

Д.В. Булыгин<sup>1</sup>, Р.Р. Ганиев<sup>2</sup><sup>1</sup>НИИ Математики и механики им. Н.Г.Чеботарева ГОУВПО КГУ, Казань<sup>2</sup>ГУП «НПО Геоцентр РТ», Казань  
deltaoil@ksu.ru; radik.ganiev@ksu.ru

# К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ПО КУРСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В статье рассмотрены некоторые вопросы подготовки студентов по курсу моделирования геологии и разработки нефтяных месторождений. Курс основан на получении новых материалов с помощью компьютерных технологий, использующих методы структурной геологии, нефтепромысловой геофизики, фациального анализа, геологии нефти и газа, нефтепромысловой геологии с последующей увязкой с данными подземной гидрогеохимики. Усвоение материалов курса студентами во многом зависит от навыков работы с первичной базой данных по конкретным месторождениям, выбора обучающего программного продукта, технической оснащенности компьютерных классов, а также состава лекционных и практических занятий.

## 1. Введение

В последние десять лет нефтяная промышленность переживает настоящий информационный бум, связанный с переводом технологий на новую научно-методическую базу, основанную на создании компьютерных программ. При этом особую ценность приобретают задачи моделирования разработки, которые основаны на концепции создания постоянно-действующих моделей (Регламент..., 2000). В качестве теоретической основы (ядра) такой системы могут служить программные комплексы построения геологической и фильтрационной моделей. Технология обучения студентов должна быть построена таким образом, чтобы обеспечить глубокое знание основ моделирования разработки и использование их в нефтегазодобывающих предприятиях для решения производственных задач. Именно на это должны быть направлены подготовка и обучение кадров в системе Высшего и среднего специального образования РФ. Между тем, сегодняшняя вузовская практика по специальности «Поиск и разведка нефтяных месторождений» ориентирует студентов и преподавателей преимущественно на классические научные дисциплины, сложившиеся в 50-70 г.г. прошлого столетия, когда вышло в свет максимальное количество монографий и учебных пособий.

В статье, написанной на основе опыта, полученного при чтении курса лекций в Казанском и Удмуртском государственных университетах, обсуждаются методологические, научные и организационно-технические подготовки студентов по основам компьютерного моделирования.

Компьютерная программа и логика ее построения являются плодом работы десятков, а иногда и сотен специалистов. В ней в концентрированном виде воплощены теоретические знания по предмету, а также учтен практический опыт построения моделей нефтяных месторождений различных по геологическому строению регионов. Курс компьютерного моделирования разработки нефтяных месторождений состоит из лекций, практических занятий, дипломных работ и семинарских занятий. Сочетание всех форм обучения позволяет подготовить грамотного специалиста, способного к самостоятельной работе по специальностям 020305 – «Геология и геохимия горючих ископаемых», 090600 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

## 2. Направления подготовки специалистов

Целью построения геолого-гидродинамической модели может являться подсчет запасов нефти, проектирование разработки, составление технико-экономического обоснования коэффициентов нефтеизвлечения, проведение анализа разработки, оценка эффективности геолого-технических мероприятий (ГТМ) и решение других задач. Отсюда можно выделить основные направления подготовки специалистов для работы в научно-исследовательских и проектных институтах (НИПИ) и специализированных научно-технических центрах (НТЦ) по моделированию. В этих организациях традиционный вид работ – составление проектов и технологических схем разработки.

Другой участок работ специалистов по моделированию складывается в последнее время на уровне НГДУ – ЦДНГ (цеха по добыче нефти и газа): геологические отделы, отделы разработки и проектирования методов повышения нефтеотдачи пластов. Подготовка специалистов проводится не под конкретный программный продукт, а таким образом, чтобы они овладели теоретическим материалом и практическими знаниями применительно к особенностям, присущим широкому классу месторождений. Это позволит будущим инженерам адаптироваться к частой смене интерфейса и функций программного обеспечения. Важное место при этом занимают методика проведения практических занятий (Ганиев, 2007), а также организационно-технические аспекты, то есть вопросы, связанные с оснащением компьютерных классов современными средствами компьютерной техники и лицензионным программным обеспечением. До сих пор решение этих вопросов, связанных с финансовыми затратами, вызывает большие трудности. Сюда же можно отнести вопросы содержания в штате ВУЗа программиста для работы с сервером базы данных, системного администратора и лаборанта.

