

Министерство общего и профессионального образования  
Российской Федерации  
Красноярский государственный университет  
Исследовательская кафедра биофизики  
Институт вычислительного моделирования СО РАН  
Красноярский Межвузовский центр информационных  
технологий в экологическом образовании

С.С. Замай, О.Э. Якубайлик

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
И ТЕХНОЛОГИИ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Красноярск 1998

УДК  
ББК

**С.С. Замай, О.Э. Якубайлик. Программное обеспечение и технологии геоинформационных систем: Учеб. пособие / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 1998. 110 с.**

Учебное пособие посвящено программному обеспечению и технологиям геоинформационных систем (ГИС). Рассмотрены области применения ГИС, вопросы их практического использования для решения различных прикладных задач. В обзоре технологий ввода и обработки пространственной информации изложены общие принципы и требования к наборам данных программного обеспечения ГИС, проанализированы распространенные обменные форматы пространственных данных. Дана оценка ГИС конечного пользователя, инструментальных программных средств разработки. На примере библиотеки классов GeoConstructor™ обозначены основные проблемы, возникающие при создании ГИС-приложений. Рассмотрены способы построения многопользовательских геоинформационных систем.

Учебное пособие подготовлено в рамках работ по проекту ФЦП «Интеграция» № 162 и апробировалось на занятиях со студентами в рамках деятельности Межвузовского ГИС-центра, поддержанной проектом ФЦП «Интеграция» № 68.

Рис. 21, табл. 1, библи. 20 назв.

Рецензенты: д.ф.-м.н., профессор А.Н. Горбань, зав. лаб. Института вычислительного моделирования СО РАН;  
к.ф.-м.н., профессор Г.М. Рудакова, зав. кафедрой информационных технологий СибГТУ

Редактор О.Ф. Александрова

Корректор Т.Е. Быстригина

ISBN

© С.С. Замай, 1998  
О.Э. Якубайлик, 1998

# Содержание

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	<b>6</b>
<b>1. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С ГИС</b>	<b>8</b>
1.1. Что такое ГИС?	8
1.2. Области применения ГИС	10
Местные администрации	10
Коммунальное хозяйство	10
Охрана окружающей среды	11
Здравоохранение	12
Транспорт	13
Розничная торговля	13
Финансовые услуги	14
1.3. Как это делается...	14
1.4. Тенденции программного обеспечения ГИС	16
1.5. Что есть что	17
1.6. А как она устроена?	18
<b>2. ИСТОЧНИКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ИХ ТИПЫ</b>	<b>19</b>
2.1. Общегеографические карты	20
2.2. Карты природы	21
2.3. Карты народонаселения	23
2.4. Карты экономики	24
2.5. Карты науки, подготовки кадров, обслуживания населения	26
2.6. Политические, административные и исторические карты, комплексные атласы	27
2.7. Материалы дистанционного зондирования	28

<b>3. ТЕХНОЛОГИИ ВВОДА И ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ</b>	<b>29</b>
3.1. Сбор и систематизация данных	29
3.2. Подготовка и преобразование данных	31
3.3. Обработка и анализ данных при эксплуатации ГИС	35
3.4. Описание обменных форматов ГИС	38
VEC (ГИС IDRISI)	38
MOSS (Map Overlay and Statistic System)	38
GEN (ARC/INFO GENERATE FORMAT – ГИС ARCI/NFO)	40
MIF (MapInfo Interchange Format – ГИС MAPINFO)	41
<b>4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ В ГИС КОНЕЧНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ</b>	<b>45</b>
4.1. Классификация программных средств ГИС	45
4.2. Оценка инструментальных средств ГИС	47
Поддержка моделей пространственных данных	47
Функции пространственного анализа	48
Средства ввода/вывода пространственной информации	51
Средства преобразования форматов	51
<b>5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ГИС-ПРИЛОЖЕНИЙ: GEOCONSTRUCTOR™</b>	<b>52</b>
5.1. GeoConstructor™ как инструмент для создания ГИС-приложений	53
5.2. Внедрение GeoConstructor в среду разработки	54
5.3. Создание картографических композиций	57
5.4. Управление набором слоев и изображением карты	59
5.5. Работа с объектами: навигация, поиск, выборка	62
5.6. Привязка внешних баз данных	65
5.7. Тематическое картографирование	66
5.8. Обработка ошибок и управление мышью	67

5.9.	Класс gisMap	69
<b>6.</b>	<b>ОБЗОР НЕКОТОРЫХ ГИС</b>	<b>70</b>
6.1.	Программные продукты ESRI	70
	Модули расширения системы ARC/INFO	74
6.2.	GeoGraph/GeoDraw для Windows	78
	GeoGraph для Windows	78
	GeoDraw для Windows	81
6.3.	Программное обеспечение Panorama	83
	Назначение программы	83
	Структура программного обеспечения	85
	Возможности программного обеспечения	86
	Векторная карта	88
<b>7.</b>	<b>СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ</b>	<b>92</b>
7.1.	Локальная ГИС	95
7.2.	Несколько пользователей разделяют один комплект файлов с геоинформацией	96
7.3.	Геоинформационные системы с большим количеством пользователей	97
7.4.	Технологии internet/intranet	99
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>105</b>
	<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b>	<b>107</b>
	<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>108</b>

## Предисловие

В настоящем учебном пособии представлен обзор программного обеспечения и технологий геоинформационных систем (ГИС). Рассмотрены области применения ГИС, вопросы их практического использования для решения различных прикладных задач. В обзоре технологий ввода и обработки пространственной информации представлены общие принципы, требования к наборам данных, используемым в программном обеспечении ГИС. Особое внимание уделено обменным форматам пространственных данных, подробные описания которых позволят использовать это издание как справочник.

В разделе, посвященном ГИС конечного пользователя, обсуждены основные категории этого программного обеспечения, дана оценка инструментальных средств. Подробно рассмотрены методы построения ГИС-приложений – на примере инструментальной библиотеки GeoConstructor™ (разработка ЦГИ Института географии РАН), а также вопросы интеграции ГИС с системами баз данных.

Описанные в пособии технологии используются авторами в проектной деятельности студенческих коллективов, направленной на создание макетов наукоемких информационных систем для решения территориально-ориентированных задач. Деятельность организована в рамках Межвузовского центра информационных технологий в экологическом образовании, ее результаты используются при реализации региональных программ и проектов информатизации. Программное обеспечение поставлено при содействии ГИС Ассоциации России компаниями ЦГИ ИГ РАН (GeoDraw/GeoGraph), GeoSpectrum International (Panorama), Epsilon Technologies (Baikonur).

Межвузовский центр информационных технологий учрежден несколькими вузами г. Красноярска: госуниверситетом (КГУ), техническим

университетом (КГТУ), технологическим университетом (СибГТУ), педуниверситетом (КГПУ). Его деятельность финансово поддерживается Красноярскими краевым и городским экологическими фондами, грантом Федеральной целевой программы Интеграция № 68. Центр базируется в Институте вычислительного моделирования СО РАН в Академгородке.

Исходными материалами для этого пособия послужили статьи и тезисы ряда конференций, организованных ГИС Ассоциацией России, пресс-релизы и официальные материалы фирм-производителей и поставщиков программного обеспечения ГИС, а также немалое число журнальных статей и монографий. Выражаем свою искреннюю благодарность всем авторам упомянутых материалов.

С авторами можно связаться по e-mail – [oleg@cc.krascience.rssi.ru](mailto:oleg@cc.krascience.rssi.ru).

## 1. Первое знакомство с ГИС

*“Лет десять назад, когда всё только начиналось, казалось: вот на экране монитора мы видим карты и можем наносить различными обозначениями, например, содержание вредных веществ. Получалась очень наглядная и простая картинка, и все “зрители”, от государственной политики до муниципального управления, и даже учёные – млели от удовольствия, разглядывая содержимое экрана. Но всё имеет свой предел, и сейчас уже произошло насыщение подобными вещами”.*

*Из материалов ГИС-Ассоциации.*

### 1.1. Что такое ГИС?

Смысловая и содержательная трактовка термина **географические информационные системы**, или ГИС, сильно зависит от профессиональных интересов дающего определение. Если послушать некоторых, то можно подумать, что решить проблемы вашей организации, равно как и мировые можно только с помощью ГИС. Конечно, ГИС применима для очень большого числа приложений в различных предметных сферах, и с её помощью многие задачи можно решать быстрее и эффективнее. Но всегда следует помнить, что ГИС – это только набор великолепных инструментов, по-разному применяемых специалистами для их решения. Поэтому важно понимать, каким образом можно увеличить эффективность деятельности организации с помощью ГИС.

Точное определение ГИС дать очень сложно, поскольку при работе она может рассматриваться на нескольких уровнях, и для различного применения будет означать разные вещи. Для некоторых ГИС – набор программных инструментов, используемых для ввода, хранения, манипулирования, анализа и отображения географической информации (рис. 1). Это



техническое определение, отражающее историю развития ГИС как объединения средств автоматизации проектирования (CAD) с цифровой картографией и программами баз данных (СУБД). Для других ГИС может быть образом мышления, способом принятия решений в организации, где вся информация соотносится с пространством и хранится централизованно. Это скорее стратегическое определение. Важно понимать, что ГИС может не оказаться решением ваших проблем и потребует некоторых размышлений для успешного выполнения задач.

ГИС – это система, состоящая из трех компонентов, каждый из которых необходим для успеха: пространственных данных, аппаратно-программных инструментов и проблемы, как объекта решения. Причем проблема служит главным компонентом, заставляющим выбирать и способы переда-

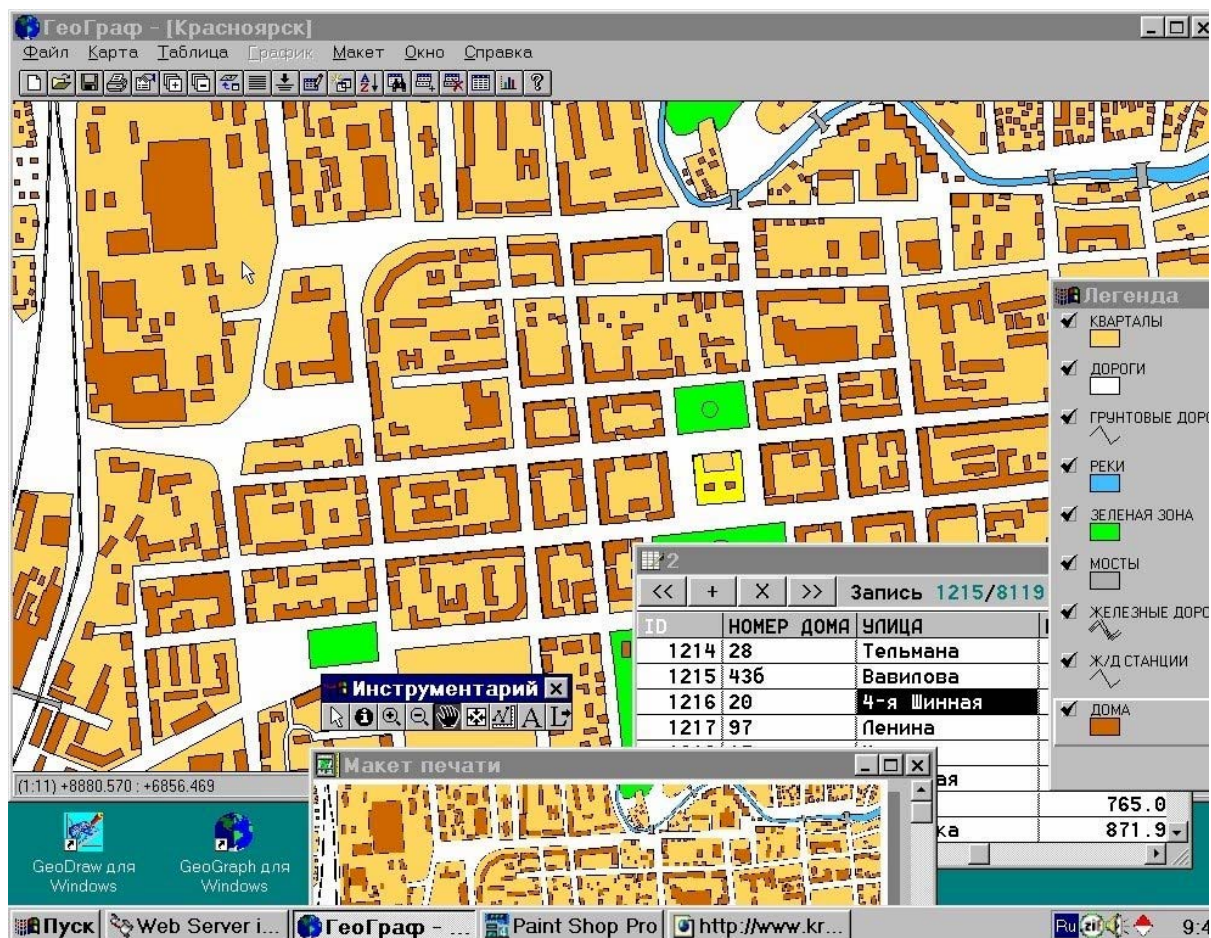


Рис. 1. Карта Красноярска в программе GeoGraph для Windows. Создана в Технологическом центре ГИС, ИВМ СО РАН

чи, хранения представления, анализа данных, и программные инструментальные средства, и технологии создания той или иной предметно-ориентированной информационной системы.

## **1.2. Области применения ГИС**

### **Местные администрации**

Задачи управления муниципальным хозяйством – одна из крупнейших областей приложений ГИС. В любой сфере деятельности местной администрации (обследование земель, управление землепользованием, замена существующих бумажных записей, управление ресурсами, учёт состояния собственности (недвижимости) и дорожных магистралей) применимы ГИС. Они могут использоваться также на командных пунктах управления центров по мониторингу и в службах быстрого реагирования. ГИС – неотъемлемый компонент (инструментальный, технологический, программный) любой муниципальной или региональной информационной системы управления.

### **Коммунальное хозяйство**

Организации, обеспечивающие коммунальные услуги, наиболее активно используют ГИС для построения базы данных об основных средствах (трубопроводы, кабели, насосы, распределительные станции и т.п.), которая является центральной частью в их стратегии информационной технологии. Обычно в этом секторе доминируют ГИС, обеспечивающие моделирование поведения сетей в ответ на различные отклонения от нормы. Наибольшее применение находят системы автоматизации картографирования и управления основными средствами для поддержки "внешнего планирования" в организации: прокладка кабелей, расположение задвижек, щитов обслуживания и др. (рис. 2).

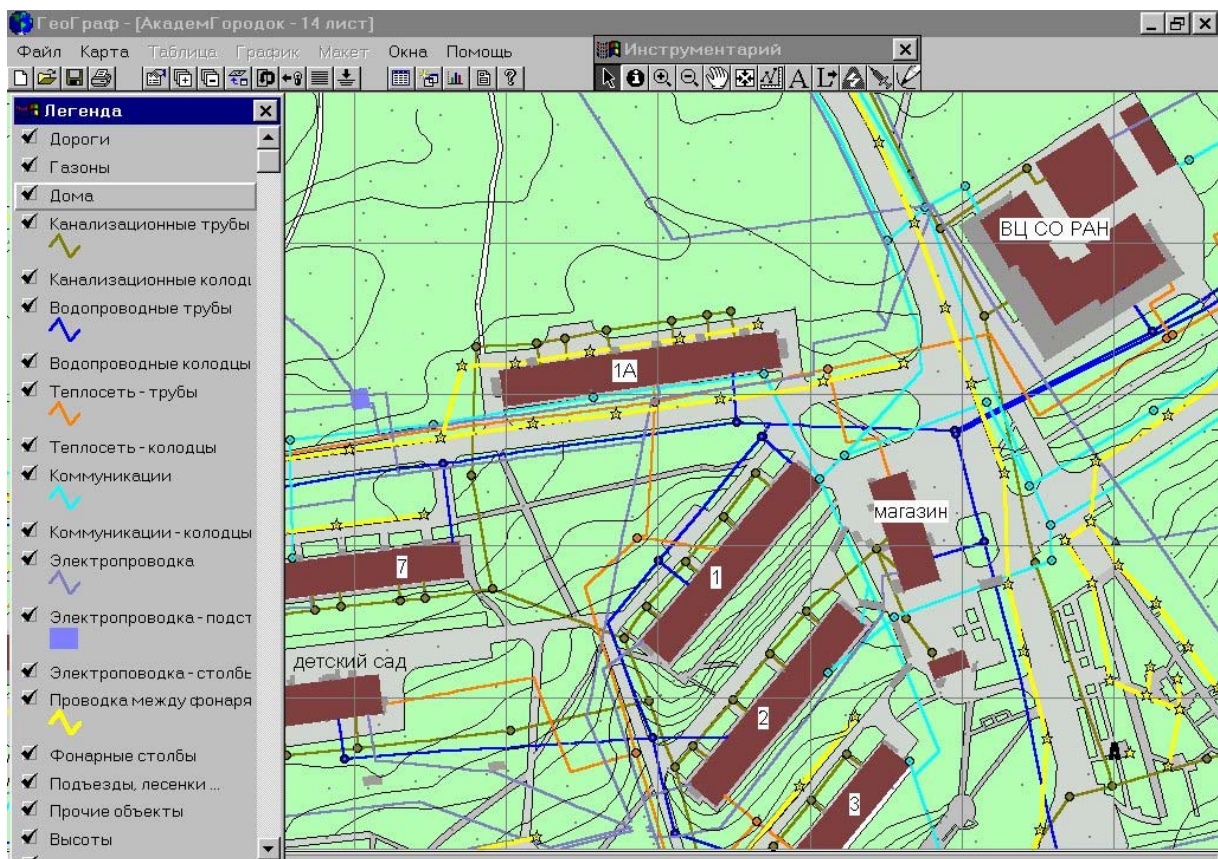


Рис.2. Фрагмент плана инженерных коммуникаций в Академгородке г. Красноярска – составная часть проекта «ГИС Академгородок»

## Охрана окружающей среды

Наиболее ранними пользователями ГИС были организации, заинтересованные в охране окружающей среды. На простейшем уровне – для исследования состояния окружающей среды (например, расположение и состояние лесов, рек). Более сложные приложения используют аналитические возможности ГИС для моделирования процессов в окружающей среде, таких как эрозия почв или разлив рек в случае большого количества осадков, распространение выбросов загрязняющих веществ промышленных предприятий в атмосфере (рис. 3). После сбора исходных картографических данных производится их аналитическая обработка в ГИС.

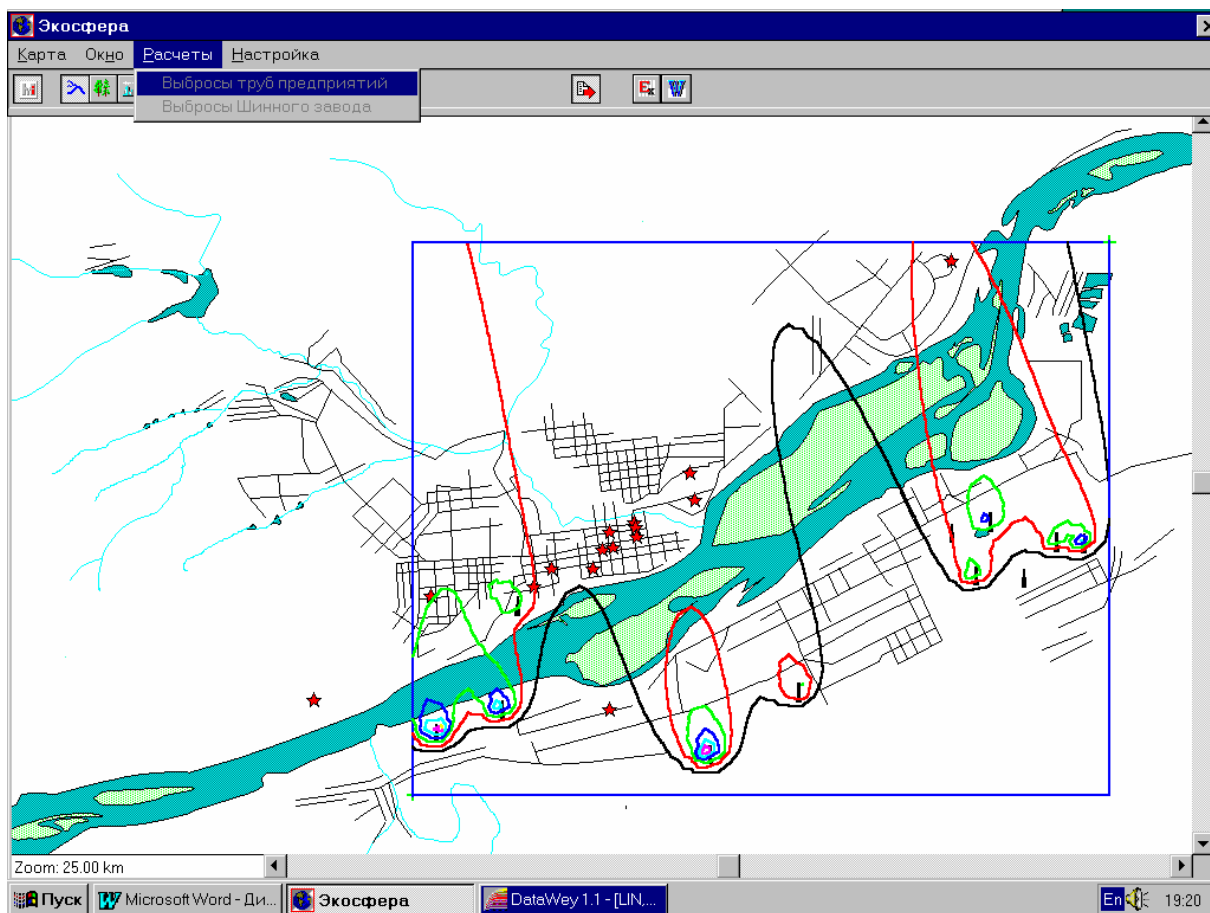


Рис. 3. Моделирование распространения выбросов загрязняющих веществ промышленных предприятий в атмосфере г. Красноярска. Прикладная программа, разработанная на Borland Delphi, использует электронные таблицы Microsoft Excel для хранения информации по источникам выбросов и ГИС MapInfo для визуализации результатов. Проект студентов СибГТУ, выполненный в Межвузовском центре информационных технологий в экологическом образовании

### Здравоохранение

В дополнение к обычным задачам управления основными средствами аналитические возможности ГИС используют в приложениях охраны здоровья, например, для определения кратчайшего пути от станции скорой помощи до пациента с учетом текущей ситуации на дорогах, а также при анализе эпидемиологических ситуаций: характера распространения различных заболеваний и причин их возникновения (рис. 4).

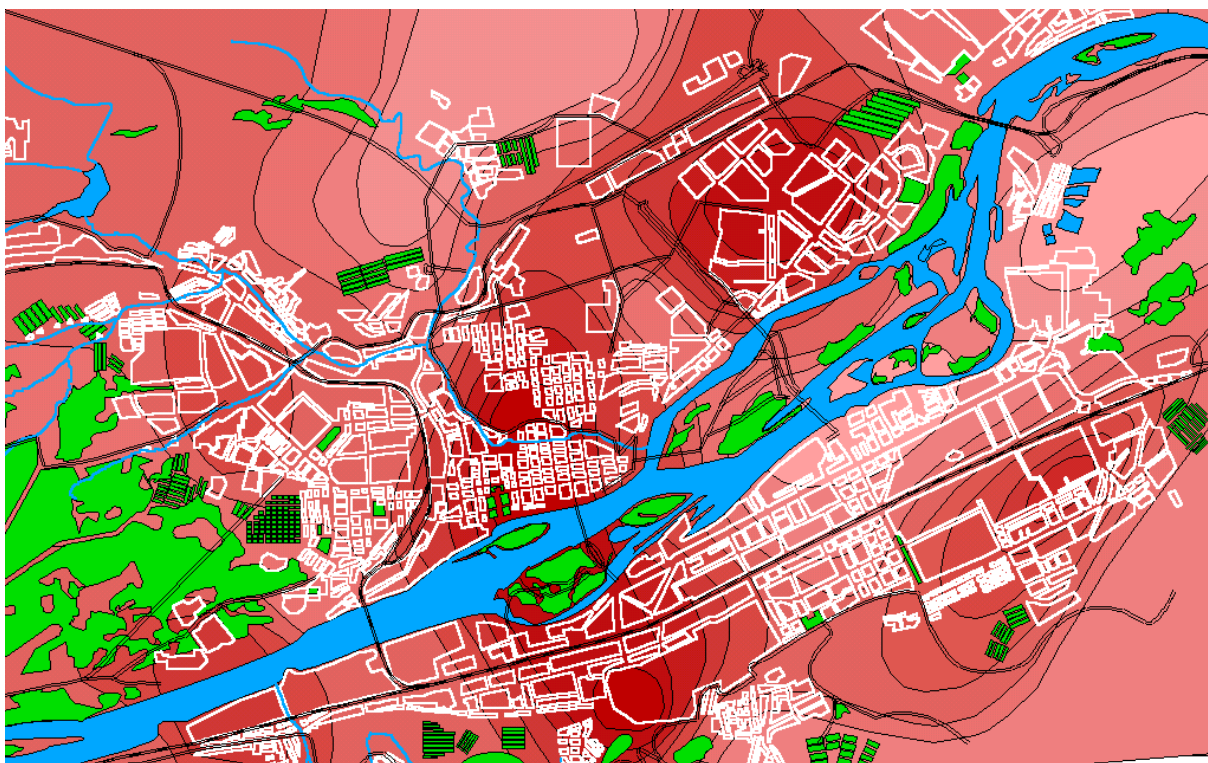


Рис. 4. Карта распространения раковых заболеваний – по материалам комплексных исследований ряда научных и медицинских учреждений города. Проект студентов КГТУ, выполненный в Межвузовском центре информационных технологий в экологическом образовании

## Транспорт

ГИС имеют огромный потенциал для приложений на транспорте. Планирование и поддержка транспортной инфраструктуры – это очевидная область применения. В настоящее время увеличивается интерес к использованию новых технологий, например навигационных, для контроля за движением большегрузных автомобилей. Отображение их места нахождения на цифровой карте на дисплеях в кабине водителя и в центре управления перевозками требует поддержки со стороны ГИС.

