

# Практикум по геоинформатике

*Тимофей Самсонов*

2018-02-01



# Contents

<b>Введение</b>	<b>7</b>
Регламент практикума . . . . .	7
Работа с пособием . . . . .	7
<b>1 Оформление климатической карты</b>	<b>9</b>
1.1 Введение . . . . .	9
1.2 Начало работы . . . . .	9
1.3 Оформление слоев . . . . .	10
1.4 Настройка подписей . . . . .	20
1.5 Настройка компоновки . . . . .	22
1.6 Экспорт в графический файл . . . . .	26
1.7 Ответы на вопросы . . . . .	26
<b>2 Оформление социально-экономической карты</b>	<b>27</b>
2.1 Введение . . . . .	27
2.2 Начало работы . . . . .	27
2.3 Оформление тематических слоев . . . . .	29
2.4 Оформление общегеографических слоев . . . . .	36
2.5 Настройка подписей . . . . .	37
2.6 Настройка компоновки . . . . .	39
2.7 Экспорт в графический файл . . . . .	43
2.8 Контрольные вопросы . . . . .	43
<b>3 Оформление карты четвертичных отложений</b>	<b>45</b>
3.1 Введение . . . . .	45
3.2 Изучение данных в приложении ArcMap . . . . .	45
3.3 Способы изображения . . . . .	48
3.4 Подписи . . . . .	50
3.5 Компоновка карты . . . . .	52
3.6 Редактирование атрибутов . . . . .	53
3.7 Создание и вычисление атрибутов (дополнительно) . . . . .	54
3.8 Контрольные вопросы . . . . .	57
<b>4 Оформление общегеографической карты</b>	<b>59</b>
4.1 Введение . . . . .	59
4.2 Начало работы . . . . .	59
4.3 Оформление рельефа . . . . .	61
4.4 Оформление векторных слоев . . . . .	63
4.5 Создание подписей . . . . .	65
4.6 Классификация населенных пунктов . . . . .	67
4.7 Маска и подписи стран . . . . .	69
4.8 Настройка компоновки карты . . . . .	70
4.9 Экспорт в графический файл . . . . .	74

4.10 Контрольные вопросы . . . . .	74
<b>5 Привязка и цифрование гидрогеологической карты</b>	<b>75</b>
5.1 Введение . . . . .	75
5.2 Оформление базовых слоев . . . . .	76
5.3 Привязка карты . . . . .	79
5.4 Создание слоя гидрогеологического районирования . . . . .	82
5.5 Пространственный запрос . . . . .	84
5.6 Оверлей . . . . .	86
5.7 Атрибутивный запрос . . . . .	88
5.8 Оформление карты . . . . .	89
5.9 Контрольные вопросы . . . . .	90
<b>6 Привязка и цифрование административной карты</b>	<b>91</b>
6.1 Введение . . . . .	91
6.2 Добавление референцных данных . . . . .	92
6.3 Привязка карты . . . . .	92
6.4 Создание слоя городских районов . . . . .	95
6.5 Расчет статистики по районам . . . . .	97
6.6 Построение картодиаграмм . . . . .	103
6.7 Настройка оформления других слоев . . . . .	105
6.8 Компоновка . . . . .	107
6.9 Ответы на вопросы . . . . .	108
<b>7 Привязка и цифрование туристской карты</b>	<b>109</b>
7.1 Введение . . . . .	109
7.2 Привязка карт . . . . .	109
7.3 Создание базы данных и классов пространственных объектов . . . . .	114
7.4 Цифрование регионов . . . . .	115
7.5 Атрибутирование регионов . . . . .	121
7.6 Цифрование маршрутов и точек интереса . . . . .	123
7.7 Оформление карты . . . . .	126
7.8 Компоновка карты . . . . .	130
7.9 Контрольные вопросы . . . . .	131
<b>8 Картографирование по статистическим данным</b>	<b>133</b>
8.1 Введение . . . . .	133
8.2 Скачивание географических данных с сайта NUTS . . . . .	133
8.3 Скачивание таблиц с сайта NUTS . . . . .	134
8.4 Скачивание структурных таблиц с сайта NUTS . . . . .	135
8.5 Форматирование таблиц для загрузки в ГИС . . . . .	137
8.6 Подготовка проекта . . . . .	138
8.7 Отображение картодиаграмм по единицам 2-го уровня . . . . .	140
8.8 Отображение картограмм по единицам 3-го уровня . . . . .	145
8.9 Отображение структурных картодиаграмм по единицам 3-го уровня . . . . .	146
8.10 Оформление итоговых карт . . . . .	149
8.11 Экспорт карты числа транспортных средств . . . . .	150
8.12 Экспорт карты населения . . . . .	151
8.13 Контрольные вопросы . . . . .	152
<b>9 Анализ распределения типов подстилающей поверхности</b>	<b>153</b>
9.1 Введение . . . . .	153
9.2 Оформление базовых слоев . . . . .	154
9.3 Построение регулярной сетки . . . . .	154
9.4 Подсчет доли водных объектов в площади ячеек . . . . .	155
9.5 Подсчет доли прочих типов поверхности в площади ячеек . . . . .	156

9.6 Добавление и инициализация атрибутивных полей . . . . .	156
9.7 Присоединение таблицы с долей водных объектов . . . . .	157
9.8 Присоединение таблиц прочих типов поверхностей . . . . .	160
9.9 Вычисление доли прочих поверхностей . . . . .	160
9.10 Вычисление координат центров ячеек . . . . .	160
9.11 Экспорт таблицы в файл . . . . .	162
9.12 Построение картодиаграмм . . . . .	162
9.13 Оформление компоновки карты . . . . .	164
9.14 Контрольные вопросы . . . . .	165
<b>10 Анализ пространственных взаимосвязей</b>	<b>167</b>
10.1 Введение . . . . .	167
10.2 Визуальный анализ векторных слоев . . . . .	168
10.3 Организация рабочего пространства . . . . .	168
10.4 Оверлей слоев методом пересечения . . . . .	172
10.5 Слияние результатов пересечения с целью получения показателя пространственной связи . . . . .	174
10.6 Подсчет суммарной площади каждой комбинации подтипа почв и типа рельефа . . . . .	174
10.7 Подсчет суммарной площади каждого подтипа почв . . . . .	176
10.8 Добавление нового поля для результирующих значений . . . . .	176
10.9 Соединение таблиц по названию подтипа почв . . . . .	176
10.10 Вычисление результирующих значений . . . . .	178
10.11 Ответы на вопросы . . . . .	178
<b>11 Выбор оптимального местоположения</b>	<b>181</b>
11.1 Введение . . . . .	181
11.2 Подготовка рабочего пространства . . . . .	182
11.3 Преобразование слоя типов землепользования в растровое представление . . . . .	182
11.4 Расчет углов наклона . . . . .	184
11.5 Расчет расстояний . . . . .	185
11.6 Классификация углов наклона . . . . .	189
11.7 Классификация расстояний . . . . .	192
11.8 Нахождение мест с наилучшей комбинацией факторов с помощью взвешенного оверлея . . . . .	194
11.9 Конвертация результирующих зон в векторный формат . . . . .	198
11.10 Ответы на вопросы . . . . .	199
<b>12 Сетевой анализ</b>	<b>201</b>
12.1 Введение . . . . .	201
12.2 Оформление базовых слоев . . . . .	202
12.3 Построение маршрута . . . . .	203
12.4 Определение зоны обслуживания . . . . .	206
12.5 Определение ближайшего пункта обслуживания . . . . .	210
12.6 Размещение—распределение . . . . .	211
12.7 Районирование города по зонам обслуживания . . . . .	217
12.8 Компоновка карты . . . . .	224
12.9 Ответы на вопросы . . . . .	225
<b>13 Геометрическое моделирование речной сети</b>	<b>227</b>
13.1 Введение . . . . .	227
13.2 Создание набора данных речной сети . . . . .	228
13.3 Копирование и цифрование линий водотоков . . . . .	232
13.4 Притягивание (снэппинг) притоков и разрезание осевой линии основных рек . . . . .	233
13.5 Установка точки стока . . . . .	235
13.6 Построение и настройка геометрической сети . . . . .	236
13.7 Анализ и редактирование геометрической сети . . . . .	240
13.8 Контрольные вопросы . . . . .	245

<b>14 Геокодирование</b>	<b>247</b>
14.1 Введение . . . . .	247
14.2 Подключение к сервисам . . . . .	248
14.3 Геокодирование адресов . . . . .	251
14.4 Визуализация посещаемости в точках . . . . .	257
14.5 Построение поля посещаемости . . . . .	262
14.6 Оформление карты . . . . .	265
14.7 Ответы на вопросы . . . . .	267
<b>15 Анализ плотности пространственного распределения</b>	<b>269</b>
15.1 Введение . . . . .	269
15.2 Оценка плотности дорожной сети . . . . .	270
15.3 Оценка влияния радиуса поиска . . . . .	274
15.4 Масштабирование значение показателя . . . . .	275
15.5 Оформление слоя густоты дорожной сети . . . . .	276
15.6 Оформление итоговой карты . . . . .	278
15.7 Контрольные вопросы . . . . .	280
<b>16 Интерполяция geopolей</b>	<b>281</b>
16.1 Введение . . . . .	281
16.2 Оформление базовых слоев . . . . .	282
16.3 Оценка необходимого разрешения раstra . . . . .	282
16.4 Интерполяция поверхностей . . . . .	283
16.5 Настройка отображения поверхностей . . . . .	285
16.6 Сглаживание поверхности, полученной методом кригинга . . . . .	287
16.7 Построение линии профиля . . . . .	291
16.8 Определение температур по линии профиля . . . . .	292
16.9 Оформление карты . . . . .	297
16.10 Ответы на вопросы . . . . .	299
<b>17 Гидрологический анализ цифровой модели рельефа</b>	<b>301</b>
17.1 Введение . . . . .	301
17.2 Оформление данных . . . . .	302
17.3 Направление тока . . . . .	305
17.4 Площадь водосбора (аккумуляция тока) . . . . .	306
17.5 Выделение и классификация водотоков . . . . .	307
17.6 Векторизация водотоков . . . . .	309
17.7 Выделение и разделение устьевых точек . . . . .	311
17.8 Построение водосборных бассейнов . . . . .	314
17.9 Расчет, привязка и визуализация статистики по водосборным бассейнам . . . . .	317
17.10 Оформление итоговой карты . . . . .	322
17.11 Ответы на вопросы . . . . .	323
<b>18 Трехмерное моделирование</b>	<b>325</b>
18.1 Введение . . . . .	325
18.2 Организация рабочего пространства . . . . .	326
18.3 Визуализация цифровой модели рельефа . . . . .	326
18.4 Подготовка вспомогательных цифровых моделей для учета препятствий . . . . .	327
18.5 Преобразование растровых моделей в триангуляционные . . . . .	329
18.6 Визуализация данных в трехмерной среде и знакомство с приложением ArcScene . . . . .	332
18.7 Визуализация трехмерных объектов: геодезические пункты и здания . . . . .	335
18.8 Анализ зоны видимости наблюдательного пункта . . . . .	338
18.9 Изменение высоты наблюдения . . . . .	340
18.10 Контрольные вопросы . . . . .	341

# Введение

## Регламент практикума

В целях обеспечения порядка на рабочих компьютерах и успешного завершения курса следует придерживаться следующих правил.

- Ваша личная рабочая директория должна иметь адрес:

D:\GIS\<      >\<      >

Например, студент 207 группы Петров хранит результаты своей работы в каталоге D:\GIS\207\_CAR\ .

Каталоги кафедр уже созданы. Если вас двое, пишите в названии каталога обе фамилии: «Петров-Иванов». По желанию вы можете называть свой каталог латиницей (Petroff).

- Исходные данные, а также шаблоны отчетов для выполнения всех заданий лежат в каталоге

\gserver\DATA\GIS\

Внутри папки есть 18 каталогов с упражнениями: Ex01, Ex02, ... Ex18. Состав и порядок выполняемых упражнений определяется вашим преподавателем (их должно быть не менее пяти).

- Каждое задание вы начинаете с того, что копируете соответствующую папку в свою директорию на локальном диске D.

**Не меняйте ничего в каталоге исходных данных на сервере.** Помните, что кроме вас над теми же заданиями будут работать студенты других групп. Если вы отредактируете или удалите содержимое исходного каталога упражнения, у ваших коллег возникнут проблемы при выполнении задания.

- Отчетный файл вы кладете в сетевую папку \gserver\REPORTS\GIS\<      >\<      >. Найдите в ней каталог с номером упражнения. Формат имени файла должен быть следующим:

Ex<      >\_<      >\_<      >.doc

Например, студент 207 группы Петров в конце 2-го и 3-го задания должен на основе шаблона отчета создать файлы с именами Ex2\_207\_.doc и Ex3\_207\_.doc.

- Документ карты ArcGIS с расширением \*.MXD, который вы создаете в каждом задании, должен называться аналогично файлу отчета:

Ex02\_207\_.mxd

Если вы не знаете, как выполнить то или иное действие, вы можете получить соответствующую справку в разделе Описание функций настоящего практикума.

## Работа с пособием

Текст пособия отформатирован в соответствии со следующими соглашениями:

- **Жирным шрифтом** в тексте отмечены элементы пользовательского интерфейса и программные инструменты.
- *Курсивом* в тексте отмечены элементы данных и значения параметров.
- Ссылками выделены операции, справку к которым вы можете найти в разделе Описание функций, документации ArcGIS и прочих ресурсах.

**Снимок экрана №1** В этом месте вы нажимаете Alt+PrintScreen и вставляете изображение из буфера обмена в отчетный файл

Серый текст с чертой слева — это различные определения, описания функций, пояснения к предыдущему тексту, а также контрольные вопросы.

# Chapter 1

## Оформление климатической карты

### 1.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с моделями пространственных объектов и базой пространственных данных. Визуализация данных на карте. Оформление легенды и компоновки карты.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Не требуется
Практическая подготовка	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных объектов
Исходные данные	Климатические пояса по Алисову (полигональный слой), границы морей и океанов IHO (International Hydrographic Organization)
Результат	Тематическая карта «Климат и основные объекты гидросфера» масштаба 1:90 000 000
Ключевые слова	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных данных, тематическая карта

#### 1.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту слои базы пространственных данных и оформить их
- Настроить подписи объектов
- Создать компоновку карты, легенду и координатную сетку
- Экспортировать результат в графический файл

#### 1.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с созданием тематических карт на основе баз пространственных данных. Вы познакомитесь с представлением площадных, линейных, точечных объектов в базе пространственных данных. Научитесь создавать карты на их основе, оформлять легенду, сетку координат и заголовочные элементы карты.

### 1.2 Начало работы

В начало упражнения ▾

В каталоге *Ex01* находится база геоданных *Ex01.gdb*, содержащая исходные данные для выполнения задания.

**База геоданных** — это структурированное хранилище, внутри которого можно создавать слои данных, группировать их и связывать различными отношениями.

Внутри базы геоданных могут быть объекты следующих типов:

-  — слои векторных данных (классы пространственных объектов),
-  — слои растровых данных;
-  — обычные таблицы;

**Класс пространственных объектов (feature class)** — это набор пространственных объектов одного типа геометрии (точки, линии, полигоны или объемные тела). Для класса могут быть определены атрибуты, а его представлением является таблица, содержащая как обычные столбцы (текстовые, числовые и т.д.) так и специальное поле Shape, в котором хранится информация о геометрии. Каждая строкка в таблице — это описание одного объекта.

1. Запустите приложение **ArcMap** и откройте окно **Catalog**, нажав кнопку  на панели инструментов
2. Раскройте папку *D:/GIS* в дереве каталогов и найдите в ней директорию *Ex01* в вашем каталоге, содержащую исходные данные для выполнения первого задания. Если директории *D:/GIS* нет в списке, подключитесь к ней с помощью кнопки .
3. Раскройте базу данных *MapData.gdb* и изучите ее содержимое, состоящее из следующих классов:

Класс	Содержание
<i>Cities</i>	Города
<i>Climates</i>	Климатические зоны
<i>Coast</i>	Побережье
<i>Countries</i>	Страны
<i>Currents</i>	Данные о течениях
<i>Lakes</i>	Озера
<i>Rivers</i>	Крупнейшие реки
<i>Seas</i>	Моря

К какому типу геометрии относятся данные классы?

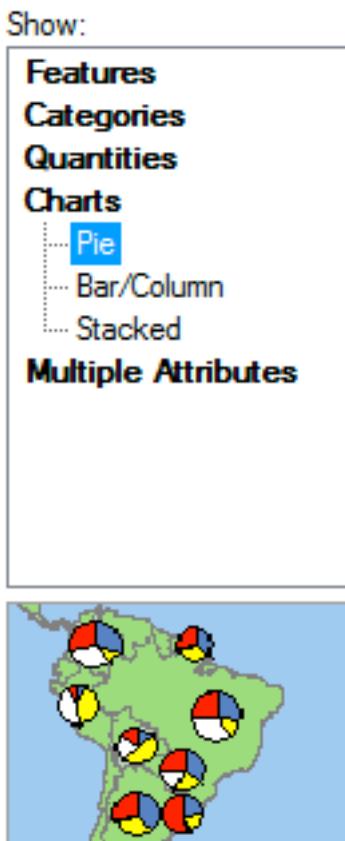
4. Дважды щелкните на слое *Climates* и перейдите на вкладку XY Coordinate System.

Внимательно прочитайте информацию. Этот слой хранится в *Географической системе координат (GCS)*, отнесенной к эллипсоиду WGS-1984. Это означает, что координаты каждого объекта хранятся в виде широты и долготы. В любой момент этот слой можно спроектировать в любую проекцию. При этом координаты будут представлены в метрических единицах, а система координат получит название *Проекционной системы координат (PCS)*.

