

Математическое моделирование кислотного гидроразрыва пласта

Р.Д. Каневская, А.В. Новиков
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

Кислотный гидроразрыв пласта (КГРП) применяется для интенсификации добычи скважин, вскрывающих карбонатные залежи. Два главных процесса определяют характеристики стимулированной области при КГРП: транспорт кислоты вдоль трещины определяет ее длину после смыкания; распространение кислоты в пласт, сопровождающееся растворением породы, определяет ее проводимость. Определение проводимости трещины представляет наибольшую сложность при моделировании КГРП. В настоящее время, ее расчет основан на различных эмпирических корреляциях, полученных с помощью лабораторных экспериментов с кернами, которые позволяют учесть сжимающие напряжения пласта, неровность стенок трещины, определяемую временем контакта кислоты с породой и темпом ее нагнетания, минералогическую и петрофизическую неоднородности пласта. Однако данные корреляции установлены в лабораторных условиях для определенных пород и размеров керна, условно могут применяться для других случаев. Кроме того, в них входят параметры, которые могут быть определены с высокой долей погрешности, а иногда их установление не возможно на практике.

В данной работе предложена модель КГРП, которая позволяет рассчитать форму, размер и проводимость стимулированной области. Модель предполагает решение уравнений баланса массы и конвекции-диффузии для раствора кислоты в трехмерной трещине. Скорость движения раствора в ней определяется на основе аналитического решения задачи о ламинарном течении в плоском канале с проницаемыми стенками (задача Бермана). В пласте рассчитывается двухфазная многокомпонентная фильтрация водного раствора кислоты и нефти с учетом кинетики растворения карбонатной породы. Считается, что образующиеся в результате реакции углекислый газ и соль полностью растворяются в воде и переносятся с кислотой в водной фазе. На основе полученного распределения пористости по формуле Козени – Кармана рассчитывается проницаемость. Предполагается, что течение вблизи трещины направлено по нормали к ее стенкам.

Проведен ряд расчетов синтетических примеров КГРП. Получены распределения проницаемости стимулированной области, рассчитана ее проводимость. Выполнено сравнение полученных результатов с известными корреляциями.