

УДК 622.324:547.211

**А.В. Шипулин, Г.И. Коршунов, А.И. Пальцев, А.С. Серегин**  
**СОЗДАНИЕ БЛОЧНО-ТРЕЩИНОВАТОЙ СТРУКТУРЫ**  
**В УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ**  
**ВОЗДЕЙСТВИИ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНО-**  
**ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Низкая газовая проницаемость угольного пласта и вмещающих пород — одна из главных проблем добычи угольного метана. Для создания проницаемых зон предлагается использование способа гидродинамической обработки угольного пласта, разработанный для нефтяных скважин, в частности импульсно-волновое воздействие через скважины.*

*Ключевые слова: проницаемость, инерционный гидроразрыв, гидроудар, инерция, метан угольных пластов.*

---

**Р**азвитие угледобывающей промышленности в России в последние годы характеризуется ростом нагрузок на очистные и проходческие забои угольных шахт, которые комплектуются высокопроизводительным оборудованием. Уровень современной применяемой техники позволяет обеспечивать нагрузки на очистные забои более 10000 тонн в сутки. Дальнейший рост производительности сдерживается постепенно ухудшающимися горно-геологическими условиями и газовым фактором.

В настоящее время пластовая дегазация угольного массива из подземных выработок имеет ограниченное время функционирования скважин из-за недостаточного временного опережения подготовительных работ. При ухудшающихся горно-геологических условиях (увеличение глубины ведения горных работ, уменьшение проницаемости угля) эффективность пластовой дегазации из подземных выработок снижается. Возможности средств вентилиации и применяемых средств дегазации в

основном исчерпаны и не позволяют обеспечить необходимый уровень безопасности ведения горных работ. Таким образом, газовый фактор — один из основных факторов, сдерживающих рост производительности забоев на угольных шахтах. Уменьшение газовыделения в горные выработки при угледобыче позволит повысить интенсивность и безопасность ведения горных работ.

Основной проблемой извлечения угольного метана является низкая проницаемость неразгруженного массива. Для создания трещин в угольном пласте с целью извлечения метана через скважины, пробуриваемые с поверхности, применяются гидродинамические методы воздействия. Для увеличения проницаемости угольной толщи применяется классический гидроразрыв, аналогичный гидроразрыву нефтяных пластов, проводимых для увеличения нефтеотдачи. Гидроразрыв приводит к появлению длинных (магистральных) трещин в массиве. Кроме гидроразрыва для обработки массива

ва используют технологии ударно-волнового воздействия [1, 2].

Существующие технологии, предлагаемые для создания трещин в угольном массиве, имеют ряд недостатков и могут быть усовершенствованы. Технологии увеличения проницаемости пласта на основе гидроразрыва имеют некоторые недостатки:

- медленное нарастание и длительное приложение высокого давления приводит к образованию одиночных магистральных трещин;
- отсутствуют способы контроля и управления созданием трещин.

Одиночные трещины способствуют расчленению пласта на блоки, но малоэффективны для извлечения метана.

Гидродинамическая обработка угольного пласта аналогична обработке нефтяного пласта. Однако существует ряд отличий, например, средняя глубина на порядок меньше нефтяных, отсутствуют проблемы с закупоркой трещин вязкими нефтяными фракциями, давление гидроразрыва в угольном пласте в 6—8 раз ниже и т.д. Данный способ импульсно-волнового воздействия – это попытка применить на угольных пластах опыт, наработанный на нефтяных скважинах Поволжья, Казахстана и Китая, защищенный рядом патентами [3-6].

Предлагаемая технология учитывает опыт гидравлической обработки угольных пластов, полученный учеными МГУ [1, 2]. Предлагается применять новые способы гидродинамической обработки, разработанные для нефтяных скважин. Например, использовать сочетание инерционного гидроразрыва с депрессионным рывком в момент полного раскрытия трещин и применять быстродействующее оборудование с пневмоприводом. Величина давления и длитель-

ность его приложения позволяют регулировать длину создаваемых трещин. Резкие перепады давления способствуют перераспределению напряжений. Это приводит к деформации пласта и созданию сети новых недлинных трещин.

Предлагаемая технология гидродинамической обработки включает:

- инерционный гидроразрыв для создания и развития трещин в крепких породах с использованием разгонного движения массы жидкости.
- импульсно-волновое воздействие, с периодическим резким изливом скважинной жидкости из скважины, сопровождающимся смыканием трещин.
- размыв породы за счет резонансного возвратно-поступательного движения массы скважинной жидкости. При перемещении многотонной массы жидкости трещины пласта интенсивно деформируются, что сопровождается развитием старых и созданием новых трещин.

Для более эффективного извлечения газа из угольного пласта рациональнее создавать сеть трещин, расходящихся от ствола скважины. Дробление блоков пласта на меньшие фрагменты достигается применением серии гидроударов, создаваемых резким перекрытием потока жидкости.

- в отличие от постепенного нарастания давления жидкости, которое приводит к раскрытию существующих трещин, импульсное воздействие создает новую сеть трещин, что открывает возможность дополнительного дренажа в пласте;

- импульсное воздействие инициирует большие кратковременные повышения давления, которые нельзя создать при стационарном течении жидкости в силу ограничений по давлению насосных агрегатов и колонны НКТ;

- нет необходимости в использовании большого количества мощных насосных агрегатов и обеспечении большого расхода жидкости;

При импульсном гидроразрыве происходит периодическое увеличение давления для разрушения массива за счет ее регулярного деформирования и создание сети трещин, покрывающей площадь вокруг скважины с возможностью регулирования длины создаваемых трещин за счет величины давления и длительности его приложения.

