

Проект РНФ № 15-13-00114

Разработка научных основ создания инновационных рабочих жидкостей для гидроразрыва пласта на основе полимеров и вязкоупругих поверхностно-активных веществ для интенсификации добычи высоковязких (тяжелых) нефтей

Аннотация

Проект направлен на разработку фундаментальных основ создания инновационных рабочих жидкостей для ГРП с целью интенсификации добычи высоковязких (тяжелых) нефтей. В отличие от традиционных углеводородов, тяжелые нефти сосредоточены в сложных для освоения скоплениях, либо рассеяны в непродуктивной среде. Они малоподвижны в пластовых условиях, в связи с чем нуждаются в специальных способах извлечения.

Общепризнанным методом интенсификации добычи является метод ГРП. В мире около 30% прироста добычи получено за счет вовлечения в эксплуатацию низкопроницаемых пластов и трудноизвлекаемых запасов с помощью этого метода. Успех применения ГРП во многом определяется технологическими свойствами рабочих жидкостей, которые служат для транспортировки наполнителя (например, песка) с целью заполнения искусственно созданных трещин в нефтеносном слое. Подавляющее большинство применяемых в настоящее время рабочих жидкостей – это жидкости на водной основе, содержащие в качестве загустителя либо полимер, либо вязкоупругое поверхностно-активное вещество (ПАВ). Высоковязкие жидкости на основе полимеров имеют ряд преимуществ: (1) высокую песконесущую способность, позволяющую обеспечить большую концентрацию и размер расклинивающих частиц и увеличить размеры трещины, (2) низкую фильтрацию в пласт и малое его повреждение. Однако, такие жидкости требуют особой прочности труб и повышенной энергии на закачку. Более того, к таким жидкостям необходимо добавлять деструкторы для повышения проницаемости трещин при протекании нефти. В свою очередь жидкости на основе вязкоупругих ПАВ не требуют добавления деструктора, так как их вязкость самопроизвольно радикально падает при взаимодействии с пластовыми углеводородами, что обусловлено превращением длинных цилиндрических мицелл ПАВ в капли микроэмульсии. Это свойство практически полностью исключает кольматацию и повреждение коллекторских свойств нефтеносных пластов. ПАВ также снижают поверхностное натяжение, что улучшает извлечение пластовых флюидов, что особенно важно для тяжёлых нефтей. Достоинствами жидкостей на основе ПАВ являются также малые потери на трение в трубах, большие скорости закачивания и осаждения расклинивающего материала в трещине. Однако жидкости на основе ПАВ имеют и существенные недостатки: резкое уменьшение вязкости при нагревании, что не позволяет применять их в высокотемпературных скважинах; низкую песконесущую способность, не дающую возможность транспортировать крупные частицы; малую концентрацию расклинивающего агента и невозможность образования широких трещин. Создание нового типа рабочей жидкости для ГРП, объединяющей преимущества указанных выше систем, является чрезвычайно актуальной задачей, особенно, при добыче малоподвижных высоковязких нефтей.

В настоящем проекте предлагается создать инновационный тип рабочих жидкостей для ГРП, основанный на двойной сетке, одна из которых образована мицеллярными, а другая - полимерными цепями, сшитыми «лабильными» сшивками. Супрамолекулярные мицеллярные цепи, образованные из малых молекул за счёт нековалентных связей, способны легко перестраиваться при небольших воздействиях извне. В частности, в сдвиговом потоке при закачке в скважину они должны разрушаться, обеспечивая низкую вязкость системы, в то время как в покое (внутри трещины) они будут полностью восстанавливаться, обеспечивая высокую вязкость. Также благодаря своей супрамолекулярной структуре мицеллярные цепи легко превращаются в капли микроэмульсии в результате абсорбции углеводорода. «Лабильные» сшивки во второй (полимерной) сетке будут способствовать ее подстраиванию при трансформации мицеллярной сетки. В отличие от обычной мицеллярной сетки, двойные сетки будут содержать полимерный компонент, обеспечивающий более высокую вязкость и механическую прочность системы в объеме трещины. Таким образом, разрабатываемые жидкости будут объединять достоинства как полимерных, так и мицеллярных систем: они будут иметь низкую вязкость при закачке и высокую вязкость в покое за счет полного восстановления сетчатой структуры, разрушенной при закачивании. Они не потребуют добавления деструкторов, благодаря способности мицеллярного компонента самопроизвольно разрушаться при контакте с углеводородами. Эти преимущества позволяют обеспечить значительную экономию энергетических и материальных затрат. Таким образом, прикладное значение проекта заключается в разработке эффективных составов для использования в качестве рабочих жидкостей для ГРП, а также создании научного задела для разработки нового поколения таких жидкостей.

С научной точки зрения такие двойные "лабильные" сетки интересны прежде всего тем, что позволяют исследовать, как изменения, индуцируемые внешними воздействиями в одной из сеток, вызывают перестроение второй сетки и последующее изменение свойств всей системы в целом. Насколько нам известно, гели на основе комбинации супрамолекулярной сетки и полимерной сетки с «лабильными» сшивками еще не получали, поэтому предлагаемые исследования носят пионерский характер.