

Критериальный анализ устойчивости процесса вытеснения нефти водой с учетом гравитационных и капиллярных сил

Научный руководитель – Шевелев Александр Павлович

Кряжев Ярослав Александрович

Аспирант

Тюменский государственный университет, Физико-технический институт, Тюмень,
Россия

E-mail: kryazhev_yar@mail.ru

Устойчивость фронта вытеснения нефти водой оказывает существенное влияние на эффективность добычи нефти, поэтому важно знать какой процесс будет происходить при закачке воды в пласт, так как от этого будут зависеть характеристики разработки нефтяной залежи.

Анализ устойчивости процесса вытеснения является классической задачей подземной гидромеханики [3, 1]. Для описания данного процесса может использоваться модель двухфазной фильтрации, которая была описана в работе [4].

Процесс вытеснения нефти водой является неустойчивым, если подвижность флюида перед фронтом вытеснения выше подвижности флюида за фронтом вытеснения, а модуль градиента давления перед фронтом вытеснения ниже модуля градиента давления за фронтом вытеснения. В этом случае при малых возмущениях поверхности раздела воды и нефти более подвижная жидкость попадает в область большего градиента давления, из-за чего происходит рост неустойчивости и образование языков обводненности [2].

Используя уравнение неразрывности фильтрационного потока на фронте вытеснения, а также уравнения фильтрации нефти и воды, была получена формула, описывающая взаимосвязь подвижностей флюидов, модулей градиентов давлений, капиллярных и гравитационных сил.

Было введено два критических числа, характеризующих устойчивость процесса вытеснения. Первое критическое число M определяется отношением подвижностей флюидов перед и за фронтом вытеснения. Второе критическое число U_{cr} определяется действием гравитационных и капиллярных сил.

Было показано, что если первое критическое число меньше единицы, то процесс вытеснения является устойчивым. В противном случае, когда M выше единицы, то гравитационные и капиллярные силы могут оказать стабилизирующее влияние и процесс будет устойчивым в том случае, когда фильтрационная скорость потока не превышает значения второго критического числа U_{cr} .

Произведен расчет введенных чисел для модельных значений неизвестных параметров для различных значений соотношения вязкости нефти и воды. Результаты расчета показывают рост критического числа M и снижение критического числа U_{cr} при увеличении вязкости нефти.

Источники и литература

- 1) Басниев К. С., Кочина И. Н., Максимов В. М. Подземная гидромеханика. Москва, 1993.
- 2) Уиллхайд П. Г. Заводнение пластов: перевод с английского. Москва, 2009.
- 3) Чарный И. А. Подземная гидрогазодинамика. Москва, 1963.
- 4) Luo H., Zhao B., Mohanty K. K. A Fractional Flow Theory for Unstable Immiscible Floods. Conference Paper SPE-184996. 2017.