УДК 622.276.1

С.В.ЛЯДОВ
Пермский государственный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА IRAP RMS КОМПАНИИ ROXAR

За два десятилетия радикально изменилась методика изучения объектов в недрах: состоялся переход к современной цифровой технологии накопления, обработки и интерпретации геологической информации. Распространяется применение трехмерных компьютерных моделей при анализе строения и других характеристик пластовых и рудных тел. Цифровые модели дают возможность всесторонней визуализации скрытых объектов, обеспечивают наглядность описания весьма сложных месторождений. Предпроектное моделирование существенно облегчает выбор оптимальных вариантов разведки и разработки залежей.

Two last decades radically changed the techniques of studying objects in subsurface – they have brought the modern methods of accumulation, analysis and interpretation of geological information on the base of digital computer technology. In particular, the wide expansion of 3D computer geological models allow to analyze the most complete information on configuration and other characteristics of strata-bound and ore bodies. Digital model provides the opportunity of visualization easily demonstrating peculiarities of contours even for most complicated objects. Thus pre-design modeling facilitates considerably the choice of the optimal exploration and exploitation schemes and systems.

Трехмерное геологическое моделирование было выполнено для Сибирского нефтяного месторождения (Пермская область), где нефтегазоносность установлена в среднекаменноугольных башкирско-серпуховских карбонатных (Бш), терригенных нижнекаменноугольных (пласты Бб) и карбонатных турнейско-девонских отложениях. Основные запасы приурочены к терригенным пластам бобриковского горизонта.

Адекватность модели реальному объекту определяется объемом, качеством и достоверностью исходной геолого-геофизической информации. Основой для создания модели служат файлы первичных поисково-разведочных данных: сейсморазведка (модификации 3Д и 2Д), координаты скважин, инклинометрия, диаграммы геоинформационных систем (ГИС) и результаты их интерпретации, анализ керна, проб флюидов, результаты промыслово-геофизических испытаний, а также показатели добычи.

Для создания модели использован программный комплекс IRAP RMS норвежской компании ROXAR. Моделирование включало следующие основные этапы: структурное моделирование; создание координатной сетки 3Д; литологическое и петрофизическое моделирование свойств. Полученная детальная геологическая модель может быть преобразована в набор двумерных карт и служить основой для подсчета запасов.

Структурным моделированием уточнены форма и размер ловушек, вмещающих залежи нефти. Продуктивные пласты бобриковского горизонта и башкирского яруса образуют структуру облекания рифогенной постройки. Брахиантиклинальная складка размерами 10×6 км осложнена двумя локальными поднятиями – Сибирским и Родыгинским.

На следующем этапе объем пород между кровлей и подошвой горизонта-коллектора был аппроксимирован детальной трехмерной сеткой. По пласту Бш такая геологическая сетка содержит 2262439 ячеек, для бобриковского горизонта – 2338495 ячеек. Построение сетки ячеек 3Д позволяет перенести в нее детальную информацию всех видов скважинных исследований, которая служит основой для дальнейшего моделирования.

Литологическое моделирование позволяет детально изучить изменчивость состава продуктивных пластов и характер их распространения по площади и по разрезу. Особое внимание было уделено бобриковскому горизонту – основному по запасам и наиболее сложному по геологическому строению. По результатам биостратиграфического и фациально-циклического анализа установлено, что в пределах Сибирского месторождения бобриковские отложения представлены фациями руслового аллювия. Аллювиальная толща имеет сложное многоярусное строение, отдельные слои резко изменчивы по толщине и фильтрационно-емкостным свойствам. На разных участках в разрезе горизонта Бб выделяется от 1 до 10 проницаемых слоев. В южной части продуктивная толща сильно расчленена и представлена серией маломощных песчаных пластов. В северной части месторождения эти пачки сливаются и образуют песчаные тела мощностью до 25 м, толщина отдельных проницаемых слоев здесь составляет от 0,6 до 8,5 м. Петрофизическое моделирование представляет собой способ анализа фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) горизонтов-коллекторов и распределения насыщенности порового пространства.

При моделировании были использованы значения пористости, определенные и анализом керна, и по данным каротажа (АК, ННК-Т, ГГК-П). Пористость карбонатных коллекторов по результатам ГИС варьирует от 7 до 13 %. Наиболее высокие ее значения отмечаются в западной части месторождения, в восточной части нефтегазоносноного поля пористость ниже. Распределение нефтенасыщенности в трехмерной модели такое же, как и характер изменения пористости: в западной части нефтенасыщенность выше, чем в восточной. Самые низкие ее значения отмечаются в зоне прогиба между Сибирским и Родыгинским поднятиями.

Петрофизическая модель бобриковского горизонта в деталях отразила его выраженную неоднородность. Среднее значение пористости составляет 15,5 %, проницаемость 0,302 мкм^2, нефтенасыщенность 83 %. В зоне развития русловых фаций и увеличения толщины песчаников отмечаются повышенные значения пористости (19 %), проницаемости (0,639 мкм^2) и нефтенасыщенности (94 %).

Результаты моделирования показали, что распределение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов отчетливо подчиняется литолого-фациальной зональности продуктивных отложений.

На основе трехмерной модели выполнен подсчет запасов по всем пластам. Дифференциация запасов по объему залежи позволила определить зоны с различной плотностью удельных запасов, что явилось основой для выбора рациональной системы разработки.

На Сибирском месторождении выделено три эксплуатационных объекта: башкирско-серпуховский, бобриковский, турнейско-фаменский. По каждому из них были созданы гидродинамические модели. Геологическое строение пласта Бш схематизировано 25 слоями, пласта Бб – 21 слоем. Количество ячеек составило соответственно 201600 и 169344. На гидродинамических моделях адаптирована история эксплуатации каждого из объектов с учетом данных по всему действующему фонду скважин. Критерием настройки модели было принято совпадение годовых отборов нефти, воды и пластовых давлений.

Особенностью Сибирского месторождения является его совмещение в плане с разрабатываемым месторождением калийных солей. При этом в пределах площади калийной залежи и прилегающей охранной зоны шириной 500 м бурение нефтяных скважин запрещено. Для выбора оптимального варианта разработки на модели было просчитано более 30 рабочих вариантов с различными схемами размещения и плотностью сети скважин, системой заводнения, темпами ввода месторождения в разработку.

Моделирование процесса разработки бобриковского горизонта, с учетом распространения русловых фаций, показало, что наиболее эффективной будет схема приконтурного заводнения. В результате предло-

жен оптимальный вариант с применением законтурного заводнения с разрезающим рядом, расположенным между поднятиями. По этому варианту разработки достигается наиболее высокий коэффициент извлечения нефти – 0,433. Количество проектных скважин уменьшается на 14 по сравнению с традиционными вариантами, используемыми ранее на аналогичных залежах, что означает существенное снижение капитальных затрат.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование нефтяных залежей с использованием программных продуктов компании ROXAR позволяет успешно решать целый ряд прикладных задач.

2. Технология моделирования обеспечивает качественно новый уровень подсчета запасов и проектирования разработки нефтяных месторождений.

3. В условиях действующего нефтедобывающего предприятия применение геолого-гидродинамических моделей является инструментом эффективного управления процессом разработки.

Научный руководитель проф. *В.И.Галкин*