

УГОЛЬНЫЙ МЕТАН: СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Описаны перспективы использования метана в Украине и в ведущих угледобывающих странах. Даны предложения по развитию метаноиспользования в Украине.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метан, Донбасс, шахты.

Вопрос о промышленной добыче метана из угольных месторождений Донбасса весьма актуален и привлекает 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 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. Поэтому целесообразно рассмотреть проблему получения и использования метана в промышленности.

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 научный интерес [1—6]. 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 промышленные, т. е. пригодные для промышленной добычи запасы углеводородного сырья, которые не используются как энергетический ресурс.

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 [1]. Данные о запасах метана в странах мира приведены в табл. 1.

Таблица 1

ЗАПАСЫ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

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

Приведенные в табл. 1 данные характеризуются большим разбросом «плотности» метана (от 2,6 до 17,5 м³/т), что может быть не только следствием неодинакового метаморфизма угля месторождений в различных странах, а обусловлено другими причинами.

Информация о газовых ресурсах угленосной толщи Донбасса достаточно обширная (например, [1; 2; 5]), хотя достоверной оценки запасов метана в недрах Украины нет, поскольку расчет произведен по плотности ресурса и площади месторождений.

По данным бывшего Государственного комитета Украины по геологии, ресурсы метана, рассчитанные по шахтным полям и участкам, подлежащим дегазации, 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. По оптимистическим прогнозам, при поста-

новке специальных разведочных работ на газ до глубин 5000—5500 м запасы метана угольных месторождений могут быть существенно увеличены [1].

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 от 8 до 40 м³ на тонну сухой беззольной 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 угле вмещающей толщи превышает генерацию метана (Селидовский район Донбасса) [2].

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 зонах 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 определяются по началу выделения метана в горные работы в количестве свыше 2 м³/т.

Газоносность угольных пластов. Содержание метана изменяется от 5 до 30—40 м³/т, что постоянно осложняет разработку уго-

льных месторождений и требует дегазации, эффективность которой пока в большинстве случаев не превышает 13—17 % [3].

Газоносность (газообильность) 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 обрушивающихся пород и подрабатываемых пластов, и пропластков. Шахты, где выделяется метан, называют газовыми. Они подразделяются на категории (табл. 2) [4, с. 497].

Таблица 2

КАТЕГОРИИ ШАХТ ПО ГАЗУ

Газ	Уровень категоричности				
	I	II	III	Сверх-категорийные	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

В большинстве шахт относительное выделение метана превышает 30 м³/т добытого угля. Объемы метана, полученного дегазационными системами, в предыдущие годы составляли от 230 до 590 млн м³/год. При этом следует учитывать, что при добыче угля он отдает сорбированный метан с трудом (это одно из существенных отличий месторождений Донбасса от аналогичных в США). Это сильно затрудняет дегазационные работы, поскольку недостаточно пробурить в газоносную толщу скважину, а требуется разрушить массив, чтобы снизить внутрипластовое давление и нарушить химические связи, удерживающие метан в порах угля [5].

Исходя из практики проведения дегазационных работ на шахтах Донбасса, извлечение метана из углей составляет в среднем 5—10 %. Остальной метан поступает в горные выработки из окружающей угленосной толщи. Ранее в процессе разведочных работ метан рассматривался лишь как фактор, осложняющий горно-геологические условия разработки. Начиная с 1984 г., в процессе оценки угольных месторождений началась выполняться

оценка запасов и ресурсов метана в различных фазах его содержания (уголь в извлекаемых пластах, уголь в пластах-спутниках и вмещающие породы, благоприятные для извлечения). К сожалению, единые требования к оценке запасов метана до настоящего времени не выработаны, из-за чего на разных площадях оценка выполняется частично (чаще всего — только в углях основных разрабатываемых пластов). В настоящее время на Государственном балансе Украины числится по действующим шахтам Донецкой области 1003 млрд м метана в углях, что позволяет рассматривать угольные месторождения как углегазовые [6].

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 метров.

