

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Методические указания по выполнению лабораторных работ**

Направление подготовки  
Направленность (профиль)

05.03.03 Картография и геоинформатика  
Геоинформатика

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 1. Введение                                          | 3  |
| 2. Оформление лабораторных работ                     | 7  |
| 3. Модели пространственных данных.                   | 8  |
| 4. Проектирование географических баз и банков данных | 12 |
| 5. Методы пространственного моделирования            | 17 |
| 6. Цифровое моделирование рельефа                    | 21 |
| 7. Математико-картографическое моделирование         | 28 |
| 8. Изображения в неевклидовой метрике                | 36 |
| 9. Виртуально-реальностные изображения               | 41 |
| 10. Визуализация виртуальной модели местности        | 43 |
| 11. Картографические анимации                        | 46 |
| 12. Список литературы                                | 48 |

## **Введение**

Актуальность учебной дисциплины «Основы геоинформационного моделирования», реализуемой в рамках программы бакалавриата обусловлена необходимостью формирования у будущих специалистов теоретических знаний, практических умений и навыков по работе с картографическими материалами, на которых основываются элементы профессиональной деятельности специалистов-геоинформатиков.

Предлагаемое учебно-методическое пособие является рекомендациями, регламентирующими всю учебную (объем, содержание, формы и методы контроля) работу студентов направлений подготовки «Картография и геоинформатика» по дисциплине «Основы геоинформационного моделирования» в ходе, как самостоятельной подготовки, так и аудиторных занятий.

**Целью пособия** является обучение студентов теоретическим и практическим основам картография, современным методам и технологиям создания, проектирования и геоинформационного моделирования геосистем.

### **Основные задачи пособия:**

- ознакомление студентов со способами построения и преобразования картографического изображения;
- освоение студентами картометрических свойств карты и овладение графическими, графоаналитическими и инструментальными методами решения различных задач по картам.

В государственном стандарте по направлению подготовки 05.03.03 – «Картография и геоинформатика» (бакалавриат) очной формы обучения «Основы геоинформационного моделирования» относится к дисциплинам вариативной части. Ее освоение происходит – в 6 семестре.

Профессиональные навыки и умения, приобретенные в результате изучения Основ геоинформационного моделирования, позволят геоинформатикам знать свойства геоинформационных моделей как

пространственной модели местности, классификации картографических произведений, виды, типы карт, принципы классификации картографических проекций, картографические знаковые системы и успешно применять на практике приобретенные знания, умения и навыки по созданию и преобразованию картографических произведений.

**Компетенции обучающегося направления подготовки 05.06.03 «Картография и геоинформатика», формируемые в результате изучения дисциплины «Основы геоинформационного моделирования», установленные ФГОС ВО и отраженные в программе дисциплины.**

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

| № п/п                                      | Содержание компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Шифр                 |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b><u>Профессиональные компетенции</u></b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b><u>ПК-(№)</u></b> |
| 1.                                         | владением базовыми знаниями в области информатики, компьютерных и мультимедийных технологий, программных средств, методов работы в компьютерных сетях, умение создавать базы данных и использовать ресурсы сети «Интернет» для целей картографирования, получения и обработки снимков, владение средствами глобального позиционирования | ПК-3                 |
| 2.                                         | знанием основ картографии, систем методов картографического исследования и моделирования, умение применять картографические методы познания в практической деятельности                                                                                                                                                                 | ПК-7                 |

В результате освоения дисциплины «Основы геоинформационного моделирования» студенты направлений подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика» должны:

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЗНАТЬ   | основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности и эксплуатировать современное электронное оборудование и информационно-коммуникационные технологии в соответствии с целями образовательной программы бакалавра;<br>основы геоинформационного моделирования;<br>общие аналитические операции и методы пространственно-временного моделирования;<br>цифровое моделирование рельефа;<br>основные классы геоинформационных моделей. |
| УМЕТЬ   | моделировать и проектировать структуры данных и знаний, прикладные и информационные процессы;<br>анализировать пространственную и атрибутивную информацию об объектах;<br>создавать цифровые модели рельефа;<br>осуществлять математико-картографическое моделирование;                                                                                                                                                                                      |
| ВЛАДЕТЬ | оценкой и выбором современных операционных сред и информационно-коммуникационных технологий для информатизации и автоматизации решения прикладных задач и создания ИС;<br>навыками геоинформационного моделирования;<br>технологиями компьютерной обработки статистических данных и средств ГИС для анализа пространственной информации;<br>технологиями геоинформационного моделирования в различных геоинформационных пакетах.                             |

Исходными требованиями настоящих методических указаний является индивидуальная обязательная предварительная подготовка студента к каждому лабораторному занятию. Эти требования сочетают как пассивную, так и активную формы подготовки:

- во-первых, нужно занести себе в рабочую тетрадь задание по очередному занятию (согласно указаниям),
- во-вторых, прочесть соответствующие разделы конспектов лекций,
- в-третьих, проработать соответствующие разделы в указанных к занятиям пособиях;
- в-четвертых, результаты подготовки должны быть оформлены или в виде кратких конспектов, или формул с пояснениями к ним, или в виде

графических моделей (смотри приложение).

По каждой лабораторной работе студент отчитывается соответствующими записями в тетради и устно по вопросам, которые приведены в конце каждой темы.

Темы пропущенных занятий студент обязан отработать самостоятельно в кабинете кафедры в свое свободное время, руководствуясь настоящими методическими указаниями. О проделанной работе он должен отчитаться в установленные часы (контроль – К, самостоятельной – С, работы – Р, т.е. СКР). Только отработав пропущенные темы, студент получает право присутствовать на следующих занятиях. Поэтому о всех осложнениях или недоразумениях по этому вопросу следует заблаговременно информировать преподавателя ведущего занятия.

Для выполнения лабораторных работ по Основам геоинформационного моделирования каждому студенту необходимо иметь:

- компьютер.

Каждое лабораторное занятие начинается с проверки теоретической готовности студентов к выполнению лабораторной работы как индивидуально, так и группы в целом. Об индивидуальной готовности студента преподаватель судит по наличию на рабочем месте перечисленных в методических указаниях пособий и оборудования. Теоретическая подготовка проверяется в ходе краткого опроса по узловым вопросам предстоящей лабораторной работы и по наличию в рабочих тетрадях соответствующих записей.

Ответы студентов преподаватель оценивает, и группа приступает к самостоятельному выполнению задания, консультируясь у преподавателя, который контролирует выполнение заданий и ведет индивидуальный опрос по ранее выполненным работам. Завершение неоконченных работ происходит в свободное от занятий время, как и сдача выполненных работ – СКР.

Студентам, не проработавшим предварительно соответствующие разделы теоретического курса, преподаватель отмечает в журнале

задолженность по теме.

## **Оформление лабораторных работ**

Текст в тетради для лабораторных работ должен иметь как по форме, так и по содержанию разбивку на отдельные блоки, которые облегчают поиск необходимого материала, контроль и полноту его выполнения.

В конце строки записывают слово «Занятие» и ставят его порядковый номер в соответствии с приведенной тематикой. Для наглядности их подчеркивают. Затем, пропустив одну строчку, записывают тему занятия и еще через строчку – цель его выполнения.

Затем обязательно записывают перечень рекомендованного к занятию оборудования.

Методические указания, которые помещены ниже пособий и оборудования переписывать не обязательно, они предназначены облегчить процесс самоподготовки студента к выполнению лабораторных работ, регламентируют перечень знаний и умений по этой теме и прямо ориентированы на контрольные вопросы.

Эти вопросы помещены в конце каждой темы или раздела, что вполне согласуется с понятием – результаты работы.



## Тема 1. Модели пространственных данных. Компьютерные программы для моделирования

**Компьютерные программы** представляют собой последовательность команд, выполняемых процессором, для реализации какой-либо цели. Программы разделяют на *системные, прикладные и инструментальный программирования* (Основы геоинформатики, 2004).

Для управления работой компьютера используется особый тип системных программ, называемых *операционными системами*, которые обеспечивает функционирование и взаимосвязь всех компонентов компьютера, а также предоставляет пользователю доступ к его аппаратным возможностям.

Для геоинформатики наибольший интерес представляет вторая группа программных средств - *прикладные программы*. К ним относят *текстовые редакторы* (Microsoft Word, WordPerfect и др.), *электронные таблицы* (Lotus 1-2-3, Excel и др.), *системы управления базами данных* (Oracle, MS SQL Server, Access и др.), *пакеты статистической обработки* данных (STATISTICA, Statgraphics и др.), *графические пакеты* (CorelDraw, Adobe Photoshop, Autodesk 3D Studio и др.), *системы электронного документооборота* (Дело, LanDocs, Documentum и др.), *обучающие программы*. Электронные редакторы с развитыми издательскими возможностями трансформировались в *издательские системы* (Page Maker, QuarkXPress, и др.).

Основными для нашего рассмотрения являются собственно *геоинформационные пакеты*. Функциональные особенности программных средств географических информационных систем определяются их ориентацией на обработку и анализ пространственной и атрибутивной информации. Это программы сбора, ввода в машинную среду, обработки (манипулирования, анализа, моделирования, визуализации) и представления пространственно-координированных данных в форме различных (табличных, графических, картографических) выходных документов.

Структурно, программные средства ГИС включают базовые программные средства, модули приложения и вспомогательные средства (утилиты), обеспечивающие решение всей совокупности перечисленных выше задач.

Наряду с этим имеются и облегченные программные продукты, предназначенные для просмотра информации в картографическом виде и решения простейших геоинформационных задач.

**Базовые программные средства** осуществляют связь пространственной и атрибутивной информации, отображение пространственной и атрибутивной информации, организацию запросов для выбора или поиска необходимых пространственных объектов, редактирование атрибутивной информации и т.п.

**Модули приложения** работают вместе с базовыми средствами и решают специализированные задачи. Так, модуль «Поверхность» работает на базе MapInfo Professional и позволяет работать с трехмерными поверхностями, строить изолинии, выполнять триангуляцию Делоне и др.

**Полнофункциональные ГИС.** В настоящее время на российском рынке функционируют около двадцати ГИС, которые можно отнести к разряду полнофункциональных. Среди них - системы западного производства (*MapInfo Professional, WinGIS, ArcGIS ArcEditor, ArcGIS ArcInfo, ArcGIS ArcView, ArcView GIS, Autodesk Map, GeoMedia Professional, MicroStation/J, Manifold System Professional*), отечественные разработки (*GeoGraph, ГрафИн, «Горизонт», «ИнГео», ПАРК, GeoLink, GK32, Zulu, WinPlan, Object Land*).

Следует выделить несколько свойств, характерных в большей или меньшей степени практически для всех полнофункциональных ГИС.

1. Все системы работают на платформе Windows. Некоторые из них имеют версии, работающие под управлением других операционных систем.

2. Все системы поддерживают обмен пространственной информацией (экспорт/импорт) со многими ГИС и САПР через основные обменные форматы: SHP, E00, GEN (ESRI), **MIF (MapInfo Corp.)**, WMF (Microsoft) и др. Некоторые, в основном отечественные, системы поддерживают российские обменные форматы - F1M (*Роскартография*), SXF (*Военно-топографическая служба*).

3. Данные системы обеспечивают работу с растровой информацией, поддерживая при этом все основные форматы (*TIFF, JPEG, GIF, BMP, WMF, PCX*). Некоторые системы поддерживают несколько десятков растровых форматов. Их перечень для системы MapInfo Professional версии 6.5 выглядит так: BMP, GIF, JPEG, PCX, SPOT, TARGA, TIFF, PING, PSD, WMF, ECW, GRD/GRC, MrSID. В этом списке следует обратить внимание на формат MrSID, который обладает уникальными возможностями сжатия информации.

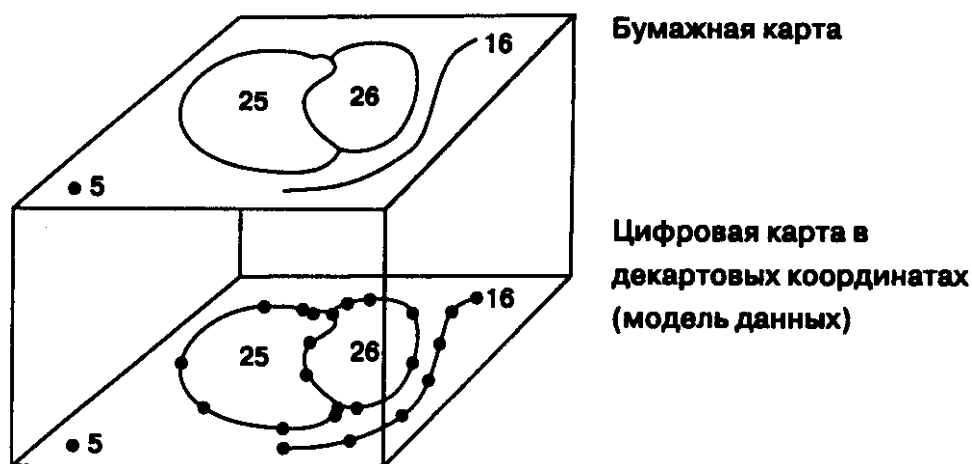
4. Более однородными являются возможности по работе с атрибутивной информацией. Большинство систем обеспечивают работу со всеми основными СУБД через драйверы ODBC, BDE. Первой в ряду поддерживаемых или используемых СУБД стоит Oracle.

5. Большинство современных полнофункциональных ГИС позволяют расширять свои возможности. Основным способом расширения возможностей является программирование на языках высокого уровня (MS Visual Basic, MS Visual C++, Borland Delphi, Borland C++Builder) с подключением DLL-и OCX-библиотек (*ActiveX*). Естественно, имеются и исключения. Так, основное средство расширения возможностей системы **MapInfo Professional** – язык **MapBasic**, а системы Arc View GIS 3,\* – Avenue.

Наиболее распространенными зарубежными системами в России по разным причинам являются ArcView GIS, **MapInfo Professional**, MicroStation/J, WinGIS, Autodesk Map. Аналогичный перечень отечественных систем возглавляют Гео-Граф, Панорама (Карта 2000), ПАРК, GeoLink.

**MapInfo Professional.** Версии программы разрабатываются фирмой MapInfo Corp. (США) с 1992 года. Номер текущей Windows-версии 9.0. Система входит в число наиболее распространенных в России. Пакет MapInfo специально спроектирован для обработки и анализа информации, имеющей адресную или пространственную привязку. Наличие большого числа утилит существенно расширяет функциональные возможности системы.

MapInfo использует векторную нетопологическую модель данных («спагетти-модель») – простейшую векторную структуру данных, переводящую «один в один» графическое изображение карты. Изображение строится с помощью векторных графических примитивов (*точек, линий (полилиний), полигонов*) (Рис. 1). Каждый примитив - одна логическая запись в компьютере, записанная как строки переменной длины пар координат (X,Y). В этой модели соседние области должны иметь разные цепочки «спагетти» для общих сторон. То есть, не существует областей, для которых какая-либо цепочка «спагетти» была бы общей. Каждая сторона каждой области имеет свой уникальный набор линий и пар координат. Общие стороны областей, даже будучи записанными отдельно в компьютере, имеют одинаковые наборы координат.



Структура данных

| Объект  | Номер | Положение                                               |
|---------|-------|---------------------------------------------------------|
| Точка   | 5     | одна пара координат (x,y)                               |
| Линия   | 16    | набор пар координат (x,y)                               |
| Область | 25    | набор пар координат (x,y), первая и последняя совпадают |

Рис. 1. «Спагетти-модель» векторных данных (Де Мерс, 1999).

Как и все ГИС-пакеты MapInfo работает с двумя типами баз данных: *графической* (векторные слои карты, где географические объекты показаны с помощью трех видов графических примитивов (точек, линий и полигонов)) и *атрибутивной* (набору графических примитивов каждого слоя

соответствует атрибутивная таблица, например, если слой содержит 20 объектов, то и в атрибутивной таблице будет 20 строк (строка может состоять из одного или нескольких полей (ячеек), каждая строка соответствует объекту на карте). Слой векторной карты (атрибутивная таблица) содержат данные определенной тематики (населенные пункты, рельеф, объекты гидрографии и т.д.). На каждый слой (таблицу) MapInfo создает 4, а если часть полей таблицы проиндексирована (это делается для осуществления поиска объектов на карте по какому-либо атрибуту), добавляется файл \*.IND – 5 файлов. Рассмотрим их:

|                 |                                                                                    |                                                                                                                                                         |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <имя файла>.TAB |   | Представляет собой небольшой текстовый файл, который описывает структуру данных таблицы и формат файла содержащего данные                               |
| <имя файла>.DAT |   | Содержит табличные данные                                                                                                                               |
| <имя файла>.MAP |   | Описывает графические объекты                                                                                                                           |
| <имя файла>.ID  |   | Содержит список указателей на графические объекты                                                                                                       |
| <имя файла>.IND |  | Индексный файл, позволяющий проводить поиск объектов (улиц, городов и т.п.) по атрибуту (например, названию) на карте с помощью команды <Запрос/ Найти> |

Совокупность слоев, расположенных друг над другом образует **цифровую** (если карта снабжена легендой и прочими элементами оформления – **электронную**) карту.

