

УДК 622.279.34

Плаксин Максим Сергеевич, доцент, к.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)
Maksim Sergeevich Plaksin, Associate Professor, Ph.D.
(KuzSTU, Kemerovo)

Родин Р.И., ассистент
(КузГТУ, г. Кемерово)
Roman Ivanovich Rodin, assistant
(KuzSTU, Kemerovo)

ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВМЕСТНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ДОБЫЧЕ МЕТАНА

Аннотация

В статье обосновывается необходимость применения мероприятий по интенсификации процессов газоотдачи угольных пластов для повышения эффективности дегазации и безопасности ведения горных работ. Представлена технология ориентированного поинтервального гидроразрыва и перспективы ее применения.

Annotation

The article substantiates the need to apply measures to intensify the processes of coal seam gas recovery to increase the efficiency of degassing and the safety of mining operations. The technology of oriented point-to-point hydraulic fracturing and the prospects of its application are presented.

Безопасность ведения горных работ при разработке высокогазоносных угольных пластов заключается в обеспечении ПДК метана в рудничной атмосфере проходимых и очистных выработок шахты. В свою очередь данная задача в зависимости от природной газоносности разрабатываемого месторождения и характера газовыделения решается средствами вентиляции и дегазации. С увеличением глубины отработки пласта и ростом его газоносности, а также с увеличением длины горных выработок и ростом утечек воздуха зачастую становится невозможным обеспечивать нормальную атмосферу горной выработки за счет подачи необходимого объема воздуха.

В случае, когда возможности средств вентиляции исчерпаны и не позволяют устранить вредные и опасные факторы газовыделения при подготовке и отработке пласта применяются мероприятия по заблаговременной, предварительной и текущей дегазации источников газовыделения.

Несмотря на частные случаи успешного применения дегазации, тем не менее, остается ряд проблем, связанных с формальным подходом к исполнению обязанностей по проведению дегазации, а также низким качеством бурения и герметизации скважин. В связи с этим большое значение имеет анализ и мониторинг продуктивности дегазационных скважин в оперативном режиме. Для анализа, мониторинга и дальнейшего прогноза весьма значим вопрос определения показателей газоотдачи неразгруженных пластов угля в дегазационные скважины (начальное удельное метановыделение из пласта в скважину и коэффициент снижения). Определение этих показателей позволяет прогнозировать работу дегазационной системы и рассчитать необходимый объем буровых работ для достижения требуемого коэффициента дегазации.

Аналіз прадуктыўнасці [1] 42 дэгазацыйных скважін, пробуренных для правядзення прадварытнай дэгазацыі на выемочным участку 15-14 бис шахты «Абашевская», пазволіў усталяваць характэрыстыку тыпічнай скважыны для кантрольнага інтэрвала выемочнага столба в 275 метраў. Пры гэтым схема дэгазацыі угольных пластаў – перакрещивающимися скважинами. Моцнасьць пласта сярэдняя. Глыбіня ад зямной паверхні да разрабатываемого пласта 650 метраў. Газаноснасьць пласта $27 \text{ м}^3/\text{т}$. Марка угля Ж.

Характэрыстыка тыпічнай скважыны $Q(t)$ (рис.1) указывае, што павелічэньне перыода дэгазацыі на больш чым шэсьць месяцаў сытуацыі не мяняе, т.к. дэбіт метана з скважыны практычна перапынаецца. С улікам гэтай асаблівасьці для дасягненьня каэфіцыента дэгазацыі пласта 0,3 неабходная шчыльнасьць скважін склывіць 0,5 м, што без прымянення спосабаў інтэнсіфікацыі прадуктыўнасці скважін выходзіць за рэальныя магчымасьці. Па нарматыву [2] для даных умоваў адстаньне між дэгазацыйнымі скважынамі павінна складаць 9,9 м.

