Не традиционная плазменно-импульсная технология и методика ее применения для предотвращения неожиданных выбросов угля и газа в рабочее пространство шахт и извлечение метана в промышленных масштабах

Уважаемые дамы и господа, изначально, добыча метана из угольных пластов рассматривалась, как их заблаговременная и была направлена на предотвращение неожиданных выбросов угля и газа в рабочее пространство шахт, что не исключало добычу метана в промышленных масштабах через вертикальные скважины, пробуренные с дневной поверхности. Как показывает мировой опыт ,без постановки первой задачи решить вторую задачу с помощью традиционных технологий, заимствованных из нефтегазовой промышленности вряд ли возможно.

№ 1

Высокая аварийность на предприятиях угольной промышленности связана с непредсказуемыми выбросами угля и газа в рабочее пространство шахт. Это явление продолжается десятилетиями и приводит к гибели большого количества шахтеров.

По мере увеличения глубины залегания угольных пластов геологические условия работ в шахтах усложняются, растет себестоимость дегазации, возникает все больше трудностей в управлении процессом.

№2

Это связано с тем, что с глубиной увеличивается давление перекрывающей породы и, следовательно, увеличивается напряженное состояние, которое приводит к снижению проницаемости угольных пластов.

В последние 30 лет предпринимаются попытки добычи метана из угольных пластов через вертикальные и горизонтальные скважины. Однако, по оценке представителя «Американского агентства по защите окружающей среды» Ф.Руиз, во всех странах, добывающих метан из угольных пластов, отмечается огромное количество малодебитных или простаивающих скважин без притока метана.

По причине нерентабельности добычи метана с помощью традиционных технологий американская корпорация «Shevron» «разошлась с метаном навсегда». В Индии из-за нерентабельности добычи метана многие компании прекратили работу и вернули выделенные участки государству.

В Китае по состоянию на конец 2015 года, из боле чем13000 пробуренных вертикальных и горизонтальных скважин добывается всего 2,7 млд.м3 газа, а путем обычной вакуумной дегазации из 13048 шахт извлекается 10 млд.м3 метана. По причине нерентабельности только в 2-х провинциях Шаньси и Шэньси в конце 2013 года было выедено из эксплуатации 2000 скважин. По оценке китайских специалистов, на каждый вложенный на дотации 1млд. юаней возвращается только 400 млн.

Проблема нерентабельности скважин, как представляется, в том, что механический перенос технологий, применяемых в нефтегазовой промышленности для добычи метана, совершенно не обоснован.

На экране представлен сравнительный анализ специфики добычи угольного газа метана и природного газа. Отличительные геологотехнические, гидрологические, геомеханические, физические, петрографические особенности и сам способ извлечения метана из угольных пластов настолько велики, что предлагаемые методы добычи метана из угольных пластов, заимствованные из нефтегазовой промышленности, в большинстве своем оказались малоэффективными.

Слайд №3

Количество скважин, например в Китае, без притока метана либо малодебитных как вертикальных так и горизонтальных скважин превышает 70%. Как результат, возникает нездоровый механизм согласований между добычей угля и добычей метана. Предприятия, добывающие уголь, требуют максимальной дегазации в максимально короткие сроки. Однако ни того ни другого добывающие метан компании предложить хотя бы в течение 5 лет не могут. Как правило, в Австралии и США такие работы ведутся в течение 15-20 лет.

Слайд № 4

Обращает на себя внимание тот факт, что эффективность разрекламированных горизонтальных скважин зависит от проницаемости угольных пластов. В частности, по оценке иностранных специалистов, при проницаемости пластов менее 1 мД бурение таких скважин затратно и малоэффективно.

Слайд№5

Возникла острая необходимость в разработке новых технологий для дегазации угольных пластов. Следует отметить, что методика добычи нетрадиционных углеводородов относится к междисциплинарной науке, следовательно, и методы добычи метана должны быть нетрадиционными. Для этого очень важно понять причину неожиданных выбросов метана и научиться предотвращать, или, по крайней мере, сокращать их возникновение, чтобы спасти жизнь шахтеров при одновременно извлечении чистого метана и его утилизации.

Мы обратили внимание на одно необычное обстоятельство.

На экране показан Анализ серии реальных неожиданных выбросов газа на шахтах, проведенный российскими специалистами.

Каждой точке по вертикали соответствует один неожиданный выброс. По горизонтали – средняя газонасыщенность всех пластов.

Отчетливо видно, что при выбросах малого количества угля (5 – 15 тонн) объем вышедшего газа может достигать 600-800 м3/тонну. Такой объем газа не может содержаться в указанных объемах угля. Однозначного объяснения этому явлению не существует, а, следовательно, отсутствуют и эффективные способы борьбы.