### 1.3 Оформление слоев

В начало упражнения 

1. Добавьте на карту слой *Countries*, просто перетащив его из окна каталога.
2. Дважды щелкните на названии слоя *Countries* и перейдите на вкладку Symbology.
3. Внимательно изучите список способов изображения слева. Они разделены на категории **Features** (единий символ), **Categories** (качественные характеристики), **Quantities** (количественные характеристики), **Charts** (картодиаграммы), **Multiple Attributes** (способы изображения по нескольким атрибутам). Разверните каждую группу и щелкните на каждом способе. Сопоставьте их с традиционной классификацией способов изображения:



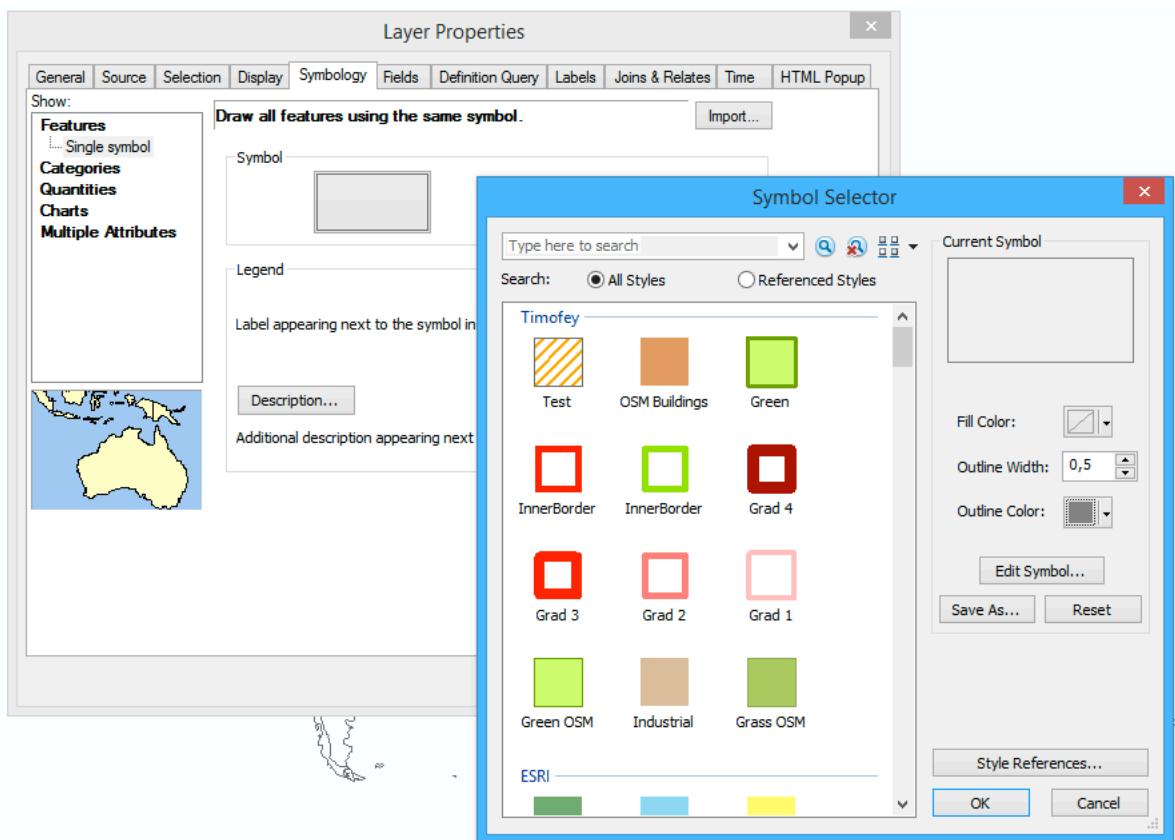
4. Выберите способ единого символа (**Features > Single symbol**)

5. Щелкните на кнопке с изображением символа и измените оформление следующим образом:

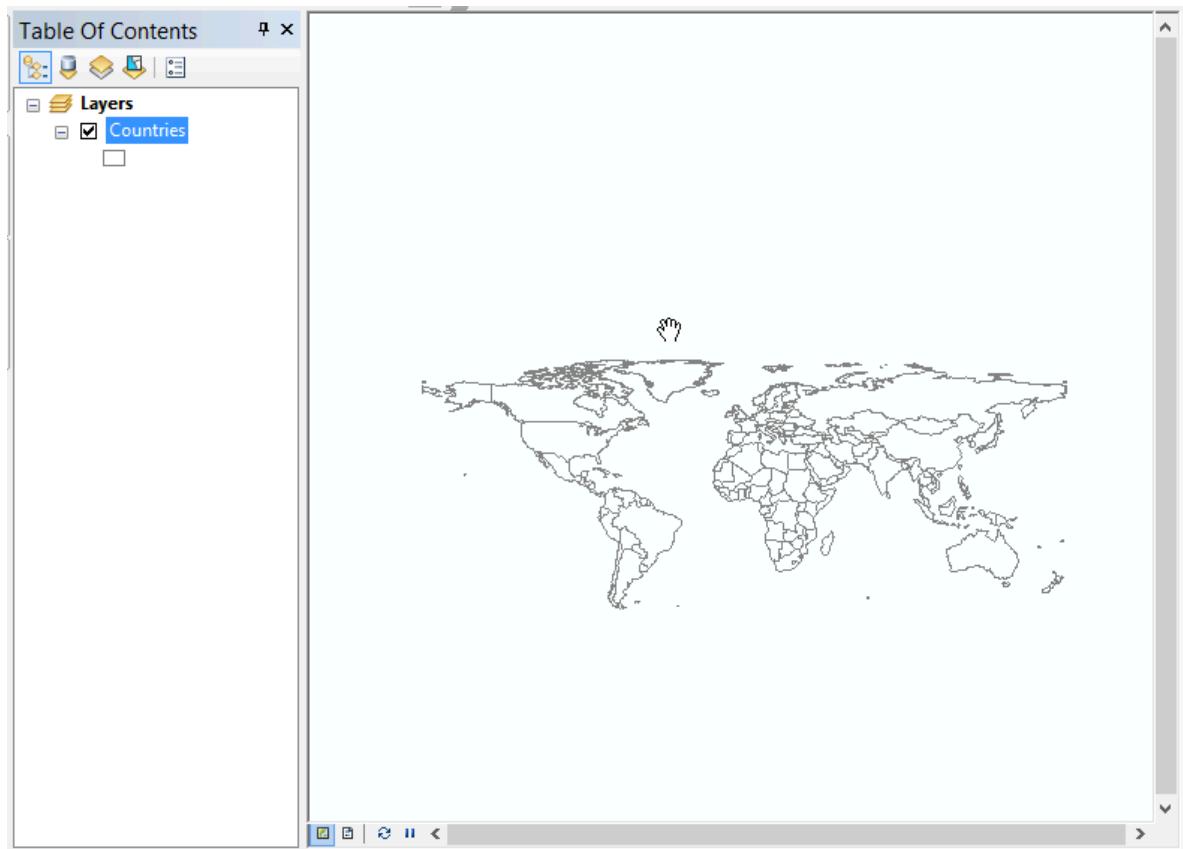
Параметр	Значение
Цвет заливки (Fill Color)	Без заливки
	Fill Color:
	Outline Width:
Цвет обводки (Outline Color)	Серый 50%
	Outline Color:  Edit Symbol

Параметр	Значение
Толщина обводки (Outline width)	0,5

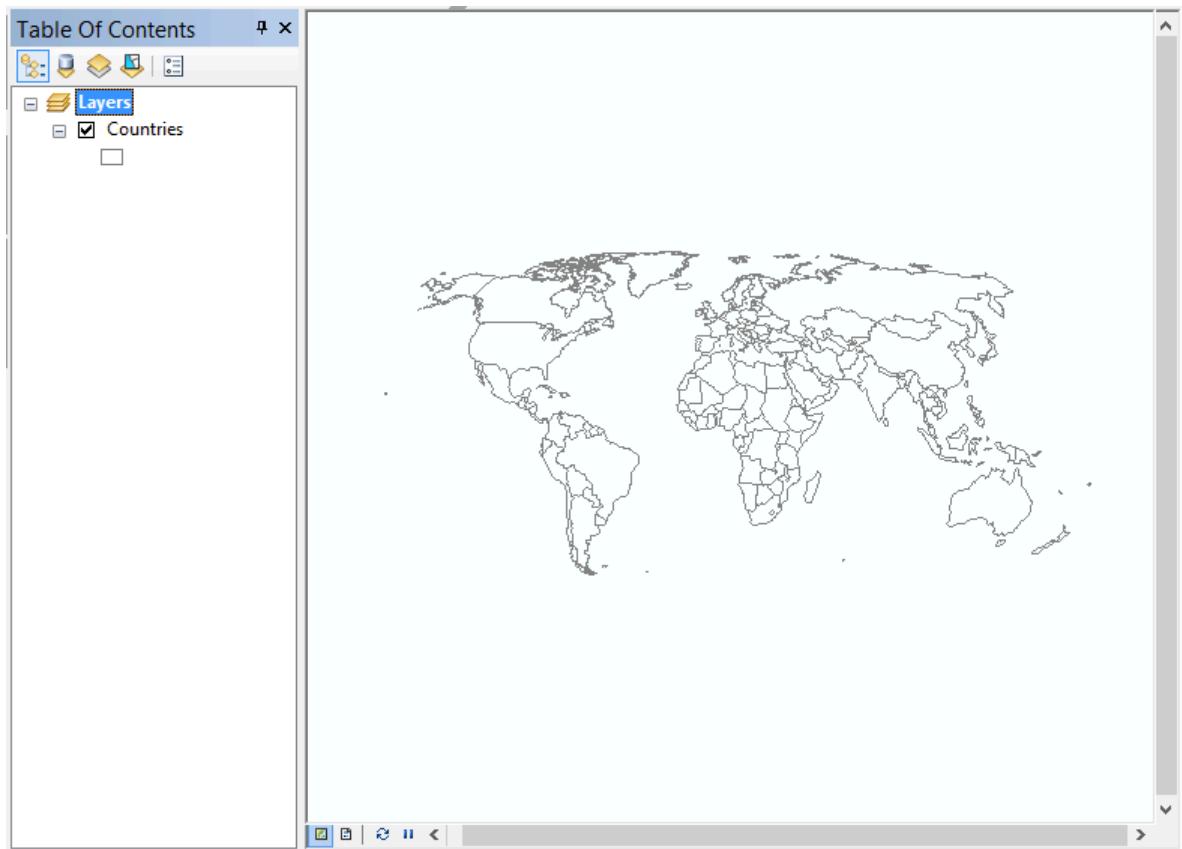
Диалог свойств слоя:



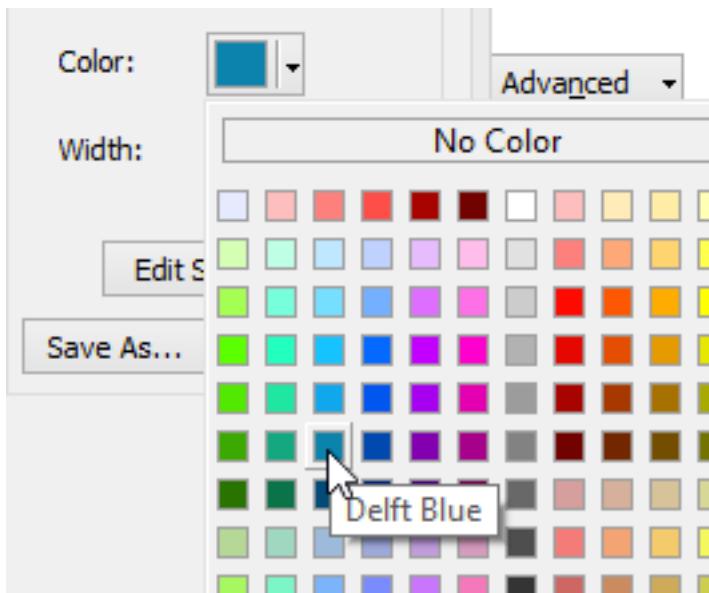
Результат:



6. Измените проекцию карты на проекцию Робинсона (*Robinson*). Ее можно найти в группе **Projected Coordinate Systems > World**. Обратите внимание на то, как изменяются очертания объектов:



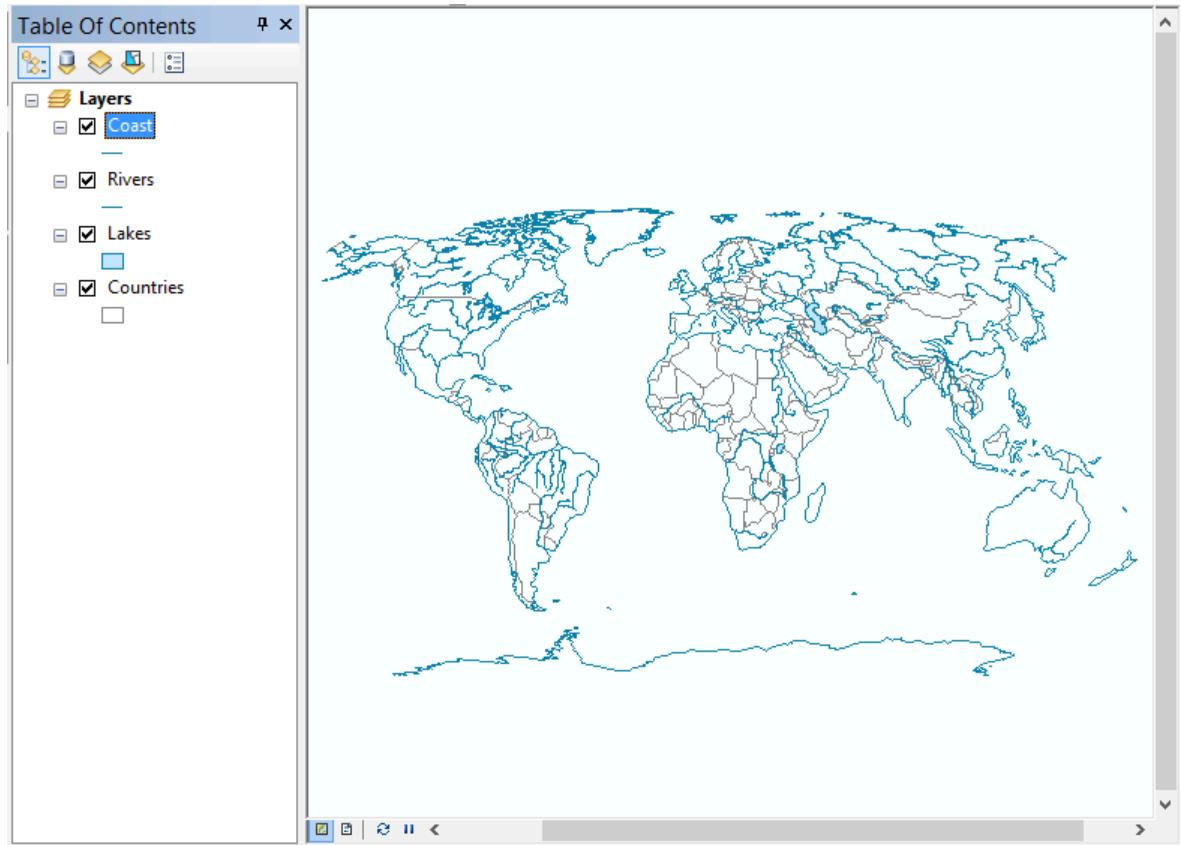
7. Добавьте на карту слой *Coast*, расположите его поверх слоя *Countries* и измените цвет линии на *Delft Blue*:



8. Добавьте на карту слой *Rivers* расположите его поверх слоя *Coast* и измените цвет линии на *Delft Blue*, а толщину сделайте равной 0,5 пикселя.
9. Добавьте на карту слой *Lakes*, расположите его поверх слоя *Rivers* и измените его оформление следующим образом:

Параметр	Значение
Цвет заливки	Sodalite Blue
Цвет обводки	Delft Blue
Толщина обводки	0,5

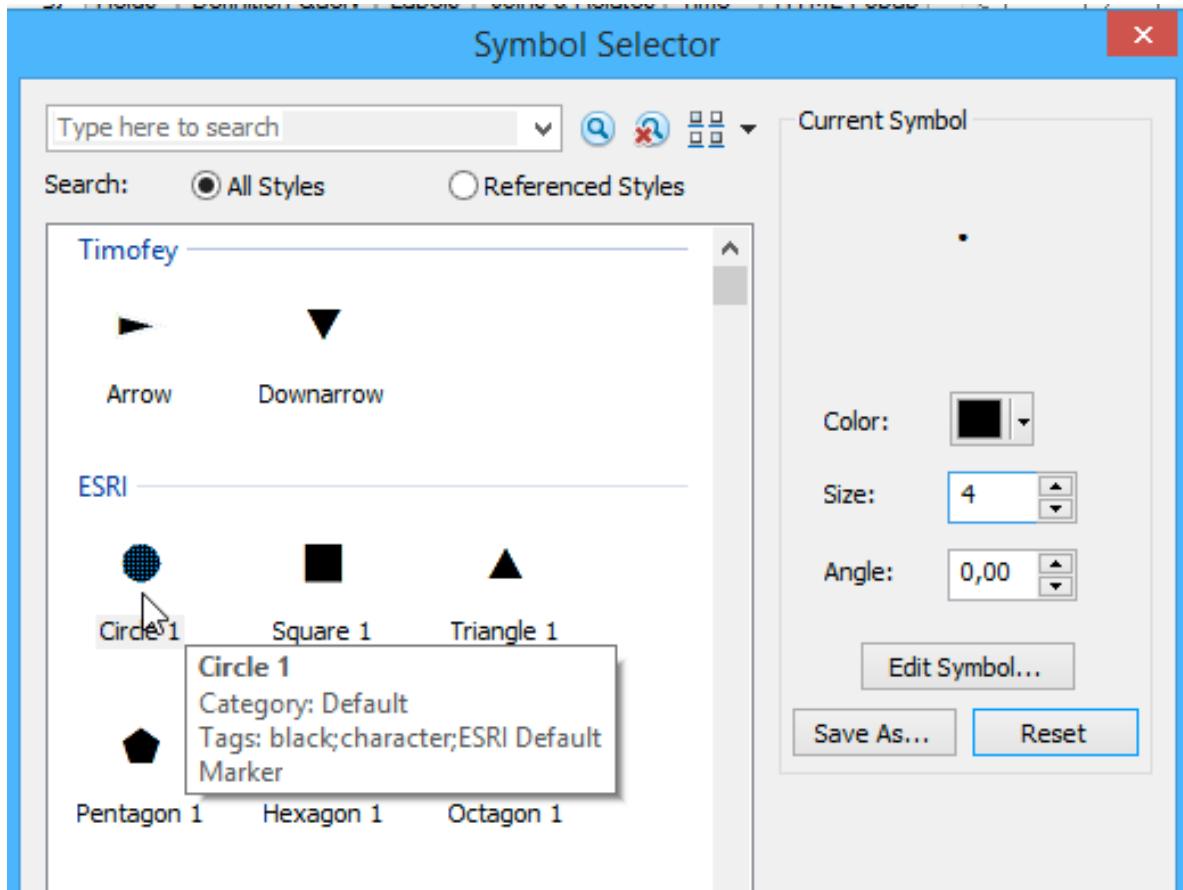
Результат:



10. Сохраните карту в свою директорию *Ex01*.

11. Добавьте на карту слой *Cities*, расположите его поверх слоя *Lakes* и измените его параметры следующим образом:

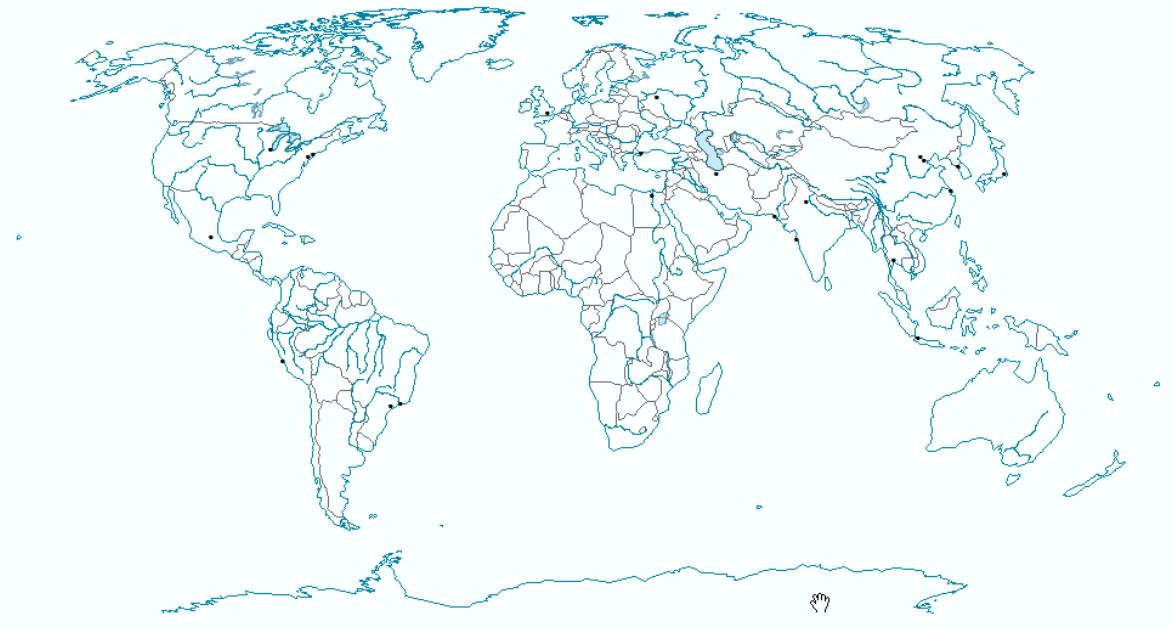
Параметр	Значение
Символ	Circle 1
Цвет	Черный
Размер	4



12. Добавьте на карту слой *Seas*, расположите его внизу таблицы содержания и измените его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
Цвет заливки	Нет заливки
Цвет обводки	Серый 50%
Толщина обводки	0,5
Прозрачность	50%

Результат:



