

А. М. Асланян,
НПО «Гео-Ресурс», Казань, Кремль, 14
Artur.Aslanyan@ksu.ru

А. В. Казанцев,
Казанский госуниверситет, Кремлевская 18, 420008 Казань
Alex.Kazantsev@ksu.ru

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Существующее программное обеспечение (ПО) для персональных компьютеров и рабочих станций становится рабочим инструментом современного геолога и инженера. Как показывает практика, время и деньги, потраченные на освоение нового ПО, всегда окупаются впоследствии. Постепенно компьютер превращается из дорогой печатающей машинки с цветным дисплеем в мощное средство для решения как оперативных, так и стратегических вопросов.

В ряде случаев компьютерное моделирование является едва ли не единственным средством для понимания, оптимизации и прогнозирования разработки. В числе наиболее популярных программных продуктов, используемых разработчиками и геологами, являются ПО Минского и Башкирского университетов, а также коммерческий «Лазурит» и зарубежный тяжеловес «Лэндмарк». Существует довольно длинный список других программных продуктов, не претендующих на универсальность и разработанных, как правило, не на заказ, а под непосредственные нужды того или иного предприятия собственными сотрудниками.

Современные графические оболочки и дружественный интерфейс этих ПО весьма похожи (поскольку большинство из них разрабатываются стандартными средствами операционной системы Windows), и принципиальным отличием между ними является в большей степени математические алгоритмы и физические принципы, заложенные в основу расчетного механизма, которые, разумеется, не публикуются и даже не описываются. Однако, профессиональный геолог и разработчик смогут практически сразу оценить достоверность тех или иных компьютерных предсказаний на основании своего опыта и производственной интуиции, а ученый-специалист может даже предположить основы механизмов, заложенных в расчетную схему ПО.

С этой точки зрения, коммерческим ядром современного ПО должны служить не сами физические принципы, а некие универсальные калибровочные кривые и методы определения инвариантных параметров многопластовых систем, которые получаются в ре-

зультате кропотливой работы, как на основе существующих промысловых данных, так и с помощью дополнительных измерений.

В этой связи, показательным является опыт многолетней работы специалистов Казанского госуниверситета под руководством профессора Н.Н. Непримерова, сначала в рамках кафедры радиоэлектроники, а впоследствии лаборатории Физической Динамики Гетерогенных Сред (ФДГС), едва ли не единственной группы ученых, которые обрабатывают на компьютере промысловые данные, полученные на основе собственных измерений, на собственных приборах, по собственной технологии (по точности превосходящей аналогичные измерения, проводимые стандартными геофизическими методами). На основе накопленного опыта сотрудниками лаборатории были разработаны передовые методы анализа геологических, геофизических, промысловых данных и собственных измерений. В частности, были созданы теории релаксационной и нелинейной фильтрации, фильтрационных волн давлений, тепловых режимов месторождений.

В соавторстве с квалифицированными математиками НПО «Гео-Ресурс» и был реализован совместный проект «Optima 2000», внешний вид которого представлен на 4 странице обложки журнала. В основе математического алгоритма, моделирующего процессы в пластах, лежат триангуляция Делоне, разбиение Вороного, стандартные сплайны и уникальные специализированные алгоритмы построения гладких поверхностей в трехмерном пространстве, корректные и реалистичные методы учета граничных условий, передовые технологии построения и визуализации контурных диаграмм.

Сравнение программного комплекса (ПК) «Optima 2000» с существующим ПО дело не авторов, а конечных пользователей программного продукта. Но стоит отметить несколько отличительных черт и основные этапы при использовании этого ПК.

Во-первых, ПК «Optima 2000» не является универсальным продуктом, готовым к любой нефтяной или газовой

площади (у авторов есть все основания сомневаться в принципиальной возможности создания универсального ПО). Существуют некоторые ограничения на характер коллектора и запредельные параметры нефтей, которые ограничивают применимость физических принципов, заложенных в ядро системы. В частности, наиболее приемлемыми условиями для использования компьютерного моделирования, на сегодняшний день являются терригенный коллектор, невысоковязкая и непереохлажденная нефть, т. е. условия, при которых работают законы нелинейной и релаксационной фильтрации.

