

Булат А., академик НАН Украины,
Пимоненко Л., доктор геологических наук,
Пимоненко Д., ведущий инженер
(Институт геотехнической механики имени Н. С. Полякова НАН Украины)

К ВОПРОСУ МНОГОПРОФИЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВЫХ РЕСУРСОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДОНБАСА

ДО ПИТАННЯ БАГАТОПРОФІЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВИХ РЕСУРСІВ ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ ДОНБАСУ

Видобуток вугілля в Україні дозволяє отримувати і використовувати різні нетрадиційні газові ресурси. У статті розглядається питання розповсюдження азоту у вугленосних відкладах родовищ Західного Донбасу, Львівсько-Волинського басейну. Зважаючи на високий вміст азоту на розглянутих ділянках, зроблено загальний огляд можливостей використання даного ресурсу на підприємствах гірничо-металургійного комплексу.

TO THE QUESTION OF MULTIPROFILE USE GAS RESOURCES COAL DEPOSITS OF DONBASS

The coal mining in Ukraine allows to receive and use various alternative gas resources. In article questions extending nitrogen in carboniferous deposits of the Western Donbass, Lviv-Volyn basin is considered, to take into attention the high content of nitrogen on the surveyed sites common review possibilities use given resource at the enterprises mining-metallurgical complex is made.

Ключові слова: комплексне освоєння ресурсів, газонасиченість, метан, азот, утилізація, вугільні родовища.

Ключевые слова: комплексное освоение ресурсов, газонасыщенность, метан, азот, утилизация, угольные месторождения.

Keywords: complex development of resources, gas-saturation, methane, nitrogen, utilization, coal deposits.

На сегодняшний день становится все более очевидной объективная необходимость обеспечения экономики Украины собственными энергетическими ресурсами. Возможность извлечения и использования шахтного метана занимает в решении этой проблемы особое место. Украина обладает значительными ресурсами метана, которые оцениваются более чем в 12 трлн м³. Они сконцентрированы в основном в Донецкой и Луганской областях. Запасы метана по отдельным шахтам колеблются от 0,2 до 4,7 млрд м³.

В 40-е годы прошлого столетия А. А. Скочинским [14] и Г. Д. Лидиным [12] была выдвинута идея комплексной разработки угольных пластов с высокой метаноносностью (газоугольных месторождений) с предварительной дегазацией угленосных толщ и утилизацией метана.

В современных условиях разработка угольных месторождений требует новых решений ряда проблем по обеспечению безопасности эксплуатации шахт, комплексного освоения минеральных ресурсов и защиты окружающей среды. По результатам изучения в ИГТМ НАН Украины геомеханических процессов, протекающих в горном массиве шахты при ведении очистных и подготовительных работ, разработаны новые методы и методики для определения оптимальных параметров формирующихся зон дре-

нирования газа в породах кровли и почвы разрабатываемого угольного пласта, оценки ресурсов газа в этих зонах, выбора методов и средств извлечения метана из указанных зон [15].

Предложены и внедрены новые концепции и технологии, которые позволяют вплотную приблизиться к созданию в Украине индустрии шахтного метана. Так, реализация технологии газового горизонта на шахте им. А. Ф. Засядько позволила: повысить безопасность работы шахты, снизить метанообильность лав, организовать устойчивую и эффективную работу дегазационной сети шахты, более точно прогнозировать объемы извлекаемого метана, повысить процентное содержание метана в метановоздушной смеси дегазационных трубопроводов, выдавать на поверхность метан, пригодный для утилизации [5].

Одной из наиболее перспективных является разработанная ИГТМ НАН Украины концепция диверсификации деятельности угледобывающих предприятий в направлении углубленной переработки угля и шахтного метана на месте их добычи путем производства тепловой и электрической энергий [6]. Реализовать эту концепцию в Украине целесообразно путем создания шахтных энергокомплексов, включающих в себя угольную шахту, энергетический и технологический модули. Шахта как топливный модуль предназначена для обеспечения необходимым коли-

чеством топлива энергетического и технологического модулей. Экономическая эффективность энергетических комплексов на базе угледобывающих предприятий обусловлена:

- низкой стоимостью топлива (низкосортный уголь, шахтный метан);
- отсутствием затрат на обогащение и транспортировку угля к электростанции и передачу энергии от электростанции к угледобывающим предприятиям;
- реализацией принципа когенерации, т.е. выработки теплоты и электроэнергии путем последовательного использования термодинамического потенциала рабочего тела.