## 3. Выбор моделирующего пакета

В нефтяной промышленности нашли распространение большое количество различных видов компьютерных программ для моделирования геологического строения и разработки залежей нефти. Из всего разнообразия можно выделить две категории программных продуктов: отечественные и зарубежные. В настоящее время большинство пакетов – зарубежные. Из анализа геологических моделей

по литературным данным, выполненным в различных моделирующих пакетах можно сделать следующие выводы. В пакете Schlumberger модель строится на очень мелкой регулярной сетке с шагом по вертикали 0,2 - 0,4 м, т.е. принятым при оцифровке данных каротажа. Геологическая модель природного резервуара в пакете Roxar строится на неравномерной по Z сеточной области, причем неактивные ячейки исключаются из рассмотрения. Модель природного резервуара в пакете Landmark может быть представлена более крупными элементами, хорошо согласующимися с геологической структурой пласта. То же можно сказать относительно модели, выполненной на структурированной сетке в отечественных программных комплексах ТРИАС и ДельтаОйл. Такая сетка позволяет достичь хорошего согласования всех структурных поверхностей, проницаемых интервалов и поверхностей ГНК и ВНК. И хотя при построении такой сетки удается сохранить все основные элементы геологического строения, однако разрешающая способность подобной модели будет ниже, чем для мелких сеток.

Модели, построенные в различных программных комплексах, отличаются расчетными алгоритмами, видом сеток, которые могут быть равномерными, неравномерными, структурированными по координате z. Различаются также способы хранения информации. Алгоритмы расчетов и компьютерные программы непрерывно совершенствуются, поэтому сказанное выше относится лишь к определенному временному отрезку, на котором удается проследить происходящие изменения. Относительно преимуществ и недостатков тех или иных программных комплексов нужно сказать, что самым лучшим является тот, которым в совершенстве владеет специалист. Описание достоинств программных пакетов часто носит рекламный характер и не может быть принят на веру без соответствующих корректив. Каждый комплекс разрабатывался по техническим требованиям определенных нефтяных компаний. Поэтому он не является универсальным, пригодным для моделирования всех без исключения геологических условий, а имеет свои сильные и слабые стороны.

В настоящее время большинство пакетов, принятых к промышленному использованию Центральной комиссией по разработке, являются зарубежными. Техническое описание этих пакетов имеет вид руководств пользователя и не всегда содержат информацию об используемых алгоритмах. Это ограничивает их использование при подготовке лекционного курса и практических занятий. Коммерческая направленность многих пакетов не позволяет установить их в ВУЗах. Во многих компаниях, занимающихся разработкой и внедрением программных продуктов, отсутствуют академические (обучающие) лицензии. К этому нужно добавить не русифицированный интерфейс и техническое описание ряда пакетов. Но основной трудностью является то, что данные пакеты предназначены для решения производственных, а не учебных задач. Поэтому они достаточно сложны для освоения студентами. В то же время, использование отечественных программных продуктов для обучения также не всегда возможно по причине сохранения коммерческой тайны. Внимательно изучая интерфейс программы, всегда можно найти способы воспроизведения алгоритмов, часто без ссылки на оригинал. И все же, используя только отечественные разработки, как это рекомендуется в работе (Дзюба, 2007), легко оказаться на обочине научно-технического прогресса. Дело в том, что



Рис. 1. Коробка, инсталляционная копия и инструкция пользователя ПК ДельтаОйл.

отечественные программные продукты создаются в условиях финансового дефицита и, по этой причине, не содержат всех необходимых функций. Кроме того, они недостаточно проверены на практике для моделирования разнообразных геологических условий (газонефтяные залежи, тектонические нарушения и т.п.).

