

Комплексное воздействие электромагнитных полей и смешивающегося вытеснения на залежи трудноизвлекаемых запасов углеводородов с учетом объемных фазовых переходов

***Ф.С. Хисматуллина (ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»),
Л.А. Ковалева, Н.М. Насыров
(Башкирский гос. университет)***

Высокочастотное электромагнитное (ВЧ ЭМ) воздействие рассматривается как альтернативная технология для добычи нетрадиционных углеводородных ресурсов, таких как тяжелая нефть, битум или сланцы. Отличительной особенностью ВЧ ЭМ воздействия от других тепловых методов является возникновение в толще залежи объемных источников тепла. Вследствие диэлектрических потерь в среде энергия электромагнитных волн преобразуется в тепловую энергию, в результате повышается температура и уменьшается вязкость жидкости в пласте. Кроме того, во многих процессах проявляется дополнительное «не силовое» действие поля, дающее пролонгированный эффект воздействия. Еще более эффективно использование ВЧ ЭМ воздействия в сочетании с закачкой растворителя.

Рассмотрены задачи математического моделирования процессов нагнетания растворителя в пласт, нагрева пласта вследствие воздействия на него электромагнитного излучения и плавления твердой фазы, содержащейся в порах пласта. Принято, что в порах пласта температуры фаз и компонентов одинаковы. Подвижные фронты фазового перехода – геометрические поверхности нулевой толщины. Задача решена в два этапа. На первом этапе решена однообластная задача: пласт нагревается электромагнитным полем и одновременно закачивается растворитель, температура во всех точках пласта ниже температуры плавления твердой фазы. На втором этапе решена трехобластная задача с двумя границами раздела фаз: во второй области твердая фаза уже расплавилась, а в первой и третьей областях еще нет.

Исходная система уравнений, описывающих процесс тепло- и массопереноса при нагнетании вытесняющего агента в насыщенную пористую среду, включает уравнения неразрывности для всей смеси, закон фильтрации Дарси, уравнения притока тепла и уравнения неразрывности для компонентов. Задача решена методом конечных разностей по неявной схеме с использованием схемы с дробными шагами фронтов.

Анализ результатов показывает, что ВЧ ЭМ воздействие на многофазные диэлектрические среды приводит к интенсификации тепло- и массопереноса. Вследствие поглощения энергии поля пористой средой в ней появляются распределенные в объеме источники тепла, что обеспечивает более высокую скорость и равномерность прогрева пласта. Кроме того, электромагнитное поле способствует интенсивному объемному плавлению асфальтосмолистых отложений в призабойной зоне скважины. В случае одновременного нагнетания растворителя это позволяет повысить приемистость нагнетательной скважины и охват зоны воздействия полем, а при последующем отборе жидкости – увеличить дебит высоковязкой нефти.