Создание давления на устье для ускорения движения уплотненной массы, приводит к сжатию нижележащих слоев и приведению их в движение, что приводит к увеличению движущейся массы скважинной жидкости, которая, при достижении зумпфа, создает перепад давления, значительно превышающий устьевый [7].

Процесс, происходящий в скважине, это гидроудар протяженный по времени. Энергия гидроудара определяется его длительностью, жесткостью колонны и мощностью, которая прямо зависит от скорости изменения давления в зоне перфорации. В свою очередь длительность гидроудара пропорциональна глубине скважины. Скачок давления гидроудара зависит от скорости потока, но длительность гидроудара, а значит и его общая энергия, возрастают с увеличением глубины скважины. Для сохранности обсадной колонны необходимо ограничивать мощность гидроудара. Снижение мощности компенсируется высокой энергией за счет длительности протекания процесса.

При импульсно-волновом воздействии возникает совокупность сложных, взаимосвязанных процессов, приводящих к тому, что волны сжатия, циклически нагружая пористую среду, многократно отражаясь, трансформируются в волны напряжения-растяже-

ния, создавая условия для развития сети трещин и микротрещин.

Ударные волны высокого давления позволяют создать сеть трещин, радиально расходящихся от ствола скважины. Периодическое закачивание жидкости в скважину способствует созданию перетоков жидкости в призабойной зоне и способствуют вымыванию из пласта угольного шлама.

Энергия движущейся массы скважинной жидкости оказывает влияние, как на призабойную зону, так и на трещины, распространяющиеся по пласту. Гидроудары, согласованные по частоте повторения с глубиной скважины усиливаются за счет резонанса. Потери на затухание на километр длины скважины, заполненной водой, для волн инфранизкой частоты составляют величину порядка 10-12 %. Поэтому периодические изменения забойного давления передаются в виде волн низкой частоты по простиранию пластов и способствует перераспределению напряжений в массиве, что влияет на создание и развитие трещин.

Предлагаемая технология обладает всеми полезными свойствами импульсного гидродинамического гидроразрыва – инициирует большие кратковременные импульсы давления, способствует созданию сети трещин в пласте, не требует применения мощных насосов. Кроме того, поскольку на энергию движения жидкости в призабойной зоне влияет в первую очередь инерция движения столба скважинной жидкости, не требуется использование погружного скважинного оборудования, следовательно, не проводятся спускоподъемные работы. Такой способ обработки дает возможность любого числа повторения технологических операций до получения ожидаемого результата.

По сравнению с другими способами обработка скважин импульсно-волновым воздействием с поверхности без применения спускоподъемных работ характеризуется малыми материальными и временными затратами. Не требуется дорогостоящая техника, из специального оборудования используется только модифицированная устьевая обвязка, в некоторых случаях генератор ударных импульсов и насосный агрегат. Длительность проведения обработки обычно от 3 до 8 часов. Проведение работ по предлагаемому способу не требует тяжелой

техники и сложного оборудования. Предлагаемый способ относительно не требует значительных финансовых вложений, эффективен и безопасен. Производственные операции могут производить 2 человека, использовать 2-3 автомобиля (1-2 автоцистерны для доставки и вывоза рабочей жидкости и насосный агрегат, типа ЦА-320), устьевый накопитель энергии, применяемый при буровых работах. При проведении работ может быть востребовано оборудование для отбора, хранения и перекачки пластового газа.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков Л. А., Сластунов С.В, Каркашадзе Г.Г., Коликов К.С. Патент РФ №2188322. Способ гидравлической обработки угольного пласта. 2002.
2. Пучков Л.А., Сластунов С.В, Каркашадзе Г.Г., Коликов К.С. Патент РФ №2298650. Способ гидравлической обработки угольного пласта. 2007.
3. Шипулин А.В. Патент РФ № 2327027. Способ обработки призабойной зоны скважины 2008, Б.И.№17
4. Шипулин А.В. № 2344281. Способ обработки призабойной зоны скважины. Шипулин АВ. 2009, Б.И.№2.
5. Шипулин А.В. Патент РФ № № 2392425. Способ осуществления импульсного гидроразрыва. Шипулин АВ. 2010, Б.И. №17.
6. Шипулин А.В. Патент РФ № 2349747. Способ обработки призабойной зоны скважины. Шипулин АВ. 2009, Б.И. №8
7. Шипулин А.В. Использование инерции массы скважинной жидкости при воздействии на пласт // Нефть. Газ. Новации. 2009, №2, С.34-35. **ПАТ**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Шипулин А.В. – кандидат технических наук,  
Коршунов Г.И. — профессор, доктор технических наук, зав. кафедры Безопасности производств СПГУ;  
Серегин А.С. – аспирант СПГУ,  
Санкт-Петербургский государственный горный университет,  
Пальцев А.И. — кандидат технических наук, заместитель технического директора — начальник технического управления ОАО «СУЭК-Кузбасс».

