

УДК: 622.1, 622.2, 622.4, 622.5, 622.8

Передовые технологии бурения наклонно-горизонтальных скважин при разработке твердых полезных ископаемых

А.А. Твердов, канд. техн. наук, технический директор ООО «Ай Эм Си Монтан», эксперт Общества экспертов России по недропользованию (ОЭРН), эксперт государственной комиссии по запасам (ГКЗ), сертифицированный Ростехнадзором эксперт по промышленной безопасности горных предприятий

З.Э. Байсаров, канд. экон. наук, зам. генерального директора ОАО «ВНИИОЭНГ»

Россия традиционно занимала место лидера в ведении буровых работ, что было обусловлено мощной ресурсной базой, представленной различными месторождениями, расположенными в самых широких географических и горно-геологических условиях. Бурение первых скважин в России относится к IX в. и осуществлялось для целей добычи соли, впоследствии буровое дело активно развивалось как в соледобыче, так и в питьевом водоснабжении. Уже в XV веке для водоснабжения Московского Кремля использовались скважины. Наибольших успехов буровое дело получило во времена СССР в период масштабного индустриального развития. Неслучайно самые глубокие скважины располагаются в России: Кольская сверхглубокая скважина – 12262 м, скважина проекта «Сахалин-1» – 12345 м, скважина Чайванского месторождения – 12700 м.

По вполне понятным причинам наиболее продвинутые технологии бурения развились в нефтегазовой отрасли, где велось бурение скважин на очень глубокие горизонты, при сложной литологии вмещающих пород и обеспечении больших сроков службы скважин.

Достигнутые успехи и инновации в нефтегазовой отрасли вполне могли бы найти достойное применение при добыче твердых полезных ископаемых (ТПИ). Однако, к сожалению, трансферт технологий между отраслями недостаточно хорошо работает в современных условиях, что во многом обусловлено развалом межотраслевых связей в постсоветский период. Между тем горнякам есть чему поучиться у нефтяников, в т.ч. в области ведения буровых работ. Ниже рассмотрены история создания, опыт и перспективы применения многофункциональных наклонных буровых установок (МНБУ) при добыче твердых полезных ископаемых, уже занявших достойную нишу в нефтегазовой отрасли. Основное конструктивное отличие МНБУ от традиционных буровых установок заключается в наличии зубчато-реечного поверхностного механизма передвижения силового регулируемого верхнего привода (вертлюга, в т.ч. эрлифтного вертлюга), позволяющего формировать в породном массиве направленные нагрузки бурового инструмента.

Как часто бывало в истории с инновационными направлениями науки и техники, технология направленного бу-

рения, получившая свое становление в России, впервые получила практическое применение за рубежом и лишь впоследствии вернулась на Родину, но уже как «заморская» инновационная технология. Так, единственный в мире специалист – основатель технологии строительства горизонтальных скважин (ГС) и горизонтально-разветвленных (многоствольных) скважин (МСС) – Григорян Александр Михайлович, ученый-нефтяник с мировым именем, канд. техн. наук, автор около 100 научных трудов и изобретений – в 1980 г. был уволен из ВНИИБТ с запретом дальнейшего развития этого направления. В 1988 г. А.М. Григорян эмигрировал в США, переехал в США и основал там компанию Grigoryan Branched-Horizontal Wells Co., где создал сначала опытные, а затем и промышленные образцы буровой техники. Благодаря его усилиям технология бурения ГС и МСС начала своё развитие в США, а оттуда распространилась и на другие страны. Первые скважины с горизонтальным окончанием в горной промышленности в рамках исследований, проводимых для дегазации угольных пластов, были пробурены в 1974 г. Опытные-промышленные работы по дегазации с помощью вертикальных скважин и скважин, имеющих вертикальную и горизонтальную части (ВГС), были проведены в условиях шахт «Пролетарская-Глубокая» и «Чайкино-Глубокая» комбината «Макеевуголь». Способ подтвердил возможность извлечения метана с высокой концентрацией в смеси, что позволяет выполнять дегазацию угольных пла-



Пример компоновки многофункциональной наклонной буровой установки (МНБУ)

стов вместе с промышленной добычей метана.