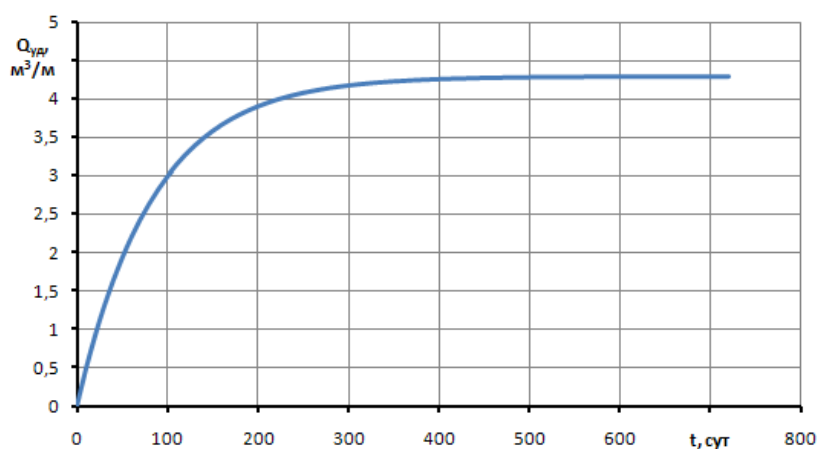


Рис.1. Динамика роста удельного объема метана каптированного типичной дэгазацыйнай скважынай [1]

Такое несаотвётствие нарматывнага база з фактычнымі данымі абумоўлена тым, што угольный пласт являецца прыроднай сістэмай, якая ўнікальным абразом саютае в себе уголь і метан. Імае нізкую праніцаемасть в неразгруженном состоянии, угольный пласт не отдае метан, например, в дэгазацыйныя скважыны, і весь его газовый потенциал раскрывается непосредственно при отработке, что создает высокий уровень опасности и требует комплексного подхода к решению данного вопроса [3]. Інтэнсіфікаваць працэс газавыдачы угольного пласта чэрез скважыну вазможна пугем создания в нем дополнительных поверхностей обнажения посредством образования трещин гидроразрыва.

Разлічаюць гидроразрыв с паверхнасьці і в шахтных условиях. Гидроразрыв с паверхнасьці пры ўмоўні планирования дальнейшей добычи запасов угля связан с созданием зон повышенных напряжений в пласте, а также с ухудшением качества добываемого угля вследствие нагнетания в пласт большого количества проппанта, химикатов и воды. Указанные недостатки можно минимизировать при проведении гидроразрыва угольного пласта чэрез дэгазацыйныя скважыны пугем поинтервального ориентирования щелей разрыва с радиусом от оси скважыны 10-15 м, т.е. в щадящем режиме для пласта.

Эффекут павышэньня дэбіта метана ад прымянення гидроразрыва заключаецца в создании серии щелей, нормальных оси скважыны. Расстаньне між скважынамі і калічэства щелей гидроразрывов в каждой скважыне зависят от свойств пласта і

технологически приемлемого периода дегазации.

Расчеты показывают, что метановыделение из одной дегазационной скважины с проведением в ней 60 ориентированных гидроразрывов соответствует метановыделению 36 обычных дегазационных скважин [4].

На рис. 2 показано, что фактическое суммарное метановыделение из 36 дегазационных скважин (кривая 5) снижается по экспоненциальному закону. Приток метана из дегазационной скважины, в которой была произведена серия гидроразрывов (кривая 1), несколько отличается, особенно на начальной стадии. Отличие обусловлено особенностями разгрузки при бурении скважин и развитии щелей гидроразрыва. При бурении скважины образуется большой потенциал для разгрузки пласта за счет объема выбуриваемого штыба. Несколько иная картина наблюдается при образовании щелей. Жидкость, подаваемая под высоким давлением, нарушает целостность угольного массива, создавая магистральную трещину, и образует значительную поверхность для газовыделения. При образовании этой поверхности не происходит разгрузки массива, а скорее наоборот возникает пригрузка. В таких условиях метановыделение в начальной стадии реализует огромный потенциал сорбированной (кривая 3) и свободной (кривая 4) составляющей структуры газоносности пласта. При этом распад твердого углегазового раствора [5] (глубоко сорбированный метан – кривая 2) незначителен.