В этой связи для использования с учебной целью нами предложен программный комплекс (ПК) ДельтаОйл (Рис. 1). Программный комплекс содержит все необходимые приложения, которые требуются для подготовки на высоком научно-техническом уровне лекций и практических занятий. ПК ДельтаОйл позволяет создавать базу данных проекта, строить геологическую модель, рассчитывать фильтрационную модель, проводить оценку и планирование геолого-технических мероприятий.

#### 4. Создание учебной базы данных

Последовательность получения и подготовки исходных данных можно рассматривать в качестве первого этапа в технологической цепочке построения геолого-фильтрационной модели. В результате сбора, обработки и анализа первичной геологической информации создается учебная база данных.

Источниками для формирования базы данных являются электронные таблицы данных по координатам скважин и пластопересечений, результатам интерпретации данных геофизических исследований скважин, добыче и закачке, замерам пластовых и забойных давлений, интервалам перфорации, геолого-техническим мероприятиям, конструкции скважин, контурам нефтегазоносности и пр., а также справочники модельных месторождений. Для создания концептуальной модели и подготовки паспорта месторождения нужны отчетные материалы по объекту исследования, включающие подсчет запасов и дополнительные материалы, подсчетные планы, карты нефтенасыщенных толщин, оцифрованные внешние и внутренние контуры нефтеносности, линии литолого-фациального замещения (выклинивания) пластов-коллекторов, лицензионные границы; проектный документ на разработку по месторождению, протоколы и решения, принятые ЦКР и ЦКЗ, топооснова в масштабе 1:25000, схемы кустования скважин. Оцифрованные структурные карты отражающих горизонтов, построенные по данным 2D и 3D сейсморазведки и результаты опробования пластов используются при построении структурной модели. Для получения петрофизической модели (зависимостей остаточной водонасыщенности от проницаемости, проницаемости от пористос-

ти и т.д.) необходимы также лабораторные данные анализов кернов по всему объему исследований (результаты определения ФЕС, параметров насыщения пласта). Для расчета фильтрационной модели нужны кривые относительной фазовой проницаемости, сведения о смачиваемости, межфазном натяжении, капилляриметрии с описанием условий экспериментов, результаты анализа компонентного и фракционного состава пластовых флюидов, PVT свойства флюидов и сжимаемость пород.

Выше приведен полный перечень исходной информации для моделирования. Однако в учебном процессе достаточно ограничиться изучением основного набора документов и перечня таблиц базы данных, а также обладать навыками работы с этими данными. Эти ограничения приводят к необходимости создания так называемой тестовой модели с заранее подготовленными примерами данных. Оптимальный состав информационных ресурсов для создания и работы с моделями представлен в таблице.

Практика показывает два наиболее распространенных способа хранения баз данных: в виде файловой системы, обеспечивающей простоту и доступность работы с базой данных широкому кругу пользователей и в виде многопользовательской (корпоративной) базы данных в СУБД Oracle. Особенность СУБД Oracle состоит в возможности обеспечения защиты данных от сбоев оборудования и несанкционированного доступа, хранении информации в закрытых форматах, недоступных для прямого просмотра и редактирования стандартными офисными программами и хранение больших массивов информации в упорядоченном виде.

**Загрузка исходных данных для моделирования.** Построение ПДМ требует быстрого доступа к большому массиву исходных данных, находящихся в различных источниках. Следовательно, к информационным ресурсам предъявляются требования быстрого доступа к набору данных. Собственно загрузка данных заключается в заполнении утвержденных структур хранения информации, необходимых для работы с моделями. Загрузка информации может осуществляться из двух систем хранения и отображения данных: СУБД Oracle и файлов форматов Microsoft Excel. Форматы источников загрузки выбираются в соответствии с производственными возможностями предприятий, осуществляющих эксплуатацию программного обеспечения.

Следует выделить несколько схем загрузки данных для работы с моделями:

- загрузка исходной геологической и промышленной информации из корпоративных баз данных, имеющих набор заранее предопределенных таблиц, содержащих справочную, геологическую, промышленную информацию;
- догрузка (пополнение) определенных видов информации, необходимой для проведения еженедельных, ежемесячных, ежегодных и др. видов отчетности;
- загрузка для промышленного использования геологических и фильтрационных моделей, построенных в различных программных комплексах.

