

кальної порушеності (карти кутів локальної складчастості). З місцями максимального перегину вугільних пластів (місця із збільшеною тріщинуватістю) пов'язані аномально високі значення вмісту вільного метану. Коефіцієнт кореляції між інтенсивністю локальної складчастості та локальною складовою вільного метану сягає майже 0,5 при достатній надійності. Відмічається також тенденція залежності локальної складової вільного газу від літологічного складу вміщуючих порід. Вона зростає для частин пластів, покритих переважно глинистими різновидами порід.

Таким чином, у центральній частині Красноармійського геолого-промислового району встановлені зони, в яких спостерігаються підвищені значення вільного метану у вугільних пластах. Такі зони є найбільш перспективними для першочергового видобутку шахтного метану. Встановлені також геологічні чинники, які зумовлюють цей збільшений вміст вільного метану. До них у першу чергу відносяться інтенсивність локальної складчастості та літологічний склад вміщуючих порід. Вплив розривної порушеності є неоднозначним і може сприяти накопиченню вільного газу, або навпаки дегазації товщі. Ці критерії можливо використовувати для прогнозу найбільш перспективних ділянок для видобутку метану. Необхідно обирати ділянки непорушені розривами, з інтенсивним розвитком локальної складчастості, що залягають переважно в глинистих породах.

УДК 622.234.5(088.8)

К.К. Софийский, С.Ю. Андреев, В.А. Нечитайло,
ИГТМ НАН Украины

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА

В роботі розглянуто актуальні питання сучасного стану видобутку газу та пропонувані перспективні способи інтенсифікації газовиділення з вугільних пластів та порід.

Проблема острого дефіцита енергоносителей на Украине ставит новые задачи по добыче и утилизации метана, запасы которого в разведанных месторождениях вполне соизмеримы с потребностями страны в природном газе и составляют порядка 20 трл.м³.

Природная газоносность угольных пластов Донбасса в среднем составляет 8—15 м³/т, а удельное газовыделение при добыче угля — 20—36 м³/т, достигая иногда максимального значения до 100 м³ на тонну добытого угля. Объясняется это тем, что большое количество метана при добыче угля выделяется из породного массива, вмещающего угольные пласты.

В настоящее время работы по извлечению метана широко ведутся в США, Польше, Китае. Так в 1993 г. из угольных месторождений США было добыто 10 млрд. м³ метана, в 1995 г. планировалось добыть 15 млрд. м³, а к 2000 году довести добычу до 30 млрд. м³.

В нашей стране добыча метана из угольных месторождений, несмотря на то, что по разным оценкам его запасы составляют от 1,1 трил. м³ до 27 трил. м³, не поставлена на промышленную основу. Существующие способы извлечения метана из породно-угольного массива находят применение лишь при дегазации разрабатываемых угольных пластов, где добывается более 1,0 млрд. м³ метана, и имеют низкую эффективность. Большая часть газа остаётся в массиве и более 3,5 млрд. м³ выбрасывается в атмосферу [1].

В последние годы рядом институтов, в том числе и ИГТМ НАН Украины, ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки извлечения метана по скважинам, пробуренным с поверхности Земли по методу Габвела, из куполов, образовавшихся в результате скопления газа, и путем дегазирования выработанного пространства подземных угольных месторождений.

Существующие способы и средства извлечения метана при дегазации угольных пластов, как профилактического мероприятия по снижению газообильности и предотвращения внезапных выбросов угля и газа при ведении горных работ, не обеспечивают достаточной безопасности и требуют увеличения затрат вследствие ухудшения горно-геологических условий залегания угольных пластов с увеличением глубины их разработки.

Для повышения эффективности извлечения метана газонасыщенного породно-угольного массива ИГТМ НАНУ и ИИПТ НАНУ предлагают способы и средства интенсификации газовыделения из угольных пластов и пород гидродинамическим и электроразрядным воздействиями на них через скважины, пробуренные, как с подземных выработок, так и с поверхности Земли.

Идеей предлагаемых разработок является использование гидродинамического и электроразрядного воздействий на газонасыщенные

угольные пласты с параметрами, обеспечивающими управляемое высвобождение энергии угольных пластов и пород для добычи из них метана.

Целью исследовательских работ является установление принципиальной возможности применения гидродинамического и электроразрядного воздействий для интенсификации процесса извлечения метана в 5 и более раз.

Задачами исследований являются:

1) интенсификация процесса извлечения и повышения содержания метана для использования его в существующих средствах утилизации (например, в газодизельгенераторных установках, режим работы которых находится в пределах от 30 до 50 % метана в смеси);

2) максимальное использование технологического оборудования, изготавливаемого отечественной промышленностью;

3) разработка технологических схем интенсификации извлечения метана.