Интересно отметить, что эта технология, которая в дальнейшем получила широкое применение в мировой практике, и инновационная буровая техника для ее реализации, широко известная, как МНБУ производства компании Prime Vertical GmbH (Германия), также создавались при участии российской научно-конструкторской школы. Практически вся опытно-конструкторская документация по ее производству выполнена с участием института ВНИИОЭНГ и на основе его научных разработок, являющегося обладателем интеллектуальных прав собственности на разработку и внедрение МНБУ.

При всех вышеотмеченных обстоятельствах эти станки впервые были применены на дегазации угольных пластов в Австралии, и уже позже состоялись выездные «экскурсии» российских угольщиков для ознакомления с передовым опытом дегазации на австралийских шахтах.

МНБУ обладают рядом безусловных преимуществ, определяющих их широкую сферу применения:

- Возможность работ на экстремально неглубоких горизонтах (пластах, рудных телах), поскольку установка используется для бурения не столько силу земного тяготения, сколько силу зубчато-реечной тяги привода.
- Телескопическая опорная система станка фиксируется на двух широких опорных плитах, служащих для безопасной поддержки его лафета в любой буровой позиции.
- Бурение скважин может быть выполнено практически в любом направлении с последующим разбуриванием дополнительных ответвлений от основного забоя скважины (при необходимости).
- Регулируемый привод с наклонной вышкой и реечным механизмом передвижения силового вертлюга позволяет производить бурение наклонно направленных, горизонтальных и горизонтально-разветвленных скважин, начиная с поверхности земли, под углами от 45 до 90°, с допустимой нагрузкой на крюке 40–500 т. Прочный буровой лафет может быть оборудован двумя мощными гидравлическими цилиндрами, обеспечивающими плавное перемещение от 8 до 90°.
- Широкий диапазон мощности силовой установки: 330, 470, 570 и 940 кВт и др.
- Высокая мобильность – комплекс оборудования состоит из отдельных блоков, которые легко размещаются в стандартных контейнерах для перевозки. Имеется возможность исполнения буровых установок как на гусеничном ходу, так и на трейлере или в виде рамной конструкции.
- Возможность исполнения установки с дизельным приводом, что повышает автономность системы.
- Возможность монтажа оборудования установки в камере рудника для выполнения бурения из подземных горизонтов.
- Оснащенность современной системой телеметрии и гидравлической системой определения величины нагрузок позволяет с высокой точностью позиционировать и управлять движением бурового инструмента в породном массиве.
- Возможность бурения скважин (выработок) диаметром от 200 мм до 12 м (методом расширения).

Сегодня технология направленного бурения широко применяется в нефтегазовых отраслях мира, включая Россию для добычи нефти (в т.ч. трудноизвлекаемых (тяжелых) нефтей и битумов), газа, дегазации угольных пластов, при разведке углеводородного сырья. Технология имеет многочисленные позитивные референции от ведущих компаний, осуществляющих нефтегазодобычу.

Перспективы использования МНБУ при разработке твердых полезных ископаемых

Благодаря своим уникальным возможностям МНБУ имеют самую широкую потенциальную область применения и при добыче твердых полезных ископаемых, охватывающую:

- 1) дегазацию угольных месторождений;
- 2) осушение и водоотлив (проходка дренажных выработок и скважин водоосушения, заморозка породного массива);
- 3) проходку наклонных и вертикальных горных выработок (стволов и вентиляционных скважин, штолен, штреков и т.д.);
- 4) геологоразведочные работы (предварительная, детальная, эксплуатационная разведка месторождений ТПИ) и отбор валовых проб для технологических исследований;
- 5) буровзрывные работы на открытых и подземных горных работах;
- 6) повышение эффективности процессов скважинного выщелачивания и скважинной гидродобычи;

В настоящее время в России активными исследованиями возможностей МНБУ в части применения их на дегазации, осушении и при проходке выработок занимаются специалисты ВНИИОЭНГ, АО «СУЭК», ВИОГЕМ. Возможности МНБУ для проходки выработок различного назначения при добыче руд, при геологоразведке, буровзрывных работах, скважинном выщелачивании полезных ископаемых и гидродобыче исследуются совместно специалистами ИМС Montan и ВНИИОЭНГ.

