

## Определение эффективности потокоотклоняющих агентов методами микрофлюидики

Саметов С.П.<sup>1</sup>, Батыршин Э.С.<sup>1</sup>, Гарифуллин И.Ш.<sup>2</sup>, Таипов И.А.<sup>1</sup>, Имамутдинова А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО «РН-БашНИПИнефть», Уфа  
<sup>2</sup>Уфимский университет науки и технологий, Уфа

Нефтяной пласт представляют собой сложную многофазную систему, поведение которой на макроуровне зависит от физических явлений, происходящих на микроуровне, то есть на уровне отдельных пор. Для анализа и определения характеристик пористых сред в последнее время развиваются новые лабораторные методики, среди которых значительный вклад составляют микрофлюидные методы [1]. В них используются микрофлюидные чипы, которые в большинстве своем отображают двухмерную область миллиметрового размера участка горной породы [2]. Микрофлюидные чипы позволяют визуализировать динамику жидкостей, их взаимодействие друг с другом и твердой средой, которая в основном изготавливается из таких материалов как полимеры, стекло, кремний [3].

Микрофлюидные чипы являются удобным инструментом для исследований процессов добычи нефти из горных пород из-за схожего диапазона размера пор и микроканалов. Микрофлюидика обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами лабораторных испытаний: стоимость, скорость исследования, малый расход образцов, контролируемая геометрия микромоделей и ее повторяемость – можно создавать двойников физических моделей горной породы. С помощью микрофлюидного подхода изучают в пористых средах влияние на динамику флюидов изменение смачиваемости, межфазного натяжения, коэффициента подвижности, стабилизации нагнетаемой жидкости, деградации, набухания, адсорбции, закупорки канала, эмульгирования, отклонение потоков, а также проводят тестирование различных реагентов.

В настоящей работе представлены результаты использования микрофлюидики для тестирования эффективности потокоотклоняющих агентов на примере обратной водоуглеводородной эмульсии на основе углеводородного реагента. Актуальность работы связана с исследованием особенностей фильтрации флюидов при повторной кислотной обработке пласта. Использование потокоотклонителя позволяет заблокировать высокопроницаемые участки пласта, в том числе образованные после первичной обработки кислотным раствором, для последующей кислотной обработки низкопроницаемых зон.

Исследовалось распределение потокоотклонителя в пористой среде с двойной проницаемостью. Микрофлюидный чип, содержал две расположенные параллельно пористые области, проницаемости которых различались на порядок (рис. 1). Геометрия порового пространства представляла собой поросетевую модель. Чип изготовлен фотолитографическим способом и выполнен из стекла. Эксперимент проведен при постоянном перепаде давления. В ходе эксперимента оценивались скорость распространения фронта и насыщенность использованных жидкостей: минерализованной вода, потокоотклонитель и условный кислотный раствор.