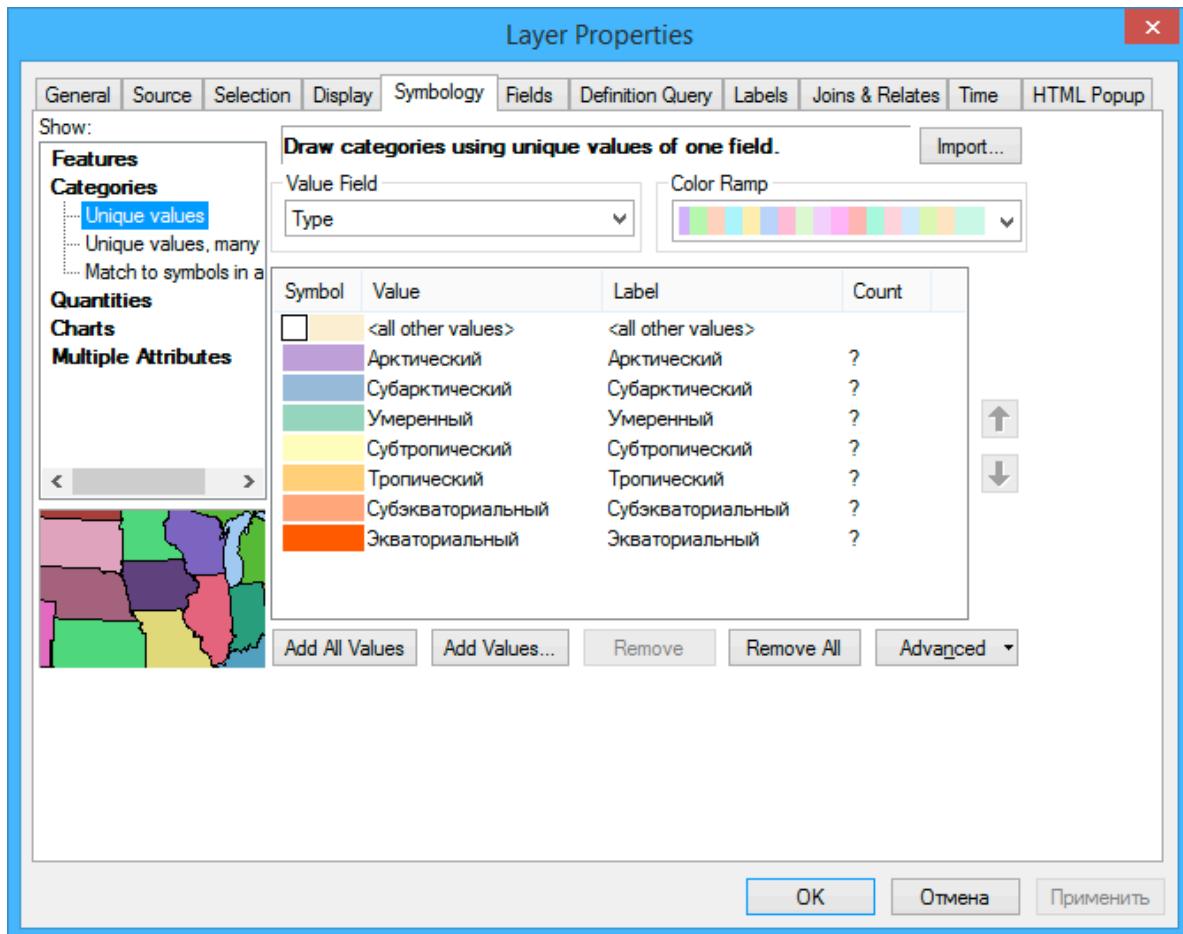
13. Добавьте на карту слой *Climates*, расположите его внизу таблицы содержания.
14. Откройте таблицу атрибутов слоя *Climates*, щелкнув на его названии правой кнопкой мыши и выбрав команду **Open Attribute Table**. Найдите в ней столбец *Type*, просмотрите его значения. Это поле таблицы хранит информацию о типе климата для каждой области. Вы будете использовать ее для классификации при отображении данного слоя.
15. Найдите поля *Shape* и *ObjectID*.
 

В поле *ObjectID* хранится уникальный идентификатор каждого объекта. Он нужен системе для того, чтобы каждый объект можно было гарантированно найти по некому однозначному критерию.

В поле *Shape* (вспомните, что слой полигональный) хранится список координат вершин полигона. Геометрия объектов редактируется специальными инструментами, поэтому содержимое поля *Shape* скрыто от пользователя.
16. Климатические пояса показываются на картах способом *качественного фона*. Для этого измените оформление слоя *Climates* следующим образом:

Параметр	Значение
Тип визуализатора	Categories > Unique values
Поле классификации	Type
Сортировка значений	От арктического к экваториальному
Цвета полигонов	Традиционные цвета климатических поясов (выберите вручную)
Обводка полигонов	Нет обводки
Показывать остальные значения	Нет

Диалог настройки символики слоя должен выглядеть следующим образом:

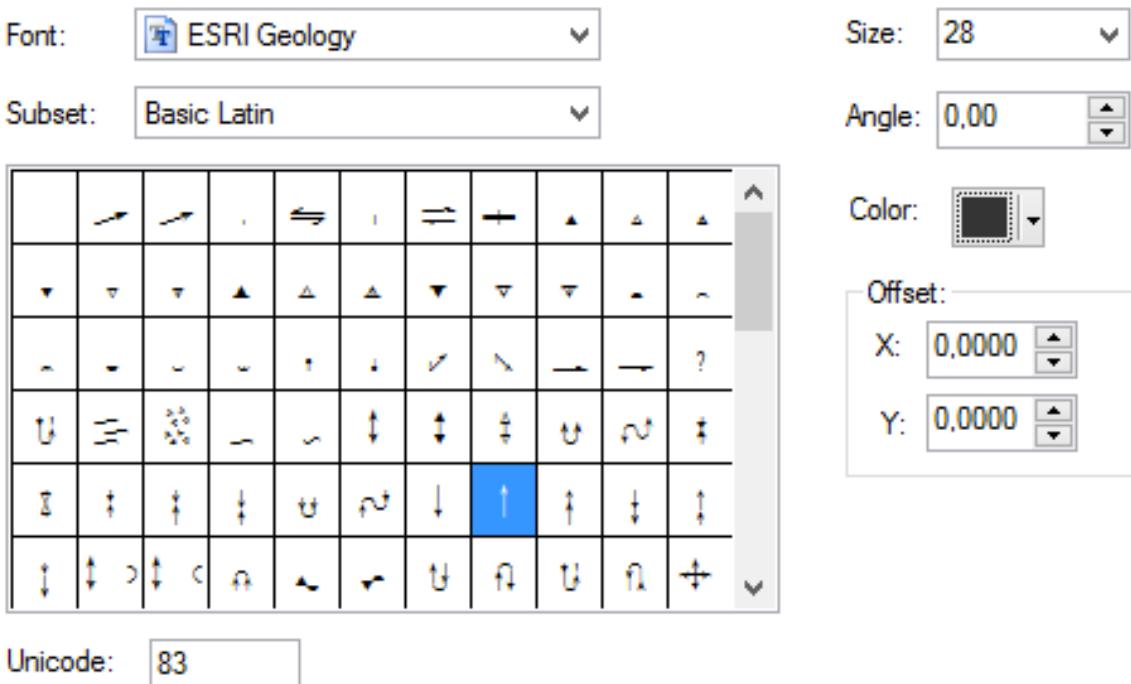


17. Добавьте на карту слой *Currents*, расположите его поверх слоя *Climates*. Этот слой содержит данные о течениях OSCAR (*Ocean Surface Current Analyses – Real time*), осредненные с 1993 по 2003 год.

Течения относятся к векторным полям. Существует множество способов визуализации векторных полей. В картографии распространен способ **градиентного поля**, при котором стрелки размещаются по регулярной сетке, их поворот соответствует направлению векторного поля в точке, а длина — скорости. Для реализации способа градиентного поля вам нужно выбрать символ (стрелку), а также указать атрибутивные поля слоя, в соответствии с которыми будет меняться их направление и длина.

18. Измените тип символа слоя на символьный маркер и задайте его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
Шрифт	Esri Geology
Символ	Unicode 83
Размер	28
Цвет	Серый 70%

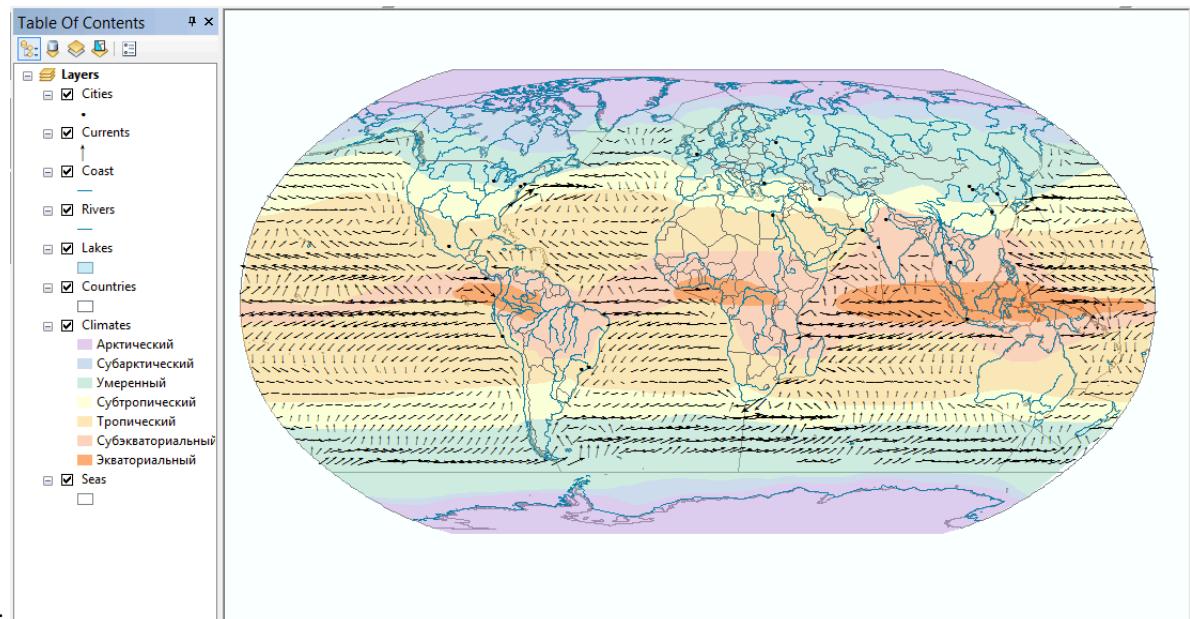


19. Нажмите **OK** и еще раз **OK**.

20. Чтобы задать направление стрелки, не выходя из диалога свойств слоя на вкладке **Symbology** нажмите **Advanced** > **Rotation...** и настройте следующие параметры вращения:

Параметр	Значение
Поле	Direction
Направление	Арифметическое

21. Для изменения размера стрелки в зависимости от скорости течения нажмите **Advanced** > **Size...**. Выберите в списке поле *Length*. Нажмите **OK**.

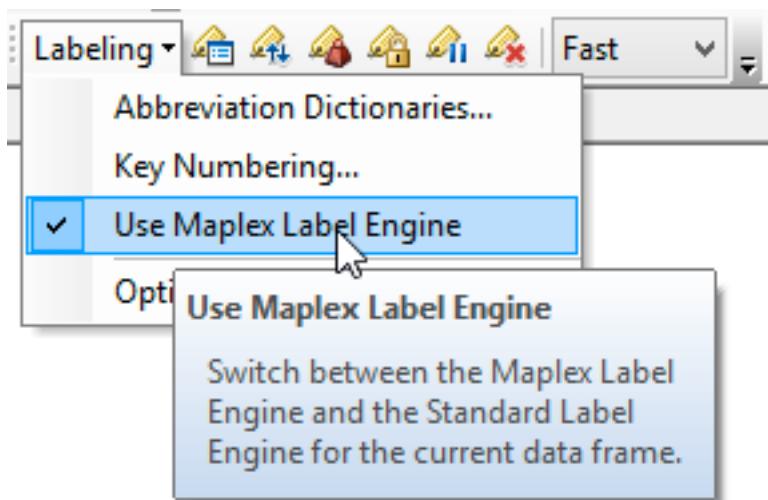


22. Сохраните карту.

## 1.4 Настройка подписей

В начало упражнения ▾

1. Включите механизм размещения подписей Maplex

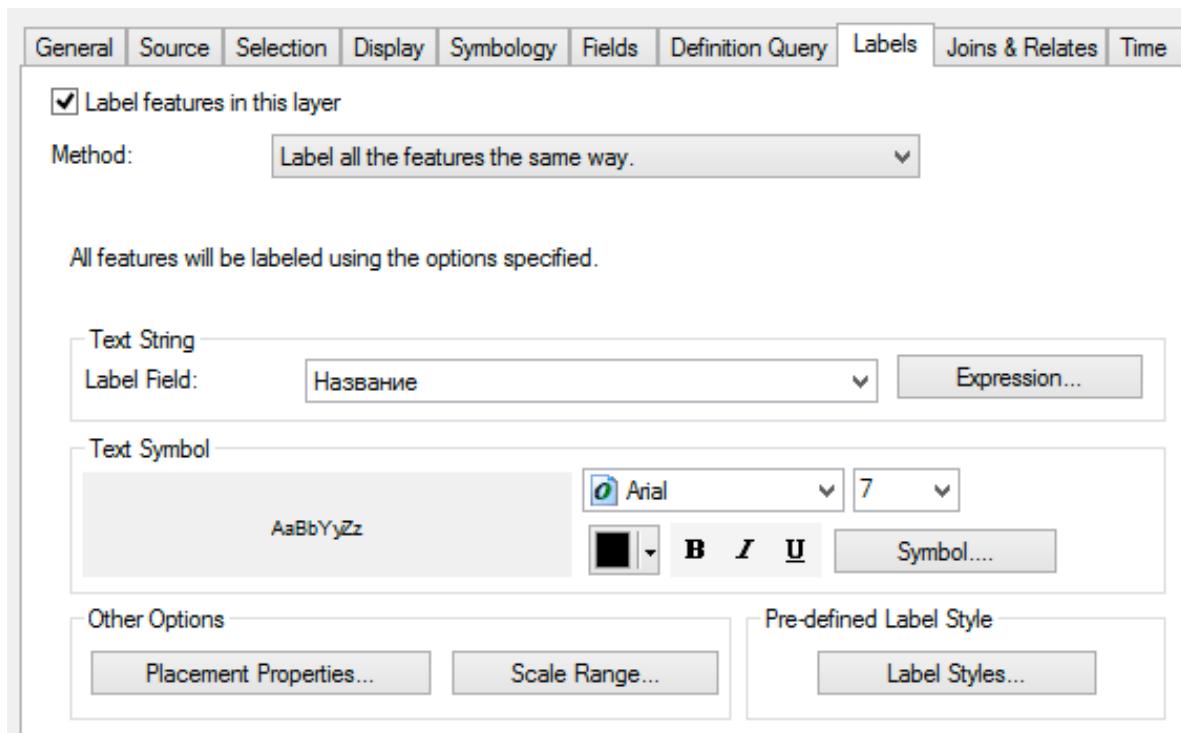


2. Дважды щелкните на слове *Cities*, и перейдите на вкладку *Labels*.
3. Включите подписи для слоя *Cities*:

**Label features in this layer**

4. Настройте параметры подписей следующим образом:

Параметр	Значение
Label Field	Название
Размер	7
Цвет	Черный
Разрешение конфликтов	Never remove (никогда не удалять)



5. Включите подписи для слоя *Rivers* со следующими параметрами:

Параметр	Значение
Label Field	Title
Размер	8
Цвет	Delft Blue
Начертание	Курсивное
Размещение	Curved (криволинейно вдоль)
Удалять дубликаты	Да

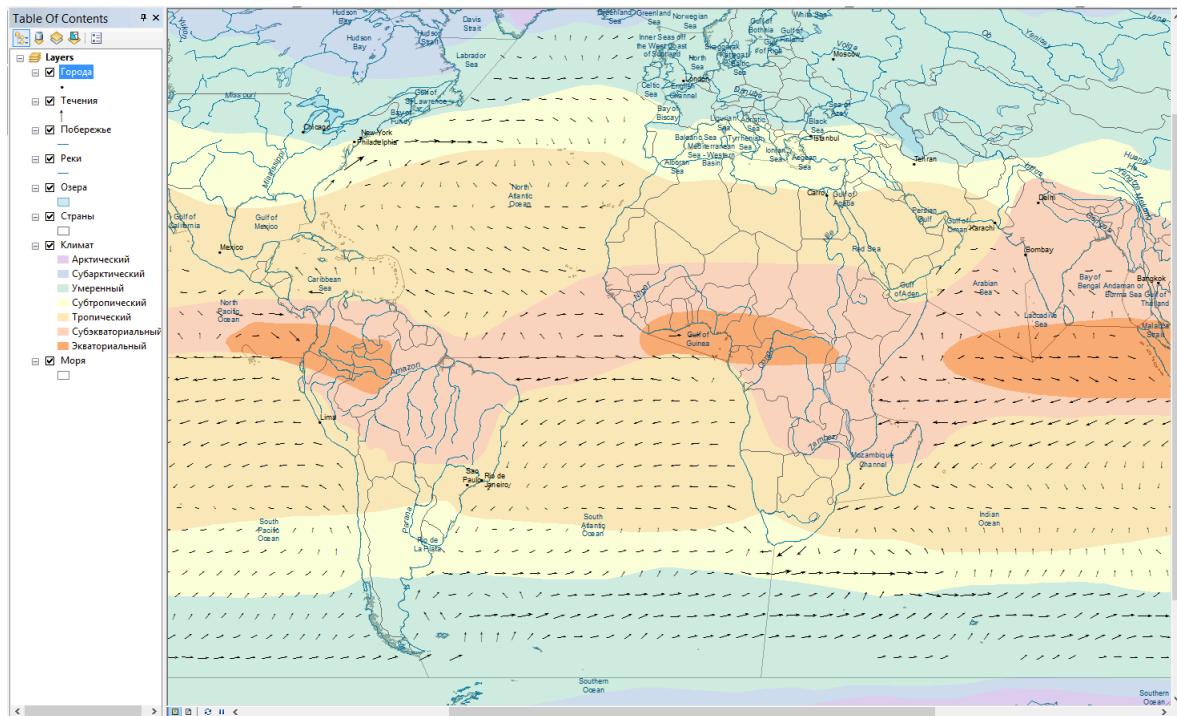
6. Включите подписи для слоя *Seas* со следующими параметрами:

Параметр	Значение
Поле	Name
Размер	7
Цвет	Delft Blue

7. Переименуйте все слои на русский язык следующим образом:

Исходное название	Результирующее название
Cities	Города
Climates	Климат
Coast	Побережье
Countries	Страны
Currents	Течения
Lakes	Озера
Rivers	Реки

Результат:

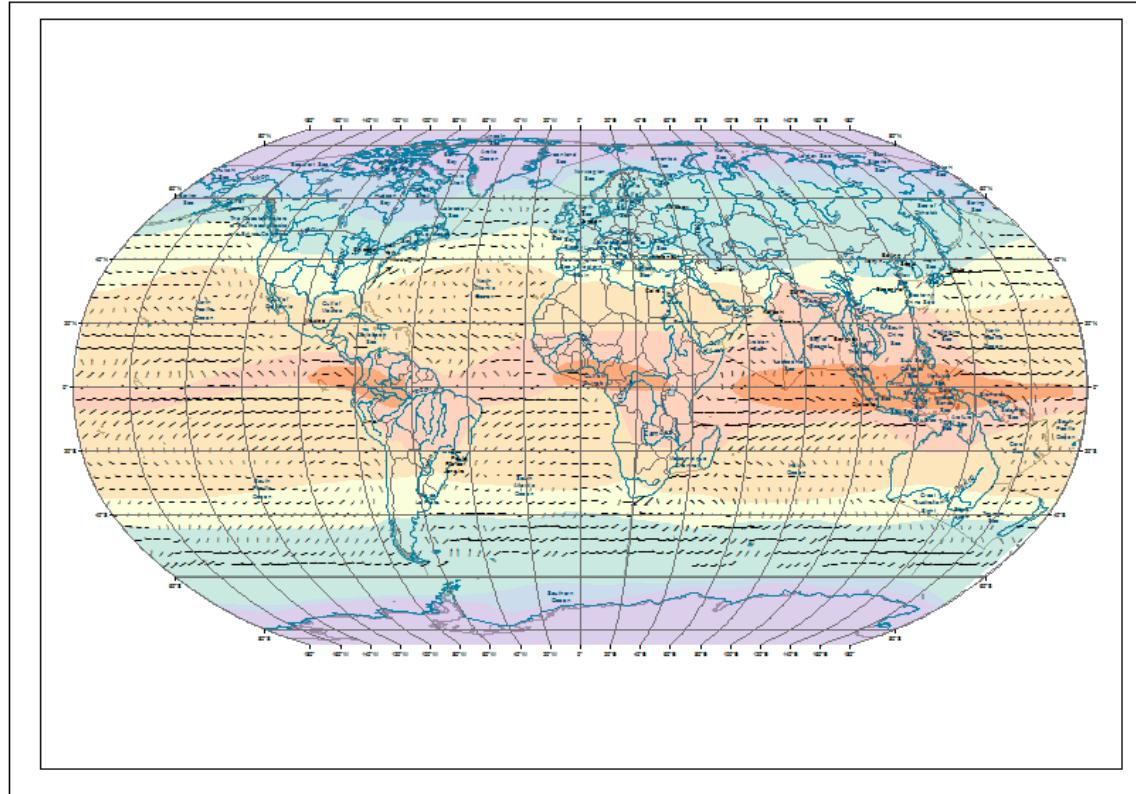


8. Сохраните карту.

