

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОЛИМЕРНОМ ЗАВОДНЕНИИ

Д.А. Вендина

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Много месторождений России находятся на поздней стадии разработки, в результате чего целесообразно применять различные методы увеличения нефтеотдачи (МУН). Основными задачами МУН являются вовлечение в разработку слабодренлируемых запасов, увеличение коэффициента охвата и коэффициента извлечения нефти. В последнее время актуальными МУН стало полимерное заводнение. Данный метод делает более заметным увеличение извлечения флюида из пласта, а также с помощью данного метода можно увеличить охват пласта заводнением.

Наиболее выжным и первым этапом при применении ПЗ является рассмотрение геолого-физических условий. В последнее время благодаря разработкам в нефтехимии диапазон условий расширился, что позволило адаптировать полимеры к температуре, минерализации воды и сдвиговому напряжению. Новые исследования уменьшают риск наступления деструкции полимера, т.е. его разрушения под действием температуры, сдвига или химического воздействия. Целесообразно применять технологию ПЗ для пластов с тяжелой нефтью. Так полимер должен удовлетворять нескольким основным параметрам:

- Температуре – 80°C – 120°C,
- Проницаемости – 0,01 – 10 мкм²,
- Минерализации пластовой воды – не более 270 г/л.

Немаловажно правильно выбрать объект для применения ПЗ. Для начала необходимо выбрать участок, на котором возможно изолировать добычу нефти от закачки полимера. Оптимальной системой для вертикальных скважин является пятиточечная система, а для горизонтальных – 1 добывающая и 2 нагнетательные. Для максимизации эффекта следует подобрать оптимальный интервал. Для вертикальных расстояние составляет 100-150 м, а для горизонтальных – 100 м. С помощью трассерных исследований необходимо проверить, есть ли гидродинамическая связь между добывающей и нагнетательной скважинами.

Следующим этапом является производство полимера. Выделяют 3 технологии:

- Сополимеризация – процесс совместной полимеризации акриловой кислоты и акриламида. В ходе данного процесса образуются полимеры с узким распределением аннионности и хорошей растворимостью. Молекулярная масса образванных полимеров – около 20 миллионов Дальтон.

- Сопидролиз – процесс, при котором гомополимеризации подвергается акриламид в присутствии оснований и в результате которого происходит гидролиз. Результат процесса – полимер в более широком диапазоне аннионности и также хорошую растворимость. Однако молекулярная масса меньше – 18 миллионов Дальтон.

- Постгидролиз – гелеобразный гомополимер акриламида подвергается постгидролизу с основанием и после высушивается. В результате образуются полимера с большим диапазоном аннионности и, при наличии двухвалентных катионов в пластовой воде, с плохой растворимостью.

При приготвлении ПАА образуются нерастворимые частицы геля – мягкие и жесткие. Под действием сдвига частицы мягкого геля могут разрушаться, т.е. происходит деструкция полимера. В свою очередь, частицы жесткого геля вызывают закупорку пор на вскрытой поверхности пласта. Чем выше молекулярная масса, тем хуже растворимость и фильтрация.

Немаловажным этапом является подготовка воды к закачке. Данный процесс осуществляется на усюновках очистки, где происходит несколько операций: коагуляция – слияние и укрупнение капель, фильтрация для очистки от взвешенных частиц, обезжелезивание, хлорирование и смягчение с целью доведения рН воды до 7-8. Вода не должна содержать загрязняющие частицы – кислород, сероводород и железо. Размер твердых частиц не должен превышать 5 мкм. Для минимизации проблем с закачкой важно поддерживать качество воды, а именно:

- Содержание нефти в воде должно быть ниже 100 мг/л;
- Содержание твердых частиц – менее 50 мг/л;
- Содержание кислорода – менее 0,1 мг/л.

Тип полимера определяет дизайн установки для ПЗ. Более сложная установка будет при использовании полимера в виде порошка, так как его необходимо растворить перед закачкой. Сухой полимер находится в бункере и с помощью дозатора подается на заполненную азотом установку измельчения, где происходит дробление полимера, смачивание и дальнейшее смешивание с водой. После данной операции раствор отправляется в бак дозревания, где осуществляется гидратация, т.е. растворение молекул полимера в воде. Далее маточный раствор доводят до необходимой концентрации [2].

При смешивании с водой полимеры набухают в результате чего образуется густой раствор. В нагнетательную скважину закачивают под давлением не менее 20 МПа полимерный раствор. В пласте происходит вытеснение реагентов водой. Раствор полимера, проникая в высокопроницаемые пропластки, обеспечивает полное вытеснение нефти, которая была удержана капиллярными силами или не была охвачена. В результате это снижается динамическая неоднородность потоков жидкости, соответственно, увеличивается охват пласта заводнением и в районе добывающей скважины образуется «вал» дополнительно высвобожденной нефти.

В настоящее время существуют различные составы полимера и стабилизаторы для адаптации полимера под жесткие пластовые условия, например, высокая температура или высокоминерализованная пластовая вода. Большую популярность набирает трехкомпонентное воздействие на пласт. АСП-заводнение представляет собой тип ПЗ, в котором используют щелочь, ПАВ и полимер.

