

Генеральный директор ГРГП «Донецкгеология»,
к.г.-м. н. Н. В. Жикаляк,
нач. ЗД КГРГ И.М. Шайдорова,
ведущий геолог ЗД КГРГ Ю.Г. Свербихин

ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГАЗА МЕТАНА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Показані гірничо-геологічні умови вилучення метану з вугільних родовищ та шахт Західного Донбасу: геологічна побудова вугільних родовищ, характеристика вугленосних відкладів, як газо-вугленосних, пошукові ознаки покладів вуглеводневих газів у Західному Донбасі, ресурси вуглеводневих газів у Західному Донбасі, можливості використання попередньої дегазації вуглевміщуючої товщі на шахтних полях.

MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF EXTRACTING METHANE FROM COAL DEPOSITS AND COAL MINES OF WESTERN DONBASS

Provides mining and geological conditions of extracting methane from coal deposits and coal mines of Western Donbass: geology of coal deposits, characteristic of coal sediments as gas-coal, search features of hydrocarbon gases in Western Donbass resources, hydrocarbon gases in Western Donbass, possibility of degassing of uglevmešaúšej column on the mine fields.

Метан угольних месторождений сформировался в результате биохимических и физических процессов в ходе преобразования растительного материала в каменный уголь. На торфяной и бурогольной стадиях растительные остатки содержали большое количество лигнита, в структуре которого имеется много метильных групп. В ходе геологической истории в результате термической переработки органического вещества (метаморфизма углей) происходило освобождение метильных радикалов, которое затем отрывали (притягивали) атом водорода от органических молекул и превращались в метан. Кроме того, в зонах глубинных разломов сбросового типа Западного Донбасса, по-видимому, происходит перманентный подток глубинного метана из кристаллического фундамента. В целом в условиях Павлоградско-Петропавловского угленосного района добыча 1 т угля сопровождается выделением в горные выработки от 5 м³ до 8-10 м³ чистого метана на 1 т добытого угля.

Постоянная необходимость обеспечения промышленной безопасности угледобычи за счет деметанизации (дегазации) углей и актуальность поиска дополнительных газовых ресурсов обуславливают целесообразность рассмотрения метана угольных месторождений и шахт с позиций потенциальных запасов энергетического топлива и химического сырья, которые определяются сейчас, как комплексные газугольные [1]. Здесь следует отметить, что 1000 м³ газа метана соответствует 1200 кг условного топлива. Следовательно, метан угольных месторождений и шахт – экологически более чистое, чем уголь, и энергетически более эффективное топливо. Кроме того, извлечение и утилизация шахтного метана позволяет

снизить себестоимость добычи угля на 6-10 % по Западному Донбассу в зависимости от условий .

Мировой подсчитанный ресурсный потенциал газа метана угольных месторождений и шахт по состоянию на 2010 год оценен в 260 трлн. м³, в т.ч. США – 60 трлн.м³, Россия – 38, Китай – 28, Австралия – 22, Индия – 18, Германия – 16, ЮАР – 13, Казахстан – 8, Украина – 8, Польша – 3 трлн. м³ [2]. Его масштабная промышленная добыча ведется в США (до 50-57 млрд. м³), Австралии до 8 млрд. м³, Канаде – 5 млрд. м³ и Китае – 3 млрд. м³. В России наиболее эффективно извлечение метана из угольных пластов осуществляется в Воркутинском (до 40 % от геологических запасов) и Кузнецком (27 %) угольных бассейнах, а в Карагандинском бассейне Казахстана уровень извлечения метана из угольных пластов достиг 49 % от геологических запасов (ресурсов) [2].

В Польше предпочитают подземную дегазацию, которую выполняют сервисные компании (проект-монтаж-обслуживание дегазационных систем). Полная окупаемость замены дегазационных систем (подземная и наземная части) – 4 года. Утилизация метана – электроэнергия, теплоснабжение, холодильные установки. В Китае широко развиты подземные дегазационные работы. Метан собирают в специальные ёмкости; используют различные способы утилизации метана [3].