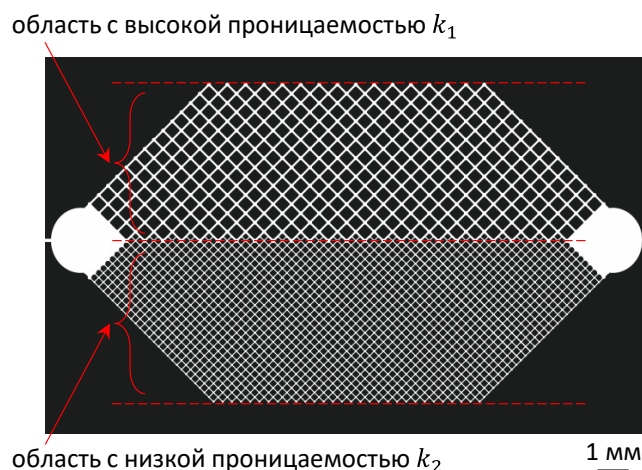


Рис. 1. Схематическое изображение микроканалов микрофлюидного чипа

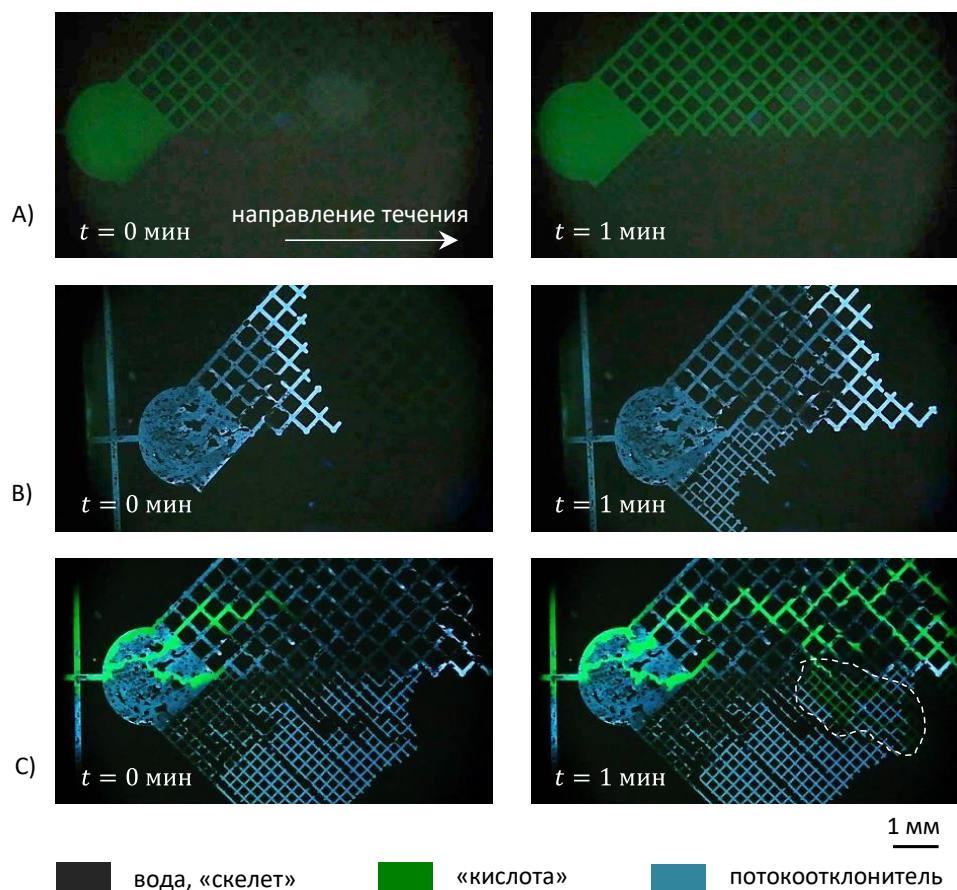


Рис. 2. Этапы закачки флюидов в виде последовательных кадров, отличающихся по времени: А) обработка «кислотой» до закачки потокоотклонителя; В) закачка потокоотклонителя; С) закачка «кислоты» после обработки потокоотклонителем

Показано распределение потоков в областях низкой и высокой проницаемости условного раствора кислоты до и после закачки потокоотклонителя, распределение потоков потокоотклонителя в зависимости от режима закачки, типа начальной насыщенности и смачиваемости (рис. 2).

## Список литературы

- [1] Питюк Ю. А. и др. Численное и экспериментальное исследование влияния смачиваемости и капиллярного числа на эффективность вытеснения нефти в модели порового дублета // Прикладная механика и техническая физика. – 2023. – Т. 64. – №. 3. – С. 38-48.
- [2] Cao S. C., Jung J., Radonjic M. Application of microfluidic pore models for flow, transport, and reaction in geological porous media: From a single test bed to multifunction real-time analysis tool // Microsystem technologies. – 2019. – Т. 25. – С. 4035-4052.
- [3] Gerami A. et al. Microfluidics for porous systems: fabrication, microscopy and applications // Transport in Porous Media. – 2019. – Т. 130. – С. 277-304.