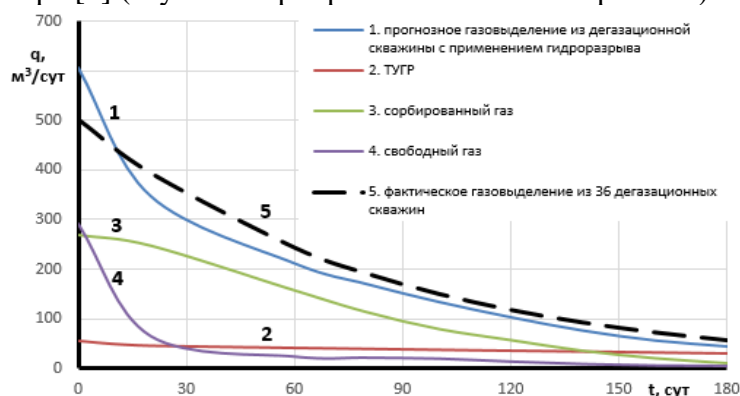


Рис. 2. Схематичное представление структуры метановыделения из дегазационных скважин с применением гидроразрыва [4]

Для решения проблемы технического обеспечения проведения ориентированного поинтервального гидроразрыва угольного пласта авторами статьи предлагается применение пакера манжетного гидравлического (ПМГ), представляющего из себя цельнометаллическую конструкцию. Принцип действия устройства представлен на схеме (рис. 3).

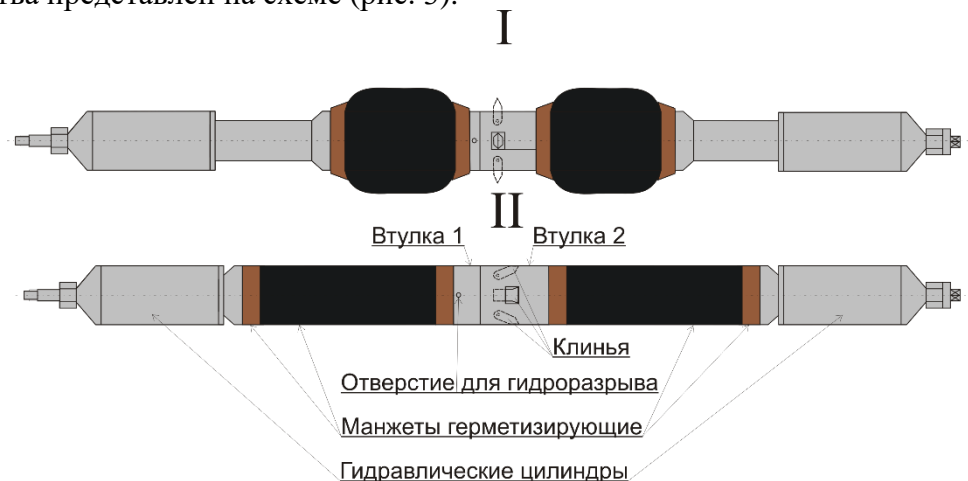


Рис. 3. Пакер манжетный гидравлический:

I – рабочее состояние; II – транспортировочное состояние

Ожидаемый положительный эффект от внедрения этой технологии условно можно разделить на три составляющие: экономическую, экологическую и безопасного ведения горных работ.

Экономическая – достигается путем выхода на рентабельный уровень промышленной добычи метана из угля и более высокие темпы дегазации для обеспечения технологически необходимых темпов ведения горных работ.

Экологическая – достигается снижением выбросов метана в атмосферу, что соответствует поставленной государством цели по обеспечению к 2020 году сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов объема указанных выбросов в 1990 году [6].

Повышение безопасности горных работ – достигается снижением газовой и газодинамической опасности при отработке угольного пласта.

При этом, с целью улучшения производственных показателей шахты применение ориентированного поинтервального гидроразрыва угольного пласта (ОГРП) возможно, как при очистных [7], так и проходческих работах.