Мы провели свой анализ и обнаружили, что при любых подземных работах, включая добычу угля, боксита, каменной соли, калийной соли, даже при строительстве метро и т.д., практически всегда могут происходить неожиданные выбросы газа и породы в рабочее пространство. Пришли к выводу, что физическая природа газодинамических явлений по существу одинакова. Поэтому, мы рассмотрели эти события с точки зрения нелинейных физических процессов, в том числе, происходящих в угольной залежи, разработали и реализуем на практике свою нелинейную технологию «плазменно-импульсного воздействия» на продуктивные метано-угольные пласты, через вертикальные скважины, которая позволит, как мы считаем, даже на разрабатываемой лаве заблаговременно решать проблему дегазации, обеспечить безопасную работу шахтеров и добычу метана в промышленных масштабах.

№ 6

Прошу обратить внимание, современная наука считает, что физическая сущность нелинейных систем, вне зависимости являются ли они искусственными, (например, вертолет, самолет, турбина, автомобиль) или естественными (например, залежи нефти, боксита, каменной соли, калийной соли или угля) абсолютно одинакова. Природа по сути своей не линейна, считает академик РАН Р.Ф. Ганиев (Центр нелинейной волновой механики и волновых технологий). В то же время линейные законы и зависимости хотя и существуют, но они скорее исключение из правил, чем правило.

Тогда, в этом случае, исходя из реального и практического подхода любую продуктивную залежь, можно рассматривать как природный, нелинейный, многослойный модуль объемной упругости, содержащий неравновесную диссипативную динамическую систему вид и свойства которой определяется самой системой, и в которой, при определенных внутренних геомеханических и внешних условиях, может начаться процесс самомодуляции. (теория синхронизации динамических систем).

Любые 2-3 фазы представляют собой динамическую систему. Например уголь-газ-вода-вмещающие породы или нефть –газ-вода, которая характеризуется стационарной круговой частотой свободных колебаний земли, зависящих от начальных условий возмущения (размаха колебаний), и в этом случае появляется возвратная сила, отнесенную к единице массы (угля,) равная силе возмущения.

Поскольку мы ведем речь об извлечении метана, то следует отметить, что угольный пласт имеет различную проницаемость (например, от 0,1 до 50 мД) и обладает хорошей акустической проводимостью, поэтому при любых широкополосных возмущениях, на любом этапе строительства и эксплуатации шахт, например, взрывные работы, стационарная круговая частота угольного пласта может захватить наведенную когерентную частоту, амплитуда колебаний усиливается, что ведет к расширению трещин в пласте на участке с большей проницаемостью, или в кровле пласта сложенного песчаниками, который имеет большую проницаемость чему угольный пласт и куда легко мигрирует метан. где начинает концентрироваться свободный газ и, следовательно, запускается процесс самомодуляции динамической системы. При достижении критических значений концентрации газа, происходит выброс метана в рабочее пространство шахты, объем которого многократно превышает содержание газа в угле.

№ 7

С учетом этого, мы разработали свою технологию плазменно-импульсного воздействия, которая коренным образом отличается от традиционного неуправляемого ГРП. Названный способ позволяет искусственно инициировать управляемые периодические широкополосные плазменные-импульсы высокого давления через вертикальные скважины для воздействия на неразгруженные и даже разрабатываемые метано-угольные пласты и проницаемые вмещающие породы, которые создают растягивающие и сжимающие напряжения, что приводит к созданию сети аномальной микротрещиноватости, увеличению проницаемости и, следовательно, максимальной десорбции и диффузии метана. Это позволит, как мы считаем, в кратчайшие сроки в течение 2-3 лет провести дегазацию конкретного разрабатываемого пласта и в перспективе не только обеспечить безопасную работу шахтеров, но и добыть метан, пригодный для самостоятельной утилизации, а также ускорить скорость прохождения угольного комбайна и тем самым снизить себестоимость добываемого угля.

№ 8

Специалисты нашей компании разработали и применили на практике «идеальный, нелинейный плазменно-импульсный источник направленных, широкополосных, управляемых периодических упругих колебаний», который способен создать нелинейную зависимость между источником колебаний и объектом разработки, что приводит к развитию микротрещиноватости, а, следовательно, и увеличению проницаемости угольного пласта и способствует процессу десорбции и диффузии метана.

Оборудование состоит из двух частей:

- Погружной плазменно-импульсный генератор, который работает в скважинной жидкости;

- наземный контрольный блок управления.

Технические характеристики:

- рабочая глубина скважины до 4000 метров;

- температура среды не более 100 градусов ;

- энергоемкость 1,5 килоджоуля;

- диаметр 102 мм;

- длина 2700 мм;

- источник питания 110/220 вольт;

- Потребляемая входная мощность 500 ватт;

- выходная мощность 102 мегаватт;

- образование импульса за 9 - 55 микросекунд;

- давление ударной волны 10 тонн/см2

- широкополосная акустическая частота до 20 кГц

№ 9

Мы учли, что не разгруженный от горного давления угольный пласт, зажатый вмещающими породами, представляет собой пористую систему, зачастую менее плотную, чем толща пород. Существует взаимозависимость между деформацией угольной матрицы, эффективным напряжением и проницаемостью.