## Розничная торговля

Крупные западные коммерческие фирмы используют ГИС для выбора места расположения большинства новых супермаркетов за пределами центра города, для хранения социально-экономических деталей обстановки и

потенциальных заказчиков в заданной области. Расположение склада и зона обслуживания могут быть разработаны с помощью вычислений времени доставки и моделирования влияния конкурирующих складов. ГИС используют также и для управления поставками.

### **Финансовые услуги**

В секторе финансовыми услуг ГИС используются так же, как и в приложениях для розничной торговли: для определения расположения филиалов банков и зданий обществ; в качестве инструмента для оценки риска вложений средств в недвижимость и страхования, для определения областей высшего/низшего риска. Это требует баз данных о криминальной обстановке, ресурсах территории, характеристиках недвижимости.

### **1.3. Как это делается...**

Попробуем воспроизвести последовательность действий, необходимых для реализации ГИС-проекта. Во-первых, формулируют проблему (объект решения). После определения цели применения ГИС принимают решение о выборе соответствующего ГИС-инструментария и технологии, разрабатывают план выполнения проекта. Основная и наиболее трудоёмкая задача выполнения любого проекта ГИС – сбор необходимых данных. Чаще всего речь идёт о вводе в компьютер большого количества бумажных карт и информации об объектах на карте – создание пространственной базы данных. Конечным продуктом является программное обеспечение, позволяющее просматривать, добавлять и модифицировать пространственные объекты и связанную с ними информацию, выполнять специализированные, в том числе карто-ориентированные, запросы к данным, решать аналитические и прогностические задачи.

В корпоративных системах для регионального и муниципального управления зачастую приходится решать задачи анализа пространственных данных. При решении этих задач тематические слои карты, создаваемые в

стандартных ГИС, используют в качестве начальных условий для модельных расчетов. Приведем несколько примеров:

- Пространственная информация о расположении зданий города Красноярска позволяет строить тематические карты по произвольной прикладной базе данных, имеющей адресную привязку (улица, номер дома). Это может быть картирование уличной преступности города, социально-экономической ситуации и т.п. (рис. 5).
- Задача восполнения пространственных данных методами нейроиформатики. На основе карт онкологической заболеваемости по городу, карт распределения вредных, канцерогенных веществ, тяжелых металлов, могут быть выявлены зависимости между ними и построены новые карты заболеваемости/загрязнений тех участков территории, где эта информация отсутствовала. В учебном пособии уместно отметить, что работы по этой тематике были инициированы студенческим проектным коллективом и сейчас успешно развиваются в лаборатории профессора А.Н. Горбаня в Институте вычислительного моделирования СО РАН.

В задачах комплексной оценки территории используют технологии обработки и совокупного анализа пространственных данных с привлечением методов экономического моделирования, а исходная информация может находиться в различных узлах корпоративной сети регионального управления. Пространственный анализ с использованием ГИС и Internet позволяет эффективно решать различные задачи. Однако эта эффективность проявляется лишь при наличии необходимого программно-аппаратного обеспечения и квалифицированных пользователей, владеющих передовыми технологиями.

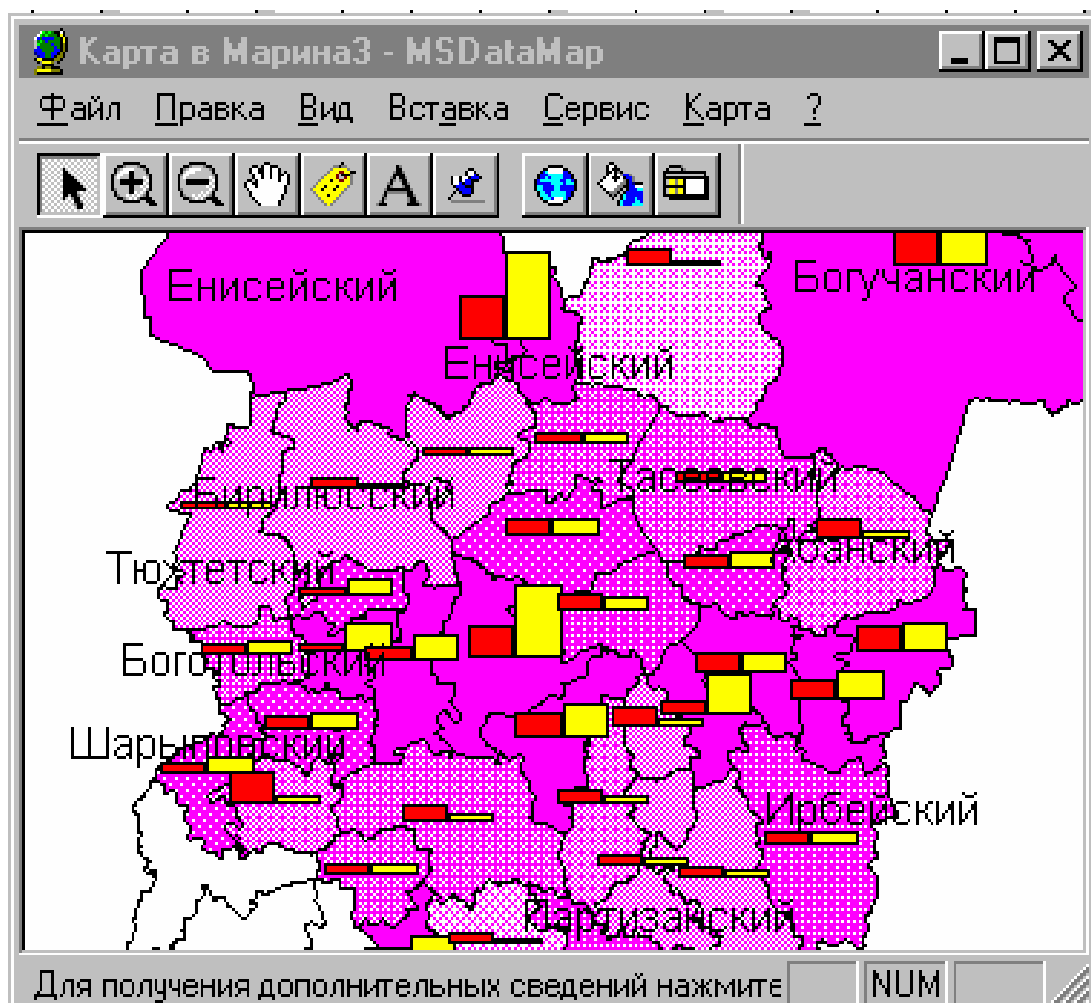


Рис 5. Microsoft DataMap позволяет встраивать в приложения Microsoft Office любые электронные карты, подготовленные в профессиональных геоинформационных системах. Здесь представлен фрагмент карты Красноярского края, на котором связанные с районами края значения таблицы Microsoft Excel отображаются на карте в виде гистограмм и заливок различной интенсивности. Из дипломной работы студентки СибГТУ

#### **1.4. Тенденции программного обеспечения ГИС**

ГИС, впервые появившиеся около 20 лет назад, до последнего времени работали исключительно на Unix-платформе – высокопроизводительных рабочих станциях и использовались для решения узкоспециализированных задач. Резкое обострение конкуренции и качественный скачок в развитии программного обеспечения (ПО) ГИС для персональных компьютеров произошел лишь в 1995-м году, когда мировые лидеры геоинформатики (ESRI, Intergraph, Siemens и др.) обратили внимание на рынок PC.



В результате картографическое представление информации сегодня возможно даже в широко распространенных офисных пакетах и электронных таблицах Excel, Lotus (рис. 5). Очевидно, что в ближайшие годы тематическая карта станет такой же привычной формой представления итогов деятельности любого предприятия, как сегодня уже стали всевозможные столбчатые и круговые диаграммы. Высокая конкуренция на рынке настольных приложений и борьба за массового потребителя вызвали значительное снижение цен и создание новых подклассов ПО, сводящих стартовые затраты к минимуму и делающих возможным плавное наращивание объемов проектов по мере готовности к этому заказчика.

### **1.5. Что есть что**

Спектр предлагаемого сегодня ПО ГИС очень широк. Отметим лишь некоторые, наиболее известные в нашей стране, программные продукты – ArcView, Arc/Info и другие программы компании ESRI, MapInfo (MapInfo Corp.), MGE (Intergraph), GeoDraw/GeoGraph/GeoConstructor (ЦГИ ИГ РАН, Москва), Atlas GIS (Strategic Mapping Inc.), WinGIS/WinMAP (Progis), Geocad System 3 (Geocad Ltd, Новосибирск), Sinteks/Tri (Трисофт), Panorama (GeoSpectrum International, Москва). Стоимость этих систем колеблется от нескольких сотен до десятков тысяч долларов, а наиболее характерный диапазон – от 1000\$ до 5000\$. Отрадно заметить, что в этом секторе ПО немалую долю рынка (более половины) составляют российские программные продукты, прежде всего – GeoGraph и Panorama.

Программы отличаются по своим функциональным возможностям, назначению. Перечислим их основные категории: инструментальные ГИС, выюеры, специализированные ГИС, справочные системы, векторизаторы, пакеты обработки данных дистанционного зондирования и т.д. Конкретная задача предопределяет выбор необходимого программного обеспечения.

## **1.6. А как она устроена?**

Первое, с чего начинает пользователь при выборе ГИС – средства представления данных. Сами собой возникают вопросы: какие модели и форматы пространственных данных система поддерживает, какие базы данных могут быть использованы, как эти два типа информации стыкуются друг с другом? Попробуем ответить на эти вопросы.

Векторная информация представляет собой набор слоёв (покрытий), каждый из которых содержит ряд векторных объектов (как правило, точек, линий и полигонов). Такая концепция – концепция слоёв – поддерживается большинством ГИС. Пространственным объектам слоя ставятся в соответствие атрибутивные таблицы, базы данных. Управление множеством перекрывающихся на карте объектов осуществляется обычно с помощью легенды, дающей информацию о способе визуализации. Отображение может быть различным в зависимости от того, к какому слою принадлежат объекты на карте (линейные – дороги и реки отображаются по-разному), или в зависимости от некоего количественного или качественного параметра, связанного с самим объектом. Легенда несёт в себе информацию о том, каким цветом и каким заполнителем будут обозначены в разных слоях полигоны, каким типом линии будут проведены линейные объекты, какими значками показаны точечные объекты и т.д. В легенде также отражена зависимость между внешним видом объектов и связанными с ним количественными или качественными параметрами (площадь, периметр, загрязнённость, национальность, ...).

Пространственные запросы – запросы к графическим объектам – являются одной из главных задач любой ГИС. Самый простой и известный из них – ручное выделение объектов на карте, когда «мышью» выделяют один или несколько объектов. При этом подсвечиваются объекты, а также связанные с ними записи атрибутивной таблицы. Более серьёзные задачи решают с помощью операций определения пространственного положения

объектов (лежит внутри, лежит вне, включает, пересекает) друг относительно друга. Комбинация пространственных запросов с традиционными (для атрибутивных табличных данных), в том числе на языке SQL, представляет собой серьезную технологическую основу для построения современных информационных систем.

## **2. Источники исходных данных и их типы**

Среди источников данных, широко используемых в геоинформатике, наиболее часто привлекают картографические, статистические и аэрокосмические материалы, поэтому именно они будут предметом рассмотрения в данной главе. Помимо указанных материалов гораздо реже используют данные специально проводимых полевых исследований и съемок, а также литературные (текстовые) источники, что дает нам право охарактеризовать их лишь в самом общем виде. "Тип источника" объединяет генетически однородное множество исходных материалов, каждое из которых сильно различается по комплексу характеристик. К ним принадлежит, например, такой важный признак – в какой цифровой или нецифровой (аналоговой) форме получается, хранится и используется тот или иной тип данных, от чего зависят легкость, стоимость и точность ввода этих данных в цифровую среду ГИС.

Использование географических карт как источников исходных данных для формирования тематических структур баз данных удобно и эффективно по ряду причин. Прежде всего, сведения, считанные с карт, имеют четкую территориальную привязку, во-вторых, в них нет пропусков, "белых пятен" в пределах изображаемой территории и, в-третьих, они в любой своей форме возможны для записи на машинные носители информации. Картографические источники отличаются большим разнообразием – кроме общегеографических и топографических карт насчитывают десят-

ки и даже сотни типов различных тематических карт, перечень которых занял бы не одну страницу текста.

Не имея возможности подробно описать картографические источники, вкратце охарактеризуем их основные блоки. Организация таких блоков может основываться на имеющейся системе классификации карт, в связи с чем необходимо дать ее краткое описание.

## 2.1. *Общегеографические карты*

Топографические (масштаб 1:200 000 и крупнее), обзорно-топографические (мельче 1 : 200 000 до 1 000 000 включительно) и обзорные (мельче 1 : 1 000 000) карты содержат разнообразные сведения о рельефе, гидрографии, почвенно-растительном покрове, населенных пунктах, хозяйственных объектах, путях сообщения, линиях коммуникации, границах (рис. 6). В геоинформатике эти карты служат для двух целей: получения инфор-

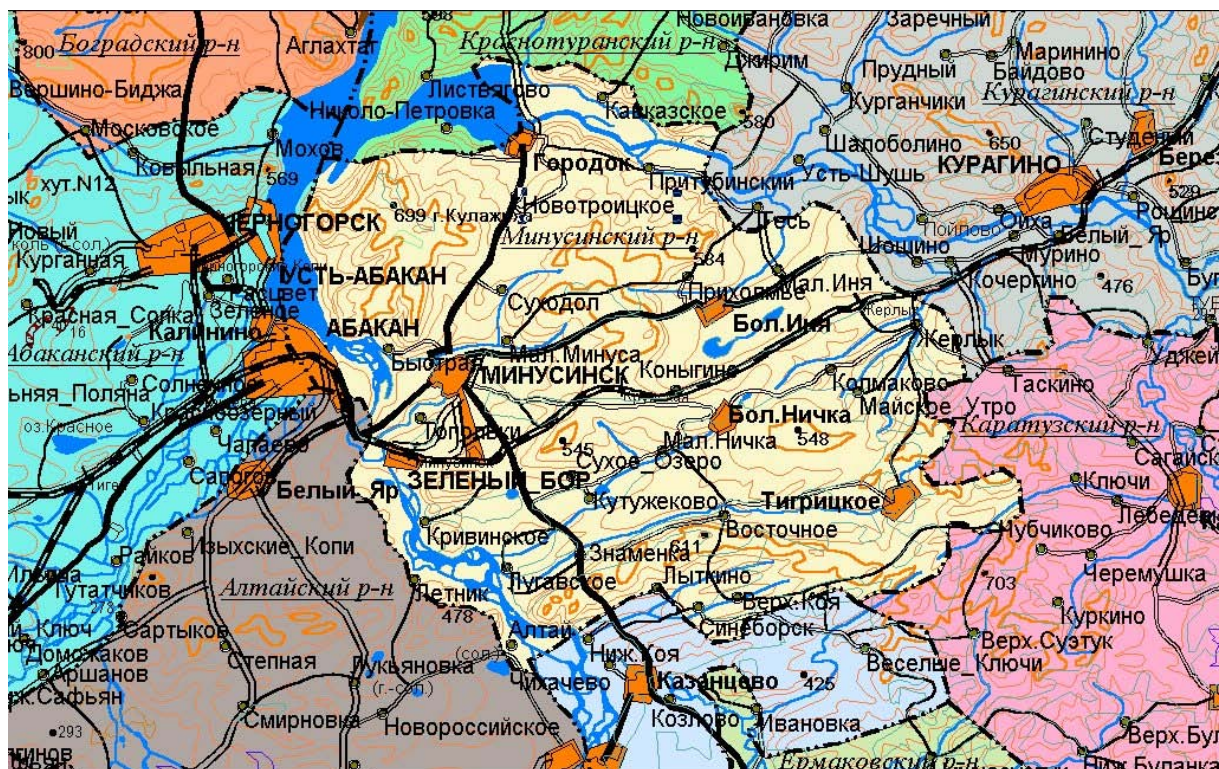


Рис. 6. Фрагмент электронной карты южных районов Красноярского края. Топооснова подготовлена Роскартографией и преобразована в формат ГИС GeoGraph в Технологическом центре ГИС, ИВМ СО РАН

мации об указанных объектах местности и их привязки. К этой же группе источников можно отнести фотокарты и космофотокарты – полиграфические оттиски с фотопланов, составленных по результатам аэро- или космической съемки, с нанесенными на них горизонталями и другой картографической нагрузкой, обычной для общегеографических карт. Применение фотокарт в качестве источников данных открывает возможности непосредственного использования для этой цели цифровых моделей местности, создаваемых в процессе фотограмметрической обработки дистанционных изображений.

## **2.2.     *Карты природы***

Это наиболее разнообразная по тематике группа карт, включающая карты геологического строения и ресурсов недр, геофизические, рельефа земной поверхности и дна океанов, метеорологические и климатические, гидрологические и океанографические, почвенные, геоботанические, медико-географические, ландшафтные и общие физико-географические, охраны природы. Так, среди карт земной коры и ее ресурсов выделяют геологические и тектонические, велико практическое значение карт четвертичных отложений, новейшей тектоники и полезных ископаемых, а также гидрогеологических и инженерно-геологических карт.

Среди геофизических карт выделяют карты магнитного поля (магнитные аномалии, магнитное склонение, вековой ход элементов геомагнитного поля), карты гравитационного поля (вертикальные движения земной коры, изменение силы тяжести, строение земной коры, гравиметрические карты), карты сейсмических явлений и вулканизма (сейсмическое районирование, землетрясения, цунами, вулканы). Группу карт рельефа составляют гипсометрические, морфометрические: углы наклона местности, экспозиция склонов, горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа и др., геоморфологические карты.

Тематика климатических карт очень разнообразна. Сюда входят характеристики климатообразующих факторов, карты термического и ветрового режима, режима увлажнения, атмосферных явлений, прикладные синтетические и комплексные карты, например агроклиматические, биоклиматические и др. Менее традиционны карты оледенения, лавин, мерзлоты. Карты поверхностных вод подразделяют на гидрографические, водного режима (годовой, сезонный, месячный, максимальный и минимальный сток, внутригодовое распределение стока и др.), ледового режима, отдельных гидрологических явлений (половодий, межени, паводков, наводнений), характеристик стока (твердый сток, гидрохимия, температуры), оценок поверхностных вод (водного баланса, ресурсов и др.).

Среди карт почв и земельных ресурсов основной является типологическая почвенная карта, отображающая генетическую характеристику почв, их механический состав и почвообразующие породы (рис. 7). В зависимости от специфики территории создают карты эрозии, засоления почв и др. При характеристике растительного покрова отображают современный растительный покров (на фоне коренного), леса, естественные кормовые угодья.

Для классификации карт животного мира рекомендуется выделять карты животного населения, зоогеографические, животных ресурсов и форм их использования, охраны и обогащения животного мира.

В круг медико-географических включают собственно медико-географические карты, медико-географической оценки территории, нозогеографические карты, специализированные карты природы или социально-экономические карты для медицинской географии и рекомендательные карты, связанные с решением проблем оздоровления территории. Венцом раздела карт природы являются ландшафтные карты и карты физико-географического районирования. К этой же группе можно отнести космические тематические карты (космофотогеологические, космофототектони-

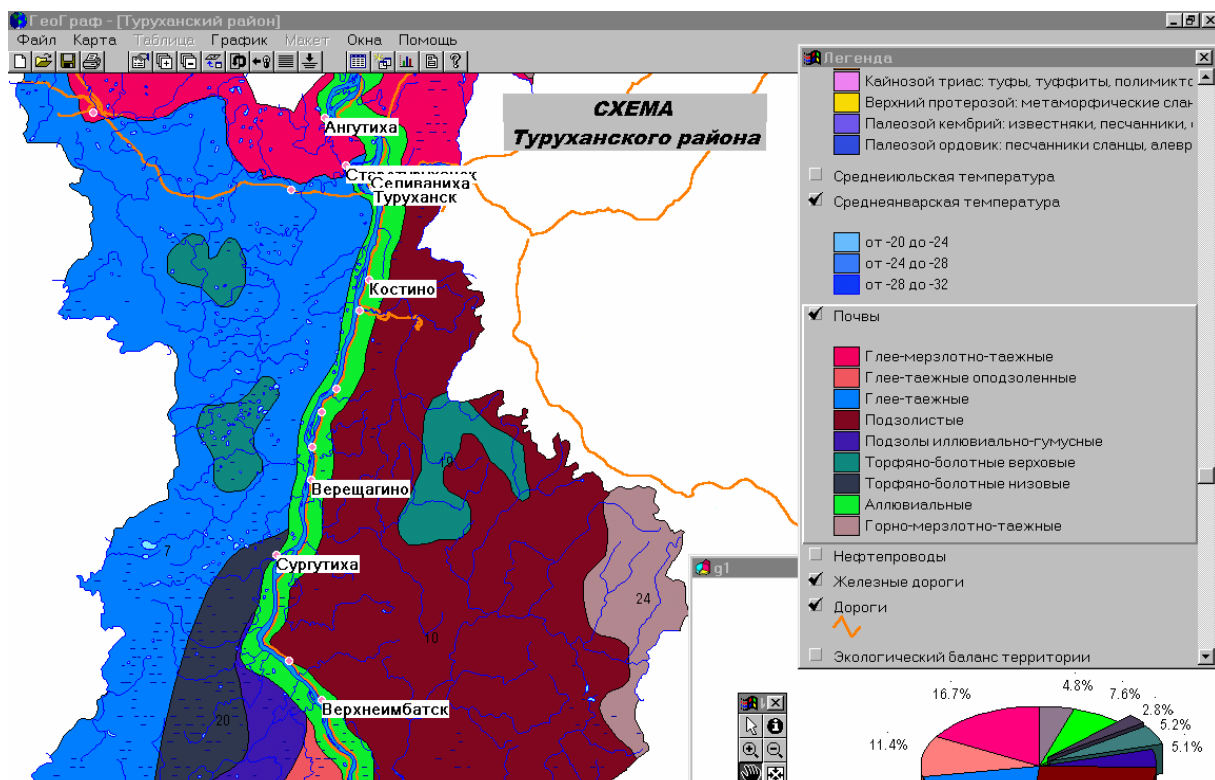


Рис. 7. Фрагмент карты почв Туруханского района Красноярского края. На диаграмме показано процентное содержание разных типов почв, автоматически вычисленное в ГИС GeoGraph для Windows

ческие, космофотоландшафтные и др.), плавно перебрасывающие мостки к аэрокосмическим материалам, которые мы будем описывать далее.

### 2.3. Карты народонаселения

Использование данных, содержащихся на картах народонаселения, не представляет большого труда. Для характеристик народонаселения применяют способы картографического изображения, локализирующие явления по пунктам или на площадях, причем большинство аспектов выражает объект картографирования в количественной форме, за исключением этнографических особенностей населения.

Среди карт народонаселения выделяют следующие основные сюжеты: размещение населения по территории и расселение (характеристика численности населения в пунктах и по районам, плотность сельского населения, равномерность размещения населенных пунктов, типы расселения и

т.д.); этнографическая и антропологическая характеристика народонаселения (характеристика населения по национальности, образу жизни, культуре и др.); демографическая характеристика (отображение половозрастной структуры, естественного и механического движения населения); социально-экономическая характеристика (отображение социально-классовой структуры общества и развернутая характеристика трудовых ресурсов) .

#### **2.4. Карты экономики**

Данный класс карт наиболее обширен и разнообразен среди карт социально-экономической тематики. Здесь, прежде всего, выделяют карты промышленности с подразделением на добывающую и обрабатывающую или более детально по каждой отрасли промышленности (нефтяная, угольная, пищевая, кожевенная, текстильная, деревообрабатывающая, металлообрабатывающая, химическая и др.). Еще более многочисленны карты сельского хозяйства. Широко используют характеристику природных ресурсов, зачастую с их хозяйственной оценкой, и прежде всего земельных фондов, трудовых ресурсов, материально-технической базы сельского хозяйства и др. (рис. 8). Отраслевые карты сельскохозяйственного производства подразделяют на карты земледелия и животноводства, которые, в свою очередь, характеризуют условия произрастания культур, их урожайность, себестоимость и затраты на производство, размещение видов скота, структуру стада, продуктивность животных, себестоимость основных видов продукции, обеспеченность скота естественными кормовыми угодьями и др. Что касается карт общей характеристики сельского хозяйства, то их можно подразделить на карты: сельскохозяйственного использования земель, производственных типов сельскохозяйственных предприятий, суммарных производственных затрат на 1 га сельскохозяйственных земель, стоимости валовой и товарной продукции на 1 га сельскохозяйственных



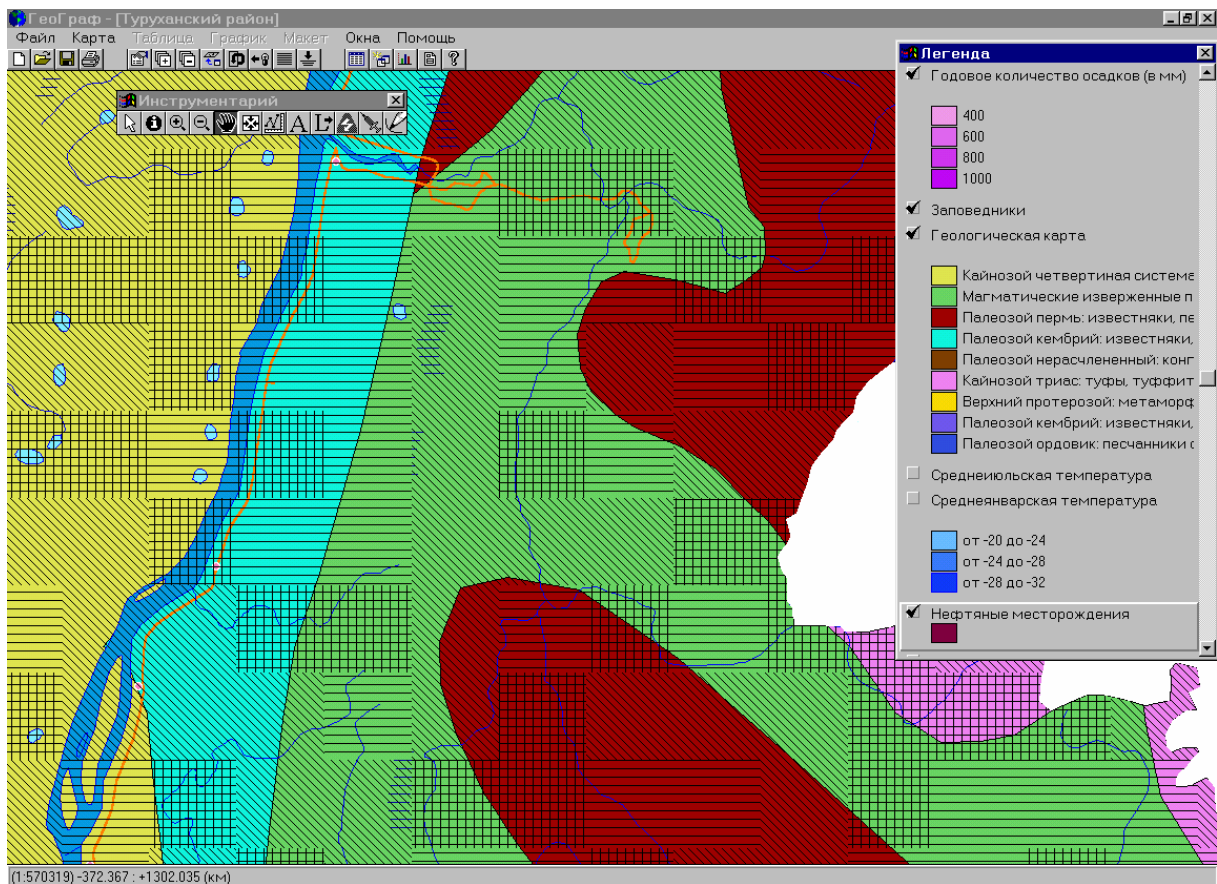


Рис. 8. Сводная характеристика участка территории: на основе совокупного анализа набора слоев карты с помощью экспертной системы выполнено районирование территории по «привлекательности с точки зрения инвестиций». На карте изображена сетка квадратов (со стороной 10 км), штриховка которых означает интегральную оценку по этому параметру. Данные – модельные

земель, сельскохозяйственных районов. Карты лесного хозяйства характеризуют распространение и использование лесных ресурсов.