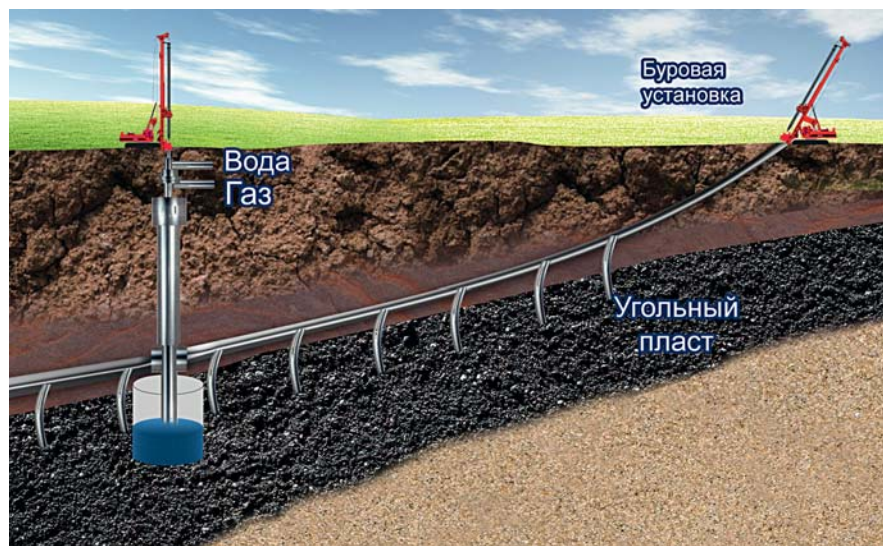
Применение МНБУ для дегазации угольных месторождений

Дегазация угольных пластов на сегодняшний день является одной из актуальных тем для обеспечения безопасности угольного производства. У всех на слуху крупные аварии на угольных шахтах, каждая из которых унесла жизни не одного десятка шахтеров.

В числе главных причин высокой аварийности на угольных шахтах, в том числе приводящих к групповым несчастным случаям, стали газодинамические явления и взрывы метана. Следует отметить, что неуклонное ухудшение горно-геологических условий разработки угольных месторождений обусловлено производством горных работ на больших глубинах, сопровождающихся ростом природной газоносности пластов и включением в отработку участков, склонных к внезапным выбросам угля и газа.

Одним из технологических направлений по снижению рисков возникновения крупных аварий на угольных шахтах является дегазация угольных пластов (заблаговременная, предварительная и передовая). Согласно действующим правилам безопасности (ПБ) дегазация обязательна при превышении природной метаноносности пластов в 13 м³/т сухой беззольной массы (с.б.м.) (около 8 м³ на тонну рядового угля).

Следует отметить, что впервые дегазация угольных пластов и выработанного пространства скважинами, пробуренными с поверхности и имеющими вертикальную и горизонтальную части (ВГС), была осуществлена в 1974 г. в СССР на шахтах «Пролетарская-Глубокая» и «Чайкино-Глубокая» комбината «Макеевуголь». Эффективность дегазации оценивалось в 30–65%. Безусловно, эффективность дегазации во многом обусловлена природными условиями, в т.ч. газопроницаемостью угля и вмещающих пород, глубиной залегания угольных пластов, крепостью вмещающих пород и т.д. Помимо этого, немаловажным фактором является время эксплуатации скважин, отводящих метан, их диаметр и параметры заложения, а также параметры вакуум-насосно-



