

флюидах в виде шлама и мелких фракций. Также установлены зависимости  $\lambda_1$  по пласту  $d_6$  от размеров макротрещин.

Влияние фактора надежности на основные параметры надежности технологии извлечения и добычи газа метана (дебит и кондиции извлекаемого метана) весьма значительны. Общая продолжительность перерывов поступления из скважины по различным причинам (аварии оборудования, отказы в скважинах, а также в коллекторах, технических средств и прочее), т.е. суммарное время восстановления работоспособности и исправности в реальных условиях функционирования технологической системы доходит до 46-57% от общей длительности рабочего времени.

**УДК 502:622.411**

А.Г. Шапарь, П.И. Копач, Н.А. Емец,  
Институт проблем природопользования и  
экологии НАН Украины, г. Днепропетровск

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ШАХТНОГО МЕТАНА**

*Висвітлено екологічні, технологічні й організаційні аспекти, пов'язані з виділенням метану при підземному видобутку вугілля. Проблема метану розглянута з погляду зміни клімату на планеті і міжнародних зобов'язаннях України в вирішенні глобальних екологічних проблем.*

## **ECOLOGICAL ASPECTS OF THE MINE METHANE UTILIZATION**

*Ecological, technological and managerial aspects as regard to the methane emission during the underground coal production are presented. The methane problem is analyzed from the point of view of the planet climate changes and international commitments of Ukraine in solving the global ecological problems.*

История развития цивилизации показывает, что рост могущества человечества ведет к увеличению отрицательных для природы и, в конечном счете, опасных для существования человека последствий его деятельности. Значение этих последствий только сейчас начинает осознаваться обществом. Если раньше человечество испытывало локальные и региональные экологические кризисы, которые приводили к гибели отдельных общностей людей или цивилизаций, но не препятствовали прогрессу человечества в целом, то теперь человек разрушает механизмы целостного функционирования биосферы в планетарном масштабе.

Одним из важнейших механизмов обеспечения жизни на нашей планете является парниковый эффект, за счет которого обеспечивается оптимальный температурный режим. Без парникового эффекта температура воздуха на поверхности Земли была бы равна  $-18^{\circ}\text{C}$ . Природный парниковый эффект подогревает атмосферу на  $33^{\circ}\text{C}$ , за счет чего на Земле существует вода в жидком виде, а следовательно и жизнь в современном ее проявлении. Однако в настоящее время парниковый эффект стал проблемой из-за чрезмерных антропогенных выбросов новых и природных парниковых газов: углекислого газа  $\text{CO}_2$ , метана  $\text{CH}_4$ , закиси азота  $\text{N}_2\text{O}$  и др.

До недавнего времени метан считался нереакционноспособным углеводородом, поэтому обычно общие концентрации углеводородов в атмосфере приводились за вычетом метана. Метан встречается в осадочном чехле земной коры в различных видах – свободном, растворенном в пластовых водах, сорбированном породами и рассеянном. В угленосных толщах метан находится в свободном и сорбированном состояниях. В общем случае образование метана происходит при отсутствии доступа кислорода за счет деятельности анаэробных бактерий, и зона образования метана обусловлена условиями существования бактерий. Наиболее активная жизнедеятельность анаэробных микроорганизмов происходит при температуре  $25-45^{\circ}\text{C}$ . Образование метана может начаться при засыпке органики воздухонепроницаемым слоем глины мощностью  $0,5-1$  м. С погружением пород на большие глубины, анаэробные реакции замещаются термokatалитическими при которых вместо метана образуются жидкие углеводороды.

Плотность метана по воздуху  $0,555 \text{ кг/м}^3$ , что обеспечивает его интенсивную миграцию в верхние слои атмосферы. Среднее время пребывания метана в атмосфере составляет  $4-7$  лет. Ускорение реакций окисления в верхних слоях атмосферы может происходить за счет сильных оксидантов (озон, пероксиды или атмосферный кислород), которые образуются в ходе многих фотохимических реакций. Солнечный свет с длиной волн в диапазоне  $290-700$  п.м. является фотохимически эффективным. Под воздействием поглощенного ультрафиолетового излучения метан в возбужденном состоянии реагирует с молекулярным кислородом атмосферы с образованием атомарного кислорода и метанола (метилового спирта) – сильного яда, действующего на нервную и сосудистую системы. Метан является вторым по значимости после углекислого газа парниковым газом, ответственным за глобальное потепление климата. По международным оценкам для стабилизации концентрации парниковых газов на существующем уровне необходимо сократить выбросы углекислого газа более чем на  $60\%$ , метана –  $20\%$ , закиси азота на  $80\%$ .

