

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕСТРУКТОРА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖИДКОСТИ ГИДРОРАЗРЫВА

Нгуен Тхань Хиеу

Научный руководитель - доцент В.Н. Глотова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день гидравлический разрыв пласта (ГРП) является одним из наиболее эффективных методов интенсификации газовых, газоконденсатных и нефтяных скважин. Метод также предназначен для увеличения приёмистости нагнетательных скважин.

Успешность проведения ГРП зависит от двух основных факторов: геологических и технологических, такие как, например: литологические характеристики пласта, состояние скважины, выбранная технология гидравлического разрыва. Одним из важных факторов является правильный выбор жидкостей гидроразрыва [2].

Для проведения ГРП в качестве химического рабочего реагента применяются различные жидкости. Жидкости ГРП должны обладать определенными физическими и химическими свойствами. При гидроразрыве вязкость играет основную роль в обеспечении достаточной ширины трещины для обеспечения входа проппанта в трещину, переноса проппанта от ствола скважины к трещине. Кроме того, жидкость должна легко удаляться из пласта после осуществления ГРП. Используемая жидкость ГРП с желаемой вязкостью должна быть безопасной для окружающей среды, не повреждать проводимость трещины и проницаемость пласта, недорогой [3].

Вязкость жидкостей ГРП обычно достигается использованием натуральных водорастворимых полимеров, таких как полисахариды, в частности гуар и его производные [5]. Гуаровая смола довольно быстро гидратируется в холодной воде, образуя псевдопластичные растворы уникальной структуры. Как правило, с большей вязкостью при низком сдвиге, чем другие гидроколлоиды, что улучшает способность жидкости для гидроразрыва транспортировать проппант. Коллоидные твердые вещества, присутствующие в гуаре, делают жидкости более эффективными, создавая меньше фильтрационной корки.

Молекулы гуара имеют тенденцию к агрегации в процессе гидравлического разрыва, в основном из-за межмолекулярной водородной связи. Эти агрегаты затрудняют извлечение нефти, потому что забивают трещины, ограничивая приток флюида. Сшивание гуаровых полимерных цепей предотвращает агрегацию образованием металл-гидроксильных комплексов. Сшивание увеличивает базовую вязкость линейного геля, а также эластичность и способность переноса расклинивающего агента в жидкости. Применение сшивающих составов позволяет получить жидкости с требуемыми свойствами. Растворы полимеров могут быть сшиты в гели с помощью соединений бора, а также титана, хрома, циркония, других поливалентных металлов и их водорастворимых солей [5]. Сшивание является функцией pH, что означает, что оно может быть сформировано или изменено путем простого регулирования pH. Скорость сшивки также можно регулировать типом и концентрацией сшивателя, а также добавками лигандов, замедляющих сшивание при высоких температурах [5].

После проведения гидравлического разрыва пласта, прежде чем начать добычу, обработка призабойной зоны является важнейшим фактором, связанным с удалением жидкости ГРП и извлечением остатка расклинивающего материала с забоя скважины. Это необходимо для повышения относительной проницаемости и предупреждения препятствия на пути притока углеводородов. В данном исследовании, к обработке подземных произведенных трещин относятся состав для разрушения жидкостей ГРП.

Удаление жидкости разрыва осуществляется уменьшением вязкости жидкости до минимума, достаточного для свободного истечения под действием пластового давления и сохранения проппанта в трещине. Уменьшение вязкости геля до начального состояния выполняется путем добавления соответствующих деструкторов. При проведении ГРП сшитый гель закачивают под достаточным для формирования пластовой трещины давлением, при этом деструктор разрушает структурные связи сшитого геля, уменьшает молекулярную массу используемых полимеров и образует жидкость с меньшей вязкостью, пригодной для откачки, а также облегчает продувку остаточного полимера, что позволяет очистить проппантную пачку. Для осуществления деструкции идеальные деструкторы должны вводиться в состав жидкости на поверхности и не оказывать на нее воздействия до снижения давления закачивания, а затем быстро реагировать с гелем, разрушая его без образования осадка. Этого очень трудно достичь, так как активность деструкторов сильно зависит типа деструктора, температуры жидкости, которая меняется со временем. В зависимости от условий проведения ГРП, в качестве деструкторов могут применяться три основных типа: окислители, кислоты и ферменты [3]. Однако настоящие применяемые деструкторы являются недостаточными либо малоэффективными [5].