Пример компоновки МНБУ для заблаговременной дегазации

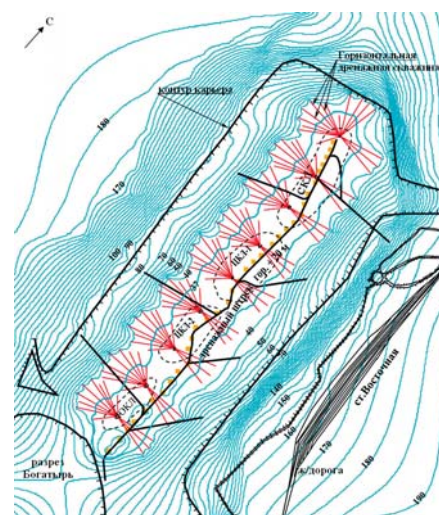


Схема применения МНБУ для осушения угольного разреза «Восточный»

го оборудования.

На многих шахтах России предварительная дегазация так и не дала ожидаемого высокого результата, не превысив эффективности в 8–10%. Заблаговременная же дегазация с поверхности не нашла широкого применения во многом из-за высоких затрат и отсутствия бурового оборудования для проходки скважин на глубокие горизонты и достижения высокой газоотдачи пластов и вмещающих пород. Это привело к разочарованию угольщиков в дегазации как эффективной меры по обеспечению безопасности подземной добычи углей.

Между тем использование МНБУ позволяет повысить эффективность дегазации угольных пластов, одновременно снизив затраты на ее выполнение за счет следующих возможностей:

- минимизация погоножа бурения проходкой скважин вдоль пластов с разбуриванием сети вспомогательных выработок во вмещающие породы и угольный пласт (пласты), что позволяет охватить одной скважиной всю протяженность пласта, минимизировав проходку по верхней толще вмещающих пород;
- возможность бурения на 1500–2000 м и более;
- высокая коммерческая скорость буровых работ до 3000 п. м. в месяц.

Нельзя сказать, что данное направление полностью выпало из разработок России. В настоящее время передовые исследования по применению МНБУ в целях дегазации угольных шахт осуществляют компании, входящие в АО «СУЭК». Эти работы нашли поддержку в Минэнерго.

Использование МНБУ для осушения и водоотлива

МНБУ может быть успешно использована на следующих направлениях по водоосушению и водоотведению из горных выработок:

- строительство дренажного контура вокруг карьеров (угольных разрезов);
- водоосушение подземных рудников и угольных шахт проходкой выработок с поверхности;
- создание предохранительного барьера по периметру шахтного (рудного поля) проходкой скважин с последующей заморозкой породы.

Система осушения и водоотведения созданием дренажного контура вокруг участков ОГР нашла широкое применение, обеспечивая высокую степень перехвата подземных вод, дренируемых в карьерную выемку. Подобные системы обу-

строены по периметру Михайловского, Лебединского, Коршуновского, Стойленского и других карьеров. Между тем строительство дренажного контура проходкой выработок традиционными способами не только занимает длительное время, но и сопряжена с рядом сложностей: необходимость проходки выработок больших сечений для работы персонала и размещения оборудования, необходимость вентиляции. Также в ряде случаев (например, в условиях месторождений КМА) дренажные выработки прокладывались по обводненным рыхлым и глинистым породам, требующим заморозки, что значительно удорожало проходческие работы.

Применение МНБУ для обустройства водоотведения и осушения карьера позволяет существенно снизить объемы горнопроходческих работ и быстро, с меньшими затратами, создать не менее надежную и эффективную систему водоотведения и осушения.

Основным дренажным элементом при применении МНБУ являются наклонно-горизонтальные дренажные скважины и вертикальные водосборные откачные скважины. Параметры системы осушения и водоотлива определяются при трехмерном гидрогеологическом моделировании, позволяющем выбрать как габариты скважин, так и их конфигурацию, а также оптимальные точки их заложения. Например, для разреза «Восточный» в качестве наиболее эффективной системы осушения были приняты горизонтальные дренажные скважины глубиной (длиной) от 100 до 300 м, сочетающиеся с разгрузочными наклонно-нисходящими скважинами, которые закладываются на уступах рабочего борта и одновременно используются для взрывных работ с целью увеличения водопроницаемости пород.