В MapInfo карте соответствует **Рабочий Набор**, файлы рабочего набора

имеют следующий внешний вид и расширение  «Имя файла».wor. Он представляет собой текстовый файл, который содержит описание открытых окон и таблиц MapInfo, включая их размер и положение на экране, Таблицы Запросов, Тематические Карты, Окна Легенды, объекты Косметического Слоя, Подписи.

*На наш взгляд не имеет смысла полностью описывать ГИС-пакет до начала лабораторных работ. Поэтому возможности ГИС-пакета MapInfo предлагается изучить самостоятельно в процессе выполнения заданий.*

### Вопросы и задания

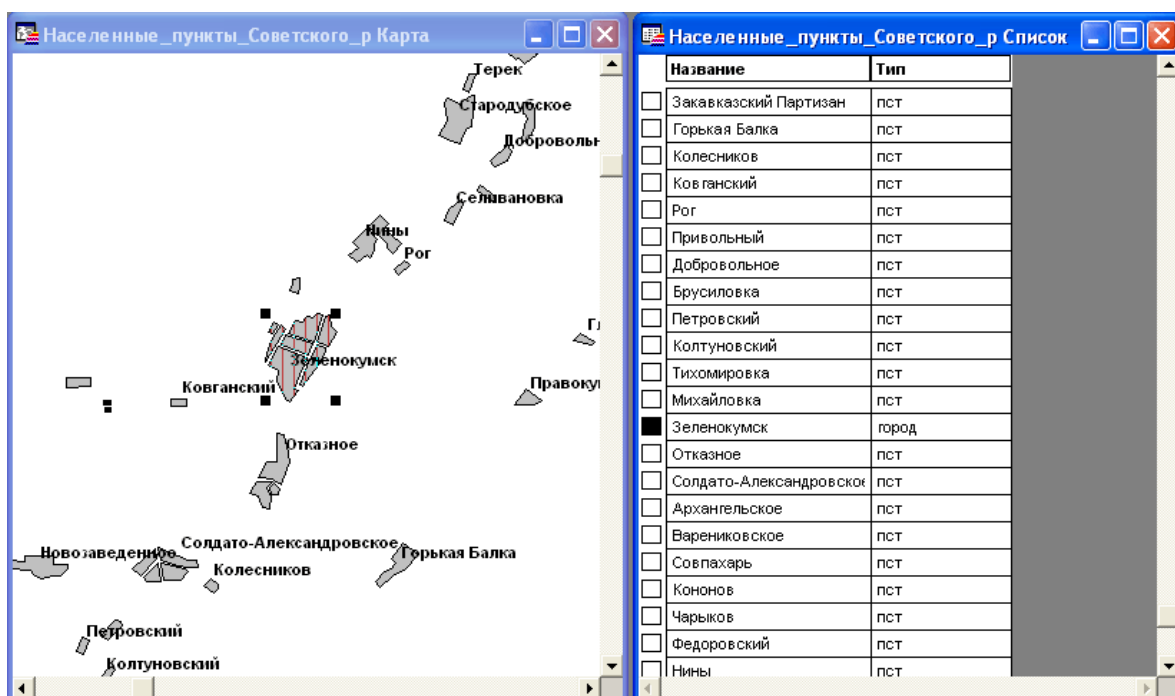
1. В чем отличие геоинформационных систем от других прикладных программ?
2. Назовите особенности векторной топологической и векторной нетопологической моделей данных.
3. Используя Интернет, найдите и ознакомьтесь с сайтами посвященными описанию ГИС-пакета MapInfo, его использованию в научной и производственной деятельности.

4. Зайдите и ознакомьтесь с сайтами по адресам: <http://www.esti-map.ru/>;  
<http://MapInfo.narod.ru/>; <http://www.geomatica.kiev.ua/miug/>.

## Тема 2. Проектирование географических баз и банков данных

**Открытие Списка.** Для представления какого-либо слоя Списком нажимают клавишу F2 и в появившемся диалоговом окне выбирают нужную таблицу, или выполняют команду <Окно/ Новый список...>, или вызывают окно Списка с помощью запроса к БД <Запрос/ Выбрать...>.

**Формирование структуры таблицы.** Формируют структуру атрибутивной БД (*атрибутивных таблиц слоев или «Списков»*) в процессе создания нового слоя, либо перестраивая структуру уже созданной таблицы. С каждым векторным объектом слоя связана одна строка в таблице. При выделении объекта (*группы объектов*) слоя, выделяется черным цветом квадратик перед его строкой в таблице. Если выделить квадратики в Списке – выделяются соответствующие строкам объекты на Карте.



Взаимосвязь объектов Карты и строки Списка.

Структуру атрибутивных таблиц всегда можно перестроить. Для этого нужно выполнить команду <Таблица/ Изменить/ Перестроить...>. В окне <Перестройка структуры таблицы> добавляют поля (*колонки таблицы*) и обязательно подбирают тип поля.

### Тип поля

Символьное  
Целое  
Короткое целое  
Десятичное

### Свойства

Строки до 254 символов длиной. Арифметические операции с числами, содержащимися в символьных полях выполнять нельзя.  
Целое число от – 2147483648 до + 2147483647.  
Целое число от -32768 до +32767.  
Десятичные числа с фиксированной точкой, строка может быть длиной до 19 символов

| Тип поля     | Свойства                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вещественное | Десятичные числа с плавающей точкой. Позволяет хранить огромные числа с высокой точностью. Применяются для хранения координат и прочих численных атрибутов для которых необходима высокая точность хранения.                                           |
| Дата         | Календарная дата в форме ММ/ДД/YYYY ( <i>месяц/день/год</i> ). Год может задаваться также двумя последними цифрами. В качестве разделителя могут использоваться символ слэша или тире. Датами могут быть следующие значения: 01/23/91; 5-6-1989; 10/07 |
| Логическое   | Значения истина или ложь. В поле такого типа появляется либо литера «Т» (TRUE) в случае значения «истина», либо литера «F» (FALSE) в случае значения «ложь»                                                                                            |

Числовые поля могут содержать только цифры, а также символы минуса, десятичной точки и экспоненты (*для вещественных чисел*).

**Задача.** Создать атрибутивную таблицу для слоя «Населенные пункты Советского района».

#### Решение

1. Перестроим структуру таблицы «Населенные пункты Советского р-на» выполнив команду <Таблица/ Изменить/ Перестроить...>.

2. В появившемся окне <Перестройка структуры таблицы> добавим поля и выберем соответствующий тип поля:

- ID (тип поля «Короткое целое»), проиндексируем поле;
- название («Символьное» знаков – 30), проиндексируем поле;
- тип\_поселения («Символьное» знаков – 30);
- площадь\_км\_кв («Вещественное»);
- числ\_муж\_1989 («Целое»);
- числ\_жен\_1989 («Целое»);
- оба\_пола\_1989 («Целое»);
- числ\_муж\_2002 («Целое»);
- числ\_жен\_2002 («Целое»);
- оба\_пола\_2002 («Целое»);
- плотн\_нас\_на\_км\_кв\_2002 (*в населенном пункте*) («Вещественное»).

Нажмем ОК.

3. Выполним команду <Окно/ Новый список...>, в диалоговом окне выберем «Населенные пункты Советского р-на».

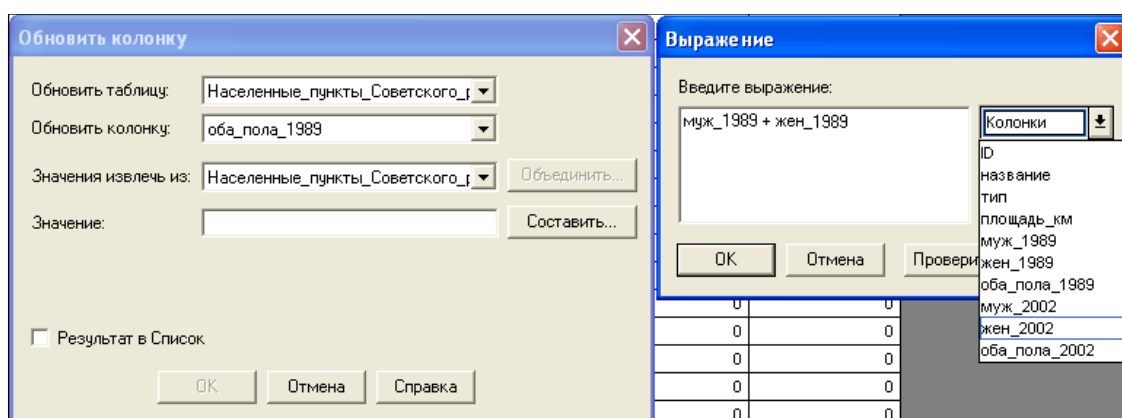
4. В открывшемся окне с таблицей внесем данные в ячейки. (*Данные по площади населенного пункта, численности обоих полов за 1989 и 2002, а также плотность населения на кв. километр территории населенного пункта вносить не будем, т. к. эти показатели будут вычислены нами с использованием инструментария MapInfo. См. ниже*).

5. Вычислим недостающие значения:

- Выполним команду <Таблица/ Обновить колонку...>.
- В появившемся окне «Обновить колонку» (Рис. 3) в строке <Обновить таблицу:> выберем таблицу в которой обновляем значения («Населенные пункты Советского района»), в строке <Обновить колонку:> выберем обновляемую колонку, в которую хотим занести вычисленные значения (*оба\_пола\_1989*), в строке

<Значения извлечь из:> выбираем таблицу, колонки которой хотим использовать для вычислений («Населенные пункты Советского района»).

- Нажмем кнопку <Составить>. В появившемся окне <Выражение> составим выражение для вычисления численности обоих полов. Для этого во всплывающем списке <Колонки> выберем колонку «муж\_1989», во всплывающем списке <Операторы> выберем «+», во всплывающем списке <Колонки> выберем колонку «жен\_1989». Нажмем ОК, ОК.
- Данные колонки «оба\_пола\_1989» вычислены.

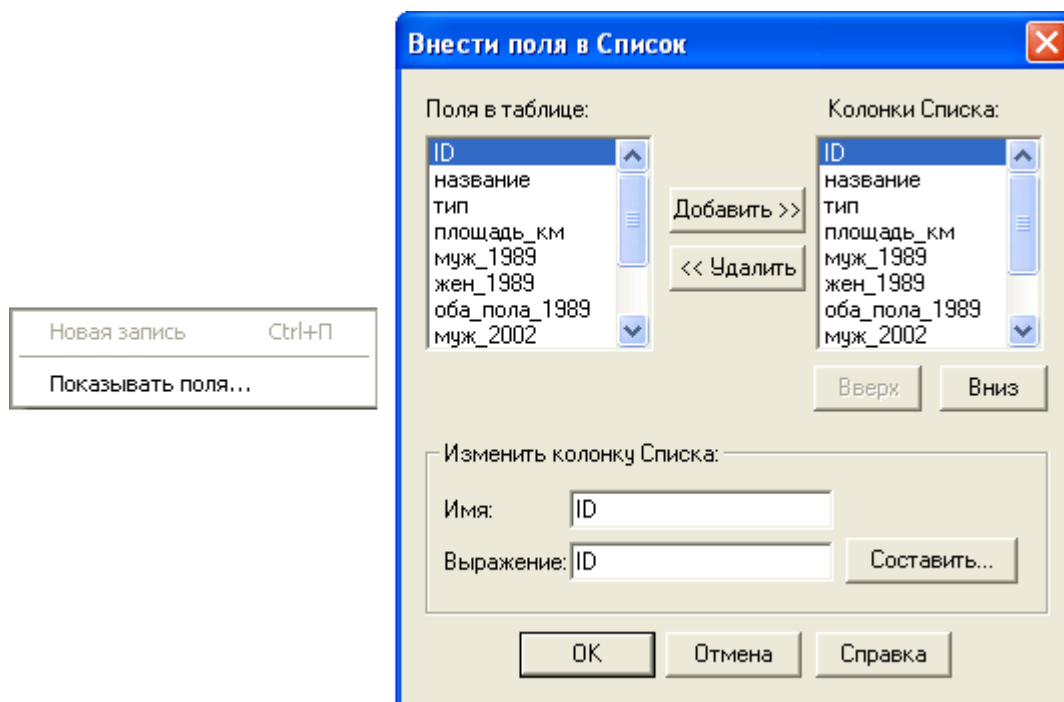


Обновление данных колонки.

- Подобным образом вычисляем (обновляем) данные колонки «оба\_пола\_2002».
- Колонку «площадь\_км\_кв» (площадь населенного пункта) вычисляем (обновляем) составляя следующее выражение: во всплывающем списке <Функции> (окно <Выражение>) выбираем функцию «SphericalArea(obj, «sq mi»)» (см. Прил. 1) и меняем единицы измерения площади «sq mi» (квадратные мили) на «sq km» (квадратные километры).
- Колонку «плотн\_нас\_на\_км\_кв\_2002» (плотность населения на кв. километр населенного пункта) вычисляем (обновляем) составляя выражение: оба\_пола\_2002 / площадь\_км\_кв.

**Особенности работы в окне Списка.** В окне Списка можно убрать из показа, или добавить колонки Таблицы. Для этого нажатием правой кнопки мыши вызывают контекстно-зависимое меню, в котором выбирают <Показывать поля...>. В появившемся диалоге <Внести поля в Список> (Рис. 4) с помощью кнопок <Добавить> и <Удалить> меняют содержание Списка (окошко <Колонки Списка:>). Порядок расположения колонок Списка задают с помощью кнопок <Вверх> и <Вниз>. Для смены значений выбранной колонки согласно какому-либо Выражению нажимают кнопку <Составить...> и составляют формулу выражения (значения меняются временно и при выходе из программы не сохраняются)





Изменение содержания Списка.

Изменить стиль текста всего **Списка** можно с помощью инструмента **Стиль текста**.

### Вопросы и задания

1. Перестройте структуру атрибутивной таблицы и заполните данными в соответствии с приведенным списком (в каждой таблице сделайте колонку «Легенда», в которую внесите принятые в условных обозначениях названия видов объектов карты, например, для слоя «рельеф» - горизонтали основные, горизонтали основные утолщенные, дополнительные горизонтали и пр.):

- «Границы ... района», атрибутивные поля:  
Легенда, Название, Площадь (км).
- «Населенные пункты ... района», поля:  
Легенда, ID, Название, Тип\_поселения, Площадь\_км\_кв, Числ\_муж\_1989, Числ\_жен\_1989, Оба\_пола\_1989, Числ\_муж\_2002, Числ\_жен\_2002, Оба\_пола\_2002, Плотн\_нас\_на\_км\_кв\_2002.
- «Пути сообщения ... района», поля:  
Легенда, ID, Тип (6 типов – железные дороги, автомобильные дороги с усовершенствованным покрытием, автомобильные дороги с покрытием, автомобильные дороги без покрытия, грунтовые и проселочные дороги, полевые и лесные дороги), Длина (км);
- «Рельеф ... района 500000» (с карты масштаба 1:500000), поля:  
Легенда, Высота (м);
- «Рельеф ... района 100000» (с карты масштаба 1:100000), поля:  
Легенда, Высота (м);
- «Реки и каналы ... района», поля:

Легенда, ID, Название (если неизвестно, то «без названия»), Тип (4 типа – пересыхающие реки, реки и каналы шириной менее 30 м., реки и каналы шириной более 30 м, реки и каналы шириной более 60 м), Длина (км).

- «Озера и водохранилища ... района», поля:

Легенда, ID, Название (если неизвестно, то «без названия»), Тип (2 типа – естественные озера, водохранилища), Соленость (2 типа – пресные, соленые), Площадь (км<sup>2</sup>).

- «Растительный покров ... района», поля:

Легенда, ID, Тип (4 типа – леса, кустарники, сады, виноградники), Площадь (км<sup>2</sup>).

- «Грунты ... района», поля:

Легенда, ID; Тип (3 типа – пески, солончаки, болота), Площадь (км<sup>2</sup>).

2. В таблице «Населенные пункты ... района» с помощью операции Обновления колонки вычислите данные в колонках: Площадь\_км\_кв, Оба\_пола\_1989, Оба\_пола\_2002, Плотн\_нас\_на\_км\_кв\_2002.

3. Аналогичным образом вычислите длины и площади объектов в тех таблицах, где есть эти поля.

### Тема 3. Методы пространственного моделирования

**Алгоритмы построение поверхности.** *Поверхность* – это один из четырех видов пространственных объектов (*точки, линии, полигоны, поверхности*), который представляется значением высоты  $Z$ , распределенной по области, определенной координатами  $X$  и  $Y$ . Параметр  $Z$  – это любые измеримые величины, встречающиеся на определенной территории, которые могут рассматриваться как образующие поверхность. Например, высота над уровнем моря, плотность населения, доход, атмосферное давление, осадки и т. п.

С термином поверхность связан термин *цифровая модель рельефа (ЦМР)*, под которой понимают средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (*поверхностей*) в виде трехмерных данных, образующих множество высотных отметок координаты  $Z$  в узлах регулярной сети с созданием *матрицы высот*, нерегулярной треугольной сети (*TIN*), или как совокупность записей горизонталей и иных изолиний (Геоинформатика. Толковый словарь..., 1999).