ИГТМ НАНУ разработан экологически чистый и малоэнергоёмкий способ гидродинамического воздействия рабочей жидкости в импульсном режиме на угольный пласт, в основу которого положен принцип перераспределения сил горного давления, дезинтегрирования угля и, в конечном счёте, десорбции метана. Принцип и средства гидродинамического воздействия защищены патентами Украины и апробированы на 20 шахтопластах 14 шахт Центрального района Донбасса при разработке и внедрении способа вскрытия выбросоопасных угольных пластов квершлагами [2, 3].

Механизм гидродинамического воздействия на горный массив заключается в следующем. При подаче жидкости в фильтрационном режиме её фронт перемещается на некоторое расстояние вглубь массива, оттесняя и сжимая газ, находящийся в полостях и поровых каналах. При резком сбросе давления во времени значительно меньшем, чем необходимо для обратной фильтрации жидкости из глубины массива в открытую полость, жидкость препятствует обратной фильтрации сжатого газа и у свободной поверхности возникают деформации растяжения за счет гидравлического сопротивления слоя фильтрующейся вязкой жидкости движению разжимающегося газа. Выполнение силового и энергетического критериев разрушения в зоне гидродинамического воздействия приводит к послойному разрушению угля.

Таким образом, при гидродинамическом воздействии возникает единая совокупность сложных, взаимосвязанных, одновременно про-

текающих в массиве процессов. В результате происходит разрушение угля в прискважинной зоне и его вынос в выработку, разупрочнение угля в последующих за разрушенным слоях и дегазация зоны разупрочнения за счет десорбции метана и его интенсивной фильтрации. В результате разработки и внедрения указанного способа было установлено, что скорость газовыделения из угольного пласта и пород повышается более чем в 10 раз. Технология реализуется путем бурения скважин под определенными углами на угольный пласт через породный массив из подземных горных выработок или через вертикальные скважины, пробуренные с поверхности Земли, обсадки скважин стальными трубами и тампонированием затрубного пространства до входа бурового инструмента в угольный пласт, изменения его состояния путём применения устройства для гидродинамического воздействия [4].

Основными параметрами способа являются:

Рабочее давление жидкости в скважине, МПа	2—7
Давление жидкости в скважине при сбросе, МПа	1—3
Время сброса давления жидкости, с	0,01—0,1
Количество циклов для инициирования разрушения, шт.	5—20
Проницаемость угольного пласта, м ²	10—14
Вязкость рабочей жидкости, Па·с	10 ⁻³
Пористость угольного пласта, %	4—20
Количество угля, которое необходимо извлечь для полной десорбции газа в зоне влияния скважины, %	5—20
Диаметр скважины, мм	≥150
Глубина разрушения за один цикл, м	0,5—0,6
Коэффициент эффективности дегазации	>0,45

Сущность способа электроразрядного воздействия на призабойную зону скважины заключается в следующем. В скважину (диаметром не менее 127 мм), заполненную технической водой с удельной электропроводностью $\rho=8,0$ Ом·м, к месту воздействия опускается электроразрядное устройство с помощью геофизического подъемника на каротажном кабель-тросе типа КГ-3. После этого осуществляется подача напряжения 30 кВ к паре электродов. В зоне воздействия формируется плазменный канал разряда (формируется токовый канал), который, расширяясь, возбуждает волну сжатия с собственной основной

частотой $f=1$ кГц, частота подачи импульсов $f=0,2$ Гц. У стенки обсадной трубы создается давление $P \approx 24,5$ МПа. Скважинная жидкость, проникая со скоростью $V \approx 150$ м/с в перфорационные отверстия, а затем в пористую газонасыщенную среду, приводит к развитию сети трещин. Образовавшаяся при разряде волна сжатия создаёт амплитудные окружные и радиальные напряжения, близкие между собой по значению ($\sigma = 3500 \cdot 10^5$ Па). За счет перепада давления $\Delta P = 5$ Мпа волна сжатия трансформируется в волну сжатия-растяжения, и возникают напряжения, превышающие предел прочности среды на растяжение. Такое многократное импульсное воздействие, изменяющееся попеременно по величине и направлению, приводит к образованию в массиве сети трещин и увеличению объёма газа за счёт его перехода в рабочей зоне из сорбированного в свободное состояние. В зависимости от коллекторских свойств среды необходимое количество импульсов составляет ~ 100 — 300 имп/мин (пористость более 5% — 100 имп/мин, менее 5% — 300 имп/мин).

Электроразрядное воздействие осуществляется в технологической скважине при постоянном перемещении устройства с минимальной скоростью. С целью предотвращения внезапного выброса метана цевье скважины перекрывается лубрикатором.