Аналогичным образом системы МНБУ применимы для создания дренажного перехватывающего контура вокруг подземных выработок. Проработкой применения МНБУ на данном направлении занимается компания СУЭК, ведущая исследования на базе Ургальского каменноугольного месторождения, характеризующегося часовыми водопритоками в шахту, близкими к рекордным (5–6 тыс. м³/ч).

В качестве альтернативы системам осушения станки МНБУ применимы для создания предохранительного барьера заморозкой грунтов вокруг подземных выработок, а также карьерного поля. В этом случае система также включает наклонно-горизонтальные скважины, пройденные до водупорного слоя, с последующей подачей замораживающего раствора. Данное решение может быть применимо для ис-

ключения водопотоков, формируемых водотоками местности, проходящими в непосредственной близости от участков горных работ и имеющими гидродинамическую связь с выработанным пространством.

Использование МНБУ для проходки вертикальных и наклонных горных выработок

МНБУ позволяют проходить разнообразные горные выработки диаметром до 12 м, включая:

- вертикальные и наклонные скважины (водоотлива и вентиляции);
- вертикальные стволы с поверхности;
- наклонные стволы с поверхности;
- слепые стволы, наклонные выработки и рудоспуски, пройденные с промежуточных горизонтов горных работ;
- проходку выработок в прибортовом массиве карьеров для размещения конвейерного оборудования ЦПТ.

Для строительства наклонных выработок большого диаметра работы выполняются в несколько этапов:

- бурение пилотной скважины диаметром 200–250 мм с двойной колонной штанг на необходимую глубину;
- установка обсадного породоразрушающего инструмента на колонну буровых штанг. Буровые штанги в данном случае используются в качестве центратора. Во внешней колонне буровых штанг предусмотрены отверстия или слоты для системы аэролифта;
- расширение скважины «от себя» (при необходимости, в несколько заходов);
- для создания необходимой турбулентности с целью поднятия разрушенной породы из скважины на большую высоту через внутреннюю колонну буровых штанг подается буровой раствор в забой скважины.

При строительстве вертикальных выработок большого диаметра работы также ведутся в несколько этапов с постепенным расширением диаметра выработки. Для обеспечения устойчивости стенок скважины выполняется их обсадка бетонными кольцами.

Следует отметить, что затраты на бурение наклонных и вертикальных выработок растут непропорционально диаметру бурения и объему горных работ. В силу существенно усложнения технологии и необходимости перехода на нестандартные типоразмеры оборудования отмечен скачок удельных затрат на погонный метр выработок при превышении диаметра выработки 3 м. Тем не менее прогнозные за-



Применение МНБУ на проходке вертикальных стволов

траты на проходку выработок оказываются все же ниже затрат на проходку выработок традиционным щитовым способом (механизированным и БВР). Темпы строительства ствола диаметром около 5 м, могут достигать 90–110 м/месяц.

Геологоразведочные работы и отбор валовых проб для технологических исследований

При геологоразведке твердых полезных ископаемых применение МНБУ может дать революционно прорывной эффект в части снижения затрат и повышения репрезентативности данных геологоразведочных работ.

Массивные рудные тела, как правило, залегающие на большой глубине, являются исключением, и при традиционном бурении вертикальных и наклонных скважин неизбежен существенный объем проходки по пустым породам. Аналогичным образом большая часть бурения на полого падающих угольных месторождениях приходится на пустые породы.

Применение МНБУ при предварительной и детальной геологоразведке ГПИ позволяет:

- снизить объем бурения по пустой породе, при сохранении (и увеличении) керна, пройденного по полезному ископаемому. Эффект достигается за счет бурения серии горизонтально-разветвлённых (относительно основной выработки) скважин, обеспечивающих максимальное количество керна и точность оконтуривания полезного ископаемого на удельный объем бурения, приходящегося на 1 км² разведваемой площади.