К основным вариантам использования когенерационных технологий относятся:

- Шахтные энергокомплексы на базе паротурбинной когенерации. Реализация вышеуказанной технологии предусматривает использование энергогенерирующего потенциала шахтных котельных путем установки в них турбогенераторов, тип которых выбирается в зависимости от местных условий. Шахтный метан может быть использован в паровых или водогрейных котлах как в качестве основного топлива, так и в качестве воздушного дутья. Исследования показали, что при подаче воздушного дутья с допустимой концентрацией метана может быть сэкономлено до 27% основного топлива при обеспечении постоянной мощности энергетического объекта [8].

- Шахтные энергокомплексы на базе газопоршневой когенерации. Реализация технологии обусловлена существенными запасами шахтного метана на угледобывающих предприятиях и наличием высокоэффективного когенерационного энергетического оборудования для его утилизации путем выработки тепловой и электрической энергий с соотношением примерно 1:1 и коэффициентом полезного действия, составляющим при полной загрузке до 86%. Таким оборудованием являются энергетические модули на базе газопоршневых установок (ГПУ), обеспечивающие реализацию газопоршневой когенерации.

Развивая идею комплексного освоения ресурсов угольных месторождений, целесообразно рассматривать добычу газа не как «попутное» извлечение шахтного метана, а как равноправное (с добычей угля) производство газообразного сырья. Необходимо отметить, что за последние три десятилетия наблюдается значительное увеличение количества научных исследований и разработок, касающихся извлечения и использования шахтного метана, хотя в составе газовой смеси на отдельных шахтах и участках присутствуют и другие газы: азот (35–90%), углекислый газ (50–60%), водород (5–6%), гелий, радон и др. [2, 13], которым, на наш взгляд, следует уделить внимание. В данной статье рассмотрена возможность использования азота.

Мнения о генезисе азота углегазовых месторождений отличаются [2, 13]. Преобладают три концепции, согласно которым азот может образоваться в результате термического изменения органического

вещества осадочных отложений, диффундировать из магматических и метаморфических пород или падать вместе с атмосферным воздухом. Более детально исследованы условия распространения азота по площади и глубине. Так, в пределах Львовско-Волинского бассейна (Любильское месторождение) все основные рабочие угольные пласты башкирского и серпуховского ярусов карбона до глубин 1000 м залегают в азотно-метановой зоне (содержание азота в составе газов 40–99%) и их природная газоносность достигает 2,26 м³/т. с.б.м. [16]. В Донецком бассейне особую актуальность этот вопрос приобретает на вновь разведываемых площадях в условиях отсутствия горных работ. К таким площадям относятся некоторые шахты и участки Западного Донбасса, в пределах которых основным компонентом газа вмещающих пород является азот (табл. 1). Подчиненное значение имеют метан, водород, углекислый газ и тяжелые углеводороды. Различия в составе газа песчаников, алевролитов и аргиллитов практически нет.

По предварительным подсчетам [7], максимальная потенциальная газонасыщенность песчаников для азота составит 4,62 м³/м³. Необходимо отметить, что столь высокое содержание азота в пробах газа неслучайно. Газовая зональность в горных породах и несовпадение газовых зон угольных пластов и вмещающих их отложений отмечались и ранее. К. И. Багринцева и В. В. Шершуков [1], анализируя закономерности изменения газового состава углей и пород в Красноармейском районе, пришли к выводу, что вмещающие породы даже вблизи угольных пластов содержат газы, отличающиеся по соотношению метана и азота от газов угольных пластов. Б. М. Зимков [9] приводит данные, свидетельствующие о том, что газы, заключенные в горных породах, содержат 40–60% азота значительно ниже зоны активного газообмена (1000 м и более).

Принимая во внимание высокое содержание свободного азота N₂ на рассмотренных участках, необходимо отметить, что азот и его соединения могут быть широко использованы различными производствами горно-металлургического комплекса.

В горной промышленности возможны следующие варианты его использования:

- 1) На угледобывающих предприятиях для пожаротушения. Азот является одним из наиболее эффективных средств борьбы с пожарами в шахтах. С помощью азота можно решать следующие основные задачи: создавать и поддерживать инертную среду на аварийном участке при его изоляции; производить профилактическую инертнизацию выработанных пространств в выемочных полях с высокой эндогенной пожароопасностью; тушить эндогенные и экзогенные пожары; использовать в качестве автономного источника энергии для привода механизмов при ведении аварийных работ в шахтах [11].