Карты транспорта отображают разнообразные проявления деятельности всех разновидностей транспорта (автомобильного, железнодорожного и т.д.), а также дают их общую комплексную характеристику. На картах изображают средства связи.

Среди карт строительства принято выделять карты капитального строительства, строительных и монтажных организаций, материально-технической базы и территориальных комплексов строительства.

Реже встречаются специальные карты торговли и финансов. Логическим завершением блока экономики являются общеэкономические карты.

## **2.5. Карты науки, подготовки кадров, обслуживания населения**

Данный класс карт связан с картами народонаселения и экономики. Поэтому некоторые виды карт иногда характеризуются в двух предыдущих разделах (карты торговли, связи и т.д.), а иногда их выделяют в качестве самостоятельных групп в пределах карт науки, подготовки кадров и обслуживания населения.

Однозначной классификации в данном случае нет. В связи с этим укажем лишь на один из возможных вариантов, когда выделяют карты об-

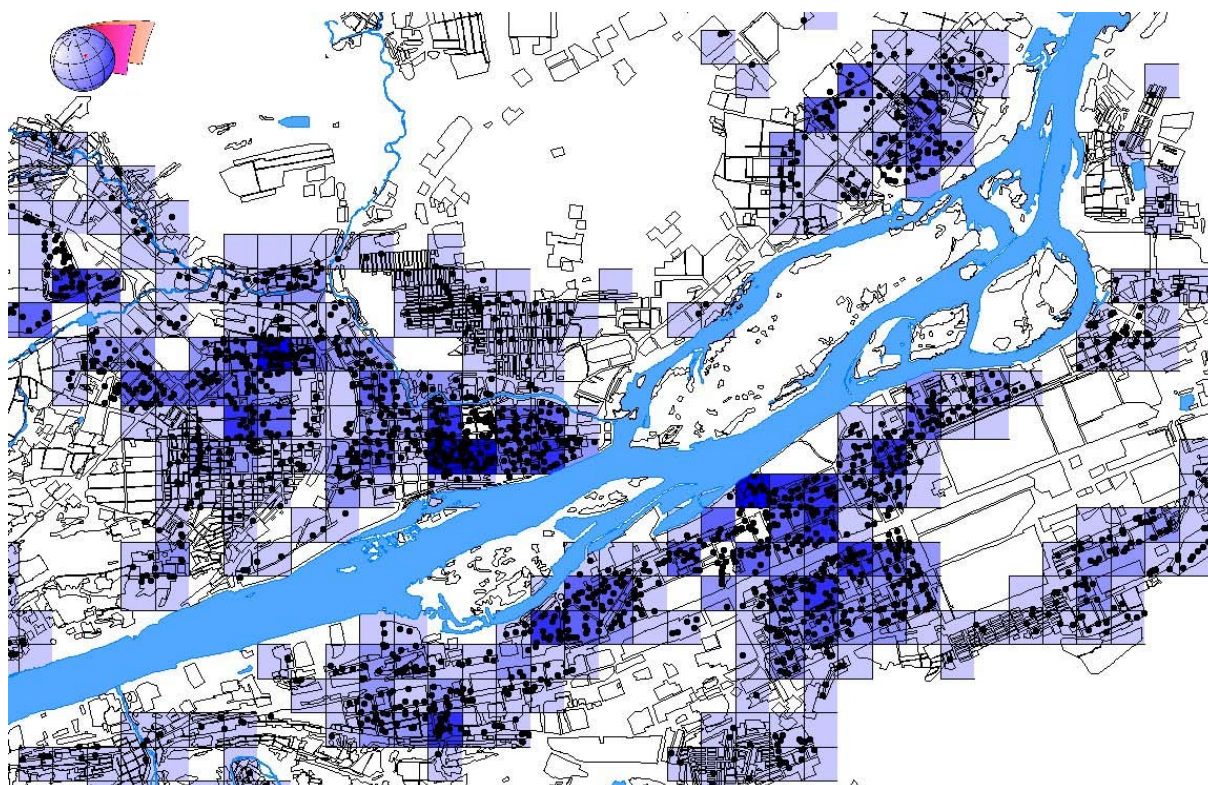


Рис. 9. Пример прикладной тематической карты, положенной на топооснову города. Точками отмечены события, распределенные по пространству города, квадратами различной интенсивности раскраски показана плотность их вероятности

разования, науки, культуры, здравоохранения, физкультуры и спорта, бытового и коммунального обслуживания, туризма и т.д. (рис. 9).

## 2.6. Политические, административные и исторические карты, комплексные атласы

Следует отметить особую роль серий карт и комплексных атласов, где сведения приводят в единообразной, систематизированной, взаимно согласованной форме: по проекции, масштабу, степени генерализации, современности, достоверности и другим параметрам. Такие наборы карт особенно удобны для создания тематических баз данных (рис. 10). Прекрасным примером может служить трехтомный Атлас океанов, содержащий подробные сведения о природных условиях, физико-химических парамет-

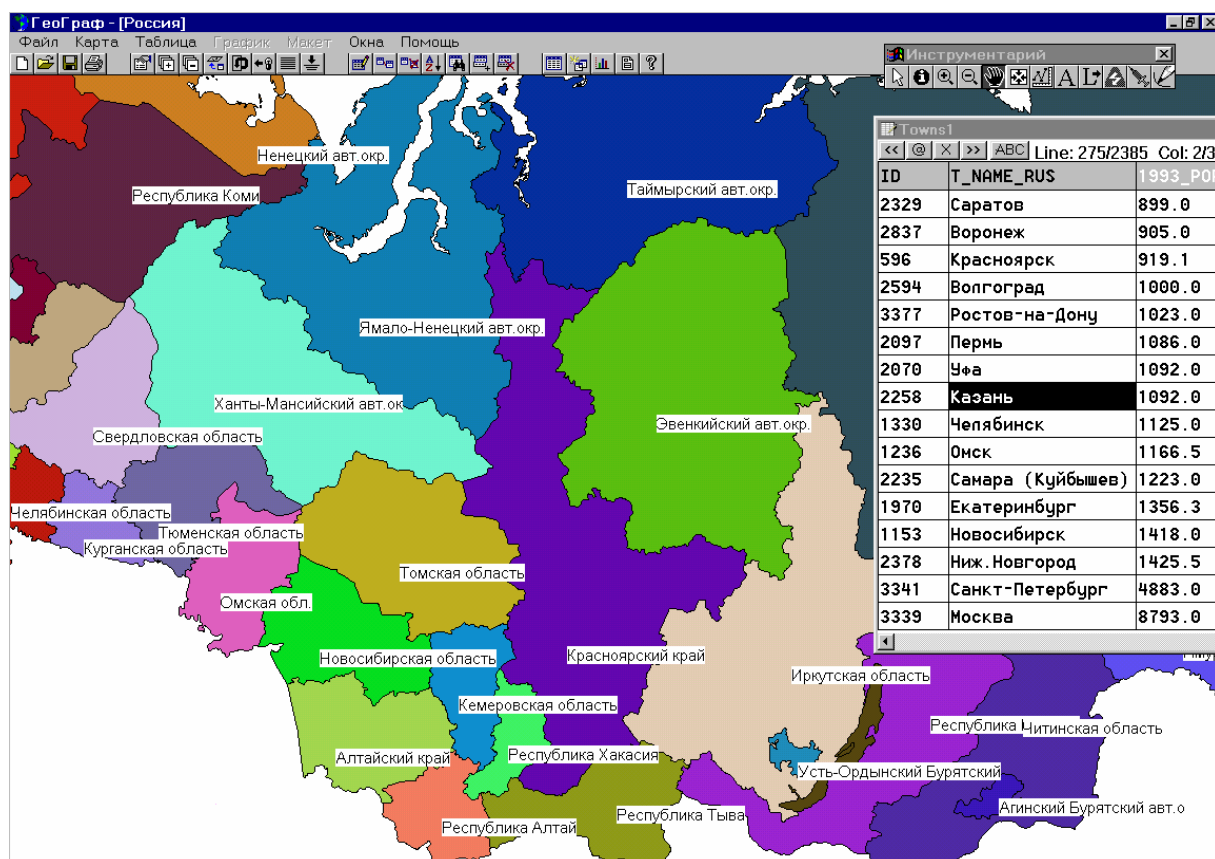


Рис. 10. Фрагмент карты России. В окне присоединенной базы данных показаны города, упорядоченные по численности населения

рах, биологических ресурсах Мирового океана, представленных на сериях карт разной тематики, разновременных и разных высотных (глубинных) срезов.

## **2.7. Материалы дистанционного зондирования**

Одним из основных источников данных для ГИС служат материалы дистанционного зондирования. Они объединяют все типы данных, получаемых с носителей космического (пилотируемые орбитальные станции, корабли многоразового использования "Шаттл", автономные спутниковые съемочные системы и т.п.) и авиационного базирования (самолеты, вертолеты и микроавиационные радиоуправляемые аппараты), и составляют значительную часть дистанционных данных как антонима контактных (прежде всего наземных) видов съемок, способов получения данных измерительными системами в условиях физического контакта с объектом съемки. К неконтактным (дистанционным) методам съемки помимо аэрокосмических относят разнообразные измерительные системы морского (наводного) и наземного базирования, включая, например, фототеодолитную съемку, сейсмо-, электро- магниторазведку и иные методы геофизического зондирования недр, гидроакустические съемки рельефа морского дна с помощью гидролокаторов бокового обзора, иные способы, основанные на регистрации собственного или отраженного сигнала волновой природы.

Аэрофотосъемки регулярно выполняют в нашей стране с 30-х годов и сейчас за более чем полувековой период накоплен фонд снимков, полностью покрывающих страну, а для многих районов с многократным перекрытием, что особенно важно при изучении динамики объектов. Материалы аэрофотосъемки используют в основном для топографического картографирования страны, также широко применяются в геологии, в лесном и сельском хозяйстве. Космические снимки начали поступать с 60-х годов, и к настоящему времени их фонд исчисляется десятками миллионов. Для

дистанционного зондирования используют разнообразные космические аппараты.

Виды космических материалов также очень разнообразны. Существуют две технологии космических съемок: съемки с фотографических и со сканерных систем.

Дистанционное зондирование осуществляют специальными приборами – датчиками. Датчики могут быть пассивными и активными, причем пассивные датчики улавливают отраженное или испускаемое естественное излучение, а активные способны сами излучать необходимый сигнал и фиксировать его отражение от объекта. К пассивным датчикам относят оптические и сканирующие устройства, действующие в диапазоне отраженного солнечного излучения, включая ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны. К активным датчикам относят радарные устройства, сканирующие лазеры, микроволновые радиометры и др. В настоящее время в области разработки оперативных космических электронных систем дистанционного зондирования наметилась тенденция к комбинированному использованию различных многоканальных, многоцелевых датчиков с высоким разрешением, включая всепогодное оборудование. Наряду с этим по-прежнему применяют неоперативные космические системы с панхроматическим фотооборудованием и многоспектральными фотокамерами, обеспечивающими высокое разрешение и геометрическую точность.

### **3. Технологии ввода и обработки пространственной информации**

#### **3.1. Сбор и систематизация данных**

Основа успешного функционирования любой геоинформационной системы – наличие необходимых достоверных исходных данных. Напри-

мер, для кадастровых систем основными данными служат кадастровые карты и сопровождающая их семантическая информация. Чрезвычайно высокие темпы изменений в сфере земельных отношений, появление значительного числа собственников земельных наделов, арендаторов в сочетании с неудовлетворительным состоянием законодательной базы (например, вопрос о частной собственности на землю до сих пор не имеет окончательного решения) привели к тому, что в настоящее время достоверные данные о фактическом состоянии земельного фонда и сведения о сложившейся ситуации с земельными наделами носят фрагментарный характер, а зачастую отсутствуют (особенно это относится к картографическим данным).

Таким образом, в настоящее время наиболее актуальна задача получения достоверной информации для дальнейшего использования в геоинформационной системе. В качестве такой информации выступают:

- результаты наземных топографо-геодезических измерений;
- данные наземной съемки с применением GPS оборудования;
- результаты аэрофотосъемки;
- существующие (устаревшие) картографические материалы;
- данные, полученные в ходе предыдущих этапов земельной реформы;
- данные государственной статистической отчетности;
- информация, получаемая в результате работы с участниками земельных отношений.

Этот этап геоинформационной технологии наиболее трудоемок и требует наибольших финансовых затрат.

Для ГИС, используемых в кадастровой технологии, принципиально важно установить перечень видов входных данных, их объем и способ представления. Последний фактор во многом определяет требования к составу аппаратуры, необходимой на следующем этапе подготовки (преобразования) данных.

### **3.2. Подготовка и преобразование данных**

Этот технологический модуль является входным для геоинформационной технологии, использующей цифровые (компьютерные) методы обработки данных. На его выходе формируется размещенный на машиночитаемых носителях набор цифровых данных, имеющих корректную топологическую и логическую структуру и обладающих требуемой точностью и достоверностью.

При дальнейшем изложении будем рассматривать традиционную организацию данных: раздельное представление графической и аналитической (семантической) информации при наличии связей между графическими объектами и записями в аналитической базе данных. В последнее время появились ГИС, совмещающие позиционные (графические) и непозиционные данные, что представляется достаточно перспективным, однако возможность их практического применения, особенно в производственном режиме, требует проверки.

подавляющее большинство ГИС оперирует с графическими материалами, представленными в векторном виде, поэтому процесс получения векторных карт наиболее отработан с производственной точки зрения. Существует, правда, один вопрос, не имеющий однозначного решения: какая технология векторизации предпочтительнее – векторизация по растровой подложке с использованием программных средств автоматизации этого процесса (рис. 11) или ручная оцифровка с применением планшетных дигитайзеров, полярных планиметров и т.п.

По мнению большинства авторов, первая технология более перспективна и позволяет получать качественные материалы при относительно невысокой квалификации операторов, однако наличие высококвалифицированного персонала и необходимости цифровать специальные карты с высокой тематической нагрузкой делают ручную оцифровку предпочтитель-

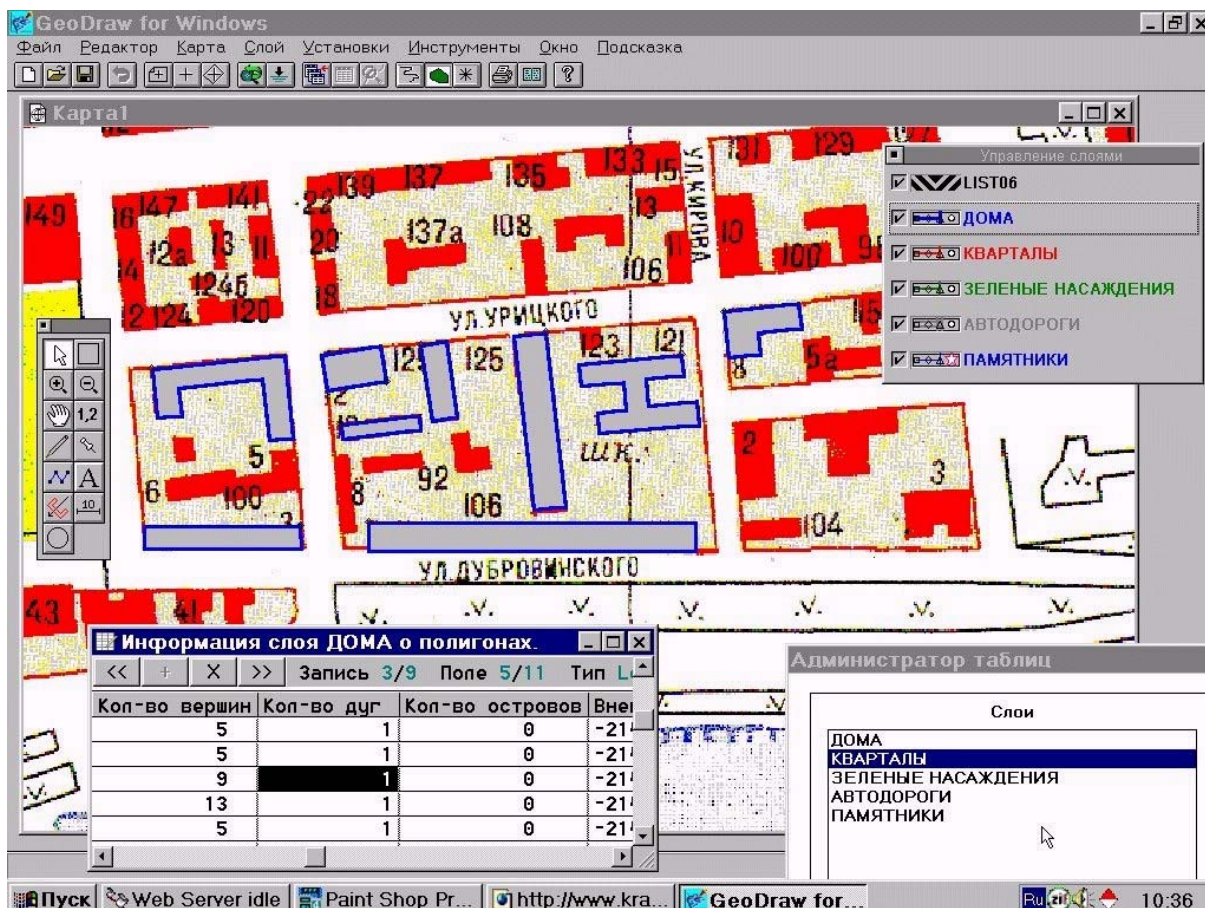


Рис. 11. Создание электронной карты в векторном топологическом редакторе карт GeoDraw для Windows

нее. Так или иначе, в каждой конкретной ситуации нужно принимать решение о выборе подходящей методики.

В целом способы и организация векторизации существующих карт достаточно широко освещены в литературе, для очень многих прикладных задач крайне важной представляется проблема соответствия ситуации, изображенной на цифровой карте, фактическому состоянию территории. Это приводит к необходимости динамического обновления цифровых карт, которое должно осуществляться непрерывно. Отсюда возникает вопрос: а стоит ли вообще цифровать старые карты, которые затем будут обновляться. Ответ на этот вопрос может быть сформулирован скорее всего исходя из экономических соображений.



Для решения задач обновления карт ГИС должна располагать функциями обработки исходных материалов для получения актуальной на данный момент карты. При этом вовсе не обязательно использовать весь возможный набор входной информации. Целесообразно включить в состав ГИС средства обработки данных, поступающих от основных источников информации. Например, при проведении массовых полевых работ с использованием GPS оборудования необходимо наличие в составе программного обеспечения ГИС соответствующих интерфейсных модулей, позволяющих считывать данные и преобразовывать их в формат, пригодный для дальнейшей обработки, а также программ обработки информации, осуществляющих формирование соответствующих графических объектов и размещение их в цифровой карте.

В ряде случаев, например для обработки результатов аэрофотосъемки, требуется организация специальных геоинформационных технологий с соответствующим программно-аппаратным составом ГИС.

Ввод аналитических данных, необходимых для функционирования прикладных систем, может быть организован в виде самостоятельного технологического процесса либо совмещен с процессом формирования картографических данных.

Принципиальным является наличие классификатора объектов карты и программных средств контроля корректности вводимых данных. При этом система контроля должна быть спроектирована с учетом возможности использования неполных данных, что присуще реальной информации и людям, ее собирающим.

В настоящее время в ГИС, как правило, применяют коммерческие базы данных реляционного типа с достаточно развитыми механизмами управления данными, однако процедура их настройки с учетом требований конкретных систем и необходимостью функционирования совместно с гра-

фической базой данных требует наличия в составе программного обеспечения ГИС специального интерфейсного модуля.

С технической точки зрения ввод информации в реляционные таблицы осуществляют, как правило, путем ручного набора с клавиатуры. Реже применяют автоматизированный способ, включающий сканирование исходных бумажных носителей с последующим применением программного обеспечения для распознавания текстов. При включении в состав программного обеспечения модуля конвертации полученного текстового файла во внутренний формат, применяемый в базе данных, можно говорить о создании автоматизированной технологии, схожей по функциям с векторизатором картографической информации.

Если необходимые данные существуют в цифровом виде, например при приеме информации из других автоматизированных систем, возникает чисто техническая задача конвертации, которая решается достаточно просто, если используются стандартные форматы. Более сложной представляется проблема согласования структуры данных, но и она находит свое решение в выборочном занесении информации путем формирования шаблонов, масок или расширения исходной схемы данных. Наиболее серьезные трудности могут возникнуть вследствие несовпадения базовых классификаторов, используемых в различных информационных системах.

В процессе формирования баз данных следует стремиться к обеспечению потокового режима работы, ориентированного на сокращение времени подготовительного этапа, каким, как правило, является этап наполнения баз данных.

Объединение (привязка) графических и семантических данных может осуществляться на этапе формирования каждой из баз данных или быть выделено в самостоятельную операцию. В последнем случае целесообразно совместить ее с проведением контроля введенных данных.

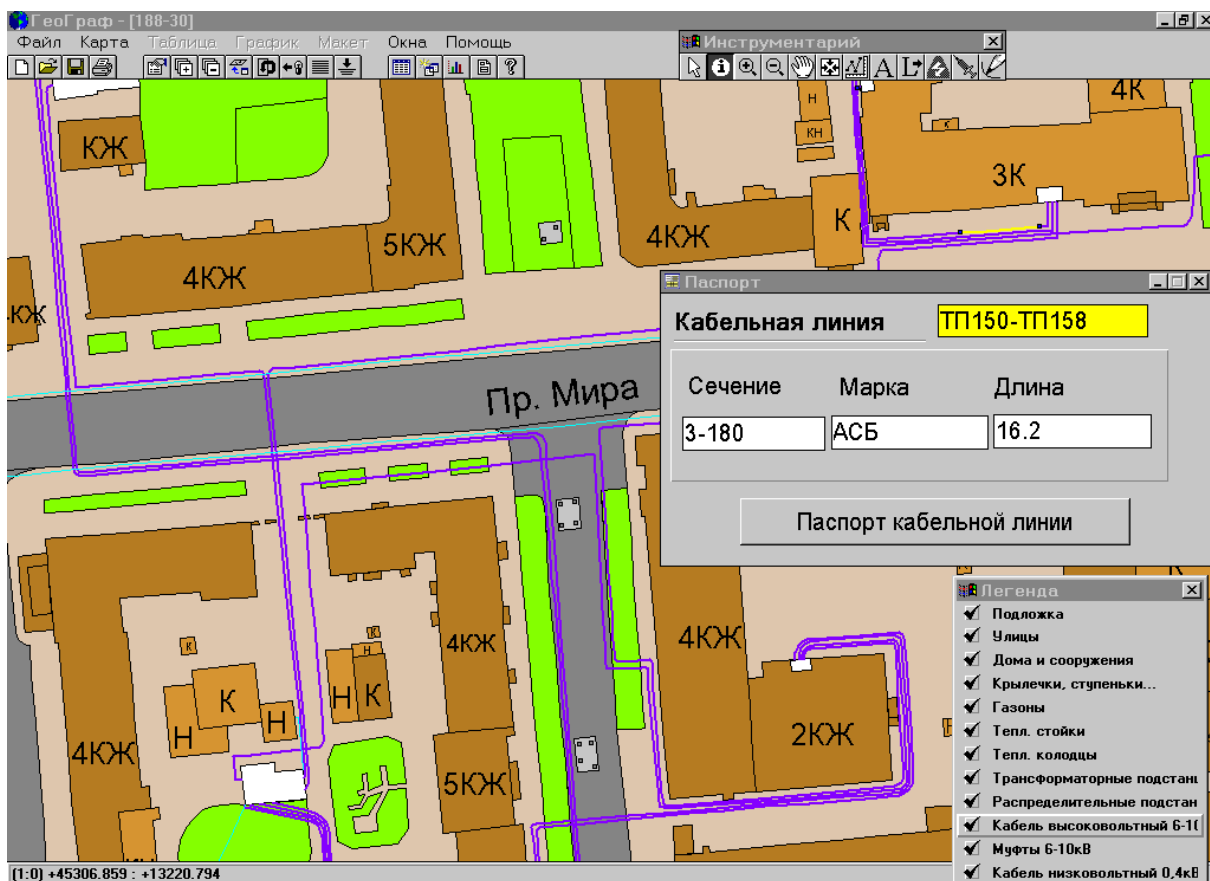


Рис. 12. Макет картоориентированной информационно-справочной системы для энергетиков. ГИС обеспечивает базовые функции анализа и моделирования, позволяет осуществлять контроль введенных данных

Операция контроля достаточно важна для большинства прикладных систем (рис. 12). Если контроль топологической и метрической корректности графического материала возможно осуществлять программными средствами ГИС (проверка отсутствия пересечений, висящих линий, примыкание полигонов и т.д.), то проблема контроля семантических данных, особенно тех, которые не могут быть описаны словарями (имена собственные, даты оформления документов, порядковые номера и т.п.), остается пока нерешенной.

