

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ КРУПНЫХ ГЕОСТРУКТУРНЫХ ЗОН – НОВЫЙ ЭТАП ИЗУЧЕНИЯ НЕДР РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Наиболее ценным достоянием Республики Татарстан (РТ), определяющим функционирование экономики, являются месторождения нефти, пресные подземные воды, природные битумы и твердые полезные ископаемые. Интенсивное освоение месторождений на густонаселенной территории с развитой инфраструктурой, имеющей сложное геологическое строение и активный тектонический режим, требует решения экологических проблем, разработки новых технологий недропользования, восстановления целостной картины размещения и состояния разработки месторождений. С этой целью необходимо обеспечение комплексного использования информационных ресурсов на базе передовых компьютерных технологий в интересах различных категорий пользователей.

Отсюда вытекает задача по обеспечению функционирования Единой информационной системы в сфере геологии и недропользования Республики Татарстан (ЕИСН РТ). Составной частью ЕИСН РТ, которая функционирует на основе действующего законодательства и прямых договоров с предприятиями производителями и потребителями информации, является Республиканский банк данных геолого-геофизической информации Республики Татарстан (РБГГИ РТ). Согласно разработанной концепции на основе информации, хранящейся в РБГГИ РТ, осуществляется государственное регулирование в сфере геологии и использования недр путем создания и сопровождения рабочих мест в органах управления недрами и ГУП «НПО Геоцентр РТ».

В настоящее время разрабатываются нормативно-правовые, организационно-технические аспекты наполнения РБГГИ РТ геолого-геофизической информацией. Разработана номенклатура информационных ресурсов и план поэтапной передачи на государственное хранение информации на электронных носителях от предприятий-недропользователей в РБГГИ РТ.

Важнейшим техническим вопросом является разработка структуры базы данных, программ-конвертеров, необходимых для импорта информации из локальных баз данных предприятий в интегрированную базу данных РБГГИ РТ и создание приложений для работы с поступающими данными. Для работы с информацией разрабатываются клиентские приложения и автоматизированные рабочие места, включая создание электронных карт по отдельным тер-

риториям, постоянно действующие трехмерные геологические модели месторождений нефти, подземных вод и твердых полезных ископаемых.

В качестве примера комплексного подхода к процессу получения, приемки и переработки геолого-геофизической информации рассмотрим территорию одной из крупных структурных зон РТ – восточного борта Мелекесской впадины. Интеграцию информации предлагается осуществлять путем построения региональной трехмерной геологической модели. Необходимость построения модели такого класса состоит в следующем. В пределах исследуемой территории встречаются все наиболее ценные виды полезных ископаемых:

нефть, пресные подземные воды, природные битумы, твердые полезные ископаемые. Поэтому

- УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
- границы неогенерических прогибов, уступов, флексур
  - контуры укрупненных поднятий
  - внешняя граница Усть-Черемшанского прогиба
  - ось Баганинского девонского прогиба
  - внутренние бортовые уступы прогиба по материалам суммарной продольной проводимости осадочного чехла
  - визейские эрозивные врезы по глубокому бурению и сейсморазведки
  - верейские эрозивные врезы по данным сейсморазведки
  - зоны глубокого размыва пермских отложений по данным бурения и гравитразведки
  - разломы кристаллического фундамента  
а) линейные; б) кольцевые;

