

# Синтетический гель ГРП MEX-FRAC®.

## Опыт и аспекты применения



**А.А. КОВАЛЁВ,**  
региональный директор  
по развитию бизнеса

**М.С. ТЕРЕЩУК,**  
руководитель направления  
«Решения по заканчиванию и  
ремонту скважин»

**Д.В. АЛЕКСАНДРОВ,**  
руководитель направления  
«Решения для добычи и КРС»

**А.В. ВАЛИУЛЛИН,**  
координатор проекта

ООО «АКРОС»  
г. Москва, 117485, РФ  
marcom@akros-llc.com

**A.A. KOVALEV<sup>1</sup>,**  
**M.S. TERESHCHUK<sup>1</sup>,**  
**D.V. ALEXANDROV<sup>1</sup>,**  
**A.V. VALIULLIN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> «AKROS» LLC  
Moscow, 117485,  
Russian Federation

*На сегодняшний день активно развиваются нетрадиционные технологические жидкости для ГРП на основе синтетических полимеров в качестве альтернативы гуаровым, имеющих ряд преимуществ, высокую остаточную проводимость пропантной упаковки в трещине, низкую чувствительность к минеральному составу и температуре источника воды, увеличение проводимости, изменение геометрии трещины, снижение рабочего давления, равномерный приток по пропантной пачке.*

Ключевые слова: ООО «АКРОС», синтетический гель, технологическая жидкость, MEX-FRAC, гидроразрыв пласта, интенсификации добычи нефти и газа, пропант

### SYNTHETIC HYDRAULIC FRACTURING GEL MEX-FRAC®. EXPERIENCE AND APPLICATION ASPECTS

Today, nonconventional synthetic polymer-based fracturing fluids are rapidly developing as an alternative to guar-based fluids. They have a number of advantages, including high residual conductivity of the proppant pack in a fracture, low sensitivity to mineral composition and temperature of a water source, increased conductivity, fracture geometry modification, operating pressure decrease, and uniform inflow along the proppant pill.

Keywords: AKROS, synthetic gel, drilling fluids, MEX-FRAC, fracturing, enhanced oil recovery, frac sand, proppant agent

**В** настоящее время гидроразрыв пласта является одним из самых эффективных методов интенсификации добычи нефти и газа, а также увеличения приемистости в нагнетательных скважинах. В связи с этим важную роль играет жидкость, транспортирующая пропант с наименьшим загрязнением продуктивной части пласта. В последнее время наблюдается растущий интерес к технологическим жидкостям для гидроразрыва пласта (ГРП) на основе синтетических полимеров в качестве альтернативы гуаровым. В отличие от сшитых гуаровых систем, данные жидкости имеют ряд значительных преимуществ:

- обеспечивают более высокую остаточную проводимость пропантной упаковки в трещине;
- менее чувствительны к минеральному составу и температуре источника воды;
- содержат меньшее количество химических элементов в рабочей рецептуре;
- предоставляют возможность внесения изменений в процессе выполнения работ из-за простоты приготовления и быстрой растворимости в холодной воде.

В последнее время наблюдается растущий интерес к технологическим жидкостям для гидроразрыва пласта (ГРП) на основе синтетических полимеров в качестве альтернативы гуаровым. В отличие от сшитых гуаровых систем, данные жидкости имеют ряд значительных преимуществ.

Независимо от указанных выше ряда преимуществ перед стандартными сшитыми гуаровыми системами, синтетические гели так и не получили широкого применения на традиционных типах коллекторов. В связи с отмеченным, компания ООО «АКРОС» разработала в собственной лаборатории буровых растворов и технологических жидкостей синтетический гель ГРП MEX-FRAC®.



## ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ ДАННОГО ПРОДУКТА

- Замена гуаровых полимеров.
- Увеличение проводимости.
- Изменение геометрии трещины за счет увеличения охвата.
- Уменьшение рабочего давления.
- Упрощение операции ГРП (концепция одной добавки).
- Равномерный приток по пропантной пачке.

## КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

• Жидкости ГРП на основе MEX-FRAC® имеют стабильный реологический профиль. При температуре 100 °С и скорости сдвига 100 с<sup>-1</sup> для жидкостей с 5 и 7 л/м<sup>3</sup> добавки зарегистрирована вязкость выше 60 и 80 сП после двух часов эксперимента соответственно. При этом после добавления деструктора вязкость жидкостей предсказуемо разрушается стандартными деструкторами, без восстановления. Применимость жидкостей MEX-FRAC® в подобных интервалах пластовых температур позволяет рассмотреть их использование на большинстве коллекторов Западной Сибири (рис. 1).

• Химическая структура полимерной добавки MEX-FRAC® реализует концепцию «чистой жидкости ГРП» по сравнению с гуаровыми жидкостями. Остаточная проницаемость для жидкостей MEX-FRAC® на 30–40 % выше, чем у гуаровых линейных гелей, что доказано в российских (Геологика) и международных сторонних исследованиях (Stim-Lab) (рис. 2–3).

