

Ростовский государственный университет  
Геологический институт РАН  
Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН  
Палеонтологический институт РАН  
Мурманский морской биологический институт  
Апрелевское отделение ВНИГНИ

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И ОБУЧАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ В ГЕОЛОГИИ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ IV ВСЕРОССИЙСКОЙ ШКОЛЫ ПО  
КОМПЬЮТЕРНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ОБУЧАЮЩИМ ПРОГРАММАМ В  
ГЕОЛОГИИ

20 – 24 сентября 2001 г.

Ростов-на-Дону, 2001

## "ПАЛЕОДАТА" - ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ (ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН)

В.К. Голубев, А.М. Кузнецов, Д.В. Лисицын,  
(Палеонтологический институт РАН.)

В Палеонтологическом институте РАН ведутся работы по созданию палеонтологической информационной системы "Палеодата". Основная цель данной системы - предоставлять пользователю первичную палеонтологическую информацию. Для достижения этой цели необходимо решить три основные задачи: 1) создание и постоянное пополнение массива данных по палеонтологии, 2) организация быстрого доступа к ним и 3) предоставление требуемой информации в формате, удобном для дальнейшей её обработки пользователем.

В основе всех палеонтологических построений и заключений лежат сведения о конкретных ископаемых остатках. Эти сведения, будучи первичными, являются наиболее объективными. Именно поэтому концепция "Палеодаты" основывается на данных о конкретных образцах (экземплярах) ископаемых остатков (экземпляр - совокупность ископаемых остатков, некогда принадлежавших одному организму). Блок "Коллекции" составляет ядро "Палеодаты" и содержит как объективные данные (географическая и стратиграфическая привязка, сведения об авторах и датах сборов, местах хранения экземпляров и т. д.), так и мнения специалистов, опубликованные и неопубликованные (систематическая принадлежность, категории типов, библиографические ссылки). Практически все остальные блоки БД ("Систематика", "Местонахождения", "Стратиграфия", "Библиография", "Персоналии", "Организации") являются справочными для блока "Коллекции" и содержат различную дополнительную информацию об экземплярах. Однако для многих исследователей сведения, хранящиеся в указанных блоках, могут представлять самостоятельную ценность. Поэтому здесь также будет размещаться информация, напрямую не связанная с главным блоком.

В идеале "Палеодата" должна была бы содержать сведения о палеонтологических коллекциях всего мира. Очевидно, что эта цель практически недостижима. Поэтому в "Палеодате" предусмотрен раздел "Палеобиогеография" (в котором содержатся обобщенные сведения о том, где, когда и какие организмы обитали), хотя данный блок является избыточным для полноценной коллекционной БД, поскольку является областью перекрытия блоков "Коллекции", "Местонахождения", "Систематика" и "Стратиграфия".

Информационная система "Палеодата" построена по принципу открытой архитектуры: она допускает возможность подсоединения к ней новых блоков, а также расширения структуры уже имеющихся блоков для нужд конкретных пользователей.

Хранение и доступ к палеонтологическим данным с использованием

несколько сокращённой, версии информация будет представлена на русском и английском языках. В настоящее время уже работают три блока информационной системы: "Библиография", "Персоналии" и "Организации", - познакомиться с которыми можно по адресу "<http://www.paleo.ru/paleodata/>".

## ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ МОДЕЛИРОВАНИЯ БАССЕЙНОВ И ТРЕХМЕРНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Ершов А. В., Коротчаев М.В., Гольцов Ю.Н.,  
Никишин А.М., Шалимов И.В.  
(Геологический факультет МГУ им. Ломоносова)

### 1. Трехмерное геологическое картирование

В настоящее время существует определенное противоречие между действительной структурой геологических тел и возможностями ее "запечатления" на твердых носителях. С одной стороны, геологическая структура существенно трехмерна. С другой стороны, геологическая карта, которая служит для представления геологической структуры, - двумерна. Она представляет собой сечение трехмерной структуры поверхностью рельефа или какой-либо подземной поверхностью. Таким образом, для представления трехмерной структуры используется ее двухмерный срез, что зачастую не позволяет адекватно описать необходимую информацию. Данный недостаток восполняется путем добавления к геологической карте геологических разрезов - некоторых представительных вертикальных срезов (одномерных - скважин или двухмерных - профилей) геологической структуры. Однако слишком часто всего этого оказывается недостаточно.