### 3.3. **Обработка и анализ данных при эксплуатации ГИС**

Главными требованиями к программно-аппаратным средствам ГИС в данном модуле является работа в реальном времени в производственном

режиме, вследствие чего допускается применение только коммерческих программных средств, прошедших исчерпывающее тестирование и имеющих соответствующую эксплуатационную поддержку.

В качестве примера рассмотрим кадастровые системы. В практической работе производят непрерывную коррекцию картографических и аналитических данных. Для земельно-кадастровых систем это редактирование границ землевладений и землепользований, внесение изменений в сведения о владельцах, арендаторах и т.д. Отсюда следуют требования к функциональным возможностям редактирования графических объектов и связанных с ними записей в базе данных:

- ввод дополнительных (изменение формы существующих) объектов по координатам, полученным в ходе полевых измерений;
- формирование объектов по результатам решения геодезических задач (программы координатной геометрии);
- обеспечение обработки данных GPS измерений;
- возможность быстрого обновления общей топологии при изменении метрики одного/группы объектов;
- поддержка обновления аналитических данных при изменениях в картографическом материале;
- обеспечение целостности информации и сохранение истории изменений;
- ведение контрольного журнала работы оператора;
- возможность установления приоритетов и уровней доступа к информации.

Необходимо сказать несколько слов об организации интерфейса пользователя в ГИС, используемых в производственном режиме. Основным критерием в данном случае должна служить простота работы оператора, что позволит добиться наивысшей производительности и требуемого качества конечного продукта. Поэтому, по мнению авторов, общее число одно-

временно доступных пунктов меню (инструментов) не должно превышать 7, а число уровней выпадающих меню – 2-х (желательно сокращение до одного). Сложившийся стиль оформления меню – пиктографическое представление функции, – как правило, не требует перевода, однако наличие подсказок на русском языке обязательно. Необходимо также наличие функций аварийного возврата в основное меню, выполняемое единообразно (например, нажатием клавиши Esc или одной из функциональных клавиш) и не приводящее к потере или искажению данных. Эти требования могут быть выполнены, если программное обеспечение ГИС содержит инструмент формирования производственного набора функций путем выбора и подключения только необходимых для данного технологического этапа.

К необходимым функциям анализа и моделирования могут быть отнесены:

- выполнение измерительных операций (вычисление длин, площадей);
- переход к другим координатным системам;
- составление электронных отчетов (экспликация площадей, статистический анализ, справки по запросам);
- реализация простейших пространственных запросов (определение соседей, выбор участков, попадающих в определенную зону и т.д.).

Решение более сложных задач пространственного моделирования желательно, но определение конкретных функций, включаемых в состав кадастровой системы, целесообразно производить в процессе опытной эксплуатации, анализируя поступающие запросы.

Можно отметить одну задачу – получение информации о пространственном совмещении или соседстве данного объекта с заданным объектом другого типа (например, наличие трасс электрокабеля или трубы водопровода). Возможен также запрос типа "указать все участки, через которые проходит та или иная подземная коммуникация".

### 3.4. Описание обменных форматов ГИС

#### VEC (ГИС IDRISI)

Вариант прямоугольных координат. В формате могут быть описаны только следующие объекты: точка, дуга (ломаная), полигон.

Структура записи в файле:

```
ID1 N1
x1 y1
x2 y2
.....
xN1 yN1
ID2 N2
x1 y1
x2 y2
.....
xK yK
xN2 yN2
.....
0 0 – признак конца файла.
```

Здесь ID – идентификатор объекта,

N – количество точек в контуре.

Аналогичный обменный формат имеет ГИС ARC /INFO.

#### MOSS (Map Overlay and Statistic System)

Вариант прямоугольных координат.

Ограничения:

1. Не более двух знаков после десятичной точки.
2. Координата X не может быть отрицательной.

В формате могут быть описаны только следующие объекты: точка, дуга (ломаная), полигон. Структура записи в файле:

```
    ID1          M1          N1
    x1  y1
    x2  y2
    . . . . .
    xN1 yN1
    ID2          M2          N2
    x1  y1
    x2  y2
    . . . . .
-xK   yK
    xN2 yN2 и т.д. ,
```

здесь ID – идентификатор объекта ,

M – метка,

N – количество точек в контуре.

Всего на эти три элемента отводится 30 символов.

- Минус перед координатой x говорит о том, что это остров, т.е. замкнутый контур внутри другого замкнутого контура.
- Один файл соответствует одному слою объектов.
- ID может быть использован для связи с базами данных, описывающих семантику объектов.
- Следует обратить внимание на следующее: формат не содержит паспортной информации, т.е. отсутствуют зафиксированные и передаваемые с файлами сведения о способе цифрования, системе координат, проекции карт и т.д.

## GEN (ARC/INFO GENERATE FORMAT – ГИС ARCI/NFO)

В формате могут быть описаны только следующие объекты: точка, дуга (ломаная), полигон. Структура записи в файле для дуг и полигонов:

```
ID1
x1  y1
x2  y2
.....
xN1 yN1
end
ID2
x1  y1
x2  y2
.....
xN2 yN2
end
.....
end
end
```

Здесь ID – идентификатор объекта.

Один файл соответствует одному слою объектов. ID может быть использован для связи с базами данных, описывающих семантику объектов.

Файл с информацией о точках имеет другую структуру:

```
ID1, x1, y1
ID2, x2, y2
ID3, x3, y3
.....
end
```



## MIF (MapInfo Interchange Format – ГИС MAPINFO)

Данные MapInfo хранятся в двух файлах. Графическая часть информации – в файле с расширением .MIF, а атрибутивная – в файлах с расширением .MID. Это текстовые файлы. MIF-файл имеет две части: заголовок и секцию данных. Заголовок содержит некоторую паспортную информацию, а секция данных – определения графических объектов. Заголовок файла формата MIF имеет следующий вид:

```
VERSION n
[ DELIMITER "<c>" ]
[ UNIQUE n,n .. ]
[ INDEX n,n .. ]
[ COORDSYS ... ]
[ TRANSFORM ... ]
COLUMNS n
<имя> < тип >
<имя> < тип >
```

В квадратные скобки взята информация, которая является необязательной, т.е. может отсутствовать. MIF-файлы могут быть первой или второй версии, или более поздней версии. Начиная со второй версии могут присутствовать предложения COORDSYS и TRANSFORM.

DELIMITER – разделитель. После этого слова в двойных кавычках указывают символ, который будет использован далее в качестве разделителя. Значение разделителя по умолчанию – символ табуляции, при его использовании строка DELIMITER может быть опущена.

INDEX – индекс. Для столбцов с указанными номерами создаются индексные файлы.

COORDSYS – координатная система. Эта строка задается в том случае, когда необходимо указать, что данные будут храниться не в географич-

ческих координатах. При ее отсутствии предполагают, что данные записаны в географических координатах (широта и долгота).

При записи данных в географических координатах точки к востоку от Гринвича имеют положительную координату X (долгота), а к западу – отрицательную. Точки в северном полушарии имеют положительную координату Y (широта), а в южном – отрицательную.

COLUMNS. Значение, указанное после этого параметра, определяет количество столбцов (полей) базы данных. В базе данных возможны следующие типы столбцов:

- char (длина поля);
- integer (4 байта);
- smallint (2 байта);
- decimal (длина поля, число цифр после запятой);
- float;
- data;
- logical.

В MID-файле атрибутивные данные записаны в соответствии с заголовком MIF-файла: *i*-я строка MID-файла содержит информацию об *i*-м графическом объекте секции данных MIF-файла.

Секция данных в MIF-файле следует после описанного ранее заголовка и должна начинаться со слова DATA на отдельной строке. В секции данных описывают только простые графические объекты:

- точка;
- отрезок прямой;
- ломаная линия;
- область, ограниченная замкнутой ломаной линией;
- дуга;
- прямоугольник;
- скругленный прямоугольник;

- эллипс;
- текст.

Для описания этих объектов используют следующие конструкции:

- **точка**

```
POINT x y  
[ SYMBOL ( вид, цвет, размер) ]
```

- **отрезок прямой**

```
LINE x1 y1 x2 y2  
[ PEN (ширина, тип, цвет) ]
```

- **ломанная**

```
PLINE numpts  
x1 y1  
x2 y2  
.  
[ PEN ( ширина, тип, цвет) ]  
[ SMOOTH ] - сглажена
```

- **область**

```
REGION #pgons  
numpts1  
x1 y1  
x2 y2  
.  
numpts2  
x1 y1  
x2 y2  
.  
[ PEN ( ширина, тип, цвет) ]  
[ BRUSH ( шаблон, основной цвет, цвет фона) ]  
[ CENTER x y ]
```

- **дуга**

ARC x1 y1 x2 y2 – противоположные по диагонали углы  
описанного прямоугольника,

a b – начальный и конечный углы дуги

[ PEN ( ширина, тип, цвет) ]

- **прямоугольник**

RECT x1 y1 x2 y2

[ PEN ( ширина, тип, цвет) ]

[ BRUSH ( шаблон, основной цвет, цвет фона) ]

- **скругленный прямоугольник**

ROUNDRECT x1 y1 x2 y2

a – степень сглаживания

[ PEN ( ширина, тип, цвет) ]

[ BRUSH ( шаблон, основной цвет, цвет фона) ]

- **эллипс**

ELLIPSE x1 y1 x2 y2

[ PEN ( ширина, тип, цвет) ]

[ BRUSH ( шаблон, основной цвет, цвет фона) ]

- **текст**

TEXT " < строка текста >"

x1 y1 x2 y2

[ FONT ... ]

[ Spacing { 1.0|1.5|2.0} ]

[ Justify { Left|Center|Right} ]

[ Angle угол поворота ]

[ Label Line { simple|arrow} x y ]

## 4. Решение задач в ГИС конечного пользователя

### 4.1. Классификация программных средств ГИС

Представленные сегодня на рынке программные средства (ПС) ГИС можно условно подразделять на несколько категорий (табл. 1):

Табл. 1. Категории программных средств ГИС

Категория ГИС	Функции				
	Ввод атрибутивных данных	Ввод пространственных данных	Создание баз данных	Запросы	Пространственный анализ и моделирование
Инструментальные ГИС	Да	Да	Да	Да	Да
ГИС-вьюеры	Ограничен	Ограничен	Нет	Да	Ограничен
Справочные картографические системы	Ограничен	Ограничен	Ограничено	Да	Нет
Векторизаторы картографических изображений	Ограничен	Да	Ограничено	Нет	Нет
Средства пространственного моделирования	Да	Нет	Ограничено	Да	Да
Средства обработки данных зондирования	Ограничен	Да	Ограничено	Да	Ограничен

**Инструментальные ГИС** – системы с наиболее широкими возможностями, включающими ввод, хранение, сложные запросы, пространственный анализ, вывод твердых копий.

Многие крупные инструментальные ГИС сопровождаются **ГИС-вьюерами**. Они предназначены для просмотра введенной ранее и структурированной по правам доступа информации, позволяя при этом выполнять

информационные запросы из сформированных с помощью инструментальных ГИС баз данных. Большинство их позволяет организовать вывод оформленного картографического планшета на твердый носитель.

**Векторизаторы растровых картографических изображений.** Предназначены для реализации процедур ввода пространственной информации со сканера, включают автоматические (рис. 13) или полуавтоматические средства преобразования растровых изображений в векторную информацию.

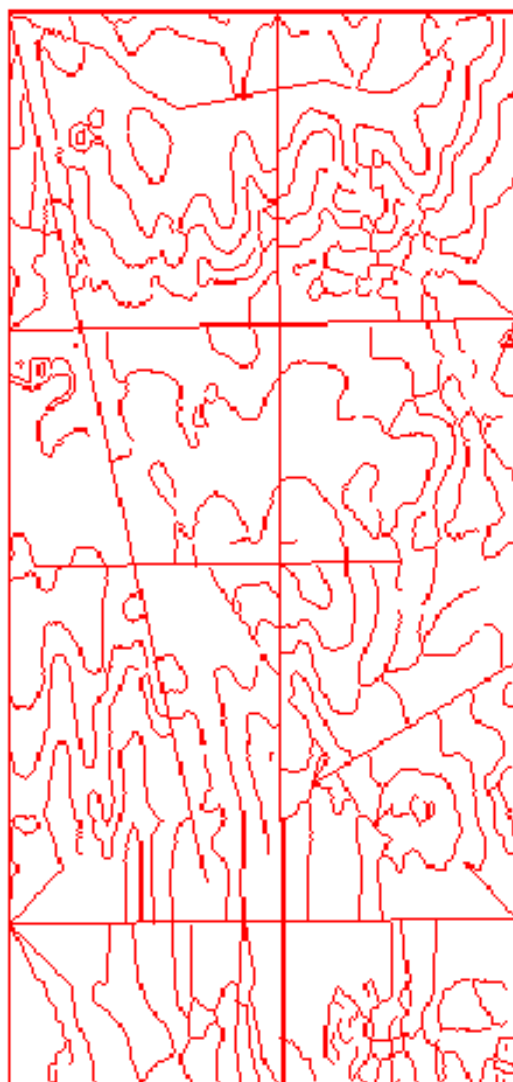
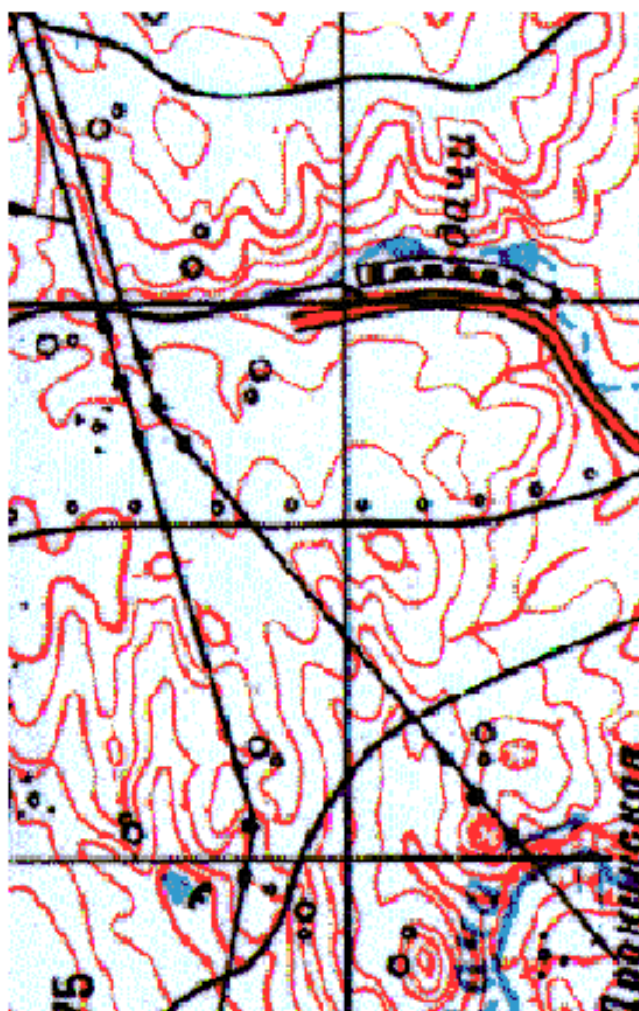


Рис. 13. Сравнение растрового оригинала (слева) с результатом автоматической оцифровки (справа) в программе-векторизаторе Vectorcy for Windows 3.1.

**Справочные картографические системы.** По функциональным возможностям приближены к ГИС-вьюерам, однако предназначены для работы только со встроенной базой данных, имея минимальные средства для ее обновления или пополнения.

**Специализированные средства пространственного моделирования.** К этому классу относятся системы, оперирующие с пространственной информацией, но ориентированные в первую очередь на частные задачи типа моделирования процесса распространения загрязнений, геологических явлений, анализа рельефа.

**Средства обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования.** Этот класс программных средств предназначен для обработки цифровых изображений земной поверхности, полученной с борта самолетов и искусственных спутников.

#### **4.2. Оценка инструментальных средств ГИС**

##### **Поддержка моделей пространственных данных**

Очень важная характеристика системы – набор поддерживаемых ею моделей представления пространственных данных. По составу поддерживаемых моделей данных можно судить о потенциальных возможностях и характере функций пространственного анализа в ПС ГИС. Моделью представления информации называют систему концепций и правил, используемую для описания типов объектов и взаимоотношений между их экземплярами. При этом одна группа аналитических функций может быть реализована на нескольких, другая – только на конкретной модели. Кроме того, реализация одних и тех же функций на разных моделях данных может иметь свои особенности. Модель пространственной информации определяет характер практически всех последующих операций и методов анализа, способ ввода данных и особенности получаемых результатов. Переход между разными моделями данных хотя и возможен, но сложен, требует зна-

чительных дополнительных затрат труда и может приводить к безвозвратным потерям информации. В общем случае очень сложно говорить о возможностях перехода от одной конкретной модели к другой. Наиболее распространенными моделями являются векторная топологическая, векторная нетопологическая и растровая. Выделяют также изображения, имеющие пространственную привязку (различия между растровой моделью и изображением состоит в том, что ячейка первого хранит фактически код явления, а второго – величину яркости). Для анализа рельефа используют нерегулярные триангуляционные сети. В некоторых приложениях может быть применена модель данных САПР.

### Функции пространственного анализа

Практически все современные развитые ГИС содержат исчерпывающий набор запросных функций. Это относится как к инструментальным ГИС, так и к ГИС-выюерам. Запросы позволяют формировать множество различных объектов (в том числе – пространственных) на основе заданных критериев, которые можно формулировать на языке пространственных взаимоотношений. Самой простой формой пространственных запросов являются получение характеристик объекта по указанию его курсором на экране и отображение объектов с заданными значениями атрибутов (обратная операция). В более развитых системах можно отбирать объекты, например, по признаку их удаленности от других объектов, соседства, совпадения и др. Классические функции пространственного анализа включают полигональный оверлей, анализ близости, буферизацию, алгебру карт, построение и анализ моделей рельефа, моделирование сетей. Операция буферизации обеспечивает такие возможности как, например, построение карт зон зашумленности, доступности, распространения загрязнения по территории. При помощи оверлеев можно рассчитывать статистику и строить карты совместной встречаемости явлений. Результатом анализа сетей мо-



гут стать, например, карты транспортной доступности, распространения загрязнений по речной сети (рис. 14). Многие из этих операций требуют очень серьезных вычислительных затрат. Дополнительно ГИС предоставляют такие функции, как измерение длин, площадей, углов и проч.

Краткий перечень основных функций пространственного анализа приведен далее.

#### *Полигональные операции*

- Наложение полигонов.
- Определение принадлежности точки полигону.
- Определение принадлежности линии полигону.
- Снятие границы и слияние полигонов.

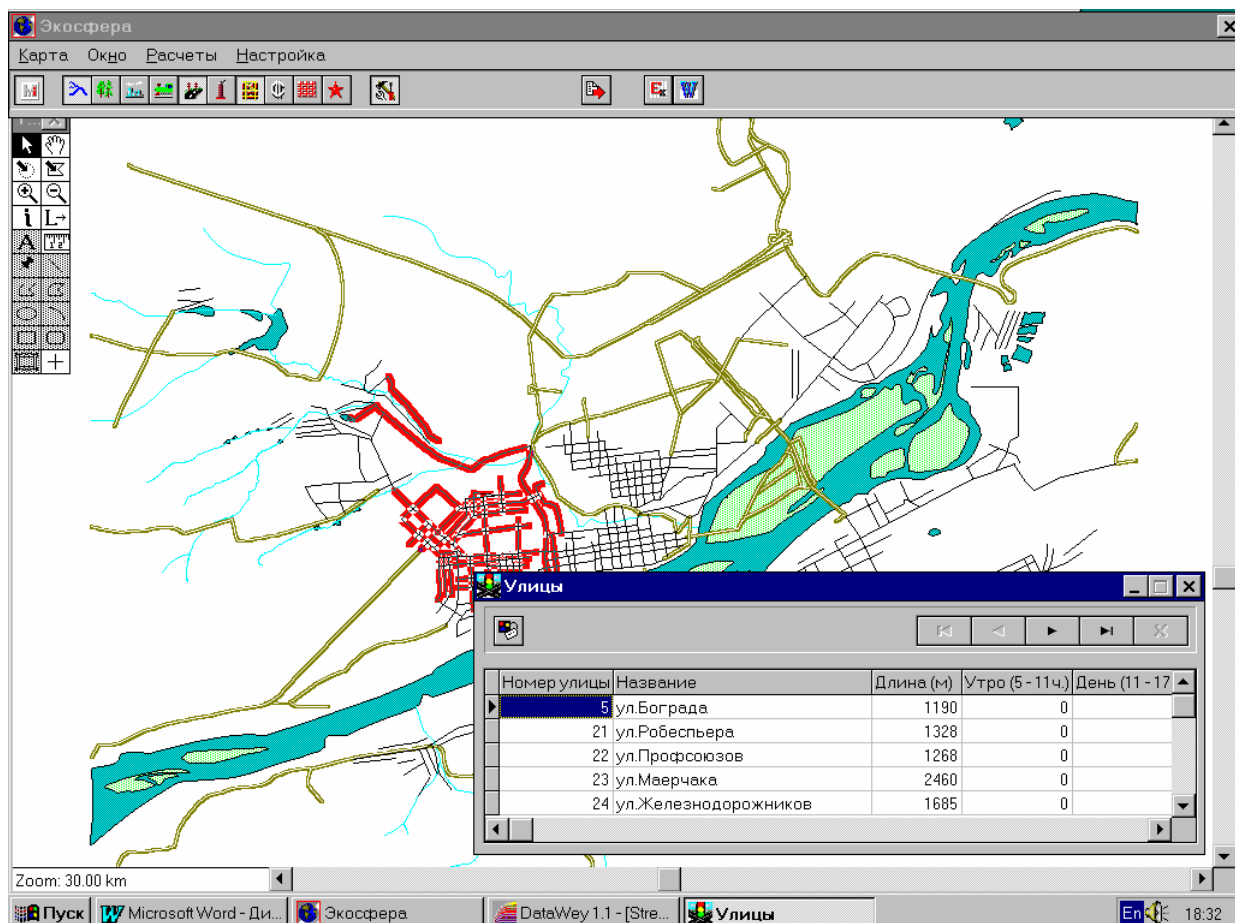


Рис 14. Пространственный анализ данных в решение задачи расчета интенсивности транспортных потоков и загрязнения атмосферы выхлопными газами в зависимости от времени суток (Октябрьский, Железнодорожный районы г. Красноярска)

### *Анализ близости*

- Построение буферных зон: на множестве точек, относительно кривых, на множестве полигонов, возможность взвешивания.
- Генерация полигонов Тиссена.

### *Анализ сетей*

- Поиск кратчайшего пути.
- Суммирование значений атрибутов по элементам сети.
- Размещение центров и распределение ресурсов сети.
- Поиск пространственной смежности.
- Поиск ближайшего соседа.
- Поиск по адресам.

### *Функции картографической алгебры*

- Перекодирование и переклассификация.
- Средние, максимальные и минимальные значения ячейки по множеству слоев.
- Логические комбинации слоев.
- Сложение/вычитание, умножение/деление слоев карт.
- Возведение в степень, дифференцирование.
- Операции анализа в режиме скользящего «окна».
- Группировка или идентификация неразрывных зон равных значений.
- Характеристики формы (вытянутость, фрагментированность).

### *Цифровое моделирование рельефа*

- Вычисление углов наклона.
- Определение экспозиций склонов.
- Интерполяция высот.
- Определение границ зон видимости для точечных объектов.
- Определение зон видимости для линейных объектов и полигонов.
- Генерация горизонталей с задаваемым пользователем сечением.

- Расчет дренажной сети и оптимального пути по поверхности.
- Генерация профилей поперечных сечений.
- Вычисление объемов относительно заданной плоскости.

#### *Прочие функции*

- Логические операции с множеством карт.
- Генерация случайной пространственной сети опробования.
- Работа с базами атрибутивной информации.

В качестве средств работы с атрибутивной информацией ГИС могут использовать внутренние или внешние СУБД. Как правило, внутренние СУБД обладают более узким набором возможностей. Для мощных систем характерно наличие «живых» связей с мощными серверами реляционных баз данных.

#### Средства ввода/вывода пространственной информации

Функционирование аналитических процедур обеспечивается наличием в ГИС средств ввода/вывода информации. Такие средства могут включать модули работы с дигитайзерами, сканерами, электронными геодезическими приборами, обеспечивать автоматическую или ручную векторизацию растровых изображений. Необходимо поддерживать средства геометрической коррекции, преобразования картографических проекций и контроля качества баз пространственной информации. Обязательный элемент ГИС – редактор графической информации. В некоторых системах предусматривают алгоритмы геометрической генерализации.

#### Средства преобразования форматов

Необходимым компонентом всех ГИС служат модули преобразования внешних форматов данных, куда должны входить средства импорта/экспорта наиболее распространенных графических векторных и растровых форматов. В наиболее мощных системах начала появляться поддержка

различных стандартов обмена пространственными данными и протоколов взаимодействия приложений.

## **5. Инструментальные средства разработки ГИС-приложений: GeoConstructor™**

Главной особенностью геоинформационной системы по отношению к обычным СУБД является возможность не только узнать, какие данные находятся в базе, но также определить их местоположение на местности с помощью цифровых географических карт. Отсюда вытекает основное требование к ГИС – возможность ввода и отображения пространственной информации и привязка к ней атрибутивных и тематических данных.

