

## Развитие неустойчивого вытеснения при снижении поверхностного натяжения<sup>1</sup>

Валиев А.А.\*

\*Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, Уфа

Проявление неустойчивости Саффмана-Тейлора [1] при вытеснении более вязкого флюида менее вязким в ячейке Хеле-Шоу, приводит к появлению «вязких пальцев». Чем больше разность в вязкости, тем «вязкие пальцы» имеют более тонкую структуру. По мере увеличения объема каждого пальца на концах происходит дробление и образование новых пальцев. Дробление происходит за счет разности межфазного натяжения. Также свой вклад вносит малый зазор увеличивающий роль поверхностных сил.

В работе приведены экспериментальные результаты неустойчивого вытеснения из ячейки Хеле-Шоу, являющейся физической моделью трещины в пласте [2]. Ячейка Хеле-Шоу образуется между двумя оптическими стеклами ПИ-60. Зазор обеспечивается прокладкой из фольги толщиной 20 мкм. Расчётный объем ячейки V0 (портовый объем) составлял  $14 \text{ мм}^3 = 14 \text{ мкл}$ . Постоянный перепад давления обеспечивается сжатием воздухом в 20 кПа, контролировался манометром и датчиком давления (MPX 5100), расход измерялся весовым методом и съемка картины течения проводилась с минимальной выдержкой камеры (Sony DCR-TRV530E). На компьютере осуществлялся видеозахват картины течения с синхронизацией и записью измерений датчика давления и прецизионных весов (A&D GH-252). В качестве вытесняемого флюида использовалась нефть с динамической вязкостью -  $17.4 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , а вытесняющего агента газ (воздух), дистиллированная вода с поверхностное натяжение на границе с нефтью  $30 \text{ мН/м}$  и раствор 8% SDS (додецилсульфат натрия) в дистиллированной воде –  $1,3 \text{ мН/м}$  на границе [3].

В исследовании выделено 2 этапа. 1 этап включает в себя структуру вытеснения до достижения агентом выходной зоны. Вытеснение дистиллированной водой и газом показывает более дробящуюся структуру и их центроориентированность. Вытеснение раствором ПАВ показывает более широкий охват во входной зоне и соответственно меньшую остаточную нефтенасыщенность до прорыва. 2 этап включает прохождение флюидов до 20 объемов поры ячейки. После прорыва происходит увеличение скорости тока агента, так как уменьшается гидравлическое сопротивление и происходит доотмыв. В случае с раствором образуется прямая эмульсия, что и приводит к дополнительному отмыву

Полученные фрактальные размерности коррелируют с эффективностью вытеснения.

### Список литературы:

- [1] Saffman P.G., Taylor G. The penetration of a fluid into a porous medium or Hele-Shaw cell containing a more viscous liquid // Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – The Royal Society, 1958. – Т. 245. – №. 1242. – С. 312-329.
- [2] Мавлетов М.В., Валиев А.А. Эффективность неустойчивого вытеснения нефти из ячейки Хеле-Шоу // Нефтепромысловое дело. 2018. № 8. С. 42-45.
- [3] Валиев А.А., Нагорный И.К. Влияние межфазного поверхностного натяжения на неустойчивое вытеснение в ячейке Хеле-Шоу // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Трудно-извлекаемые запасы нефти и газа 2019» Уфимского Государственного Нефтяного Технического Университета. Уфа, 15 мая 2019 г.: сборник статей, докл. и выступлений Всероссийской научно-технической конференции. Т 78. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2019. 176 с. С. 147-148.

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-80008 мол\_эв\_а