Следует отметить, что геолог в процессе работы имеет в голове именно трехмерную картину, которую затем преобразует в вышеописанный двухмерный срез, для того, чтобы записать имеющуюся в голове информацию на твердый носитель. При этом необходимо происходит потеря некоторой части информации. До недавних пор эта потеря воспринималась как неизбежные накладные расходы, однако в последнее время возникла надежда решения этой проблемы, связанная с бурным развитием компьютерных технологий. То, что было невозможно сделать на бумажных носителях, оказывается возможным реализовать с использованием носителей электронных. Более того, компьютерные технологии позволяют не только хранить и адекватно представлять трехмерную информацию (то есть то, что геолог делает в уме), они позволяют производить расчеты, на которые не способен человек. В первую очередь значительный шаг был сделан благодаря использованию ГИС-технологий.

Однако, ГИС (что видно уже из их названия - географические информационные системы) сохраняют основной недостаток бумажных карт - двухмерность. Вся информация в ГИС (и в том числе информация о глубинной структуре) привязывается к географическим координатам. Глубинная информация вводится искусственным образом и любой нетривиальный пространственный анализ в трех измерениях оказывается невозможным. Коротко говоря, существующие ГИС дают достаточную информацию о поверхностном срезе трехмерной геологической структуры и некоторую справку о ее глубинном строении.

Для адекватного представления геологических объектов геологам хотелось бы иметь не столько географическую, сколько геологическую ИС, в которой информация привязана к трем координатам (xyz), а не к двум (xy), как это делается в существующих ГИС.

С точки зрения программной реализации - наиболее удобной представляется модульная организация программного пакета, что обеспечивает удобство разработки, модификации и последующей поддержки программного пакета, а также дает возможность его масштабирования и расширения. Вторым, помимо модульности, основным принципом, положенным в основу разработки, должен быть принцип открытости приложения, то есть совместности пакета на уровне экспорта-импорта с другими распространенными приложениями, что позволяет совместно использовать несколько пакетов, значительно расширяя, таким образом, круг применимости, и легко интегрировать его в уже существующий технологический процесс обработки данных.

Указанные выше принципы реализованы в разрабатываемом нами (при поддержке МПР и РФФИ) программном пакете геологической объемной карты "ГеолОК". Ниже описана общая структура программного пакета.

Программный пакет компьютерной объемной геологической карты содержит следующие элементы: модуль ввода и база первичной информации; модуль расчета, интерполяции и анализа трехмерной структуры на основании первичных данных; БД трехмерной геологической структуры; модули вывода и представления; модуль пространственного анализа и выборки в трех измерениях. Дополнительные модули обеспечивают восстановление истории погружения и деформации структуры во времени; моделирование разнообразных процессов, протекающих в процессе этой эволюции, таких как теплоперенос, фильтрация флюидов, нефтегазообразование и т. д.

Модуль ввода исходных данных обеспечивает ввод численных и текстовых данных (разрез скважины или сводный разрез по полевым наблюдениям), импорт картографических данных наиболее распространенных форматов (таких как форматы AutoCAD, ARC/INFO, PARC) редактирование введенных данных и карт, назначение атрибутов графическим объектам. Важной задачей, решаемой на этапе ввода, является датировка слоев и границ, которая может быть основана как на единой геохронологической шкале так и на существующей схеме стратиграфической разбивки к подразделениям листа

пакет не дублирует функции ввода и хранения картографической информации существующих ГИС и, таким образом, не конкурирует с ними. Он направлен на решение собственных задач и использует ГИС в качестве источника исходного материала и средства для представления выводимых результатов.

Введенные первичные данные хранятся в базе данных фактического материала, содержащей информацию о скважинах (мощность, литология, возраст слоев, расположение скважин и др.); профилях и сейсмогеологических разрезах (положение и геометрия геологических и сейсмогеологических границ, возраст и литология и др.); геологическую карту и карту рельефа; карты геофизических полей; структурные карты.

Модуль интерполяции, обеспечивает увязку данных, полученных из БД первичного материала в единую систему поверхностей в трехмерном пространстве. Важными особенностями являются возможность прединтерполяционной обработки исходных данных экспертом (предварительной принципиальной интерпретации исходного материала); возможность выбора методов интерполяции и редактирования параметров интерполяции; возможность пост-интерполяционного редактирования трехмерной структуры.

Информация о трехмерной структуре сохраняется в базе данных трехмерной структуры, содержащей обработанную (интерполированную) информацию о трехмерной морфологии литологических тел, изохронных поверхностей и разрывных нарушений, а также об их геологическом наполнении. Важной отличительной чертой является возможность иметь несколько моделей одновременно. Недостаток исходных данных приводит к неоднозначности интерполяции, в результате чего каждая из моделей является в известном смысле "авторской", то есть в ней, кроме исходных данных, заложены еще и представления геолога о трехмерной структуре. Еще одной важной особенностью является возможность проверки "обоснованности" трехмерной структуры первичным материалом.

