2-3,8
	«Усинская-1»	12,4-15,5
Донецкий	«Комсомолец Донбасса»	4,5-6,5
	«Суходольская-Восточная»	3,2-4,2

Для решения вопросов по эффективному извлечению газов из угольных пластов необходимо учитывать формы его нахождения в угле.

Доля свободного газа невелика, так как он занимает поровое пространство трещин и пустоты, суммарный объем которых не превышает 10÷12% общего объема угля. Значительная внутренняя поверхность пор угля и его свойства обуславливают нахождение метана в угольных пластах, в основном, в сорбированном состоянии [5-8]. Сорбционная способность углей зависит от многих факторов. К важнейшим из них относятся газовое давление, влажность, температура системы газ - уголь, состав сорбируемых газов и др.

При нарушении равновесного состояния в системе газ-уголь (например, при снижении газового давления) происходит переход газа из сорбированного состояния в свободное.

В естественном состоянии угольный пласт находится под большим давлением вмещающих пород. В порах и трещинах пласта устанавливается газовое давление, равное давлению метана, находящегося в свободном состоянии. Ему соответствует определенное количество газа сорбированного углем.

Газовыделение начинает проявляться, как только угольный пласт попадает в зону влияния горных работ и нарушается равновесие систе-

мы газ - уголь и создаются условия, способствующие десорбции газа из угля.

Кроме указанных форм нахождения газов в пластах наблюдается их выделение при термическом разложении углей без доступа воздуха [2]. В состав газов термического разложения углей входят водород ($48\div 82\%$), метан ($15\div 33\%$), окись и двуокись углерода ($10\div 30\%$) и некоторые другие. Состав этих газов имеет важное значение при газификации пластов.

Вопросы добычи газа из угольных месторождений на текущий момент остаются практически неизученными, так как все предыдущие годы главной задачей являлось обеспечение безопасных условий на рабочих местах при интенсивной отработке пластов.

Теоретическая проработка такой возможности и анализ практических результатов дегазации угольных пластов, начиная с пятидесятих годов показали, что решение задачи целенаправленной добычи газа существенно отличается от его попутной добычи при выемке угольных пластов.

В первую очередь это отличие заключается в конкретных целях. В одном случае необходимо обеспечить определенный уровень добычи газа с заданными его качествами. В другом – создать безопасные условия в горных выработках. Качество отводимого газа при этом жестко не регламентируется, поэтому метановоздушная смесь использовалась в редких случаях для бытовых нужд.

Главными источниками газовыделений в шахтах являются угольные пласты- разрабатываемые и сближенные. При ведении горных работ по разрабатываемому пласту газ выделяется как из отбитого угля, так и с обнаженной поверхности пласта.

Газовыделение из отбитого угля происходят интенсивно первые тридцать минут. В этот период выделяется до 80% газа, содержащегося в угле. Длительность газовыделения из отбитого угля, имеющая практическое значение, составляет около двух часов. Основными параметрами, влияющими на газовыделение являются фракционный состав отбитого угля, его газоносность, степень метаморфизма и др.

Изолированно отводить газ из отбитого угля с целью дальнейшего использования в промышленных масштабах технически и практически неосуществимо, и экономически нецелесообразно.

Параметры, характеризующие газовыделение с обнаженной поверхности разрабатываемого пласта, несколько отличаются от характеристик газовыделения из отбитого угля. Так, наиболее интенсивно газовыделение происходит в первые 2÷4 часа после обнажения, а газовыделение, имеющее практическое значение – 10÷20 часов. Влияющие фак-

торы - степень метаморфизма, глубина залегания от поверхности, трещиноватость и др.

Изолированно отводить газ, выделяющийся с обнаженной поверхности пласта также нецелесообразно по экономическим и техническим причинам. Неэффективным является и отвод газа из разрабатываемого пласта с помощью скважин, пробуренных в неразгруженных от горного давления зонах.

Подрабатываемые и надрабатываемые угольные пласты в большинстве случаев являются основными источниками газовыделения в горные выработки, выработанные пространства, дегазационные скважины и дневную поверхность.

На протяжении многих десятков лет газ, отводимый из этих источников с помощью дегазационных скважин, успешно использовался в шахтных котельных.

В связи с уменьшением интенсивности отработки угольных пластов в последнее время количество используемого газа существенно сократилось.