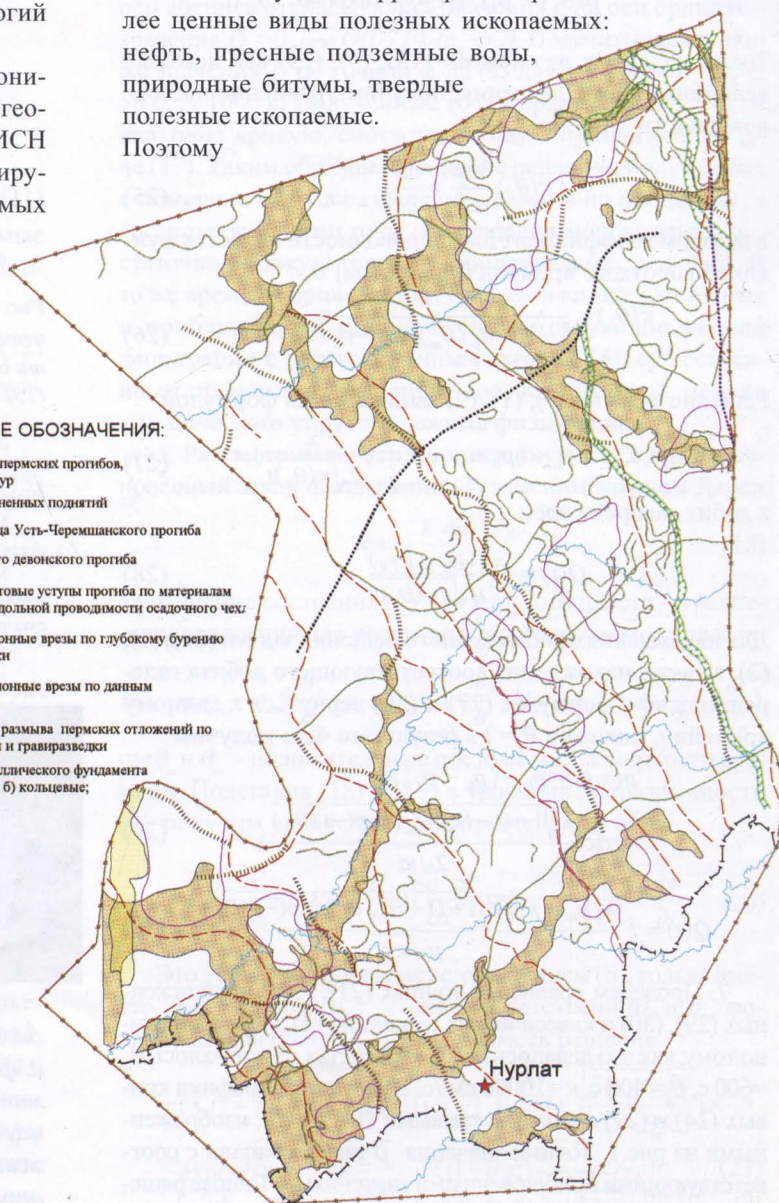


Рис. 1. Тектоническая схема восточного борта Мелекесской впадины.