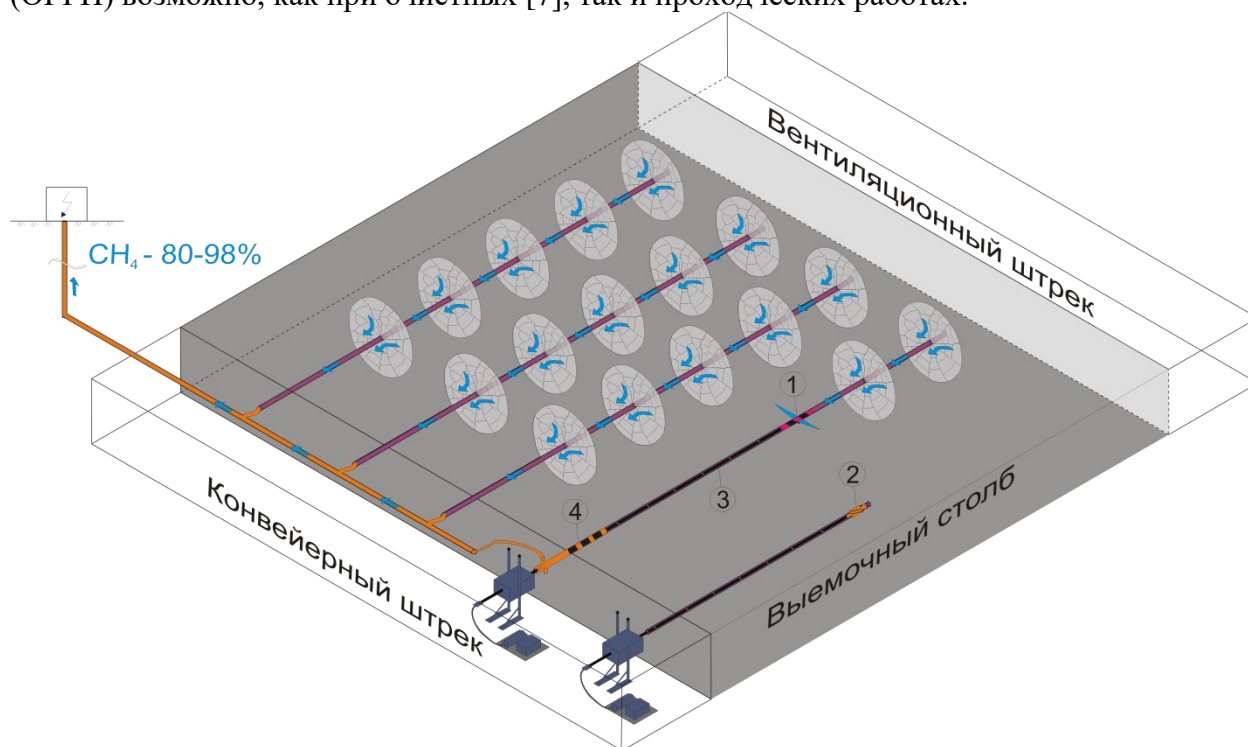


Рис. 4. Технологическая схема ориентированного направленного гидроразрыва пласта через дегазационные скважины [4]: 1 – уплотнитель устья скважины; 2 – гидравлические штанги высокого давления; 3 – буровая коронка; 4 – устройство гидроразрыва.

Применение ОГРП при очистной выемке

Суть применения ОГРП заключается в значительном повышении продуктивности дегазационных скважин с помощью создания серии нормальных оси скважины трещин в угольном пласте (рис.4). Расстояние между скважинами и количество гидроразрывов, проводимых в каждой скважине, зависит от физико-технических свойств пласта и от поставленных отделом дегазации и вентиляции шахты задач.

Ожидаемый положительный эффект:

1. Сокращение срока дегазации;
2. Возможность повышения скорости отработки выемочного столба по газовому фактору;
3. Снижение газовой и газодинамической опасности;
4. Повышение целесообразности промышленной добычи метана.