В стандартной версии MapInfo поверхность строят, выбрав команду <Карта/ Создать тематическую карту...> и способ построения <Поверхность>. Поверхность создается по численным атрибутам геометрических примитивов векторного слоя (*точкам, линиям, полигонам*). Точками данных, по атрибутам которых строится поверхность, для точечных объектов будет являться сама точка, для линий (полилиний) и полигонов – их центроиды. Поверхность строится с помощью *интерполяции – восстановлению значения функции в промежуточных точках по известным ее значениям в соседних точках (точках данных)*. Поверхность, в отличие от других тематических карт, сохраняется в свой файл с расширением \*.MIG.

Для построения поверхностей в MapInfo используются два алгоритма интерполяции: обратно пропорционально расстоянию (Inverse Distance Weighting (IDW)) и триангуляция (Triangulated Irregular Network (TIN)).

*Алгоритм IDW* наилучшим образом подходит для произвольных данных, которые не влияют на соседние данные и не имеют внутренних связей между собой, например, данные о численности населения. Этот метод хорошо подходит для редких, рассеянных данных. Алгоритм IDW покрывает прямоугольной сеткой всю исследуемую картируемую область. Любые изменения размера ячейки приводят к автоматическому пересчету размера поверхности (*по количеству ячеек*). Зная размер ячейки и значения в исходных точках, рассчитываются значения параметра в каждой ячейке. Рассчитанное значение определяется как средневзвешенное из значений нескольких точек, выбранных в специально заданном *радиусе поиска* вокруг центра ячейки. Веса значений обратно пропорциональны  $n$ -й степени расстояния от точки, попавшей в радиус поиска, до центра ячейки. В IDW *показатель степени* определяет, насколько сильно будет влияние каждой точки на результат осреднения. Чем выше показатель степени, тем больше влияние наиболее

близких точек. Значение показателя степени может быть от 1 до 10. Также выбирается метод вычисления значений z-компоненты исходных значений, попадающих в одну и ту же ячейку. Это: среднее, количество, сумма, минимальное и максимальное значение.

Алгоритм TIN хорошо работает с данными о высотах местности и с теми данными, которые имеют линейную прогрессию или взаимосвязь самих данных в пределах поверхности, такими, как данные о рельефе, температуре воздуха. Алгоритм создает треугольники из множества исходных точек. Поверхности смежных треугольников образуют единую непрерывную поверхность. Исходные точки слоя являются вершинами смежных треугольников. Далее осуществляется пересчет полученных значений в регулярную сетку поверхности. Интерполированная поверхность является максимально приближенной по значениям к исходным данным. Искажения и сглаживание значительно меньше, чем при интерполяции методом IDW.

Настройки TIN интерполяции включают следующие параметры:

- **Допуск** – часть длины диагонали прямоугольника, описывающего соседние точки. Позволяет игнорировать слишком близко расположенные друг к другу точки.
- Значение **расстояние** управляет выводом. Для ненулевого значения расстояния выводятся только углы или треугольники, попадающие в окружность, центр которой это узел TIN, а радиус равен задаваемому расстоянию. Это полезно для построения треугольной нерегулярной сетки с заданным расстоянием; в противном случае, триангуляционная сеть будет пересекать область определения данных.
- Величина **угол** управляет размером угла (*в градусах*). Эта настройка полезна для сглаживания результирующей сетки. Если разница в углах для соседних ячеек больше этой заданной величины, то такой угол рассматривается как «острый».

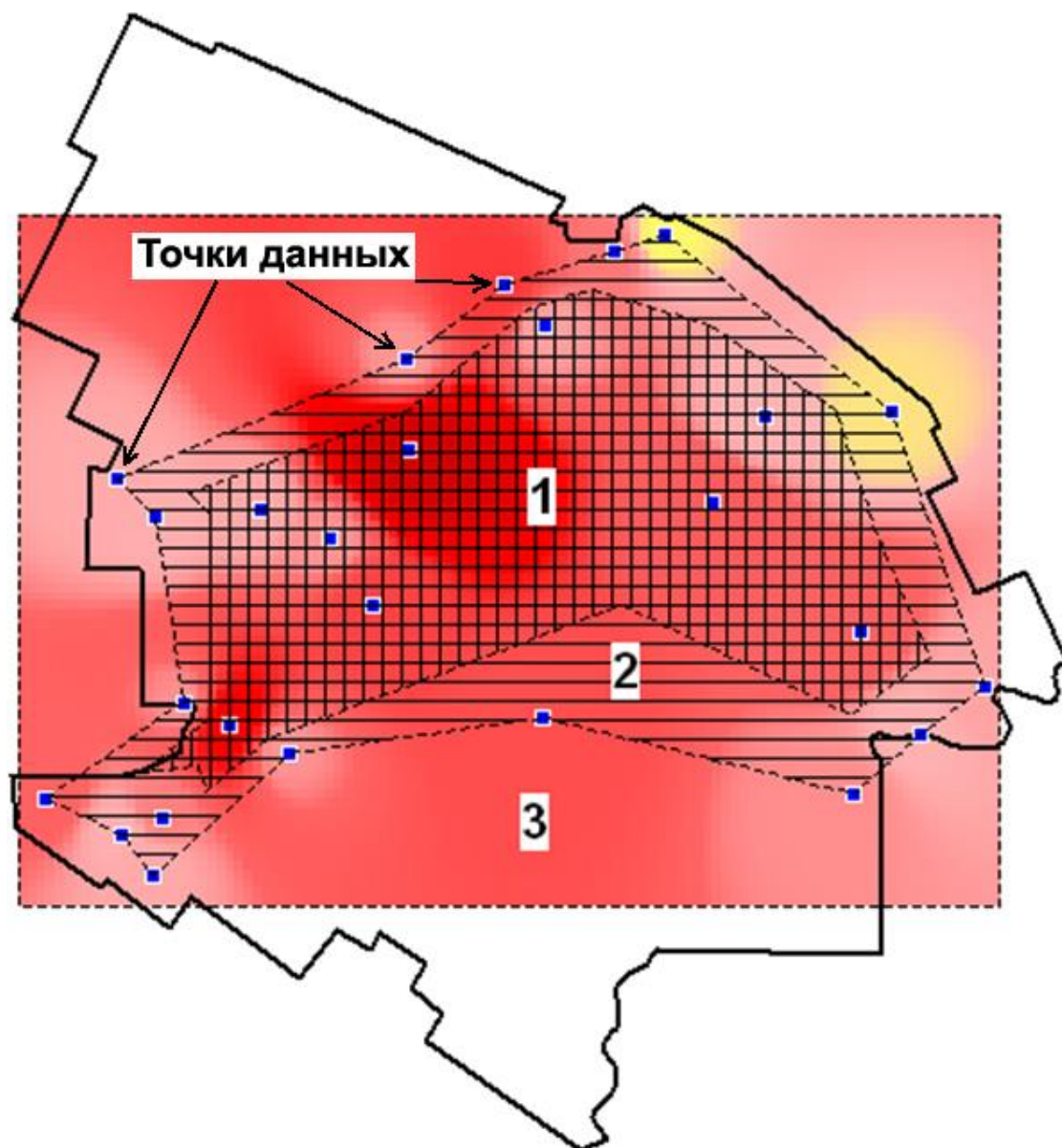
**Проблемы интерполяции.** При интерполяции должны учитываться количество и положение исходных точек, размер области, в пределах которой располагаются точки с известными значениями.

**Количество исходных точек.** Чем больше исходных точек – тем более точной будет интерполяция. Чем сложнее поверхность, тем больше точек данных требуется. А для важных объектов, таких как хребты, впадины и долины рек, требуются дополнительные точки, для гарантированного представления поверхности с необходимой подробностью. Однако существует предел числу отсчетов, которые могут быть сделаны для любой поверхности. Постепенно достигается момент снижения отдачи: большее количество точек не улучшает существенно качество результата, а лишь увеличивает время вычислений и объем данных.

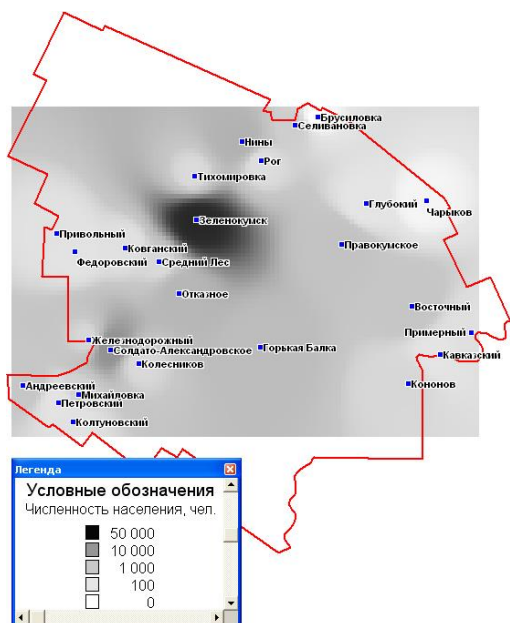
**Положение исходных точек.** Проблема размещения отсчетов обостряется, при интерполяции по центроидам полигонов. Если полигоны имеют необычную форму, существует вероятность того, что центроид окажется на границе полигона, либо в пределах его меньшей части. Когда

такое случается, наиболее легким решением является «подтягивание» центроида к наиболее подходящему положению. Это осуществляется с помощью инструмента Стрелка в режиме Форма при режиме показа центроидов.

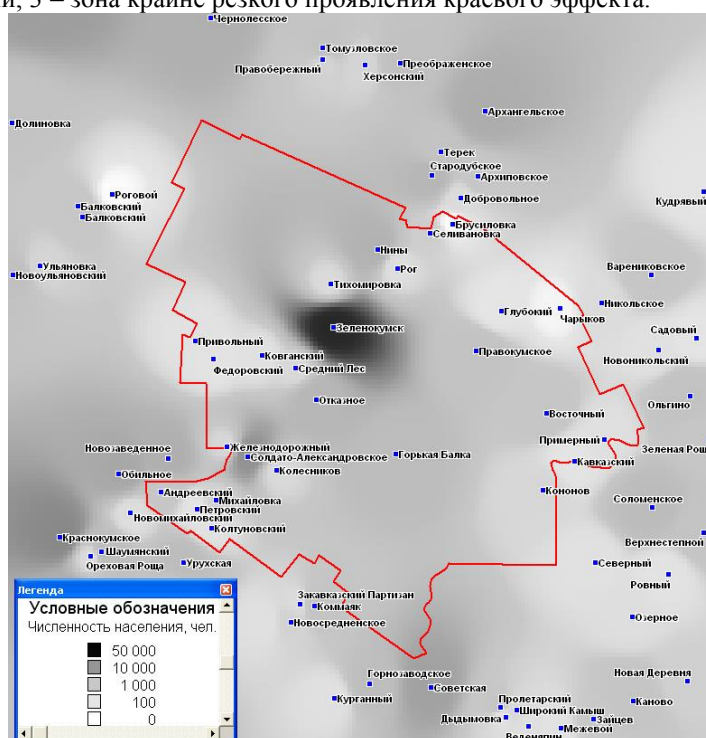
**Область расположения точек данных.** Чтобы избежать *краевого эффекта* и тем самым повысить точность построения поверхности для картируемой территории, периферия области проведения интерполяции должна быть окружена дополнительными точками с известными значениями (Рис. 81б). Это делается потому, что с приближением к границе интерполируемой поверхности алгоритм интерполяции вынужден использовать исходные точки только с трех и даже двух сторон от интерполируемых ячеек, допуская систематическую ошибку вдоль границы. Для TIN интерполяции, использующей линейную прогрессию, эта проблема не столь остра, как для метода IDW. При использовании метода IDW, область расположения точек данных относительно области проведения интерполяции следует увеличить на величину радиуса поиска.



Зонирование области интерполяции: 1 – зона удовлетворительного результата интерполяции, возможное появление краевого эффекта к краям зоны; 2 – зона интенсивного возрастания краевого эффекта, неудовлетворительный результат интерполяции; 3 – зона крайне резкого проявления краевого эффекта.



а



б

Построение поверхности по численности населения в населенных пунктах Советского района: а – с использованием точек данных только в пределах района; б – с расширением области расположения точек данных на радиус поиска вокруг границ района.

## Тема 4. Цифровое моделирование рельефа

Алгоритм TIN хорошо работает с данными о высотах местности и с теми данными, которые имеют линейную прогрессию или взаимосвязь самих данных в пределах поверхности, такими, как данные о рельефе, температуре воздуха. Алгоритм создает треугольники из множества исходных точек. Поверхности смежных треугольников образуют единую непрерывную поверхность. Исходные точки слоя являются вершинами смежных треугольников. Далее осуществляется пересчет полученных значений в регулярную сетку поверхности. Интерполированная поверхность является максимально приближенной по значениям к исходным данным. Искажения и сглаживание значительно меньше, чем при интерполяции методом IDW.

Настройки TIN интерполяции включают следующие параметры:

- **Допуск** – часть длины диагонали прямоугольника, описывающего соседние точки. Позволяет игнорировать слишком близко расположенные друг к другу точки.
- Значение **расстояние** управляет выводом. Для ненулевого значения расстояния выводятся только углы или треугольники, попадающие в окружность, центр которой это узел TIN, а радиус равен задаваемому расстоянию. Это полезно для построения треугольной нерегулярной сетки с заданным расстоянием; в противном случае, триангуляционная сеть будет пересекать область определения данных.
- Величина **угол** управляет размером угла (*в градусах*). Эта настройка полезна для сглаживания результирующей сетки. Если разница в углах для соседних ячеек больше этой заданной величины, то такой угол рассматривается как «острый».

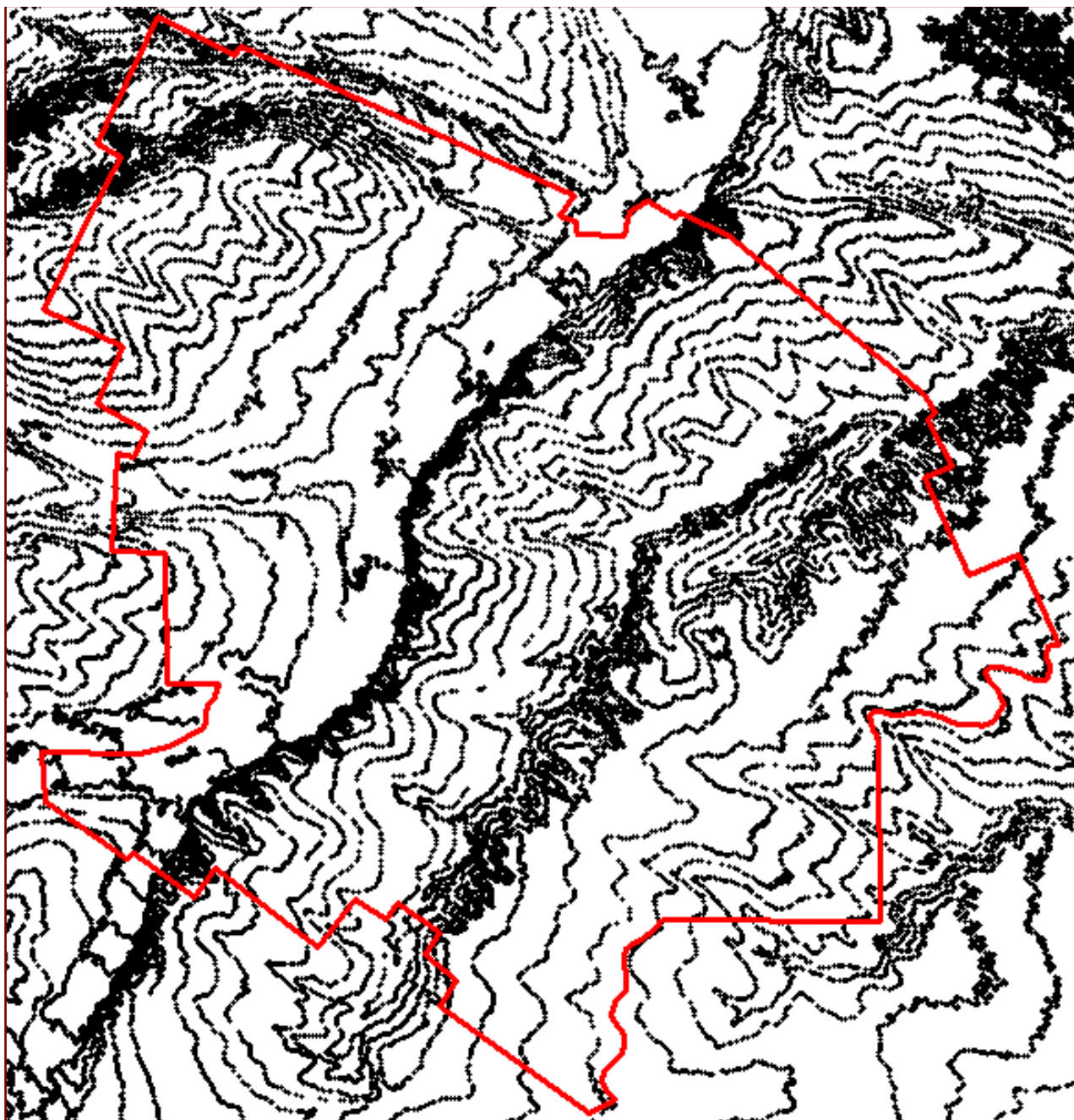
**Задача.** Создать поверхность, используя горизонтали и отметки высот слоя «Рельеф Советского района М\_100000».