- 2) Нагнетание азота в угольно-газовые резервуары с целью стимулирования извлечения метана из угольных пластов. Внутрishaхтное применение тех-

Таблица 1. Результаты определения химического состава газа [10]

Участок	Порода	Количество проб	Глубина, м (в числителе от – до, в знаменателе – средняя)	N ₂ , %
Поле шахты Успеновская 1	Песчаники	12	<u>341,7–522,2</u> 452,2	96,72
	Алевролиты	9	<u>346,6–515,0</u> 432,0	93,51
	Аргиллиты	5	<u>351,9–502,3</u> 434,5	95,42
Александровско-Лозовская площадь	Песчаники	4	<u>731,7–1141,5</u> 934,5	87,91
	Алевролиты	1	725,0 (ср)	97,70
	Аргиллиты	7	<u>720,0–1305,0</u> 886,3	92,21
	Известняк	1	717,0 (ср)	80,00

нологии нагнетания азота может значительно повысить объемы каптирования метана из выработанного пространства и сократить время, необходимое для дегазации на метанообильных шахтах. Интенсификация процесса извлечения метана при нагнетании азота особенно подходит для угольных пластов низкой проницаемости, когда снижение природной газоносности обычной технологией понижения давления требует много времени. Нагнетание азота в угольно-газовые резервуары снижает парциальное давление и, соответственно, концентрацию метана в системе природных трещин. В результате появляется градиент концентрации, или движущая сила для диффузии метана через угольную матрицу в систему природных трещин. В то время как парциальное давление метана в системе природных трещин снижается, азот адсорбируется в микропорах угля, снижая накопительную способность метана. Накопительная способность азота углем составляет 25–50% от накопительной способности метана. Лабораторные испытания и моделирование прогнозируют 250-процентное увеличение объема каптирования метана на месте из системы скважин с нагнетанием азота и промышленных метановых скважин (того же количества) в глубоких нетронутых угольных пластах. Полевые испытания данного метода, проведенные в 1991 и 1992 годах в бассейне Сан Хуан на шахте Фрутленд, США, показали результаты выше прогнозируемых [3].

В коксохимическом производстве на установках сухого тушения кокса (УСТК) используется непрерывная подача азота в газовый тракт для разбавления смеси циркулирующих газов с целью уменьшения концентрации горючих компонентов (горючие компоненты, содержащиеся в циркуляционном газе, в значительной степени затрудняют эксплуатацию УСТК, делают установку взрывоопасной, а газ высокотоксичным) [17].

На металлургических предприятиях, а именно в доменном производстве, разработан, применяется

или перспективен для внедрения ряд технологий с использованием азота [4, 18]:

1) Применение азота для наполнения межконусного пространства. Азот может быть использован взамен получистого доменного газа и пара для наполнения межконусного пространства типовых засыпных аппаратов. Преимущества такого использования следующие: увеличение срока службы засыпных аппаратов в 1,5 раза вследствие предотвращения попадания пыли на контактную поверхность из рабочего пространства печи, исключение расхода пара на наполнение межконусного пространства, сокращение выбросов доменного газа в атмосферу, вследствие чего снижается загрязнение атмосферы пылью и CO. Расход азота на наполнение межконусного пространства для печи объемом 1033 м³ составляет 750 нм³/час, объемом 2700–3000 м³ – 3000 нм³/час.

2) С точки зрения выполнения требований взрывобезопасности и экономичности азот является наиболее приемлемым газом-носителем для транспортировки угольной пыли к фурмам доменной печи, а также порошкообразных реагентов обработки чугуна в ковше. В системах вдувания угольной пыли азот является также оптимальным реагентом для псевдоожижения потока, пневматического регулирования и дозирования расходов. Суммарный расход азота на вдувание угольной пыли зависит от схемы расположения емкостей вдувания, конструкции распределительно-дозировочных устройств и варьируется на современных установках в пределах 40–90 м³/т пылеугольного топлива (ПУТ).

3) Подача в воздухопровод холодного дутья доменной печи сжатого азота. В условиях работы доменных цехов при отсутствии природного газа температура дутья вынужденно понижается до 750–850 °С и, как следствие, расход кокса возрастает на 100–170 кг/т чугуна, что резко снижает экономические показатели. До начала широкого внедрения ПУТ

на доменных печах и при дефиците ресурсов природного газа возможно достижение существенной экономии кокса путем подачи азота в дутье, обеспечивающее постоянство уровня теоретической температуры горения у фурм при высоком нагреве дутья. При этом возрастает приход тепла с горячим дутьем, что и обеспечивает экономию кокса. По данным [4], при подаче 200 м³/мин сжатого азота в доменную печь объемом 1513 м³ фактический расход кокса снизился на 69 кг/т чугуна, а суточное производство повысилось на 107 т/сут.