Во-вторых, ПК "Optima 2000" требует тщательной настройки на текущую площадь, которая включает в себя обработку существующих промысловых данных НГДУ, проведение дополнительных измерений по выявлению инвариантных характеристик скважин и межскважинных интервалов, по возможности дифференциации по пластам (что является весьма нетривиальной задачей). Здесь у сотрудников лаборатории накопился богатый опыт.

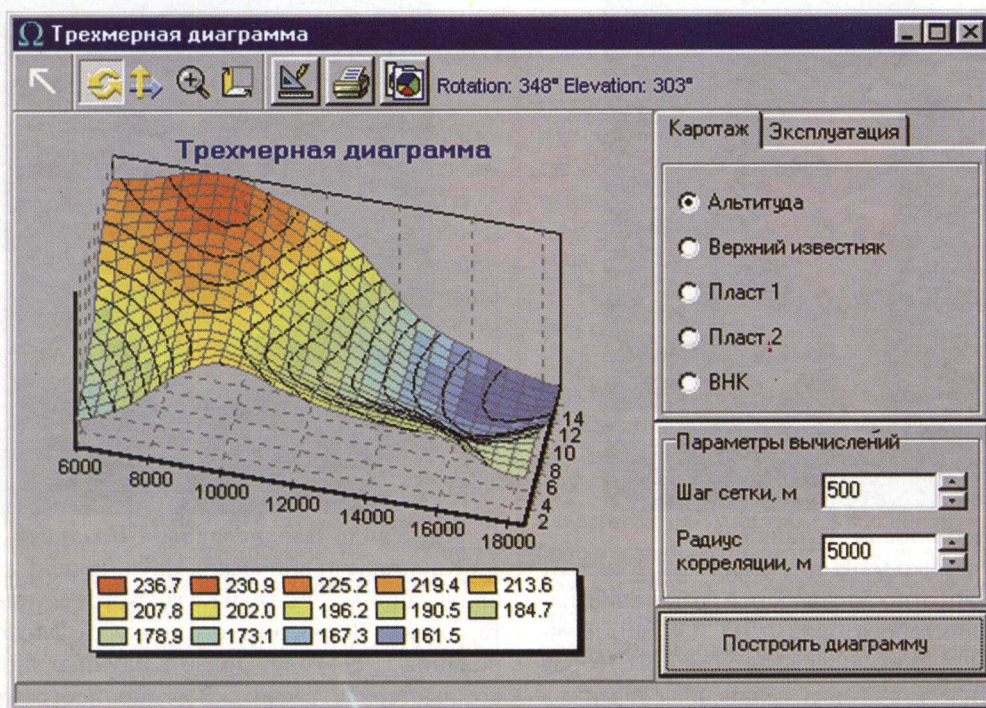
В-третьих, на основе прикладных программ ПК "Optima 2000" осуществляется коррекция данных (анализ геологических профилей, пересчет запасов, построение контурных диаграмм пластовых давлений и репрессий, кривых вытеснения). Этот этап является составной частью дифференциального геолого-промыслового анализа, который раньше сотрудниками лаборатории выполнялся практически вручную.

В-четвертых, на основе подпрограмм ПК "Optima 2000" (использующих законы нелинейной фильтрации) осуществляется построение неких инвариантных калибровочных кривых (необходимых для последующего моделирования), полностью характеризующих скважину (включая параметры пласта, степень вскрытия, радиус корреляции и т. д.) и ее окружение. Это самый долгий и рутинный этап.

В-пятых, на основе специального математического алгоритма ПК "Optima 2000" производится расчет поля остаточной нефтенасыщенности и подбор различных стационарных или квазистационарных режимов эксплуатации площади или месторождения в целом, с учетом влияния соседей (т. е. граничных условий). Здесь возможны варианты для максимальной нефтеотдачи, максимальных темпов отбора, максимальной экономичности, минимального заводнения, минимального дополнительного бурения (как правило, взаимоисключающие друг друга) и т. д.