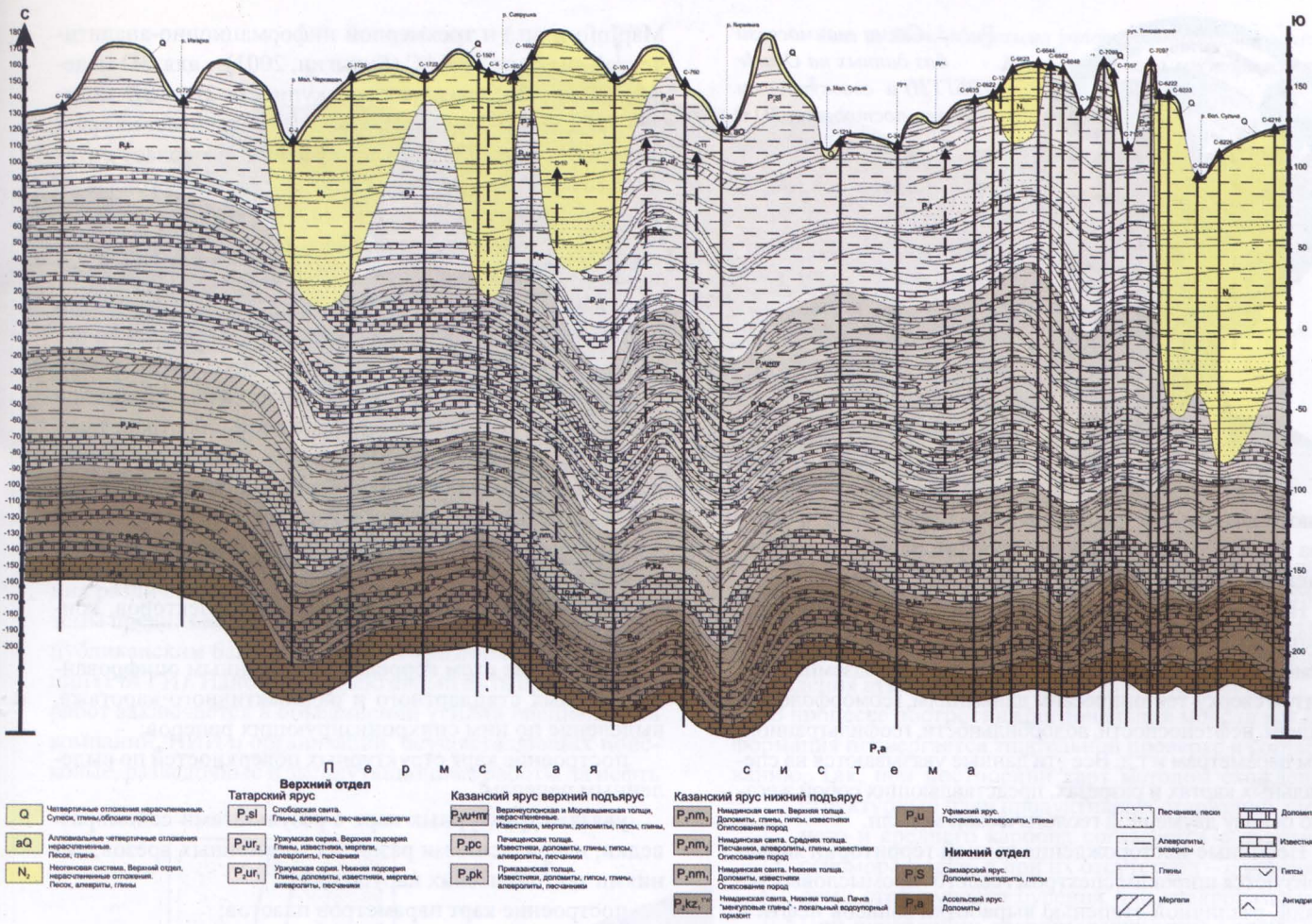


Рис. 2. Схематический геологический профиль верхней части осадочного чехла восточного борта Мелекесской впадины.

региональная постоянно действующая модель природной среды должна включать геологическую, гидрогеологическую, геофизическую информацию, данные о текущем состоянии разработки месторождений, сведения о составе и свойствах подземных вод, топологии и др.

Построение региональной ПДМ достаточно сложная задача, требующая значительных трудозатрат, специалистов различного профиля, специальных методик обработки информации. Ее решение на современном этапе исследований возможно для отдельных геологических объектов различного ранга – региональных, зональных, локальных, образующих серию вложенных моделей, которые включаются в региональную модель.

Создание приемов и методов построения геологических моделей требует обобщения, анализа, систематизации и переоценки всего эмпирического материала, разработки новых эффективных алгоритмов и программных средств, учитывающих строение и особенности региона. Геологические модели включают картографические и фактографические базы данных, программные средства и ПЭВМ, позволяющие управлять информацией, анализировать пространственное размещение полезных ископаемых (Муслимов, Войтович, 2000), пополнять и видоизменять модель, проводить расчеты и построения на определенном момент времени с учетом условий формирования и развития природных резервуаров.

Как видно из тектонической схемы (Рис.1), построенной по данным НПУ «Казаньгеофизика», восточный борт Мелекесской впадины имеет сложное строение. Поверх-

ность кристаллического фундамента характеризуется наличием линейных и кольцевых разломов. Северная часть в плане совпадает с внутриформационным Усть-Черемшанским прогибом Камско-Кинельской системы. Строение комплексов осложнено наличием сети визейских и верейских эрозионных врезов, а верхняя часть разреза – зонами глубоких размывов пермских отложений. Девонские, каменноугольные и нижнепермские отложения включают многочисленные прогибы, уступы и флексуры.