Загрузка обеспечивает формирование основного набора данных. При этом происходит заполнение информацией эталонного файла, содержащего служебные справочники, которые обеспечивают целостность БД и работу программы. В момент загрузки происходит заполнение пользовательских справочников и необходимой базовой информации (набор пластов и скважин). Затем загружа-

Группа	Наименование информационного ресурса	Состав информации
Справочники	Список объектов	Набор и иерархия геологических объектов, таких как регион, месторождение, пласт, пачка, слой
	Список участков	Информация (списки скважин, контуры) по созданным участкам, включая «участки ПНП», «технологические блоки», «залези»
	Список скважин	весь набор скважин по рабочему месторождению
	Группы справочников	параметры служебных и пользовательских групп справочников
	Служебные справочники	параметры служебных справочных сущностей и принадлежность к группе справочников
Геология	Пластопересечения	стратиграфические отбивки структурных объектов (пласт, пачка и слой) на скважинах
	Проницаемые интервалы	характеристики интервалов, относящиеся к разным стратиграфическим объектам, на скважинах
	Каротаж	набор каротажных кривых в цифровом виде
Разработка	Бурение	Дата начала и окончания бурения скважин и назначение по проекту
	Перфорации/Заливки	Время, интервалы и параметры перфорации или заливки скважин
	Добыча	Временной период и показатели помесечной добычи нефти, воды и газа по скважинам
	Закачка	Временной период и параметры помесечной закачки жидкости по скважинам
	Движение по фонду	История изменения категорий скважин за весь период работы
	Состояние по фонду	История изменения состояний скважин за весь период работы
Исследования	Карточка исследований	Время, тип исследования и значения давлений по скважинам
Типы ГТМ	Типы ГТМ	Служебные группы, служебные типы и служебные виды ГТМ, а так же их иерархию
	Проведённые ГТМ	Дата начала и конца мероприятия и вид проведенного ГТМ
Конструкция	Инклинометрия	Геометрическое расположение ствола скважины относительно устья скважины
Параметры объектов	Характеристики	Общие характеристик по пластам, такие как ВНК, сжимаемость, пересчётные коэффициенты
	Список контуров	Количественное наличие разных типов контуров (внешний и внутренний контуры нефтеносности, внешний и внутренний контур газоносности, линии выклинивания и замещения коллекторов, административные границы, ограничивающие лицензионный участок, границы областей изученности)
	Список карт	Наличие разных типов карт для объекта

Табл. Перечень тематических групп и состав информационных ресурсов.

ют атрибуты скважин и пластов, то есть проницаемые интервалы, добычу, закачку, контура и т.д. Догрузка подразумевает периодическое пополнение существующих в БД типов информации и служит для поддержания базы данных в актуальном состоянии. Загрузка результатов моделирования заключается также в переносе в базу данных не только таблиц, полученных по результатам расчетов, но и карт в виде сеток.

**Проверка полноты, достоверности и целостности исходных данных.** Полнота исходной базы данных является залогом проведения достоверных расчетов. Полнота загруженной в базу БД информации тесно связана с актуальностью их состояния. В свою очередь, от актуального состояния зависит конечный результат. Функция анализа полноты данных отображает количественное и процентное состояние наличия информации и соответственно указывает на отсутствующие данные, как в табличном, так и в графическом виде.

По каждому месторождению перед началом работ оценивается полнота информации. В графическом режиме сразу можно видеть степень полноты данных (Рис. 2). Для более полного анализа данные по месторождению выводятся в отдельности по каждой скважине.