Площадь газоносности залежей — от 3 до 30 км², запасы 0,1—1,5 млрд м³, дебиты дегазационных скважин от 1 до 10 тыс м³/сут. Песчаники, сосредоточенные в зоне распространения мало метаморфизованных 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. 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.

Промышленная добыча. Наибольшие успехи в добыче шахтного метана достигнуты в США [2]. Его промышленная добыча началась в этой стране в 1984 г., когда было добыто 280 млн м³ газа из 284 скважин. 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.

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 газоотдачи, и поэтому, как видно из табл. 3 (данные 2000 г.), 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 точки зрения организационной 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 со США, и неко-

торые компании (Tipperary, 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. Ньюкасла электростанции мощностью 12 МВт, которая будет работать на метане, извлекаемом из угольных пластов; планируется осуществление и еще нескольких подобных проектов [7].

Таблица 3

**СТОИМОСТЬ ДОБЫЧИ ШАХТНОГО МЕТАНА
В ОСНОВНЫХ УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ США**

Угольный бассейн	Штат	Плотность ресурса, га /скв.	Стоимость бурения и обустройства скважин, долл.	Коэффициент извлечения начальных запасов	Стоимость газа на головке скважины /тыс. м ³ долл.
Сан Хуан	Колорадо, Нью Мексико	128	750 000	0,8	4
Блэк Уорриор	Алабама, Миссисипи	32	— *	0,65	9
Аппалаччи	Тоннеси	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	65 000	0,5	9

*Нет данных

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, Texaco и Saga Petroleum заключили с китайской компанией China United Coal-bed Methane Co. Ltd. шесть контрактов на разведку и разработку метана. В 2000 г. Texaco 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. планировалось 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 Resources. 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 [6].

В Великобритании известная компания Coalgas Ltd. ведет добычу метана из двух заброшенных шахт — Макхрам, расположенной недалеко от г. Мансфилда, 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 скважины с поверхности функционируют более 8 лет по извлечению метана из особо выбросоопасного мощного пласта Д₆. За 8 лет из 14 скважин было извлечено более 18 млн м³ 100 %-го метана, что позволило сни-

зять газоносность пласта на 6—9 м³/т. Извлечение газа продолжается, ряд скважин в настоящее время имеет дебит более 1—2 м³/мин.

В Казахстане в структуру Угольного департамента АО «Миттал Стал Темиртау» входят 8 шахт, отрабатывающих запасы угля в Карагандинском угольном бассейне. Ежегодная добыча угля составляет около 12 млн т. Добыча одной тонны угля сопровождается выделением от 15 до 120 и более м³ метана [7].

В Украине работы по добыче угольного метана ведутся 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 источником каптации угольного метана остаются шахтные дегазационные установки.

Таким образом, выполненный анализ позволил установить следующее. Имеющихся технических критериев качества угольных пластов в пределах месторождений Украины, накопленных информационно-данных о возможных экономико-экологических результатах использования первичного природного ресурса (уголь, вода, угольный метан) достаточно для составления универсального кадастра как базиса установления размеров дифференциальной природной ренты за пользование недрами в границах горного отвода.

Литература

1. Захаров Е. П., Гершун О. С. Метан угольных пластов в различных аспектах // Уголь Украины. — 1999. — № 10. — С. 29—33.
2. Авдеева А. М., Зося А. Н. О скоплениях (залежах) свободных газов в угленосных отложениях юго-западного Донбасса // Уголь Украины. — 2004. — № 11. — С. 28—32.
3. Саратикянц С. А., Майдуков Г. Л., Лобки В. М. Формирование качества угля в процес се добычи. — М.: Недра, 1983. — 184 с.
4. Горная энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. Т. 1. — 1984. — 560 с.
5. Шестопалов А. В. Об эффективности геолтехнологий добычи угольного метана, основанных на образовании полости вокруг скважины. — Сб. Сокращение эмиссии метана. Доклады II Международной конференции. — Новосибирск: СО РАН, 2000. — С. 439—445.
6. Алейников Д. В., Кононов Ю. А., Валукоис Г. Ю. Газовые ресурсы угленосной толщи Донбасса // Уголь Украины. — 1999. — № 1.

Стаття надійшла до редакції 30.12.2006