Сложность построения региональной геологической модели этого региона заключается в том, что необходимо учесть особенности строения многометровой сложно построенной осадочной толщи и кристаллического фундамента как взаимосвязанные элементы, образующие единую сложную многопластовую систему, вмещающую в нижней части нефтяные залежи и минерализованные воды, а в верхней – пресные воды, природные битумы и твердые полезные ископаемые. Слои системы различаются по структурному плану, литологии, фильтрационным свойствам пород, физико-химическим свойствам жидкостей. Они изменяются как по простиранию, так и по вертикали, выклиниваются, мощности их изменчивы.

Применительно к математическому моделированию, необходимо четко определять различные аспекты исследования природных резервуаров, выделяя вещественные, историко-генетические, структурные, физические и др. свойства системы. Так, например, как видно из субмеридианального профиля, построенного по простиранию восточного борта Мелекесской впадины (Рис. 2а, б), палео-

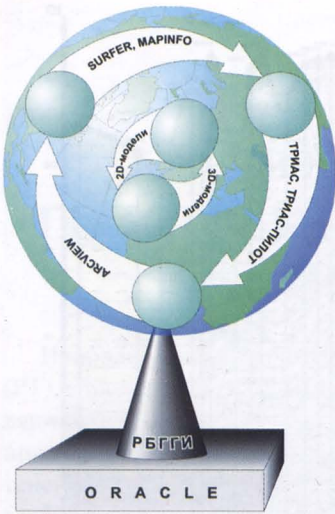


Рис. 3. Схема взаимосвязи баз данных на Oracle (РБГИ) и совокупности систем построения 2D и 3D моделей.

врезы и врезы современных рек прорезают донегеновые литифицированные породы. Они имеют сложную конфигурацию и выполнены слабо литифицированными отложениями неогенового и четвертичного возраста. Фильтрационные параметры резко меняются в зонах повышенной трещиноватости пород. Все эти свойства на начальных этапах построений рассматриваются отдельно, а затем увязываются в единой модели.

Например, для детального описания гидрогеологии требуются данные по литолого-петрографическому и микроэлементному составу пород, защищенности подземных вод снизу и сверху, тектоническим движениям, геоморфологии, фациям, нефтеносности, водообильности, геофильтрационным параметрам и т.д. Все эти данные увязываются на специальных картах и разрезах, представляющих собой жесткую основу двумерной геологической модели.

Нефтяные месторождения данной территории характеризуются широким спектром геолого-промысловых условий, различной степенью выработки запасов нефти и эффективностью разработки. Региональная модель позволяет учесть главнейшие особенности строения природного резервуара, структуру начальных и текущих запасов нефти. Таким образом, она может служить инструментом, позволяющим снизить риск капитальных вложений, направленных на поиск, разведку и разработку залежей. С помощью модели можно проследить воздействие техногенных процессов на окружающую среду.

Для увязки различных особенностей в рамках региональной геологической модели предлагается схема взаимодействия двухмерных моделей, построенных с привлечением ГИС-технологий (с помощью пакетов Arc-Wiew,