**Анализ достоверности данных.** Этот вид анализа данных проводится для выявления мест не согласованности данных. Приведем наиболее типичные виды несогласованности исходных данных, которые требуют корректировки данных при построении геологической модели. При дискретной интерпретации геофизических данных к ним можно отнести следующие виды ошибок: отсутствие абсолютной отметки кровли (подошвы); кровля располагается ниже подошвы; отсутствует абсолютная отметка кровли (подошвы) проницаемого интервала; проницаемые интервалы частично или целиком лежат выше кровли (ниже подошвы); отсутствует значение (нефтенасыщенности, пористости, проницаемости) проницаемого интервала; непроницаемый интервал обозначен как проницаемый; отметки пласта пересекаются с другими пластами; отметки проницаемых интервалов пересекаются с отметками других пластов; нефтенасыщенные интервалы лежат ниже отметки ВНК; отсутствуют данные по проницаемым интервалам; водонасыщенные интервалы выше отметки ВНК; газонасыщенные интервалы ниже отметки ГНК; нефтенасыщенные интервалы выше отметки ГНК.

Нужно отметить, что в настоящее время корпоративные базы данных нефтедобывающих компаний (например, Finder) содержат только фактические данные замеров по отдельным скважинам. Построение моделей позволяет увязать между собой различные виды информационных ресурсов. При этом и выявляются различные виды несогласованности данных. Систематизация и корректировка информации, полученной за всю историю изучения нефтяных залежей, есть неотъемлемая и наиболее трудоемкая часть технологического процесса построения геологической модели, которая может отнимать до 50% времени, выделенного для построения модели. Причем наличие ошибок в информации есть реальный факт, с которым приходится считаться, а не замалчивать его. Достоверность данных по разработке оценивается по следующим обязательным критериям. Устранение дублирующих записей в таблице состояния скважин по фонду; то же в данных по добыче и закачке; устранение пересечений между добычей и закачкой. Проводится также проверка достоверности часов, месяцев и лет в добыче и закачке, а также максимальной и минимальной величин добычи нефти, жидкости и закачки вытесняющего агента, для чего задается максимально достоверная величина.

Достоверность данных по геолого-техническим мероприятиям (ГТМ) определяется по трем обязательным критериям: наличию дублирующих записей, отсутствию даты проведения ГТМ и кода мероприятия в справочнике ГТМ.

**Целостность базы данных.** К основным структурным элементам, определяющим целостность базы данных, можно отнести скважины, пласты, временные события и справочники. Временные события или сокращенно события связывают между собой скважины и пласты. Причем к событиям можно отнести все данные, связанные с датой – даты бурения, проведения ГТМ, запуска скважины в работу, перфорации и т.п.

Целостность базы данных подразумевает логическое связывание различных типов данных посредством справочников, ключевых полей и уникальных идентификаторов различных объектов. Целостность позволяет избежать дублирования данных и сократить размер базы данных. Главное заключается в том, что целостность обеспечивает логическую связь объектов по всей базе данных, что особенно важно при удалении информации и заведении новых объектов с необходимым базовым набором информации. Целостность базы данных позволяет от разрозненных сведений, содержащихся в различных по форматам информационным массивам перейти к взаимосвязанному и упорядоченному набору данных. Причем под упорядочиванием данных понимается их сортировка в единый временной ряд событий. Отсюда вытекают технические требования к структуре хранения данных. Приведем несколько характерных примеров целостности базы данных.

Данные по добыче и закачке воды смогут быть отображены на картах разработки или модели только в том случае, если присутствуют координаты скважин и состояние скважин по фонду. Другой пример – если имеются координаты скважины, добыча и закачка, но отсутствуют проницаемые интервалы. Отсутствие этой информации приводит к тому, что данные по добыче и закачке не могут участвовать в гидродинамических расчетах. Искусственное задание интервала вскрытия пласта может привести к значительным расхождениям результатов расчетов с фактом. Следующий пример элемента целостности БД – это геометрическая связь между устьевыми координатами, каротажными кривыми, инклинометрией, проницаемыми интервалами, интервалами перфорации и координатами пластопересечений. Несогласованность хотя бы одного из параметров приводит к ошибке в построении геологической и гидродинамической моделей.

По результатам проведения оценки полноты, достоверности и целостности Базы Данных можно сделать вывод о качестве загруженной информации.

## 5. Построение геологической модели

Так как курс моделирования предназначен для геологов и разработчиков, то упор делается на максимальном учете геологических особенностей нефтяных залежей при построении модели. Геологическая модель должна быть построена не формально, а учитывать все сведения о ловушке, строении природного резервуара, типе залежи, литологических особенностях пластов-коллекторов и т.п.