### Решение

1. Так как значительная часть данных о высоте местности представлена горизонталями (*полилиниями*) необходимо развалить полилинии на точки. Для этого используют программу (*утилиту*) Convert (файл «Obj\_conv.mbx»), поставляемую дилером MapInfo в России – фирмой «ЭСТИ МАП». Используя команду <Программы/ Каталог программ/ Добавить.../ Размещение>, добавим эту утилиту в каталог программ и поставим флажок в колонке Загрузить.

2. Создадим копию слоя «Рельеф...». Сделаем его изменяемым и выберем все полилинии, используя выборку по шаблону `Str$(obj) = "polyline"`. Выполним команду <Правка/ Развалить объект на точки>. После образования точек полилинии не удаляются, поэтому выберем их и удалим. Получился слой, где данные о высотах представлены 49917 точками.

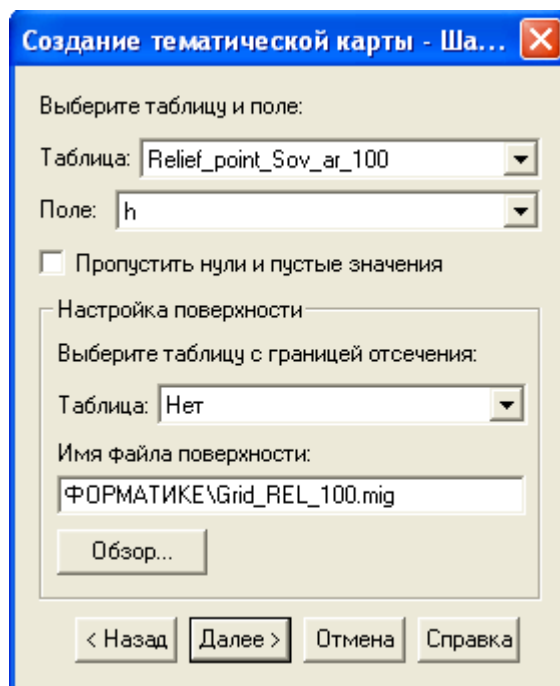




Слой – границы района и рельеф района, представленный точечными объектами.

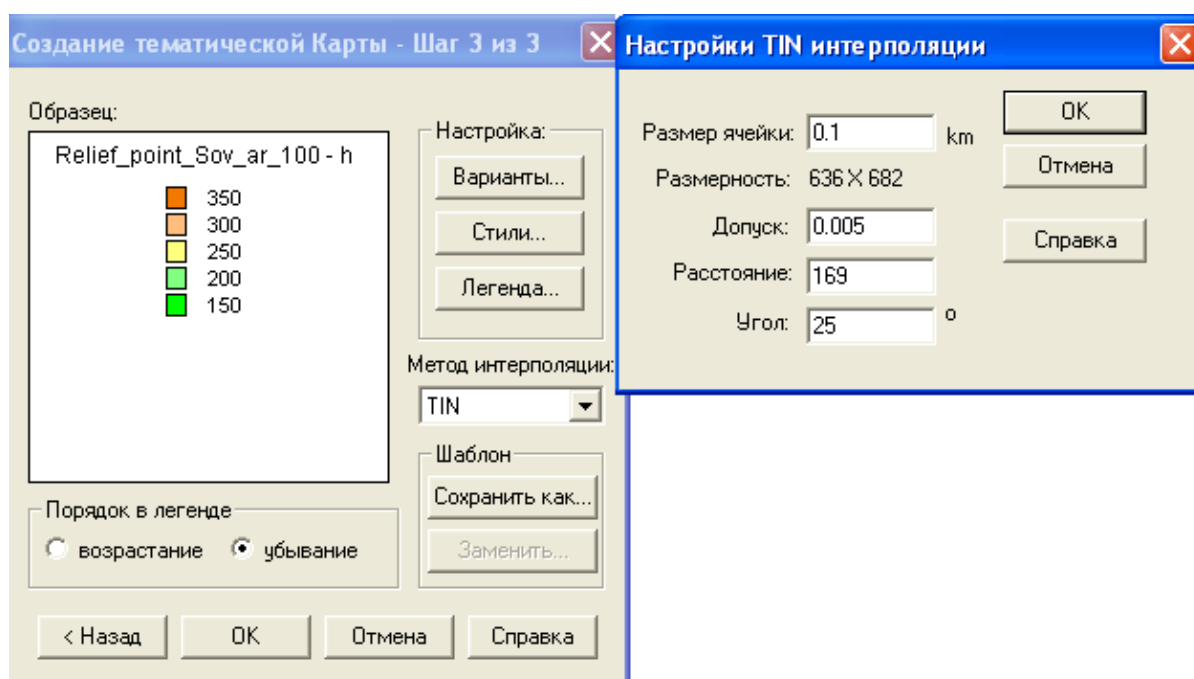
3. Выполним команду <Карта/ Создать тематическую карту...> и способ построения <Поверхность>. В окне <...Шаг 2 из 3> выберем таблицу «Рельеф ... района» и поле с данными о высоте точек. Можно также выбрать таблицу (например, «Границы района»), по площадным объектам которой необходимо обрезать поверхность. Ее выбирают во всплывающем списке <Выберите таблицу с границей отсечения:>. Можно также изменить имя файла поверхности в одноименной строке.



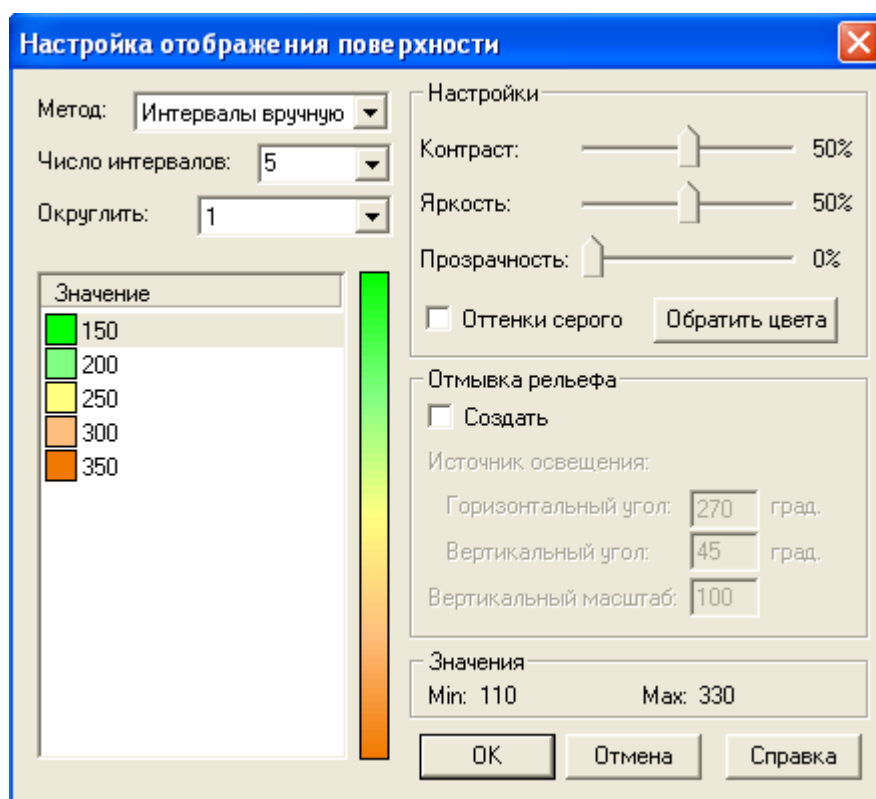


Окно <Создание тематической карты (поверхности)– Шаг 2 из 3>.

4. В окне <...Шаг 3 из 3> выберем <Метод интерполяции:> – TIN. Нажмем на кнопку <Варианты...> и в окне <Настройки TIN интерполяции> произведем настройку (если это необходимо) размера ячейки, допуска, расстояния и угла. Нажав кнопку <Стили...> вызовем окно <Настройка отображения поверхности> (Рис. 85) в котором выберем <Метод:> классификации ячеек поверхности Интервалы вручную. На выбор предлагаются также методы: Равное число ячеек (в каждом классе), Равные интервалы, Число ячеек вручную. Выберем число интервалов (5). В этом окне возможна также настройка Контрастности, Яркости и Прозрачности поверхности, и создание Отмывки рельефа.

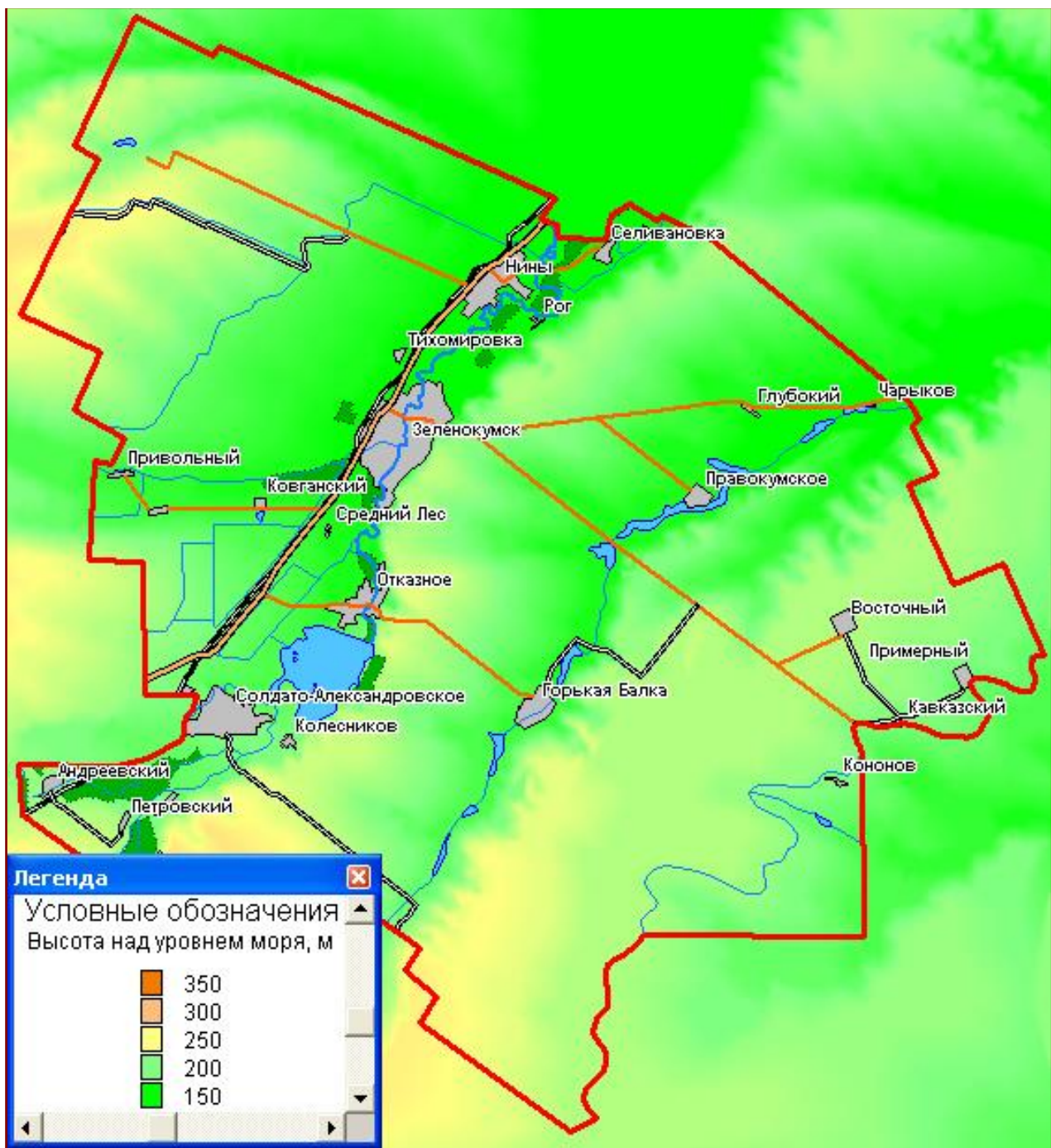


Окна <Создание тематической карты (поверхности)– Шаг 3 из 3> и <Настройка TIN интерполяции>.



Окно <Настройка отображения поверхности>.

5. Настроим легенду карты, нажмем ОК, добавим ЦКО.



Результат построения поверхности с наложенной на нее ЦКО.

**Построение 3D Карты.** Используя поверхность можно построить трехмерную карту (3D Карту). Перед построением 3D Карты из списка слоев диалога <Управление слоями> следует удалить все слои поверхностей, кроме той, по которой будет строиться 3D Карта. Иначе карта может быть построена с учетом другой поверхности. 3D Карту сохраняют в Рабочем наборе.

! Все слои, которые отображены в окне Карты над слоем поверхности, будут отображены в окне 3D Карты в качестве текстуры!

Для построение 3D Карты (Рис. 88) выполняется команда <Карта/Создать 3D карту>. В окне <Создать 3D Карту > выбираются:

- Горизонтальный и Вертикальный углы Положения камеры относительно поверхности карты;
- Позиция и Цвет источника освещения;
- Единицы измерения (для рельефа указать метры), Разрешение поверхности (в ячейках), Масштаб (отношение вертикального масштаба к горизонтальному), Цвет фона вокруг карты.

**Создать 3D Карту**

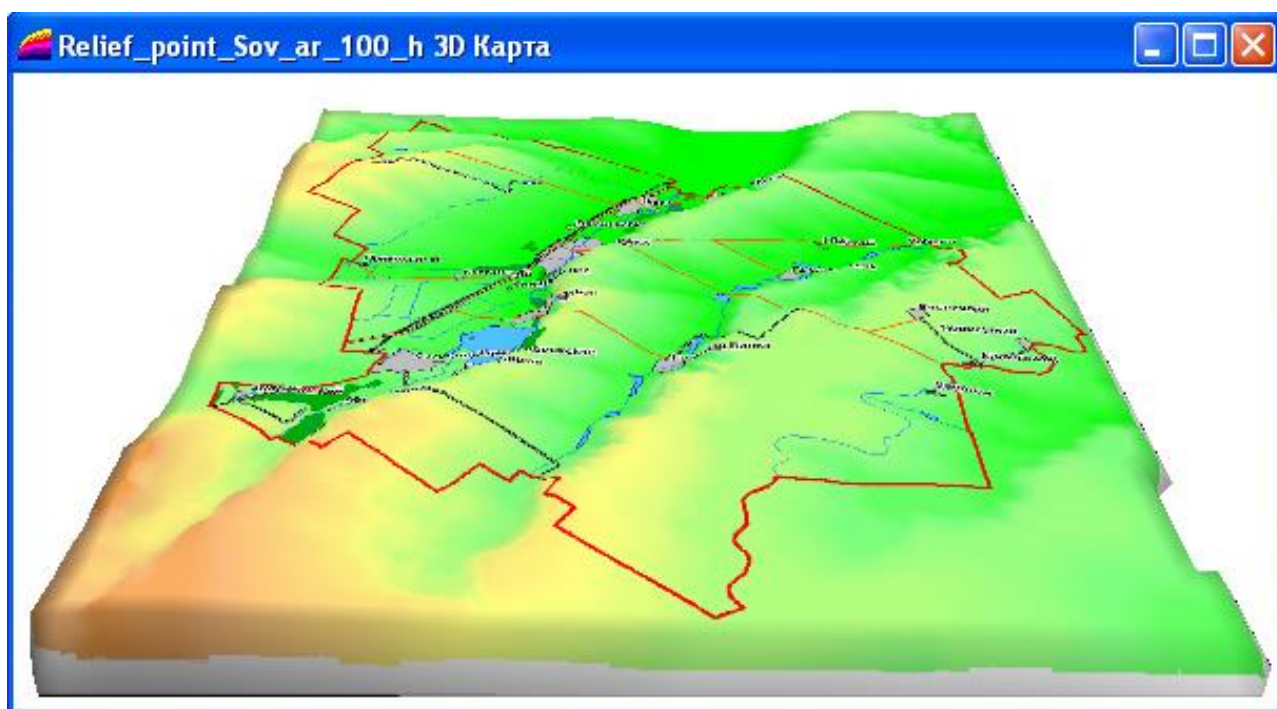
**Камера**  
 Горизонтальный угол: 0  
 Вертикальный угол: 30

**Освещение**  
 Позиция: X 0 km  
 Y 0 km  
 Z 1 km  
 Цвет: [color picker]

**Вид**  
 Единицы: метры  
 Разрешение: 300 на 300  
 Масштаб: 10  
 Цвет фона: [color picker]

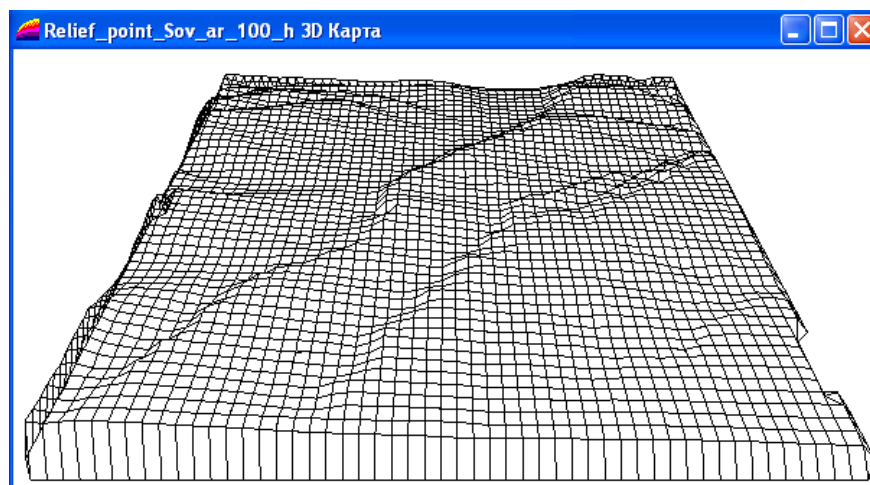
OK Отмена Справка

Окно <Создать 3D карту>.