Для пластовых месторождений появляется возможность фактически однозначного отслеживания непрерывности пласта, его морфологических особенностей, точного выявления тектонических нарушений и оценки распределения качественных характеристик угля в пространстве. Так, при глубине залегания пластов до 1 км объем буровых работ на месторождениях 3-й группы сложности может быть сокращен до 5 раз (и более) при повышении представительности данных;

- достичь ранее недоступной точности оконтуривания небольших рудных тел сложной морфологии, минимизировав объем работ по проходке разведочных подземных выработок, что особенно важно на месторождениях 3-й и 4-й групп сложности;
- ввиду возможности выполнять бурение с одной точки серии горизонтально-разветвлённых скважин в самые разные направления упрощаются буровые работы в части установки станков и их переноса по разведваемой площади, что особенно важно на участках со сложным рельефом, в заболоченной или лесистой местности. При этом на участках с большим перепадом высот появляется дополнительная возможность сократить объем бурения за счет выбора точек установки МНБУ при сохранении необходимого охвата площади геологоразведки;
- осуществить отбор полновесных валовых проб для исследования технологических свойств полезных ископаемых (обогатимость, показатели извлечения, фракционный и гранулометрический состав);
- обеспечить снижение затрат и упростить работы при разведке алмазосодержащих руд, требующих бурения скважин диаметром 500 мм и более.

Работы по отбору керна возможно совместить с комплексом геофизических изысканий по пробуренным забоям скважин. Как и в случае использования традиционных методов геологоразведки, целесообразно поэтапное сгущение сети с корректировкой мест заложения и направления скважин по мере выявления морфологических и структурных особен-

ностей месторождения.

Применение МНБУ также имеет существенные преимущества при эксплуатационной разведке, позволяя:

- отслеживать труднодоступные рудные тела, не вскрытые выработками;
- повысить репрезентативность данных по геомеханическим условиям шахтных полей (включая данные по трещиноватости массива и прочностным характеристикам);
- как и в случае детальной разведки, обеспечить рост репрезентативности данных бурения при снижении объема работ.

Применение МНБУ для буровзрывных работ

Повышение эффективности взрывных работ при использовании технологии МНБУ возможно по следующим направлениям:

- проходка при ОГР скважин на высоту уступа (10–30 м), с последующим разбуриванием из пройденной скважины ответвлений параллельно ориентированных плоскости уступа, что позволяет достичь:
 - снижения расхода ВВ, в т.ч. за счет более эффективной работы взрыва, направленной на разупрочнение породного массива, в данном случае ЛНС направлена в основном в направлении плоскости уступа;
 - роста производительности по бурению за счет минимизации буровых работ на перебур и забойку скважин;
 - повышения производительности за счет сокращения количества передвижений станков по плоскости уступа.

Определенные сложности связаны с процессом заряжения скважин переменной геометрии, однако вопрос представляется решаемым при применении патронированных (водоэмульсионных) ВВ. При этом в случае значительной вертикальной зональности породного массива по физико-механическим свойствам возникает возможность индивидуального подбора оптимального диаметра и типа ВВ под каждый горизонт (линию) зарядки скважин;

- повышение качества работ по заоткоске при постановке карьера в конечный контур (новые возможности для предварительного щелеобразования скважинами, пройденными вдоль верхней бровки борта карьера);
- бурение вееров скважин при отработке рудных месторождений по технологии с обрушением на расстояние 500 м и более, при возможности четкого оконтуривания обрабатываемого блока;
- бурение компенсационных скважин при проходке горизонтальных и наклонных подземных выработок большой протяженности и сложной геометрии, соответствующей конфигурации выработок, для повышения темпов проходки и снижения переборов выработок;
- бурение скважин на большое расстояние в грудь проходческого забоя, при проходке горизонтальных и наклонных подземных выработок, с возможностью разбуривания относительно основной скважины веера дополнительных скважин, перпендикулярно ориентированных ходу выработки, для повышения качества дробления породы и темпов проходки выработки.

