

2. Забигайло В.Е., Лукинов В.В. О соотношении степени метаморфизма углей и стадий катагенеза пород // Геология и геохимия горючих ископаемых. — 1989.— № 73. — С. 1—7.
3. Бучинская Г.В., Шевчук О.М. Порівняльна характеристика постдіагенетичних змін пісковиків зони глибинного катагенезу Донецького і Львівсько-Волинського басейнів// Геологія і геохімія горючих копалин.— 1994. — № 1—2. — С. 79—89.
4. Прошляков Б.Н. Вторичные изменения терригенных пород коллекторов нефти и газа. — М.: Недра, 1974. — 225 с.
5. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: слюды и хлориты. — М.: Наука, 1991. — 170 с.
6. Забигайло В.Е., Николин В.И. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность. — К.: Наукова думка, 1990. — 163 с.
7. Смишко Р.М., Антонышин Г.И. Роль органических соединений в постседиментационных процессах преобразования терригенных пород // Геология и геохимия горючих ископаемых. — 1989. — № 72. — С. 32—36.

УДК 622.411.332.004.82(477.61/.62)

Г.Г. Пивняк, В.И. Бондаренко, Ю.Т. Разумный, В.П. Лишин,
Национальный горный университет Украины, г. Днепропетровск

АНАЛИЗ РЕСУРСНЫХ ЗАПАСОВ ШАХТНОГО МЕТАНА ЗАПАДНОГО ДОНБАССА И НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Наведені результати дослідження газоносності та розрахунку запасів шахтного метану у надрах Західного Донбасу. Розглянуті перспективи видобутку метану та його використання.

THE ANALYSIS OF THE RESERVES OF THE COAL METHANE IN WESTERN DONBAS AND METHODS OF ITS USAGE

The results of the analysis of the gas content and calculation of the coal methane reserves in Western Donbas are presented. The further development of the methane extraction and its utilization are studied.

Ежегодно на Украине в результате деятельности угольных шахт извлекается более двух млрд. куб. м. метана, который выбрасывается в атмосферу, а утилизируется - не более 0,1 млрд. м. куб.

Угленосные отложения Западного Донбасса, также как и угленосные комплексы Донбасса являются основными нефтегазовыми комплексами в

Донецко-Днепропетровской впадине (ДДВ). К ним относятся отложения верхне-визейского яруса нижнего карбона (свиты $C_1^2 - C_1^4$), башкирского яруса среднего карбона ($C_2^2 - C_1^4$), московского яруса ($C_2^5 - C_3^1$).

Преобладающими коллекторами газа-метана являются угольные пласты и песчаники.

В соответствии с проведенной оценкой генерационного и аккумуляционного потенциалов угленосной формации в Западном Донбассе (район деятельности Государственной холдинговой компании "Павлоградуголь") путем применения существующих технологий опережающей дегазации угольных пластов, возможно уже сегодня утилизировать свыше 1,2 млрд. m^3 метана, находящегося в ловушках, а также значительное количество его из угольных пластов действующих шахт, что позволит повысить надежность проветривания шахты, увеличить нагрузки на лавы, и, следовательно, добычу угля, а так же:

- уменьшить расход воздуха на проветривание шахты;
- повысить безопасность подземных работ;
- выполнить более глубокую дегазацию угольных пластов;
- снизить объем вредных выбросов в атмосферу в 5 и более раз.

В результате анализа геологических материалов по Западному Донбассу получена обоснованная оценка запасов шахтного метана, составляющая 142,2 млрд. m^3 . С учетом реальной извлекаемости газа можно рассчитывать на суммарную добычу метана около 70 млрд. m^3 . Такие запасы метана должны представлять государственный и коммерческий интерес.

Ресурсы углеводородных газов УВГ в недрах Западного Донбасса в целом составляют 142,2 млрд. m^3 , в том числе в угленосной толще нижнего карбоната (Павлоградско-Петропавловский углепромышленный район) - 47,7 млрд. m^3 , в среднекарбонных отложениях (Лозовской угленосный район) — 94,5 млрд. m^3 .

Суммарные ресурсы углеводородных газов во вмещающих породах Западного Донбасса составляют 42,3 млрд. m^3 , в том числе 1,0 млрд. m^3 - в углистых породах и 41,3 млрд. m^3 - в безуглистых.

Угленосные отложения в Западном Донбассе характеризуются:

- высокой газоносностью карбона на малых глубинах;
- развитием поровых коллекторов и зон разуплотнения их;
- пластовыми давлениями свободных газов в ловушках близких к гидростатическим или несколько выше гидростатических;
- многообразием форм ловушек.