В Украине за год выделяется от 1600 до 2500 млн. м³ метана, из них системами комплексной дегазации извлекается 310 млн. м³, что составляет 12 % от наиболее реального общего метановыделения.

Геологическое строение угольных месторождений

Геологическое строение Павлоградско-Петропавловского углепромышленного района характеризуется сравнительно небольшой мощностью каменноугольных отложений – от 240 м на западе до 1220 м – на востоке и северо-востоке.

Конкретные характерные особенности крупных структур района (Павлоградско-Петропавловская структура, Богдановский и Павлоградский грабены) определяются конседиментационными условиями формирования осадочных толщ. Залегание угленосных отложений – моноклиальное (углы падения 2-5 °).

Большинство крупных и средних сбросов простирается с юго-востока на северо-запад по азимуту 320-330 ° параллельно простиранию пород. Часть сбросов простирается в субширотном направлении по азимуту 300° (Петропавловский, Богдановский и др.) и широтном – Морозовский сброс. Углы падения плоскостей сместителей колеблются в пределах от 45 до 75-80 °.

Крупные и средние сбросы с амплитудой от 25-30 до 100 м и более, образующие блоковое строение толщи, чаще всего, являются системой непроницаемых экранов на пути распространения природного газа.

Выделяются две структурные линии субширотного простирания, ограниченные несогласными сбросами, препятствующими газо-водообмену и способствующими повышению газоносности осадочных отложений в целом.

Первая линия: Морозовский и Петропавловский Северный сбросы.

Вторая линия: Павлоградско-Вязовский, Богуславский, Продольный сбросы.

Широкое развитие по площади получили малоамплитудные нарушения с амплитудой смещения от десятков сантиметров до 1-2 м. Такие нарушения обычно развиты в поднятых крыльях сбросов в виде полос шириной 25-30 м. Углы микросбросов крутые – от 70 до 85-90 °.

Пликативные формы нарушений генетически связаны с крупными сбросами. Так, куполовидные приразломные структуры прослеживаются вдоль Морозовского, Петропавловского Северного, Богуславского, Коховского и других сбросов (участки: Морозовский, Свидовской, Коховский, Брагиновский, поля шахт им. Героев Космоса, Западно-Донбасской, Благодатной и др.).

Преобладание в Западном Донбассе сбросовой тектоники (согласной и несогласной) в системе глубинного Михайловско-Юрьевского разлома, осложнённого приразломными куполовидными поднятиями, способствовало практически полному экранированию угленосных отложений и широкому развитию тектонических, структурно-тектонических ловушек [4].

Характеристика угленосных отложений, как газо-угленосных

Западный Донбасс относится к числу районов, граничащих с Восточно-Украинской нефтегазоносной провинцией, которые в равной степени относятся как к угольным, так и газовым месторождениям.

Угленосные отложения здесь характеризуются:

- высокой газоносностью карбона на малых глубинах (содержание метана в углях 10 м³/тс.б.м. и более на глубинах 300-500 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;
- преимущественно глинистым составом пород разреза, что обусловило широкое развитие региональных и субрегиональных покрывок и газопоров;
- частой литологической замещенностью песчаников в плане и разрезе непроницаемыми или слабопроницаемыми породами – аргиллитами и алевролитами;
- высокими фильтрационно-емкостными свойствами песчаных коллекторов;
- наличием тектонических нарушений, закольматированных глинистым материалом и являющихся водогазонепроницаемыми экранами;

затруднённой циркуляцией подземных вод, что подтверждается их высокой минерализацией (достигает значений 40-60 г/дм³).