Для просмотра и вывода на печать информации, хранящейся в базе трехмерной структуры, используется модуль вывода, позволяющий построить геологический разрез вдоль произвольной выбранной линии; карту какой-либо поверхности в изолиниях; изображение поверхности с возможностью изменения режима просмотра; карту-срез по выбранной глубине.

При наличии цельной трехмерной структуры геологического объекта становится возможным использование дополнительных модулей, предназначенных для восстановления истории погружения, осадконакопления, деформаций, расчета скорости миграции флюидов, палеотемператур, нефтегазогенерации.

Пакет разрабатывается для использования при геологическом картировании двухсоттысячного и миллионного масштаба. Однако, знание трехмерной геологической структуры необходимо и в других областях, таких как нефтегазоразведка, поиск и разработка месторождений твердых полезных

рование. Применение пакета в вышеуказанных областях ограничивается огромными вычислительными затратами, необходимыми для расчета и анализа трехмерной структуры требуемой детальности. В связи с этим, параллельно с разработкой основного модуля интерполяции работа ведется и над распараллеливанием использованных там алгоритмов.

## 2. Моделирование осадочных бассейнов

Пакет моделирования осадочных бассейнов, разработанный на геологическом факультете МГУ, может использоваться самостоятельно или быть подключенным в качестве дополнительных модулей к пакету трехмерной карты. Пакет позволяет решать следующие задачи: реконструкция истории погружения по скважине или профилю, моделирование тектоники бассейна, моделирование тепловой истории осадочного чехла и процессов нефтегазогенерации. Самостоятельно могут использоваться модули одно- и двухмерного моделирования.

Одномерное моделирование (стандартный backstripping-анализ, основа - стратиграфический разрез) включает в себя стратиграфическую и геохронологическую привязку отложений, анализ перерывов и несогласий, анализ палеоглубин, разуплотнение осадков (снятие нагрузки вышележащих слоев и определение первичной мощности слоя) и вычисление тектонического погружения бассейна, то есть погружения за счет эндогенных процессов, как если бы вес осадков был равен нулю. Кроме того, вычисляется скорость тектонического прогибания бассейна, скорость седиментации и другие параметры. На основании истории погружения и тектонических моделей бассейна строится тепловая модель.

Двухмерное моделирование (основа - сейсмический профиль или геологический разрез) погружения осадочного бассейна, кроме разуплотнения и анализа палеоглубин по профилю бассейна, позволяет работать с существенно двухмерными структурами, например, клиноформами и разломами. Вывод двухмерной модели графически выглядит как серия палеогеологических разрезов бассейна на различные моменты времени. Кроме того, возможно построить усредненную по профилю одномерную кривую погружения фундамента.

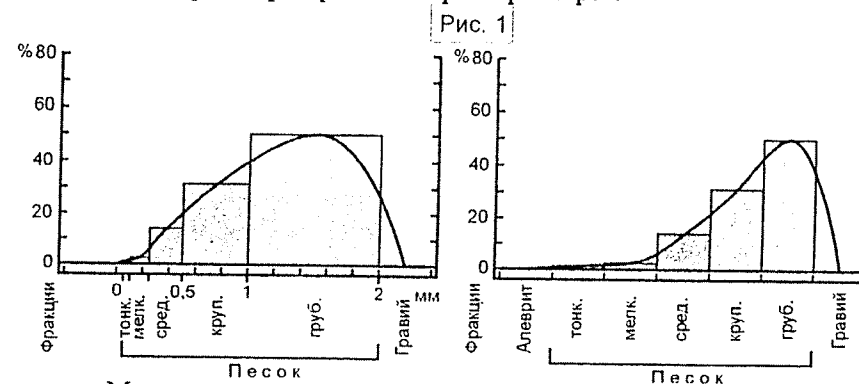
## ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ: ВЫДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ

Клавдиева Н.В.

(Кафедра литологии и морской геологии геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва)

В седиментологии широко используется методика гранулометрического анализа, основанная на выделении в пробах рыхлых отложений фракций по размерам зерен. Целью гранулометрического анализа является исследование статистического распределения размеров зерен. В дальнейшем это распределение используют как генетический признак отложений при литодинамических реконструкциях, так как различные генетические типы (отложения прибойной зоны моря, аллювий, пролювий, делювий, лимний и т.д.) отличаются значениями гранулометрических параметров, основными из которых служат модальный диаметр, медианный диаметр, коэффициент сортировки, коэффициент асимметрии, эксцесс.