Повышение эффективности процессов скважинного выщелачивания и скважинной гидродобычи

Подземное скважинное выщелачивание, широко применяющееся при добыче урановых руд, руд драгоценных и цветных металлов, очень чувствительно к анизотропии физико-механических свойств рудного и породного массива. Для обеспечения высоких показателей извлечения полезного ископаемого необходимо создать условия для равномерного

распределения реагентов в рудном массиве, одновременно минимизировав дренаж реагентов и растворов в грунтовые и подземные воды. В этом смысле технология МНБУ позволяет максимально точно заполнить рудное тело реагентами, обеспечив необходимую избирательную откачку с различных участков рудного тела (в зависимости от их физико-механических свойств, минерального состава и проницаемости). При этом в качестве вспомогательных мер повышения эффективности скважинного выщелачивания можно рассматривать проходку ниже рудного тела «отсекающих» скважин с целью перехвата возможного дренажа раствора. Таким образом, МНБУ позволяет не только снизить потери полезного ископаемого и повысить извлечение полезного ископаемого, но и снизить общий расход реагентов.

Аналогично может быть повышена эффективность скважинной гидродобычи рассолов солей и гидродобычи рыхлых богатых железистых руд, при более полном извлечении запасов, снижении операционных и капитальных расходов, при меньшем засорении полезного ископаемого вредными примесями и «пустой» породой.

Следует отметить, что благодаря своим уникальным характеристикам область применения МНБУ не ограничивается вышеприведенными. Например, имеются перспективы применения установок в технологиях искусственного укрепления прибортового массива карьеров, вскрытия месторождений при комбинированной разработке месторождений и в других направлениях горного дела.

Безусловно, технология МНБУ в России востребована и достойна всесторонней поддержки как в рамках программы импортозамещения, так и поддержки развития инновационных технологий. В отношении МНБУ справедливо выражение «...*время собирать камни*». В настоящее время имеются возможности для локализации их производства в России, что, однако, потребует поддержки в части пилотных исследований с разработкой методических рекомендаций для различных областей их использования. Оправданным будет поддержка государством НИОКР с реализацией исследований на базе заинтересованного горного предприятия.

Информационные источники:

1. Лисичкин С.М. *Очерки по истории развития отечественной нефтяной промышленности*. – М. - Л.: 1954;
2. Ованов С.А., Байсаров Э.Э., Лабазанов С.Х. *Достижение высоких технико-экономических показателей строительства горизонтальных скважин*. – М.: Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2012. – №5.
3. *Инструкция по дегазации угольных шахт (с изменениями от 20 мая 2015 г.)*. Утверждена федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, приказ № 679 от 1 декабря 2011 г.
4. Воронин А.А., Волков Ю.И., Изотов А.А. и др. *Инновационный способ осущения горных выработок с применением техники и технологии горизонтального направленного бурения* // *Черная металлургия*. – 2015. – № 9.
5. Пономаренко Ю.В., Костеренко В.Н., Байсаров Э.Э. *Совершенствование технологии и технических средств сооружения восстанавливающих дренажных скважин в связи с расширением перспектив их применения*. – М.: – 2013.
6. Ованов С.А., Костеренко В.Н., Садов А.П., Байсаров Э.Э. *Строительство горизонтальных скважин с дневной поверхности для дегазации угольных шахт с целью предупреждения внезапных выбросов метана и обеспечения эффективного управления газовыделением на выемочных участках, а также для решения задач защиты горных выработок от водопритоков* // *Оборудование и техника*. – 2014. – № 1.
7. Байсаров Э.Э. *Потенциальные возможности внедрения инновационной буровой техники и горизонтальных технологий при разработке участков недр, содержащих запасы трудноизвлекаемой нефти, угольного метана, сланцевого газа и нефти для решения важнейших задач при добыче твердых полезных ископаемых*
8. *Презентационные материалы Prime Vertical GmbH*.
9. *Дегазация угольных пластов и использование метана*, изд. Донбасс, Донецк, 1974.



125047, Москва, ул. Чайнова, д. 22 строение 4
 тел.: +7 (495) 250-6717 • факс: +7 (499) 251-5962
 e-mail: consulting@imcgroup.ru
www.imcmontan.ru