Геоинформатика – достаточно новая наука, поэтому ее термины еще недостаточно устоялись. Далее приведены основные понятия, которые необходимо уяснить для дальнейшего проектирования и построения ГИС. В том или ином виде они присутствуют во всех современных геоинформационных системах.

**Карта.** Термин «карта» означает здесь набор географических слоев, каждый из которых привносит информацию по какой-либо определенной теме. Например, на слой границ некоторой территории может быть нанесен слой рек, затем слой, отображающий количество атмосферных осадков в процентном отношении и т.д. Таким образом, манипулируя тематическими слоями, пользователь имеет возможность анализа информации в более естественном виде, чем голые колонки цифр. Это в свою очередь повышает эффективность и сокращает время принятия решений.

**Слой.** Слои в карте подразделяются на два основных вида: растровые и векторные.

*Векторные слои* – это совокупность простых геометрических объектов (точка, дуга, полигон), которые представляют те или иные объекты на

местности. Векторные слои могут также хранить топологию, т.е. информацию о взаимном расположении объектов.

*Растровые слои* представляют собой сплошные изображения. Они не могут содержать объекты. Однако они могут служить фоном для векторных слоев. Это полезно, например, в фотограмметрии при преобразовании отсканированных аэрофотоснимков в векторный формат и т.п.

**Объект.** Каждому объекту векторного слоя может соответствовать запись в базе данных, чем обеспечивается привязка информации к местности. Это соответствие может обеспечиваться в частности назначением каждому объекту соответствующего идентификатора.

### **5.1. GeoConstructor™ как инструмент для создания ГИС-приложений**

Сначала немного истории. Начиная с 1992 года Центр геоинформационных исследований Института географии Российской Академии наук распространяет ГИС собственного производства GeoGraph. Эта ГИС обладает множеством достоинств и является законченным программным продуктом. В силу ряда причин, в GeoGraph не были включены средства создания пользовательских приложений (как, например, MapBasic в MapInfo), а формат данных закрыт для большинства пользователей. Разработчики решили не создавать нового языка программирования, поскольку в этом случае пользовательские приложения смогли бы работать только в среде GeoGraph, что затрудняло бы их создание, отладку и использование. В то же время широкое распространение получили средства визуального программирования для MS Windows (Microsoft Visual Basic, Borland Delphi), а также была введена поддержка внешних компонентов в популярные библиотеки классов – Microsoft Foundation Classes (MFC) и Borland Object Windows (OWL). Это и послужило решающим толчком для создания GeoConstructor.

Итак, что же такое GeoConstructor. Прежде всего – это динамически подключаемая библиотека (DLL) Windows, созданная по протоколу расширений Visual Basic/OLE Control (VBX/OCX). GeoConstructor предоставляет классы объектов для создания и редактирования картографических композиций, которые вы можете многократно использовать в своих приложениях (рис. 15). Если вы знакомы с GeoGraph, то вы можете рассматривать GeoConstructor как программируемый функциональный аналог картографической части GeoGraph'a.

Другими словами, получив GeoConstructor, вы приобретаете значительную часть вашей, еще не написанной, программы!

Теперь вы совершенно свободны в выборе среды разработки и можете спокойно сосредоточиться на решении конкретных задач. Всю черную работу по управлению картами возьмет на себя GeoConstructor.

## **5.2. Внедрение GeoConstructor в среду разработки**

Протокол VBX был изначально разработан для Visual Basic (VB), поэтому VB – это единственная среда, которая не требует практически никаких дополнительных шагов для внедрения объектов VBX. Однако, в силу несовершенства самого протокола VBX, существуют определенные сложности при создании достаточно нетривиальных объектов, каким является, например, GeoConstructor. Поэтому вместе с GeoConstructor поставляются адаптирующие модули для трех наиболее распространенных платформ программирования, в которых его можно использовать.

Если вы еще не определились, в какой среде программирования вы собираетесь работать, то сделайте это сейчас.

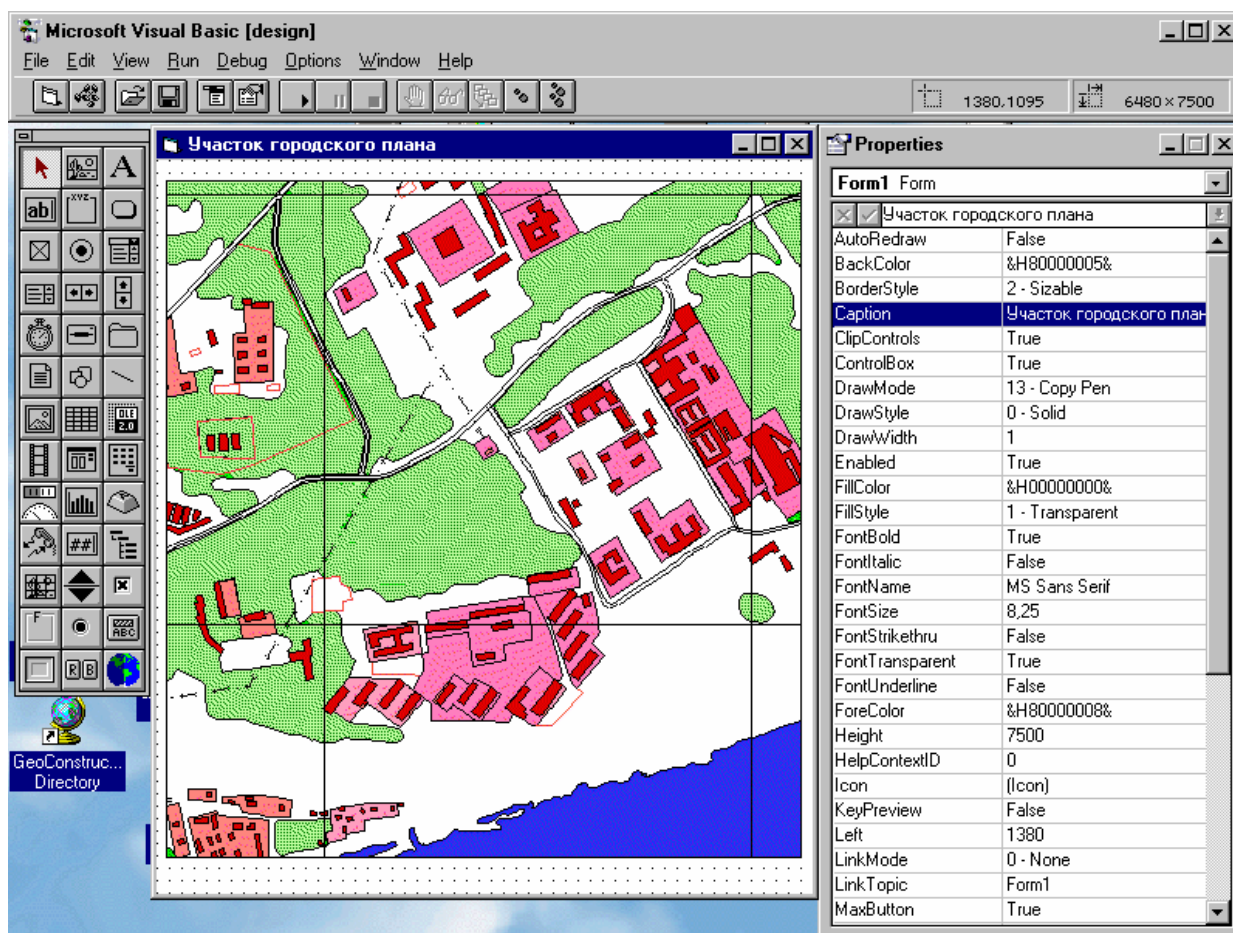


Рис. 15. Использование GeoConstructor в среде программирования Visual Basic: ГИС создается с помощью стандартной среды разработки. На участке городского плана – Академгородок г. Красноярск

После установки GeoConstructor на ваш компьютер, в подкаталоге \DELPHI1, вы можете найти пример программы на языке Object Pascal, демонстрирующий основные приемы программирования с использованием GeoConstructor.

Delphi имеет интерактивную поддержку для внедрения VBX-объектов. Однако для установки GeoConstructor, мы не рекомендуем ею пользоваться. Вместо этого добавьте файл GEOCONST.PAS в ваш проект или в библиотеку компонентов. Этот файл описывает класс gisMap, непосредственно наследуемый от класса TVbxControl. Заметьте, что синтаксис свойств, методов и событий в документации соответствует объявлению их в этом файле. Мы настоятельно рекомендуем включать этот файл во все

ваши проекты, использующие GeoConstructor.

Если вы добавили GEOCONST.PAS в палитру компонентов, то дальше вы можете использовать его точно так же, как и другие компоненты Delphi. Если же вы добавили этот файл непосредственно в ваш проект, то вам необходимо написать несколько строк кода, прежде чем вы сможете свободно обращаться к свойствам и методам GeoConstructor'a. Далее приведены пошаговые инструкции для динамического создания объекта класса gisMap:

```
unit MyForm;
interface
uses
.....
GeoConst;      // 1. Добавляем ссылку на модуль
                //      GEOCONST.PAS

type
TMyForm = class(TForm)
.....
private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
gisMap: gisMap; // 2. Добавляем объявление объекта
                //      класса
gisMap
end;

var
MyMain: TMyMain;
```



```

implementation
{$R *.DFM}

procedure TfrmMain.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    try
        gcMap := gisMap.Create(Self);      // 3. Создаем
                                           // объект класса gisMap
    with gcMap do
        begin
            Parent := Self; // 4. Указываем родительскую
        end;                // форму
    except
        on E:EVBXError do
            begin
                with Application do
                    begin
                        ShowException(E);
                        Terminate;
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;

end;

```

### **5.3. Создание картографических композиций**

Картографической композицией называют набор пространственных и атрибутивных данных, соотнесенных с какой-либо территорией. Как правило, сюда входят слои цифровой карты, правила и порядок их отображе-

ния, способы отрисовки объектов, библиотека условных знаков, тематические таблицы и др.

Композиция карты указывает на компоненты, ее составляющие, описывает их взаимосвязь и параметры. Слой цифровой карты может быть компонентом нескольких картографических композиций и при этом иметь разные стили отображения, диапазоны видимости и др. в каждой из этих композиций.

Итак, прежде всего вы последовательно загружаете необходимые слои с помощью свойства **mAddLayer**. Не удивляйтесь, если после этого вы ничего не увидите в окне карты. Изначально слои загружаются с отключенным флагом видимости. Это сделано специально, чтобы можно было раскрасить слой до его визуализации. Дело в том, что те слои, которые создает редактор GeoDraw и которые распознает GeoConstructor, не имеют своей собственной раскраски. Они несут в себе только пространственную информацию, предполагая, что атрибутивные данные будут привязаны в будущем в контексте конкретной картографической композиции, использующей данный слой. Если же, предположим, вам требуется тематическая раскраска по информации из внешних баз данных, то, после загрузки всех необходимых слоев, самое время связать их с соответствующими таблицами и только потом приступать к раскраске. Если вам приходилось в средних классах школы раскрашивать на уроках географии контурные карты, то этот процесс должен быть вам знаком.

Если в дальнейшем у вас отпадет необходимость в каком-либо слое, Вы можете спокойно удалить его с помощью свойства **mRemoveLayer**. При этом, конечно же, слой будет удален только из конкретного окна с картой. Файлы слоя удаляться с диска не будут. Для удаления за один раз всех слоев установите свойство **mImport** равным пустой строке (например, `mImport=""`).

При завершении работы с картой, вы можете не беспокоиться об удалении слоев из карты, ибо GeoConstructor успешно все сделает сам с помощью встроенного "сборщика мусора".

Если вы являетесь пользователем ГИС GeoGraph, то Вам будет приятно узнать, что GeoConstructor позволяет импортировать композицию, созданную в GeoGraph версии 1.5. Для этого присвойте свойству **mImport** строку, содержащую полный или относительный путь к файлу карты на диске. Но при этом имейте в виду, что GeoConstructor не предназначен для непосредственной работы с mp-файлами GeoGraph'a. Это связано с тем, что подходы к раскраске слоев в GeoGraph'e и GeoConstructor'e довольно различны. Поэтому не ждите, что GeoConstructor будет сохранять свои композиции в MP-файлы. Вам придется создать собственный формат хранения картографических композиций, наиболее подходящий для нужд конкретного приложения.

#### **5.4. Управление набором слоев и изображением карты**

Итак, предположим, что все необходимые слои загружены. Теперь необходимо научиться управлять набором этих слоев, что бы он отвечал потребностям вашего приложения.

Прежде всего, необходимо усвоить, как GeoConstructor осуществляет доступ к свойствам каждого слоя в отдельности. Для этого введено понятие активного слоя, название которого определяется свойством **mActiveLayer**. Все действия со свойствами, имеющими префикс "I", будут относиться ТОЛЬКО к активному слою. В описании они объединены в раздел «Свойства слоя».

Каждый слой в карте имеет произвольное, но, в пределах одной карты, уникальное название (имя слоя). Уникальность имен GeoConstructor поддерживает автоматически, путем добавления числового индекса в конец заданного имени. Другими словами, вы всегда можете быть уверены,

что в карте нет двух слоев с одинаковыми названиями, даже если один и тот же слой загружен более одного раза. Учтите также, что именование слоев чувствительно к регистру символов, поэтому названия "Реки", "РЕКИ" и "реки" считаются различными. Получить и установить имя слоя можно через свойство **IName**.

Далее вы можете свободно переставлять слои местами, устанавливая нужный порядковый номер (индекс слоя) в свойстве **Index**. Для контроля этого номера пользуйтесь свойством **mCountLayers**, возвращающим общее количество слоев в карте. Помните, что слои всегда индексируются и рисуются от нуля, т.е. слой с нулевым индексом будет виден в карте как самый нижний.

Итак, расставив все слои по местам, дав им желаемые имена, мы активизируем нужный слой по его имени, тем самым открывая доступ ко всем его многочисленным свойствам и параметрам.

Следующий пример демонстрирует, как слой Admin поставить первым для отображения (т.е. самым нижним на карте) и присвоить ему имя «Административное деление»:

```
MyForm.gisMap1.mActiveLayer = "Admin";  
MyForm.gisMap1.lIndex = 0;  
MyForm.gisMap1.lName(0) = "Административное деление";  
MyForm.gisMap1.lflVisible = True;  
MyForm.gisMap1.Refresh;
```

И вот, наконец, в окне GeoConstructor'a появилось изображение карты. Прежде чем обсуждать способы масштабирования карты, мы должны знать, в какой системе координат оцифрованы слои и в какой системе координат они отображаются.

В основном за исходные единицы измерения принимают миллиметры бумажного носителя, с которого оцифровывалась карта, но, на самом деле, это могут быть совершенно произвольные единицы. GeoConstructor не делает никаких предположений относительно того, в каких единицах представлены координаты объектов в том или ином слое. Вместо этого вводится понятие "единицы цифрования", т.е. GeoConstructor'у совершенно все равно, какие в карте приняты единицы измерения, он всегда подразумевает, что свойства, требующие значения в системе карты (например, **mZoom**), и действительные координаты объектов на карте приведены к одной системе координат. Единственное ограничение заключается в том, что единицы измерения должны быть линейными. Т.е. слои, оцифрованные в градусах (в географических координатах), будут интерпретироваться GeoConstructor'ом неправильно.

Конечно, объекты не могут отображаться в окне непосредственно в системе координат карты, поэтому GeoConstructor обладает необходимыми методами пересчета координат точек из системы карты в систему окна и обратно. Вы будете использовать метод **MapToScr** для преобразования координат точки на карте в координаты соответствующей точки в экранном окне. Для обратного преобразования применяют метод **ScrToMap**.

Теперь, когда мы выяснили, в какой системе координат мы работаем, обсудим, как заставить GeoConstructor отображать различные участки карты.

Существуют три свойства, однозначно определяющие фрагмент карты, отображаемый в окне. Свойства **mCenterX** и **mCenterY** задают координаты центральной точки, а свойство **mZoom** - ширину фрагмента карты, ограниченного окном.

Если вы хотите, например, сдвинуть изображение карты влево относительно окна, необходимо увеличить значение свойства **mCenterX** на желаемую величину сдвига. Запомните простое правило: изображение всегда

сдвигается в сторону, противоположную направлению сдвига окна (наблюдателя).

Что касается масштаба изображения, то тут еще проще: чем меньше значение свойства **mZoom**, тем крупнее масштаб (изображение ближе). Например, чтобы увеличить масштаб в два раза, надо уменьшить в два раза значение свойства **mZoom**.

Существуют еще несколько вспомогательных свойств, упрощающих масштабирование карты. Чтобы отобразить полностью всю карту в окне, обратитесь к свойству **mZoomMap**, если только активный слой – **mZoomLayer**. Если же надо вернуть предыдущее изображение, то обратитесь к свойству **mZoomPrev**.

GeoConstructor позволяет поставить видимость каждого слоя в зависимость от масштаба карты. С помощью свойств **IMinZoom** и **IMaxZoom** определяют диапазон видимости слоя, после чего включают чувствительность к этому диапазону, устанавливая флаг **IfZoommed**. После этого слой будет видимым только внутри заданного диапазона. Знаменатель текущего масштаба карты можно в любой момент узнать, считав значение свойства **mCurrentScale**.

По умолчанию, при изменении размеров окна карты, масштаб изображения не изменяется, однако изменяется видимая область фрагмента карты. Чтобы заставить GeoConstructor сохранять видимую область карты в окне, установите свойство **mWhenResize** равным 1. При этом масштаб карты будет изменяться при каждом изменении размеров окна карты.

### **5.5. Работа с объектами: навигация, поиск, выборка**

Мы уже говорили, что одна из основных составляющих картографической композиции – упорядоченный набор слоев. В свою очередь, каждый слой представляет собой упорядоченный набор геометрических объ-

ектов, тем или иным образом соответствующий реальному объекту на местности.

Здесь вполне уместна аналогия с пассажирским поездом. Весь поезд можно рассматривать, как упорядоченный набор вагонов (каждый вагон имеет свой уникальный номер). В то же время каждый вагон имеет упорядоченный набор пассажирских мест. Поэтому любой из нас, получив на руки билет, имеет точные координаты своего места в поезде. Такая организация представляется нам совершенно естественной, и многие даже не могут себе представить какой-либо иной способ размещения пассажиров. Что ж, в компьютерном мире очень много аналогий с реальной жизнью, и геоинформатика не исключение.

Однако как же GeoConstructor позволяет "пассажиру найти свое место в поезде"? Прежде всего вы активизируете слой (свойство **mActiveLayer**), к объектам которого необходимо получить доступ (определяете "свой вагон"). **IActiveObjectIndex** определяет индекс активного объекта (ваше "место в вагоне"). Явно изменяя значение этого свойства, Вы активизируете необходимый вам объект. Во многих случаях необходимо последовательно пробежаться по всем объектам слоя. Это можно сделать с помощью свойств **IFirstObject**, **INextObject**. Или в обратном порядке – **ILastObject**, **IPrevObject**. Эти свойства непосредственно активизируют первый, следующий, последний или предыдущий объекты слоя. Вы всегда должны помнить, что все свойства объекта относятся только к активному объекту активного слоя.

Найти объект по заданной точке на карте поможет метод **ObjectFromPoint**. Заметьте, что этот метод не активизирует найденный объект, а только возвращает его индекс. Индекс объекта является уникальным в пределах одного слоя и в общем случае равен порядковому номеру объекта в слое.

Зачастую из всех объектов, составляющих слой, необходимо выбрать некоторый поднабор. Такая ситуация возникает, например, когда на карте нужно отобразить результат некоторого запроса. Именно для этих целей в GeoConstructor'е предусмотрена возможность выборки и фильтрации объектов.

Ваша программа тем или иным способом определяет, какие объекты отвечают условиям запроса. После этого вы помечаете каждый такой объект как выбранный (устанавливаете свойство **oSelected** равным True) и заставляете GeoConstructor отображать выбранные объекты особым цветом, определяемым свойством **lSelectionColor**.

Обратившись к свойствам **mZoomSelection** или **lZoomSelection**, можно смасштабировать карту так, чтобы в окне уместились все выбранные объекты (в карте и в активном слое, соответственно).

Для последовательного доступа к выбранным объектам предусмотрены специальные свойства навигации – **lFirstSelected**, **lNextSelected**, **lLastSelected** и **lPrevSelected**, которые активизируют соответственно первый, следующий, последний и предыдущий выбранный объект.

Подобным же способом осуществляют фильтрацию объектов. Предположим, что вам вообще не нужно отображать объекты, не удовлетворяющие некоторому запросу. Для этих целей у каждого объекта предусмотрен флаг видимости (свойство **oVisible**), отключив который вы делаете невозможным отображение в карте данного объекта до тех пор, пока этот флаг не будет снова включен. Причем этот флаг действует независимо от флага видимости слоя.

Возможность фильтрации распространяется также и на выбранные объекты.

На данный момент GeoConstructor не обладает никакими встроенными средствами для составления и проигрывания запросов. Он только позволяет отображать результаты запроса на географических картах.



## 5.6. Привязка внешних баз данных

Все данные, составляющие композицию карты можно разделить на две группы.

**Пространственные данные** – это координаты объектов, их типы (точка, дуга, полигон), способы отображения и прочая графическая информация, т. е. все, с чем оперирует GeoConstructor.

**Атрибутивные данные** – это любая дополнительная (как правило, алфавитно-цифровая) информация, имеющая отношение к данной территории. Например, название городов или численность населения – это атрибутивные данные (характеристики) пространственных объектов слоя «Города».

Каждый объект в карте имеет пользовательский идентификатор для привязки к базе данных (свойство **oID**). Основная идея связи пространственных данных с атрибутивными заключается в идентификации объектов базы данных соответствующим образом. Пространственный объект на карте и содержащий информацию о нем объект базы данных имеют один и тот же идентификатор, который служит связующим звеном. Как пример можно привести следующую структуру БД.

Каждому слою карты ставят в соответствие таблицу, содержащую характеристики объектов слоя. В таблице должно присутствовать поле, в котором хранится идентификатор объекта. Следовательно, с одним объектом на карте сопоставляется одна запись (строка) в таблице, содержащая в поле идентификатора то же значение, что и идентификатор пространственного объекта на карте. Точно таким же образом объекту на карте можно приписывать информацию, содержащуюся в группе записей, отдельной таблице или любом другом наборе данных.

Практически все системы визуального программирования содержат в своем составе средства для работы с реляционными СУБД различных

форматов или даже возможности разработки приложений типа клиент-сервер. Воспользовавшись этим инструментарием, GeoConstructor'ом и описанным ранее подходом, разработчик может создать приложение, работающее с атрибутивными данными любой структуры, и соотнести их с географической информацией.

### **5.7. Тематическое картографирование**

Для векторных слоев GeoConstructor предусматривает один из трех возможных способов раскраски.

1. **Default (Обычная)** – каждый объект отображается со своими индивидуальными атрибутами, определяемыми свойствами **oStyle**, **oWeight**, **oLineColor** и **oFillColor**.
2. **Universal (Единообразная)** – все объекты слоя раскрашиваются одинаковым образом, как определено в свойствах **IStyle**, **IWeight**, **ILineColor** и **IFillColor**.
3. **Thematic (Тематическая)** – атрибуты объектов зависят от тематического индекса объекта (свойство **oThematicIndex**) и при каждом обновлении изображения запрашиваются у прикладной программы с помощью события **mGetThematicAttr**.

Тематическую раскраску часто применяют тогда, когда атрибуты отображения объектов необходимо поставить в соответствие некоторым количественным характеристикам.

Далее мы приводим пошаговые инструкции для создания тематической раскраски слоя:

- создайте тематическую таблицу, в которой каждая запись должна содержать атрибуты для конкретного класса объектов;
- определите индексы всех объектов, принадлежащих каждому классу;
- для каждого объекта установите номер его класса в свойстве **oThematicIndex**;

- переключите слой в режим тематической раскраски, для чего свойству **IDisplayMode** надо присвоить значение 2;
- в обработчике события **mGetThematicAttr** установите значения атрибутов, соответствующих конкретному тематическому классу.

На данный момент GeoConstructor не имеет никаких встроенных возможностей для создания и хранения тематических таблиц. Эта задача целиком возлагается на разработчика.

### **5.8. Обработка ошибок и управление мышью**

Обработка ошибок – это та часть процесса создания программного обеспечения, которой разработчики порой придают второстепенное значение. Однако игнорирование потенциальных ошибок может привести к нежелательным последствиям и сильно испортить жизнь конечному пользователю.

Многие среды разработки имеют собственные средства поиска ошибок, но есть и такие, где подобные возможности отсутствуют (например, Borland C++). Поэтому GeoConstructor имеет специальное свойство **mLastError**, которое содержит код последней ошибки. Так как ошибка может произойти при обращении к любому из свойств или методов, то желательно проверять значение ошибки при каждом обращении к ГеоКонструктору.

Для таких сред, как Visual Basic и Delphi, мы все же рекомендуем пользоваться встроенными в эти среды механизмами обработки ошибок, ибо они более удобны и не засоряют исходный код, а свойство **mLastError** использовать как дополнительную возможность.

В предыдущих разделах показаны основные возможности программного управления GeoConstructor'ом. Представленный набор свойств и методов покрывает практически все повседневные задачи электронного картографирования, за исключением взаимодействия с пользователем.

У вас может возникнуть законный вопрос: "Как я могу запрограммировать реакцию на действия пользователя в пределах карты (например, щелчок кнопки мыши)?" Ответ на этот вопрос может Вас удивить – ничего программировать не нужно! Разработчики определили все наиболее частые действия пользователя с картой и встроили все необходимые обработчики этих действий непосредственно в GeoConstructor. Поэтому после того, как окно карты создано и в него загружены данные, оно сразу же готово обрабатывать ввод пользователя.

Но это ни в коем случае не значит, что вы не можете организовать собственную обработку мыши. GeoConstructor только поощряет вас использовать встроенные обработчики, но вы совершенно спокойно можете игнорировать некоторые из них, вплоть до полного отказа вообще от встроенной обработки, если по каким-либо причинам она вам не подходит.

Итак, для активизации одного из предусмотренных обработчиков, используйте свойство **mMouseTool**, присваивая ему соответствующий номер. Это все, что требуется. GeoConstructor тут же переключится на указанный обработчик.