Выемочный столб представляет по форме правильный параллелепипед. В нем при типичных для угольных шахт условиях отработки (выемочный столб размером 1000м x 300м x 2,5м, $X=20\text{м}^3/\text{т}$) содержится около 19,5 млн. м^3 метана. В соответствии с нормативным документом [2] меры по дегазации проводить необходимо при газоносности угля более $13\text{ м}^3/\text{т}$. Если принять данную величину за «общий» критерий» безопасности, то для обеспечения безопасных условий ведения горных работ в рассматриваемом случае необходимо извлечь **более 6 млн. м^3** метана. Величина довольно значительная в масштабах одного предприятия, особенно с учетом того, что метан угольных пластов (МУП), добытый в результате проведения дегазационных работ, может рассматриваться как отдельное полезное ископаемое, не облагаемое налогом (№278-ФЗ от 29.12.2012). С другой стороны в этом выемочном столбе содержится более 900 тыс. т. угля, а рыночная стоимость 1 тонны угля может превышать стоимость 1 м^3 газа в 100 раз и более. Вероятно, это является главной причиной отсутствия интереса у собственников угольных предприятий к промышленной добыче метана. Основные этапы реализации проектов по добыче МУП в шахтных условиях представлены на рис.6. Рассмотрим каждый этап отдельно.

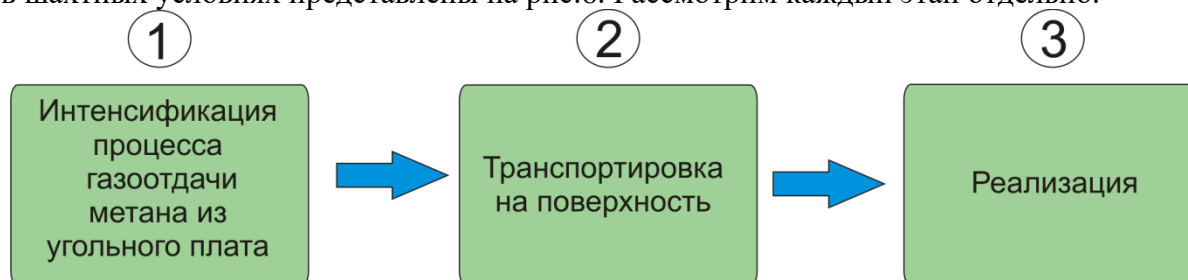


Рис.6. Принципиальная схема реализации проектов по добыче МУП

Этап 3 (рис.6). Куда и как реализовать «добытый метан», если его транспортировка на большие расстояния требует высоких затрат. Если обратиться к мировому опыту по реализации метана угольных пластов, то основная часть проектов связана с тремя направлениями: производство электроэнергии, газ для местного газоснабжения, котельное топливо [8]. На шахтах России можно реализовать любое из представленных направлений, если обеспечить концентрацию добываемого газа метан не ниже 70 %.

Этап 2. На данный момент, поступающий на поверхность газ, по замерам на передвижных дегазационных установках, более чем наполовину, как правило, состоит из воздуха из-за низкой герметичности дегазационного става, поэтому требуется повышать его надежность, особенно в местах заделки устья скважин.

Если по этапам 2 и 3 есть технически готовые решения [9], то этап 1 необходимо начинать практически с «начала», так, например, в руководстве по дегазации кроме базовых параметров применения гидроразрыва угольного пласта указывается, что «условия применения и параметры гидроразрыва пластов согласуются с научно-исследовательской организацией, разработавшей способ».

В России разработка устройств для проведения гидроразрыва угля (породы) ведется несколькими коллективами [10-14], но до полноценных испытаний проведения гидроразрыва по всей длине дегазационной скважины еще далеко. Кроме того, несложно предсказать, что на этапе шахтных испытаний и промышленного внедрения в разработанные устройства потребуется внесение существенных конструкторских и технологических изменений. Например, шахтные испытания [15], указывают на техническую неготовность угольных шахт к бурению скважин, соответствующих условиям проведения гидроразрыва. Проведение серийных испытаний для пластов с различными физико-техническими свойствами позволит выполнить количественную оценку газокинетической реакции пласта на создание трещин гидроразрыва, что в свою очередь станет базисом для создания полноценной промышленной методики проведения ориентированного гидроразрыва угольного пласта.

