

Необходимость разработки месторождений высоковязких нефтей возникла из-за того, что существующие «классические» месторождения истощаются или находятся в труднодоступных местах.

Вытеснение высоковязких нефтей

Автор: Манзевитый Денис,
МОУ СОШ № 114 г. Уфа

Научные руководители:

Мазитова Нина Прокофьевна,
учитель физики;

Мавлетов Марат Венерович,
кандидат физико-математических наук, старший преподаватель БГУ
г. Уфа Республики Башкортостан

Обычно для извлечения нефти в пласт закачивают воду, но при этом часть нефти остаётся в пласте. Один из методов повышения нефтеотдачи — применение полимерных растворов. Проблема в том, что высоковязкие нефти и концентрированные растворы представляют собой сложные жидкости и ранее экспериментальные исследования с ними не проводились, так как не было необходимости в добывании высоковязких нефтей.

Ещё одна особенность в том, что фронт вытеснения неустойчивый, образуются вязкие пальцы, которые имеют фрактальную структуру. Современные теории фильтрации жидкостей описывают в основном течение в рамках модели сплошной среды, принимая плоский «нефрактальный» фронт вытеснения.

Гипотеза: увеличение концентрации полимера приводит к проявлению упругих свойств раствора, т.е. понижается сжимаемость раствора и ему сложнее «образовывать» новые каналы для прохождения, тем самым эффективность вытеснения должна снижаться.

Цель: исследование вытеснения нефти полимерными растворами разной концентрации, чтобы выбрать наилучший вариант.

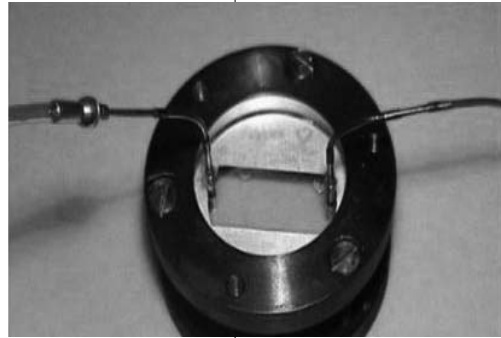
В работе представлены результаты обработки и анализа экспериментальных исследований по движению нефти и полимеров в линейной модели трещины в виде ячейки Хеле-Шоу.

Экспериментальное исследование вытеснения нефти различными жидкостями

Для эксперимента использовалась гидродинамическая модель трещины в виде ячейки Хеле-Шоу с зазором от 15 до 35 мкм. Длина модели — 4 см, ширина — 2 см. Течение организовывалось путём подачи жидкостей под давлением на вход ячейки, на выходе давление соответствовало атмосферному, расходные характеристики потока измерялись при помощи электронных весов. Процесс течения фиксировался цифровой видеокамерой¹.

¹ Ахметов А.Т., Рахимов А.А., Саметов С.П. Визуализация процессов, происходящих в ПЗП при глушении и промывке, на микромодели пласта. Уфа, 2006.

Ячейка образовывалась между двумя толстыми цилиндрическими пластинами из оптического стекла, помещёнными в стальную обойму, зазор определялся толщиной подбираемой фольги, а размеры в плане окошком, которое в ней вырезалось. В верхнем стекле были просверлены два отверстия, в одно из которых подавалась под давлением жидкость, из другого отводилась на электронные весы. Расстояние между входным и выходным отверстиями 4 см.



В качестве жидкостей вытеснения использовались вода и полимерные растворы (вязкость 25,50,100, 200 мПа*с). Вязкость нефти составляла 400 мПа*с. Как видно из представленных результатов (рис. 2), фронт вытеснения неустойчивый, фрактальный². В случае полимерных растворов ситуация аналогична.

