

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ УГОЛЬНОГО МЕТАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е.А.Воробьев, К.К.Софийский, Э.И.Мучник, Д.П.Силин
Автомобильно-дрожный институт ДонНТУ, ИГТМ НАН Украины

Викладено аналіз запасів метану у світі і на Україні. Вказано способи використання метану для промислових цілей. Розглянуто фізичні процеси, які відбуваються у вугільних пластах і способи видобутку метану з застосуванням гідродинамічного впливу на пласт.

Дегазация угольных пластов и использование шахтного метана в настоящее время является одной из актуальных проблем разрабатываемых угледобывающими странами. Решение этой проблемы осуществляется в следующих основных направлениях: обеспечение безопасности ведения горных работ; снижение себестоимости угля путем повышения нагрузки на забой, использование метана как альтернативного вида топлива; улучшения экологической ситуации в угледобывающих регионах.

Решение этой проблемы особенно актуально для Украины, где уголь является основным энергоносителем, обеспечивающим энергетическую независимость государства на длительную перспективу, а угольные шахты классифицируются как одни из самых газоносных в мире.

По ресурсам метана Украина занимает четвертое место в мире, последняя их оценка составляет около 12 трлн.м³, что в 3-3,5 раза превышает запасы природного газа /1/.

Наиболее перспективным источником угольного метана, существенно влияющим на структуру топливно-энергетического комплекса восточных районов, являются газозольные месторождения Донецкого бассейна. Ресурсы метана в угольных пластах, залегающих на глубине до 1800 м по одной из предварительных оценок превышают 1600 млрд. м³ /2/. Данные представленные разными авторами отличаются ввиду отсутствия единой методики подсчета ресурсов угольного метана. По данным О.Е. Иванцова и др. /3/ реальные ресурсы углеводородных газов в угольных пластах и пропластках Донбасса составляют 645,3 млрд. м³, в том числе на участках разведки 352,6 млрд м³, на шахтных полях 292,7 млрд м³ промышленные запасы, т.е. те, извлечение которых потенциально возможно, составляют 268 млрд м³, или 40 %.

Принимая во внимание, что на каждый рабочий угольный пласт приходится в геологическом разрезе 3-4 и более пластов и пропластков некондиционной мощности, а в сумме их мощность равна или превышает мощность промыслового пласта становится ясно, что лишь в угольных пластах Донецкого бассейна содержится около 1 трлн. м³ метана. Кроме того, есть основание утверждать, что углевмещающие породы аккумулируют и содержат в 1,5-2 раза больше углеводородных газов, чем во всех угольных пластах, это значит, что в породах заключено не менее 1,5-2 трлн. м³ газа. Поэтому следует ориентироваться при определении объемов добычи метана на величины общих объемов его ресурсов порядка 3-3,5 трлн. м³, т.к. именно эти объемы признаны реальными для добычи.

Украинские ученые и производственники накопили значительный опыт в области разведки и оценки ресурсов метана. Результаты научных исследований и практическое использование разработанных различных методов дегазации позволяет рассчитывать на перспективность успешного использования потенциала отрасли добычи и утилизации угольного метана.

Вместе с тем Украина может использовать свои ресурсы только при наличии соответствующей законодательной и нормативной базы. Начиная с 1994 года был разработан ряд проектов, а также принят ряд указов и постановлений, направленных на реализацию программы промышленной добычи метана из угольных месторождений Донбасса. В 1998 году для решения на государственном уровне указанных проблем был создан «Центр альтернативных видов топлива», учредителями которого стали Национальная академия наук Украины и Министерство угольной промышленности. Кроме участия в разработке законодательных актов, одним из направлений работы центра является участие в создании ряда пилотных проектов, представляющих разведку добычу и утилизацию угольного метана.

Проектом «ДонецкГРГП ГОЛО», НПП «Донецкугледегазация» и др. были определены пять участков Донецкого бассейна, наиболее пригодных для добычи угольного метана. Их площади и ресурсы представлены в табл. 1.