В Павлоградско-Петропавловском углепромышленном районе были проведены работы по изучению аномальных проявлений свободных углеводородных газов, выявленных разведочными работами (1989 - 1992 гг.)

В результате, на участке Коховском скважинами №№ 905П, 1000П, 1010П, 1030П была оконтурена сложная литолого-структурно-тектоническая ловушка природного газа в пределах песчаного коллектора D_1^{3B} s D_1^{5B} на глубине 392-398 м. Запасы газа на площади 3,4 км составили 3,9 млн. m^3 . Настоящие запасы могут обеспечить газом село с населением

1000 чел. в течение 15 лет. Стабильное содержание гелия в пробах газа, отобранных в течение 30 суток, свидетельствует об отсутствии признаков истощения залежи.

На поле шахты Благодатной в мае 1993 г. на глубине 250 м в 108 лаве, отрабатывающей угольный пласт c_1 наблюдалось интенсивное газопроявление из боковых пород и кровли угольного пласта, продолжающееся до настоящего времени. После изучения геологических материалов, построения структурной карты песчаника c_1 с c_2 и литолого-стратиграфического разреза интервала c_1 - c_2 , выявлено, что источником поступления газа в горную выработку является литолого-тектоническая ловушка в песчаном коллекторе c_1 с c_2 . Максимальная мощность песчаника в ловушке - 7,4 м, максимальная глубина залегания кровли коллектора 262 м. Запасы газа в ловушке составляют 8,4 млн.м³.

Общие ресурсы свободных углеводородных газов в границах предварительной разведки участка Брагиновского в литологических и тектонических ловушках УВ-газов, выявленных в результате переинтерпретации геофизических исследований в скважинах, составляют 200 млн.м³.

В пределах шахтного поля им. Героев космоса в 1974 г. при проходке вспомогательного ствола из песчаника, залегающего на глубине 415-442 м в почве угольного пласта c_8^H , наблюдался приток воды с газом в горную выработку дебитом 21-51 м³/час.

При бурении скважины № 826П в процессе испытания КИИ-65 с глубины 373-415 м был получен фонтан газа и воды из песчаника кровли пласта c_{11} дебитом 37,4 м³/сутки.

Причиной притока в обоих случаях могут быть микрозалежи газа, гидравлически связанные с водоносным горизонтом, образовавшиеся в благоприятных горно-геологических условиях. В пределах шахтного поля им. Героев космоса структурные особенности осадочной толщи - наличие купольных структур, литологическая неоднородность разреза - являются предпосылками для выявления скоплений газа.

С целью оценки газоотдачи угленосных отложений изучен газовый режим шахт Западного Донбасса с начала их работы.

Шахты Западного Донбасса отрабатывают угольные пласты свиты C_1^3 нижнего карбона на глубинах от 115 м. (шх. Благодатная) до 585 м. (шх. Западно-Донбасская).

По газообильности шахты подразделяются на несколько категорий. Относительная метанообильность шахт II категории — им. Сташкова, Першотравневой, Юбилейной и Степной - изменяется от 2,4 до 9,4 м³/т на глубинах отработки 130-225 м. Относительная метанообильность шахт III категории по газу (Самарская, Днепровская, Павлоградская, Благодатная) составляет 2,5-14,8 м³/т при среднем значении 9,6 м³/т на глубинах 210-325 м. Сверхкатегорийные по газу шахты - Западно-Донбасская, им. Героев космоса и, в последние годы, Терновская - имеют относительную метанообильность от 10,8 до 53,1 м³/т на глубинах 265-585 м.

Искусственная дегазация угленосных отложений с помощью дегаза-

ционных скважин, пробуренных в горных выработках, проводилась в 2-х шахтах - Западно-Донбасской и им. Героев космоса.

В шахте им. Героев космоса с 1980 по 1988 год вентиляцией и дегазацией удалено из горных выработок 130,9 млн. м³ метана, в том числе дегазацией — 17,8 млн. м³. В течение года из горных выработок удаляется системами вентиляции и дегазации в среднем 14,5 млн. м³ газа, в том числе дегазацией -2,0 млн. м³. Каптируемый газ выпускается в атмосферу.

В шахте Западно-Донбасской с 1980 по 1990 год вентиляцией и дегазацией удалено из горных выработок 262,6 млн. м³ газа-метана, в том числе дегазацией - 42,3 млн. м³. В среднем за год из горных выработок удаляется 23,9 млн. м³ газа, в том числе только дегазацией - 3,8 млн. м³. В 1993 году дегазация горных выработок на шахте Западно-Донбасской возобновлена. Всего в 1993 году пробурено 64 дегазационных скважины в горных выработках, ежедневно дегазацией удалялось 8,2 тыс. м³ метана. Концентрация метана в отсасываемой воздушной смеси составляет 23%, эффективность дегазации составляет 14%. Каптируемый газ в настоящее время выпускается в атмосферу.