В-шестых, расчет и принятие оптимального способа вывода площади на выбранный стационарный режим, опять-таки по различным вариантам (самым быстрым, наименее энергоемким, самым дешевым).

Одной из особенностей ПК "Optima 2000" является то, что он состоит фактически из двух частей: отладочной и клиентской. Отладочная версия предназначена для настройки под конкретную площадь, подбо-



ра стационарного режима и расчета вариантов вывода площади на стационарный режим. Клиентская версия передается разработчикам и предназначена для контроля стационарного режима и учета меняющихся граничных режимов (влияния соседей). Здесь можно экспериментировать с площадью и вариантами разработки, создавать и сохранять свои собственные проекты, включать в проект непробуренные скважины, оставаясь привязанным к исходному реперу скважин.

Возможно, ПК "Optima 2000", рожденный в умах ученых физиков и математиков, не самый простой способ повышения нефтеотдачи, но надежность и экономический эффект в рыночных условиях становятся решающим фактором при принятии стратегических решений.

ПК "Optima 2000" постоянно совершенствуется. Будучи логически законченным и отработанным для однофазного поршневого гидродинамического режима, ядро сегодняшнего "Optima 2000" адаптируется к специфике нестационарной двухфазной фильтрации, а также тепловому и физико-химическому режимам. Но уже в существующем виде его можно смело принимать к разработке как новых, так и, казалось бы, отживших свой век обводненных площадей.

И в заключение заметим, что, несмотря на эффективность и красоту современного ПО, любой специа-

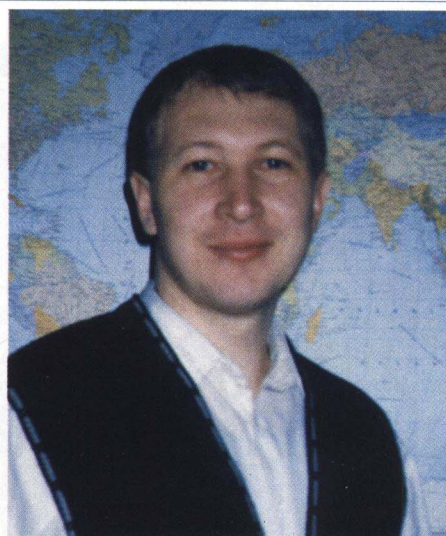
лист-производитель знает, что приобретенное ПО это не панацея, и на этом работа с участком или площадью не автоматизируется. На самом деле с этого момента начинается новая погоня за увеличением нефтеотдачи, которая в состоянии привести к новым, ранее казавшимся недостижимым результатам.

Авторы благодарны своему учителю проф. Н.Н.Непримерову за свои знания и постоянную помощь в организации и реализации фундаментальных и прикладных научных исследований. М.Н. Овчинникову и Н.Н. Христофоровой за живой пример организованного научного исследования и практической реализации идей Н.Н. Непримерова. Д.В. Чистякову за помощь в построении математических алгоритмов и предоставленные программные компоненты. А.В. Штанину за помощь в организации промысловых исследований и методах обработки результатов. Г.В. Васильеву за финансовую поддержку проекта. Начальникам и главным геологам НГДУ Альметьевскнефть, Заинскнефть и Азнакаевнефть за предоставляемые данные и помощь в отладке и реализации новых технологий. Президенту компании "Gas Resources Corporation" Джеку Кенни (США) за внимательное изучение и обсуждение полученных результатов, ряд важных замечаний и поддержку проделанной работы.



Артур Михайлович Асланян

Кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры Теории относительности и гравитации, научный сотрудник лаборатории ФДГС. Область научных интересов: дифференциальная геометрия, теория групп, теоретическая физика, нелинейные явления в физике, компьютерное моделирование.



Александр Владиславович Казанцев

Кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики Казанского госуниверситета, Лауреат Всероссийского конкурса "Молодые дарования" 1994 года. Область научных интересов: компьютерная графика, системное программирование, системный анализ.