

Лабораторное моделирование процессов многофазной фильтрации при химической реакции окисления с образованием газовой фазы

А.В. Варов¹, И.Н. Завьялов¹, А.В. Конюхов^{1,2}, Р.Р. Салихов¹, Е.В. Анциферов¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Объединенный институт высоких температур (ОИВТ), РАН

В настоящее время существуют огромные запасы трудноизвлекаемых углеводородов, следовательно, необходимо разрабатывать новые методы их добычи. Одним из перспективных методов является разогрев пласта за счет нагнетания в пласт окислителя [1]. Однако процесс фильтрационного вытеснения при образовании газовой фазы в данный момент изучен очень слабо и требует дальнейшего исследования [2].

В данной работе представлены результаты лабораторных экспериментов по выявлению и изучению особенностей процессов многофазной фильтрации, проходящих при химической реакции окисления с образованием газовой фазы [3]. Лабораторный эксперимент проходит в плоской ячейке с модельной пористой средой и модельными материалами реакции при небольших давлениях.

Лабораторная установка представляет собой прямоугольную ячейку с прозрачными стенками. Полость в ячейке заполнена смесью стеклбиссера и пищевой соды. Полученная пористая среда насыщается вазелиновым маслом. Затем вазелиновое масло вытесняется водным раствором лимонной кислоты. Лимонная кислота вступает в реакцию с пищевой содой и начинает образовываться газовая фаза (Рис. 1).

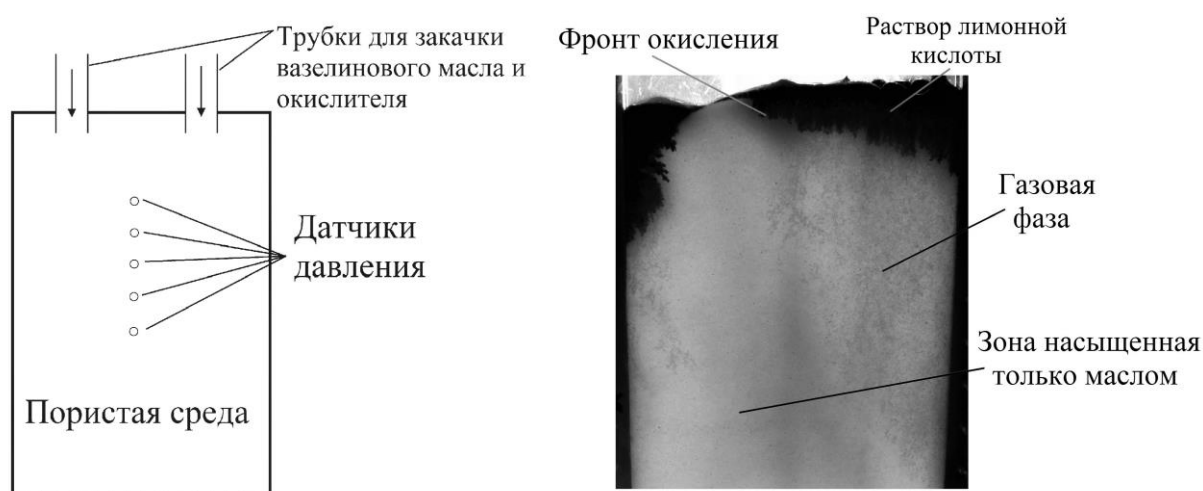


Рис. 1. Схема экспериментальной установки и качественная картина фильтрации

В ходе эксперимента было замечено, что в зоне, где уже проходила химическая реакция, наблюдается нестационарный процесс, который мы назовем вторичная волна окисления. Подробная серия снимков представлена на (Рис. 2).

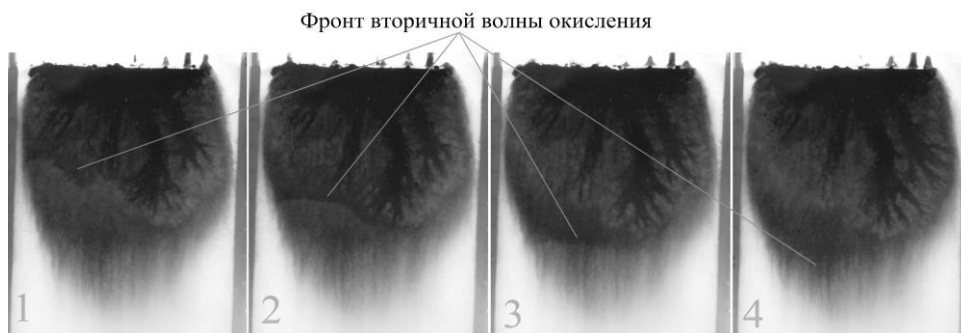


Рис. 2. Распространение вторичной волны окисления

Вдоль ячейки фиксировалось поровое давление при помощи 12 дифференциальных датчиков. Показания датчиков представлены на (Рис. 3).

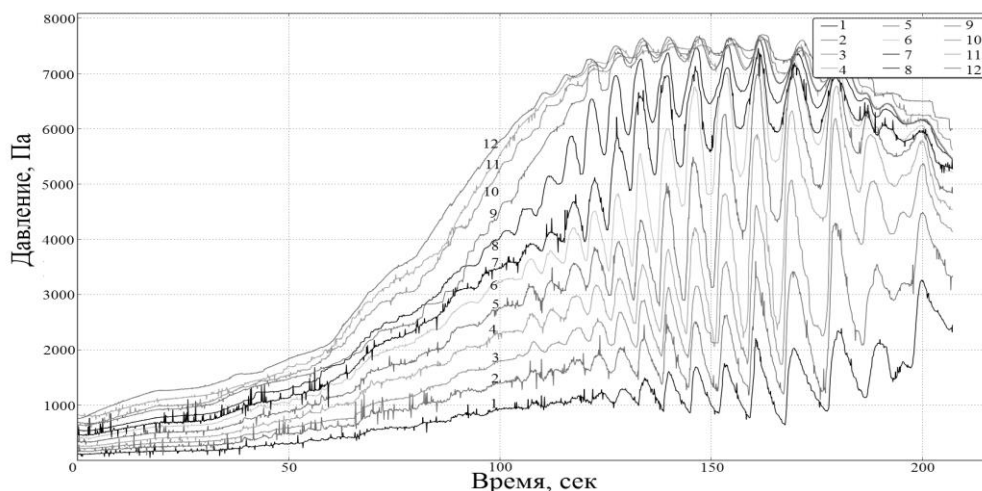


Рис. 3. Изменение давления во времени вдоль экспериментальной ячейки

В ходе лабораторного моделирования был обнаружен нестационарный осциллирующий режим фильтрации, возникающий при наличии интенсивной химической реакции окисления с образованием газовой фазы. Выявление данного эффекта может изменить подходы и представления об использовании внутрипластового горения для разработки углеводородов.

Литература

1. R. Kovscek, L.M. Castanier, M.G. Gerritsen. – Improved Predictability of In-Situ Combustion Enhanced Oil Recovery. – SPE Reservoir Evaluation & Engineering. – 2013. – № 16. – P. 172–182.
2. Завьялов И.Н., Царева Д. Ю. Осциллирующий режим фильтрации жидкости с образованием газовой фазы // Труды 56-й научной конференции МФТИ «Аэрофизика и космические исследования». – 2013. – Т. 2. – С. 94-95.
3. Завьялов И.Н., Конюхов А.В. Экспериментальное и численное исследование неустойчивости многофазной фильтрации при наличии реакции с образованием газовой фазы // Материалы международной конференции «Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентности». – 2014. – С. 89-91.