Пластовые воды нижнего карбона – гидро-карбонатно-хлоридно-натриевого состава, рассолы (минерализация достигает 56,6 г/см³ на глубине 430 м); содержание в них брома и йода характерно для вод углеводородных месторождений. Чаще всего водоносность приурочена к пластам песчаников, трещиноватых известняков, реже – алевролитов. Водогазопорами являются аргиллиты, алевролиты (плотные, глинистые разности), угольные пласты в ненарушенных блоках горных пород. Вблизи тектонических нарушений трещиноватые угли, наравне с песчаниками, являются проводниками воды и газа.

Нижнекарбонная угленосная толща Павлоградско-Петропавловского района отличается значительными колебаниями температур (от 22 до 74 °С), что объясняется сложным блоковым строением площади. Положительные температурные аномалии совпадают по площади с участками повышенной газоносности угленосных отложений. Увеличение значений теплофизических характеристик наблюдается с ростом метаморфизма каменноугольных отложений.

Перечисленные факторы определяют благоприятные условия как для формирования ловушек свободных углеводородных газов, так и для проведения предварительной и попутной дегазации угольных пластов и пород углевмещающей толщи при эксплуатации угольных месторождений [4].

Поисковые признаки залежей углеводородных газов в Западном Донбассе

Результатами исследований и многолетним опытом геологоразведочных работ в условиях Западного Донбасса установлены следующие **поисковые признаки** малых залежей свободных УВГ.

1. Присутствие в разрезе региональных коллекторов.
2. Широкое развитие региональных и субрегиональных покрышек и газопоров.
3. Наличие ловушек свободных углеводородных газов: литологических, тектонических, литолого-тектонических, структурно-литологических.
4. Геолого-геохимические признаки:
 - а) высокая минерализация пластовых вод ($C \geq 40-60$ г/дм³), содержание в их составе йода и брома;
 - б) наличие тепловых аномалий, свидетельствующих об активном накоплении и миграции флюидов;
 - в) повышенное содержание гелия (более 0,1 %) и пониженная (в среднем менее 0,6 %) концентрация CO₂, присутствие в составе газа тяжелых углеводородов.
5. Геофизические признаки:
 - а) удельное сопротивление газоносных горизонтов – 10-12 ом.м против 2-7 ом.м – водоносных;

б) повышающий характер проникновения фильтрата бурового раствора в пласт (удельное сопротивление ρ_k зоны проникновения превышает удельное сопротивление пласта-коллектора), что связано с высокой минерализацией пластовых вод и низкой минерализацией бурового раствора;

в) параметр насыщения $P_n \geq 2-2,5$;

6. Геолого-промысловые признаки:

а) равенство давления насыщения пластовых вод и пластового давления (необходимое условие для выделения газа в свободном состоянии);

б) пластовые давления близки к гидростатическим или незначительно превышают их;

в) при испытании ИП КИИ-65 приток пластового флюида имеет постоянный или возрастающий характер, причем рост давления в открытый период испытания может не наблюдаться. Возможен возврат фильтрата бурового раствора, проникшего в коллектор в процессе бурения и промывки ствола скважины;

г) фактический газовый фактор превышает значение максимально возможного насыщения пластовой воды метаном [4].

Ресурсы углеводородных газов в Западном Донбассе

Генерация углеводородных газов в Донбассе составляет только по отложениям среднего карбона около **450 трлн. м³**. Средняя плотность аккумуляции газа по Донбассу равна 10 млн. м³/км².

Суммарные прогнозные ресурсы УВГ в угольных пластах **Украинского Донбасса** составляют около **2000 млрд. м³**. Ресурсы свободного газа в пределах Донбасса составляют более **160 млрд. м³**, в том числе в **Западном Донбассе** – около **10 млрд. м³** (площадь этой угленосной территории составляет около 4,6 тыс. м², или 16 % от площади Донецкого угольного бассейна).

Павлоградско-Петропавловский углепромышленный район включает в себя 10 шахтных полей и 20 разведываемых участков, из которых в метановой зоне находятся угольные пласты восьми шахтных полей и 14 разведочных участков. В **Лозовском угленосном районе** из 13 участков и поисковых площадей в зоне, подлежащей оценке ресурсов газа, находятся 8 геологоразведочных участков.