Несмотря на насущную проблему извлечения и утилизации метана из угольных пластов, в настоящее время их дегазация в Донецком бассейне осуществляется недостаточно. Только на 66 шахтах из 180 имеются действующие дегазационные системы. Из 200 млн. м³ газа извлекаемого из дегазационных скважин утилизируется в шахтных котельных лишь 80 млн. м³. Добыча и использование угольного метана связаны не только с материальными возможностями шахт, но обу-

словлены фильтрационными свойствами угольных пластов, а также физическими свойствами метано-воздушной смеси.

Таблица 1

№№ участков	Дегазируемые участки	Площадь, км ²	Ресурсы, млрд.м ³ по методике Украины
1.	Добропольско-	963	76,4
2.	Красноармейская	557	18,2
3.	Гришано-Андреевский	530	57,2
4.	Южнодонбасский	293	44,5
5.	Донецкий Макеевский	246	35,9

Все применяемые способы извлечения метана из угольных пластов обычно направлены на борьбу с метаном без учета энергетической и технологической его ценности. Основное количество выбрасывается в атмосферу в виде низкоконцентрированной смеси с воздухом, получаемой в результате проветривания шахт или некондиционных (менее 25 %) метановоздушных смесей выдаваемых системой дегазации. В 1997 году в Донбассе извлечено 2428 млн. м³ метана, в том числе 1970 млн. м³ вентиляционными установками, остальной каптирован дегазационными системами, из которого утилизировано 207 млн. м³ (18,4 % извлеченного), причем 5 млн. м³ (0,2 % извлеченного) получено из скважин, пробуренных с поверхности /4/.

На 32 шахтах Донбасса с 1965 года проводились экспериментальные и опытно-промышленные работы по созданию технологии техногенной и предварительной дегазации угольных месторождений через скважины, пробуренные с поверхности на глубины от 260 до 1500 м. Всего было пробурено 120 скважин. Применялась гидродинамическая обработка в режимах гидроразрыва и гидрорасчленения /4/. При предварительной дегазации участка «Южнодонбасский № 12» из скважин в течение 5 лет извлечено свыше 17 млн. м³ метана, её эксплуатация продолжается. Газ отличается высоким содержанием горючих углеводородов: из угольных пластов – 96-98 %, из песчаников 91-93 %.

Утилизация кондиционного угольного метана осуществляется, в основном, при сжигании в шахтных котельных и для отопления шахтных поселков.

В последнее время появились предложения самообеспечения угледобывающих предприятий теплом и электрической энергией путем их дооборудования газодизельгенераторными установками (ГДГУ), работающими на шахтном метане /5/.

Достаточно интенсивно, по сравнению с другими, ведутся работы по добыче и утилизации угольного метана на Арендном предприятии «Шахта им. А.Ф. Засядько» /6/. На поверхности работают две вакуум-насосные установки, которые в значительной мере обеспечивают шахтные котельные метаном. С 1980 года применяется дегазация угольных пластов через скважины, пробуренные с поверхности, за 20 лет сооружены 45 скважин, и сейчас ежегодно бурится по 3-4. Объем добычи чистого метана составляет 2-2,5 млн. м³ в год, причем, около 1 млн. м³ идет для заправки автотранспорта на газозаправочной станции – до 100 автомобилей ежесуточно. Ведется поиск путей эффективного использования как альтернативного топлива остаточного метана, а также содержащегося в исходящей струе воздуха.

Результаты многолетнего изучения свойств и физических процессов, происходящих в неразгруженных угольных пластах показывают, что:

- газоносные угольные пласты в нетронутом состоянии практически непроницаемы;
- в газоносных пластах около горных выработок и вокруг скважин образуются проницаемые зоны, фильтрационные параметры которых зависят от развития деформационных процессов в угле;
- угольное вещество обладает способностью накапливать метан в различных формах, при этом установлено, что газ, находящийся в свободном состоянии внутри пор, трещин и других дефектов сплошности угля составляет 2-12 %, а подавляющее его количество (90 % и более) находится в связанном с углем состоянии.

Неразгруженный от горного давления угольный пласт представляет природную пористую систему, которая имеет замкнутые, изолированные между собой поры и является газоносной, нефилтующей средой. Разгрузка такой среды от горного давления приводит к увеличению проницаемости, появлению трещин и объединению их в фильтрационные каналы, что в свою очередь увеличивает количество десорбированного метана и газовой выделению его в добычную скважину.