Международная научная и экологическая общественность серьезно обеспокоена данной проблемой. В 1992 году в штаб-квартире ООН в Нью-Йорке принята Конвенция ООН по вопросам изменения климата. Украина ратифицировала Конвенцию 29 октября 1996 г. Целью Конвенции является ста-

билизация концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне, который предотвратил бы угрозу опасного их влияния на климатическую систему.

Страны, которые подписали Конвенцию ООН и последующий Киотский протокол (1997 г.) взяли на себя обязательства снизить общие выбросы парниковых газов не менее чем на 5 % ниже от уровня 1990 г. Согласно Киотского протокола страны-участники имеют возможность передавать «единицы сокращения выбросов», продавать «разрешения на выбросы» в рамках международной торговли выбросами.

Обязательства Украины, как Стороны Конвенции включают инвентаризацию антропогенных выбросов парниковых газов, разработку мероприятий по стабилизации антропогенного влияния на изменение климата, прогноз выбросов парниковых газов, оценку уязвимости и адаптации экологических и экономических систем к новым глобальным условиям. Лимит выбросов парниковых газов для Украины определен в следующих размерах: углекислый газ – 645,3 млн.т, метан – 9,45 млн.т, закись азота – 20 тыс.т. Всего лимит выбросов парниковых газов в эквиваленте к углекислому газу составил 854,1 млн.т. Угледобывающая отрасль Украины вносит существенный вклад в глобальное загрязнение парниковыми газами, следовательно и ее ответственность за выполнение Украиной международных обязательств также велика.

Естественная фильтрация метана в угле и вмещающих горных породах имеет стабильную величину, определенную газопроницаемостью, газовым давлением угольных пластов и вмещающих пород. По данным геологоразведки запасы метана в пределах Украинской части Большого Донбасса оцениваются величиной порядка  $12 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$  или 860 млн.т.

Нарушение, в процессе угледобычи, равновесного состояния массивов горных пород различных газов и рассолов, приводит к большому разнообразию взаимосвязанных механических, физических и химических процессов в этих массивах. Сдвигение массива горных пород в сторону выработанных пространств изменяет напряженное состояние массива, увеличивает его трещиноватость за счет раскрытия естественных трещин и образования новых в результате разломов монолитных блоков; изменяет температуру пород в сторону ее увеличения, особенно на контактах подвижек блоков массива друг относительно друга и др. В свою очередь эти изменения состояния массива горных пород влекут за собой дегазацию пластов угля и газоносных пород, которые вследствие десорбции связанного газа и снижения давления свободного газа охлаждаются. Выделившийся из массива газ (метан или углекислый) по трещинам мигрирует в горные выработки, а иногда на земную поверхность. Миграция газа на земную поверхность может представлять большую опасность для людей и животных, изменяет газовый состав почвенного слоя, создает взрывоопасные ситуации в зданиях и сооружениях на поверхности.

Выделяющийся в огромных количествах в горные выработки метан выносится вентиляционными струями и выбрасывается в атмосферу. Это ценное

топливо и сырье для химической промышленности бесследно теряется в атмосфере, чего нельзя допускать в соответствии с современными требованиями о комплексном использовании природных ресурсов.

Увеличение интенсивности выделения метана из угля и вмещающих пород происходит только за счет изменения физико-механических свойств путем разгрузки горного массива и формирования каналов фильтрации физико-химическими способами. Ежегодно в атмосферу горных выработок шахт из угольных пластов, вмещающих горных пород и добытого угля выделяется около  $5 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup> или 3,6 млн.т метана, который имеет два источника: дегазационные скважины и вентиляционные выбросы.