Несколько сложнее организовать нестандартную обработку действий мыши, но это тоже отнюдь не высшая математика. Прежде всего, установите свойство **mMouseTool** равным 10, информируя таким образом GeoConstructor о том, что действия мыши вы хотите обрабатывать самостоятельно. После этого, в ответ на щелчок левой кнопки мыши, ГеоКонструктор будет генерировать стандартные события **MouseDown**, **MouseMove** и **MouseUp**, которые вы можете обрабатывать совершенно произвольным образом, в зависимости от конкретных задач приложения. Таким образом вы получаете полную свободу обработки пользовательского ввода.

В принципе, практически всю встроенную обработку вы бы могли успешно реализовать и сами с помощью свойств и методов GeoConstructor'a. Но тогда вам пришлось бы каждый раз переносить ее из одного приложе-

ния в другое, что привело бы к неоправданному дублированию кода. Использование встроенных обработчиков может заметно облегчить Вам жизнь, поэтому, где только возможно, не пренебрегайте ими, а собственную обработку применяйте только тогда, когда этого настоятельно требуют задачи приложения.

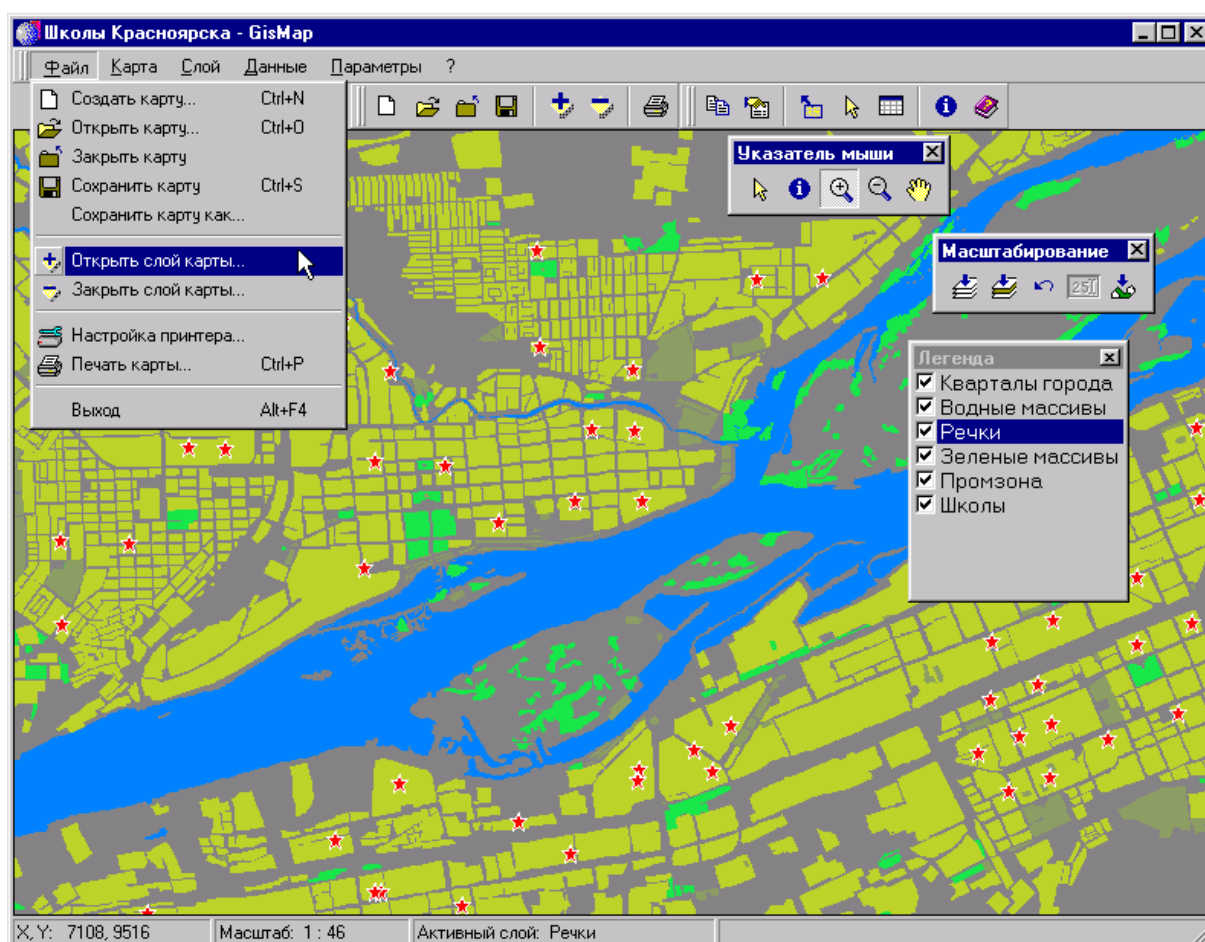
## 5.9. Класс *gisMap*

### Назначение

Объекты класса *gisMap* дают разработчику программный доступ к географическим картам, составленным из растровых или векторных слоев.

### Форматы слоев

Для растровых слоев поддерживаются наиболее распространенные



графические форматы – BMP, PCX, GIF, TIFF и пр. Векторные слои под-

Рис. 16. Прикладная система, созданная на основе библиотеки GeoConstructor – ГИС образовательных учреждений г. Красноярск

держиваются в формате GeoDraw for DOS.

### **Импорт карт**

Вы можете импортировать карты, созданные в ГеоГраф для Windows 1.1. При этом все предыдущие данные, содержащиеся в объекте-карте, будут сброшены.

### **Нотация**

Класс `gisMap` обеспечивает трехуровневый доступ к пространственной информации. Первый уровень – управление картой в целом, второй уровень обеспечивает доступ к каждому слою, третий – к каждому объекту слоя. Поэтому все специальные свойства класса `gisMap` разделены на три группы: свойства карты, свойства слоя и свойства объекта.

Чтобы легче было ориентироваться в общем списке свойств, в классе `gisMap` принята следующая нотация. Названия всех специальных свойств начинаются с префикса ( `m` - свойство карты, `l` - свойство слоя, `o` - свойство объекта). Таким образом они легко отличаются от стандартных свойств, которые начинаются всегда с заглавной буквы.

На рис. 16 приведен пример прикладной программы, созданной на основе библиотеки `GeoConstructor`.

## **6. Обзор некоторых ГИС**

### ***6.1. Программные продукты ESRI***

**ARC/INFO**, ведущий программный продукт ESRI – высокоуровневая ГИС-система с полным набором средств геообработки, включая сбор данных (растровый и векторный формат), их интеграцию, хранение, автоматическую обработку, редактирование, создание и поддержку топологии, пространственный анализ, работу с регулярной и нерегулярной моделями, связь с SQL DBMS, прямое взаимодействие с SDE, визуализацию и создание твердых копий любой картографической информации. Работает на UNIX рабочих станциях и на PC с Windows NT. К базовому пакету сис-

темы ARC/INFO можно дополнительно приобрести ряд модулей расширения, предоставляющих пользователям много новых возможностей работы с геоданными. Описание модулей расширения системы дано ниже.

**PC ARC/INFO** – полнофункциональная ГИС для работы на PC с MS DOS и под Windows. Включает средства ввода (оцифровка на дигитайзере), обработки с построением топологии, редактирования, анализа данных, их географической трансформации, связи с dBASE III/IV, создания и распечатки твердых копий картографических материалов. В состав системы входит ряд модулей.

**ArcCAD** – продукт, расширяющий возможности AutoCAD до работы с моделью данных ARC/INFO. Это полнофункциональная ГИС, действующая в среде AutoCAD (версии 12, 13). Возможности примерно соответствуют PC ARC/INFO. Работает на PC с MS DOS и под Windows.

**ArcView** – наиболее быстро развивающийся, простой в обучении и работе продукт, предоставляющий конечному пользователю средства выбора и просмотра наборов разнообразных геоданных, их редактирования, создания макетов карт с легендами, графиками и диаграммами, связывания объектов карты с атрибутивной информацией в режиме hot links, адресного геокодирования, использования растровых изображений, распечатки картографических материалов. Напрямую работает с базами данных ARC/INFO, ArcCAD, PC ARC/INFO, SDE, базами dBASE III и dBASE IV, имеет доступ к SQL DBMS (Oracle, Ingres, Sybase, Informix), читает файлы форматов DXF, DWG, IMG, DGN. Включает функции вызова удаленных процедур RPC, связи с другими приложениями через стандартные протоколы DDE for Windows и Apple Events for Macintosh, динамической линковки библиотек DLL, возможность подключения Visual Basic. Имеет одинаковые функции при работе с Windows 3.1/3.11/95/NT, UNIX, Macintosh/Power Macintosh, открытый формат файлов shapefiles. В состав ArcView входит Avenue. Создан ряд приложений к ArcView для инженер-

ных изысканий, взаимодействия с GPS системами и т.д. Текущая версия 3.0 имеет масштабируемую архитектуру. В ее составе базовое ядро с доработанными (по сравнению с версией 2.1) функцией цифрования на дигитайзере и внутренними модулями расширения и два внешних модуля расширения с развитыми средствами геоанализа: Spatial Analyst (работа с регулярной моделью рельефа, растровое моделирование) и Network Analyst (решение задач анализа пространственных сетей, например дорог, нефтепроводов и т.п.). Внешние модули работают под Windows 95/NT и под UNIX.

**Avenue** – включенный в состав пакета ArcView объектно-ориентированный язык программирования и среда разработчика. С его помощью вы, при необходимости, можете приспособить пользовательский интерфейс под свои задачи, создать, убрать или скрыть кнопки меню. Под каждой кнопкой можно задать выполнение имеющихся или новых, в том числе и написанных вами на Avenue, макрокоманд (скриптов). В комплект поставки включено около 100 примеров полезных скриптов. Используя Avenue, можно создать и собственные приложения. По сути, ArcView также является приложением, разработанным средствами Avenue.

**Data Automation Kit (DAK)**. Инструментарий этого продукта основан на возможностях трех из шести модулей пакета PC ARC/INFO новой версии 3.5, а именно модулей Starter Kit, Data Conversion и ArcEdit. Он обеспечивает средства цифрования, полномасштабного редактирования, создания и поддержки топологии, вывода карт в заданной проекции. Может конвертировать покрытия, созданные в ARC/INFO на рабочей станции, и файлы shapefile пакета ArcView в покрытия PC ARC/INFO. Применяется самостоятельно или в связке с ArcView for Windows.

**Spatial Database Engine (SDE)** – это не просто новый программный продукт, а новая технология управления большими базами пространственных данных, включающими информацию по сотням тысяч или миллионам



объектов, например земельных участков. Работать с ней можно как в среде ГИС, так и в других информационных технологиях в режиме клиент-сервер в пределах локальной или глобальной сети. В SDE можно выделить две основных составляющих: высокоскоростной пространственный сервер, использующий технологию реляционных баз данных и отвечающий за поиск и пересылку данных, и программный прикладной интерфейс API со средствами пространственного запроса (клиент). Работать с базой (проводить запросы, выборку по критериям, пространственный анализ) одновременно могут много (до нескольких сотен) клиентов, в том числе и не пользователи ГИС. SDE работает очень быстро, все обратившиеся с запросом получают ответ в течение нескольких секунд. При этом время доступа и получения ответа на запрос практически не зависит от числа пользователей и размера базы данных. В качестве базы данных можно использовать стандартные DBMS, но их средства применяются пользователем или разработчиком не напрямую, а на уровне интерфейса SDE, что значительно упрощает работу. Согласно договору между ESRI и корпорацией Oracle, заключенному в сентябре 1995 г., проведена интеграция технологии SDE и продукта Oracle7 Spatial Data Option. Пакет ArcView версии 3 будет иметь прямой доступ к базам данных Oracle7 Spatial Option. Прямое взаимодействие с базами Oracle через SDE будет одной из новых функций ARC/INFO версии 8. В дальнейшем планируется объединить SDE с модулем расширения ArcStorm системы ARC/INFO.

**MapObjects** – это инструментальное средство программиста-разработчика, включающее управляющие элементы OLE Control и набор программных OLE-объектов. Позволяет добавить в существующие или новые приложения, а также в коммерческие продукты, многие средства картографирования и технологии ГИС. MapObjects основан на стандарте OLE 2, поддерживает многие популярные среды программирования, может напрямую использовать файлы shapefile, слои SDE, снимки с координатной

привязкой в разных форматах, взаимодействует с другими базами данных через драйверы Microsoft ODBC, позволяет использовать возможности сети Internet. MapObjects работает на PC с Windows 95/NT, имеет 32-разрядную архитектуру.

**Digital Chart of the World (DCW)** – это цифровая карта мира (суши) в формате ARC/INFO, созданная на основе тактических навигационных карт Министерства обороны США. Исходный масштаб 1:1 000 000, объем данных 1,7 Гигабайт, носитель - четыре диска CD-ROM с книгой описания данных. Карта разбита на 2094 листа размером 5 на 5 градусов. Число тематических слоев на лист: от 3 до 27 (для России в среднем 17 слоев). Существуют версии DCW для UNIX рабочих станций и для PC. Для просмотра и работы с картой можно использовать любые ГИС ESRI.

**The ArcData Publishing Program** – это программа поддержки и распространения по всему миру коммерческих цифровых баз геоданных, картографических материалов и изображений, подготовленных с помощью программных продуктов ESRI или переведенных в форматы, читаемые этими продуктами. Их может с успехом использовать в своей работе любой обладатель ГИС-пакетов серии ARC/INFO, но особенно они полезны пользователям ArcView. Таких баз разнообразной тематики, разного масштаба и назначения предлагаются сотни. Одним из продуктов, подготовленных ESRI, является цифровая карта мира DCW. Кроме того, существуют базы данных на весь мир, такие как ArcWorld масштаба 1: 25 млн. и 1:3 млн., базы на ряд стран, регионов и городов. Недавно ESRI совместно с СП Дата+ подготовили цифровой атлас мира “ArcAtlas: Our Earth”, включающий множество различных карт, описательной информации и изображений на весь мир, континенты и отдельные регионы.

### **Модули расширения системы ARC/INFO**

**ARC NETWORK** предназначен для моделирования и анализа топологически связанных объектов в виде пространственных сетей, оценки и

управления ресурсами, распределенными по сетям, и процессами в таких сетях. Используется для поиска оптимальных маршрутов движения транспортных средств, для анализа и планирования транспортных нагрузок, развития и содержания дорожной сети, городского планирования, операций с недвижимостью, оптимизации перевозок или почтовых отправок, выбора наилучшего местоположения новых центров обслуживания и других объектов с учетом потребностей жителей и клиентов, при поиске объектов по их адресам, маркетинговых исследованиях, управлении коммуникационными сетями (электросетями, водопроводом, сточной и ливневой канализацией и т.п.), в работе городского транспорта, милиции, пожарных, службы скорой помощи.

**ARC TIN** предназначен для моделирования в среде ARC/INFO топографических поверхностей, например рельефа местности, или физических поверхностей, таких как плотность населения, электромагнитные поля, уровень шума. Модель TIN (нерегулярная триангуляционная сеть) – удобный и эффективный способ представления поверхностей в трехмерном пространстве в виде триангуляционной сети или регулярной матрицы точек. По построенным поверхностям можно выполнять разнообразные операции: вычислять объемы между поверхностями, проектировать на них векторные карты ARC/INFO и растровые карты модуля GRID, аэрофото- и космоснимки. Можно строить изолинии, рассчитывать объемы выемок и насыпей, уклоны, экспозиции склонов, определять видимость точек, линий и областей, границы водосборов, тальвеги, проводить инженерный анализ: разрезы, измерение высот и др.

**ARC GRID** добавляет возможности растрового моделирования в модель данных ARC/INFO и превращает ее в интегрированную векторно-растровую ГИС. Имеет мощный набор средств управления и анализа непрерывно распределенными числовыми и качественными признаками, представляемыми в виде регулярных моделей, моделирования сложных

процессов. Особенно эффективен для гидрологического и гидрогеологического моделирования, геологического прогнозирования, планирования землепользования, маркетинговых исследований, многомерного статистического анализа пространственных данных, оптимизации выбора трассы с использованием стоимостной поверхности.

**ARC COGO** осуществляет поддержку координатной геометрии (набора средств и функций для работы с геодезическими данными), ее интеграцию с ARC/INFO. На входе можно использовать данные первичной геодезии (полевых журналов), в том числе с электронных тахеометров, и данные GPS (глобальной спутниковой системы привязки). Кроме того, для ввода можно использовать ASCII файлы, файлы САПР по более чем 20 форматам, включая DXF, IGES, IGDS. Атрибутивные данные можно хранить и во внешних базах данных типа Oracle, Informix, Ingres, Sybase. Расчеты теодолитных ходов поддерживают точность исходных данных съемки, координаты двойной точности по неограниченному числу пунктов съемки. Средства конструирования дают полный набор интерактивных функций для записи планов съемок и расположения объектов и сооружений. Имеются средства подготовки табличных форм отчетности, включая настройку под ваши требования. COGO широко используется для создания и управления земельными кадастрами, оценки собственности и операций с недвижимостью, создания базовых карт для кадастров, службами содержания коммунальных сетей, для инженерно-строительных целей, контроля и управления инфраструктурой муниципалитетов, городов, областей и целых стран.

**ArcPress** – это программный растеризатор, система, преобразующая векторную, растровую, или смешанную векторно-растровую графику в формат растрового устройства вывода, растр заданного разрешения и размера. Он обеспечивает быструю высококачественную распечатку карт и изображений на растровых устройствах вывода, таких как струйные и

электростатические плоттеры. К выводу на векторные (перьевые) плоттеры ArcPress отношения не имеет. В качестве входных он может использовать как графические метафайлы в стандартах ESRI, так и файлы других систем в форматах CGM, PostScript (Level 1, Level 2). На выходе ArcPress могут быть получены растровые форматы не только для направления прямо на устройство вывода, но и многие форматы, применяемые для обмена (TIFF, PBM, PCX BW, BMP, BIT). ArcPress выполняет программную растеризацию прямо на рабочей станции, используя мощные ресурсы ее памяти и скорость счета. Это позволяет обойтись без неизбежного добавления памяти в плоттер стандартной конфигурации (особенно при выводе на большие форматы), значительно увеличить скорость печати, улучшить качество твердых копий, одновременно распечатывать один файл и растеризовать другие, исключить ограничения на размер файла для устройства вывода. При использовании ArcPress вы сэкономите средства и сможете оптимизировать количество и качество устройств вывода. Существуют версии для UNIX рабочих станций и для Windows NT.

**ArcExpress** кардинально повышает скорость визуализации изображений на дисплее и оперативность работы с наборами данных на рабочих станциях в среде X-Windows. Обеспечивает возможность быстрого многократного добавления и удаления покрытий. В целом повышает эффективность работы с входящими в состав ARC/INFO подсистемами ARCPLOT и ARCEDIT. ArcExpress полезен при работе с большими пространственными базами данных либо в случае, когда требуется в интерактивном режиме работать со сложными составными наборами данных, часто использовать функции масштабирования, панорамирования, перерисовки.

**ArcStorm** – это новая, разработанная для ARC/INFO (UNIX-версии) технология управления и взаимодействия с геоданными, содержащая эффективные средства оперирования объектами покрытий в пространственных базах данных. С его помощью можно работать не только с целым по-

крытием, но и с отдельными объектами как с элементами, блокировать пространственные объекты, извлекать и закреплять наборы элементов. К ним относят дуги, узлы, полигоны, надписи, точки, трассы, участки, районы, а также строку в таблице базы данных или запись в информационном файле. ArcStorm сохраняет историю базы данных, позволяет реконструировать ее состояние в прошлом. Блокирование объекта(тов) сохраняется до подтверждения завершения транзакции (редактирования). Поддерживается работа в режиме клиент/сервер, взаимодействие с реляционными базами данных. Для прямого запроса и просмотра данных в базе можно использовать средства ARC/INFO и ArcView 2.

**ArcScan** предназначен для ввода картографических данных со сканеров. Включает средства создания векторной базы данных путем сканирования растровых изображений, предварительной обработки растровых изображений, растрово-векторный редактор, интерактивный конвертор из растровой формы в векторную, вывод растровых изображений на периферийные устройства и в форматные файлы.

## **6.2. GeoGraph/GeoDraw для Windows**

### GeoGraph для Windows

GeoGraph для Windows – одно из программных средств геоинформационных систем, разрабатываемых Центром геоинформационных исследований ИГ РАН. Данная версия рассчитана на работу в операционной среде Microsoft® Windows™ версии 3.1 или более поздней.

Идеология GeoGraph'a достаточно прозрачна. Имеются карты или атласы, к которым вы можете отнести некоторый набор слоев цифровых карт. Каждый такой слой представляет собой покрытие или слой, созданный программой GeoDraw. Это означает, что каждый слой должен включать только либо точечные объекты, либо дуги (линии), либо полигональ-

ные объекты, и для них могут иметься таблицы атрибутивных (тематических) данных.

GeoGraph для Windows дает возможность:

- создавать электронные карты или атласы как композиции картографических слоев, выбираемых пользователем (включая векторные и растровые) и связанных с ними таблиц атрибутивных (тематических) данных;
- управлять таблицами атрибутивных данных (создавать таблицы, связывать их с цифровыми картами, редактировать, менять структуру таблиц и др.);
- управлять масштабированием изображения;
- осуществлять поиск или выбор объектов на карте с отображением результатов в таблице атрибутивных данных;
- выбирать объекты вручную или на основе задания "запросов по образцу" к атрибутивным таблицам с отображением результатов на карте;
- проводить электронное тематическое картографирование;
- осуществлять измерения по карте;
- находить области, удовлетворяющие задаваемым условиям, для произвольного набора цифровых карт электронного атласа (динамический оверлей слоев);
- выводить твердые копии карт на любые печатающие устройства, доступные для Windows.

По сравнению с версией GeoGraph 1.1 версия GeoGraph 1.5 дает дополнительные возможности:

- загрузка в карту одновременно множества слоев различных форматов (GeoDraw для DOS, GeoDraw для Windows, в котором число объектов и значения идентификаторов потенциально могут достигать 2 млрд, расширенный спектр форматов растровых изображений - более 30, слои в международном формате для навигационных цифровых карт DX-90, в котором представлено большое число цифровых топографических карт,

в формате косметического слоя, создаваемого в среде GeoGraph 1.5 и др.);

- возможность создания непосредственно в GeoGraph 1.5 пространственных объектов (точечных, линейных, полигональных) в виде косметических слоев с привязкой к ним таблиц данных, что обеспечивает решение различных задач (например, формирование слоя оперативной обстановки и его передачу в режиме удаленного доступа и др.), включая копирование в косметический слой выбранных из слоев других форматов объектов;
- возможность прямой работы с таблицами форматов Paradox .DB и dBase .DBF всех версий, а также (через драйверы ODBC или IDAPI) с таблицами СУБД Oracle, Microsoft Access, Interbase в клиент-серверном режиме;
- связывание со слоями цифровых карт, кроме множества таблиц, также и множества форм, создаваемых пользователем для вывода информации об объектах, запросов, макросов, тем, селекций и графиков;
- возможность связывания с объектами слоев цифровой видео- и аудиоинформации и ее вызова при получении справок по объектам;
- вычисления в таблицах значений полей по простым формулам;
- количество классов объектов при тематическом картографировании ограничено только ресурсами Windows (возможно разбиение объектов в слое на многие сотни и, если это необходимо, тысячи классов);
- значительно расширенные возможности для проектирования заливок, штриховок, точечных условных знаков и линий;
- многостраничный вывод твердых копий карт большого размера на устройства меньшего размера (с автоматической разбивкой на листы).



## GeoDraw для Windows

GeoDraw для Windows – векторный топологический редактор для создания цифровых карт – является одним из программных средств ГИС, разрабатываемых Центром Геоинформационных Исследований ИГРАН. В комплекс этих средств входят также GeoGraph для Windows – ГИС для уровня конечного пользователя, GeoConstructor для Windows – инструментальное средство для разработки ГИС-приложений – и другие специализированные продукты.

Идеология, лежащая в основе GeoDraw, включает следующие положения:

- GeoDraw служит инструментом для создания высококачественных цифровых карт, учитывающих требования ведущих мировых ГИС;
- создаваемая и редактируемая в GeoDraw структура пространственных данных цифровой карты (включая отношения связности, смежности, соседства, вложенности объектов и др.) гарантирует при соблюдении технологии корректную фиксацию и изменение отношений между пространственными объектами, их связи с базой атрибутивных данных, позволяет преобразовывать созданные в GeoDraw цифровые карты в другие ГИС (как топологические, например, ARC/INFO, так и нетопологические - MapInfo и др.) без дополнительных накладных расходов на редактирование;
- мощные средства трансформации создаваемых цифровых карт (преобразования около 40 типов картографических проекций, широкий набор преобразований плоскости и др.) позволяет решать задачи их интеграции (осуществлять “склейку” листов, “посадку” одних карт на другие с образованием многослойной структуры и др.);
- GeoDraw – легко осваиваемый программный продукт, отражающий многолетний опыт работы коллектива ЦГИ ИГРАН с ведущими мировыми ГИС, сотнями пользователей GeoDraw, тысячами карт и планов

разнообразной тематики и масштабов - от 1:500 до 1:50 000 000.

