

МЕТОДЫ, ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГЕОДАННЫХ

Таранчук В. Б.

Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,

Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

E-mail: taranchuk@bsu.by

Обсуждаются методические и технические вопросы применения и развития программной системы ГБД (ГеоБазаДанных) при создании и мониторинге постоянно действующих геолого-технологических моделей объектов нефтедобычи. Отмечены новые функциональные возможности, обеспеченные включением в ГБД исполняемых модулей интеллектуального анализа данных системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica. В частности, приведены и иллюстрируются примерами несколько технических решений при реализации с использованием методов кластерного анализа и искусственных нейронных сетей принятой методики адаптации модели резервуара по геологическим данным о строении и свойствах пластовой системы, по истории разработки объекта.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование разработки нефтяных месторождений связано с проведением многовариантных расчетов технологических показателей, в которых оцениваются различные способы нефтеизвлечения. При этом прогнозируются добычные возможности скважин, выработанность пластов по различным участкам, коэффициент извлечения нефти. В вычислительных экспериментах по изучению процессов, происходящих при эксплуатации нефтяных месторождений, также прогнозируются режимы отборов скважин, изменение распределений нефтенасыщенности и давления, плотности запасов пластов. Прогноз может осуществляться на основе различных описаний, в частности, с использованием статистических или гидродинамических моделей. Изучение на основе гидродинамических моделей опирается, в основном, на информацию, получаемую при бурении и опробовании скважин, интерпретации результатов гидродинамических исследований, учитывается история разработки объекта. Гидродинамические модели основаны на строгих законах сохранения механики. Это их главное достоинство и основное отличие от статистических моделей. Расчеты по таким моделям требуют информации о распределении параметров пласта по всему объекту (объект трехмерный, параметры меняются во времени). Важна согласованность точности принимаемой модели подземной гидромеханики с неизбежной неточностью и неполнотой исходной информации о строении и свойствах пластовой системы [1]. При моделировании часто понятие «достоверная информация (параметры пласта)» подменяется понятием «правдоподобная информация». Последняя получается на этапах оцифровки, адаптации модели, представляющем собой способ распространения замеров по скважинам и другой имеющейся априорной информации на весь объект. Учитывая ло-

кальный характер информации по скважинам, невозможно однозначно определить строение и свойства пластовой системы в межскважинном пространстве. Получаемые при этом параметры объекта в общем случае могут не совпадать с его реальными характеристиками ([2]). Кроме того, численная реализация модели многократно повышает размерность задачи, и на объектах, эксплуатируемых десятками сотен скважин, размерность задачи достигает нескольких сотен тысяч, что делает использование компьютерной модели в производстве практически невозможным даже при наличии мощных суперкомпьютеров. Выход, видимо, существует только в создании соответствующих методик и настраиваемых исследователем с помощью компьютерных средств наборов входных данных, подменяющих истинную (априори неизвестную) информацию «правдоподобной». Получаться такая «правдоподобная» информация может на этапе адаптации, настройки модели [3, 4, 1].

1. ОСНОВЫ МЕТОДИКИ АДАПТАЦИИ МОДЕЛИ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ

Полное описание методики, программного обеспечения создания и мониторинга в ГБД постоянно действующей геолого-технологической модели объекта нефтедобычи в приближении крупноблочного осреднения изложено в [1]. При разработке методики адаптации модели резервуара по геологическим данным о строении и свойствах пластовой системы, по истории разработки объекта учитываются: двухфазность фильтрационного потока; возможность наличия пропластков, т.е. многопластовость залежи, вскрытой системой нагнетательных и добывающих скважин; нестационарность режимов закачки и отборов по скважинам; неточность информации по проницаемости, пористости; неоднородность пластов; неполнота вскрытия пластов.

Методика, реализованные алгоритмы, соответствующие программные средства позволяют моделировать: двухфазную фильтрацию в коллекторе; основные режимы работы скважин; непроницаемость отдельных границ пластов и открытость других; влияние напора краевых и подстилающих вод; гидродинамическую связь между пластами и их отдельными участками.

Критериями готовности модели, правильности адаптации служат степень различия на контрольные моменты времени между фактическими и вычисленными: забойными давлениями (дебитами) на отдельных скважинах; обводненностями продукции на скважинах по отдельным участкам и по объекту в целом.