## 1.5 Настройка компоновки

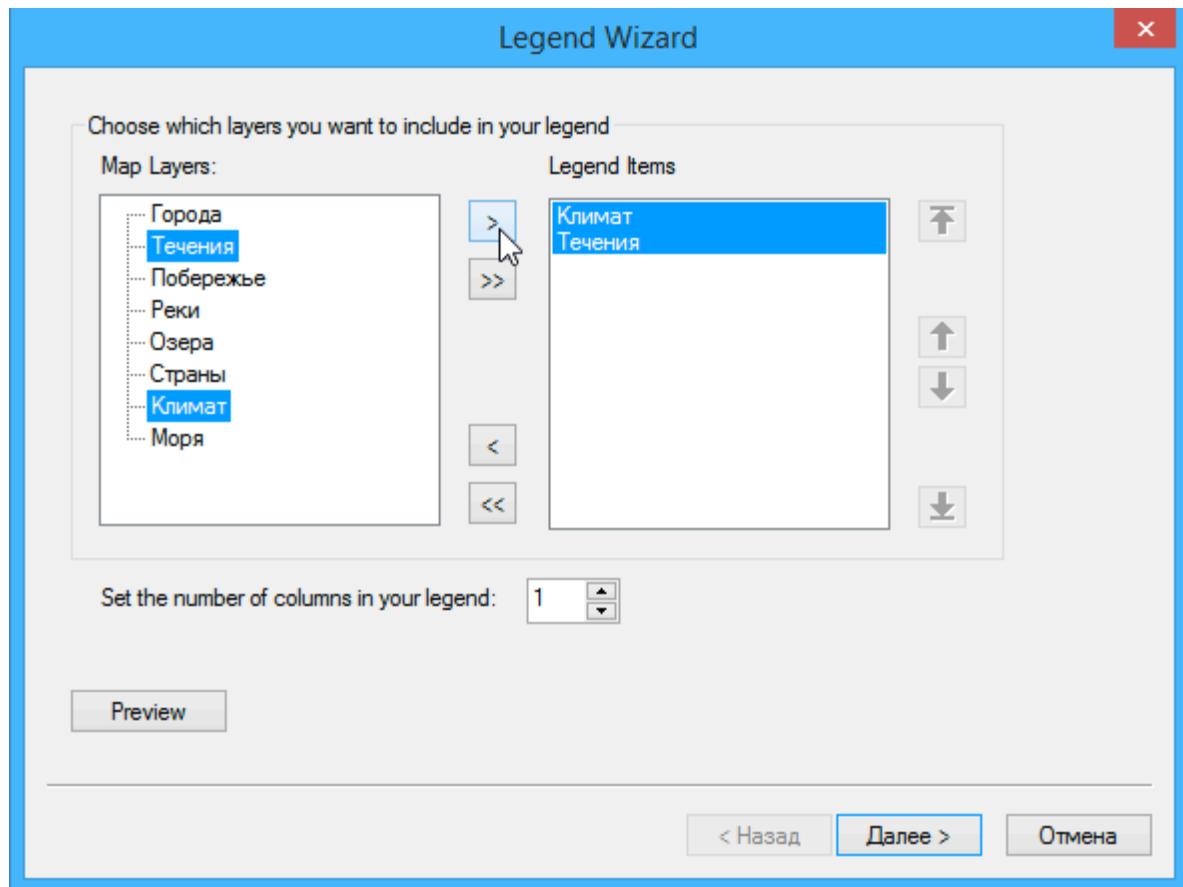
В начало упражнения □

1. Переключитесь в вид компоновки с помощью команды меню *View — Layout View*.
2. Настройте макет страницы следующим образом:
  - Размер А3
  - Альбомная ориентировка
3. Подгоните размер фрейма данных таким образом, чтобы карта заняла площадь всего листа с небольшим запасом.
4. Установите масштаб равным 1:90 000 000 и отцентрируйте карту в пределах листа.

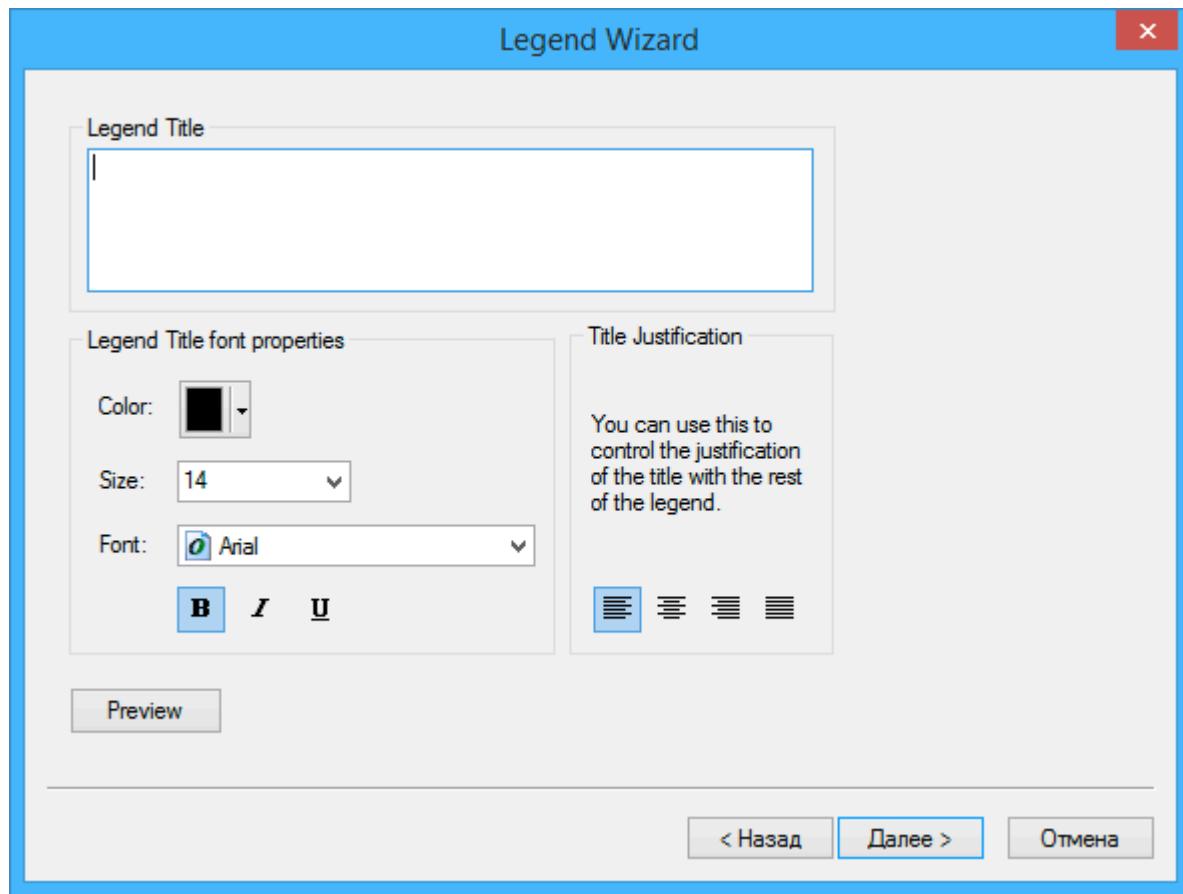


Результат:

5. Добавьте на карту легенду с помощью команды **Insert > Legend**, включив в нее только слои *Климат* и *Течения*:



6. В следующем диалоге название легенды оставьте пустым:



7. Далее все параметры оставьте по умолчанию.

8. Уберите заголовок поля для слоя *Климат*:



9. Добавьте градусную сетку координат со следующими параметрами:

Параметр	Значение
Шаг по X	20
Шаг по Y	20

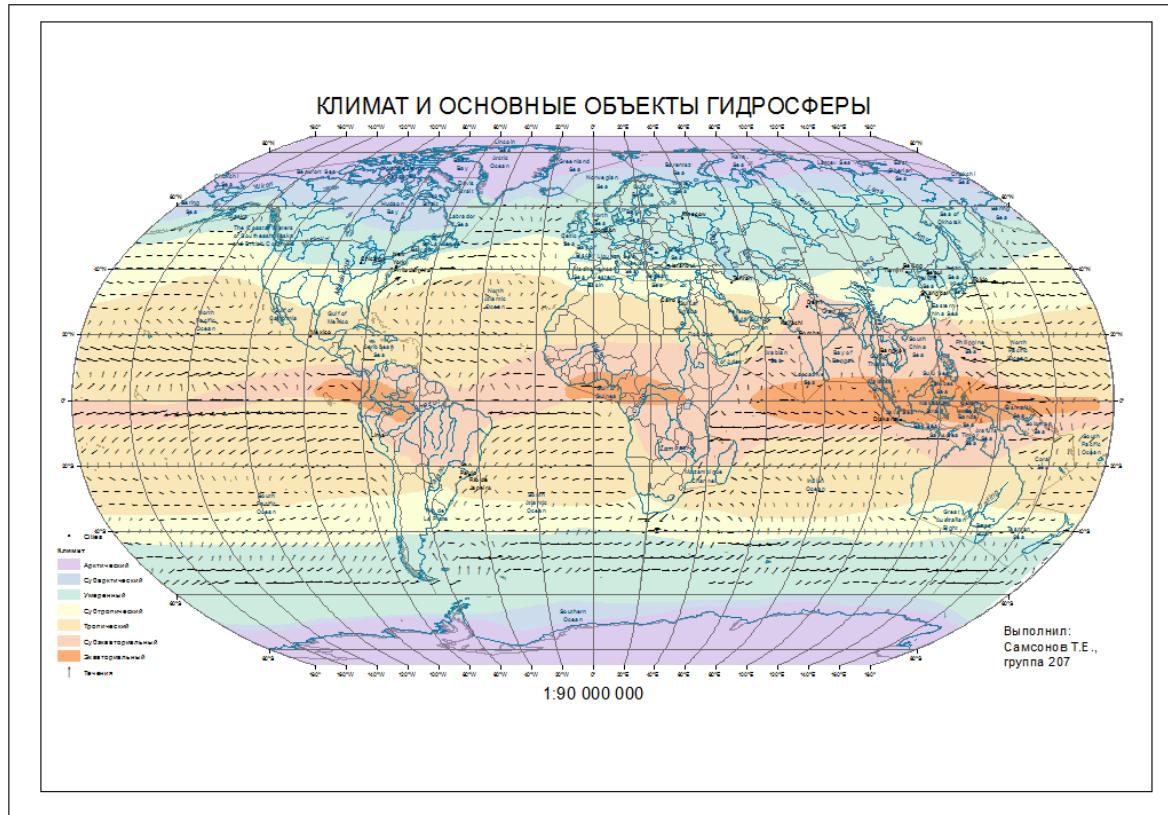
10. Измените начало расстановки линий сетки для оси Y на 0.

11. Отключите отображение нулевых минут и секунд

12. Разместите над картой текст «КЛИМАТ И ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ГИДРОСФЕРЫ».

13. Разместите под картой по центру численный масштаб 1:90 000 000.

14. Разместите в правом нижнем углу карты текст «Выполнил» и свое ФИО.



Результат:

15. Сохраните карту.

## 1.6 Экспорт в графический файл

В начало упражнения □

1. Экспортируйте карту из режима компоновки в формат PNG с разрешением 300 точек на дюйм с помощью команды **File > Export Map**. Сохраните его в свою директорию.
2. Вставьте карту в отчетный файл

## 1.7 Ответы на вопросы

В начало упражнения □

Ответьте на вопросы в отчетном файле. После окончания положите ваш отчет в сетевую папку для проверки вашим преподавателем

## Chapter 2

# Оформление социально-экономической карты

### 2.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с моделями пространственных объектов и базой пространственных данных. Визуализация данных на карте. Оформление легенды и компоновки карты.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных объектов
Практическая подготовка	Не требуется
Исходные данные	Сетка субъектов Федерации с привязанной статистикой по населению, государственная граница России, края и области
Результат	Тематическая карта «Население России» масштаба 1:35 000 000
Ключевые слова	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных данных

#### 2.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту слои базы пространственных данных и оформить их
- Настроить подписи объектов
- Создать компоновку карты, легенду и координатную сетку
- Экспортировать результат в графический файл

#### 2.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с созданием тематических карт на основе баз пространственных данных. Вы познакомитесь с представлением площадных, линейных, точечных объектов в базе пространственных данных. Научитесь создавать карты на их основе, оформлять легенду, сетку координат и зарамочные элементы карты, познакомитесь с применением картограмм и картодиаграмм в геоинформационном картографировании.

### 2.2 Начало работы

В начало упражнения ▾

В каталоге *Ex02* находится база геоданных *MapData.gdb*, содержащая исходные данные для выполнения задания.

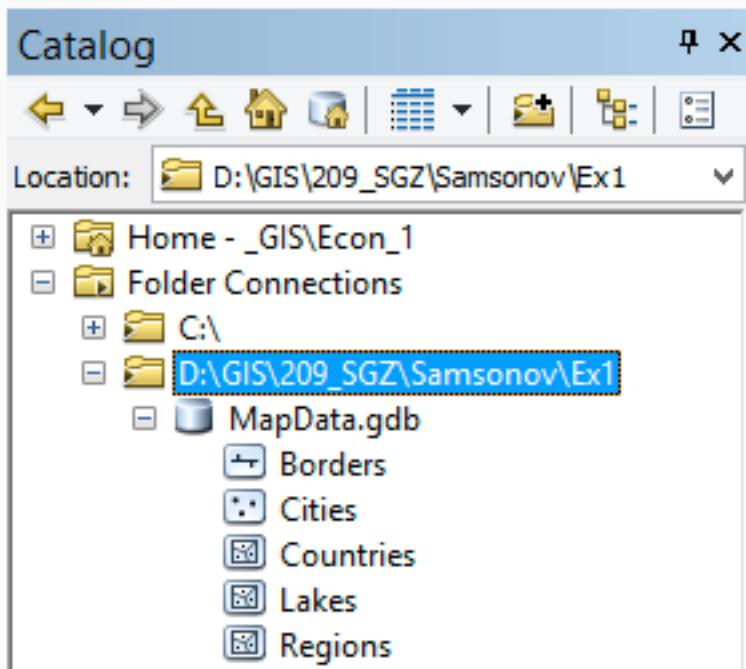
**База геоданных** — это структурированное хранилище, внутри которого можно создавать слои данных, группировать их и связывать различными отношениями.

Внутри базы геоданных могут быть объекты следующих типов:

- — слои векторных данных (классы пространственных объектов),
- — слои растровых данных;
- — обычные таблицы;

**Класс пространственных объектов (feature class)** — это набор пространственных объектов одного типа геометрии (точки, линии, полигоны или объемные тела). Для класса могут быть определены атрибуты, а его представлением является таблица, содержащая как обычные столбцы (текстовые, числовые и т.д.) так и специальное поле Shape, в котором хранится информация о геометрии. Каждая строкка в таблице — это описание одного объекта.

1. Запустите приложение **ArcMap** и откройте окно **Каталога**
2. Подключитесь к рабочему каталогу *Ex02* в окне **Catalog**:



3. Раскройте базу данных *MapData.gdb* и изучите классы пространственных объектов внутри нее:

Класс	Содержание
<i>Borders</i>	Государственная граница РФ
<i>Cities</i>	Города
<i>Lakes</i>	Озера
<i>Regions</i>	Субъекты федерации
<i>Countries</i>	Страны

К какому типу геометрии относятся данные классы?

4. Дважды щелкните на слое *Regions* и перейдите на вкладку **XY Coordinate System**.

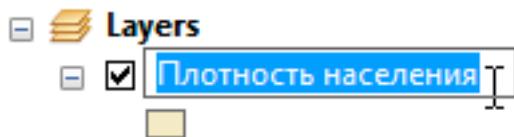
Внимательно прочитайте информацию. Этот слой хранится в *Географической системе координат (GCS)*,

отнесенной к эллипсоиду WGS-1984. Это означает, что координаты каждого объекта хранятся в виде широты и долготы. Этот слой можно спроектировать в любую проекцию. При этом координаты будут представлены в метрических единицах, а система координат получит название *Проектированной системы координат (PCS)*.

## 2.3 Оформление тематических слоев

В начале упражнения □

- Добавьте на карту слой *Regions*. Для этого просто перетащите его из окна Каталога на карту.
- Переименуйте его в «Плотность населения». Для этого дважды (медленно) щелкните на названии слоя или выделите его и нажмите клавишу F2:



- Измените проекцию карты на равновеликую коническую проекцию Альберса. Ее можно найти по следующему пути:

**Projected Coordinate Systems > Continental > Asia > Asia North Albers Equal Area Conic**

Обратите внимание на то, как изменится форма отображаемых объектов.

- Откройте таблицу атрибутов слоя. Найдите в ней столбец *Density*, просмотрите его значения. Это поле таблицы хранит значения плотности населения по субъектам.
- Найдите поля *Shape* и *ObjectID*.

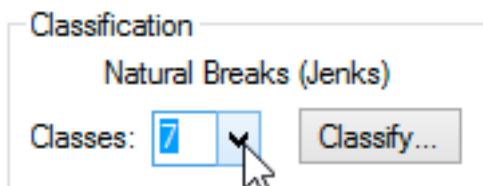
В поле *ObjectID* хранится уникальный идентификатор каждого объекта. Он нужен системе для того, чтобы каждый объект можно было гарантированно найти по некому однозначному критерию.

В поле *Shape* хранится геометрия объектов. Если слой точечный — это будут просто пары координат X и Y для каждого объекта. Для линейных и полигональных слоев это будет уже упорядоченный набор пар координат вершин границы объекта. Геометрия редактируется специальными инструментами, поэтому содержимое поля *Shape* скрыто от пользователя.

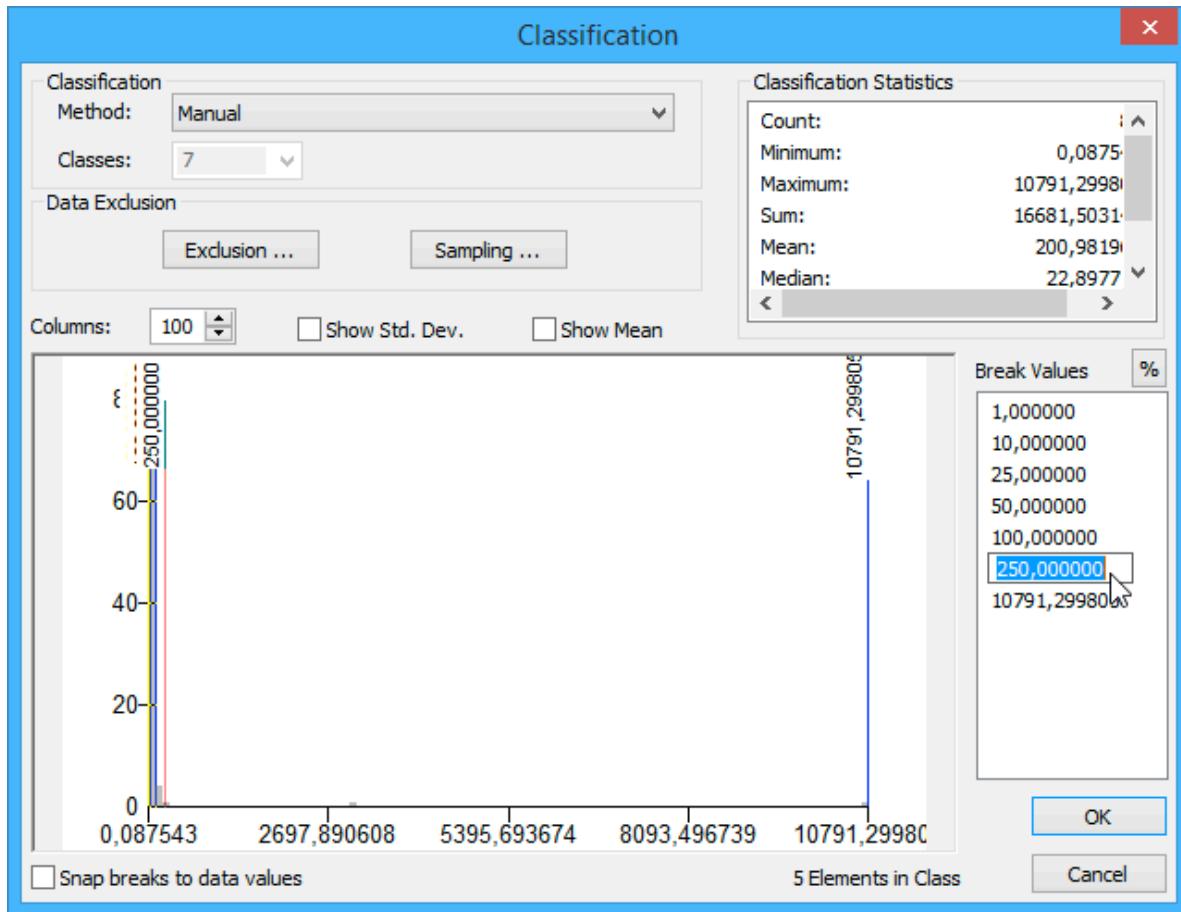
- Дважды щелкните на названии слоя и на вкладке **Symbology** и выберите способ изображения *Quantity — Graduated colors* (Картограммы).
- Выберите в списке **Value Field** поле *Density*, система автоматически сформирует список классов, созданных методом естественных интервалов.