Рис. 1. Плоские капилляры (разборная ячейка Хеле-Шоу) с поступательным течением

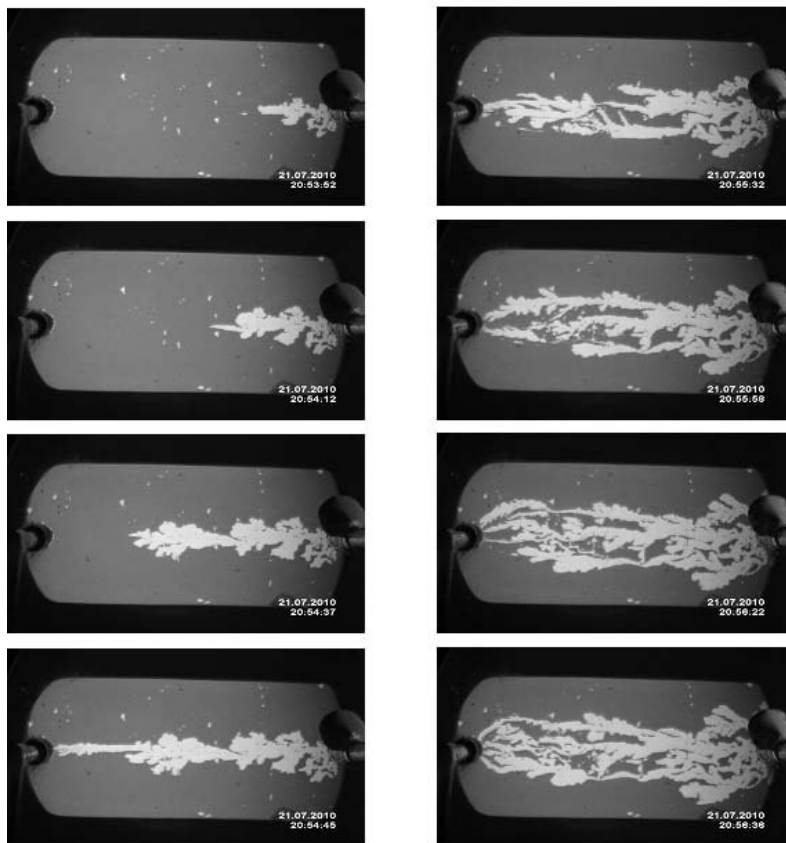
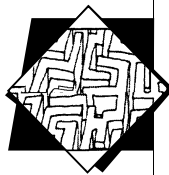


Рис. 2. Вытеснение высоковязкой нефти водой в ячейке Хеле-Шоу

² Федер Е. Фракталы. Пер. с англ. М.: Мир, 1991; Кроновер Ричард М. Фракталы и хаос в динамических системах. М.: Постмаркет, 2000.



Обработка и анализ результатов

Полученные в экспериментах изображения обрабатывались в графической программе GIMP. Следует отметить трудоёмкость данного процесса. Результаты представлены в виде чёрно-белых изображений (рис. 3–7). Видны отдельные чёрные точки, наличие которых означает, что в процессе вытеснения происходит перемещения нефти в промытые водой зоны.

Образующие структуры носят фрактальный характер, что подтверждается нецелой фрактальной размерностью, рассчитанной в программе Narfa. На следующем этапе рассчитывалась относительная площадь охвата вытеснения (рис. 8 на с. 156–157). Результаты приведены на рис. 9 на с. 158.

В некоторых случаях наблюдается уменьшение площади со временем, что связано с двумя причинами: 1 – погрешность в обработке графической информации; 2 – перераспределение нефти в ячейке (в первоначально промытые водой каналы с других участков поступает нефть).