Непрерывные наблюдения за газовыделением на протяжении нескольких лет позволили более полно изучить процесс газовыделения из этих источников при активизации сдвижения пород. Использование явления активизации сдвижения пород позволяет добывать газ длительное время в условиях закрывающихся или закрытых угольных шахт. Возможность такой добычи газа подтверждается длительной (около 30 лет) эксплуатацией котельной ш/у “Алмазное” ГП “Донбассантрацит”, используемой газ, добываемый скважинами, пробуренными с поверхности вне зоны активного ведения горных работ. Возможность аналогичной добычи газа необходимо рассматривать индивидуально для каждой шахты или группы шахт.

Вмещающие породы могут заключать в себе значительные объемы газа, так как объемы их пор иногда достигают 30%. Опыт эксплуатации шахт показывает, что в некоторых условиях газовыделение в скважины, пробуренные в пористых породах, происходят на протяжении более 10 лет. Этот источник можно использовать для добычи газа в бытовых целях как с применением эффекта разгрузки пород от горного давления, так и без него.

В местах геологических нарушений иногда возможно повышенное газовыделение, но предсказать длительность его проявлений во времени практически невозможно. Такое газовыделение мало изучено и требует дополнительных затрат на их изучение.

Исходя из природы нахождения газа в угле и во вмещающих породах, способы его извлечения во многом зависят от горных работ по добыче угля. Перспективными являются следующие направления:

– добыча газа из разгруженных от горного давления зон при ведении очистных работ. Такой способ известен давно и применяется в странах СНГ с начала пятидесятих годов;

– добыча газа в условиях действующих, закрытых или закрывающихся шахт с использованием явления активизации сдвижения пород и накопления газа в определенных зонах. Проведенные нами наблюдения на шахтах Донбасса позволяют решать технические вопросы добычи газа в таких условиях;

– добыча газа из пористых вмещающих пород скважинами с использованием эффекта разгрузки, так и без него;

– добыча газа с нарушением природного равновесия систем “газ-уголь” или “газ-порода” вне зон влияния горных работ с применением других видов воздействия.

Выполнен анализ данных по выделению и промышленному извлечению метана при отработке угольных месторождений Донбасса, Львовско-Волынского бассейна и зарубежных стран. Сделана количественная оценка запасов метана, сосредоточенного в угольных бассейнах СНГ. Установлена газовая зональность в плане и разрезе месторождения, для углей разной степени метаморфизма. Рассмотрены формы нахождения газа в угле, виды газовыделения при нарушении системы “газ-уголь” и предложены источники, из которых возможна добыча метана.

There was carried out the data analysis on apportionment and industrial extraction of methane under the exploitation coalfields of the Donets basin, the Lvov-Volyn basin and foreign countries. There was carried out quantitative estimation the reserves of methane, which is concentrated in coal basins of the UIS. There was established the gas zones on plan and open-cast field, for the coals of different degree metamorphism. There were considered gas forms in coal, the kinds of gassing under the breaching of the “gas-coal” system and there were suggested the sources of methane extraction.

Библиографический список.

1. Газоносность угольных месторождений СССР. М., Недра, 1979.
2. Багринцева К.И., Васильев В.Г., Ермаков В.И. Роль угленосных толщ в процессах генерации природного газа.- Геология нефти и газа, 1968, № 6, С. 7-11.
3. Ермаков В.И. Особенности образования и накопления природного газа в угленосных отложениях. М., ОНТИ ВИЭМС, 1972.

4. Твердохлеб В.Ф., Колесник В.Я., Зимаков Б.М. Количественная оценка газа угольных месторождений. Уголь, 1986, № 4, С. 53 –55.

5. Закономерности распределения метана в угольных месторождениях. Петросян А.Э., Лидин Г.Д., Дмитриев А.М. и др. М.: Наука, 1973, 148с.

6. Щербань А.Н., Цырульников А.С. Газопроницаемость угольных пластов. Издательство АН УССР, 1958, 108 с.

7. Эттингер И.Л. Газоемкость ископаемых углей. М., Недра, 1966, 222 с.

8. Эттингер И.Л., Шульман Н.В. Распределение метана в порых ископаемых углей. М. Наука, 1975, 112 с.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Клишиным Н.К.