В угленосных отложениях **Лозовского угленосного района (средний карбон, площадь распространения 2588 км²)**, прогнозные ресурсы УВГ составляют **93,5 млрд. м³**. Из них в угольных пластах – **63,1 млрд. м³**, в локальных ловушках – **0,6 млрд. м³**. Принимая коэффициент извлекаемости равным 0,2, из углей можно получить **12,6 млрд. м³**, из вмещающих пород – **6,0 млрд. м³** газа, а из локальных ловушек при коэффициенте 0,5 – **0,3 млрд. м³**.

В угленосных отложениях **нижнего карбона (площадь 2028 км²)** прогнозные ресурсы УВГ составляют **62,0 млрд. м³**. Из них в угольных пластах – **35,6 млрд. м³**, в безуглистых вмещающих породах – **17,2 млрд. м³**, в локальных ловушках – **9,2 млрд. м³** свободного газа. В настоящее время

возможно извлечь из углей **7,1** млрд. м³, из вмещающих пород – **3,4** млрд. м³ (20 %), из локальных ловушек – **4,8** млрд. м³ (50 %) метана (табл. 1). **Прогнозные ресурсы** могут быть на **порядок выше**, что подтверждается выполненными детальными исследованиями на отдельных шахтных полях и участках.

Таблица 1 – Ресурсы углеводородных газов в угленосных отложениях Западного Донбасса

Район Западного Донбасса	Площадь, км ²	Страт. инт ерв.	Суммарн ресурсы УВГ, млрд.м ³	Ресурсы УВГ в запасах угля, млрд.м ³	Ресурсы УВГ в баланс. запасах угля, млрд.м ³	Ресурсы УВГ в забаланс. запасах угля, млрд.м ³	Ресурсы УВГ во вмещающих породах, млрд.м ³	В т.ч. в безугл. породах млрд.м ³	В свободном состоянии, млрд.м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Павлоградско.-Петропавловский.	2028,0	C₁³	62,0	35,6	26,8	8,8	26,4	17,2	9,2
Лозовской район	2588,0	C₂¹-C₂⁷	93,5	63,1	11,3	51,8	30,4	29,8	0,6
Западный Донбасс В целом	4616,0		155,5	98,7	38,1	60,6	56,8	47,0	9,8

Природный газ во **вмещающих** уголь породах является **более доступным** для утилизации, по сравнению с угольным газом. Поэтому, при дегазации угольных месторождений, можно использовать газ из малых залежей углеводородных газов (УВГ), присутствующих в угленосной толще нижнего карбона. Так, известные куполовидные приразломные структуры: **Каховская и Каховская Западная, Ново-Дачинская, Славянская** (участок Брагиновский), **Благодатненская, Свидовская** (поле шахты м. Героев Космоса) – обладают благоприятными геологическими признаками для накопления углеводородных газов. Вышеназванные структуры выявлены по данным сейсморазведки и геологоразведочным работам.

При соответствующем финансировании возможна рентабельная добыча как свободного метана из ловушек углеводородных газов, так и сорбированного - из углей и угле вмещающей толщи.

Возможности применения дегазации угле вмещающей толщи на полях шахт Западного Донбасса

На площади Украинского Донбасса из 256 на 96 шахтах применяется внутришахтная дегазация. Добыча угля на всех шахтах – около 533 тыс. т/сут., в том числе на шахтах с дегазацией – 154 тыс. т/сут. Метановыделение из горных выработок шахт Украинского Донбасса в целом составляет 6160,3 м³/мин, в шахтах с дегазацией – 4549,3 м³/мин, в дегазационных сетях – 913,7 м³/мин. В целом по Украине утилизируется 170,2 млн. м³, или 35,4 % капируемого метана. Весь шахтный метан, извлекаемый вентиляционными системами, не используется.

