

## Гидродинамическое моделирование на тороидальной сетке в задачах оптимизации систем разработки

Жонин А.В., Мартынова Ю.В.

ООО «РН-БашНИПИнефть», Уфа

В работе предложен подход к гидродинамическому моделированию с использованием тороидальной сетки для задач выбора систем разработки. Традиционно данная задача решается путем реплицирования элемента разработки в гидродинамической модели, при этом коэффициент извлечения нефти и удельный чистый дисконтированный доход на гектар берутся только для центрального элемента [1]. Недостатками такого метода являются кратный рост количества ячеек в модели, соответствующее увеличение времени счета, необходимость контроля точности решения на центральном элементе путем изменения количества репликаций. Отметим, что для получения точного решения необходимо бесконечное количество репликаций элемента разработки в модели.

Для устранения указанных недостатков предлагается подход, идея которого состоит в том, что тороидальная топология гидродинамической сетки, полученная путем склейки противоположных граней, с точки зрения решения эквивалентна модели с бесконечным количеством репликаций на плоскости. Это обеспечивает максимальную точность решения. Одновременно с этим количество ячеек в такой модели, учитывая способ построения, всегда будет меньше традиционной модели с репликациями. Коэффициент извлечения нефти  $RF$  и удельный чистый дисконтированный доход на гектар  $NPV_{ha}$  рассчитываются тривиально для всей модели по формулам:

$$RF(t) = \frac{Q(t)}{Q_{geo}}, NPV_{ha}(t) = \frac{NPV(t)}{A},$$

где  $Q(t)$  – накопленная добыча нефти,  $Q_{geo}$  – геологические запасы нефти,  $A$  – площадь разработки.

В корпоративном гидродинамическом симуляторе «РН-КИМ» для создания тороидальной топологии гидродинамической сетки используется ключевое слово, задающее связи между несоседними ячейками. При этом проводимость для данных связей должна быть равна проводимости между соседними ячейками на каждом слое.

Проведено тестирование предлагаемого подхода для типовых систем разработки на слоистых однородных моделях, для которых проводимость между соседними ячейками на  $i$ -ом слое рассчитывается по формуле:

$$Trans = \frac{CDarcy \cdot DY \cdot DZ \cdot NTG_i \cdot PermX_i}{DX},$$

$CDarcy = 0.0085$  – константа Дарси,  $DX$ ,  $DY$ ,  $DZ$  – размеры ячеек,  $NTG_i$  – песчаность на  $i$ -ом слое,  $PermX_i$  – абсолютная проницаемость в направлении  $X$  на  $i$ -ом слое.

В работе показаны примеры моделирования следующих систем разработки: рядная лобовая система, девятиточечная система с трещинами гидроразрыва пласта, система с горизонтальными скважинами с многостадийными трещинами гидроразрыва пласта. Для всех случаев в традиционном варианте моделирования использовалась репликация  $3 \times 3$ . Сравнение расчетов показало хорошую сходимость нового подхода с использованием тороидальной сетки и традиционного с использованием реплицирования. Показаны преимущества подхода: точность, существенное ускорение времени расчетов, корректная работа экономических опций.

В работе также обсуждается постановка задачи в случае, когда необходимо учитывать латерально-неоднородную геологию, модель должна быть также тороидально замкнута. Такая геологическая модель может быть естественным образом получена спектральным моделированием. Вопрос согласования размеров геологической и гидродинамической моделей решается путем вложения нескольких элементов разработки в один геологический сектор.

### Список литературы

- [1] Р.Р. Галеев, А.М. Зорин, А.В. Колонских, Г.И. Хабибуллин, Т.Р. Музабиров, И.В. Судеев. Выбор оптимальной системы разработки низкопроницаемых пластов с применением горизонтальных скважин с множественными трещинами гидроразрыва // Нефтяное хозяйство. – 2013. – №10. – С. 62–65.