**Понятие концептуальной модели.** Перед началом построения модели изучаются все научно-производственные отчеты и систематизируется материал, накопленный с начала изучения месторождения. По результатам такого анализа составляется концептуальная модель (КМ). Под «концептуальной моделью» авторы понимают модель геологического и палеотектонического развития территории, составленную на основе научных публикаций, научно-производственных отчетов и фондовых материалов. Назначение КМ состоит в подготовке геологических знаний для математической интерпретации. В ее состав входят следующие геологические особенности объекта моделирования:

1. Структурно-тектонические признаки, требующие учета при построении структурной модели:

1.1. Стратиграфия разреза осадочного чехла;

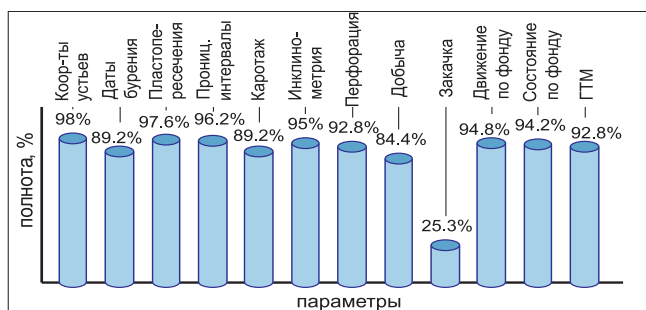


Рис. 2. Пример графического способа анализа полноты данных.

1.2. История геотектонического развития территории (структурно-тектонические этажи, опорные поверхности, маркирующие горизонты);

1.3. Тип структурной поверхности (ненарушенная, срезанная стратиграфическим несогласием (размывом), связанная с древней корой выветривания);

1.4. Категория сложности структурной поверхности (однокупольная, многокупольная);

1.5. Наличие тектонических нарушений (отсутствуют, внутриформационные, межформационные);

1.6. Количество моделируемых объектов (однопластовый, многопластовый, многоярусный);

2. Литолого-фациальные особенности, необходимые для построения слоистой модели:

2.1. Литология коллектора (терригенный, карбонатный);

2.2. Условия осадконакопления (аллювиальные, дельтовые, прибрежно-морские);

2.3. Палеогеография (источники сноса, наличие размыва отложений и перерывов в осадконакоплении);

2.4. Тип коллектора (поровый, каверновый, трещинный, смешанный);

3. Сведения, необходимые для построения модели насыщения:

3.1. Тип залежи по условиям залегания (пластовый, массивный, литологически-ограниченный);

3.2. Тип залежи по характеру насыщения (газовая, нефтяная, нефтегазовая, газонефтяная, газоконденсатная);

3.3. Характер поверхности газоводяного и водонефтяного контакта (горизонтальный, наклонный, сложный, при котором отметки различаются в пределах различных тектонических и литологических блоков);

3.4. Состав и физико-химические свойства пластовых нефтей (маловязкие, высоковязкие).

Кроме того, при составлении концептуальной модели принимаются во внимание запасы месторождения (мелкое, среднее, крупное и т.д.), состав и свойства пластовых вод, стадия разработки (ранняя, развитая, поздняя). Модель может быть представлена в виде описания, либо в виде таблицы, в которых материал приводится с учетом целевой функции модели. Это может быть подсчет запасов нефти и газа, составление технико-экономического обоснования коэффициента нефтеотдачи, проектирование разработки, оценка эффективности и планирование ГТМ.

Составление концептуальной модели на основании ранее опубликованных материалов в зависимости от состава показателей позволяет выбирать количество моделируемых горизонтов и структурно-тектонических горизонтов. В зависимости от того, является ли горизонт самостоятельным объектом моделирования, или же внутри него содержатся поверхности размыва, выбираются способы построения

сеточной областей. Выбор оптимальной технологии моделирования заключается в том, чтобы каждое геологическое тело должно быть построено с использованием отдельных сеточных областей. После завершения рабочего варианта модели концептуальная модель уточняется.