До 1989 года на базе шахты Западно-Донбасской работала биолaborатория Московского НИИСинтез по выращиванию микробиологической массы для борьбы с газом-метаном в тупиковых выработках. Метан входит в состав питательной среды для роста биомассы. Газ-метан с дегазационного става по трубам подавался в ферментер, откуда готовая биомасса в жидком виде насосом или в вагончиках распределялась по горным выработкам.

Шахта Павлоградская применяла биомассу в огнетушителях. Доказана высокая эффективность применения биомассы для борьбы с газом-метаном, особенно в тупиковых выработках. В настоящее время в связи с недостатком финансирования и по другим причинам - работы в этом направлении не проводятся.

Одним из недостатков внутришахтной дегазации является подсос воздуха в дегазационные скважины (до 60-70%), что препятствует утилизации газа и требует увеличения мощности дегазационной системы.

Наиболее эффективен способ опережающей дегазации газонасыщенных вмещающих пород и угольных пластов при помощи вертикальных дегазационных скважин, пробуренных с поверхности. Целесообразность применения дегазации с поверхности определяется значительным удалением дегазируемого участка от стволов шахты, малым сечением скважин, большим объемом каптируемого газа.

Из анализа газового баланса шахт Западного Донбасса следует, что 15% газа в среднем из угольной массы не извлекается, что связано с остаточной газоносностью углей, которая по данным газового каротажа изменяется от 1,0 до 2,8 м³/т. По полученным результатам можно сделать вывод, что 41% всего газа, поступающего в горные выработки при проходке и добыче угля - газ угольный и 44% - из вмещающих пород. Остаточная газоносность вмещающих пород очень низка (порядка 0,001 - 0,007 м³/т) и

в расчет не бралась. Используя полученные данные по дегазации и вентиляции горных выработок, оценена возможность извлечения углеводородных газов из недр. Не извлекаемая часть метана из углей принята условно равной 15 %. По опыту работ прошлых лет и литературным данным, извлекаемость УВ-газов из вмещающих пород и из свободных газовых скоплений составляет около 70 %.

Район Западного Донбасса относится к числу районов, граничащих с Восточно-Украинской нефтегазоносной областью, которые в равной степени относятся как к угольным, так и газовым месторождениям.

Угольные отложения здесь характеризуются:

- высокой газоносностью карбона на малых глубинах (содержание метана в углях $10 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м. и более на глубинах -250 - -600 м);
- развитием поровых коллекторов и зон разуплотнения в породах;
- пластовым давлением свободных газов в ловушках, близким к гидростатическому или несколько выше гидростатического;
- многообразием форм ловушек;
- наличием нефте-газопроявлений по всей площади Западного Донбасса, которые наблюдались и наблюдаются с момента открытия этого месторождения до настоящего времени как в разведочных скважинах, так и в горных выработках угольных шахт;
- преимущественно глинистым составом пород разреза, что обусловило широкое развитие региональных и субрегиональных покрышек и газопоров;
- частой литологической замещенностью песчаников в плане и разрезе при сравнительно низких значениях пористости и проницаемости аргиллитов и большинства алевролитов;
- высокими фильтрационно-емкостными свойствами песчаных коллекторов;
- наличием тектонических нарушений, закольматированных глинистым материалом и являющихся водогазонепроницаемыми экранами;
- затрудненной циркуляцией подземных вод, что подтверждается их высокой минерализацией ($\geq 40\text{-}60 \text{ г}/\text{дм}^3$).

Перечисленные факторы определяют благоприятные условия, как для формирования ловушек свободных углеводородных газов, так и для проведения предварительной и попутной дегазации угольных пластов и пород угле вмещающей толщи при эксплуатации угольного месторождения.

Газоносность угленосных отложений в Западном Донбассе изучена неравномерно. В пределах Коховского участка и поля шахты Благодатной выполнен локальный прогноз по конкретному резервуару УВ-газов (оценка газоносного объекта, локализованного как по площади, так и по стратиграфическому разрезу). Локальный прогноз - основание для постановки поисково-разведочного бурения на конкретные ловушки, особенно не антиклинального типа.

В пределах участков Свидовского, Брагиновского, поля шахты им.