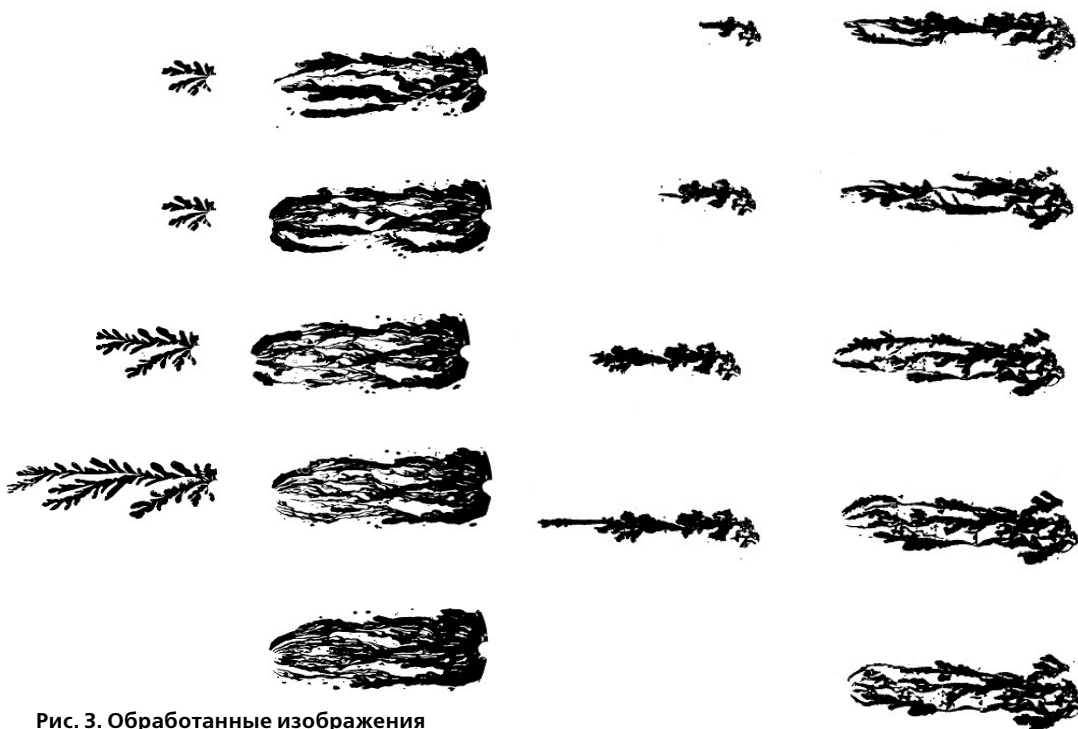


Рис. 3. Обработанные изображения вытеснения нефти водой (серия 1)

Рис. 4. Обработанные изображения вытеснения нефти полимерным раствором вязкостью 25 мПа*с (серия 2)

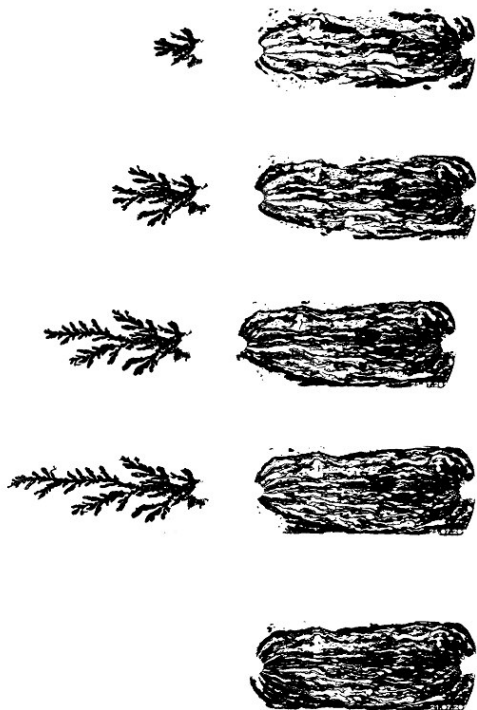


Рис. 5. Обработанные изображения вытеснения нефти полимерным раствором вязкостью 50 мПа*с (серия 3)

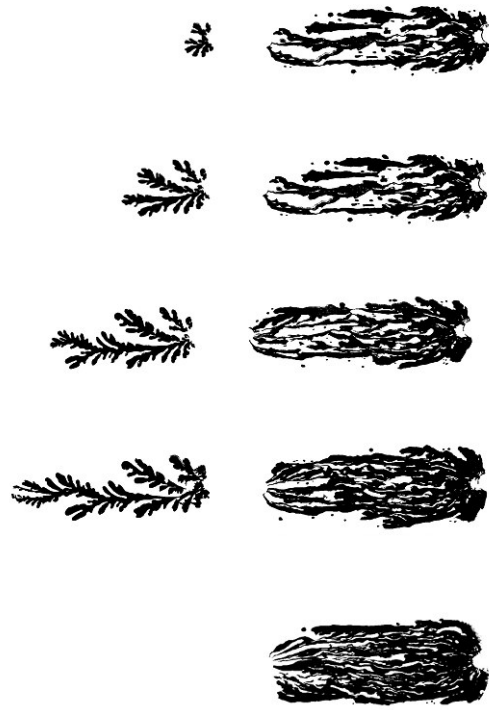
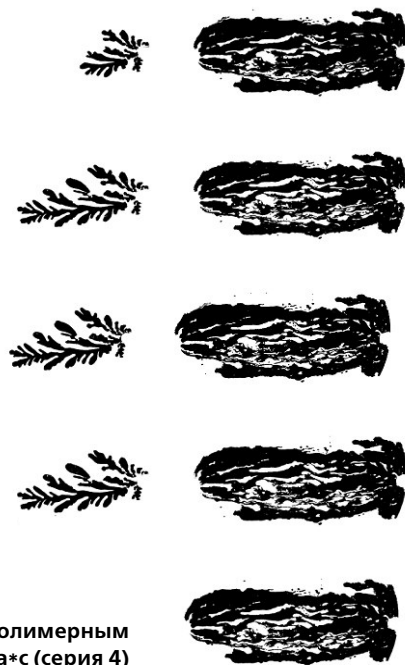


