

Учёт мелкомасштабных эффектов при моделировании вытеснения вязкой жидкости из пористой среды.

Научный руководитель – Скрылева Евгения Игоревна

Бароян Аида Гришевна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра газовой и волновой динамики, Москва,
Россия

E-mail: Baroyan.aida2002@yandex.ru

Для добычи углеводородных полезных ископаемых сегодня используются различные методы, самым распространенным из которых является заводнение - вытеснение углеводорода путем нагнетания в скважину вытесняющих агентов, повышения тем самым градиента давления. При этом на границе раздела фаз вытеснения развивается неустойчивость: вытесняющая жидкость стремится прорваться сквозь слой вытесняемой, формируя в ней каналы, называемые «вязкими пальцами», что существенно сказывается на качестве нефтедобычи. Одним из наиболее эффективных методов изучения фильтрации является численный эксперимент, поскольку уравнения, описывающие фильтрацию, в большинстве случаев не разрешимы аналитическими и приближенными методами. Основным недостатком известных методов моделирования нелинейных процессов вытеснения углеводородов - моделирование на макроуровне без учета мелкомасштабной неустойчивости, возникающей на фронте вытеснения углеводорода из пласта, из-за чего снижается точность расчетов и увеличивается время их проведения при построении реальной модели прогнозирования протекания процессов в нефтесодержащих пластах, при этом расчёты с достаточно большим разрешением невозможны даже с использованием современной вычислительной техники.

В представленной работе описан метод, позволяющий учесть подсеточную неустойчивость, развивающуюся на мелком масштабе при моделировании вытеснения на крупном масштабе. Данный метод позволяет учесть неустойчивость вытеснения даже при одномерном моделировании. Суть метода заключается в разбиении исследуемой геологической структуры на крупномасштабные блоки (КМБ), а затем в разбиении КМБ на мелкомасштабные блоки (ММБ) и вычислении значения физических свойств для ММБ. После чего путем ремасштабирования осуществляют вычисление значения физических свойств для КМБ. Технический результат заключается в изменении модели на макроуровне за счет дополнительных потоков в уравнениях в зависимости от физических свойств, полученных при исследовании процесса на микроуровне.

Учитывая масштабы нефтедобычи на сегодняшний день, увеличение коэффициента извлечения нефти хотя бы на 1% равносильно введению в разработку нового крупного месторождения. Поэтому задача исследования неустойчивости на фронте вытеснения является чрезвычайно актуальной.

Для описания используется двухфазная модель флюида в пористой среде, где фазы считаются несмешивающимися и пористость постоянна, уравнение баланса массы для каждой из фаз, закон Дарси, а также уравнение связи между давлениями в фазах через капиллярное давление и дополнительные алгебраические соотношения. Уравнения глобальной системы приведены в размерном виде.

Источники и литература

- 1) Бетелин В.Б., Смирнов Н.Н., Никитин В.Ф., Стамов Л.И., Михальченко Е.В., Тюренкова В.В., Скрылева Е.И. Способ многомасштабного моделирования нелинейных процессов подземной гидродинамики // Патент №2670174 — 18 октября 2018 https://yandex.ru/patents/doc/RU2670174C1_20181018
- 2) Kaviany, M.: Principles of Heat Transfer in Porous Media. Second Ed. // Springer-Verlag, New York – 1995.
- 3) Скрылёва Е. И., Никитин В. Ф., Логвинов О. А., Смирнов Н. Н. “Фильтрационные течения в пористых средах”
- 4) В.Р.Душин, В.Ф.Никитин, Е.И.Скрылева “ Вычислительное моделирование вытеснения флюида из пористой среды ”