Для иллюстрации результатов гранулометрии и последующего их анализа строят различные графики, в частности гистограммы (рис. 1), на которых показывают процентное содержание гранулометрических фракций в пробе. Содержание размерных фракций в пробе определяется как отношение веса фракции к весу пробы. На рис. 1 выделены, в соответствии с широко известной гранулометрической шкалой, фракции 0,05–0,1 мм (тонкий песок), 0,1–0,25 мм (мелкий), 0,25–0,5 мм (средний), 0,5–1 мм (крупный), 1–2 мм (грубый песок). Плавные кривые, аппроксимирующие гистограммы, рассматриваются как кривые распределения размеров зерен.



Между тем, такое выделение фракций не является объективным, поскольку исследователь ограничен искусственной шкалой фракций и диаметрами отверстий в наборе сит, с помощью которого производится фракционирование.

шведы и немцы. Реально, любой отчет приходится долго и кропотливо редактировать в текстовых процессорах, что не слишком удобно и заканчивается вычитыванием рукописи и исправлением ошибок.

Обмен данными между таксономическими базами, созданными под «средними» СУБД (Foxpro, Paradox, Lotus и др.) проходит гораздо легче. Между Foxpro и Paradox (начиная с Paradox5) достигнута полная совместимость форматов, с другими СУБД обмен так или иначе возможен через экспорт в текстовые файлы и импорт из них.

Следующая сложность – различие подходов к созданию структуры базы. Большинство разработчиков все-таки использует реляционные базы, но есть отдельные примеры баз с иерархическими ключами, например, ITIS, панамериканская база по таксономии, в которую интегрированы и некоторые базы данных, разработанных на территории других государств (Филиппины, Россия и т.д.). В любом случае, маловероятно, что в ближайшее время будет достигнуто какое-либо единогласное мнение о том, как должна выглядеть оптимальная структура таксономической базы, и едва ли единообразие – достойная цель, к которой стоит стремиться. Это дорого, стоит больших затрат при переделке структуры и переносе данных. Кроме того, ни один уважающий себя разработчик базы на западе никогда не покажет ее структуру, т.к. именно она (а не данные) и является объектом авторского права и самой ценной частью базы. И в России скоро это тоже поймут.

Наиболее простая возможность для обмена информацией между базами – создание справочников, содержащих ключевые поля и коды таксонов, что позволяет обращаться к материнским таблицам двух баз и объединять данные даже при различной структуре.

Вторая проблема не имеет отношения к собственно информационным технологиям, но существенно осложняет работу с таксономической базой. В случае, если в ней отсутствует справочник, содержащий синонимичку вида, то использование информации превращается в проблему, так как многие виды имеют десяток названий, из которых валидно, то есть законно, только одно. Поэтому при обмене справочниками этот момент должен быть обязательно учтен.

Третья проблема – попытки руководителей учреждений, а иногда и разработчиков баз получить плату за использование информации, хранящейся в базе. Реально маловероятно, что в ближайшие десятилетия таксономические базы превратятся в доходное дело, хотя бы потому, что 90% данных доступно бесплатно из других источников, в том числе из Сети Сетей. Опять таки, даже создание справочника – затратное мероприятие, на которое может согласиться только сам разработчик, если чувствует необходимость в интеграции баз.

Опыт работы показывает, что наиболее удобно работать с базами, имеющими web-интерфейс и развитую систему запросов. Обычно в таких базах проблемы несовместимости структуры не проявляются. Кроме того, нет

необходимости решать, как преодолеть эту несовместимость, так как прямое обращение к базе невозможно.

В сложившейся на текущий момент ситуации при разработке таксономических баз наиболее целесообразно именно создание WWW-ориентированных справочных систем с развитой сетью запросов, в которой предусмотрены различные уровни доступа – от бесплатного при выполнении самых простых запросов, до коммерческого – при получении специальной информации (изображений, библиографии, карт ареалов). В данном случае имеет смысл проведение специальных совещаний разработчиков, чтобы обсудить приблизительный перечень запросов, которые выполняются наиболее часто, и прийти к соглашению, что этот перечень запросов обязательно выполняет любая справочная система. Какими средствами – проблема, которую разработчики решат самостоятельно.

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ГЕОЛОГОВ:  
МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ НА ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ  
МГУ  
ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА.**

**Шалимов И.В. Ершов А.В. Коротаев М.В. Тевелев А.В.**  
(Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,  
Геологический факультет.)