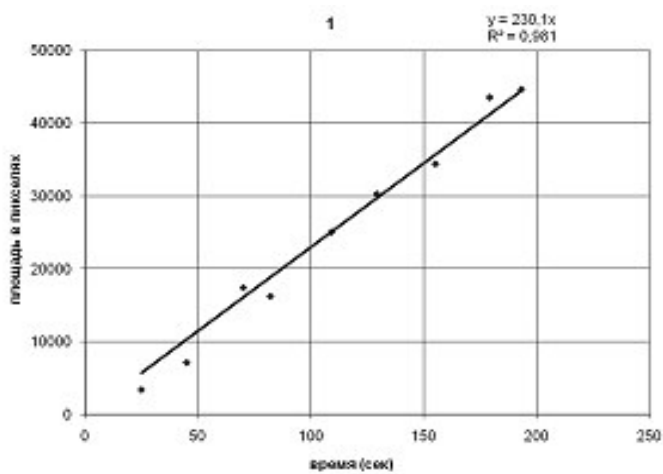
Рис. 6. Обработанные изображения вытеснения нефти полимерным раствором вязкостью 100 мПа*с (серия 4)

Выводы

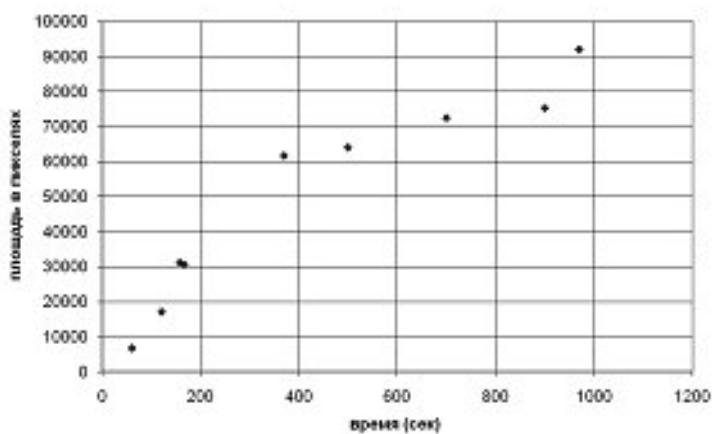
1. При вытеснении нефти водой зависимость площади вытеснения от времени линейная.
2. Увеличение вязкости несущественно повышает эффективность вытеснения.
3. При вытеснении нефти полимерными растворами зависимость площади охвата нелинейная.
4. При вытеснении нефти водой и полимерными растворами образуются фрактальные структуры.
5. С увеличением концентрации полимерного раствора наблюдается проявление упругих свойств раствора, что приводит к понижению эффективности вытеснения нефти — гипотеза подтвердилась (рис. 10 на с. 158).
6. Самым оптимальным способом является второй, т.к. в этом случае нефть вытесняется с большей эффективностью, хотя требуется больше времени, но при меньшем количестве полимера.