С увеличением глубины отработки угольных пластов, растет глубина горных выработок и, соответственно, их метанообильность. При проходке вспомогательных выработок и непосредственной добыче угля происходит выделение метана не только из угольных пластов, но также из угольных пластов-спутников и окружающих пород, целостность которых нарушается при проведении горно-выемочных работ.

В ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ» запасы угля на действующих шахтах составляют 1007,8 млн. т, метана – 5,9 млрд. м³. Средняя метанообильность горных выработок шахт – 32,5 м³/т, извлечение метана дегазацией – в среднем 0,19 м³/т. Объем капируемого метана – 0,12 млрд. м³ по существующей технологии. Ежегодно вентиляционными и дегазационными системами шахт Западного Донбасса выбрасывается в атмосферу в среднем 85 млн. м³ метана (табл. 2), что отрицательно сказывается на экологической обстановке окружающей среды.

Существующий опыт дегазации шахтных полей, закрытых шахт Донбасса позволяет сделать вывод о том, что наиболее перспективной с экономической и социальной позиции является дегазация техногенных запасов метана в песчаниках и угольных пластах подработанного и надработанного пространства. Среднее метановыделение из них может составлять 25 % общего дебита метана по шахте. При отработке смежного выемочного участка сдвигание пород над ранее отработанными участками активизируется и приток метана возрастает, достигая иногда 30 % общего метановыделения в действующей лаве.

Таблица 2 – Объем капируемого метана, удаляемого из горных выработок шахт Западного Донбасса вентиляцией и дегазацией

Название шахты	Абсолютная метанообильность горных выработок, м ³ /мин.	Относительная метанообильность шахты, м ³ /т с. д. (средн. знач).	Количество метана, удаляемого из горных выработок за год, млн.м ³ /год.
Западно-Днбасская	54,08	27,5	24,0
им. Героев Космоса	34,0	18,4	14,9
Днепровская	13,03	6,1	6,2
Степная	17,8	6,6	7,7
Терновская	16,7	11,2	8,8
Юбилейная	8,01	8,4	4,2
Павлоградская	13,48	7,3	7,1
Благодатная	17,2	10,7	9,0
Самарская	2,41	9,2	1,3
Сташкова	2,52	4,4	1,3
Всего по 10 шахтам выбрасывается в атмосферу метана (расчет за 5 лет)	17,9		84,5

Высокая угленосность разрезов – большое количество промышленных угольных пластов, пластов угля нерабочей мощности, потенциальных породных коллекторов на каждой шахте из 10 действующих в Западном

Донбассе, позволяет уверенно предположить большую плотность техногенных запасов метана в подработанном пространстве. Необходимость оценки техногенных ресурсов и извлекаемых запасов (по действующим и разработанным методикам) вызвана увеличивающимися нагрузками на лавы в связи с модернизацией оборудования, возросшей газообильностью лав, подготовительных выработок.

Анализ зарубежного опыта показывает, что для рентабельного извлечения газа метана из закрытых выработок после прекращения очистных работ необходимы следующие условия: высокая (более $15 \text{ м}^3/\text{тс.б.м}$) метаносность угля, минимальное количество выработок, связанных с земной поверхностью, высокая производительность очистных забоев перед остановкой лав, выработки не должны быть заполнены водой.

Высокой эффективностью характеризуется *опережающая дегазация* шахтного поля скважинами, пробуренными с поверхности земли, которая позволяет:

- выполнить более глубокую дегазацию месторождения (отбор метана из рабочих пластов и их спутников, из вмещающих пород и газовых ловушек);
- повысить надёжность проветривания шахты, что способствует увеличению нагрузки на лаву и, следовательно, объёму добычи угля;
- уменьшить расход воздуха на проветривание шахты;
- повысить безопасность подземных работ;
- выполнить более глубокую дегазацию месторождения;
- снизить вредные выбросы в атмосферу в 5 раз.