Существует множество методов классификаций: равных интервалов, квантилей, стандартных отклонений и т.д. По умолчанию всегда выбирается метод естественных интервалов, т.к. считается, что он в среднем неплохо отражает особенности распределения. Следует знать, однако, что этот метод классификации плохо справляется с распределениями, обладающими значительной асимметрией и эксцессом (*heavy-tail distribution*).

- Измените число классов на 7:



9. Измените метод классификации. Для этого нажмите **Classify**. В появившемся диалоговом окне выберите в списке сверху ручной метод задания интервалов (*Manual*) и в правом столбце замените первые шесть значений на следующие: 1, 10, 25, 50, 100, 250. Максимальное значение оставьте без изменений. Жмите **OK**:



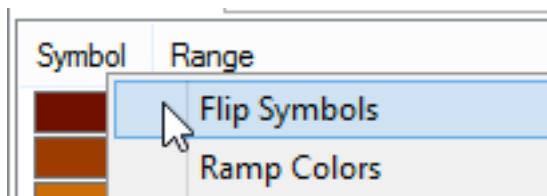
10. На вкладке **Symbology** выберите цветовую шкалу *Yellow To Dark Red*:



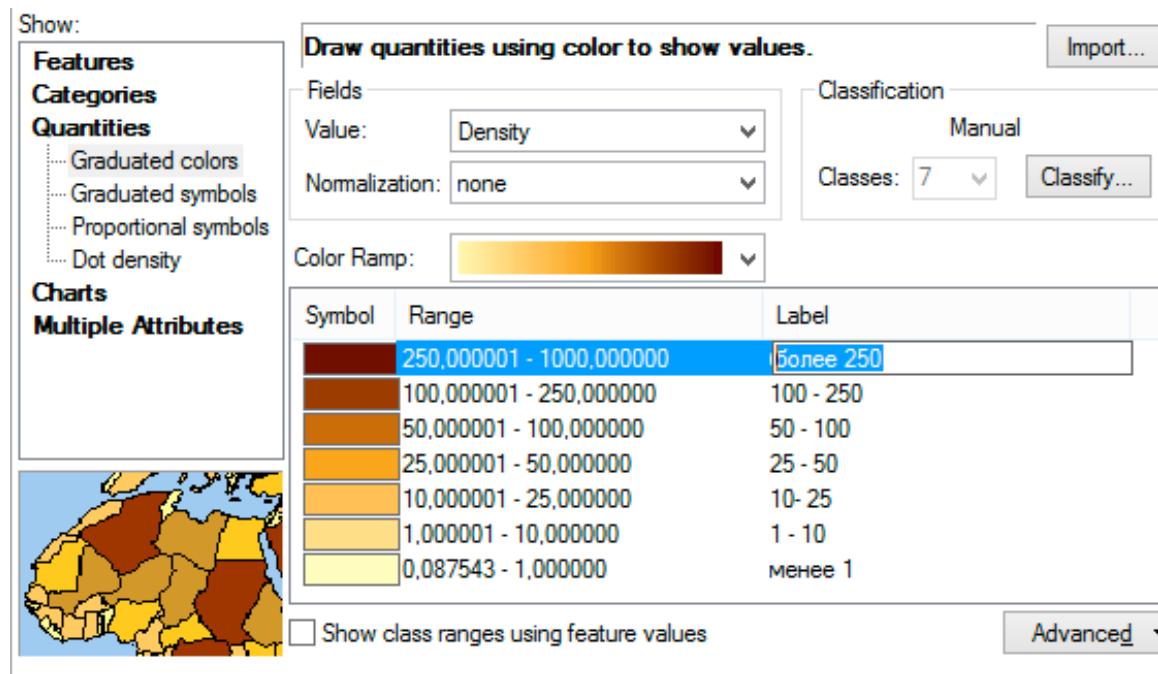
11. Инвертируйте сортировку классов, чтобы наверху оказались максимальные градации:

Symbol	Range	Label
Light yellow	0,08	7543
Orange	8,34	1897
Dark red	250	10791,299800

12. Инвертируйте цветовую шкалу, чтобы цвета соответствовали градациям:

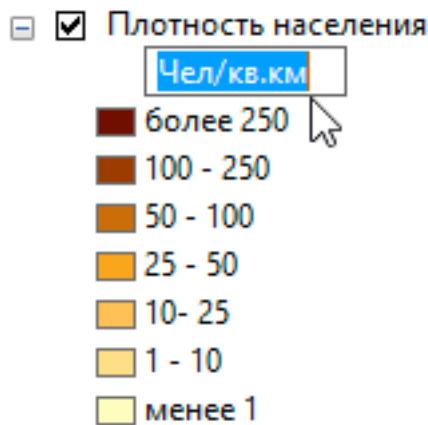


13. В основном диалоге настройки символов исправьте подписи классов (столбец *Label*) в соответствии с нижеприведенным фрагментом:

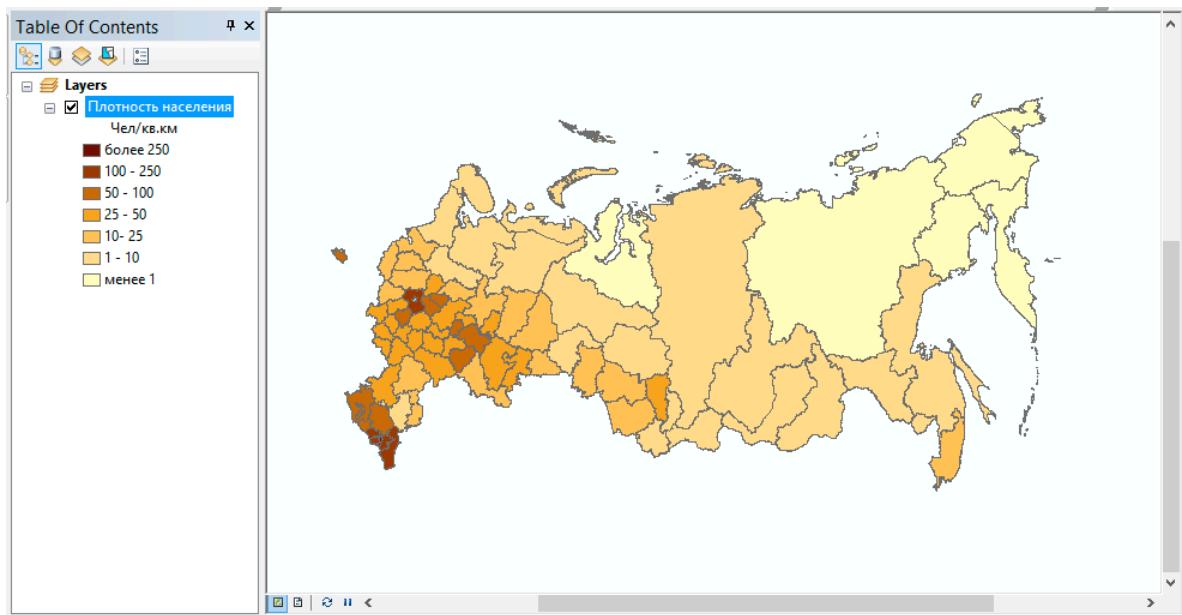


14. Нажмите **OK**.

15. Переименуйте показатель в «чел/кв. км»:

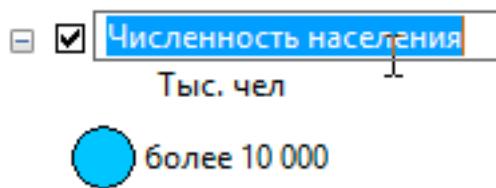


Результат:



16. Сохраните карту

17. Скопируйте и вставьте слой «Плотность населения». Переименуйте его в «Численность населения»:

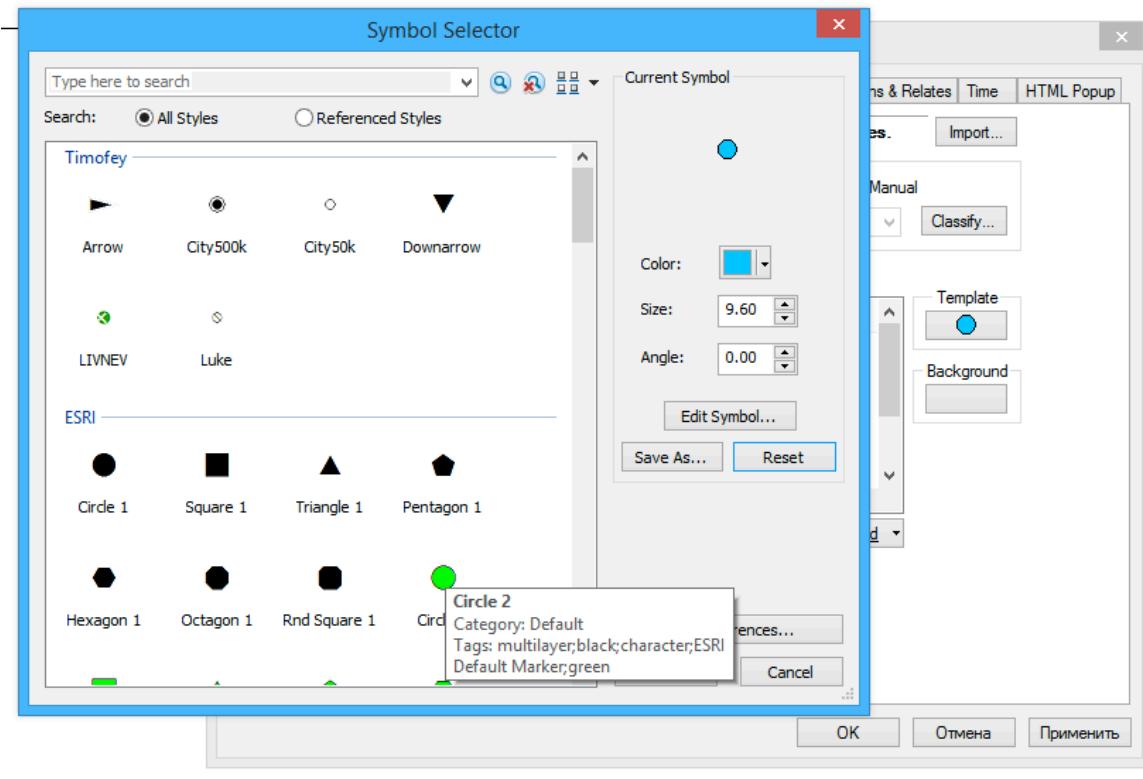


18. Разместите новый слой поверх слоя плотности населения.

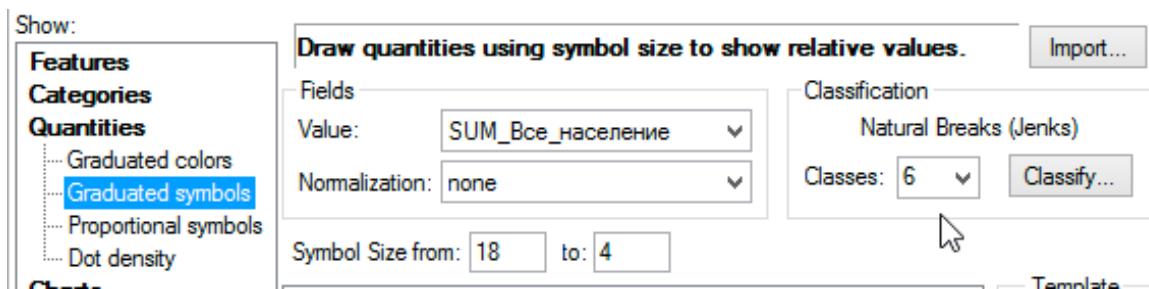
19. Измените его способ изображения на *Картодиаграммы* (*Quantities > Graduated Symbols*).

20. Выберите для отображения поле *SUM\_Все\_население*. Появится шкала классификации картодиаграмм.

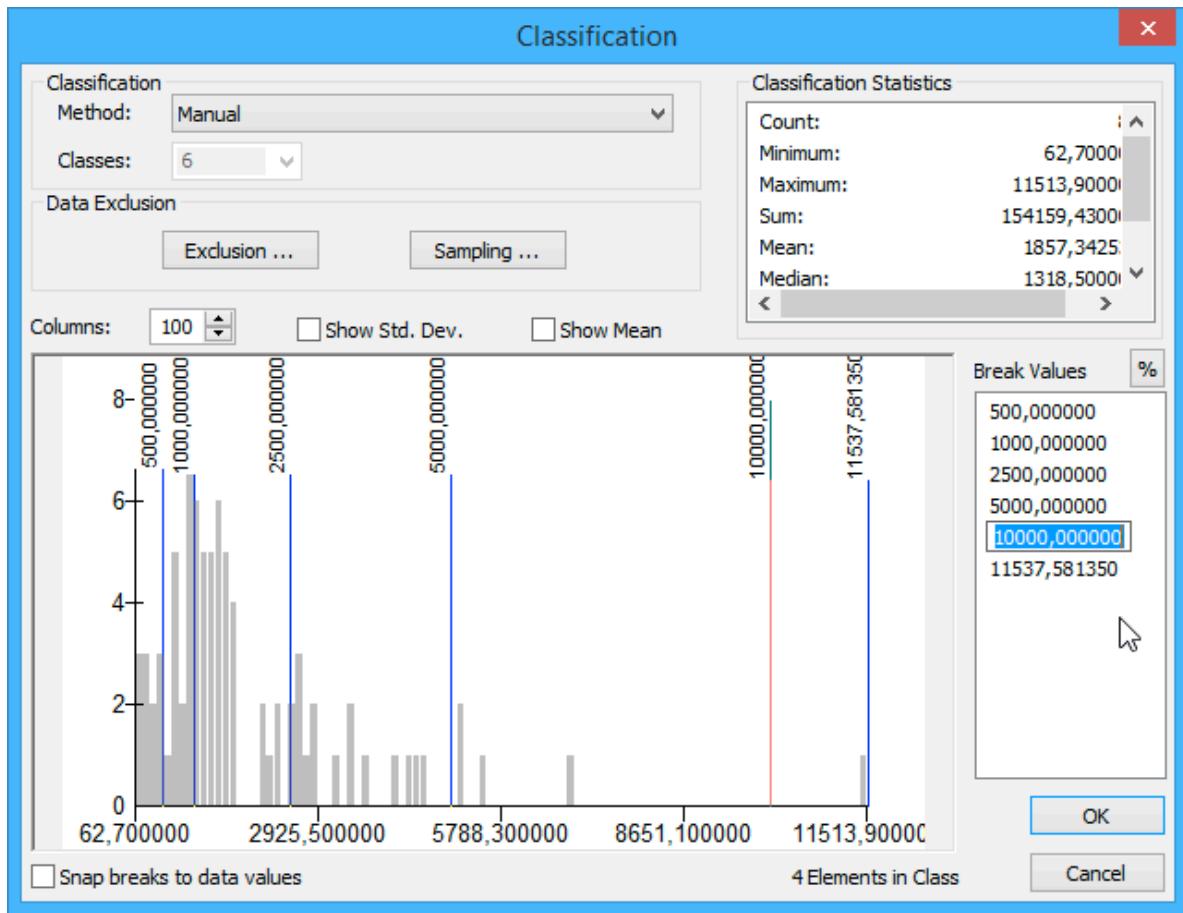
21. Измените цвет кружка на голубой. Для этого нажмите кнопку **Template**, выберите значок *Circle 2* с тонкой обводкой и смените цвет заливки:



22. Установите число классов равным 6:



23. Аналогично предыдущему слою выберите ручной метод классификации и введите следующие границы классов: 500, 1000, 2500, 5000, 10000. Максимальную границу оставьте прежней:



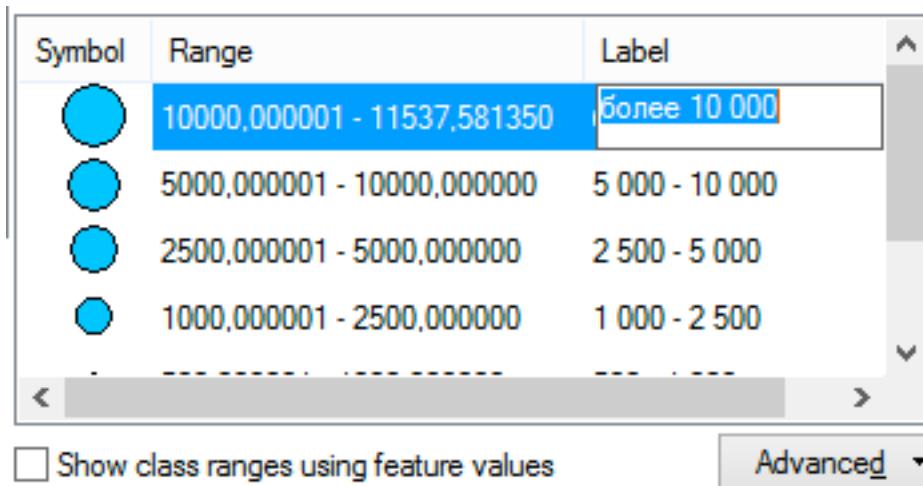
24. Нажмите OK

25. Инвертируйте порядок классов и порядок символов в классификации (аналогично предыдущему слою) так чтобы наверху оказались максимальные значения.