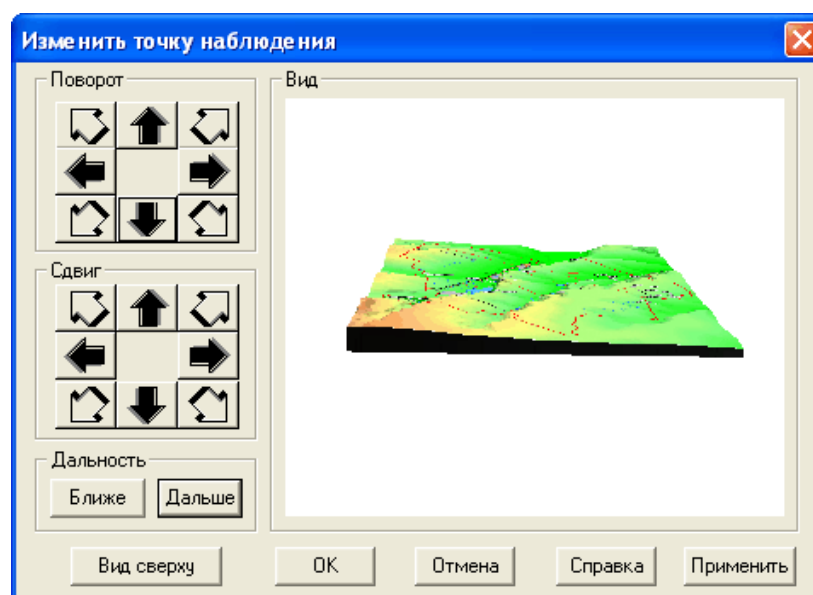
Результат построения 3D карты рельефа Советского района.

Для отображения каркасной модели 3D Карты выполняют команду <3D Карта/ Каркасная модель>.



Каркасная модель 3D Карты Советского района.

Изменить положение 3D Карты, можно сменой точки наблюдения. Для этого выполняют команду <3D Карта/ Точка наблюдения...>.



Окно изменения точки наблюдения.

Для изменения положения карты рекомендуем сначала установить Вид сверху, а потом стрелками осуществлять Поворот и Сдвиг изображения. Нажатие кнопки <Применить>, позволяет просмотреть результат в окне Карты, не выходя из режима Изменения точки наблюдения. Изменить положения 3D карты можно также с помощью инструментов Стрелка (для поворота карты) и Ладощка (для перемещения карты в окне).

### Вопросы и задания

1. Постройте поверхность рельефа района, используя данные отметок высот и разваленных на точки горизонталей из слоя «Рельеф ... района 100000».
2. Создайте 3D карту по поверхности рельефа района, драпированной космическим снимком территории района.



## Тема 5. Математико-картографическое моделирование

**SQL-запросы** (*SQL – Structured Query Language – структурированный язык запросов*) мощный инструмент извлечения информации. Их используют для фильтрации, сортировки, группировки данных, составления различных по сложности выражений, объединения двух таблиц. При выполнении SQL-запроса создается таблица запросов, содержащая данные, которые не присутствуют явно в исходных таблицах. Записи в ней связаны с исходной таблицей, при внесении изменений в которую, будут автоматически меняться и значения в таблице запросов. Диалог **<SQL-запрос>** – один из наиболее сложных в MapInfo, но разобравшись в значениях каждого элемента окна диалога можно формулировать достаточно сложные запросы.

### Значение элементов окна **<SQL-запрос>**.

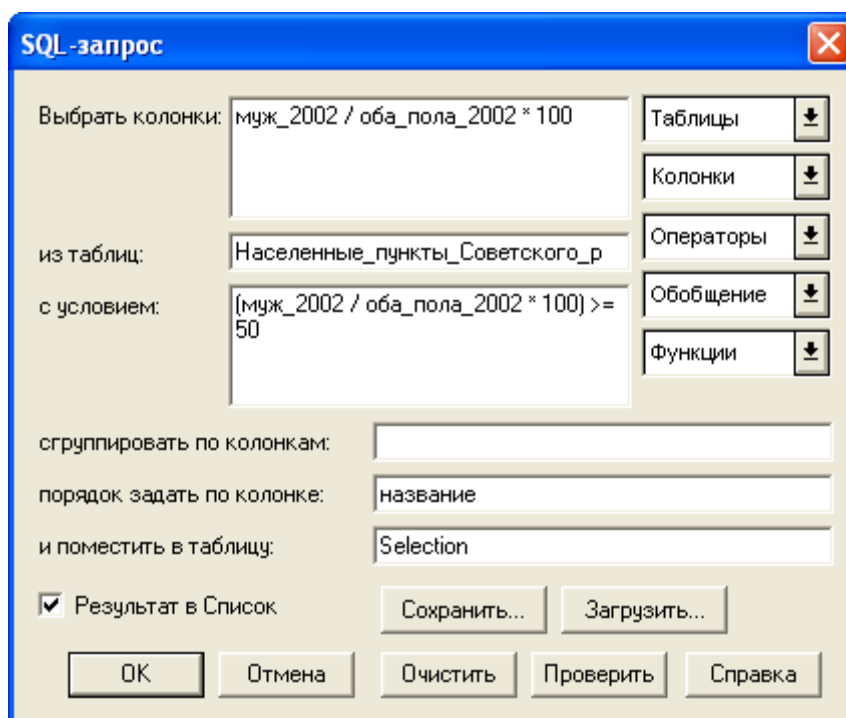
- **<Выбрать колонки:>** окно составления выражения.
- **<из таблиц:>** строка, в которой указывается таблица, или таблицы, колонки которых участвуют в создании выражений.
- **<с условием:>** окно составления выражения условий запроса.
- **<сгруппировать по колонкам:>** если какая-либо колонка таблицы имеет одинаковые записи, то записи таблицы запросов при надобности можно сгруппировать по ним, указав в строке эту колонку.
- **<порядок задать по колонке:>** в этой строке указывается колонка, по записям которой строки таблицы будут отсортированы в алфавитном порядке, либо в порядке возрастания чисел. Для задания обратного порядка сортировки после названия колонки набирают ключевое слово "desc" (например, название desc).
- **<и поместить в таблицу>** строка ввода названия для таблицы запросов.
- **<Результат в Список>** установленный флажок позволяет показать таблицу запросов в окне Списка, убранный – выделяет только объекты Карты, соответствующие параметрам выборки.
- Всплывающие списки: **<Таблица>**, **<Колонки>**, **<Операторы>**, **<Обобщение>**, **<Функции>**, позволяют выбирать соответственно: таблицы, колонки этих таблиц, операторы, функции обобщения, все остальные функции. С помощью всплывающих списков составляют выражение запроса.
- Кнопки **<Сохранить...>** и **<Загрузить...>** позволяют сохранить (для того, чтобы запрос в следующий раз не составлять заново) и загрузить шаблон выражения. Расширение файла шаблона \*.QRY.
- Кнопка **<Очистить>** очищает окна составления выражений.
- Кнопка **<Проверить>** запускает алгоритм проверки синтаксиса составленного выражения.

**Задача.** Создать Таблицу Запросов на нахождение процентного отношения численности мужчин к общей численности населения за 2002 г. с условием того, что в таблицу попадают те населенные пункты Советского района, где мужчин 50% и более.

**Решение**

1. Выполним команду <Запрос/ SQL-запрос>. В появившемся окне <SQL-запрос> составим выражение (Рис. 66):

- в строке <из таблиц:>, используя выпадающий список <Таблицы>, укажем таблицу «Населенные\_пункты...»;
- В окне <Выбрать колонки:>, используя выпадающие списки <Колонки> и <Операторы>, составим выражение  
$$\text{муж\_2002} / \text{оба\_пола\_2002} * 100;$$
- В окне <с условием:>, используя выпадающие списки <Колонки> и <Операторы>, составим выражение условия  
$$(\text{муж\_2002} / \text{оба\_пола\_2002} * 100) \geq 50$$
- Нажмем кнопку <Проверить> для проверки синтаксиса;
- В строке <порядок задать по колонке:>, используя выпадающий список <Колонки>, укажем колонку «название»;
- Для показа таблицы запросов поставим флажок напротив <Результат в список>, иначе будут выбраны только объекты карты.



Окно SQL-запроса с составленным выражением.

2. Для сохранения шаблона выражения (для того, чтобы его не составлять заново в следующий раз) нажмем кнопку <Сохранить...>. Файлы сохраняются с расширением \*.QRY. Нажав кнопку <Загрузить...> шаблон выражения можно загрузить в окно <SQL-запроса>.

3. В после нажатия ОК появляется таблица запросов. Нажмем посередине таблицы правой кнопкой мыши, и вызовем контекстно-зависимое, в котором меню выберем строку <Показывать поля...>. В диалоге <Внести поля в Список> добавим поле «название».

С помощью SQL-запроса можно провести **обобщение данных по записям колонки**, выбранной в качестве **колонки группировок**.

**Задача.** Создать таблицу запросов с обобщенными данными по муниципальным образованиям. Таблица должна содержать колонки с информацией по: количеству населенных пунктов в муниципальном образовании; общей численности населения муниципального образования на 2002 г.; общей площади населенных пунктов в муниципальном образовании.

Решение

1. Выполним команду <Запрос/ SQL-запрос>. В окне <SQL-запрос> составим выражение (Рис. 66):

- в строке <из таблиц:> укажем таблицу «Населенные\_пункты...»;
- в окне <Выбрать колонки:> выберем колонку «муниципальное\_образование», и выберем функцию обобщения Count(\*) (с помощью этой функции вычисляется количество записей в группах, в качестве аргумента указывается «\*» т. к. функция применяется ко всем записям таблицы), один раз нажмем пробел и напечатаем псевдоним колонки «муниципальное\_образование» под названием "Колич\_НП";
- Выберем функцию Sum() (функция вычисления суммы значений для всех записей группы) из списка <Обобщение>, в скобках прилагаемых к Sum поставим колонку «оба\_пола\_2002», нажмем пробел и напечатаем её псевдоним – "Числ\_населения\_2002";
- Еще раз выберем функцию Sum(), в скобках прилагаемых к Sum поставим функцию Area(obj, "sq km") из списка <Функции> (не забудьте поменять поставленные по умолчанию m на km), нажмем пробел и напечатаем псевдоним – "Площадь\_МО";
- Нажмем кнопку <Проверить> для проверки синтаксиса;
- В строках <сгруппировать по колонкам:> и <порядок задать по колонке:>, укажем колонку «муниципальное\_образование»;
- В строке <и поместить в таблицу:> введем название результирующей таблицы – "Муниципальные\_образования". Нажмем ОК.

2. SQL-запрос и результирующая таблица (Рис. 67) имеют вид:

Выбрать колонки:

из таблиц:

с условием:

сгруппировать по колонкам:

порядок задать по колонке:

|                                                                                                                                |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| муниципальное_образование, Count(*) "Колич_НП", Sum(оба_пола_2002) "Числ_населения_2002", Sum(Area(obj, "sq km")) "Площадь_МО" |                           |
| Населенные_пункты_Советского_р_на                                                                                              |                           |
|                                                                                                                                |                           |
| муниципальное_образование                                                                                                      | муниципальное_образование |
| муниципальное_образование                                                                                                      | муниципальное_образование |



и поместить в таблицу:

Муниципальные\_образования

| Муниципальные_образования Список |          |                            |            |
|----------------------------------|----------|----------------------------|------------|
| муниципальное_образование        | Колич_НП | Численность_населения_2002 | Площадь_МО |
| Восточненское МО                 | 4        | 2 209                      | 2,61814    |
| Горько-Балковское МО             | 1        | 2 924                      | 3,05656    |
| Зеленокумское МО                 | 7        | 42 130                     | 22,7427    |
| Нинское МО                       | 3        | 5 610                      | 7,55881    |
| Отказненское МО                  | 1        | 4 018                      | 4,46007    |
| Правокумское МО                  | 3        | 1 932                      | 1,64718    |
| Солдато-Александровское МО       | 7        | 13 939                     | 10,7595    |

Результирующая таблица (таблица запросов) к задаче №11.

**Использование логических и географических операторов.** В предыдущей работе мы разобрали значение математических операторов, строковых и операторов сравнения. Разберем теперь работу логических и географических операторов, которые применяются в основном при составлении SQL-запросов.

**Логические операторы.** Используются как составная часть выражений для проверки, которая производится над каждой записью таблицы. Результатом каждой проверки является ответ «Т» (True - да) или «F» (False - нет) (т.е. «истина» или «ложь»). Комбинируя результаты проверки каждого условия с помощью логических операторов, MapInfo выдает общий ответ: удовлетворяет ли данная запись условию выбора?

| Символ оператора<br>а | Операция       | Примеры<br>(А и В – графические объекты Карты)                                                                                                                                               |
|-----------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| And                   | логическое И   | Принимает значение «истина» только в том случае, если оба ее аргумента (логических выражения) истинны. Другими словами, запись должна удовлетворять обоим условиям, чтобы попасть в выборку. |
| Or                    | логическое ИЛИ | Принимает значение «истина», если хотя бы один из аргументов имеет значение «истина». Другими словами, запись должна удовлетворять хотя бы одному из условий, чтобы попасть в выборку.       |
| Not                   | логическое НЕ  | Принимает значение «истина», если аргумент имеет значение «ложь», и наоборот. Другими словами, запись не должна удовлетворять условию, чтобы попасть в выборку.                              |

**Задача.** Создать таблицу запросов с ответами на вопросы – имеет ли населенный пункт площадь свыше 2 км<sup>2</sup>, и имеет ли населенный пункт численность населения за 2002 г. выше 5000 человек? В таблицу запросов не должны попасть населенные пункты в ранге хуторов и г. Зеленокумск.

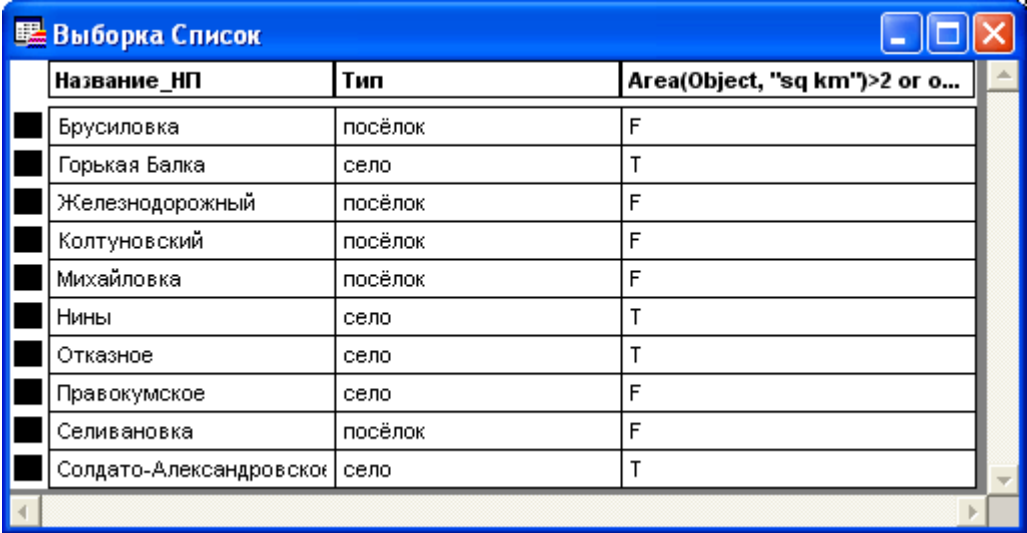
**Решение**

1. В окне <SQL-запрос> составим выражение с применением логических операторов:

|                            |                                                                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Выбрать колонки:           | название "Название_НП", Area(obj, "sq km") > 2 Or оба_пола_2002 > 5000 "Запрос" |
| из таблиц:                 | Населенные пункты Советского р на                                               |
| с условием:                | not тип = "Хутор" And Not название = "Зеленокумск"                              |
| сгруппировать по колонкам: |                                                                                 |
| порядок задать по колонке: | название                                                                        |
| и поместить в таблицу:     | Выборка                                                                         |

При создании вычисляемой колонки, выражение используется в качестве названия колонки. В данном случае название будет следующим: «Area(obj, "sq km") > 2 or o...» (Рис. 68). Оно не удобочитаемо. Чтобы этого избежать, можно задать псевдоним – свое название колонки. Оно должно следовать сразу за выражением, отделяться от него пробелом и заключено в кавычки. Например, Area(obj, "sq km") > 2 Or оба\_пола\_2002 > 5000 "Запрос".