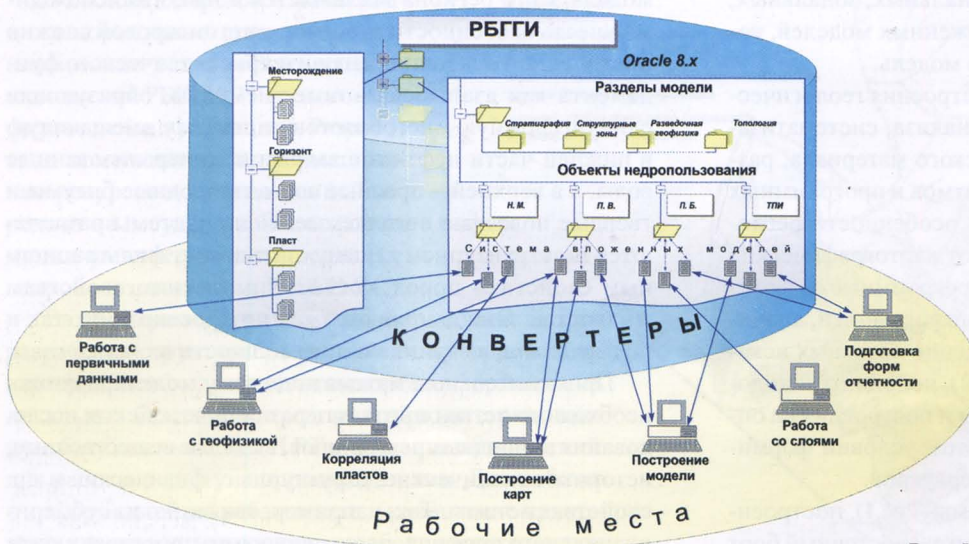


Рис. 4. Схема взаимодействия региональной геологической модели и РБГИ.

MapInfo и др.) и трехмерной информационно-аналитической системы ТРИАС (Булыгин, 2001) – для 3D моделирования. Предлагаемая совокупность 2D и 3D моделей и баз данных на Oracle (Рис. 3), обеспечивает их связь с РБГИ, многозадачный интерфейс и позволяет оптимальным образом дать описание сложной многопластовой структуры осадочного комплекса.

При построении трехмерной (3D) геологической (тематической) модели создается объект, который отражает в более простом виде структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами самого моделируемого объекта. Наиболее важным и продолжительным этапом в построении 3D модели являются подготовительные работы, включающие определение пространственных границ модели по простиранию, выделение маркирующих горизонтов и реперов, разрабатываются требования к степени детальности модели и полноте баз данных.

Наиболее ответственными операциями при моделировании являются:

- построение линий выклинивания коллекторов, контуров нефтеносности и т.д.;
- построение схем корреляции по данным оцифрованных кривых стандартного и радиоактивного каротажа, выделение по ним синхронизирующих реперов;
- построение карт структурных поверхностей по выделенным реперам;
- увязка структурных карт с результатами сейсморазведки, направлениями развития эрозионных врезов, линиями тектонических нарушений;
- построение карт параметров пластов;
- построение трехмерной блок-схемы модели;
- расчет различных ситуационных вариантов.

Постоянно действующая модель позволяет прогнозировать процессы, протекающие в относительно обособленных по разрезу частях природного резервуара.

Важной особенностью является непрерывное пополнение баз данных новой информацией и пересчет модели. Схема работы региональной ПДМ, построенной на основе СУБД Oracle в системах ТРИАС и ArcView представлена на рис. 4. В предлагаемой системе имеется возможность