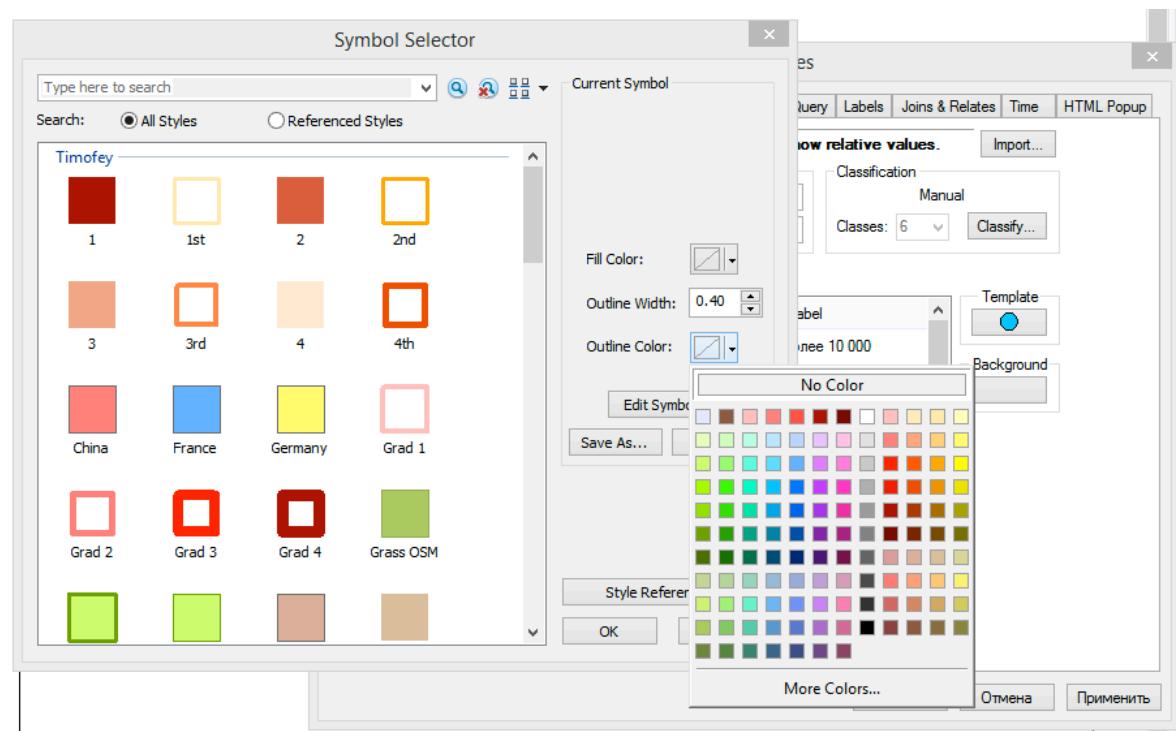
26. Установите на вкладке **Symbology** максимальный и минимальный размер значка равным 18 и 4 пункта соответственно:

Symbol Size from:	18	to:	4
-------------------	----	-----	---

27. Отредактируйте подписи классов по аналогии с картограммами:

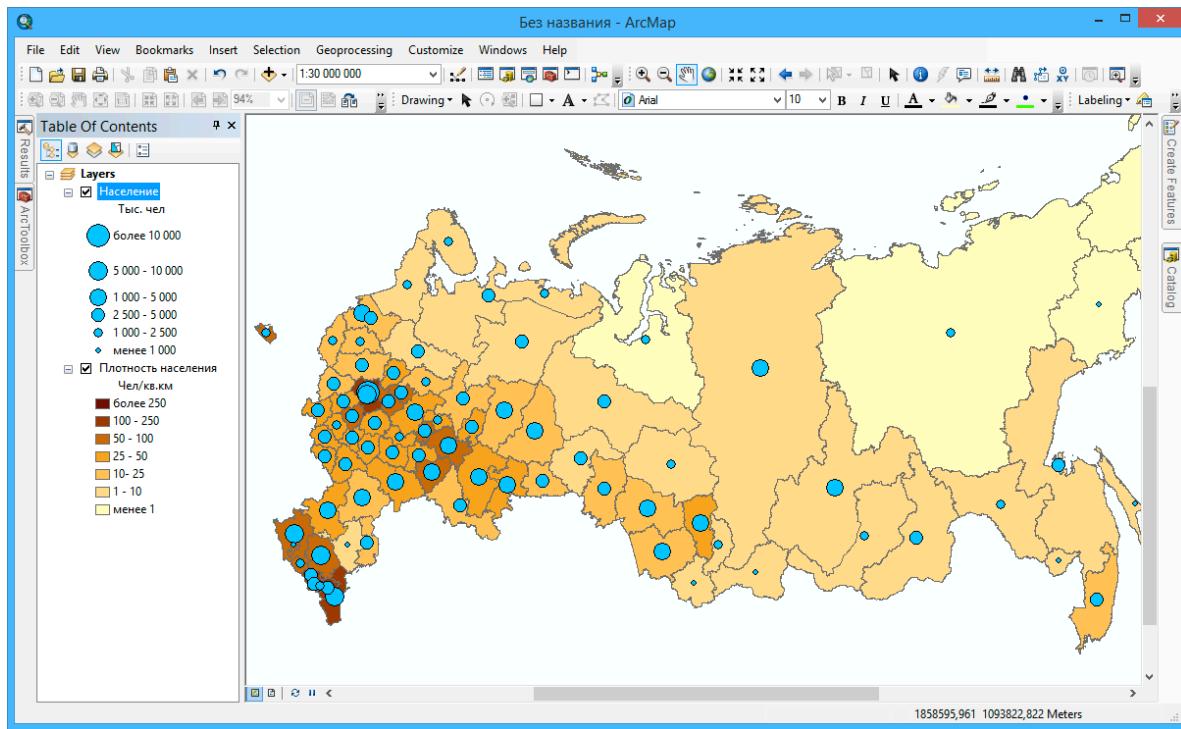


28. Задайте символ фона картодиаграмм в виде полигона с пустой заливкой и пустой обводкой. Для этого щелкните на кнопке **Background** и выберите режим *No Color* для заливки и для обводки:



29. Нажмите **OK**.

Результат:



30. Сохраните карту

## 2.4 Оформление общегеографических слоев

В начало упражнения □

- Добавьте на карту слои *Borders*, *Cities*, *Countries* и *Lakes*. Установите следующий порядок слоев в таблице содержания:

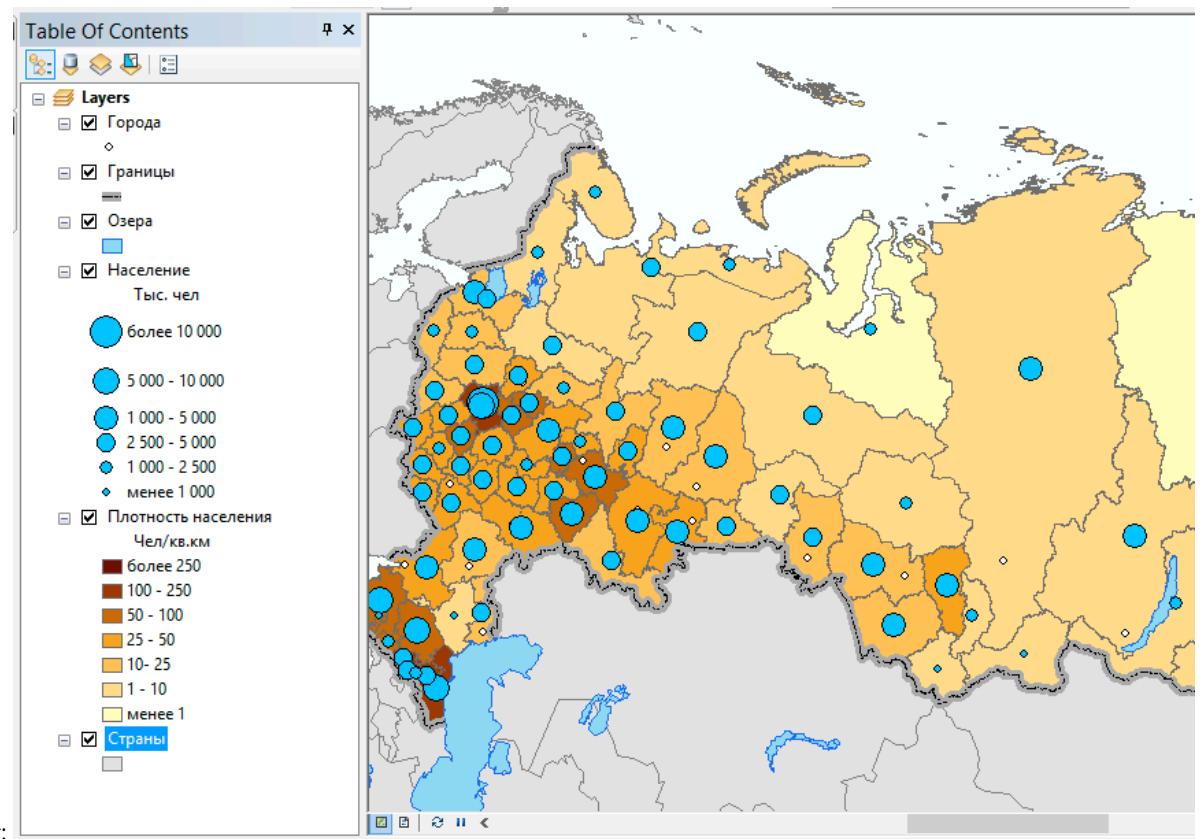
- Cities*
- Borders*
- Lakes*
- Численность населения
- Плотность населения
- Countries*

- Переименуйте вновь добавленные слои следующим образом:

Исходное название	Результирующее название
<i>Cities</i>	Города
<i>Borders</i>	Граница РФ
<i>Lakes</i>	Озера
<i>Countries</i>	Страны

- Присвойте слою *Граница РФ* единый символ *Boundary, National*.
- Присвойте слою *Озера* единый символ *Lake*.
- Измените цвет точек слоя *Города* на белый.
- Установите следующие параметры оформления для площадного слоя *Страны*:

Параметр	Значение
Цвет заливки	Серый 10%
Цвет обводки	Серый 50%
Толщина обводки	1

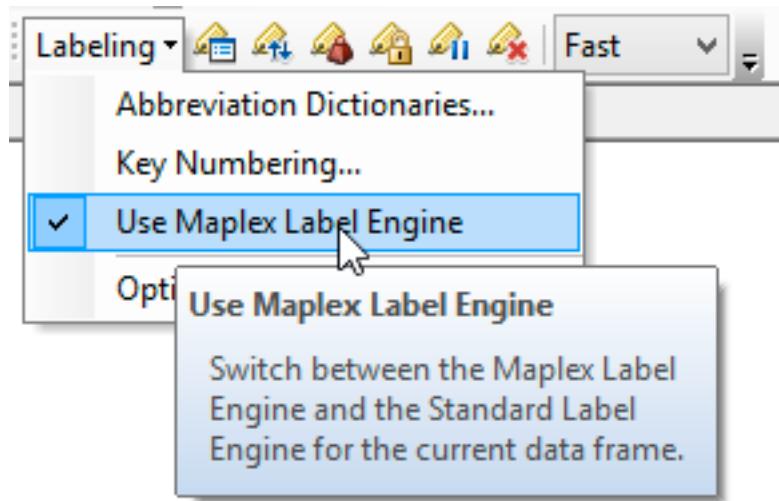


7. Сохраните карту

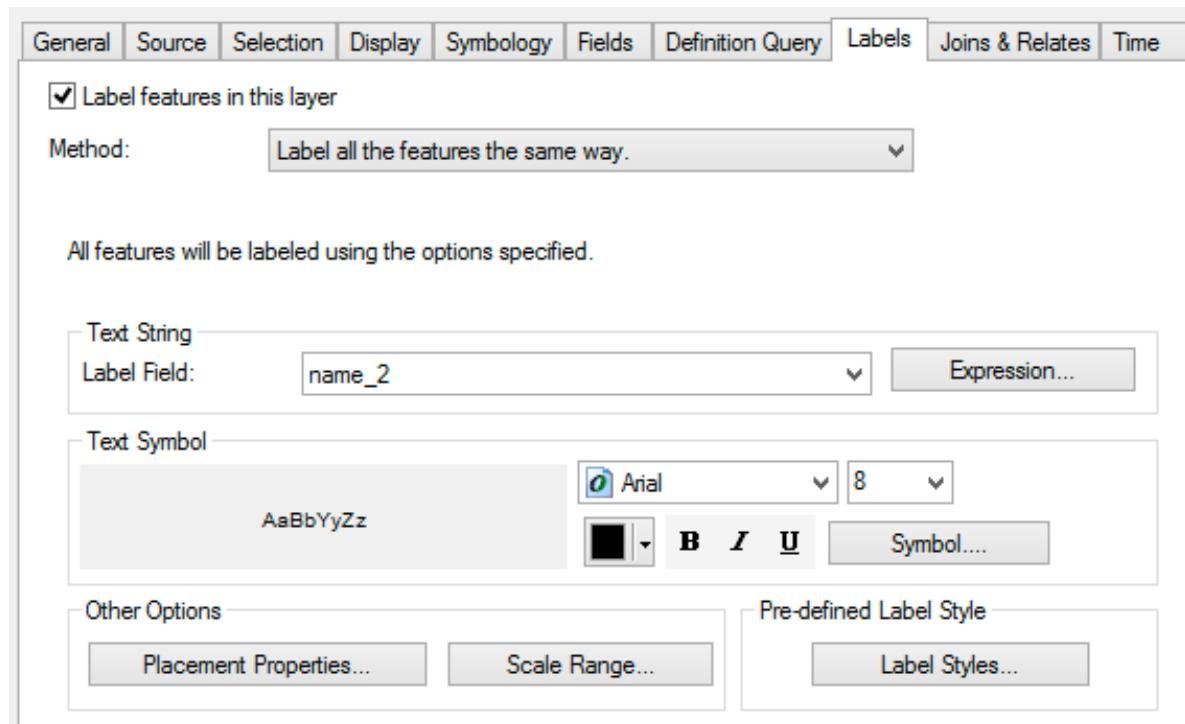
## 2.5 Настройка подписей

В начало упражнения ▾

1. Включите механизм размещения подписей **Maplex**:



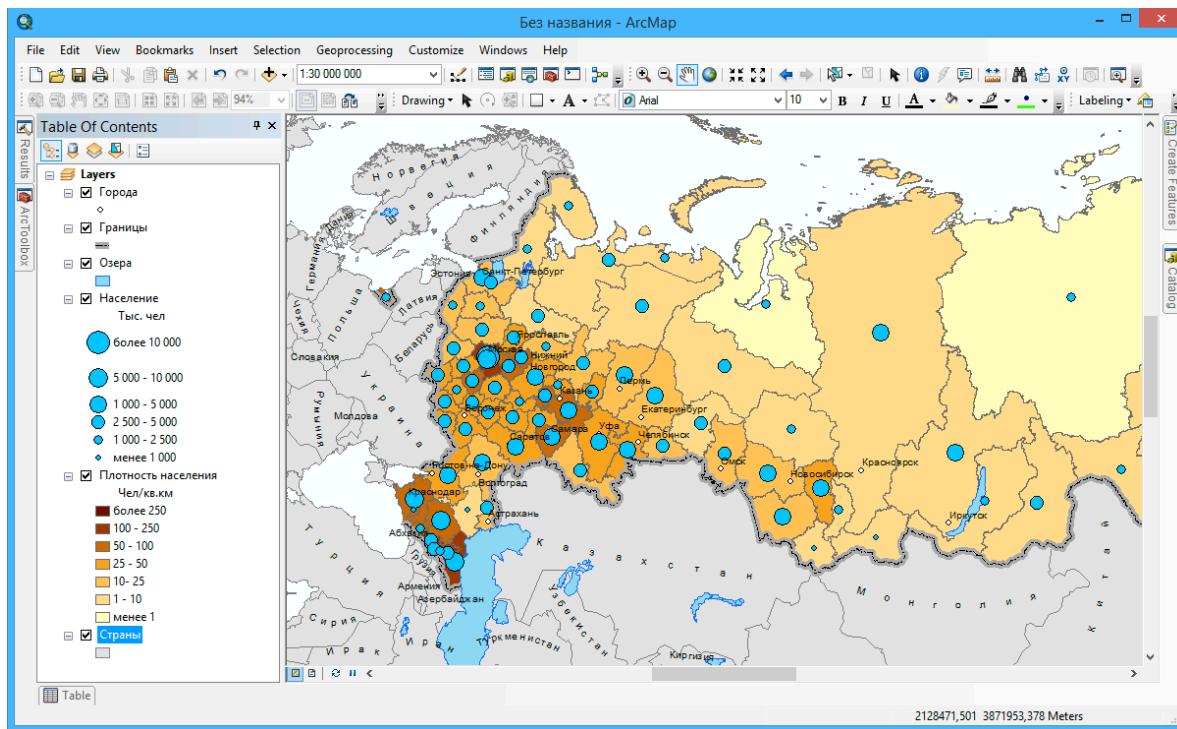
2. Включите подписи для слоя Города на вкладке **Labels**. Выберите в качестве поля для подписей *name\_2*. Остальные настройки оставьте по умолчанию:



3. Включите подписи для слоя Страны. Настройте подписи следующим образом:

Параметр	Значение
Поле (label field)	Название
Тип размещения	Криволинейное (Curved)
Разрядка слов	Да
Разрядка букв	Да
Подписывать только наибольшую часть	Да

Результат:



## 2.6 Настройка компоновки

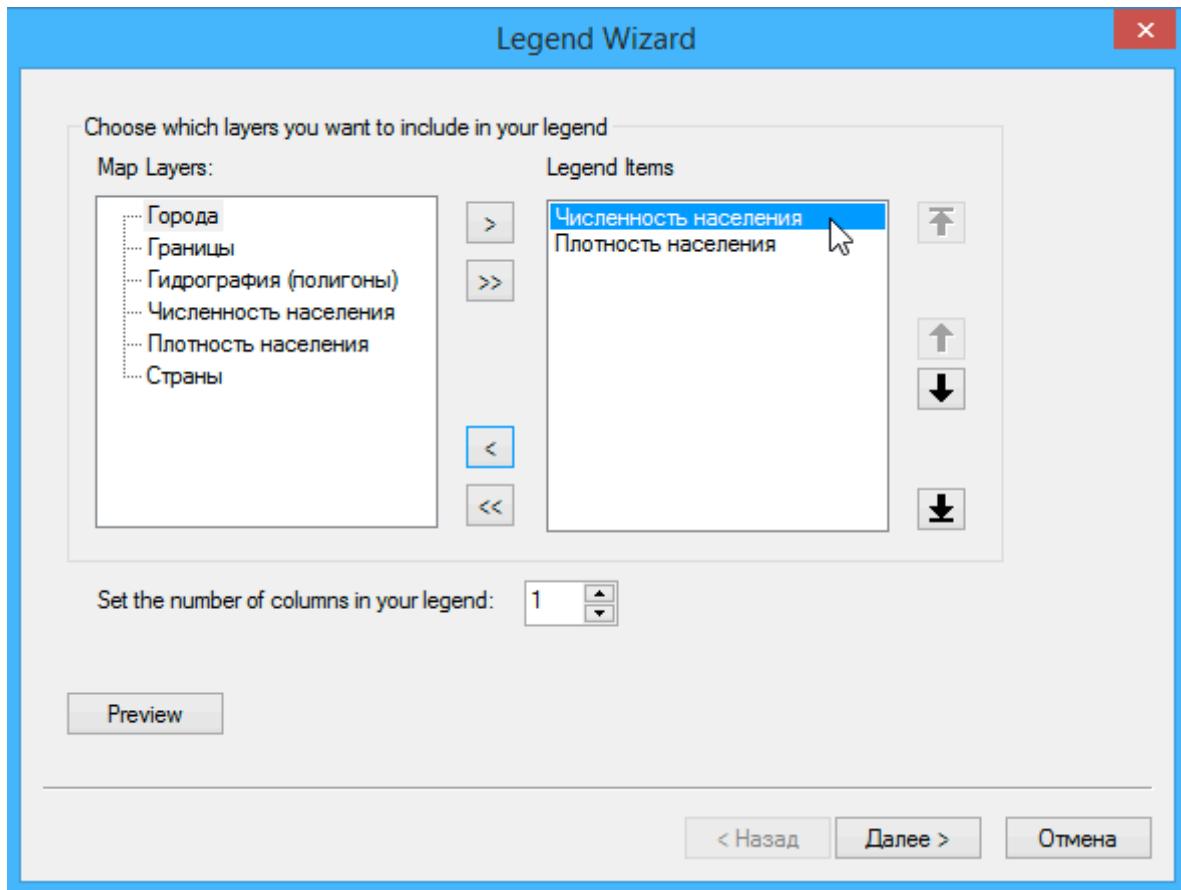
В начало упражнения ▾

- Переключитесь в вид компоновки через команду меню **View > Layout View**
- Настройте макет страницы следующим образом:
  - Размер А4
  - Альбомная ориентировка
- Установите масштаб карты равным 1 : 35000000. Подгоните размер фрейма данных таким образом, чтобы он был слегка больше контура России. Для этого используйте стрелку на панели **Tools**. Разместите его в правом верхнем углу карты.
- Отцентрируйте контур России внутри фрейма (рамки). Для этого используйте лапу на панели **Tools**.
- Смените цвет фрейма данных (фона) на светло-голубой.