Каждый компонент смеси выполняет свою роль при заводнении. ПАВ адсорбируется на границе раздела нефть-вода, в результате чего межфазное натяжение уменьшается. Это приводит к тому, что происходит мобилизация нефти, защемленной между зернами породы. Полимер повышает вязкость раствора. Охват пласта процессом заводнения увеличивается при закачке в пласт более вязкого раствора. Все это в свою очередь делает возможным более эффективно вытеснять мобилизованную ПАВ нефть. Увеличивая подвижность нефти, сода уменьшает смачиваемость породы нефтью. При использовании щелочного агента уменьшается осаждение на породе ПАВ. Вступая в реакцию с кислой нефтью, имеющей большое содержание примеси серы, происходит образование дополнительного объема ПАВ.

При одновременном использовании соды и ПАВ повышается подвижность пластовой нефти. Применение полимера, в свою очередь, увеличивает коэффициент охвата пласта заводнением по сравнению с обычным заводнением. Эффективность нефтевытеснения увеличивается при совместном воздействии на нефть, поступающей в добывающие скважины. Однако количество добываемых флюидов не изменяется. Количество добываемой воды уменьшается, а количество нефти – увеличивается.

Компания «Салым Петролеум Девелопмент» в 2008 году начала изучение оптимального состава АСП. В лабораторных условиях необходимо было подобрать оптимальный состав реагента, удовлетворяющий геологическим особенностям пласта. В ходе проведения опытно-промышленных работ в 2009 году на одной из скважин было установлено, что с помощью данной технологии возможно выработать порядка 90% остаточной нефти.

На Западно-Салымском месторождении применяется технология АСП-заводнения. В 2014-2015 гг. пробурили 5 скважин и начали применение технологии АСП-заводнения, с 2016 года проводили закачку реагента в пласт. По оценкам специалистов применение технологии АСП-заводнения в течение 15 лет позволит добыть дополнительно до 25 млн тонн нефти, что соответствует приросту КИН примерно на 10 % в целом по месторождению. В дальнейшем прогнозируется увеличение КИН максимально на 15-20% [1].

Еще одной перспективной технологией является полимерный раствор на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), который был применен на месторождении Биби-Эйбат в Азербайджане. Такой тип полимерного раствора относится к водорастворимым полимерам. Данный вид полимерного раствора имеет ряд преимуществ: небольшой расход и использование для месторождений с высоковязкой нефтью. Однако данный раствор имеет недостатки, которые заключаются в чувствительности к температуре и минерализации пластовой воды. Поэтому в КМЦ добывают наночастицы алюминия и меди. Это позволяет сделать более эффективным процесс ПЗ и снизить отношения подвижностей нефти и вытесняющего агента.

Изменение температуры влияет на реологические свойства КМЦ, а, именно, на изменение вязкости. Высокая степени полимеризации, которой обладает КМЦ, обеспечивает реагенту большую вязкость. Метод растворения и параметры смешивания КМЦ будут определять конечную вязкость раствора. Принцип растворения заключается в быстром намокании всех частиц перед увеличением вязкости. Наиболее важным свойством КМЦ является способность увеличивать вязкость в водных растворах, что делает процесс ПЗ более эффективным.

Промышленные испытания показали, что при небольших концентрация раствора (1-3 г/л) нет большой разницы в том, как ой состав композита использовать, так как динамическая вязкость практически не изменяется. Однако при равных концентрациях КМЦ динамическая вязкость больше у полимерного раствора с наночастицами алюминия Al и составляет порядка 8 Па·с. Важным условием эффективного заводнения является соотношение динамической вязкости нефти и вытесняющего агента. Чем ближе значения вязкостей друг к другу, тем будет более эффективно происходит вытеснение и тем больше будет коэффициент охвата пласта вытеснением. Исследования показали, что при концентрации КМЦ 5 г/л будет наблюдаться наибольшее извлечение нефти. На месторождении Биби-Эйбат применяли это значение концентрации, в результате которого получили КИН примерно 60 % [3].

Таким образом, технология полимерного заводнения позволяет за счет снижения подвижностей нефти и воды увеличить охват пласта заводнением. Процесс ПЗ проходит в несколько стадий. Наиболее важным является подбор полимера для конкретных геолого-физических условий и качество воды, используемой для закачки в пласт, т.е. при подборе технологии важен комплексный подход. Также немаловажным является то, что полимерные растворы применяют на месторождениях с нефтью, обладающей высокой вязкостью для большей эффективности от применения технологии. В настоящее время существует много составов полимерных растворов. Однако, наиболее перспективными являются АСП-заводнение и полимерные нанокомпозиты, с помощью которых возможно не только увеличить охват пласта заводнением, но и увеличить нефтеотдачу.

Литература

1. Алексеев А. Максимальная отдача. Внедрение технологии повышения нефтеотдачи АСП на Западно-Салымском месторождении // Сибирская нефть. – 2016. – № 3/130. – С. 30–34.
2. Тома А. Полимерное заводнение для увеличения нефтеотдачи на месторождениях легкой и тяжелой нефти / А. Тома, Б. Саюк, Ж. Абирова, Е. Мазбаев // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2017. – № 7–8. – С. 58–66.
3. Шамилов В.М. Полимерные нанокомпозиты на основе карбоксиметилцеллюлозы и наночастиц Al и Si для увеличения добычи нефти / В.М. Шамилов, Э.Р. Бабаев, Н.Ф. Алиева // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2017. – № 3. – С. 34–38.