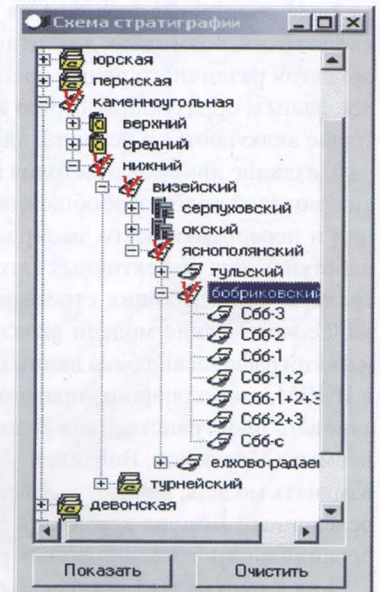
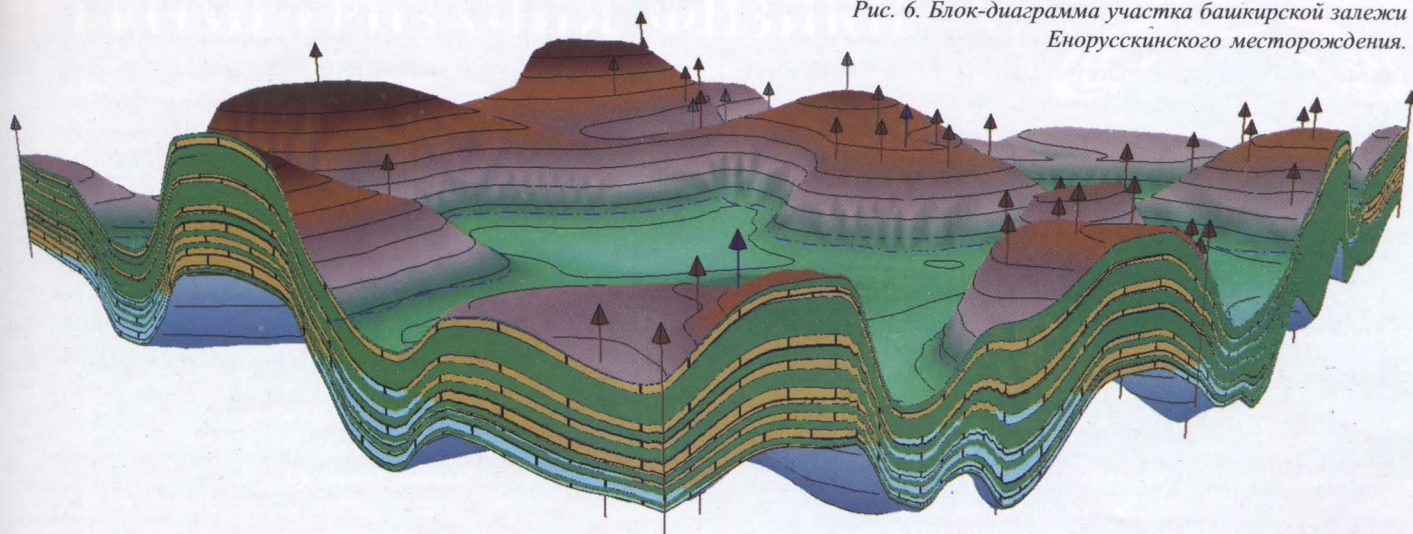


Рис. 5. Окно выбора объекта по стратиграфической колонке, выполненной в виде дерева.

Рис. 6. Блок-диаграмма участка бакирской залежи Енорусскинского месторождения.



одновременной работы с различными объектами и решения различных практических задач. Конфигурация системы предназначена для совместной эксплуатации с республиканским банком геолого-геофизической информации (РБГГИ). Наиболее эффективный путь продолжения работ заключается в объединении усилий специалистов компаний, НИИ и организаций, осуществляющих поисковые, разведочные и эксплуатационные работы на нефть

и газ в РТ. При этом будут решаться задачи нефтегеологического районирования, оценки потенциальных ресурсов, выбора точек заложения поисково-разведочных скважин, подготовки пакетов геологической информации для проведения аукционов.

В процессе построения региональной модели вся информация подвергается тщательной проверке и согласованию. Так, при построении карт методом схождения структурный план продуктивных отложений нижнего и среднего карбона согласуется с данными сейсморазведки, а при их отсутствии – с материалами структурного бурения или гравииоразведки. При построении гидрогеологической модели используются данные исследования керна по скважинам, пробуренным на природные битумы. Модель верхней части разреза осадочной толщи пополняется данными количества поступивших атмосферных осадков в систему с расходами рек и дебитами родников. Такой подход к моделированию позволяет использовать всю имеющуюся информацию. Все расчеты проводятся отдельно по каждому относительно изолированному природному резервуару, имеющему свою историю развития. На этой основе в настоящее время ведется подготовка материалов для построения геофильтрационных моделей выбранных геологических объектов (водосборные бассейны малых рек) и восточного борта Мелекесской впадины. Границы водосборных бассейнов рек третьего – четвертого порядка проводятся по водоразделам, границы восточного борта впадины проведены по тектоническим элементам.