Таким образом, на данный момент угольные шахты заинтересованы в технологии гидроразрыва в большей степени с позиции повышения добычи угля и безопасности. Поскольку попутный метан это энергетический ресурс, то его использование также перспективно. Для этого необходимо повысить интерес собственников шахт к добыче метана соответствующими преференциями, например, в Германии законодательно установлена высокая долгосрочная стоимость электроэнергии, произведенной из МУП, что служит сильным стимулом для комплексного использования природных ресурсов [16].

Список литературы

1. Родин Р.И. Предварительная дегазация пласта и перспективы применения ориентированного гидроразрыва // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М., 2013. – № ОВ 6. – С. 265-270.
2. Инструкция по дегазации угольных шахт // Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 679 от 1 декабря 2011 г. – М., 2011. – 147 с.
3. Полевщиков Г.Я. Повышение эффективности комплексного управления газовыделением на выемочном участке шахты / Г.Я. Полевщиков, Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, 2012. – № 2. – С. 20-26.
4. Плаксин М.С. Особенности повышения газопроницаемости угольных пластов / М.С. Плаксин, Р.И. Родин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, 2016. – № 1. – С. 42-48.
5. Алексеев А. Д. Свойства органического вещества угля образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов / А.Д. Алексеев, А.Т. Айруни, И.В. Зверев // Научное открытие. Диплом № 9. – М.: РАЕН, 1994. – 3с.
6. Указ президента РФ от 30 сентября 2013 г. №752 «О сокращении выбросов парниковых газов»
7. Патент РФ № 2472941. Способ гидроразрыва угольных пластов / В.И. Клишин, Д.И. Кокоулин // Оpubл. в БИ № 2, 2013.
8. Руководство по наилучшей практике эффективной дегазации источников метановыделения и утилизации метана на угольных шахтах / Серия публикаций ЕЭК по энергетике (№ 31). – Нью-Йорк и Женева: Издание Организации Объединенных Наций (Европейская Экономическая Комиссия. Партнерство – Метан – на рынки). – 2010. – №R.10.П.2.
9. Тайлаков О.В. Переработка дегазационного метана в энергетических установках на угледобывающих предприятиях / О.В. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.И. Смыслов, Е.А. Уткаев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № ОВ 6. – С. 170-176.
10. Патент РФ на ПМ № 133871. Пакер кумулятивный манжетный / Г.Я. Полевщиков, П.Н. Мельников, М.С. Плаксин, С.В. Кузминич, Р.И. Родин // Оpubл. в БИ № 30, 2013.

11. Патент РФ на ПМ № 76387. Устройство для гидроразрыва скважин / В.И. Клишин, Д.И. Кокоулин, Ю.С. Фокин // Оpubл. в БИ № 26, 2008.
12. Патент РФ № 2168018. Устройство для образования направленных трещин в скважинах / Н.Г. Кю; Ю.М. Леконцев; А.М. Фрейдин; О.И. Чернов // Оpubл. в БИ № 15, 2001.
13. Патутин А.В. Устройство направленного гидроразрыва массива горных пород и его стендовые испытания / А.В. Патутин, Т.В. Шилова, С.В. Сердюков // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 2. – № 4. – С. 53-56.
14. Клишин В.И. Создание оборудования для дегазации угольных пластов на принципе гидроразрыва горных пород / В.И. Клишин, М.В. Курленя // Уголь. – М. 2011. – № 10. – С. 34-38.
15. Альков В.И. Скважина для поинтервального гидроразрыва пласта // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, 2014. – № 1. – С. 9-12.
16. Федотов Е. С метаном в дружбе. Опыт добычи и утилизации природного газа в Германии // Межрегиональные научно-практический журнал «Уголь Кузбасса». – Кемерово, 2013. – сентябрь-октябрь. – С.69-70.