Рис. 7. Обработанные изображения вытеснения нефти полимерным раствором вязкостью 100 мПа*с (серия 4)

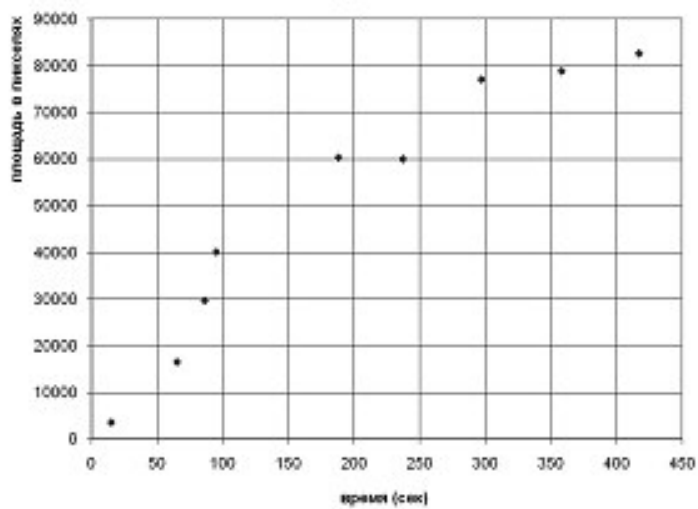




2



3



156



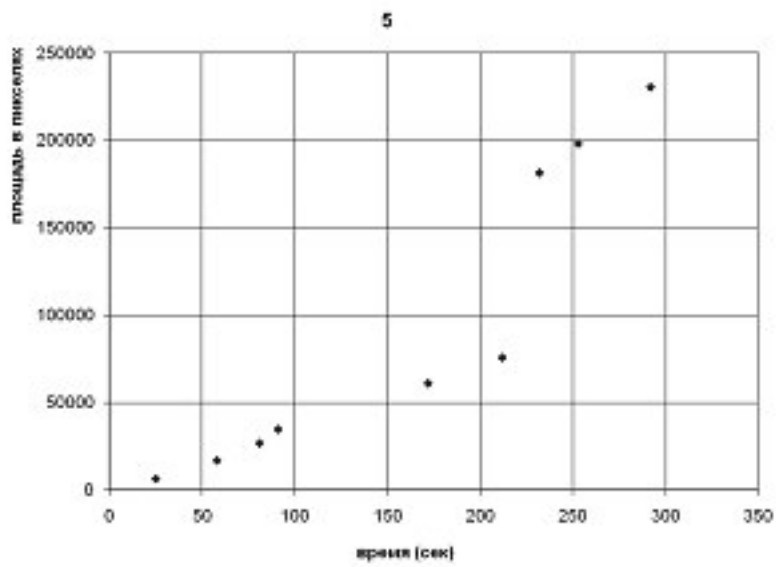
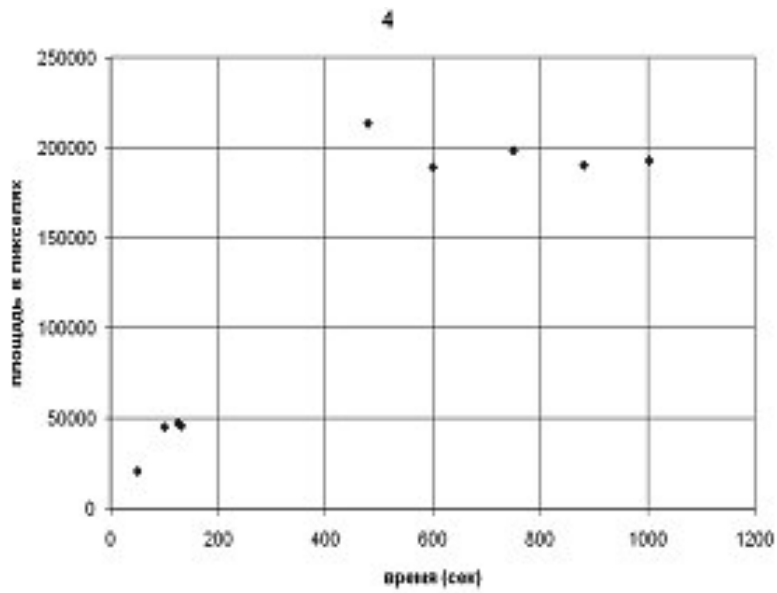


Рис. 8 (с. 156–157). Зависимость площади вытеснения от времени для 5 серий экспериментов