2. Результирующая таблица (Рис. 68) будет содержать ответы на заданные вопросы в виде букв «Т» (да) или «F» (нет).



| Название_НП             | Тип     | Area(Object, "sq km")>2 or o... |
|-------------------------|---------|---------------------------------|
| Брусиловка              | посёлок | F                               |
| Горькая Балка           | село    | T                               |
| Железнодорожный         | посёлок | F                               |
| Колтуновский            | посёлок | F                               |
| Михайловка              | посёлок | F                               |
| Нины                    | село    | T                               |
| Отказное                | село    | T                               |
| Правокумское            | село    | F                               |
| Селивановка             | посёлок | F                               |
| Солдато-Александровское | село    | T                               |

Результирующая таблица (таблица запросов) к задаче №12.

**Географические операторы.** В MapInfo имеется несколько географических операторов, которые используются для выбора объектов на основании их взаимного расположения в пространстве. С географическими операторами используется специальное ключевое слово «obj» или «object». Оно определяет вычисление значения на основании графических объектов, а не соответствующих им табличных числовых полей. Географические операторы действуют на объекты, между которыми они располагаются в выражении.

| Символ оператора | Операция           | Примеры<br>(А и В – графические объекты Карты)                                                                                     |
|------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Contains         | Содержит           | Выражение object A Contains object B имеет значение «Истина», если центр оид объекта В лежит где либо внутри А                     |
| Contains Entire  | Содержит полностью | Выражение object A Cont ins Entire object B имеет значение «Истина», если граница объекта В целиком лежит внутри границы объекта А |

| Символ оператора | Операция         | Примеры<br>(А и В – графические объекты Карты)                                                                                        |
|------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Within           | Внутри           | Выражение object A Within object B имеет значение «Истина», если центроид объекта А лежит внутри границы В                            |
| Entirely Within  | Полностью внутри | Выражение object A is Entirely Within object B имеет значение «Истина», если граница объекта А лежит целиком внутри границы объекта В |
| Intersects       | Пересекает       | Выражение object A Intersects object B имеет значение «Истина», если объекты А и В имеют хотя бы одну общую точку                     |

Географические операторы работают как с объектами одной, так и двух таблиц. Данный тип операторов используется для задания условия выбора.

**Задача.** Создать таблицу запросов с логическими ответами на вопрос, – полигоны каких населенных пунктов целиком лежат в границах Советского района Ставропольского края? Для решения задачи необходимо иметь в наличии таблицы (слои) «Границы районов края» и «Населенные пункты края».

#### Решение

1. В строке <из таблиц:> выберем таблицы «Населенные пункты края» и «Границы районов Ставропольского края».
2. В окне <Выбрать колонки:> присвоим псевдоним "Название" колонке «Населенные пункты края» (для того чтобы ее отразить в результирующей таблице), а также укажем, что запрос должен быть основан на объекте, изображающем Советский район, составив выражение – Границы\_районов\_края.название = "Советский".
3. В строке <с условием:> составим выражение – Населенные\_пункты\_края.obj Entirely Within Границы\_районов\_края.obj. Полностью выражение выглядит следующим образом:

|                            |                                                                                            |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Выбрать колонки:           | Населенные_пункты_края.название "Название",<br>Границы_районов_края.название = "Советский" |
| из таблиц:                 | Населенные_пункты_края, Границы_районов                                                    |
| с условием:                | Населенные_пункты_края.obj Entirely Within Границы_районов_края.obj                        |
| сгруппировать по колонкам: |                                                                                            |
| порядок задать по колонке: | Границы_районов.название                                                                   |
| и поместить в таблицу:     |                                                                                            |

4. Результирующая таблица будет содержать ответы на заданный вопрос в виде букв «Т» (да) – если объект полностью лежит в пределах Советского района и «F» (нет) – если объект полностью лежит в пределах какого-либо другого района (если объект расположен на территории двух и более районов, то в выборку он не попадет, в таком случае лучше применять оператор Within).

**Сохранение запросов.** Результирующая таблица временна, и после закрытия окна программы она не сохраняется. Для ее сохранения в виде

отдельного файла запроса выполняют команду <Файл/ Сохранить запрос...>. Сохраняется два файла с расширениями \*.TAB и \*.QRY. Когда открывается результирующая таблица, то автоматически открываются таблица, на основе которой выполнялся запрос. Если сохраненная таблица открыта в виде Карты, то для того чтобы увидеть результирующую таблицу нажмите F2 и выберите ее в предлагаемом диалоге списке.

**Объединение таблиц командой SQL-запрос.** Допустим, что имеется слой, содержащий географические объекты, а в качестве их атрибутов имеются только «названия» и «ID». У нас есть также таблица с «названиями» («ID») и статистическими данными, но без географических объектов на Карте. необходимо объединить статистические данные с географическими объектами Карты. Объединение проводят, сопоставляя колонки с названиями или ID, имеющиеся в обеих таблицах (*ID лучше, т. к. в названии можно допустить опечатку*). Для объединения, в строке <из таблиц:> выбирают таблицы, которые будут объединяться, в окне <Выбрать колонки:> выбирают «\*» из списка колонок (*звездочка \* означает, что в таблицу запроса нужно включить все колонки исходных таблиц, можно также включить только интересующие колонки*), а в окне <с условием:> составляют выражение объединения:

|                            |                                       |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Выбрать колонки:           | *                                     |
| из таблиц:                 | Первая_таблица, Вторая_таблица        |
| с условием:                | Первая_таблица.ID = Вторая_таблица.ID |
| сгруппировать по колонкам: |                                       |
| порядок задать по колонке: |                                       |
| и поместить в таблицу:     |                                       |

При необходимости, сохраняют копию результирующей таблицы (*команда <Файл/ сохранить копию...>*).

### Примеры SQL-запросов

1. Необходимо найти все расстояния по прямой от центроида полигона, обозначающего г. Зеленокумск до центроидов всех населенных пунктов слоя. В таблицу не должны попасть Зеленокумск (*координаты центроида рассчитываются с использованием типа поля – «вещественное» и могут иметь более 10 цифр после запятой, при округлении координат до целых чисел Зеленокумск попадет в выборку*) и все объекты ближе 1 км от центра. Центр Зеленокумска имеет координаты по X – 8410989, Y – 4919239 в координатной системе проекции Гаусса-Крюгера (Пулково 1942). Выражение будет иметь вид:

|                            |                                                                                          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Выбрать колонки:           | название "Название_НП", Distance(8410989, 4919239, CentroidX(obj), CentroidY(obj), "km") |
| из таблиц:                 | Населенные_пункты_Советского_р_на                                                        |
| с условием:                | Round(Distance(8410989, 4919239, CentroidX(obj), CentroidY(obj), "km"), 1)               |
| сгруппировать по колонкам: |                                                                                          |
| порядок задать по колонке: | название                                                                                 |

и поместить в таблицу:

|                            |
|----------------------------|
| Расстояния_от_Зеленокумска |
|----------------------------|

2. Найти в таблице «Населенные пункты Советского р-на» в колонке «название» все строки, где встречается «Зеленокумск». Поиск вести с первой строки. Составленное выражение будет иметь вид:

Выбрать колонки:

из таблиц:

с условием:

сгруппировать по колонкам:

порядок задать по колонке:

и поместить в таблицу:

|                                     |
|-------------------------------------|
| *                                   |
| Населенные пункты Советского р_на   |
| InStr(1,название,"Зеленокумск") > 0 |
|                                     |
|                                     |
| Зеленокумск                         |

3. Рассчитать выпуклость полигональных объектов по формуле:

$$CI = \frac{P\sqrt{N}}{3.54548}$$

где:  $CI$  – индекс выпуклости,  $P$  – периметр,  $N$  – площадь, 3.54548 – коэффициент, для приведения выпуклости круга к единице.

Вычисления проведите на примере объектов слоя «Озера и водохранилища...». Так как в списке функций окна <SQL-запрос> нет функции вычисления корня –  $\text{sqr}()$ , корень квадратный можно вычислить как  $N^{0.5}$ . Мера выпуклости для круга составляет 1. Чем выше значение  $CI$ , тем меньшую выпуклость имеет полигон. Составленное выражение будет иметь вид:

Выбрать колонки:

из таблиц:

с условием:

сгруппировать по колонкам:

порядок задать по колонке:

и поместить в таблицу:

|                                                           |
|-----------------------------------------------------------|
| Perimeter(obj, "km") / Area(obj, "sq km") ^ 0.5 / 3.54548 |
| Озера и вдхр Советского р_на                              |
|                                                           |
|                                                           |
| Мера выпуклости                                           |

### Вопросы и задания

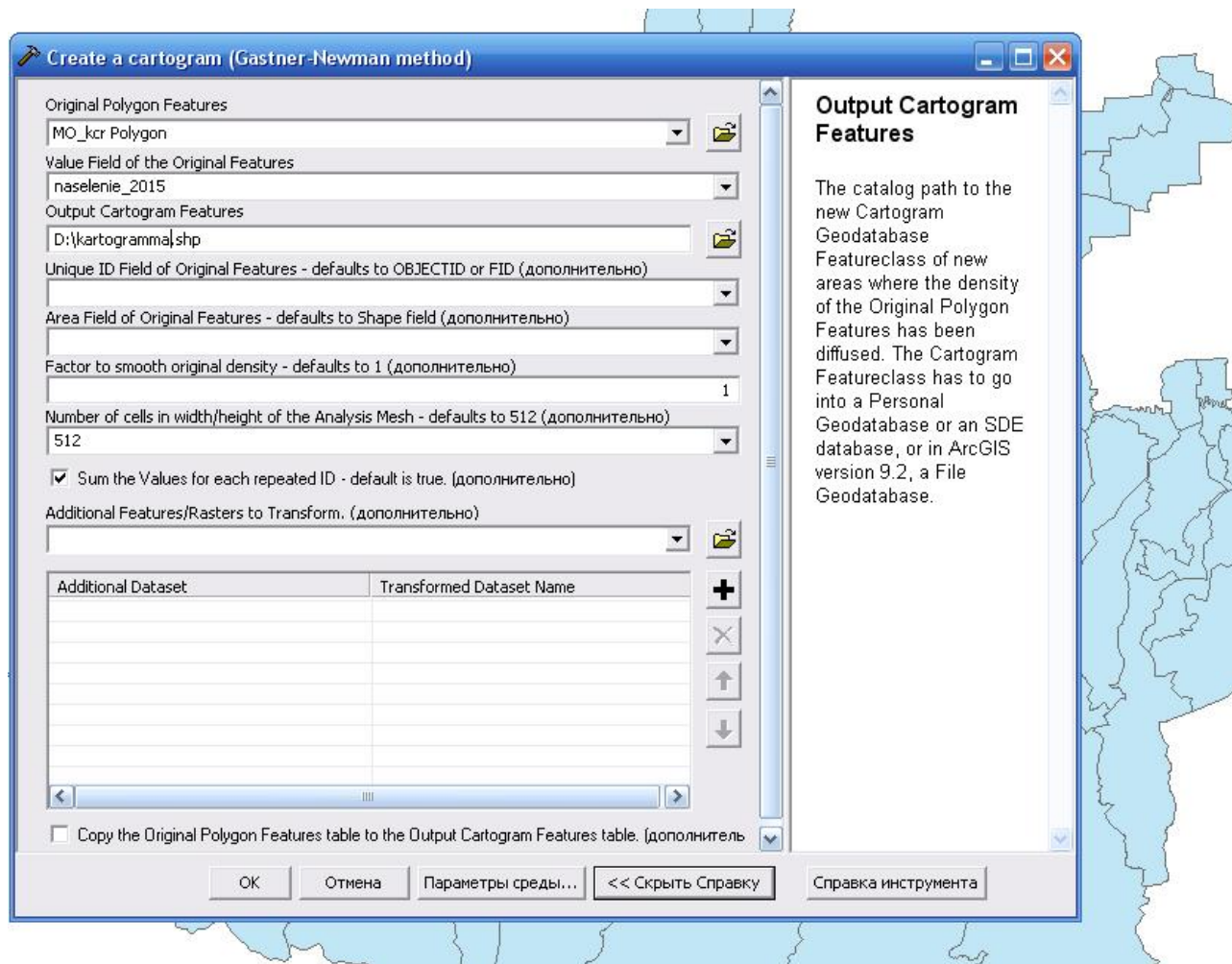
1. Используя SQL-запрос, найдите: плотность населения в населенных пунктах административного района (для расчета плотности населенный пункт должен быть показан на карте полигоном-«контуром»); периметры населенных пунктов.

2. Найдите расстояния от районного центра до населенных пунктов района.

3. Создать таблицу запросов с логическими ответами на вопросы: имеет ли населенный пункт площадь свыше 1 км<sup>2</sup>; имеет ли населенный пункт численность населения выше 2000 человек; имеет ли населенный пункт процентное отношение мужчин к общей численности населения выше 50%?

## Тема 6. Изображения в неевклидовой метрике

Построение площадных анаморфоз нами осуществлялось в среде ArcGIS 9.3 при помощи набора инструментов «Cartograms». Он предоставляется пользователям бесплатно через сервис <http://arcscripsts.esri.com/>.



Диалоговое окно задания параметров создания картограммы.

Методика построения анаморфоз заключается в следующем. В проект необходимо загрузить векторный слой, который являлся источником построений (в нашем случае – слоев «Муниципальные образования Карачаево-Черкесии» и «Картографическая сетка»). В таблицу атрибутов данного слоя были добавлены поля, отражающие показатели численности населения. Затем, в среду ArcToolbox добавляется новый набор инструментов «Cartograms» и запускается инструмент «Create a cartogram (Gastner-Newman method)». В качестве параметра выбирается атрибутивное поле численности населения векторного слоя «Муниципальные образования», на основании которого и строится анаморфоза.

При построении площадной анаморфозы необходимо помнить об одной особенности построения, а именно то, что первый результат построения, как

правило, имеет невысокую точность, так как алгоритм построения картограммы не может сразу провести точное преобразование атрибута в площадь полигона. В итоге получается, что полигоны, которые должны быть значительно увеличены в площади – раза в два меньше, а значительно уменьшены в площади – на самом деле в несколько раз больше. Для увеличения точности анаморфозы надо провести последовательное повторение построения картограмм от предыдущего результата не менее пяти раз по схеме:

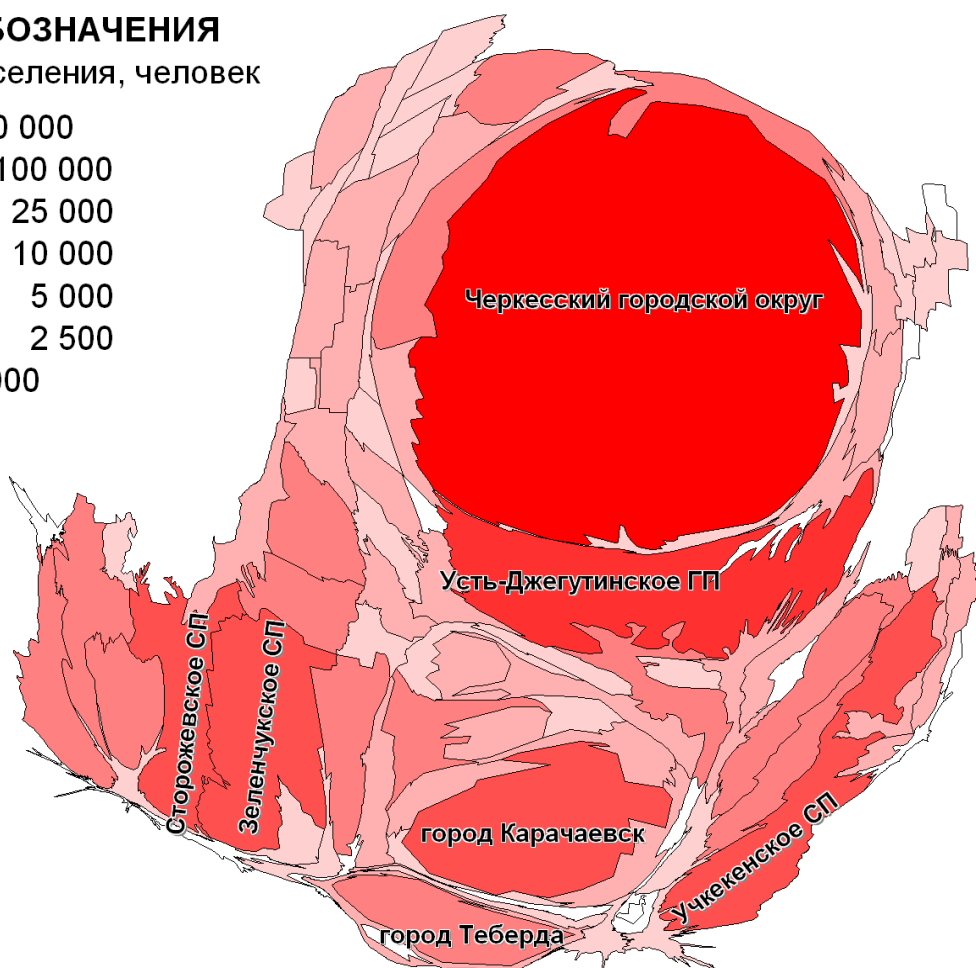
Исходный векторный слой→картограмма 1→ картограмма 2→ картограмма 3→ картограмма 4→картограмма 5 (окончательный результат).

