

Новые и значимые эффекты фильтрационного течения в пористых средах

***В.А. Байков, И.Х. Бадьков,
Р.Р. Галеев, Т.И. Муллагалиев,
Д.С. Мухаммадиев, А.А. Яковлев
(ООО «РН-УфаНИПИнефть»)***

При изучении вытеснения флюидов в пористой среде важное значение имеют вопросы, касающиеся сложности проводимых построений, вычислений и устойчивости полученных решений. Часто на практике решение данных вопросов ассоциируется с применением простых, «быстрых» двумерных (2D) и сложных, «медленных» трехмерных (3D) моделей. Однако из-за отсутствия аналитического решения задачи фильтрации в 2D и 3D возникает необходимость численного моделирования и, как следствие, вопрос определения параметров сетки, ее размеров, типа, и задания в ней фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

Если линейные размеры неоднородности пласта намного меньше характерных размеров исследуемого объекта (например, расчетной ячейки сетки, элемента разработки), то возможны усредненные свойства пористой среды, определение ее эффективных характеристик на рассматриваемом объекте. При геолого-гидродинамическом моделировании разработки месторождений данный вопрос является важным, поскольку ФЕС пласта заданы непрерывным случайным образом (посредством геостатистического моделирования). Более того, задача усреднения недостаточна развитым математическим аппаратом усреднения процессов в случайных средах. Например, при оценке эффективной проницаемости случайных сред даже вопрос положительности тензора проницаемости может вызывать большие затруднения. В частности, для этого необходимо предопределение факта связности случайной структуры, которое в свою очередь является нерешенной ключевой задачей теории перколяции.

При заводнении пласта возможно возникновение неустойчивости фронта вытеснения с образованием «прорывов» вытесняющего агента от нагнетательных скважин к добывающим. Отмеченное связано с проникновением (за счет случайных возмущений) частиц более подвижного флюида в область, занятую менее подвижным флюидом, при этом движение частиц ускоряется. Если более подвижный флюид является вытесняющим, то это может привести к разрастанию возмущений (возникновению «вязких пальцев»). Разница в подвижностях, различное начальное насыщение и сама случайная среда пласта усложняют процесс фильтрации и могут влиять на коэффициент извлечения нефти (КИН). Таким образом, при определении эффективных (усредненных) характеристик пласта (в том числе, при переходе из 3D в 2D или укрупнении сетки) необходимо сохранение характера фильтрационного течения.

В работе рассмотрены вопросы описания случайной среды с точки зрения вытеснения (посредством линий тока) и геометрии (через топологические, геометрические и перколяционные характеристики). Приведены некоторые ключевые задачи усреднения случайных и периодических сред. Получены новые эффекты фильтрационного течения в случайных и однородных средах. Показано возможное увеличение КИН в неоднородных средах за счет создания точечных возмущений фронта вытеснения в нагнетательных скважинах.