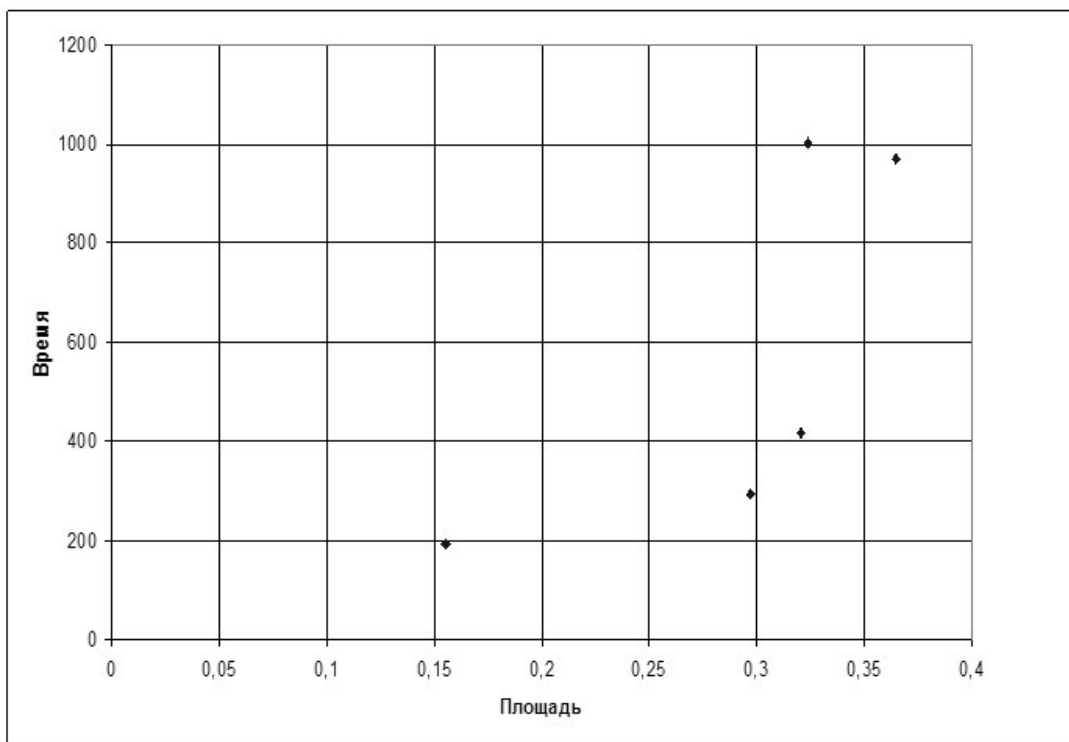


Рис. 9

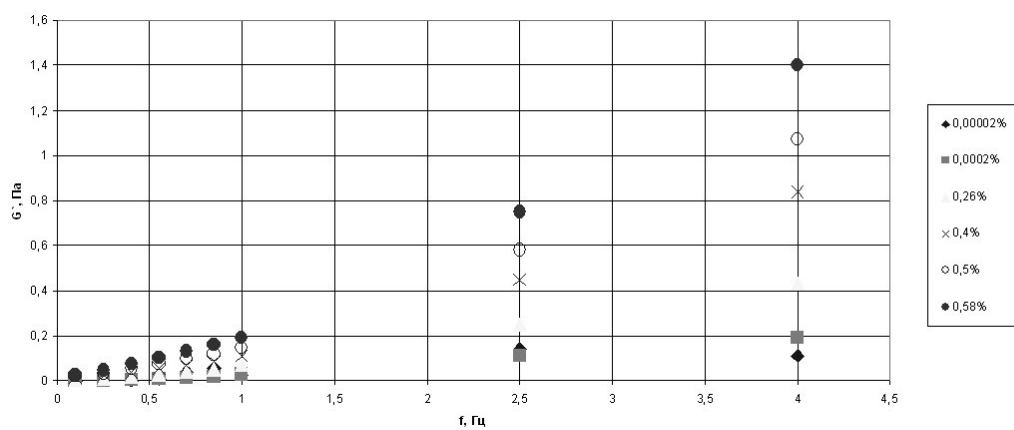


Рис. 10. Зависимость модуля упругости от частоты для полимерных растворов различной концентрации