Кроме того, *целесообразность* применения опережающей дегазации с поверхности земли при помощи вертикальных дегазационных скважин, определяется значительным удалением дегазационного участка от стволов шахты, малым диаметром скважин, большим объёмом капируемого газа, высоким содержанием метана в составе добываемого газа (80-95 %), что, в свою очередь, позволит использовать капируемый метан для внутренних нужд шахты (производство электроэнергии, заправка автомобилей, реализация в качестве моторного топлива) и других отраслей народного хозяйства.

В соответствии с проведенной оценкой генерационного и аккумуляционного потенциалов угленосной формации в Западном Донбассе, современная технология проведения опережающей дегазации угольных пластов на полях действующих шахт позволит утилизировать свыше 15,3 млрд. м^3 шахтного метана.

Технико-экономическая оценка производства шахтного метана на поле шахты им. Героев Космоса показала, что бурение первоочередных 6 скважин с поверхности земли позволит получить около 10 млн. м^3 метана. Прибыль от первоочередных разработок составит не менее 1,5 млн. грн. в год. В дальнейшем, при ежегодном поддержании продуктивных скважин до 30, добыча шахтного метана составит около 50 млн. м^3 в год. Стоимость реализации первоначального проекта: «Производство шахтного метана из

угольных месторождений Западного Донбасса», составляет **7,8** млн. грн. со сроком окупаемости 1,5-2,5 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вимоги до комплексного вивчення родовищ і підрахунку запасів супутніх корисних копалин і компонентів та відходів гірничного виробництва // ДКЗ України. - Київ, 1997р.
2. Матеріали Українського міжнародного енергетичного форуму. - Київ, квітень 2011 р.
3. Храпкін С.Г., Клец А.П., Фічев В.В. Методические рекомендации оценки ресурсов метана, извлекаемых из подработанного угленосного массива на антиклинальных и купольных структурах.- Київ - Дніпропетровськ, 2002 р. - М., 1991р. – 210 с.
4. Шайдорова І.М. (відп. вик.) Підготовка геологічної основи для виявлення об'єктів, перспективних для вилучення метану з вугленосних товщ Західного Донбасу. - Артемівськ, 2007р. -181с.

УДК 622.411.332.023.623:551.243

канд. геол.-мин. наук, доцент Н.С. Полякова,
Галайко Е.В.,
(НГУ, г. Днепропетровск),
эксперт Н.Э. Капланец,
(«Украинская геология», г. Киев),
гл. геолог Л.Д. Кузнецова,
(ПО «Укруглегеология», г. Донецк)

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАНА В УГЛЕНОСНОЙ ТОЛЩЕ ПОЛЯ ШАХТЫ «КРАСНОАРМЕЙСКАЯ – ЗАПАДНАЯ № 1»

Проаналізовані закономірності розподілу метану у вугільному пласті d₄ на полі шахти «Красноармійська-Західна № 1» та встановлені можливості впливу тектоніки на перерозподіл газу у вугленосній товщі

THE INFLUENCE OF SOME FACTORS ON THE CHARACTERISTICS OF THE GEOLOGICAL DISTRIBUTION OF METHANE IN COAL STRATA AT MINE “KRASNOARMEJSKAJA ZAPADNAJA № 1”

The influence of some factors on the characteristics of the geological distribution of methane in coal strata at mine “Krasnoarmejskaja Zapadnaja № 1”

Решение проблемы добычи и утилизации метана угольных месторождений предполагает детальное изучение закономерностей распределения метана в угленосной толще, установление геологических факторов, влияющих на формирование его залежей.

Изучением газоносности угленосной толщи Красноармейского района Донбасса занимались многие исследователи: Забигайло В.Е., Широков А.З., Брижанёв А.М., Лукинов В.В., Приходченко В.Ф. и другие. Ими было установлено, что основными факторами, определившими характер изменения газоносности описываемой площади, являются: коэффициент угленосности (~3%), степень метаморфизма угленосной толщи (угли марок Ж, К), тектоническое строение участка (наличие экранирующих дизъюнктивных нарушений, типа надвигов, согласных к залеганию пород), перераспределение