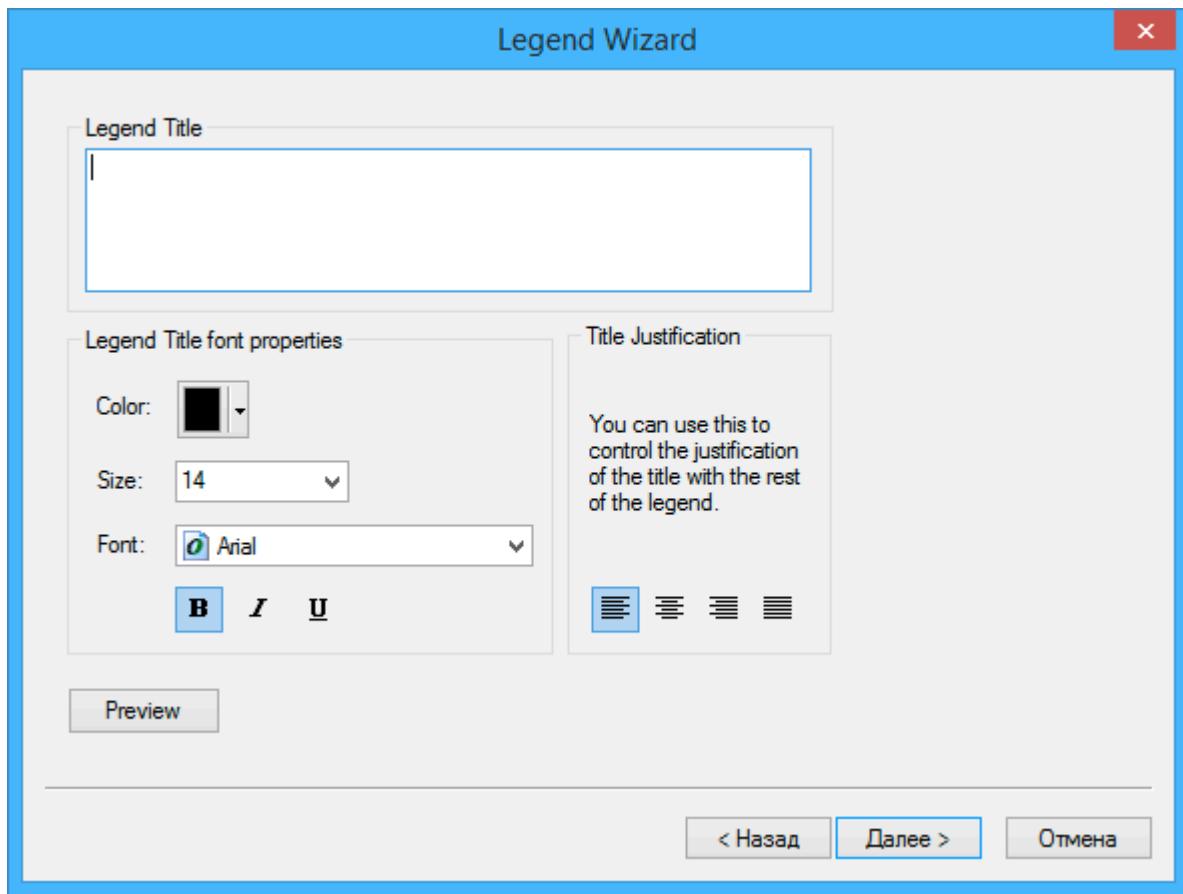
Результат:



6. Добавьте на карту легенду, включив в нее только слои Численность населения и Плотность населения. Нажмите **Далее.**



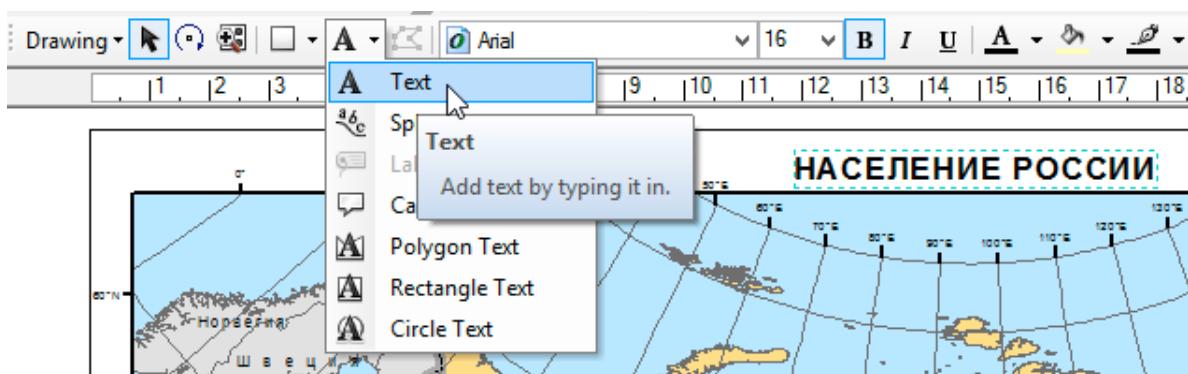
7. В следующем диалоге название легенды оставьте пустым:



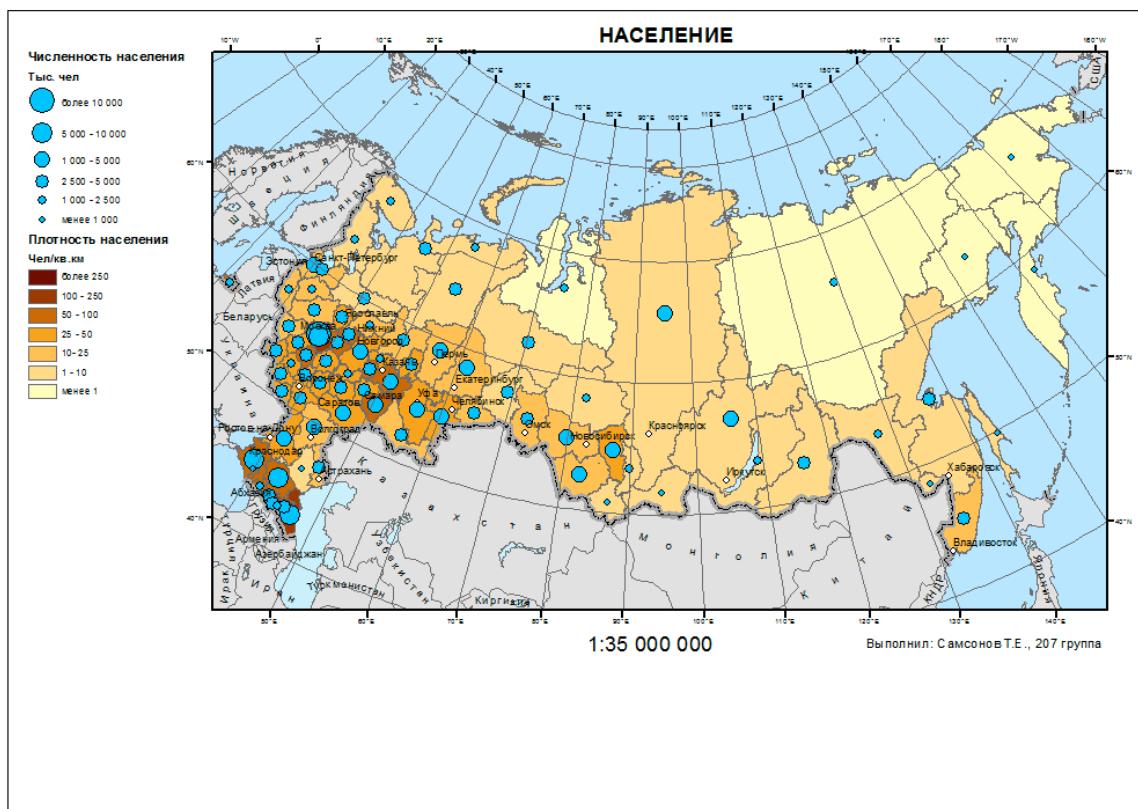
8. Далее все параметры оставьте по умолчанию.
9. Добавьте сетку координат со следующими параметрами:

Параметр	Значение
Тип сетки	градусная
Шаг по широте	10
Шаг по долготе	10

10. Отключите отображение нулевых минут и секунд
11. Разместите над картой текст заголовка карты, используя панель **Drawing** или меню **Insert**:



12. Разместите под картой по центру численный масштаб 1 : 30000000.
13. Разместите в правом нижнем углу карты текст «Выполнил» и свое ФИО.



Результат:

14. Сохраните карту.

## 2.7 Экспорт в графический файл

В начало упражнения □

1. Экспортируйте карту из режима компоновки в формат *PNG* с разрешением 300 точек на дюйм. Сохраните его в свою директорию.
2. Вставьте карту в отчетный файл

## 2.8 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

Ответьте на вопросы в отчетном файле. После окончания положите ваш отчет в сетевую папку для проверки преподавателем



## Chapter 3

# Оформление карты четвертичных отложений

### 3.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с моделями пространственных объектов и базой пространственных данных. Визуализация данных на карте. Оформление легенды и компоновки карты.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных объектов
Практическая подготовка	Не требуется
Исходные данные	База данных ГИС “Сатино”.
Результат	Карта четвертичных отложений Сатинского учебного полигона масштаба 1:30 000
Ключевые слова	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных данных,

#### 3.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту слои базы пространственных данных и оформить их
- Настроить подписи объектов
- Создать компоновку карты, легенду и координатную сетку
- Экспортировать результат в графический файл

#### 3.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с созданием тематических карт на основе баз пространственных данных. Вы познакомитесь с представлением площадных, линейных, точечных объектов в базе пространственных данных. Научитесь создавать карты на их основе, оформлять легенду, сетку координат и зарамочные элементы карты.

### 3.2 Изучение данных в приложении ArcMap

В начало упражнения ▾

- Скопируйте папку *Ex03* с сервера в каталог под своей фамилией.

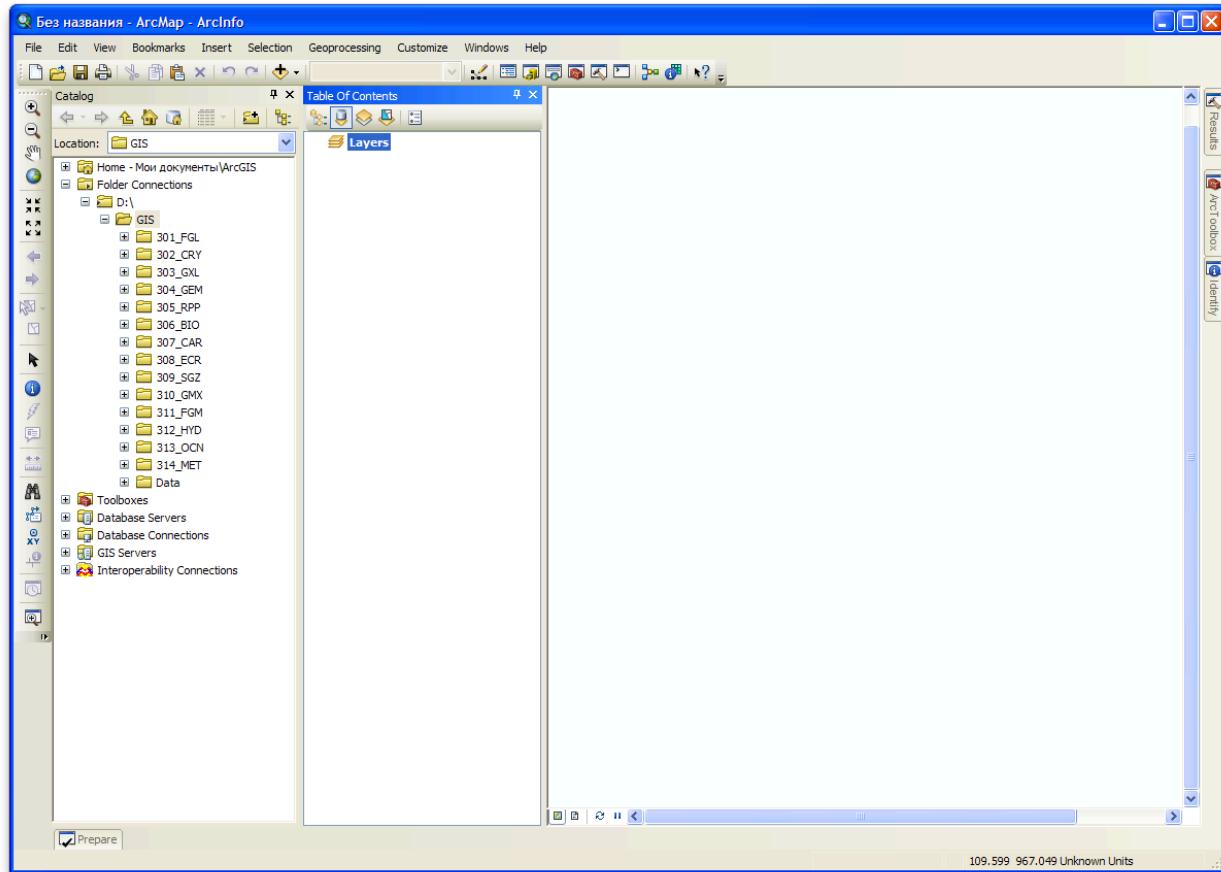


Figure 3.1: Приложение ArcMap

## 2. Откройте приложение **ArcMap**

**ArcMap** — это основное приложение ArcGIS, предназначенное для редактирования и анализа данных, создания новых объектов и оформления карт.

### 3. Откройте окно **Catalog**, нажав кнопку на панели инструментов.

**Catalog (Каталог)** — это файловый менеджер для управления пространственными данными. Его задачи в чем-то аналогичны Проводнику в Windows или Finder в Mac OS X: создание, копирование, удаление и т.д., но видит она только файлы тех форматов, которые можно использовать в ГИС.

### 4. Раскройте папку *D:/GIS* в дереве каталогов и найдите в ней директорию *Ex03* в вашем каталоге, содержащую исходные данные для выполнения первого задания. Если директории *D:/GIS* нет в списке, подключитесь к ней с

  
помощью кнопки .

### 5. Внутри директории *Ex03* раскройте содержимое объекта под названием *Satino.gdb* — это база пространственных данных, созданная в формате *File Geodatabase* (файловая база геоданных).

**База геоданных** — это структурированное хранилище, внутри которого можно создавать слои данных, группировать их и связывать различными отношениями. В базе геоданных *Satino.gdb* есть две группы:

 General (общегеографические данные) и  Thematic (тематические данные).

Внутри базы геоданных есть данные трех типов:

-  — слои векторных данных (классы пространственных объектов),
-  — слои растровых данных;
-  — обычные таблицы;

**Класс пространственных объектов (feature class)** — это набор пространственных объектов одного типа геометрии (точки, линии, полигоны или объемные тела). Для класса могут быть определены атрибуты, а его представлением является таблица, содержащая как обычные столбцы (текстовые, числовые и т.д.) так и специальное поле *Shape*, в котором хранится информация о геометрии. Каждая строкка в таблице — это описание одного объекта.

Представьте, что вы работаете с двумя слоями: один содержит точки наблюдений скорости течения реки Протвы, другой — представление самой реки на меженныи уровень в виде площадного объекта. Съемка точек производилась с помощью GPS-приемника, координаты измерены в виде геодезических широт и долгот на эллипсоиде *WGS-1984*. Береговая линия реки получена с топографического плана и сохранена в проекции *UTM*, координаты точек границы представлены семизначными числами в метрах.

Как совместить эти два слоя, чтобы составить карту фактического материала? Очевидно, надо преобразовать координаты одного слоя в систему координат другого слоя: либо в метры в проекции UTM, либо в градусы на эллипсоиде *WGS-1984*.

1. Дважды щелкните на слое *WaterPolygon* в группе *General* и перейдите на вкладку **XY Coordinate System**.
2. Найдите строку **Projection**.

В какой проекции хранятся координаты?

Как вы помните, проекции обладают разными искажениями. В частности, проекция *Меркатора* вытягивает все приполярные объекты вдоль меридианов, следовательно, величины плоских прямоугольных координат зависят о того, какая проекция используется.

3. Найдите строку **Linear Unit**.

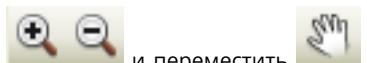
В каких единицах измерения записаны координаты в проекции слоя *WaterPolygon*? Это могут быть градусы, метры, футы (в США) и т.д.

4. Откройте свойства слоя *HydroMeasures*, лежащего к корне базы геоданных. Этот слой хранится в *Географической системе координат (ГСК)* — широтах и долготах, отнесенных к эллипсоиду *WGS-1984*. Т.е. у него **нет проекции**.
5. Закройте свойства слоя *HydroMeasures*.
6. Перенесите в таблицу содержания слой *WaterPolygon* из группы *General*.

Обратите внимание на то, что слой добавился под названием Гидрография (полигоны). У него был русскоязычный псевдоним (*alias*). Его можно задать в свойствах слоя в **Каталоге**.

**Объекты базы геоданных**, такие как слои, наборы данных, атрибутивные поля, обычно называют латинскими буквами, однако вы можете дать им русскоязычные псевдонимы, которые будут отображаться вместо названий в **ArcMap**.

7. Добавьте в таблицу содержания слой *HydroMeasures*. Обратите внимание на то, что слои совместились, несмотря на то, что у них различные системы координат!
8. Откройте панель инструментов **Tools** (инструменты), щелкнув правой кнопкой мыши вверху окна и выбрав ее из списка.



9. Попробуйте инструменты навигации с панели **Tools**: увеличить/уменьшить  и переместить .

Обратите внимание на то, как будет меняться масштаб вверху окна.

Для быстрого доступа к инструментам **увеличить**, **уменьшить** и **переместить** используйте клавиши Z, X и С соответственно.



10. Выберите инструмент **Identify** и щелкните мышью на любом объекте, либо растяните прямоугольник вокруг объектов.

Какую информацию позволяет узнать инструмент идентификации?

11. Откройте атрибутивную таблицу слоя *Гидрография (полигоны)*, щелкнув на нем правой кнопкой мыши и выбрав команду **Open Attribute Table**.

12. Найдите поля *Shape* и *ObjectID*.

**Звездочка** (\*) рядом с названием поля означает, что для него внутри базы геоданных построен **индекс** — невидимая вспомогательная таблица, позволяющая быстро находить объекты по их атрибутам или местоположению. Соответственно, различают атрибутивный и пространственный индекс.

В поле *ObjectID* хранится уникальный идентификатор каждого объекта. Он нужен системе для того, чтобы каждый объект можно было гарантированно найти по некому однозначному критерию.

В поле *Shape* (вспомните, что слой полигональный) хранится список координат вершин полигона. Геометрия объектов редактируется специальными инструментами, поэтому содержимое поля *Shape* скрыто от пользователя.

13. Закройте атрибутивную таблицу.

### 3.3 Способы изображения

В начало упражнения □

**Карта** — язык географии, и квалифицированный географ должен уметь пользоваться современным диалектом этого языка. В основе языка карт, как вы помните, лежат символы и способы изображения.

1. Удалите из таблицы содержания слой *HydroMeasures* и добавьте слой *QDeposit* (четвертичные отложения). Перетащите его вниз списка и дважды щелкните на нем.
2. Перейдите на вкладку **Symbology**. Здесь вы встретите многие знакомые вам способы изображения.

Просмотрите список в левой части диалога и попробуйте назвать способы изображения, основываясь на вспомогательных иллюстрациях. Обсудите их с преподавателем.

Четвертичные отложения показываются качественным фоном. В ArcGIS этот способ изображения называется **Categories** (категории).

3. Выберите пункт **Categories** в списке слева, и в нем же выберите режим *Unique values* (уникальные значения).

Вверху вы должны увидеть два списка: поле, из которого необходимо взять уникальные значения, и цветовая шкала.

4. Выберите поле *Отложения* в списке **Value Field**, и нажмите внизу диалога кнопку **Add All Values**. Программа просканирует всем строкам таблицы, найдет уникальные значения, которые там есть, и подставит их в список. В крайнем правом поле отображается количество объектов каждого уникального значения:

Обратите внимание на то, что типам объектов были автоматически присвоены символы из той цветовой шкалы, которая выбрана справа вверху.

5. Снимите галочку **All other values**, расположенную вверху списка.

6. Разверните список цветовых шкал **Color Ramp** и выберите любую другую на свой вкус. Цвета объектов в легенде автоматически поменяются.