GeoDraw для Windows позволяет:

- осуществлять перевод карт и планов в цифровую форму посредством векторизации по растровой подложке, при помощи дигитайзера, ввода значений координат объектов по имеющимся данным или по результатам измерений на местности;
- вводить и редактировать пространственные объекты типа точки, дуги, полигона при помощи дигитайзера, "мыши", клавиатуры, путем ввода координат или импорта из открытых текстовых форматов;
- использовать широкий спектр функций отображения пространственных объектов на экране: изменение масштаба отображения, сдвиг изображения в процессе цифрования текущей дуги, отображение только определенных типов узлов и слоев и т.д.;
- подгружать одновременно до 100 слоев, оперативно менять их статус и атрибуты отображения;
- осуществлять топологическое согласование объектов и создавать корректную многослойную структуру при помощи широкого набора операций: создания линейно-узловой структуры, цифрования общих границ полигонов один раз и сборки полигонов из дуг, захват произвольных частей объектов из одного слоя в другой и т.д.;
- выделять группы объектов в карте или в связанной с ней таблице, удалять, копировать, генерализовать, идентифицировать только выделенные группы;
- осуществлять преобразования цифровых карт из различных картографических проекций в географические координаты и обратно (поддерживается свыше 30 типов проекций);
- осуществлять аффинные, проективные и полиномиальные (2 и 5 степени) преобразования, поворот оси;
- использовать набор функций по идентификации пространственных объ-

ектов цифровых карт для связи с базами атрибутивных данных, включая присвоение объектам пользовательских идентификаторов, нахождение объектов, не имеющих таких идентификаторов, или объектов с определенными идентификаторами, генерирование отчета об имеющихся пользовательских идентификаторах и др.;

- подгружать в среду редактора таблицы атрибутивных данных, осуществлять проверку идентификации объектов по табличным данным, при необходимости вводить и редактировать записи таблицы для конкретных объектов карты, показывать текущий объект таблицы на карте или объект, выделенный на карте, – в таблице, осуществлять проверку соответствия карты с таблицей;
- экспортировать и импортировать данные в широко используемые форматы (GEN PC ARC/INFO, MIF/MID MapInfo, VEC IDRISI, DXF AutoCAD).

### **6.3. Программное обеспечение *Panorama***

#### Назначение программы

Система электронных карт представляет собой программный комплекс, позволяющий формировать из отдельных номенклатурных листов цифровых карт разных видов и масштабов электронную карту на заданный регион, имеющий средства визуализации этой карты на экране монитора, включающий развитый программный интерфейс, с помощью которого пользовательские прикладные задачи могут взаимодействовать с электронной картой: осуществлять поиск объектов, добавлять новые объекты, в том числе и не картографические, пофрагментарно с необходимым масштабом просматривать заданный регион, производить выборку метрических и семантических характеристик объектов для выполнения расчетных задач.

Программное обеспечение системы электронных карт может выполняться в 32-х разрядных операционных системах (ОС) Windows 95 и Windows NT (далее, Windows).

Управляющая оболочка системы поддерживает многодокументный интерфейс (MDI) и режим Drag and Drop, что обеспечивает простоту управления и удобство работы пользователя одновременно с несколькими видами данных.

Оформление электронной карты может быть улучшено за счет применения шрифтов True Type. Изображение карты выводится на различные внешние устройства, поддерживаемые Windows, в режиме WYSIWYG, что позволяет получать высококачественные твердые копии электронных карт с нанесенной пользователем обстановкой.

Отдельные фрагменты электронной карты могут быть сохранены, как метафайлы системы Windows, для дальнейшего использования в любых прикладных задачах в качестве иллюстративного материала.

Представление электронной карты на дисплее многослойно и может создаваться путем комбинирования растровых карт и фотоматериала, векторных объектов местности, матричного представления различных свойств местности (матрица высот, матрица экологически опасных участков местности, матрица проходимости местности и т. д.) и пользовательских данных, выводимых на карту средствами интерфейса Windows.

Растровый формат электронной карты позволяет обрабатывать изображения произвольного размера и применять до 16 млн цветов без ограничения объема файла данных.

Объекты векторной электронной карты могут быть логически связаны с внешними базами данных (FoxPro, dBase, Paradox, Access и другими) путем применения протоколов ODBC и IDAPI и использования уникального номера объекта на карте. Данные из внешних баз могут быть также получены с помощью SQL-запросов.

Ядро системы электронных карт реализовано в виде набора динамических библиотек, что позволяет встраивать в прикладные задачи функции вызова, отображения и управления электронной картой. При этом прикладные задачи могут создаваться с помощью различных средств: компиляторов С++ и С, Borland Delphi, Microsoft Visual Basic, а также средств различных СУБД (FoxPro, Paradox и так далее).

### Структура программного обеспечения

Программное обеспечение системы Panorama для Windows имеет модульную многозадачную структуру. Все модули вызываются из общей управляющей оболочки.

В состав программного обеспечения входят:

- система управления электронными картами;
- управляющая оболочка;
- сервисные модули.

Управляющая оболочка реализована в виде выполняемого файла (EXE). Она отвечает за пользовательский интерфейс (работу оператора) по управлению электронными картами.

Система управления электронными картами реализована в виде динамической библиотеки. Она реализует функции специализированной СУБД по управлению базами данных электронных карт.

Сервисные модули (конверторы, редактор векторного и растрового изображения, модуль вывода на внешние устройства, модуль расчетов и статистического анализа, модуль взаимодействия с внешними СУБД и другие) реализованы в виде динамических библиотек (DLL).

Такая структура программного обеспечения позволяет пользователям разрабатывать собственные задачи путем замены управляющей оболочки графической среды на программу пользователя и вызова соответствующих

функций из динамических библиотек через интерфейс прикладного программирования среды электронных карт.

### Возможности программного обеспечения

Pan97 – это программный компонент, выполняющий функции управления базой данных электронных карт Panorama.

Применение данного компонента позволяет быстро разрабатывать прикладные системы, решающие различные геоинформационные задачи.

#### Основные функции программного компонента Pan97:

- создание иерархической структуры базы данных электронных карт, имеющей уровни: район работ, листы карт, слои объектов, объекты местности;
- редактирование содержимого базы данных с использованием графического интерфейса пользователя: создание нового уровня, удаление, обновление, копирование, восстановление;
- поддержка различных проекций и систем координат;
- визуализация содержимого базы данных в условных знаках, принятых для топографических, обзорно-географических, кадастровых, и других видов карт; быстрый скроллинг изображения; изменение состава отображаемых объектов;
- вывод на внешние устройства печати изображения электронной карты в принятых условных знаках; поддержка векторных и растровых устройств печати, цветных и черно-белых; состав объектов и масштаб карты могут изменяться; выводимое на печать изображение может отображаться в режиме WYSIWYG;
- поддержка стандартных систем классификации и кодирования объектов и их характеристик в соответствии с требованиями Роскартографии, ВТС МО РФ и других федеральных служб;

- поддержка пользовательских условных знаков, слоев, объектов и их характеристик; для отображения условных знаков могут применяться графические примитивы, не поддерживаемые в GDI системы Windows (пунктирные линии произвольной толщины и длины, заполнение площадного объекта точечными условными знаками размером больше 8 на 8 и т.д.), обеспечивается корректный вывод этих условных знаков на печатающие устройства с высокой скоростью вывода;
- выполнение запросов на поиск объектов с заданными характеристиками;
- выполнение расчетных операций: определение площади, длины, периметра, направления и т.д.;
- выполнение справочных запросов по топологии объектов; поиск точек пересечения, примыкания; поиск объектов, расположенных внутри или вне заданного объекта, на заданном расстоянии от объекта;
- построение зон вокруг объектов; построение пересечений объектов; отображение результатов выполнения запросов на фоне электронной карты;
- представление иерархической структуры базы данных электронных карт в виде псевдореляционной структуры, включающей в себя набор взаимосвязанных таблиц с ключевыми полями в записях, с целью обеспечения возможности логической привязки внешних реляционных баз данных, в том числе с использованием архитектуры клиент-сервер, SQL - запросов и т.п.; в качестве записи таблиц БД электронных карт может выступать лист, слой, объект, характеристика объекта и так далее;
- совместная обработка векторных, растровых и матричных данных о местности; создание, отображение, вывод на печать растрово-векторных электронных карт (трансформированные фрагменты растра, имеющие произвольную границу для каждого из них, отображаются и обрабатываются как единое целое с постепенным наполнением векторными объектами);

- поддержка программного интерфейса как для объектно-ориентированных языков ( C++ ), так и для языков программирования C, Pascal, Basic; поддержка интерфейса программирования в СУБД Visual FoxPro 3.0 на уровне ее команд;
- применение компоненты в качестве локального OLE-сервера.

Программный компонент Pan97 поставляется в виде набора динамических библиотек (DLL), предназначенных для выполнения в системах Windows 95 и Windows NT.

Библиотеки поставляются в двух видах: собранные с помощью транслятора Borland C++ 4.52 и собранные с помощью Visual C++ 4.0. Возможен перенос библиотек на другие платформы.

Вместе с библиотеками поставляются полные исходные тексты оболочки Panorama, иллюстрирующие применение библиотек при программировании в среде Borland C++, исходные тексты интерфейса для СУБД Visual FoxPro 3.0, подготовленные в среде Visual C++ 4.0, техническая документация, подробно описывающая структуру библиотек, классов, методику их применения, структуру баз данных, форматы данных, исходные тексты программ конвертирования и т.п.

Базовым обменным форматом является формат SXF в двоичном и текстовом видах. Поддерживаются форматы Роскартографии, ВТС МО РФ, а также DXF и MIF/MID.

Компонент Pan97 является ядром системы Panorama для Windows версии 5.0.

## Векторная карта

Цифровая векторная картографическая информация содержит описание заданного участка местности в определенном масштабе, проекции, системе координат как совокупности описаний метрических (пространст-



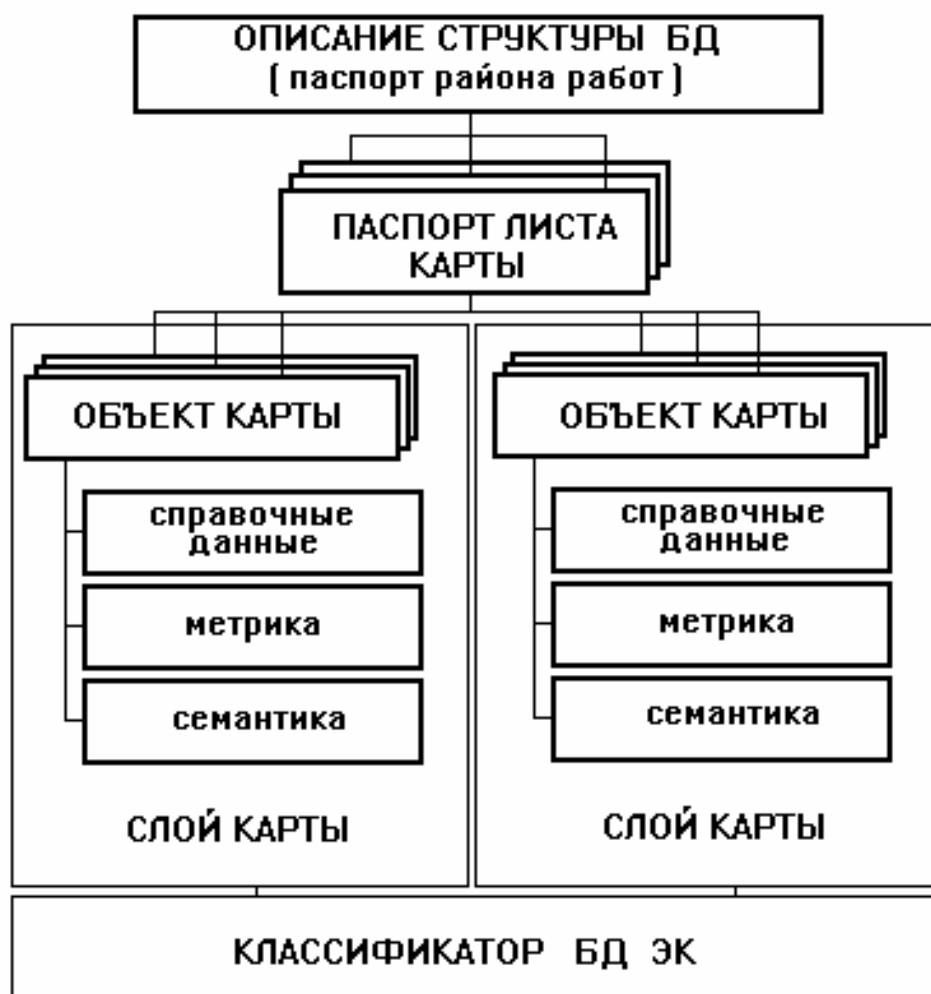


Рис. 17. Схема баз данных электронных карт Panorama

венных) и семантических (атрибутивных) свойств реальных (озеро, лес и т.д.) и условных (зона затопления, административная граница и т.д.) объектов местности.

Кроме того векторная карта может содержать справочную текстово-табличную и специальную пользовательскую информацию.

Цифровая векторная картографическая информация в состоянии хранения может быть представлена в формате SXF.

Структура формата описана в документе «Открытый формат цифровой информации о местности (SXF). Структура формата». Один файл в формате SXF соответствует одному номенклатурному или условному листу цифровой карты.

Система Panorama обрабатывает векторные карты, представленные в открытом формате SXF. Данные из других форматов (F1, F1M, F20V, F20S, DXF и других) могут быть конвертированы в формат SXF и обратно с помощью программного обеспечения системы электронных карт Panorama для ОС MS-DOS.

Техническое описание формата SXF приведено в документе «Открытый формат цифровой информации о местности (Код формата-SXF). Структура формата. Редакция 3.0».

Данные о цифровых векторных картах имеют следующую структуру:

- паспортные данные о листе карты (масштаб, проекция, система координат, прямоугольные и геодезические координаты углов листа и так далее);
- метрические данные объектов карты (координаты объектов на местности);
- семантические данные объектов карты (различные свойства объектов).

Отдельные объекты векторной карты можно логически объединять по слоям, характеру локализации и признакам, устанавливаемым пользователями. При этом образуется иерархическая структура представления данных, которую применяют при решении различных прикладных задач. Сведения об расположении объекта в иерархической структуре составляют справочные данные объекта карты.

Структура данных электронных векторных карт дополняет структуру цифровых карт сведениями об условных знаках, применяемых при отображении соответствующих объектов, имеющих определенные семантические характеристики (например, дорога с бетонным покрытием и дорога с асфальтовым покрытием могут изображаться линиями разного цвета).

Описание видов объектов векторных карт, семантических характеристик (свойств, атрибутов) объектов, слоев, в которые объединяются объекты, условных знаков, используемых при формировании электронной карты

на графических устройствах, хранится в цифровом классификаторе (файле ресурсов) электронной карты.

На электронной векторной карте может быть до 65536 видов объектов, которые могут объединяться в 255 слоев и иметь до 65536 видов характеристик.

Для описания картографической информации реально используется до 2000 видов объектов, 16 слоев и 200 видов характеристик.

Для нанесения пользовательской обстановки на карту и решения различных прикладных задач содержимое цифрового классификатора может быть значительно дополнено средствами редактора классификатора системы электронных карт Рапогата, а также преобразовано в текстово-табличный вид и выведено на печатающее устройство или сохранено в файле.

При загрузке цифровых векторных карт в базу данных системы Рапогата выполняется преобразование цифровых карт в электронные путем установления логических связей между объектами цифровых карт и соответствующими записями классификатора электронной карты.

Листы цифровой карты, помещенные в одну базу данных, образуют район работ. Листы карты одного района работ должны быть одного масштаба, проекции, системы координат.

Если исходные листы имеют разные паспортные данные, то они могут быть соответствующим образом обработаны для получения требуемого вида и масштаба карты с помощью программного обеспечения системы электронных карт Рапогата.

Обеспечивается выполнение следующих видов обработки листов векторных карт:

- трансформирование на плоскости (повороты и учет деформации);
- преобразование в различные картографические проекции;
- сводка (согласование) соседних листов карт;
- сшивка отдельных листов карт в один с изменением масштаба;

- корректировка метрики объектов для обеспечения топологического описания данных.

Система Rapogata обеспечивает отображение района работ, состоящего из нескольких листов, как единого целого, что облегчает решение прикладных задач на больших территориях. Отдельные листы района работ могут быть в любой момент обновлены, отредактированы без дополнительных действий над остальными листами района работ.

## **7. Способы построения многопользовательских геоинформационных систем<sup>1</sup>**

Прежде чем перейти к обсуждению темы раздела еще немного терминологии. ГИС, GIS, геоинформационная система, geoinformational system – эти термины охватывают множество самых разных систем – и программу, которая едва-едва может отображать на фоне растровой картинке некоторые условные знаки, и действительно систему со многими тысячами функций, оперирующей и растровой, и векторной, и атрибутивной информацией, работающую с большим количеством пользователей и обладающую всеми признаками взрослой промышленной корпоративной системы.

Инструментальные средства современных ГИС включают развитые средства организации доступа к картографическим, пространственным данным из традиционной среды разработки – систем визуального программирования. Использование специализированных библиотек классов позволяет в кратчайшие сроки создавать адаптированное под нужды заказчика прикладное программное обеспечение. Все вопросы создания карт и связанных с ними баз данных решаются при этом средствами стандартных ГИС, а разрабатываемые прикладные системы обслуживают узкопрофильные задачи пользователя. Вспомним в этой связи библиотеку GeoConstructor™ и аналогичные продукты – MapX компании MapInfo, MapObjects от ESRI (линия продуктов Arc/Info).

---

<sup>1</sup>По материалам публикаций Александра Сергеева, компания Epsilon Technologies (<http://www.demo.ru>).

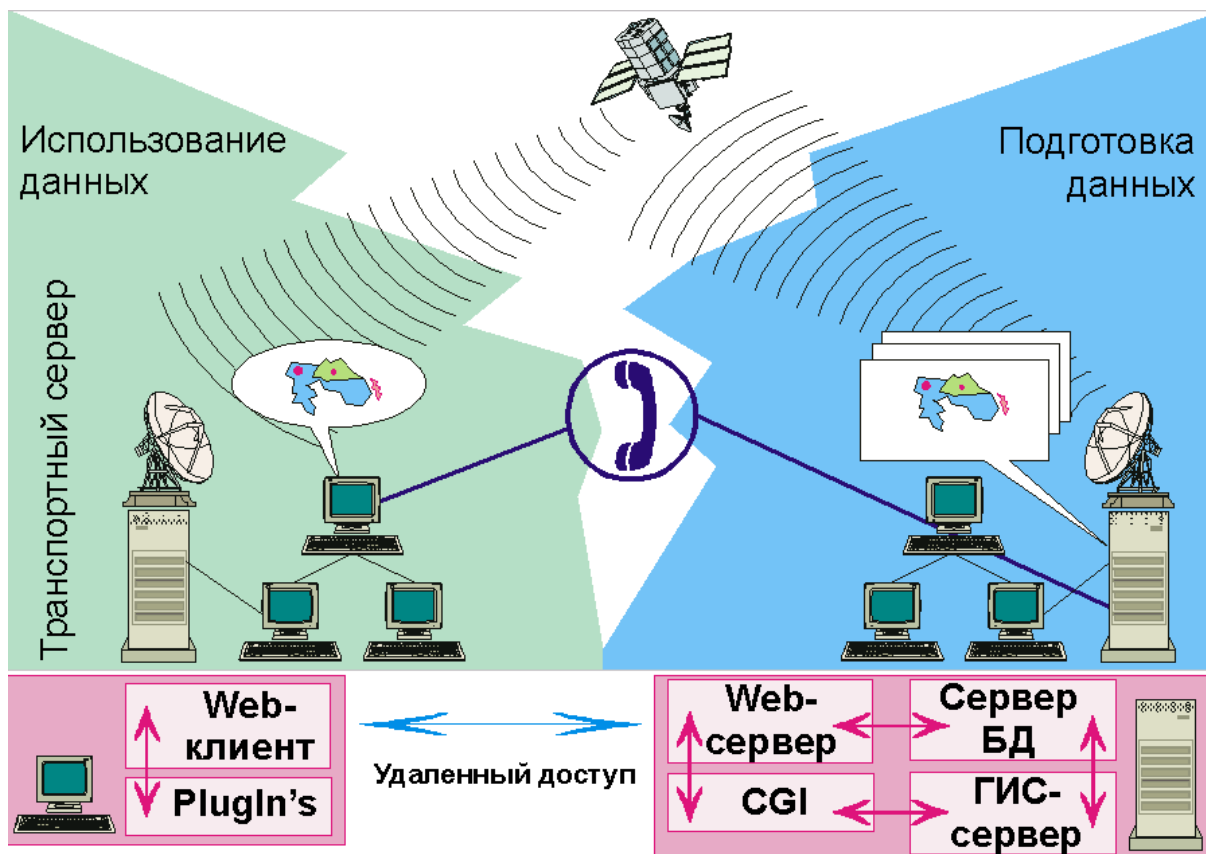


Рис. 18. Один из вариантов организации распределенной информационной системы, использующей ГИС-компоненты. В верхней части рисунка представлена оргсхема потоков информации, в нижней – вариант технологической цепочки передачи данных

Стремительное развитие Internet инициировало создание многих тысяч Web-сайтов и домашних страниц. Первоначально в Web использовали только текст и изображения. Появление гипертекстового языка (HTML), введение новой технологии Java и элементов управления ActiveX обеспечили Web-разработчикам новые возможности. Web-сайты теперь включают в себя звук, анимацию, кино и другие активные элементы. Эти достижения могут быть применены в ГИС и картографической сфере, что создает новый поток идей, действий и возможностей.

С помощью специализированных ГИС-решений для Internet сегодня можно создавать высокоадаптированные и масштабируемые прикладные программы ГИС, потребность в которых очень велика. Пользователи теперь размещают свои базы данных ГИС на Web (рис. 18). Они могут эффектив-

но выполнять наблюдения и запросы брокера/клиента через всю сеть Web-серверов. Это масштабируемое решение позволяет обслуживать карты и информацию быстро и на разнообразных архитектурах. В частности, один из ведущих производителей ГИС – ESRI – сегодня предлагает MapObjects Internet Map Server – профессиональное решение для разработчиков приложений Internet, представляющее собой инструментальные средства создания на основе ГИС компонентов картографического программного обеспечения для размещения в сети Internet. Продукт позволяет разработчикам создавать пространственно доступные Web-сайты для различных потребностей. Аналогичные программные системы появляются у конкурирующих поставщиков ГИС.

Интеграция ГИС и Internet становится особенно актуальной в решении задач муниципального управления, для информационного обеспечения которых необходима распределенная информационная система масштаба города с оперативным доступом, содержащая картоориентированную информацию. Практическое использование ГИС- и Internet-технологий позволяет эффективно решать различные прикладные задачи.

Поскольку основная область наших интересов – проектирование и построение региональных и муниципальных наукоемких многопользовательских информационных систем, то далее речь пойдет о технологиях, позволяющих промышленно и сравнительно дешево строить такие, пока еще крайне редкие, системы с использованием ГИС- и Internet-технологий. Александр Сергеев ввел даже специальные термины в эту область информатики – *геоинтранетика* (область геоинформатики) и информационных технологий – *ГИИС* (географические информационные интернет системы).

Специалисты, которые занимаются ГИС, знают одну из ключевых проблем ее развития на сегодняшнем этапе. Оперируя географически распределенными объектами, сами по себе геоинформационные системы архитектурно представляют собой, как правило, либо локальный, либо файл-

серверный вариант. Клиент-серверные решения, предлагаемые мировыми лидерами – производителями ГИС, сегодня чрезвычайно дороги. Среди них – Arc/Storm и SDE от ESRI, Geomedia от Intergraph, SpatialWare от MapInfo.

Прежде всего, с этой проблемой сталкиваются разработчики муниципальных и региональных кадастровых систем, в которых необходимо одновременное внесение изменений и дополнений в кадастровую базу данных юридически разными организациями. Из такой постановки вопроса сразу же возникает множество коллизий. Кто платит за вносимую информацию? Платит ли тот, кто в данный момент ее извлекает? Можно ли создать механизм ответственности (типа электронной подписи) за вносимую в систему информацию? Как разграничить доступ к секретной, ДСП и просто информации? Как организовать механизм блокировок от одновременного доступа к одной и той же порции информации? Требования по надежности и целостности информации в многопользовательских системах также возрастают многократно.

Обсудим некоторые технологические возможности решения выше обозначенных проблем.

### **7.1. Локальная ГИС**

В случае локальной ГИС, то есть геоинформационной программы, работающей на одном компьютере, файлы с геоинформацией располагаются на том же компьютере, что и программа. Приложение монопольно распоряжается информацией, и говорить тут, с точки зрения проблем построения многопользовательских ГИС, в общем-то, не о чем. Это не средство решения упомянутых проблем, это лишь один из возможных инструментов, а проблемы придется решать другими способами.

## **7.2. Несколько пользователей разделяют один комплект файлов с геоинформацией**

Немного усложним предыдущий пример. Если программное обеспечение ГИС написано правильно, вполне возможно будет организовать рабочие места в локальной сети таким образом, чтобы пользователи ГИС могли разделять файлы, в которых хранится геоинформация. Это уже подразумевает наличие определенной дисциплины, закладываемой в программное обеспечение приложения – блокировки файловой информации, а, возможно, и логических объектов, с которыми пользователь производит действия. Большинство современных ГИС поддерживает такой режим работы. Архитектуру таких систем называют архитектурой “файл-сервер”.

Однако нетрудно догадаться, что энергичная совместная работа нескольких компьютеров в локальной сети над одним комплектом файлов с геоинформацией приведет к перегрузке локальной сети по трафику. Геоинформация не отличается особой лаконичностью – для отображения даже совсем простого района с небольшим количеством слоев и объектов требуется перемещение мегабайтов информации с разделяемого винчестера на компьютер даже в случае простейших действий пользователя.

Практика показывает, что говорить об одновременной интенсивной работе более пяти пользователей не приходится – получается очень медленно. Кроме того, имеется еще один аспект. Для хранения и отображения геоинформации обычно используют специализированный формат файлов. Применение отлаженной десятилетиями технологии реляционных баз данных представляется весьма проблематичным – картографические данные плохо укладываются в реляционную схему. Индексация данных в ГИС обычно основана на иных принципах.

Здесь не утверждается, что в реляционную базу данных (БД) нельзя уложить картографическую БД – такие примеры есть, и даже довольно



удачные. Но если мы говорим о ГИС с максимальным быстродействием, о реляционной БД придется забыть.

Чаще всего с изобразительной информацией связаны и структурированные данные. К примеру, с областью, выделенной определенным цветом, связывается информация о названии района, его численных характеристиках и т.п. Для того чтобы найти эту информацию на карте, ее удобнее хранить непосредственно среди картографических данных. А для того, чтобы можно было оперировать совокупной информацией о таких районах, ее следовало бы положить в реляционные таблицы.

Нет никаких принципиальных ограничений для того, чтобы одно и то же приложение одновременно оперировало реляционной и картографической информацией. Для того чтобы сохранить целостность данных, в файле с картографической информацией каждому имеющему значение объекту приписывают уникальный идентификатор. Этот же уникальный идентификатор хранится в соответствующем поле реляционной таблицы.