Другой проблемой добываемого угольного метана является его безопасная концентрация в газовоздушной смеси (концентрация метана от 25 % до 30 % - взрывоопасна). Использовать такую смесь для сжигания в котельных невозможно, требуются дополнительные мероприятия для приведения её к нормативным показателям.

Нами разработаны способы интенсификации процесса дегазации угольных пластов путем применения гидродинамического воздействия через скважины. Разработанный способ в корне отличается от применяемых в настоящее время гидроразрыва и гидрорасчленения /7/.

Идея способа – инициирование управляемого гидродинамического явления на заданном участке газонасыщенного угольного пласта. Известно, что газодинамические явления возникают вследствие резкого изменения напряженного состояния угольного пласта и сопровождаются частичным или полным разрушениям угля и бурным выделением газа. Способ гидродинамического воздействия предполагает нарушения механического и газового равновесия в системе «скважина – угольный пласт» путем осуществления циклического знакопеременного изменения давления в небольшом диапазоне его перепадов: от 2 до 4 Мпа, используя при этом как природные, так и техногенные факторы развязывания газодинамических явлений.

Метод гидродинамического воздействия на газонасыщенные угольные пласты через скважины, пробуренные как из забоя для предварительной дегазации, так и с поверхности для добычи газа, это комплекс операций, инициирующий газодинамическое явление, скорость развития которого ограничивается сечением скважины, а также регулируется посредством специального оборудования.

Сущность процесса гидродинамического воздействия заключается в приложении к свободным поверхностям угольного пласта знакопеременных нагрузок, создаваемых подачей в пласт рабочей жидкости под давлением с последующим его сбросом в системе «скважина - угольный пласт». Во время подачи рабочей жидкости в пласт открытие поры угля заполняются водой, при этом по каналам, превышающим размеры 10^{-7} см идет прямая фильтрация, а поры с меньшими размерами заполняются жидкостью посредством капиллярного поднятия и в дальнейшем эта вода в фильтрационном процессе не участвует, оставляя неподвижной и создавая значительное гидравлическое сопротивление обратному движению жидкости и газа при сбросе давления в системе.

В момент сброса давления происходит резкое нарушение равновесия в системе. Жидкость и вытесняющий её газ движутся в сторону скважины, однако скорость изменения давления в системе значительно опережает скорость обратной фильтрации. Образовавшийся градиент давления отрывает заполненный водой слой угля. Резкое падение давления в системе «скважина – угольный пласт», а также образование при отрыве слоя угля новых поверхностей вызывает стремитель-

ную десорбцию газа, что в свою очередь, также способствует разрушению угля. Повторение циклов подъем-сброс давления в скважине, осуществляемых с помощью рабочей жидкости, способствует нарастанию процессов разрушения угольного пласта и десорбции газа, вплоть до развития процесса, так называемого, «самоподдерживающегося разрушения», который, в сущности, является газодинамическим явлением, управляемым задвижкой, которая позволяет регулировать выброс из скважины воды, разрушенного угля и газа.

Процесс разрушения угля и сопровождающей его десорбции газа продолжается до образования в пласте достаточного числа каналов по которым подаваемая рабочая жидкость может свободно двигаться, не создавая сопротивления необходимого для отрыва слоя угля от массива. По достижении такого положения процесс гидродинамического разрушения затухает. Внутри угольного массива образуется зона разупрочненного угля, со значительной поверхностью обнажения, с которой десорбируется газ, при этом газовыделение из скважины продолжается в течение длительного времени. Быстрая десорбция газа обуславливает его высокое давление на выходе из скважины, что позволяет проводить отбор газа без применения вакуумной установки. Это обстоятельство обеспечивает и высокую концентрацию добываемого из скважины метана, практически 100 %.

Способ гидродинамического воздействия был широко опробован как противовыбросное мероприятие перед вскрытием выбросоопасных угольных пластов. Полученные статистические данные позволяют утверждать о высокой эффективности его использования для дегазации угольных пластов с целью добычи высококачественного угольного метана. Одним из основных аргументов в пользу использования гидродинамического воздействия для добычи газа является весьма значительное повышение средней скорости газовыделения, данные о котором представлены в таблице 2.

