

Оценка добычных возможностей и коэффициентов извлечения нефти из коллекторов с трудноизвлекаемыми запасами на моделях неравновесной нелинейной фильтрации

Н.А. Черемисин¹, С.В. Костюченко¹
¹ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Коллекторы, содержащие трудноизвлекаемые запасы, характеризуются низкими темпами отбора и недостижением проектной нефтеотдачи. Технологическая возможность рентабельной разработки таких запасов существует, однако эффективность технологий зависит от знания структуры остаточных запасов. Проблема адекватной локализации подвижных запасов не может быть решена в рамках «линейных» моделей, в которых остаточная нефтенасыщенность задается статическим распределением в объеме объекта разработки и не зависит от систем разработки. Опыт разработки огромного числа месторождений показывает, что технологический коэффициент извлечения нефти (КИН) существенно зависит от плотности сетки скважин и темпов отбора.

Изучение структуры остаточной нефтенасыщенности и ее влияния на достигнутый градиент давления/скорости фильтрации показало, что для заводняемых пластов характерно наличие капиллярно-защемленной (условно подвижной) и адсорбированной (прочно связанной) остаточной нефти. Количество условно подвижной остаточной нефти зависит от скорости фильтрации. Сгущение сетки скважин и повышение темпов отбора приводит к росту среднего градиента давления в объеме пласта, снижению остаточной нефтенасыщенности, повышению темпа отбора нефти и конечного технологического КИН. Степень влияния градиента давления на остаточную нефтенасыщенность зависит от характера смачиваемости коллектора водой и нефтью. В диапазоне капиллярных чисел $0-10^{-5}$ для чисто гидрофильных коллекторов это влияние сравнительно мало, для коллекторов с гетерогенной смачиваемостью (смешанное смачивание) наоборот существенно. Наибольшее влияние скорости фильтрации/градиента давления наблюдается для гидрофобных коллекторов. Таким образом, современные представления о структуре остаточной нефтенасыщенности и влиянии на нее технологии разработки позволяют объяснить (и использовать в практике разработки) зависимость нефтеотдачи пластов от плотности сетки скважин и темпов отбора.

Разработано алгоритмическое и программное обеспечение, в котором реализовано несколько подходов к определению зависимости относительных фазовых проницаемостей от капиллярного числа. Особенности выработки запасов для нелинейных моделей позволяют выполнить прямой расчет текущего охвата пласта вытеснением. Показано, что это может использоваться как инструмент анализа выработки и локализации запасов для проблемных зон объектов разработки месторождений.