ПДМ представляет собой сложную информационно – аналитическую систему, в состав которой входят БД и программные средства. В предлагаемой схеме ПДМ используются 3D моделирование в системе ТРИАС и картографическая система, созданная на основе ГИС ArcView. Последняя предоставляет инструмент, который позволяет значительно упростить выбор карт для отображения (т.е. реализована 2D визуализация). Выбор осуществляется по стратиграфической колонке, которая выполнена в виде дерева (Рис. 5). Вершинами (узлами) его являются ярусы, горизонты и др. стратиграфические подразделения. В зависимости от

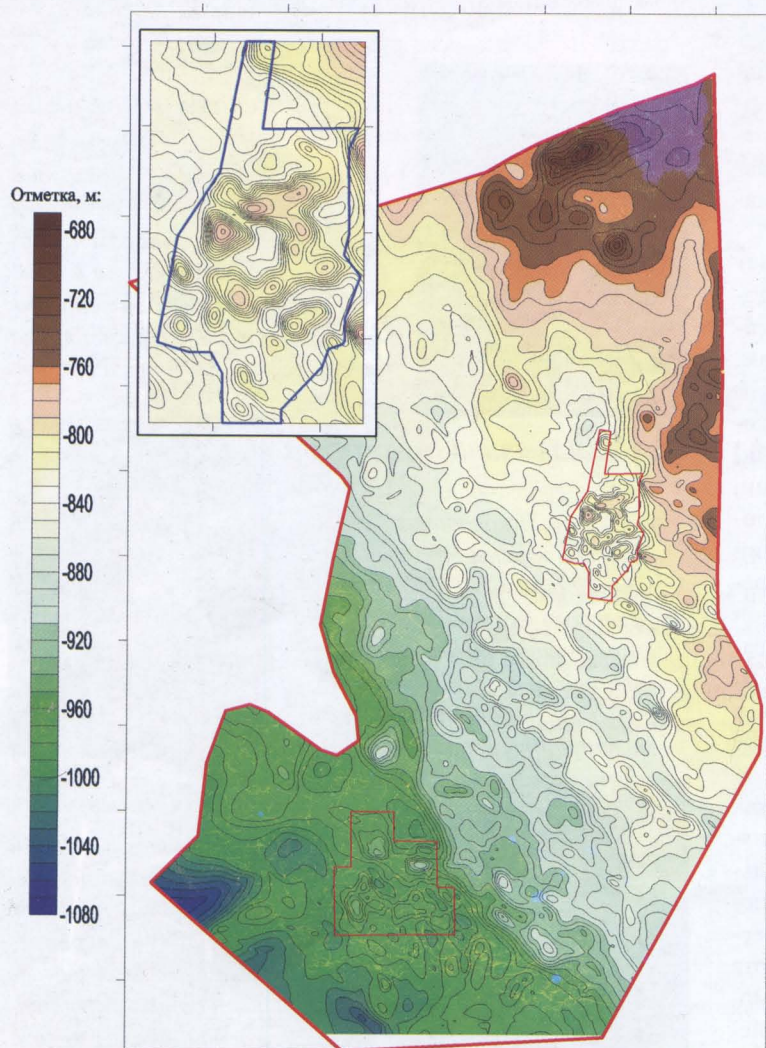


Рис. 7. Пример интеграции локальной структурной модели в региональную модель.

выбранного горизонта отображается соответствующая картографическая информация по направлениям: геология, гидрогеология, топология и т.п. Модуль позволяет работать с несколькими регионами. Реализована работа с файлами, предусмотрена возможность сохранения стратиграфической схемы и её редактирование. С использованием древовидной структуры реализована возможность быстрого доступа к информации по структурным элементам первого, второго и третьего порядков. Пользователь получает возможность управлять картографической системой непосредственно из этого стратиграфического модуля с использованием всех имеющихся в ArcView возможностей.