В заключение следует отметить, что наряду с вышеупомянутыми существуют и другие возможные направления использования азота, разработка и внедрение которых требует дальнейших исследований и промышленных экспериментов.

Выводы

– На северо-востоке Западного Донбасса необходима постановка геологических работ для изучения возможности комплексной добычи и утилизации газов: с верхних горизонтов (до 1000 м) – азота и с нижних (1000–1800 м и более) – метана.

– Многопрофильное применение азота на различных участках предприятий горно-металлургического комплекса способствует: решению технологических задач по добыче метана из угольных пластов, производству чугуна и кокса, обеспечению пожаро- и взрывобезопасности. При выборе конкретного способа использования азота необходимо учитывать расход газа имеющимися на производстве потребителями, а также технико-экономический эффект от внедрения.

1. Багринцева К. И. Газоносность вмещающих пород и их значение в естественной дегазации угольных пластов // Уголь. – 1960. – № 4. – С. 36–38.

2. Брижанев А. М. Закономерности размещения метана в Донецком бассейне. – М.: ЦНИЭИУголь. – 1987. – 48 с.

3. Брюннер Д. Обзор появляющихся технологий извлечения газа // Сокращение эмиссии метана: Труды II Международной конференции. – Новосибирск, 2000. – С. 364–372.

4. Булава В. Н. Работа доменных печей в условиях дефицита природного газа // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 5. – С. 9–10.

5. Булат А. Ф. Научно-методические основы и реализация технологии дегазации углеродного массива – «газового горизонта» // Геотехнічна механіка: Зб. наук. пр. ІГТМ НАНУ. – Дніпропетровськ, 2006. – 1987. – Вип. 67. – С. 3–9.

6. Булат А. Ф. Научно-технические основы создания шахтных когенерационных энергетических комплексов. – К.: Наукова думка, 2006. – 176 с.

7. Булат А. Ф. Перспективы освоения газоугольных месторождений Западного Донбасса // Геотехнічна механіка: Сб. научн. тр. – Днепропетровск, 2012. – № 98. – С. 3–10.

8. Булат А. Ф. Разработка и исследование алгоритма расчета схем утилизации шахтного метана в энергетических объектах // Геотехнічна механіка: Зб. наук. пр. ІГТМ НАНУ. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 67. – С. 21–31.

9. Зимаков Б. М. Нефтепроявления в Воркутском угленосном районе Печорского бассейна // Советская геология. – 1965. – № 3. – С. 125–127.

10. Козлов С. С. Газонасыщенность среднекарбонных пород Лозовского углепромышленного района // Геомеханика управления состоянием напряженного газонасыщенного массива: Сб. научн. тр. – К.: Наукова думка, 1985. – 156 с.

11. Лагутин В. И. Комплексная система обеспечения шахт Кузбасса жидким и газообразным азотом // Уголь. – 1991. – № 7. – С. 53–55.

12. Лидин Г. Д. Выступление на научно-технической конференции по проблеме борьбы с внезапными выбросами угля и газа в угольных шахтах // Научные исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа. – М.: Углетехиздат, 1958. – С. 449–452.

13. Лидин Г. Д. Миграция газов и газовая зональность // Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. – М.: Недра, 1980. – Т. 3. – С. 56–73.

14. Скочинский А. А. Главнейшие задачи в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа и основные направления работ Академии наук СССР в этой области: Материалы совещания по внезапным выбросам. – М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1952. – С. 5–10.

15. Скупчення вільного метану у непорушеному вуглепородному масиві. Методика прогнозування зон та визначення їх параметрів / Анциферов В. А., Булат А. Ф., Гуня Д. П., та ін. – СОУ10.1.05411357.004: 2005; Затверджено наказом Мінвуглепрому України від 29.11.2005, № 46. Зареєстровано ДП УкрНДНЦ 15.12.2005, № 32595752/1019. – 13 с

16. Сокоренко С. Особливості сучасної природної газоносності вугільних пластів та вуглевмісних порід Любельського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну // Геолог України. – 2011. – № 2(34). – С. 81–90

17. Теплитский М. Г. Сухое тушение кокса. – М.: Metallургия, 1971. – 264 с.

18. Шепетовский И. Э. Комплексное использование азота в доменном производстве // Труды V Международного конгресса доменщиков. – Днепропетровск: Пороги, 1999. – С. 220–223.