• Равномерное закрепление трещины по объему (в конце трещины) достигается за счет сочетания исключительных вязкоупругих свойств состава.

• Подходит для традиционных и низкопроницаемых коллекторов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГРП НА СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЕ MEX-FRAC® В 2020–2021 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

После проведения в 2020 г. ряда сравнительных тестовых закачек на шитых системах и синтетической полимерной системе HVFR (high viscosity friction reducer) MEX-FRAC® компании «АКРОС» получены предварительные выводы и разработаны рекомендации для проектирования процесса ГРП с учетом особенностей данных систем:

1. Получаемые на мини-ГРП эффективности жидкости-песконосителя на основе шитых систем выше 70 %, при большеобъемном ГРП в плотных и низкопроницаемых породах, ведут к риску преждевременной упаковки трещины, при этом альтернативой является проведение ГРП на синтетической полимерной системе MEX-FRAC® компании «АКРОС».

2. Используя типовой билוגарифмический график зависимостей потерь на трение в НКТ ( $\Delta P_f$ ) от скорости закачки ( $q_i$ ), отмечено, что применение мини-ГРП на равнозначном расходе 6 м<sup>3</sup>/мин на шитой гуаровой системе приводит к потерям на трение в НКТ выше на 120–190 атм., чем на синтетической полимерной системе MEX-FRAC®.

3. При наличии повышенного трения в извилистых каналах призабойной зоны пласта (ПЗП) на мини-ГРП, проведение основного ГРП на расходах выше 6 м<sup>3</sup>/мин на стандартной «шитой» жидкости в некоторых условиях бывает затруднено.

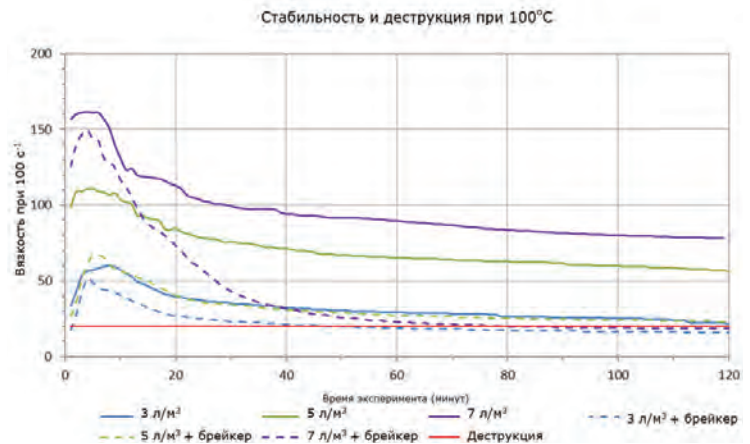


Рис. 1. Стабильность и деструкция состава при 100 °С

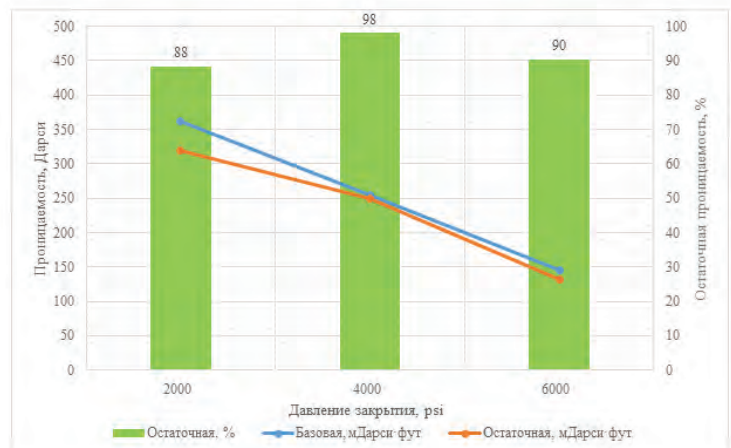


Рис. 2. Остаточная проводимость пачки, % при давлении закрытия трещины (Геологика)

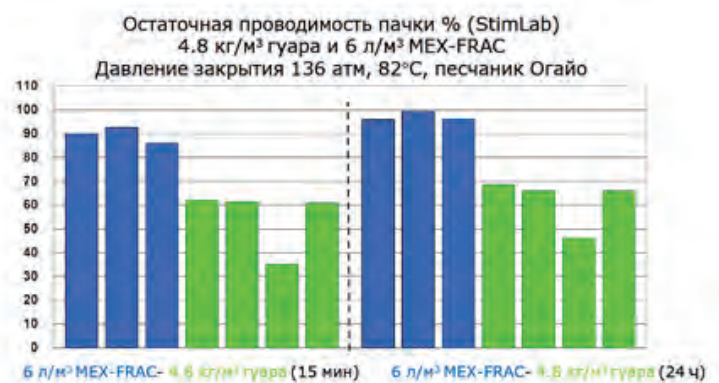


Рис. 3. Остаточная проводимость пачки, % (StimLab)

4. Для оценки характеристик ПЗП и уточнения эффективности жидкости-песконосителя на основе MEX-FRAC® необходимо обязательное проведение серии испытаний на приемистость при ступенчатых подачах («step-by-step»), при нагрузке полимера от 6 до 12 л/м<sup>3</sup>.