Флюид (вода) пронизывает угольную залежь, его распространение по вертикали контролируется капиллярными и гравитационными силами..

Механическая прочность угля намного ниже, чем у других пород, и он не способен выдерживать высокий градиент воздействия, не разрушаясь. Установлен парадокс, известный как парадокс эффекта П.В.Бриджмена, а именно, разрыв связей в угле происходит при снятии напряжения, а не при приложении. В этих условиях на небольших глубинах происходит его объемное растрескивание , а на большой глубине он разрушается на вафлеподобные пластины.

Угольный пласт, находясь в напряженном состоянии и, имея повышенную звукопроводность, обладает свойствами неравновесной, диссипативной передаточной среды, в которой природный частотный хаос поддерживается подпиткой внешней энергии (приливы-отливы, удаленные землетрясения, взрывные работы на удаленных разрабатываемых площадях).

По электрическим свойствам большинство углей относятся к проводникам и полупроводникам.

Газонасыщенность метано-угольных пластов складывается из четырех составляющих:

- свободный газ, заполняющий поры и трещины – 5 – 6 %;

- газ, адсорбированный на стенках микропор, капилляров и трещин (физическая сорбция и объемное заполнение) – 28 – 35 %

- газ, находящийся в объеме угля в растворенном виде 40 – 50 %

- газ, частично растворенный в пленках воды, при этом, согласно закону Генри, растворимость газа в водных растворах повышается прямо пропорционально давлению с глубиной – 3 – 8 %. Вода, пронизывающая угольный пласт с растворенным газом, обладает низкой прочностью, что связано с наличием в ней кавитационных зародышей: плохо смачиваемые поверхности угля, угольные частицы с трещинами и микротрещинами, которые заполнены газом.

№ 10

В газоносных пластах основная масса молекул метана распределена в объеме угля и к системе «метан-уголь» применимо понятие твердого раствора внедрения. Внедрившиеся в раствор молекулы метана занимают не пустоты в кристаллической решетке, а вакансии в твердом теле в соответствии с сорбционной кривой для угольных пластов.

№ 11

Существует лишь единственный способ выделения газа – это диффузионный механизм. Для его запуска необходимо, чтобы уголь при разгрузке подвергся диспергированию или приобрел микротрещиноватьсть для созданию максимальной сети фильтрации. Концентрация метана в угле упадет в разы, и он перейдет в свободное состояние.

Единственным механизмом, способным привести к диспергированию угля и развитию аномальной сети микротрещиноватости является взрыв пузырьков газа, вкрапленных в структуру угольного пласта, которые начнут активно выделяться при периодическом направленном широкополосном плазменно-импульсном воздействии, создавая акустическую и гидродинамическую кавитацию, которую можно охарактеризовать как гидроакустическая люминесценция.

Очевидно, пока единственным устройством способным запустить этот механизм является « Плазменно-импульсный идеальный, нелинейный, широкополосный источник направленных, управляемых периодических колебаний».

Слайд № 12

Исследования, проведенные на стенде, в лаборатории и при опытно=промышленных работах в России и Китае в основном подтвердили наши предположения.

В частности, на слайде показаны растягивающие и сжимающие напряжения на стенде. Стенд представляет собой 200 литровую емкость, наполненную водой, в которую опущена металлическая перфорированная труба, имитирующую обсадную колонна, предварительно закольматированная цементым раствором. В колонну вставлен генератор плазменно-импульсного воздействия. Наглядно видно, что во время периодических направленных импульсов происходят растягивающие и сжимающие напряжения, которые в пластовых условиях приводят к увеличению проницаемости, при этом цементный кольматан удален несколькими импульсами.

При образовании плазмы в районе рабочего интервала, в жидкости возникает звуковое давление свыше 100 Дцб, что приводит к образованию кавитационных пузырьков во время полупериода разряжения на кавитационных зародышах газовых включений. Пузырьки захлопываются во время полупериодов сжатия, создавая кратковременное, за одну микросекунду, давление до 10000 кг/см 2, которое способно разрушить более прочные материалы, чем уголь.

№ 13

Процесс испытания на стенде подтвердил, что образцы угля, получившие 20 плазменных периодических импульсов, частично диспергировались и частично расслоились на вафлеподобные пластины.

№ 14

Томографическое просвечивание образцов, подвергшихся широкополосному плазменно-импульсному воздействию, показало развитие микротрещиноватости в образце, при этом часть микротрещин располагались ортогонально направлению напластования.