Героев космоса - выполнен частично локальный, частично зональный прогноз (оценка газоносных резервуаров с учетом трехслойной модели их строения). Зональный прогноз - основа для поисков литолого-стратиграфических и неантиклинальных ловушек.

По результатам сейсморазведочных работ в Западном Донбассе в целом выполнен квазизональный прогноз газоносности карбоновых отложений (по комплексу геологических критериев в продуктивном комплексе отложений). Этот вид прогноза - основа выбора геологоразведочных работ для выявления и подготовки объектов к бурению и зон концентрации поисково-разведочного и параметрического бурения.

Для дегазации угольных пластов при эксплуатации угольного месторождения пригодны участки с высокой метаноносностью углей - участок Коховский, Брагиновский, Свидовской, Петропавловский Глубокий, поля шахт Западно-Донбасской и им. Героев космоса.

Глубина залегания метановой зоны изменяется от 100 до 250 м.

Газ в метановой зоне представлен, в основном метаном (71,5-99,7%), азотом, углекислым газом. Наряду с ними в состав газа входят незначительными примесями тяжелые углеводороды, водород, гелий.

Углеводородные газы в угольных пластах и вмещающих породах содержится в сорбированном, водо-растворенном и свободном состояниях.

Высокое и стабильное содержание гелия в газовой смеси дает основание предполагать, что кроме газов угленосной толщи присутствуют газы, привнесенные из более древних докембрийских отложений.

Наиболее перспективным для производства дегазации угленосной толщи, является участок Коховский и поле шахты им. Героев Космоса, где получены притоки свободного газа.

Анализ геологических данных позволил получить обоснованную оценку запасов шахтного метана в Западном Донбассе 142,2 млрд. м³, что позволяет рассчитывать на добычу около 70 млрд. м³ метана.

С учетом организации производства шахтного метана реализация представляется тремя этапами освоения объемов добычи: 1-й этап со среднегодовой добычей метана 100 млн. м³ с выделением пускового комплекса на добычу 30 млн. м³/год; 2-й этап с добычей 250 млн. м³/год; а 3-й этап с добычей 500 млн. м³/год. Такой подход к реализации проекта позволяет поэтапный ввод производственных мощностей по добычи метана, а выделение пускового комплекса снижает общие суммарные инвестиционные затраты и риск Проекта. Пусковой комплекс характеризуется значительными затратами на инфраструктуру.

Анализ финансовых затрат, показывает, что единовременные затраты на 1000 м. куб. добычи метана по направлениям составляют:

передача в магистральную сеть	95 долл.;
заправка автомобильного транспорта	131 долл.;
выработка электроэнергии	310 долл.

Наиболее экономичным направлением является заправка автомобильного транспорта со сроком окупаемости с учетом возврата кредита 2,5

года. Однако, это направление имеет ограничения по потреблению и поэтому не имеет широкого распространения в регионе. Менее экономичным является направление по выработке энергии, срок окупаемости которого, составляет около 5 лет. Вместе с тем это направление является целесообразным для использования метана более низких концентраций. Рациональным направлением является подключение к магистральной сети. Рассматривая альтернативное предложение по использованию шахтного метана для производства электрической и тепловой энергии, следует принимать во внимание, что добываемый метан является энергетическим топливом и в конечном итоге используется для производства указанных видов энергии.

Организация производства электрической и тепловой энергии на месте добычи метана на новом экономическом оборудовании, вне сомнений, будет являться высокоэффективным мероприятием.

В числе дополнительных эффектов по варианту энергетического использования шахтного метана следует также считать:

- отказ от импортных закупок дорогостоящего топлива (природного газа);
- снижение загрязнения природной среды за счет уменьшения удельных расходов топлива на производство электроэнергии на проектируемой электростанции против установившихся расходов в системе Минтопэнерго Украины.

Реализацию альтернативного варианта энергетического использования шахтного метана следует рассматривать в кооперации с другими способами использования шахтного метана.

Газотурбинный вариант построения энергоисточника обеспечивает наиболее высокий уровень эффективности инвестиций, вырабатывая электроэнергию 1,5 млрд. кВт·ч в год при добыче шахтного метана 500 млн. м³ в год.

Предусматривается передача шахтного метана в магистральную сеть, а метан более низких концентраций намечается в будущем использовать для энергетических целей.

УДК 622.817

Михаил Краснянский,
Донецкого технического университета

МОЖЕМ ЛИ МЫ ОСТАНОВИТЬ ВЗРЫВ В ШАХТЕ?

У статті розглянута надійність сучасних систем захисту від вибуху метаноповітряної суміші на вугільних шахтах Донбасу. Розроблений базовий ствольний подавач миттєвої двосторонньої дії.