

Оценка продуктивности скважин на основе статистических параметров полей проницаемости

*В.А. Краснов, Т.Р. Мусабилов (ОАО «НК «Роснефть»),
А.П. Роцектаев, А.В. Якасов (ООО «РН-УфаниПИНефть»)*

Работа посвящена определению продуктивности скважин в условиях, когда о строении коллекторов можно судить лишь исходя из статистической информации о структуре фильтрационно-емкостных полей. В этом случае расчет продуктивности может быть выполнен через определение таких макроскопических или, как часто говорят, эффективных параметров пласта, как скин-фактор и эффективная проницаемость.

Задача определения эффективных характеристик пласта в неоднородных средах характерна для многих физических процессов (теплопроводность, электропроводность, фильтрация жидкостей и газов и др.). Наиболее интересен и практически важен стохастический вариант этой задачи, т.е. тот случай, когда локальное поле проницаемости (проводимости) может трактоваться как случайное. Решая задачу в среде со случайными неоднородностями и определяя математическое ожидание решения или некоторых его функционалов, можно автоматически определить эффективные характеристики.

В представленной работе эффективные параметры неоднородных пластов определялись по результатам серии численных гидродинамических экспериментов на синтетических трехмерных геологических моделях. Фильтрационно-емкостные свойства в моделях задавались на основе последовательного Гауссова моделирования с определенными значениями радиусов корреляций вариограмм, математического ожидания и дисперсии. Моделировалось несколько случайных реализаций с одними и теми же характеристиками для получения усредненных по ансамблю реализаций результатов.

Для определения эффективной проницаемости и скин-фактора использовались традиционные методы, основанные на исследованиях неустановившегося режима фильтрации флюидов в пласте, а именно на основе анализа кривой восстановления давления после закрытия скважины. Значения, определенные по участку неискаженного плоскорадиального притока, затем участвовали в оценке продуктивности исследуемой скважины. Сравнение коэффициентов продуктивности, определенных по эффективным параметрам пласта и непосредственно по моделям, показало их хорошее совпадение.

В результате экспериментов было установлено, что эффективные характеристики существенно зависят от статистических параметров поля проницаемости, а именно от дисперсии проницаемости и радиусов корреляций вариограмм. Увеличение дисперсии при любых радиусах корреляций вариограмм снижает эффективную проницаемость относительно среднего арифметического значения и, напротив, увеличение радиусов вариограмм приводит к уменьшению влияния вариации проницаемости на ее эффективное значение. При этом было обнаружено, что продуктивность скважин в предельно неоднородном некоррелируемом по проницаемости пласте существенно снижается по отношению к однородному или полностью слоистому пласту, даже при равенстве локальных средних значений проницаемости. Экспериментально и теоретически полученные зависимости эффективной проницаемости от дисперсии поля проницаемости показали хорошее соответствие друг другу.

Результаты серии численных экспериментов были обобщены в виде достаточно простой корреляционной зависимости, применение которой позволит оценить продуктивность планируемых скважин на новых участках месторождений, так как в этом случае не требуется подробная информация о строении коллекторов. Статистические параметры, необходимые для выполнения такой оценки, могут быть получены экстраполяцией данных по разбуренным участкам на неразбуренные области и на основе данных немногочисленных разведочных скважин.