**Технология построения геологической модели.** Вся технология построения структурированной геологической модели была разделена на несколько самостоятельных этапов: 1. Расчет сетки; 2. Корреляция разрезов, уточнение кровли и подошвы пластов; 3. Построение структурных поверхностей; 4. Построение слоистой структуры пласта; 5. Пространственное распределение геологических параметров; 6. Построение модели насыщения; 7. Генерализация слоев в пакки; 8. Построение зональных карт; 9. Подсчет запасов нефти и газа.

Данные операции являются общими при построении геологических моделей различных типов залежей нефти и газа. В качестве примера на Рис. 3. приведен результат расчета структурированной геологической модели одного из месторождений. Для учета морфологии ловушек, характера насыщения и неоднородности продуктивных пластов,

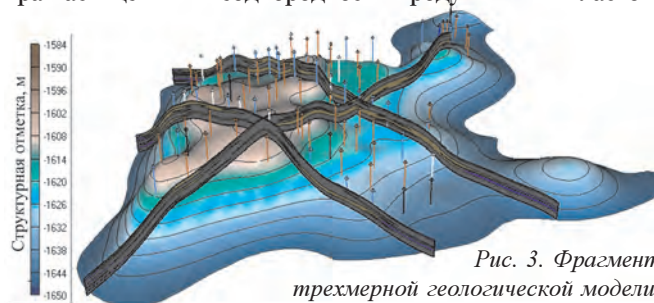


Рис. 3. Фрагмент трехмерной геологической модели.

то есть тех признаков, которые были выявлены на стадии формирования концептуальной модели, базовые алгоритмы расчетов были дополнены вспомогательными процедурами. Сейсмическая и петрофизическая модели, а также результаты интерпретации параметров пластов по каротажным данным для проведения практических занятий используются в готовом виде. Часть этапов выполняется в цикле, например, пересмотр отметки кровли пласта в скважине приводит к изменению структурного плана, что, в свою очередь, вызывает необходимость повторной разбивки пласта на слои. Для удобства изложения материала некоторые стадии выделяются в качестве самостоятельных моделей.

## 5. Построение фильтрационной модели

Для сопровождения курса выбрана модель двухфазной (нефть-вода) фильтрации, основанная на разработ-

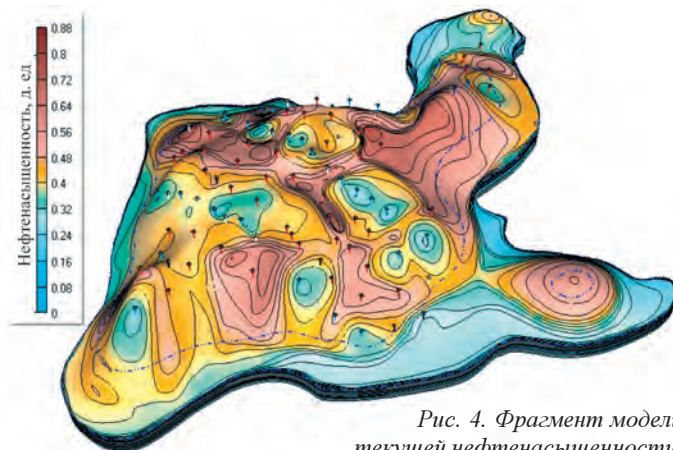


Рис. 4. Фрагмент модели текущей нефтенасыщенности.

ках, изложенных в работах (Булыгин, Булыгин, 1996; Шевченко и др., 2001). Для адаптации гидродинамической модели по замеренной и вычисленной добыче нефти используются три различных механизма: • Изменение вида кривых относительных фазовых проницаемостей. • Локальное изменение геологической информации начальной нефтенасыщенности, проницаемости и проницаемости перемычек. • Расчет в режиме заданной добычи нефти, – используется, если имеются сведения о заколонных потоках, некорректности учета воды/газа и т.п.

С помощью расчета слоистой фильтрационной модели выявляются области пласта, не охваченные заводнением (Рис. 4), области влияния закачки, текущие запасы в области дренирования отдельных скважин.