Результатами работы по методике являются рекомендации и инструкции: как уточнять параметры (мощность, пористость, проницаемость, нефте- и водонасыщенность) по объему резервуара, как выявлять притоки по границам; как подбирать функции модельных относительных фазовых проницаемостей (включая специально подобранные функции, которые могут отличаться от функций относительных фазовых проницаемостей, полученных по керну); как формировать цифровые поля распределений по площади объекта рассчитанных системой ГБД параметров пластов; как использовать информацию о тех граничных условиях, которые отличаются от условий, первоначально сформулированных проектировщиками и кураторами объекта (например, части границ, на которых условия непроницаемости в результате адаптации заменены условиями протекания и т.д.).

Модель конкретного объекта нефтедобычи считается адаптированной, если по результатам анализа расчетных данных можно судить о достижении необходимой точности в воспроизведении показателей истории разработки месторождения. Основная нагрузка в проведении подобного анализа ложится на экспериментатора. Он также выбирает и вносит те изменения во входные данные, которые смогут при дальнейших расчетах повысить точность модели.

II. СХЕМА ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ

В самом общем виде процесс адаптации можно представить как повторение до получения желаемой точности следующих действий: внесение изменений во входные данные, расчет модели, анализ результатов расчета. Именно такая схема реализована в системе ГБД, причем, она обеспечивает не только проведение многовариантных расчетов, но и сохранение в общей базе всех входных и выходных данных конкретного варианта, предоставляя средства создания нового варианта. Это позволяет рассчитать и сравнить между собой различные варианты, используя встроенные сервисные программы визуализации и анализа данных.

Весь программный комплекс ГБД можно представить работающим на нескольких уровнях. Первоначально существуют лишь исходные параметры об объекте моделирования, которые хранятся в архивах, базах данных геологов и промысловиков. Исходные данные интерпретируются и выполняется их преобразование к внутреннему формату системы; формируется набор входных данных создаваемой модели. На следующем уровне расположены выделенные в отдельные подсистемы программы формирования сеточной геологической модели объекта, системы блоков, расчета характеристик блочной геологической модели, сопровождения и сервиса для формирования и изменения граничных условий динамической модели, программа расчета динамической модели. В каждой из перечисленных подсистем имеются средства подготовки и передачи данных в специально разработанные программы визуализации и анализа результатов.

К настоящему моменту можно констатировать, что эксплуатация ГБД более 20 лет всегда осуществлялась при участии разработчиков системы и экспертов, когда адаптация проводилась путем многовариантных расчетов (в многих случаях это сотни), их сопоставлением, а успешность и скорость достижения желаемых результатов в основном определялись опытом и интуицией исполнителей. В текущем состоянии системы ГБД при ее дополнении исполняемыми модулями интеллектуального анализа данных системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica ряд процедур удается выполнять значительно быстрее благодаря применению решений, вытекающих из кластерного анализа [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе будут обсуждены методические и технические решения адаптации цифровых полей, являющихся основой компьютерных моделей; примерами из практики создания геологических моделей объектов нефтедобычи будут проиллюстрированы варианты повышения эффективности формирования, аппроксимации и интерпретации цифровых полей средствами кластерного анализа.

III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таранчук, В. Б. Компьютерные модели подземной гидродинамики / В. Б. Таранчук // Минск : БГУ, 2020. – 235 с.
2. Халимов, Э. М. Детальные геологические модели и трехмерное моделирование / Э. М. Халимов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – № 3(7). – С. 1–10.
3. Азиз, Х. Математическое моделирование пластовых систем / Х. Азиз, Э. Сеттари // М. : Недра, 1982. – 407 с.
4. Булыгин, В. Я. Правдоподобное моделирование / В. Я. Булыгин // Казань : КГУ, 1985. – 170 с.
5. Taranchuk, V. Methodological and Technical Solutions for the Implementation of Clustering Algorithms in the GeoBazaDannych System / V. B. Taranchuk // Communications in Computer and Information Science book series (CCIS. Springer, Cham. International Conference on Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. OSTIS 2021). – 1625. – 2022. – P. 349–360.