Обучение студентов-геологов основам работы с оргтехникой на кафедре Региональной геологии и истории земли началось более пяти лет тому назад. В соответствии с требованиями времени менялась направленность курсов, их количество и объем.

В настоящее время применение геоинформационных систем (ГИС) при региональных геологосъемочных исследованиях закреплено инструктивно. В частности, все геологосъемочные работы масштаба 1:200 000 (ГСП-200) (и издание соответствующих комплектов геологических карт), проводимые различными организациями Министерства природных ресурсов, а также некоторыми ВУЗ-ами и организациями РАН, активно используют ГИС-картографирование и ведут разработку многочисленных компьютерных баз данных.

Для подготовки специалистов достойного уровня на настоящий момент студентам предлагается базовый курс по освоению существующего аппаратного и программного обеспечения, специальный курс по применению ГИС-технологий при геологических работах, а также различные спецкурсы по геостатистике, петрохимическим расчетам, интерпретации геофизических материалов и т.п.

Обучение студентов начинается с освоения базового курса "Прикладная математика для геологов". Курс читается на 3-м семестре для студентов специальности "геология", "палеонтология". Общий объем курса 90 часов. Из них лекции 36 часов, лабораторные занятия 54 часа.

Курс рассчитан на студентов с минимальным (или начальным - средним) уровнем знакомства с компьютером.

Курс ориентирован на освоение студентами основных методов работы на компьютере и различных периферийных устройствах (принтеры, плоттеры, сканеры, дигитайзеры и т.д.), знакомство с существующими операционными системами и программным обеспечением и применение программного обеспечения (как специального, так и общего назначения) для решения конкретных геологических задач (построение различной геологической графики, работа с базами данных, моделирование геологических процессов, оформление отчетов, статей и т.п.).

Курс состоит из лекционных занятий по базовым вопросам компьютерной техники и программного обеспечения, лабораторных занятий, закрепляющих пройденный материал, и выполнения самостоятельной зачетной работы, демонстрирующей овладение студентами всем комплексом аппаратно-программных средств.

В процессе обучения широко используется программное обеспечение, созданное сотрудниками кафедры. В первую очередь программы для моделирования геологических процессов и различные базы данных.

После освоения основных принципов работы с оргтехникой и программным обеспечением студенты приступают к освоению методов применения геоинформационных систем (ГИС) при региональных геологических исследованиях. Курс "Применение геоинформационных технологий в геологии" читается на 4, 5, 6, 7, 8 семестрах для студентов специальности "геология". Объем курса – 148 часов, лекции – 24 часа, лабораторные занятия – 124 часа.

Общий учебный курс по геоинформационным технологиям для студентов кафедр, ведущих подготовку специалистов по геологической съемке (кафедры региональной геологии и истории земли и кафедры динамической геологии), представляет собой цикл частных курсов, рассчитанный на 5 семестров. Обязательной базой курса по ГИС-технологиям является проводящийся в 3 семестре курс по изучению общих компьютерных технологий, где даются представления о текстовых и графических редакторах, компьютерных базах данных, работе в локальной и глобальной сетях и т.д.

Основная идея курса состоит в том, что параллельно с изучением геоинформационных систем и технологий силами студентов создаются реальные ГИС-проекты на базовые учебные полигоны геологического факультета (Крымский и Уральский) и территории ГСР-200, где студенты будут проходить полевые производственные практики, а также пополняется банк электронных учебных карт, который можно задействовать на других курсах.

В курсе рассматривается: 1. Общие представления о Геоинформационных Системах, назначение и концепции ГИС, терминология ГИС, общие представления о создании, управлении и визуализации баз геологических данных. 2. Методика составления ГИС-проектов на учебные геологические карты. Спутниковые системы привязки точек наблюдения (GPS-системы). 3. Базовые ГИС. Структурная организация и структура данных. Разработка конкретных ГИС-проектов. Подключение внешних баз данных. 4. Анализ данных с помощью ГИС. Прогноз геологической ситуации, прогнозная оценка на полезные ископаемые, анализ геофизических полей, трехмерное представление данных и т.д.

Освоение перечисленных курсов позволяет с достаточной долей уверенности говорить о высоком техническом уровне выпускников Московского Университета.

Подробнее с программами курсов можно ознакомиться на сайте кафедры региональной геологии и истории земли:

"Прикладная математика для геологов"

<http://sbmg.geol.msu.ru/courses/comp.html>

"Геоинформационные системы в геологии"

<http://sbmg.geol.msu.ru/courses/gis.html>