После окончания обработки устройство извлекается на поверхность, вода откачивается, и создаются условия для свободного истечения газа на поверхность. После резкого снижения дебита метана процесс воздействия повторяется.

Механизм способа электроразрядного воздействия на пористые газонасыщенные среды можно сформулировать следующим образом. При электроразрядном воздействии возникает совокупность сложных взаимосвязанных процессов, заключающихся в том, что волны сжатия, циклически нагружая пористую среду и многократно отражаясь, трансформируются в волны сжатия-растяжения, создают условия для развития сети трещин и микротрещин при соблюдении критериев разрушения, где окружные и радиальные напряжения превышают предел прочности среды. За счет сети трещин и микротрещин происходит переход сорбированного газа в свободный и глубокая дегазация в зоне воздействия.

Технология способа электроразрядного воздействия реализуется устройством [5,6], которое содержит наземную и погружную часть (диаметр погружной части 113 мм), соединенных между собой геофи-

зическим кабелем (типа КГ-3-60-90). Вес погружной части устройства с тремя конденсаторами составляет 200 кг. Запасаемая энергия ёмкостного накопителя равна 1 Кдж при рабочем напряжении 30 кВ. С помощью геофизического подъёмника (типа ПКС-3,5 на шасси а/м ЗИЛ-131) погружная часть устройства опускается в скважину (предварительно заполненную жидкостью с удельным сопротивлением $\rho=800$ Ом·см) на заданную глубину. Глубина погружения контролируется станцией (типа АКС-65 на шасси а/м ГАЗ-66). Для предотвращения выбросов жидкости и газа из скважины ввод погружной части устройства и кабеля осуществляется через лубрикатор.

После достижения погружной части устройства заданной глубины, наземная часть устройства подключается к сети 220 В/50 Гц и производится её запуск.

Количество разрядных импульсов, необходимых для обработки одного погонного метра ствола, составляет 150—200 разрядов. В процессе обработки углегазовой толщи погружная часть перемещается по скважине. На устье скважины осуществляется постоянный контроль давления.

Основными параметрами способа являются:

Давление сжатия на стенки обсадной трубы, МПа	P-24,5
Гидростатическое давление, МПа	P _r -от глубины скважины
Градиент давления, МПа	P-P _r
Частота следования импульсов, Гц	0,2
Время обработки скважины, имп/час	100—300
Номинальное зарядное напряжение накопителя, кВ	30
Номинальная запасаемая энергия, кДж	1
Номинальная ёмкость блока накопителей из трёх конденсаторов, мкф	2,4
Диаметр скважины, мм, не менее	127
Диаметр устройства, мм	114

Область применения

Пористость среды, %	1—15
Проницаемость, м ² , более	0,1·10 ⁻¹⁵

Увеличение газовыделения на порядок и выше

Уменьшение гамма фона на 10% и более

Предложенные способы гидродинамического и электроразрядного воздействий на газонасыщенные среды увеличивают газовыделение из скважин на порядок и выше, что позволяет решить поставленные задачи по интенсификации добычи метана из угольных пластов и пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеев М.В. Негативное влияние выбросов метана из шахт на состав атмосферы Земли//Теория и практика комплексного освоения месторождений полезных ископаемых и обогащения минерального сырья: 2-я Школа-семинар молодых ученых, Алма-Ата, 23—27 сент., 1991.— М.,1992.— С. 96—98.

2. Руководство по вскрытию выбросоопасных угольных пластов способом гидродинамического воздействия через скважины в условиях шахт Центрального района Донбасса.— Днепропетровск,1988.— 21 с.

3. Софийский К.К., Калфакчян А.П., Воробьев Е.А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля.— М.: Недра, 1994.— 192 с.

4. А.С. 1600439 СССР, МКИ Е 21 F 5/00. Устройство для гидродинамического воздействия на угольный пласт/Софийский К.К. и др.,3. № 4445214/22—03, заявл. 20.06.90, опубл.17.01.91, Бюл.№1 / Открытия, изобретения.— 1991.— 1.— С. 69.

5. Исследовать физико-технические аспекты электровзрывного воздействия на водозаборные и нефтяные скважины с гидростатическим давлением не более 30 МПа и температурой до 343 К: Научн.-техн. Отчет/ПКБЭ НАН Украины: Руководитель И.С.Швец.— №ГР 0188.000; Инв. № 645.— г.Николаев, 1990.— 208 с.

6. Macsutow P.A., Sizonenko O.N., Swets J.S. Application of electroimpulse for oil stimulation. 7-th European symposium on improved oil recovery.27—28 October 1993, Moscow, Russia, p. 348—353, vol.1.