№ 15

Наибольшая эффективность достигается при инициировании периодических импульсов через щелевую перфорацию. В этом случае площадь фильтрации в перфорированной скважине близка к площади фильтрации открытого ствола, а после плазменно-импульсного воздействия площадь фильтрации может существенно превосходить природные условия.

Слайд №16

Применение технологии плазменно-импульсного воздействия через щелевую перфорацию в скважине УМ-5.9 в Кузбассе, которая 2 года не давала притока газа, подтвердило увеличение проницаемости после воздействия на 6 метаноугольных пластах. Гидростатический уровень повысился на 60 метров, что соответствовало максимальному гидростатическому давлению, приток воды в скважину увеличился на 50 %. Метан стал поступать из верхних горизонтов, что не наблюдалось ранее после гидроразрыва всех пластов.

№ 17

Применение технологии плазменно-импульсного воздействия в Китае, в уезде Пиндиншань, район Шоушань в угольных пластах имеющих проницаемость 0,014 мД и аномально низкое пластовое давление 35 атмосфер на глубине 811-816 метров подтвердило увеличение проницаемости пласта поступлением метана в скважину и распространением сжимающих и растягивающих напряжений на расстоянии более 200 метров, которые сопровождались активным выделением газа.

№ 18

Подтверждением эффективности воздействия является доклад заместителя генерального директора Заказчика на международной конференции в октябре 2013 г. в Пекине, который отметил, что скважина в угольном пласте с аномально низким пластовым давлением и низкой проницаемостью после плазменно-импульсного воздействия с «0» стала производить метан в объеме 600 м3/сутки.

Слайд 19 -24

Проведенные вм2015 -2016 гг НИОКР на шахте Ерунаковская, включая микросейсмические исследования полностью подтвердил наши предположения.

Слайд № 25

Лучше один раз увидеть, чем 100 раз услышать. Я предлагаю посмотреть скоростную съемку образования металлической плазмы в замедленном режиме. Плазма это четвертое состояние вещества, а также процесс растяжения и сжатия среды, вызванный ударной волной плазменного импульса в реальных геологических условиях в уезде Пиндиншань, район Шоушань. Источник колебаний –скважинный генератор размещен в скважине PS 01. Видеокамера размещена в скважине PS 03 на расстоянии 0,5 метра от свободной поверхности скважинной жидкости. Расстояние между скважинами 200 метров (650 фут.) Расстояние от свободной поверхности жидкости в скважине PS 03 до кровли пласта 285 метров.

№ 26

Я считаю, что надо пояснить механизм образования плазмы. Источник периодических направленных широкополосных коротких импульсов высокого давления воздействует энергией плазмы, образуемой взрывом калиброванного металлического проводника между электродами скважинного гнератора. По своей сути источник периодических направленных коротких импульсов высокого давления представляет собой генератор плазменно-импульсного воздействия. Обычно такой источник работает следующим образом. Ток высокого напряжения 3000 – 5000 вольт от батареи накопительных конденсаторов подается на электроды, которые замыкаются калиброванным проводником, что приводит к его взрыву и образованию плазмы в замкнутом пространстве.

Во время взрыва происходит освобождение энергии, переходящей в состояние сильно нагретого газа с очень высоким давлением и плотностью, который в свою очередь, формирует ударную волну, которая периодически повторяется и адресно, в заданных точках по вертикали пласта, воздействует с большой силой на окружающую среду, вызывая ее сжатие, которое продолжается пока давление в ударной волне не сравняется с пластовым давлением. После чего начинается процесс растяжения среды в сторону скважины с источником колебания.

№ 27

Многократное повторение периодических широкополосных коротких импульсов, по всей мощности пласта в среде, имеющей хорошую электропроводность и звукопроводность, вызывает сжимающие и растягивающие напряжения, приводит к развитию сети аномальной микротрещиноватости в пласте, кавитации, тепломассообмену, самомодуляции пласта, что способствует максимальной десорбции метана.

В случае наличия более проницаемых перекрывающих пород, плазменно-импульсное воздействие может проводится через щелевую перфорацию в кровле пласта, поскольку метан диффундирует в более проницаемые породы, при этом его объем может превосходить объем метана в угольном пласте. Проницаемые вмещающие породы ведут себя как нефте-газовый продуктивный коллектор, который не имеет угольной пыли и, следовательно, газотдача будет максимальной.

№ 28

Универсальная Технология плазменно-импульсного воздействия хорошо зарекомендовала себя для увеличения притока нефти из низко проницаемых пластов в Росси, США и Кувейте. В ноябре прошлого года на международной конференции в США, в Хьюстоне, организованной Хьюстонским технологическим центром, была отмечена Премией председателя конференции «За выдающуюся инновацию, отвечающую нынешним и будущим энергетическим вызовам».