Для проведения более детального анализа с любой карты предусмотрен вызов трехмерной модели, построенной в системе ТРИАС-Пилот (Булыгин, 2001). В качестве примера на рис. 6 приведена блок-диаграмма, показывающая геологическое строение залежей нефти башкирского яруса одного из нефтяных месторождений восточного борта Мелекесской впадины.

Построение региональных и зональных моделей геологических объектов позволяет обобщить всю имеющуюся информацию, в том числе о зонах, расположенных между месторождениями, что особо важно для обоснования поисково-разведочных работ. По модели определяется степень перспективности земель, выделяются наиболее перспективные участки.

Помимо структурных построений модель включает материалы геофизических методов исследования, результаты анализов состава и свойств нефтей и образцов горных пород. Корректировка модели производится по результатам бурения каждой поисково-разведочной скважины и поступления в РБГИ новых геофизических материалов, включая данные сейсморазведки.

Построение региональных моделей предполагает оцифровку каротажных диаграмм по старому фонду скважин, переинтерпретацию геофизических материалов, создание геолого-геофизических каталогов по скважинам, пополнение существующих в электронном виде баз данных по составу и свойствам нефтей, керну, уточнение координат поисково-разведочных, эксплуатационных, структурных, гидрогеологических скважин и скважин, пробуренных на природные битумы. По результатам построения моделей ожидается получение новых сведений об областях развития и направлениях эрозионных врезов в пределах структур 2-го и 3-го порядков, изменении состава и свойств нефтей, закономерностях выклинивания терригенных пластов-коллекторов визейского яруса. При этом будут установлены участки с недостоверным, либо с небольшим количеством информации, требующие дополнительных работ.

Построение локальных моделей предполагается как для нефтяных месторождений, так и локальных поднятий. Их результаты подлежат интеграции в региональную модель. На рис. 7 показан пример интеграции локальной структурной модели по Енорускинскому месторождению в региональную модель восточного борта Мелекесской впадины. Как видно из рис. 7 локальная модель, построенная по данным глубокого бурения и сейсморазведки, имеет большую детальность. В то же время региональная модель, построенная, в основном, по дан-

ым глубокого бурения очень хорошо передает поведение региональной составляющей – общее погружение кровли башкирского яруса в юго-западном направлении, наличие и направление распространения структур второго порядка – структурных террас. Таким образом, очевидна необходимость комплексирования региональных (или зональных) и локальных моделей.

## Выводы:

1. Региональная модель является мощным средством обобщения, систематизации, обработки и анализа громадного фактического материала, на основе которого решается весь комплекс задач, связанных с поиском, разведкой и разработкой полезных ископаемых.

2. Целенаправленное пополнение и уточнение региональной модели на каждом этапе работы позволит подготовить серьезную основу для повышения технико-экономических показателей освоения недр.

## Литература

Булыгин Д.В. Трехмерная информационно-аналитическая система (ТРИАС) – основные функции и решаемые задачи. *Интервал*, № 2(25), 2001. 36-41.

Муслимов Р.Х., Войтович Е.Д. Основные закономерности размещения пермских природных битумов на территории Республики Татарстан и перспективы битуминозности приграничных районов. *Проблемы обеспечения запасами углеводородов в республиках и областях Волго-Камского региона*. Казань. Изд.: Мастер Лайн. 2000. 45-49.



*Ренат Халиуллович  
Муслимов*

*Профессор, д.г.-м.н., гос. советник при Президенте Республики Татарстан по вопросам недропользования нефти и газа. Область научных интересов - поиски, разведка и разработка месторождений углеводородов.*

*Алевтина Николаевна  
Суркова*

*К. г.-м. н., руководитель геологической группы НПЦ «Гидромониторинг» ТГРУ. Занимается геологическим моделированием осадочных толщ зоны свободного водообмена для решения гидродинамических и миграционных задач.*



*Дмитрий Владимирович  
Булыгин*

*Зам. ген. директора ГУП «НПО Геоцентр РТ», д. г.-м. н. Область научных интересов - моделирование геологического строения и разработки нефтяных месторождений, анализ эффективности применения методов нефтеотдачи пластов.*