Таким решением мы добиваемся существенных преимуществ в прикладной системе. Когда необходимо произвести операцию с изображением, мы пользуемся преимуществами специализированной структуры данных ГИС, а когда проводят операции со структурированной информацией, приписанной графическим объектам, удобнее реляционная схема хранения информации. Контроль за целостностью данных при этом возлагается на программу.

### ***7.3. Геоинформационные системы с большим количеством пользователей***

Для того чтобы строить геоинформационные системы, рассчитанные на одновременную работу большого количества пользователей, необходимо вводить новые технологии. Можно обратиться к опыту построения многопользовательских информационных систем на основе SQL-серверов.

Насколько подходит этот опыт для случая ГИС – вопрос пока остается открытым.

Основная идея многопользовательской системы на основе SQL-сервера состоит в том, что надежность хранения и оперирования данными обеспечивается специальным серверным механизмом, а сетевой трафик минимизируется за счет того, что клиентскому приложению передается только результирующий набор данных. За счет того, что к файлам данных имеет доступ только одно, хотя и многопользовательское, приложение (собственно SQL-сервер), возникают и дополнительные преимущества. Пользователи, обращающиеся к реляционным данным, могут отличаться по правам доступа. В результате при обращении пользователей с различными правами с одним и тем же запросом к одной и той же базе данных, SQL-сервер в зависимости от прав пользователя может выдать в ответ разные наборы информации. На сегодняшний момент программных продуктов, реализующих для ГИС функциональность, аналогичную функциональности SQL-серверов, на рынке software не существует.

Конечно, было бы заманчиво ввести геоинформационную функциональность непосредственно в SQL-сервер, и такие попытки уже предприняты (например, компанией Oracle и др.), однако заметим важное отличие геоинформации от реляционной информации.

Результатом SQL-запроса является либо небольшой набор данных, либо набор данных значительных размеров, который чаще всего нет необходимости целиком перемещать на клиентское приложение. В случае ГИС в результате запроса, аналогичного SQL, мы **всегда** получаем набор данных, перемещение которых на клиентское приложение связано со значительными затратами – их очень много даже для случая ненасыщенной карты. Кроме того, общепринятых стандартов на язык запросов для ГИС пока не существует (в отличие от стандарта на SQL).

Именно эта особенность геоинформационных данных послужила причиной практического отсутствия геоинформационных решений на основе SQL – такие решения имеют весьма слабую практическую ценность.

Однако, необходимость построения многопользовательских ГИС существует. Поэтому, как только появились альтернативные технологии (имеются в виду многозвенные решения internet/intranet), возникли и программные продукты, более или менее удачно решающие проблему построения многопользовательских геоинформационных систем.

#### **7.4. *Технологии internet/intranet***

Своему успеху и распространению интернет обязан гипертекстовому подходу. Интернет состоит из огромного количества серверов, в частности Web-серверов, которые выполняют пользовательские запросы (URL) вида.

Http здесь – это название протокола, www.company.com – название сервера, а resource.html – как правило, название гипертекстового файла. На сегодня практически все серверы имеют расширения, позволяющие по запросу выдавать не статические гипертекстовые файлы, а “подсовывать” динамически формируемую информацию. Наибольшее распространение получил стандарт CGI, однако существует еще около 50 более удачных, но менее распространенных стандартов расширения функциональности Web-сервера.

В применении к ГИС архитектура возможной системы выглядит так: Web-сервер принимает пользовательские запросы, которые передаются CGI-процессу или процессу, который управляется сервером при помощи другого стандарта. Часть запроса содержит параметры, в зависимости от которых формируется изображение.

Таким образом, исполняющий механизм геоинформационной системы работает под управлением сервера. Его задачей является формирование изображения по пользовательскому запросу и передача сформированного

изображения серверу, который берет на себя функции приема запроса и передачи ответа.

Применение CGI существенно замедляет и без того медленную систему. CGI устроен так, что каждый раз по запросу пользователя порождает новый процесс, а по завершении выполнения запроса уничтожает процесс. В случае интенсивной пользовательской загрузки сервер проделывает массу лишней работы, и, кроме того, не сохраняет контекста, в котором работает пользователь.

Изображение, сформированное сервером, чаще всего представляет собой матричную картинку в формате GIF, JPEG или PNG, хотя встречаются и решения с передачей непосредственно векторной информацией. Если изображение передано в виде матричной картинки, то это удобно прежде всего тем, что любой Web-браузер может непосредственно отображать такую информацию. Однако для того, чтобы произвести любую мало-мальски сложную операцию с таким изображением (например, изменить масштаб изображения), необходимо заново формировать запрос на сервер и ожидать загрузки новой картинки. Если некоторые операции предоставить клиентской части, то появляется возможность манипуляции с картинкой без обращения к серверу. Самый главный вопрос, однако, как готовить приложения для публикации их в интернет или интранет?

В настоящее время существует несколько инструментов, предлагающих решение этой проблемы. Все они так или иначе предлагают свой собственный способ решения проблемы. Далее мы будем рассматривать решения, предлагаемые таким инструментом, как *Baikonur GIS Toolkit*. Визуальное проектирование при помощи компонент и эффективность кода полученного приложения – немаловажные достоинства этого продукта. Эффективность особенно важна, так как система, которая получается в результате, будет работать в многопользовательском режиме, и от произво-

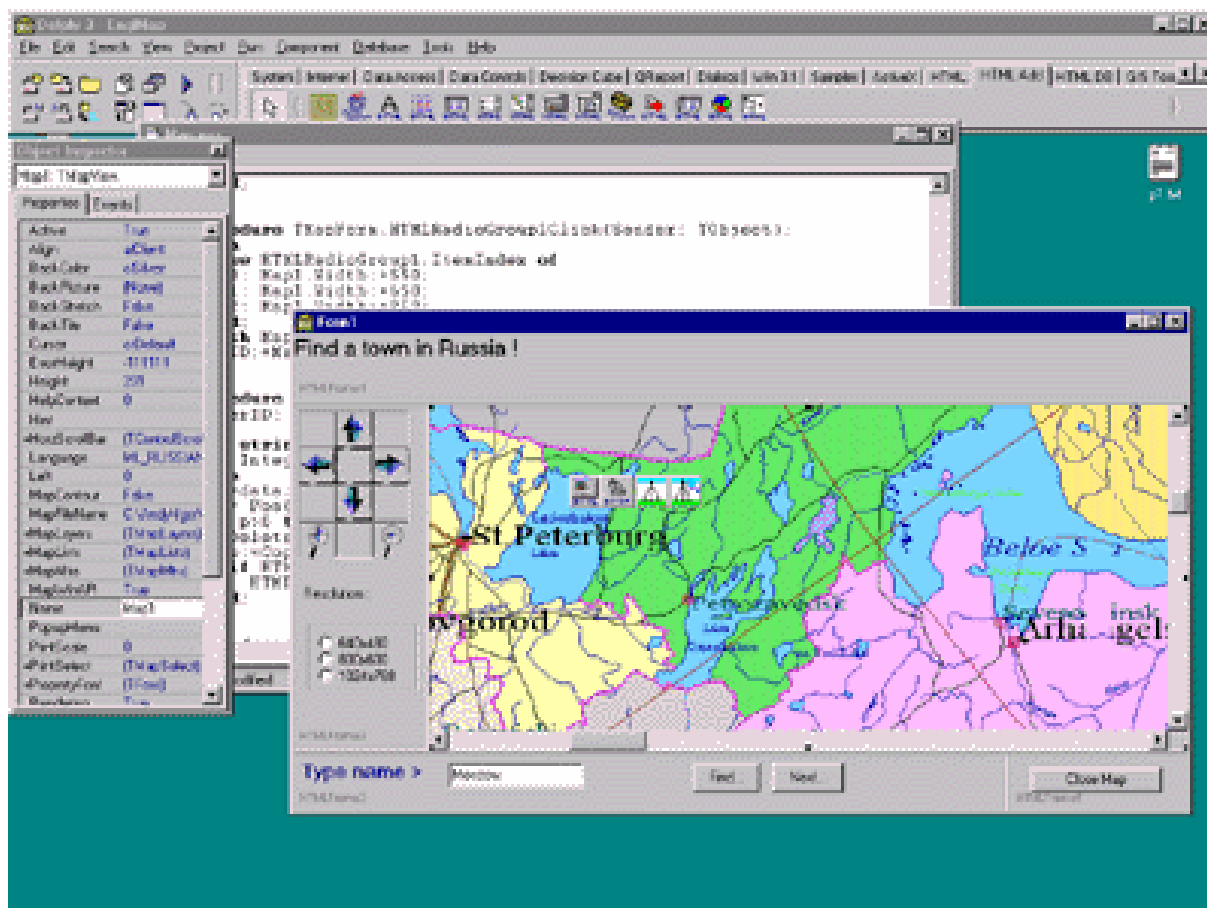


Рис. 19. Создание приложения для Internet в визуальной среде разработки Borland Delphi с помощью библиотеки Vaikonur GIS Toolkit

длительности ГИС инструмента зависит производительность системы в целом. На рис. 19 приведен этап разработки такой системы.

Компоненты Vaikonur GIS Toolkit можно использовать как для построения интранет-варианта системы (с выводом через интернет-браузер), так и для ГИС, которая будет работать на локальном компьютере.

Когда мы работаем над интернет-вариантом приложения, все визуальные компоненты, которые мы применяем в приложении (ГИС-компоненты, кнопки, надписи и т.п.), должны уметь работать с сервером Vaikonur. В данный момент это компоненты из библиотек, поставляющихся с сервером, и компоненты из Vaikonur GIS Toolkit.

Из рис. 19 видно, что проектирование сводится к размещению визуальных компонентов на форме и программированию кода реакций на события (нажатия кнопок, позиционированию, вводу данных и т.п.).

Для того чтобы получившаяся система могла работать сразу с несколькими пользователями одновременно, мы устанавливаем свойство “multiuser” в связанной компоненте THTMLControl в True (это дает знать серверу, что приложение “обучено” работать в многопользовательском режиме) и при подключении или отключении нового пользователя в качестве обработчиков соответствующих событий невизуального компонента THTMLControl пишем код, создающий или уничтожающий новый экземпляр формы, с которой работает каждый пользователь.

В результате получается следующее (рис. 20).

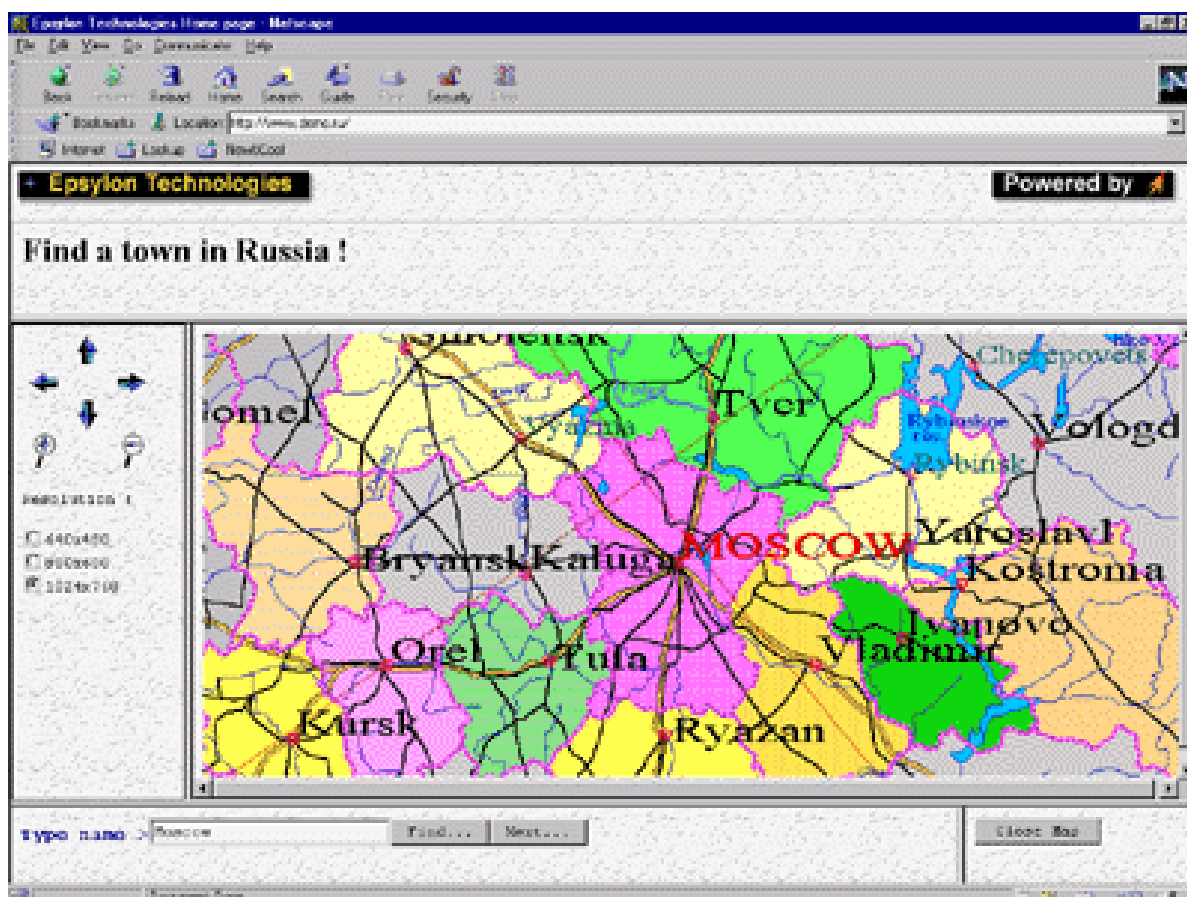


Рис. 20. Выполнение ГИС-приложения на web-сервере Ваikonur. Пользовательский интерфейс осуществляется через стандартную программу-броузер Internet

Мы видим, что форма, которую проектировали в design time, появилась у удаленного пользователя, зашедшего на Web-узел `www.demo.ru` и набравшего URL только что скомпилированного нами приложения. Насколько быстро все это работает и сколько реальных пользователей может быть у такой системы?

В случае интернет (а Web-узел `www.demo.ru` имеет выделенный канал 64К) загрузить компьютер более чем десятком одновременно работающих пользователей нам не удавалось – мешала пропускная способность канала. В случае перемещения этой технологии в локальную сеть можно говорить о нескольких десятках (а то и сотен!!!) одновременно работающих пользователей.

Мы можем при помощи ручного программирования вводить смысловые блокировки при введении разными пользователями противоречащих друг другу данных (я уже говорил здесь, что универсального инструмента вроде SQL-сервера для ГИС пока не существует) и таким образом поддерживать целостность данных в картографической базе.

Самым главным ограничением применения такой технологии служит даже не трафик, а слабые интерактивные возможности клиентского места. За универсальность (использование стандартного браузера) приходится платить отсутствием той интерактивности и реактивности, к которой уже привык пользователь локальной ГИС.

В чем же выход? Перед тем, как дать ответ на этот вопрос, приведем еще один пример использования `Vaikonur GIS Toolkit` в многопользовательской системе.

Это совершенно особый класс многопользовательских ГИС – геомониторинговые системы.

В отличие от предыдущей архитектуры, где множество пользователей картографических данных обращается к информации на общем сервере, архитектура геомониторинговой системы подразумевает сбор информации

со множества удаленных источников данных, преобразование этих данных для отображения на электронной карте и затем возможное отображение динамически меняющейся ситуации на центральном диспетчерском пункте.

В последнем случае пользователь картографической информации по сути один (на самом деле их может быть много, но оставим это предположение для того, чтобы не валить все в кучу). На центральном пункте отображаются результаты сбора информации тотчас после поступления этой информации в систему. Примеров систем, собирающих данные сразу со многих мест и требующих немедленного реагирования на возникающие ситуации, можно привести множество (центральный диспетчерский пункт энергосистемы, военные системы, крупная торговая компания, обладающей большим количеством филиалов и т.д.).

На рис. 21 в систему с центральным пунктом стекаются данные о по-

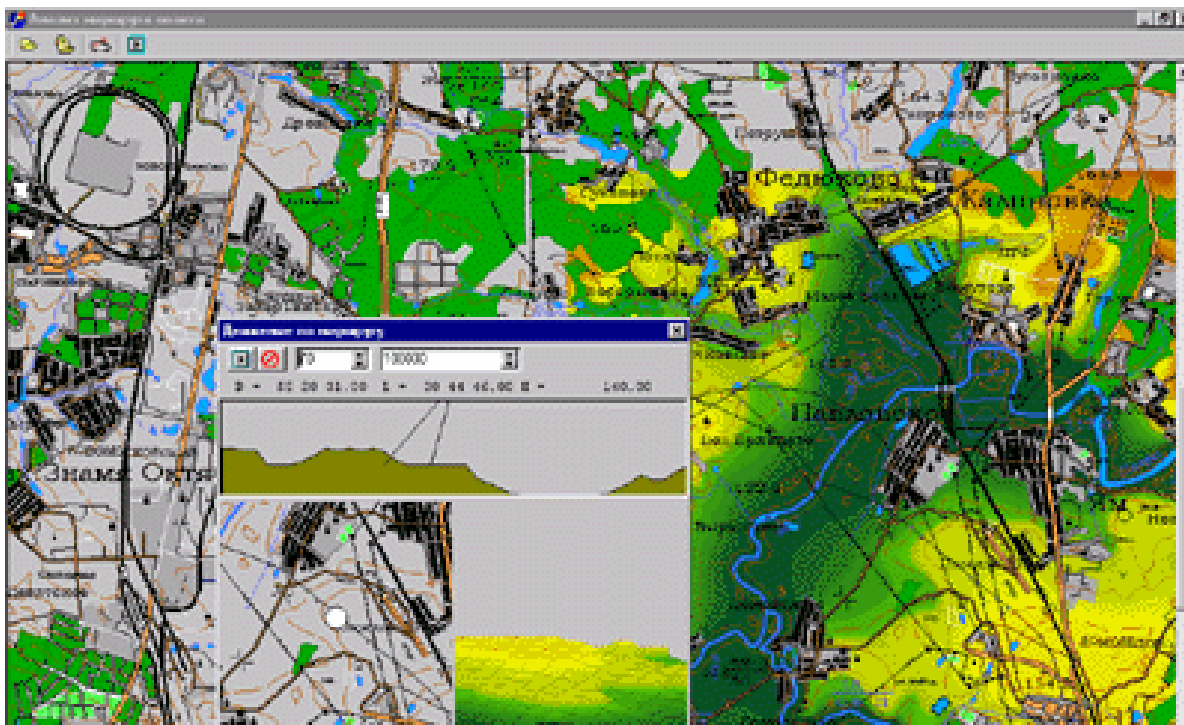


Рис. 21. Компоненты Baikonur GIS Toolkit используются не в интернет-режиме (через браузер), а напрямую, для создания интерактивного изображения



летных маршрутах сразу из многих мест. Центральный диспетчер может проанализировать маршрут, просмотреть трехмерный рельеф местности в зоне полета, проанализировать возможные факторы, препятствующие осуществлению полета, даже промоделировать то, что будет видеть пилот в случае изменения высоты. Для того чтобы создавать программы, обладающие подобной интерактивностью, компоненты Baikonur GIS Toolkit используют не в интернет-режиме (через браузер), а напрямую.

Размышляя над приведенными примерами, мы можем прийти к неожиданному выводу – нет никаких принципиальных ограничений для осуществления многопользовательской геоинформационной системы с клиентскими местами, обеспечивающими значительную интерактивность. Надо всего лишь обеспечить централизованный механизм блокировок, транзакций и синхронизации, причем этот механизм может быть даже не связан с семантическими особенностями механизма конкретной ГИС.

## **Заключение**

Представленные в настоящем учебном пособии материалы по программному обеспечению и технологиям геоинформационных систем ориентированы в первую очередь на студентов и специалистов, перед которыми стоит задача практической реализации ГИС-проекта. Прежде всего имеется в виду проектная деятельность, направленная на решение наукоемких территориально-ориентированных задач. Для успешной реализации таких проектов требуется не просто умение работать с ГИС конечного пользователя, но и квалифицированное владение инструментарием ГИС. В ряде случаев для решения прикладных задач пространственного анализа информации, хранящейся в базах данных, необходимы навыки использования ГИС-компонент в составе интегрированных визуальных сред программирования.

Быстрое развитие высокоскоростных телекоммуникационных каналов и рост производительности вычислительных ресурсов корпоративных сетей открывает перспективу развития многопользовательских ГИС. Потребность в системах ГИС этого типа уже сейчас ощущается в задачах регионального и муниципального управления, комплексной оценки состояния территорий и т.п. Для этого далеко не всегда подходят стандартные решения, предлагаемые фирмами-производителями программного обеспечения. Зачастую приходится искать новые программные решения, адекватные проблеме, и использовать широкий арсенал инструментальных программных средств, знание геоинформационных технологий (вплоть до форматов представления и обмена данными), технологий Internet и клиент-сервер.

Невозможно освоить арсенал весь предлагаемых средств, да и не нужно. Важно научиться использовать те, которые позволят наиболее эффективным образом решить поставленную проблему. Предлагаемые в пособии технологии использовались авторами для организации работ студенческих коллективов, работавших в Межвузовском центре информационных технологий в экологическом образовании и Межвузовском ГИС-центре, деятельность которых была поддержана проектами № 162 и 68 ФЦП «Интеграция». Практика показала эффективность проектной формы обучения. Во всех выполненных работах получены реальные результаты, а студенты приобрели необходимые знания и навыки.

Геоинформационные системы совсем недавно стали доступными широкому кругу пользователей, но их роль в развитии подходов к построению информационных систем и решении прикладных задач сегодня нельзя недооценивать. Хотелось бы надеяться, что материалы, представленные в данном пособии, помогут читателю сориентироваться в этом динамично меняющемся мире программ и технологий.

## Контрольные вопросы

1. Перечислите области применения геоинформационных систем.
2. Из каких основных компонентов состоит программное обеспечение ГИС конечного пользователя?
3. Назовите структуры данных, используемые в ГИС. Зачем нужна связь пространственных и атрибутивных данных?
4. Расскажите о пространственных данных в ГИС. Каковы особенности использования обменных форматов?
5. Какие проблемы возникают при обработке и анализе данных при эксплуатации ГИС?
6. Приведите классификацию программных средств ГИС.
7. Сформулируйте основные характеристики программного обеспечения для создания цифровых карт (векторизаторы).
8. Какими инструментальными средствами обладают современные ГИС?
9. Перечислите основные функции пространственного анализа геоинформационных систем.
10. Какие модели пространственных данных используются в геоинформационных системах?
11. Охарактеризуйте средства разработки ГИС-приложений.
12. Расскажите об инструментальных библиотеках ГИС и их внедрении в среду разработки.
13. Как осуществляется привязка внешних баз данных в среду ГИС?
14. Как функции тематического картографирования используются в задачах анализа данных.
15. Перечислите популярные геоинформационные системы конечного пользователя.

## Литература

1. Цветков В.Я. **Геоинформационные системы и технологии**. М.: Финансы и статистика, 1998.
2. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. **Введение в ГИС: Учебное пособие**. Изд. 2-е испр. и доп. М., 1997.
3. Королев Ю.К. **Общая геоинформатика**. Ч. 1 Теоретическая геоинформатика. Вып. 1, М.: СП «Дата+», 1998.
4. Берлянт А.М. **Геоинформатика**. М., 1996. 208 с.
5. Тикунов В.С. **Моделирование в картографии: Учебник**. М.: Изд-во МГУ, 1997. 405 с.
6. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. **Космические системы дистанционного зондирования Земли**. М., 1997. 295 с.
7. Кошкаров А.В., Тикунов В.С. **Геоинформатика**. М: Картгеоцентр: Геоиздат, 1993.
8. **Программно-аппаратное обеспечение, фонд цифрового материала, услуги и нормативно-правовая база геоинформатики**. Ежегодный обзор. Вып. 3 (1996–1997, в 2х т.). Приложение к «Информационному бюллетеню» ГИС-Ассоциации. М.: ГИС-Ассоциация.
9. **Информационный бюллетень**. Журнал. – М.: ГИС-Ассоциация, 1995-1998.
10. **ГИС-Обзорение**. Журнал по современным геоинформационным технологиям. – М.: Гипрогор, 1995-1998.
11. **Картография на рубеже тысячелетий**. Докл. 1-й Всеросс. научн. конф. по картографии (Москва, 7–10 октября 1997 г.). М., 1997. 614 с.
12. **Геоинформатика и образование**. Материалы 2-ой Всеросс. конференции. – М.: ГИС-Ассоциация, 1998. 146 с.
13. Телеконференции [comp.infosystems.gis.ru/geosystem](http://comp.infosystems.gis.ru/geosystem).
14. <http://www.ru/gisa> – Web-сервер ГИС-Ассоциации.

15. <http://www.glasnet.ru/~giprogor> – Web-страница журнала «ГИС-Обозрение».
16. <http://geocnt.geonet.ru/> – Web-сервер ЦГИ ИГ РАН, разработчика семейства ГИС GeoDraw/GeoGraph/GeoConstructor.
17. <http://www.demo.ru/> – Web-сервер компании Epsilon Technologies, программное обеспечение Baikonur Web Application Server.
18. <http://panorama.demo.ru/> – Web-сервер, посвященный программному обеспечению ГИС Panorama.
19. <http://www.dataplus.ru/> – Web-сервер СП «Дата+», представляющего на российском рынке семейство ГИС ESRI и др. фирм: ArcView, Arc/Info, Erdas Imagine, ...
20. <http://www.mapinfo.com/> – Web-сервер корпорации MapInfo, разработчика одной из самых популярных ГИС в мире.

Научное издание

Сергей Сергеевич Замай,  
Олег Эдуардович Якубайлик

**Программное обеспечение и технологии  
геоинформационных систем**

Учебное пособие

Лицензия ЛР № 020372 от 29.01.97 г.

Подписано в печать

Бумага тип.

Усл. печ. л. 4,6

Тираж 200 экз.      Заказ

Формат 60×84/16

Печать офсетная

Уч.-изд. л. 4,7

Цена договорная

Издательский центр Красноярского государственного университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79.