Дегазация применяется для обеспечения допустимых концентраций метана в шахтных выработках. В Донбассе сверхкатегорийные по метану шахты составляют 65 %. При существующем техническом уровне систем дегазации угольных шахт концентрация метана в каптируемой смеси, как правило, невысока. Основное количество метана (более 80 %) добывается с концентрацией 15-55 % (в среднем 25 %), что затрудняет его использование в качестве бытового топлива без увеличения его концентрации.

Шахтные вентиляционные выбросы содержат 0,2-0,8 % метана. Однако данный метан практически совсем не используется. Выполненные исследования показали, что при соответствующей реализации процесса окисления бедных метано-воздушных смесей можно не только полностью компенсировать затраты на газоочистку вентиляционных выбросов, но и получить дополнительную энергию уже при содержании метана 0,15 %.

При существующей в Украине системе утилизации шахтного метана пока используется лишь ничтожная его часть (12-15 % каптажного газа) в шахтных котельных и единичных компрессорных станциях по заправке газобаллонных автомобилей. Даже близлежащие шахтные поселки и города не используют шахтный метан для энергетических целей. Причиной этого является нестабильность концентрации и дебита метано-воздушной смеси, отсутствие газовых коммуникаций вблизи шахт, жесткие требования правил безопасности газовой промышленности, слабая заинтересованность местных властей, недостаточное нормативно-правовое урегулирование данного вопроса и др. На шахтах отдельных стран (Польша, Бельгия, Германия, Япония) утилизируется свыше 80 % каптированного метана.

Если принять, достигнутый, уровень возможного съема газа при дегазации за 25 % выделяемого из подработанного углепородного массива и приравнять его к 100 %, то для перевода всего наличного в шахтоуправлении грузового автотранспорта на газовое топливо взамен нефтяного, будет задействовано 30 % улавливаемого метана. При этом увеличение объема буровых работ для обустройства дегазационных скважин не потребуется. Дополнительно необходимо будет лишь приобрести компрессионные установки. Оставшиеся 70 % улавливаемого метана возможно утилизировать на автономных

газогенераторных электростанциях или тепловых установках. Следовательно, решение проблемы метана при угледобыче возможно только путем его эффективного использования как одного из видов энергетических ресурсов.

Проблема метана существует и при закрытии шахт, так как остаются пути миграции метана к поверхности через трещины во вмещающих породах, образующихся в результате сдвижений массивов горных пород и трещины тектонических нарушений, ликвидированные вертикальные и наклонные выработки (шурфы, ходки, наклонные стволы и т. п.), имеющие выход на поверхность; незатампонированные буровые скважины; водоносные породы вмещающей толщи после их осушения горными работами и др.

Таким образом, проблема метана – это проблема, которую нужно решать не только с экономических позиций целесообразности его использования, но и с точки зрения выполнения Украиной своих международных обязательств по участию в решении глобальных экологических проблем. Риск глобального потепления делает широкое применение в будущем ископаемых углей без эффективного решения проблемы метана проблематичным.

**УДК 553.94:552 (477.82/83)**

Ю.В. Стефаник, П.М. Явний, О.О. Яринич,  
ІГГГК НАН України та НАК "Нафтогаз України", м. Львів

### **ЗАЛИШКОВИЙ МЕТАН У ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТАХ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ (МАССПЕКТРОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)**

*Наведені результати експерименту з визначення залишкової метаноносності вугілля у Львівсько-Волинському басейні.*

### **THE RESIDUAL METHANE IN THE COAL SEAMS OF LVOV-VOLYNSKY BASIN (MASS-SPECTRAL RESEARCH)**

*The results of an experiment on defining the residual methane content in the coal of the Lvov-Volynsky basin are presented.*

У вугільних пластах основна кількість газів знаходиться в сорбованому стані: переважно у вигляді розчину в твердій речовині (абсорбція), в згущеному виді на поверхні пор (адсорбція) і конденсованому в надмолекулярних порах. Дослідженнями пористості [1] встановлено, що основний об'єм газів зумовлений молекулярними порами розміром декілька ангстрем, тобто рівними розмірам молекул газів (метану, діоксиду вуглецю, азоту, водню,