После построения картограммы создается файл в формате \*.shp, который мы посредством Global Mapper конвертируем в формат файлов Mapinfo. Далее по рассмотренной выше технологии построения тематических карт, строится тематическая карта-схема, отображающая анаморфозы и легенду к ним.

#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Численность населения, человек

|                                                                                     |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|  | более 100 000     |
|  | 25 000 -- 100 000 |
|  | 10 000 -- 25 000  |
|  | 5 000 -- 10 000   |
|  | 2 500 -- 5 000    |
|  | 1 000 -- 2 500    |
|  | менее 1 000       |

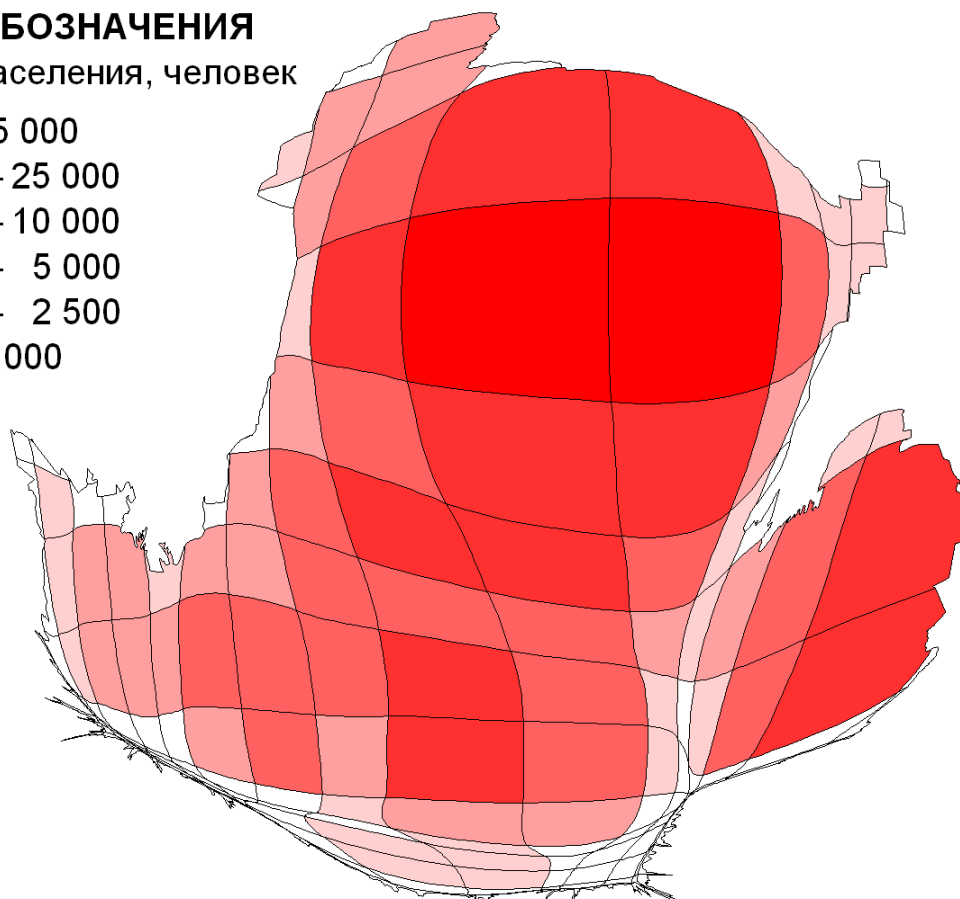


Площадная анаморфоза численности населения КЧР, созданная по муниципальным образованиям.



## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Численность населения, человек



Площадная анаморфоза численности населения КЧР, созданная по произвольной картографической сетке

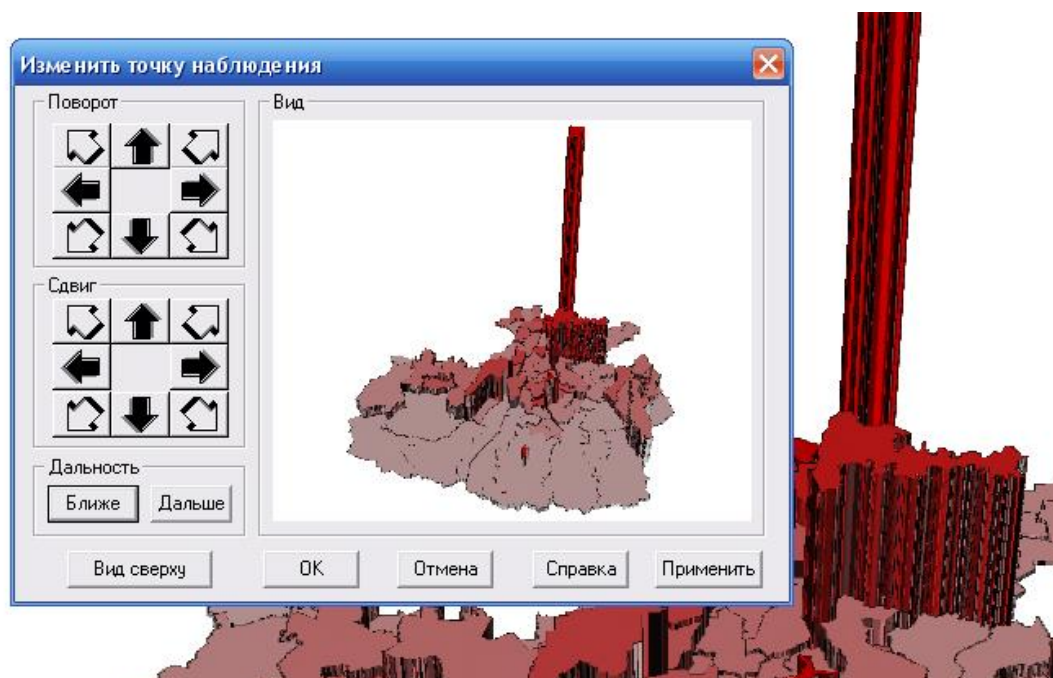
## Вопросы и задания

1. Создайте способом столбчатых диаграмм тематическую карту по полям «Численность населения 1989» и «Численность населения 2002» таблицы «Населенные пункты ... района».
2. Создайте (или используйте готовый) векторный слой «Административные районы Ставропольского края» и заполните атрибутивную таблицу данными переписи населения 2002 года. По таблице способом диапазонов значений постройте тематическую карту изменения численности населения с 1989 по 2002 гг. в %, используя соответствующее выражение.

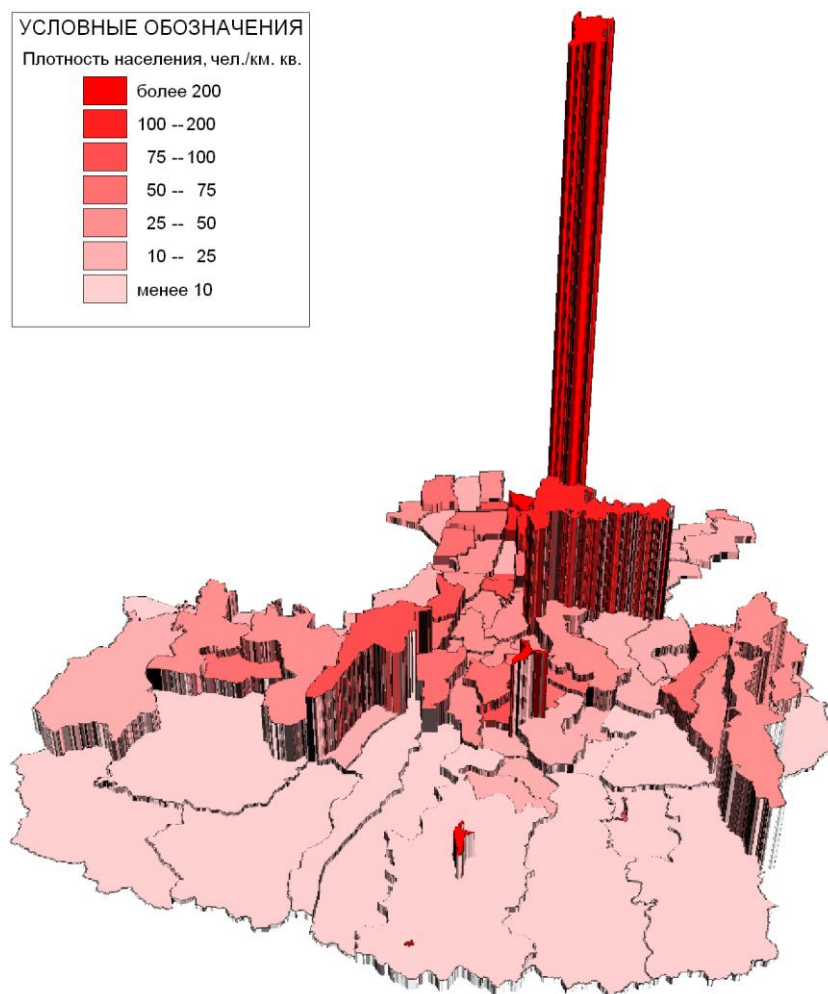
Технология создания перспективной компьютерной модели (Берлянт, 1996) как геоизображения, показывающего моделируемый показатель на территории под углом к горизонту и имеющему заданный азимут достаточно проста и реализована в ГИС-пакете Mapinfo под названием «Карта-призма». Данная технология позволяет, опираясь на численные атрибуты полигонов создавать «3D-изображения», как бы выдавливая полигоны вверх, согласно величине атрибута. В Mapinfo также реализована функция изменения



положения смоделированного изображения, позволяющая приближать, сдвигать и вертеть полученное изображение.



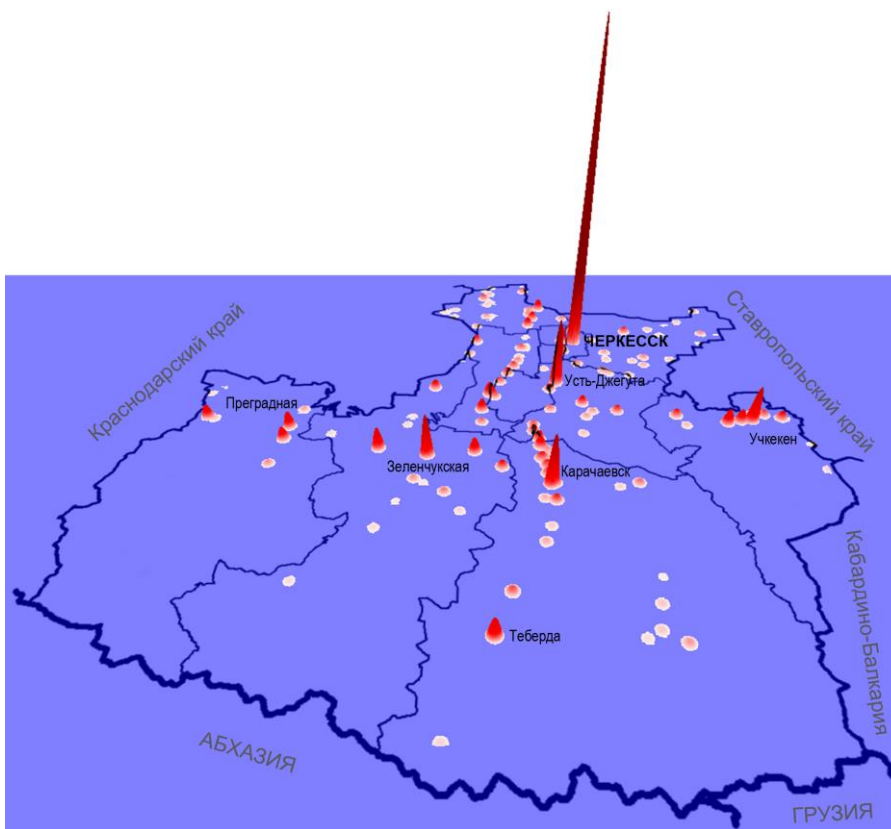
Диалоговое окно изменения точки наблюдения над «3D-картой».



## Перспективная компьютерная модель численности населения в муниципальных образованиях Карачаево-Черкесии.

Вторая технология создания перспективной компьютерной модели, заслуживающая, на наш взгляд, внимания более сложна и состоит из двух этапов:

1. создание поверхности методом kernel density (на рисунке представлена поверхность, построенная по окрестности радиусом 1784 м., что составляет  $10 \text{ км}^2$  площади);
2. конвертация поверхности в Global Mapper и построение там 3D-карты.



Перспективная компьютерная модель численности и распределения населения на территории Карачаево-Черкесии (максимальное значение в районе г. Черкесска равно 38704).

### Вопросы и задания

1. В чем отличие между точными и аппроксимирующими методами интерполяции?
2. Постройте поверхность рельефа района, используя данные отметок высот и разваленных на точки горизонталей из слоя «Рельеф ... района 100000».
3. Создайте 3D карту по поверхности рельефа района, драпированной космическим снимком территории района.

4. Постройте **Карту-Призму** по численности населения административных районов края на 2002 г., драпированную тематической картой построенной методом диапазонов значений по тем же данным, что и **Карта-Призма**, а также подписями названий районов.

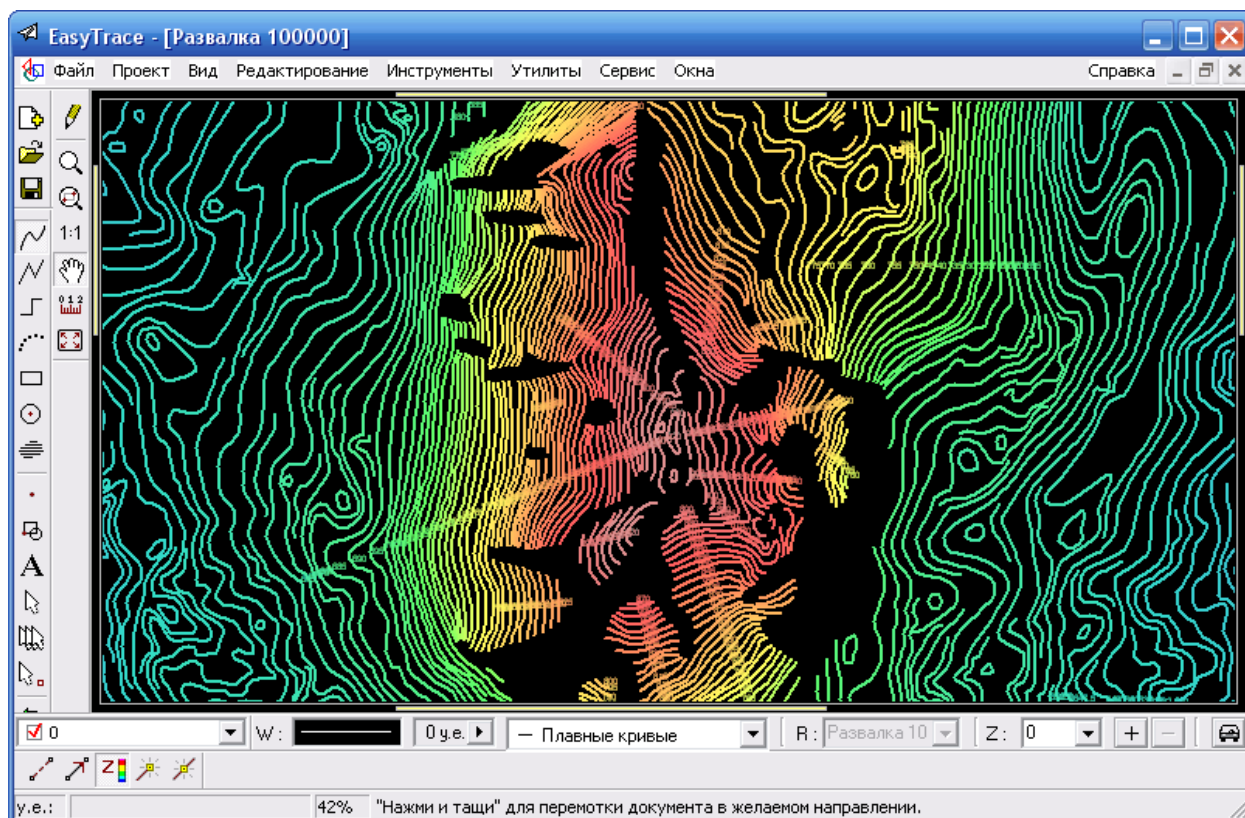
## Тема 7. Виртуально-реальностные изображения и их визуализация

**Построение Виртуальных Моделей Местности (ВММ).** Используя технологию построения 3D Карты возможно создание достаточно реалистичных математических моделей местности, содержащих в себе информацию о рельефе земной поверхности, ее спектральных яркостях и объектах, расположенных на моделируемой территории, предназначенных для интерактивной визуализации и обладающих эффектом присутствия на местности. Пример модели, приближенной по своим свойствам к ВММ показан на рисунке 91.