Исходя из полученных данных, были успешно проведены 9 скважино-операций ГРП на ачимовских отложениях Западной Сибири (Надым-Пурской нефтегазоносной области) с использованием жидкости-песконосителя на основе MEX-FRAC® компании «АКРОС». Учитывая ряд осложняющих факторов, таких как большая глубина и сложность конструкции скважины, высокие давления

разрыва, доходящие до 700–890 атм., нестабильность содержания солей ионов железа в технической воде, исходная рецептура базовой жидкости и содержание добавок оперативно менялись в зависимости от фактических результатов. Подавляющее большинство работ проведены успешно – закачан плановый объем пропанта с минимальным отклонением от дизайна, и достигнута максимальная концентрация пропанта 800 кг/м<sup>3</sup> при общем расходе смеси 5 м<sup>3</sup>/мин. При этом, за счет изначально низкой вязкости рабочей жидкости, часть объектов ГРП удалось освоить и вызвать приток сразу, используя технологию flow-back (в одном случае, даже после получения давления СТОП), не прибегая к использованию азотной техники и ГНКТ.

Анализ проведенных ГРП показывает, что большинство полученных оценок G-функций имеет характер HR (height recession – сокращение по высоте) и увеличение геометрической полудлины, по сравнению с первоначальными дизайнами, при незначительных приростах от мини-ГРП к ОГРП. Это показывает, что пропант в основном локализуется в целевом интервале с ростом трещины в длину.

Все лабораторные тесты, как полевые, так и комиссионные, не обнаружили существенных отклонений от заявленных характеристик рабочей жидкости при проведении работ по ГРП, что подтверждает успешный опыт применения системы MEX-FRAC® в осложненных горно-геологических условиях севера Западной Сибири.

Анализ проведенных ГРП показывает, что большинство полученных оценок G-функций имеет характер HR (height recession – сокращение по высоте) и увеличение геометрической полудлины, по сравнению с первоначальными дизайнами, при незначительных приростах от мини-ГРП к ОГРП. Это показывает, что пропант в основном локализуется в целевом интервале с ростом трещины в длину.

#### КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГЕЛЕЙ MEX-FRAC®

- За счет образования трещин с большей полудлиной ограничивается их рост в высоту, что положительно сказывается на увеличении контура питания и притока пластового флюида в низкопроницаемых коллекторах.

- Ввиду малой вязкости системы и специфики химической природы полимерной добавки (полная растворимость в воде, эффективная деструкция) достигается высокая степень очистки трещины после ГРП и, как следствие, ее высокая остаточная проводимость.

- Ввиду того, что сам по себе полимер MEX-FRAC® является эффективным понизителем трения, облегчаются работы в скважинах с большой глубиной и/или малым диаметром спущенных в скважину НКТ.

- В низкопроницаемых и плотных коллекторах, при работе на загрузках полимера до 8 л/м<sup>3</sup> рекомендуется преимущественное использование пропанта малой

фракции не более 20/40 меш, при этом за счет меньшей кольтации трещины после разрушения полимера деструктором достигается более высокая проводимость, сравнимая с проводимостью трещины с использованием более крупного пропанта на основе сшитых систем.

Ввиду малой вязкости системы и специфики химической природы полимерной добавки (полная растворимость в воде, эффективная деструкция) достигается высокая степень очистки трещины после ГРП и, как следствие, ее высокая остаточная проводимость.

- В дальнейших работах по ГРП необходимо обеспечить достаточное количество агрегатов НВД для поддержания стабильного высокого расхода в процессе работы по ГРП, так как при работе с использованием системы MEX-FRAC® это наиболее критично.

- Синтетический полимер MEX-FRAC® обладает свойствами эластичности, которые проявляются при увеличении динамической нагрузки (росте расхода). Эластичность вносит значительный вклад в динамические песконесущие свойства жидкости. Таким образом, увеличение расхода закачки жидкости позволит в большей мере использовать песконесущие свойства в последующих работах по ГРП.

- С использованием синтетической жидкости MEX-FRAC® минимизирована вероятность загрязнения стенок трещин и пропантной упаковки – за счет чистоты самого материала, что позволяет получить большую эффективную площадь фильтрации после освоения скважины.

Синтетический полимер MEX-FRAC® обладает свойствами эластичности, которые проявляются при увеличении динамической нагрузки (росте расхода). Эластичность вносит значительный вклад в динамические песконесущие свойства жидкости. Таким образом, увеличение расхода закачки жидкости позволит в большей мере использовать песконесущие свойства в последующих работах по ГРП.

- Применение данного состава позволяет увеличить операционно-логистическую эффективность и технологичность за счет использования меньшего числа добавок и дополнительного оборудования, задействованного в процессе проведения работ.

- Практичность – удобство работы служб супервайзинга (более легкий контроль лабораторий, нет необходимости в тщательном подборе, не нужны сшивающие агенты и т.д.).

- Не требуется гидратационная установка, сокращение времени на подачу. ■