## 6. Рекомендуемые темы дипломных работ

При условии передачи исходных геологических и промысловых данных предприятием, на котором проходит практику студент с привлечением элементов моделирования могут быть выполнены, например, следующие темы дипломных работ: • Анализ разработки на основе трехмерной геологической (или геолого-фильтрационной) модели конкретного нефтяного месторождения. • Оценка технико-экономической эффективности геолого-технических мероприятий по повышению нефтеотдачи пластов, интенсификации добычи нефти и капитального ремонта скважин. • Анализ эффективности геолого-технического мероприятия, например, зарезки боковых стволов, применение потокоотклоняющих технологий и др. в различных геолого-промысловых условиях.

Качество дипломной работы во многом зависит от полноты и достоверности предоставленной информации.

## 7. Обучение на производстве в системе дополнительного образования

Основам моделирования приходится обучать не только в системе высшего и специального образования, но и на производстве. Специфика подобного обучения состоит в том, что обучение на производстве проводится не на модельных примерах, а на данных по конкретным объектам. Теоретическая часть при этом даётся в минимальном объёме. Весь процесс обучения проводится при работе с моделирующей программой.

## Выводы

1. Курс моделирования разработки нефтяных месторождений должен быть построен на широко известных в геологии методах исследования, описанных в структурной

Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2007. 77 с.

## Основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений

Ганиев Р.Р.



Представленное учебно-методическое пособие написано на основе современных отечественных и зарубежных разработок теоретического и практического характера в области компьютерного геологического моделирования нефтяных и нефтегазовых месторождений. Автором подробно освещены виды и технология построения геологических моделей с помощью ЭВМ и программных средств. Особое внимание уделено вопросам построения структурного каркаса, обоснованию водо-нефтяного контакта в модели, построению геологической модели фильтрационно-емкостных свойств. В работе изложены методы компьютерного построения карт и особенности гидродинамического моделирования, использован практический опыт автора в расчете эффективности геолого-технических мероприятий.

Предназначено для студентов, преподавателей ВУЗов а также для практического применения в производстве.

геологии, промысловой геофизике, фациальном анализе, геологии нефти и газа, нефтепромысловой геологии и др. дисциплин, адаптированных для компьютерного анализа.

2. Усвоение материалов курса студентами во многом зависит от навыков работы с первичной базой данных по конкретным месторождениям, выбора обучающего программного продукта, технической оснащенности компьютерных классов, а также состава лекционных и практических занятий.

## Литература

Булыгин Д.В., Булыгин В.Я. *Геология и имитация разработки залежей нефти*. М.: Недра. 1996.

Ганиев Р.Р. *Основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений: Методические указания к практическим занятиям по курсу*. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 2007.

Дзюба В.И. *Гидродинамическое моделирование разработки месторождений углеводородов. Проблемы и перспективы (В порядке обсуждения)*. *Нефтяное хозяйство*. 2007. №10. 78-81.

РД 153-39.0-047-00. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. М: Министерство топлива и энергетики РФ. 2000.

Шевченко Д.В., Булыгин Д.В., Клейдман Д.М. *Методика построения фильтрационной модели для оперативного прогноза показателей разработки*. *Интервал*. 2001. № 4. 3-8.

Дмитрий

Владимирович Булыгин  
Профессор, д. г.-м. н., член  
корр. РАЕН, зав. лабораторией  
моделирования разработки  
нефтяных месторождений.



Область научных интересов – моделирование геологического строения и состояния разработки нефтяных и нефтегазовых месторождений, оценка эффективности и планирование геолого-технических мероприятий. Автор 3 монографий, 20 изобретений и более 100 научных статей.

Радик Рафкатович Ганиев

Генеральный директор ГУП  
«НПО Геоцентр РТ», преподаватель  
кафедры геологии нефти и газа КГУ.

Область научных интересов – геолого-фильтрационное моделирование нефтяных месторождений, геоэкология. Автор учебного курса по основам компьютерного моделирования нефтяных месторождений. Автор 5 публикаций и одного свидетельства на программу для ЭВМ «Прагматик».