Сравнение средней скорости газовыделения с начальной, которая не превышает 0,27 м³/час, показывает, что её увеличение достигает 1000 раз.

Применение гидродинамического воздействия для дегазации угольных пластов возможно как через скважины, пробуренные из забоя с отбором газа дегазационной системой, так и из пробуренных с поверхности. Способ решает обе проблемы дегазации: значительное увеличение фильтрационного объема массива (пористость в зоне влияния скважины составляет от 16 до 24 %) а также повышения объемов десорбции газа вследствие нарушения механического и газового равновесия в системе «скважина – пласт» и образования обширной

поверхности обнажения в результате разрушения угля внутри массива.

Таблица 2 Повышение скорости газовыделения при гидродинамическом воздействии на угольные пласты

Пласты	Природн. газоносн. м ³ /т	Время гидродинамического воздействия, час.	Количество добытого угля, т	Начальная скорость газовой выделення, м ³ /час.	Количество выдел. газа, м ³	Средняя скорость газовой выделення, м ³ /час.
m ₅ - Куцкий	18,5	17,0	20	0,070	4000	235
m ₃ - Толстый	17,0	21,5	14	0,039	3000	140
k ₅ - Подпяток	15,0	20,5	16	0,042	2500	121
l ₄ ^h - Девятка	25,0	9,6	14	0,090	5000	521
m ₃ - Толстый	17,0	19,0	24	0,076	3200	168
m ₃ - Толстый	17,0	11,0	14	0,076	2500	227
m ₃ - Толстый	19,0	13,0	16	0,074	4000	307
l ₁ - Мазур	20,0	18,0	39	0,130	5500	306
m ₃ - Толстый	21,0	8,0	15	0,112	3000	375
l ₄ - Девятка	25,0	12,0	20	0,100	5000	416
l ₇ ^b - Пугачевка	22,0	20,0	17	0,048	6000	300
k ₅ - Пята	12,0	26,0	15	0,034	2000	77

В настоящее время ведутся работы на шахте им. А.Ф. Засядько, по интенсификации дегазации угольных пластов с применением гидродинамического воздействия. Первые результаты показывают, что при необходимой корректировке параметров воздействия, способ эффективен для значительного ускорения процесса дегазации.

Кроме того, проводятся работы на участке Северо-Родинский № 2 Красноармейского полигона по интенсификации газовой выделення из угольных пластов скважинами, пробуренными с поверхности при использовании гидроимпульсного, гидродинамического и электроразрядного воздействий.

Таким образом, новые нетрадиционные способы воздействия помогут решить насущные проблемы добычи альтернативного вида топлива, безопасности горных работ и загрязнения окружающей среды.

Литература

1. В.В. Касянов, Ст. Ламберт. Перспективы развития метановой отрасли в Украине // Геотехническая механика. - 2000. - № 17. – С. 6-11.
 2. О.А.. Куц, В.В. Кирюков. Перспективы освоения газоугольных месторождений Донбасса // Геотехническая механика. – 2000. - № 17. – С. 23-29.
 3. О.Е. Иванців, С.О. Лизун, І.В. Дудок, П.М. Явний. Ресурси метану вугільних родовищ Донецького басейну // Геотехническая механика. – 2000. - № 17. С. 21-25.
 4. В.В. Конарев. Метан угольных месторождений – пора заняться им всерьез. // Уголь Украины. – 2000. - № 2-3. - С. 3-7.
 5. А.Ф. Булат, И.Ф. Чемерис. Техничко-економическі аспекти утилізації шахтного метана в газодизельгенераторних установках. // Геотехническая механика. – 2000. - № 17. – С. 19-23.
 6. В.С. Грязнов. Арендное предприятие «Шахта им. А.Ф. Засядько. // Уголь Украины. – 2001. – № 8. -С. 6-8.
 7. К.К. Софійський, Э.И. Мучник, Е.А. Воробьев. Перспективы применения гидродинамического воздействия на угольные пласты. // Уголь Украины. – 1997. - № 8. – С. 36-37.
-