На сегодняшний день наряду с развитием техники и технологии в утилизации использованных полимерных изделий наиболее перспективным направлением является создание биоразлагаемых полимеров, разлагающихся после их использования с образованием безопасных веществ: воды, газа (CO_2 , N_2), биомассы.

Применение биоразлагаемых полимеров в качестве деструкторов в составе жидкостей ГРП является новым направлением в области жидкостей ГРП. Биоразлагаемые полимеры обладают следующими свойствами: биodeградируемостью, приемлемыми механическими, физико-химическими свойствами, необходимыми для жидкостей ГРП. Перспективными биodeградируемыми материалами, соответствующими этим требованиям являются биоразлагаемые полимеры на основе молочной кислоты, такие как полилактид (полимолочная кислота), которые гидролизуются в присутствии воды с выделением молочной кислоты [1].

Изучение влияния молочной кислоты является важным направлением для дальнейшего применения биоразлагаемых деструкторов на её основе в составе жидкости ГРП.

Экспериментальным испытанием определяется влияние различных концентраций молочной кислоты на реологические характеристики сшитого геля.

Жидкость ГРП на основе гуаровой смолы, боратного сшивателя БС-2 помещают в чашку вискозиметра (OFITE 800). Добавляют молочную кислоту, перемешивают раствор со скоростью сдвига 30 об/мин при температуре 25°C, определяют изменение эффективной вязкости геля от времени его обработки молочной кислотой при различных концентрациях (масс) 4%, 5%, 7%, 9%, 11% и 12%. График зависимости представлен на следующем рисунке.



Рис. Зависимость эффективной вязкости сшитого геля от времени его обработки молочной кислотой при различных концентрациях при температуре 25°C

Наблюдается деструкция геля до вязкости близкой к вязкости воды при концентрации молочной кислоты (масс) 9% через 45 мин; 11% через 15 мин; 12% через 5 мин. Полная деструкция жидкости происходит в процессе разрушения геля при концентрациях молочной кислоты (масс) 9%, 11% и 12%. Через 35 мин и 70 мин деструкции геля с концентрациями молочной кислоты (масс) соответственно 4% и 5% образуются крупные «флокулы», агломераты, что приводит к увеличению вязкости. Появление агломератов можно объяснить обратным соединением маннозных элементов в структуре гуара после его деструкции, образуются полиманнозные спирали, которые нерастворимы [4].

По результатам исследования можно сделать вывод, что увеличение концентрации молочной кислоты приводит к повышению степени деструкции и снижению эффективной вязкости сшитого геля. При низких концентрациях молочной кислоты процесс деструкции продолжается только в течение определенного периода времени. Полная деструкция происходит только тогда, когда кислотность раствора достигает необходимого значения pH в конце процесса деструкции 5,6 - 6,9 с первоначального значения pH, равного 9.

Изучение влияния молочной кислоты на реологические свойства жидкости ГРП позволит в дальнейшем применять биоразлагаемые полимеры на основе молочной кислоты в качестве деструктора в составе жидкостей ГРП.

Литература

1. Горнинский С.И. Получение и исследование иодсодержащих материалов на основе полимолочной кислоты: Дис. магис.– Томск, 2016г. – 89 с.
2. Магадова Л.А., Силин М.А., Малкин Д.Н., Цыганков В.А., Савастеев В.Г. Технологии гидравлического разрыва пласта, снижающие риски увеличения обводненности скважины//Время колтюбинга. – № 3 (049). – 2014. – С. 38 – 46.
3. Fracturing Fluid [электронный курс]. – URL: <https://www.intechopen.com/books/effective-and-sustainable-hydraulic-fracturing/fracturing-fluids> (дата обращения: 29.01.2020).
4. New fluid technology allows fracturing without internal breakers / J. Weaver, E. Schmelzl, M. Jamieson, G. Schiffner // SPE Gas Technology Symposium. – 2002.
5. Пат. 2487157 Россия МПК C09K №8/68. Состав для деструкции сшитого геля на основе гуаровой смолы Русинов П.Г., Жаров С.С., Ганенкова Е.В. Заявлено. 10.08.2011; Опул. 10.07.2013, Бюл.№19. – 2 с.: ил.