Возможности стандартной версии MapInfo по построению ВММ сравнительно бедны и не позволяют создавать *объезд и облет в реальном времени*, с записью маршрута в видеофайл, использовать *векторные объекты*, в том числе и *трехмерные*, использовать спецэффекты, такие как *туман, градиентный фон, затопление сцены* и др. Существует проблема плохой читаемости подписей.

ЦМР имеет регулярную сеть с размером ячейки 5 м.

Создание ЦМР начинается с аналого-цифрового преобразования данных. Все бумажные картографические материалы отсканированы, сохранены в формате \*.tif. Далее привязали растр к географическим координатам и отвекторизовали растр. Привязка осуществлялась в программе Global Mapper, которая была выбрана как наиболее удобная для привязки программа, позволяющая выполнять трансформация растра методом полиномов. Векторизацию мы начали с наиболее объемного по трудозатратам слоя рельефа. Для этого было отдано предпочтение программе Easy Trace, т.к. в ней удачно сочетается полуавтоматический и ручной режимы оцифровки, что намного облегчает работу. Оцифровку мы начали с утолщенных горизонталей, проведенных через 25 метров. Чтобы в дальнейшем стало возможным создание трехмерного изображения, необходимо кроме координат X и Y, которые вводятся интерактивно, задавать и Z-координату высоты.



Окно Easy Trace с рельефом г. Развалки.

После оцифровки рельефа в Easy Trace, экспортируем слой в MapInfo – для дальнейшей работы.

В Mapinfo разделим полилинии на точки. Для этого можно использовать утилиту Convert (файл Obj\_conv.mbx). После выполнения операции разъединения на точки мы получили слой, где данные о высотах представлены 46702 точками.



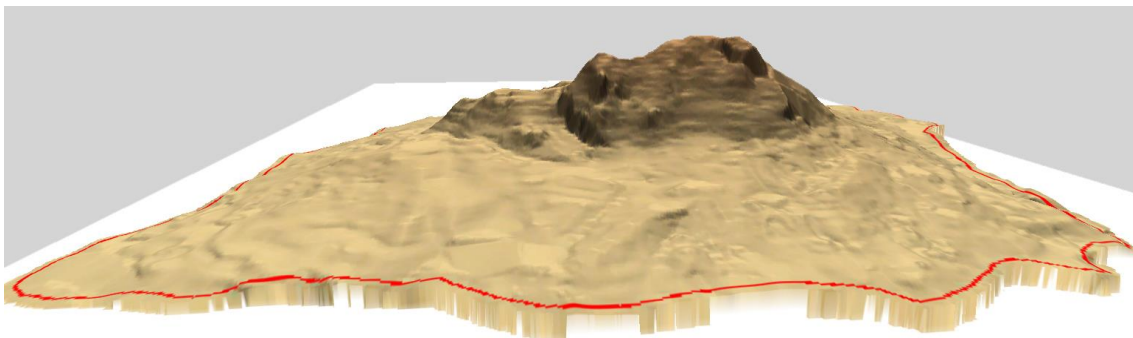
Рис. 5. Слой рельефа территории памятника природы Гора Развалка, представленного точками.

Далее с помощью модуля Vertical Mapper методом TIN-интерполяции была построена поверхность.

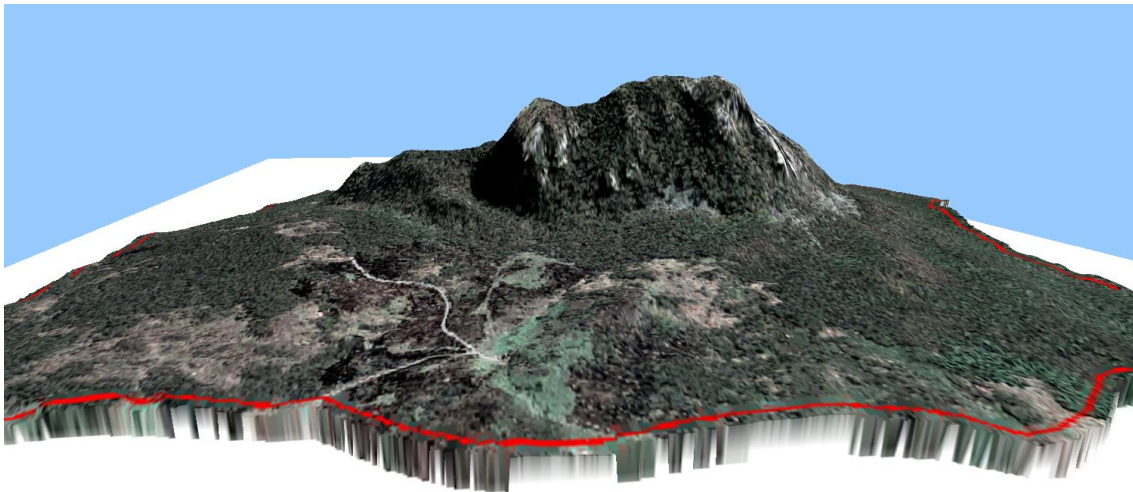
В Global Mapper мы построили трехмерную карту. Слои, лежащие в пачке выше поверхности являются ее драпировкой. Таким образом, можно драпировать ЦМР детальным космическим снимком и получить модель, приближенную по свойствам к ВММ.

Космоснимок с максимальным увеличением 19 скопирован с картографического сервера google.maps. с использованием программы SAS.Планета в формате \*.JPG с автоматической привязкой в формате Mapinfo, и в последующем был обработан в Photoshop на предмет некоторого осветления и усиления резкости.





3D-карта, светотеневая модель.

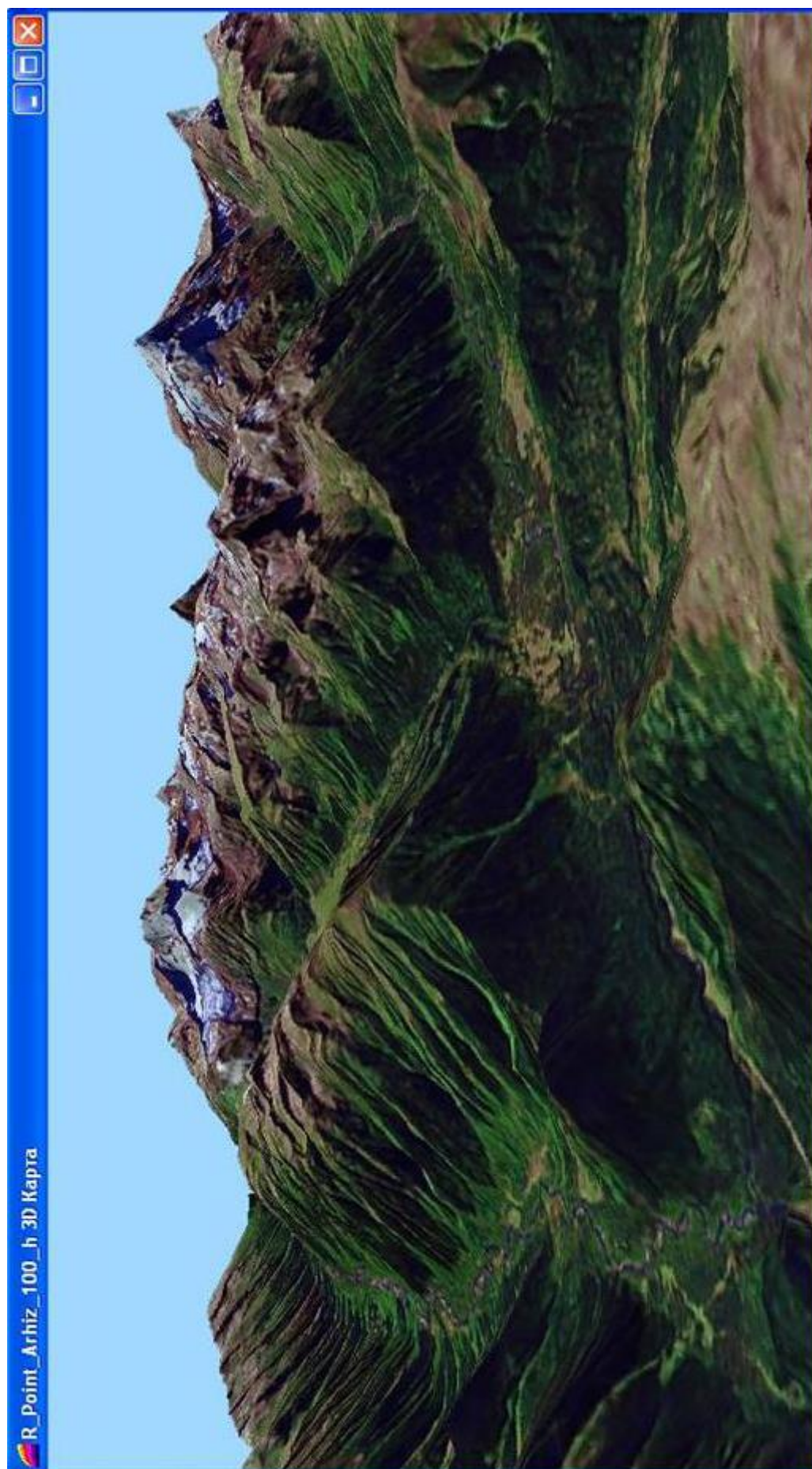


3D Карта территории памятника природы гора Развалка.  
Поверхность драпирована космическим снимком Quick Bird-2.



Фрагмент 3D Карты территории памятника природы гора Развалка, иллюстрирующий высокую степень детализации изображения.





3D Карта части территории туристического района Архыз. Поверхность драпирована космическим снимком Landsat-7. Отношение горизонтального масштаба к вертикальному 1:1,2.



## Тема 9. Картографические анимации

Анимация – это демонстрирующаяся в быстром темпе последовательность кадров, каждый из которых несколько отличается от предшествующего ему и следующего за ним. Каждый кадр отображается в течение определенного промежутка времени. Если кадров достаточно количество и время их отображения невелико, то создается иллюзия движения.

В настоящее время существует несколько технологий создания анимации: анимационный (animated) GIF, Flash, Java и JavaScript.

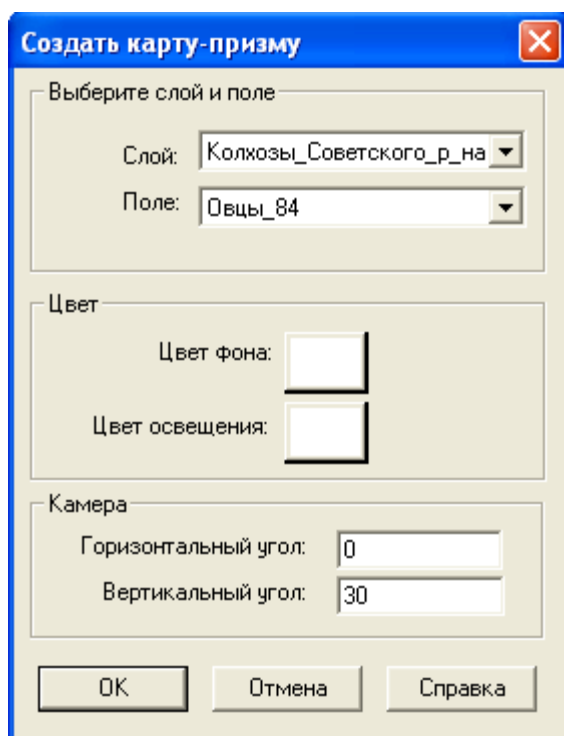
Предпочтение было отдано GIF-формату, т.к. он обладает следующими особенностями:

- небольшой размер файла за счет оптимизации;
- не требуется специальных программ для просмотра;
- простой способ помещения на web-страницу.

Однако у GIF-файлов есть и недостатки:

- палитра не превышает 256 цветов;
- сжатие фотоизображений менее эффективно, чем в формате JPEG.

Gif-animator позволяет размещать в одном файле несколько кадров или фреймов с изображениями для их последовательного вывода на экран. В отличие от обычного фильма, где длительность анимации определяется скоростью воспроизведения, для каждого кадра GIF-анимации может быть задана длительность его показа на экране, а для всей анимации может быть указано число повторений (циклическое воспроизведение).



**Построение Карты-Призмы.**  
Карта-Призма – это один из вариантов трехмерного отображения карты, где тематическая переменная определяет высоту призмы. Каждому географическому объекту слоя соответствует своя призма. Карта-Призма создается из слоя полигонов. Для драпировки Карты-Призмы MapInfo использует изображение из окна Карты. Лучше всего создавать текстуру на основе тематических карт, построенных по полигонам того же слоя, что и Карта-Призма. Гораздо хуже смотрится текстура, созданная на основе ЦКО и

Для построения Карты-Призмы выполняют команду <Карта/ Создать карту-призму...>. В окне <Создать карту-призму> выбирают Слой и Поле, по которым будет строиться карта, Цвет Фона и Освещения, а также положение Камеры относительно горизонтали и вертикали. Результат построения Карты-Призмы показан на рисунке 93.

50

Команды в меню <3D Карта> для Карт-Призм аналогичны. Возможно управление разными настройками, например, точкой обзора, создавать дубль окна, отображать каркасную модель, изменять свойства и др.

### **Вопросы и задания**

1. В чем отличие между точными и аппроксимирующими методами интерполяции?

2. Постройте поверхность рельефа района, используя данные отметок высот и разваленных на точки горизонталей из слоя «Рельеф ... района 100000».

3. Создайте 3D карту по поверхности рельефа района, драпированной космическим снимком территории района.

4. Постройте Карту-Призму по численности населения административных районов края на 2002 г., драпированную тематической картой построенной методом диапазонов значений по тем же данным, что и Карта-Призма, а также подписями названий районов.

## ЛИТЕРАТУРА

### Рекомендуемая литература (основная):

1. Волков, А.В. Географические информационные системы Электронный ресурс : учебное пособие / М.М. Орехов / А.В. Волков. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. - 76 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-9227-0600-1

### Рекомендуемая литература (дополнительная):

1. Щербаков В.М. Экспертно-оценочное ГИС-картографирование [Электронный ресурс] / В.М. Щербаков. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Проспект Науки, 2017. — 192 с. — 978-5-903090-62-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35807.html>
2. Раклов, В. П. Географические информационные системы в тематической картографии Электронный ресурс : Учебное пособие для вузов / В. П. Раклов. - Географические информационные системы в тематической картографии, 2020-02-01. - Москва : Академический Проект, 2015. - 176 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-8291-1616-3

### Вопросы для собеседования

по дисциплине «Основы геоинформационного моделирования»

**Компетенция(и) (знания, умения и навыки) ПК-3, ПК-7**

#### **Тема 1. Цифровое моделирование рельефа**

1. Понятие о ЦМР.
2. Источники данных для ЦМР.
3. Карта как источник массовых данных для ЦМР.
4. Точность ЦМР
5. Типы ЦМР
6. Расчет углов наклона и экспозиций склонов.
7. Оценка формы склонов.
8. Аналитическая отмычка рельефа.
9. Трехмерное представление рельефа

#### **Тема 2. Методы пространственного моделирования**

1. Формирование и редактирование пространственных данных.
2. Геокодирование.
3. Картометрические функции.
4. Создание моделей поверхностей и анализ растровых изображений.
5. Формирование и редактирование пространственных данных.
6. Построение буферных зон.

#### **Тема 3. Проектирование географических баз и банков данных**

1. Понятие о базах данных и их разновидностях.
2. Позиционные, тематические, выходные характеристики в базах данных.
3. Понятие об информационных и информационно-поисковых системах, банках, базах данных, информационно-кадастровых системах.
4. Модели баз данных и СУБД. Требования к базам данных.

#### **Тема 4. Модели пространственных данных**

1. Пространственные объекты, их типы.
2. Растровая модель пространственных данных.
3. Регулярно-ячеистая модель пространственных данных.
4. Понятие о базах данных и их разновидностях.
5. Позиционные, тематические, выходные характеристики в базах данных.
6. Тематические карты как источник получения пространственных данных.
7. Модели баз данных и СУБД. Требования к базам данных.
8. Источники пространственных данных.
9. Первичные и вторичные данные.
10. Тематические карты как источник получения пространственных данных.
11. Метаданные.