

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.

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»



**Информационные технологии и системы 2022
(ИТС 2022)**

Материалы международной научной конференции
(БГУИР, Минск, Беларусь, 23 ноября 2022)

Information Technologies and Systems 2022
(ITS 2022)

Proceeding of the International Conference
(BSUIR, Minsk, Belarus, 23th November 2022)

Минск БГУИР 2022

УДК 004
ББК 32.81
И74

Редакционная коллегия:

Л. Ю. Шилин (главный редактор), А. А. Иванюк, С. В. Колосов, В. С. Муха,
В. В. Голенков, А. В. Марков, Д. П. Кукин, А. А. Навроцкий,
В. И. Журавлев, А. Ф. Трофимович, Н. В. Гракова, Д. В. Шункевич,
А. И. Лаппо, А. Б. Гуринович (ответственный секретарь)

Информационные технологии и системы 2022 (ИТС 2022) =
И74 Information Tehnologies and Systems 2022 (ITS 2022) : материалы
международной научной конференции, Минск, Беларусь, 23 ноября / Л. Ю.
Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2022.
ISBN

Сборник включает прошедшие рецензирование доклады международной научной конференции «Информационные технологии и системы 2022» (ИТС 2022).

Сборник предназначен для преподавателей высших учебных заведений, научных сотрудников, студентов, аспирантов, магистрантов, а также для специалистов предприятий в сфере IT-технологий.

Материалы сборника одобрены организационным комитетом и печатаются в авторской редакции.

УДК 004
ББК 32.973.202

ISBN

«Белорусский государственный
университет
информатики и радиоэлектроники», 2022