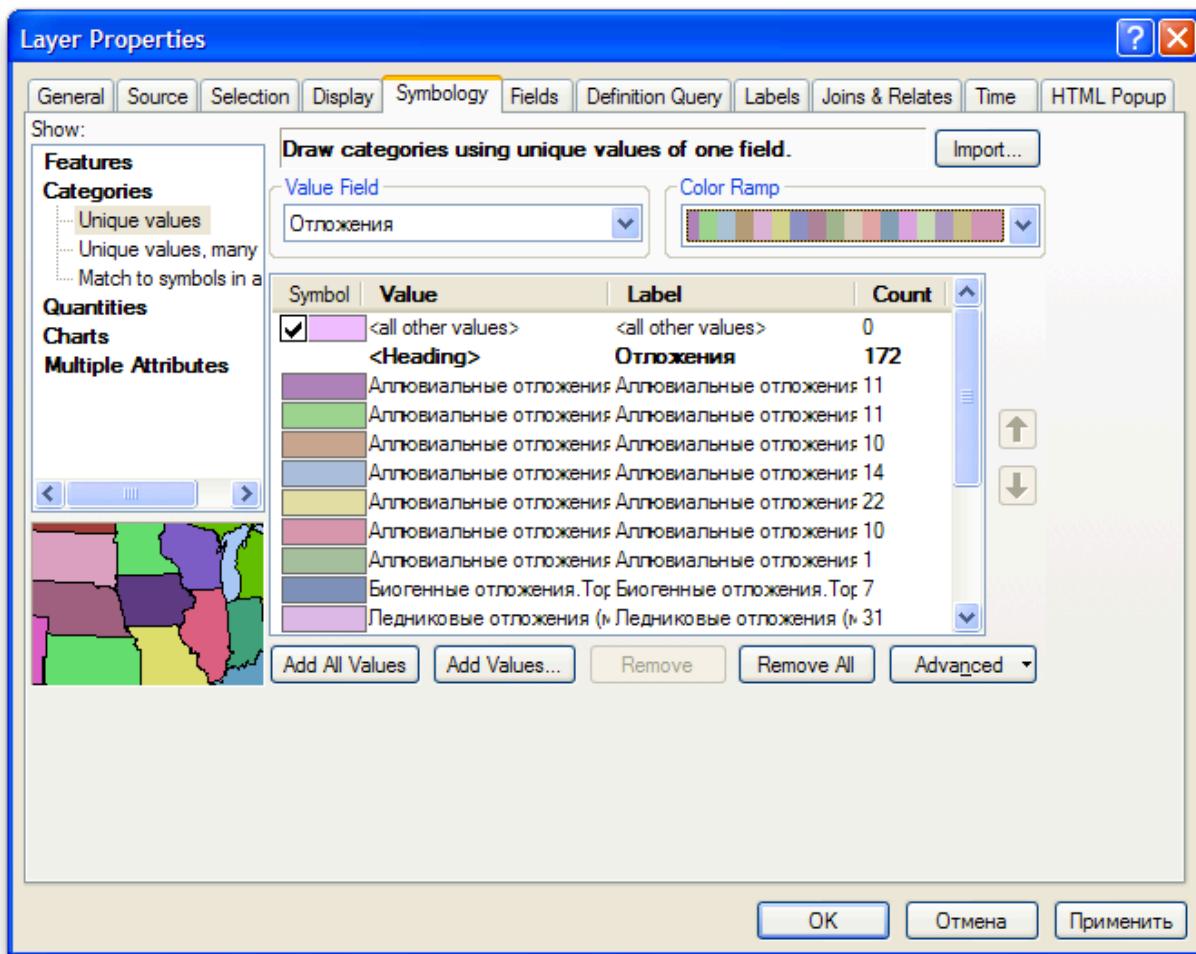


Figure 3.2: Диалог настройки способа изображения

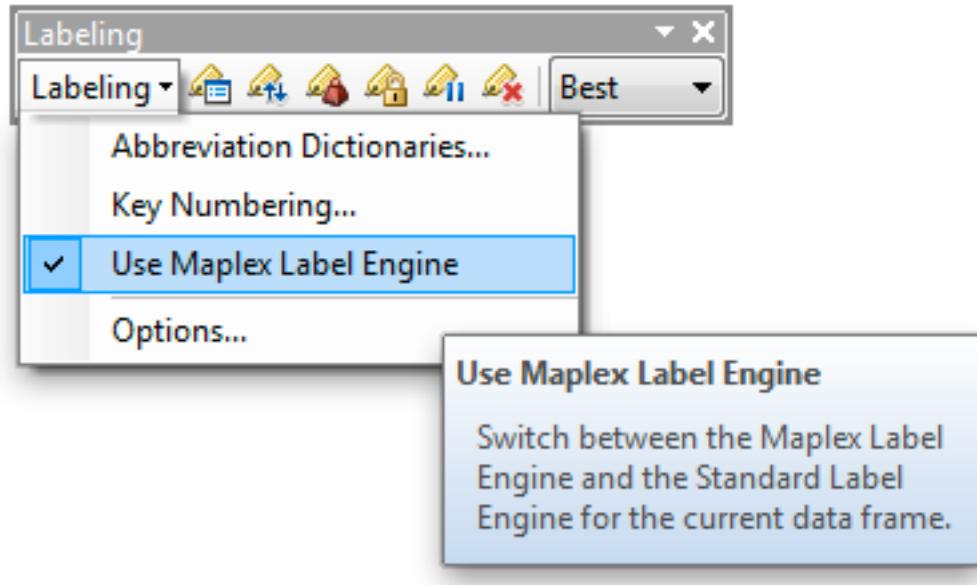


Figure 3.3: Включение механизма расстановки подписей Maplex

Вы помните, однако, что есть официальные и неофициальные договоренности относительно цветов, используемых на геологических, геоморфологических, почвенных, геоботанических картах. Вы можете задать каждому типу индивидуально тот цвет, который требуется. Более того, вы можете сохранить набор цветов как шкалу.

7. Щелкните дважды на любом символе в легенде. Перед вами появится диалог настройки символа, в котором вы можете поэкспериментировать.
8. Закройте диалог настройки символа и нажмите **OK** в диалоге свойств слоя.

Теперь слой *Четвертичные отложения* показан методом качественного фона с использованием тех цветов, которые были назначены каждому типу.

## 3.4 Подписи

В начало упражнения ▾

В предыдущем разделе вы изучили возможные способы изображения и показали типы рельефа методом качественного фона. Однако карты без подписей встречаются крайне редко. Если в слое есть поле с теми значениями, которые надо вынести в качестве подписей, это делается автоматически.

1. Убедитесь, что включен механизм расстановки подписей **Maplex**. Для этого откройте панель инструментов **Labeling** и поставьте соответствующую галочку:
2. Откройте снова свойства слоя Четвертичные отложения и перейдите на вкладку **Labels**.
3. Отметьте галочкой опцию **Label features in this layer**. Эта опция включает подписи для слоя.
4. В поле **Label Field** выберите значение **Индекс Подписи** будут браться из этого поля. Рядом расположены элементы настройки шрифта, с которыми вы можете поэкспериментировать:
5. Нажмите кнопку **Placement Properties**. Появившийся диалог позволяет вам настроить, как именно будут размещены подписи относительно самих объектов. Это очень мощный инструмент, который управляет множеством нюансов расстановки подписей.

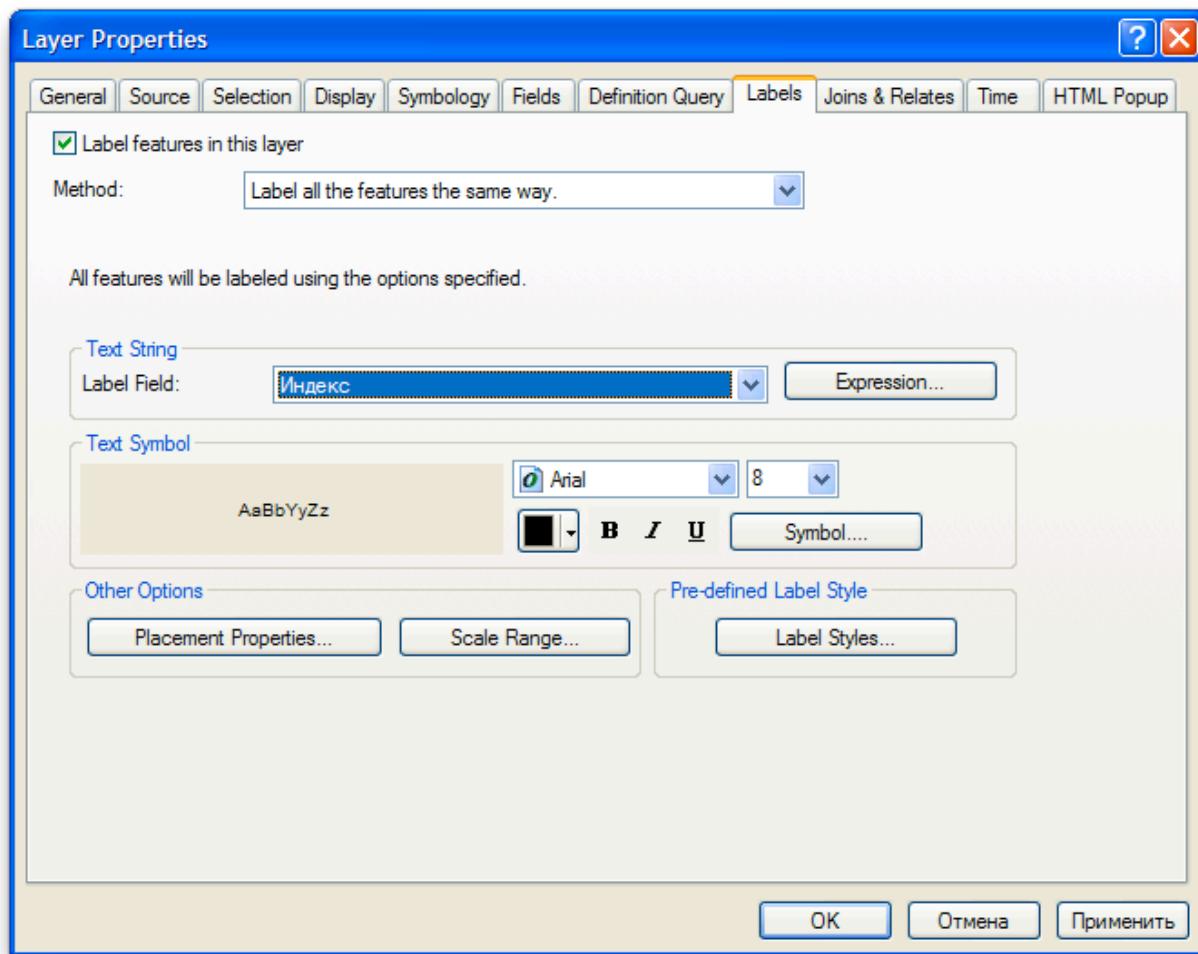


Figure 3.4: Диалог настройки подписей для объектов

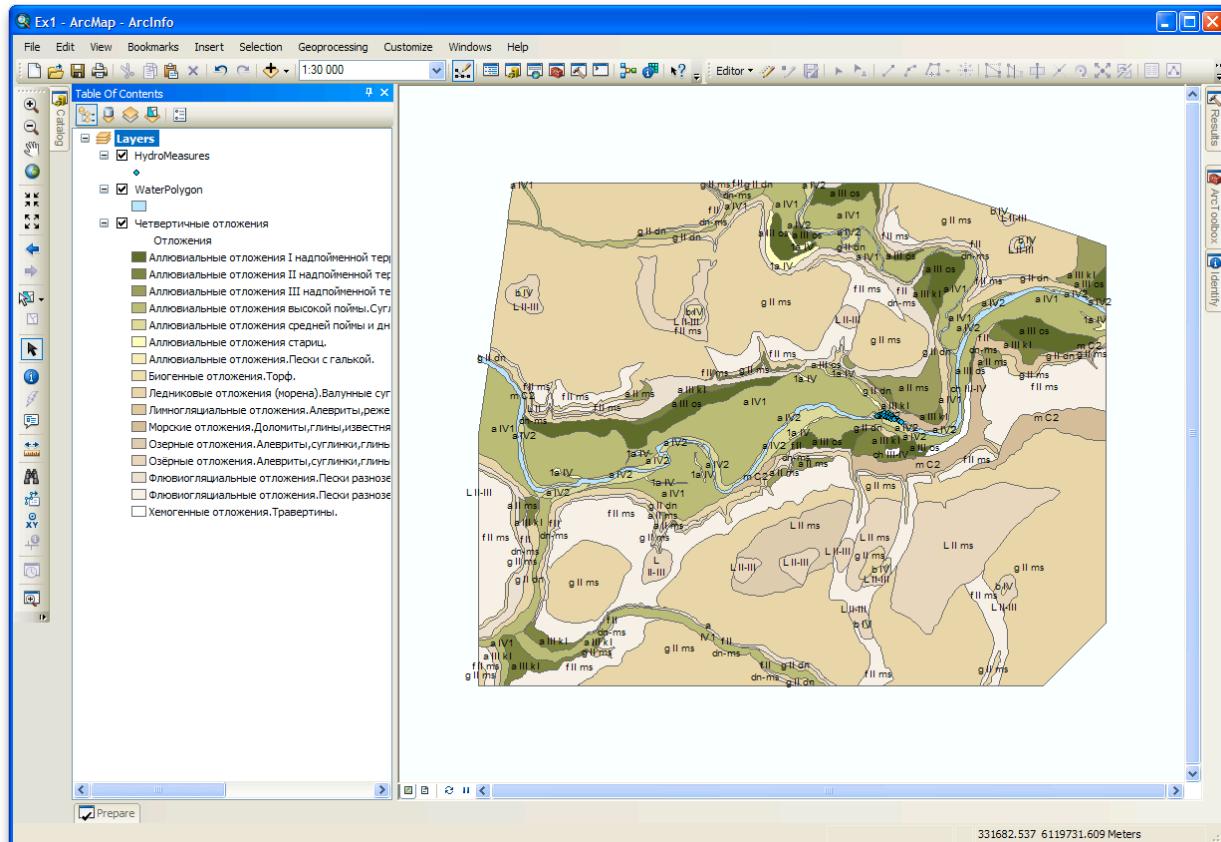


Figure 3.5: Карта четвертичных отложений с индексами в произвольной цветовой шкале

6. В диалоге **Placement Properties** нажмите кнопку **Position** и изучите возможные варианты. Попробуйте применить разные варианты. В конце верните способ по умолчанию — горизонтально внутри.
7. Закройте все диалоговые окна, последовательно нажимая кнопку **OK** в каждом из них.



8. Нажмите кнопку на панели **Tools**, чтобы вся карта уместилась в окне просмотра. Окно приложения примет вид, примерно соответствующий тому, что показано на рисунке ниже:

Обратите внимание, что на вашей карте все объекты подписаны одинаково. Если требуется, чтобы подписи объектов были разными в зависимости от типа объекта, на вкладке **Labels** свойств слоя необходимо сменить режим *Label all the features the same way* на режим *Define classes...* и произвести настройку.

**Снимок экрана №1.** Окно карты с подписями объектов

### 3.5 Компоновка карты

В начало упражнения

Если карту необходимо подготовить к печати, снабдить заголовком, масштабом, легендой и градусной сеткой, используется режим компоновки.

1. Выберите пункт меню **View > Layout View**. Приложение перейдет в режим компоновки.



Figure 3.6: Панель инструментов Layout

2. Откройте панель инструментов **Layout**. С ее помощью вы можете осуществлять навигацию в режиме компоновки:

3. Откройте меню **Insert** и изучите его содержание.

Обсудите с преподавателем, какие элементы компоновки можно создать.

4. Вставьте название карты (**Insert > Title**). В появившемся диалоге введите текст «Карта четвертичных отложений». Сдвиньте название в угол листа.

5. Вставьте легенду (**Insert > Legend**). Добавьте туда только слой четвертичных отложений. Разберитесь самостоятельно с мастером создания легенды.

Настройка легенды разнесена на несколько диалоговых окон. Изучите назначение каждого из них. Обсудите их с преподавателем.

Сетка прямоугольных координат строго привязана к местоположению самой карты, поэтому она является ее свойством. Для того, чтобы вставить ее, выполните следующие шаги:

6. Дважды щелкните на заголовке фрейма данных **Layers** и перейдите на вкладку **Grid**.

7. Нажмите кнопку **New Grid**.

Перед вами окажется диалог с тремя типами возможных сеток. Чем они отличаются? Обсудите их с преподавателем.

8. Выберите режим *Measured Grid*, который создает сетку в плоских прямоугольных координатах. Изучите содержание каждого последующего диалога, параметры оставьте по умолчанию

9. Нажмите **OK** в свойствах фрейма данных. Теперь поверх вашей карты должна отображаться сетка прямоугольных координат.

10. Разместите на карте линейный масштаб в метрах.

#### **Снимок экрана №2.** Компоновка карты с легендой и масштабом

Сохраните карту через команду меню **File > Save as** в свою директорию под названием *Ex03.mxd*.

## 3.6 Редактирование атрибутов

В начало упражнения □

Атрибуты играют важную роль в геоинформационных системах. На их основе происходит визуализация данных, также они участвуют в большинстве операций пространственного анализа. Необходимо овладеть техникой их создания, редактирования и использования.

Редактирование атрибутов может понадобиться при заполнении полей для новых объектов, исправлении ошибок и заполнении пустых значений.

1. Переключитесь обратно в режим **View > Data View**.

2. Добавьте на карту слой  **WaterLine** (линейные объекты гидрографии).

3. Исправьте его символ на голубую линию толщиной 1.5 пикселя, чтобы он лучше читался на карте.



Figure 3.7: Панель редактирования Editor

4. Включите подписи по полю *RiverName* на вкладке **Labels**, задайте им синий цвет, криволинейное размещение и нажмите **OK** в диалоге свойств слоя.

Появились ли подписи ручьев?

По всей видимости, с полем *RiverName* что-то не в порядке. Давайте проинспектируем атрибутивную таблицу.

5. Зажмите клавишу **Ctrl** и дважды кликните на названии слоя *Гидрография (линии)*. Откроется его атрибутивная таблица.

Таблицу также можно открыть через контекстное меню слоя, выбрав пункт **Open Attribute Table**.

Свойства слоя также доступны из пункта **Properties** в контекстном меню. Однако вариант с двойным нажатием более быстрый и, скорее всего, более удобный.

Похоже, что создатель слоя забыл внести в него названия водотоков. Следует исправить этот недочет.

6. Пристыкуйте таблицу в нижнюю часть окна, чтобы она не загораживала карту.
7. Выделите в таблице содержания слой *Гидрография (линии)* и в его контекстном меню выберите пункт **Edit Features > Start Editing**. Включится режим редактирования, который позволяет вручную править атрибуты и геометрию объектов. Должна появиться панель редактора:
8. Чтобы не выделять лишних объектов, в контекстном меню слоя *Гидрография (линии)* выберите пункт **Selection > Make this the only selectable layer**
9. Возьмите с панели редактора инструмент выбора (отмечен на рисунке) и выделите с его помощью ручей Язвицы (на севере полигона). Он автоматически подсветится в таблице. Введите название в ячейку поля *RiverName*:
10. Найдите на карте Чолоховский ручей (на юге полигона), выделите его и в контекстном меню выберите пункт **Attributes**. Перед вами откроется окно редактора атрибутов — это еще один способ редактирования таблицы, ориентированный на индивидуальную работу с каждым объектом:
11. Найдите поле *RiverName* и введите название ручья.
12. Завершите редактирование, выбрав на панели редактора пункт меню **Editor > Stop Editing**. В появившемся диалоге нажмите Да.

Появились ли теперь подписи ручьев Язвицы и Чолоховский?

**Снимок экрана №3.** Okno карты с подписями ручьев

Сохраните документ карты еще раз. Сохраните ваш отчетный файл и положите его в сетевую папку преподавателя.

### 3.7 Создание и вычисление атрибутов (дополнительно)

В начало упражнения ▾

Поля можно не только заполнять вручную, их можно вычислять и копировать значения из других полей. Но для начала необходимо научиться их создавать.

Предположим, что бригада топографов произвела съемку границы леса в целях ее сравнения с данными 10-летней давности. Чтобы построить карту границы леса и совместить ее с другими данными, необходимо знать координаты

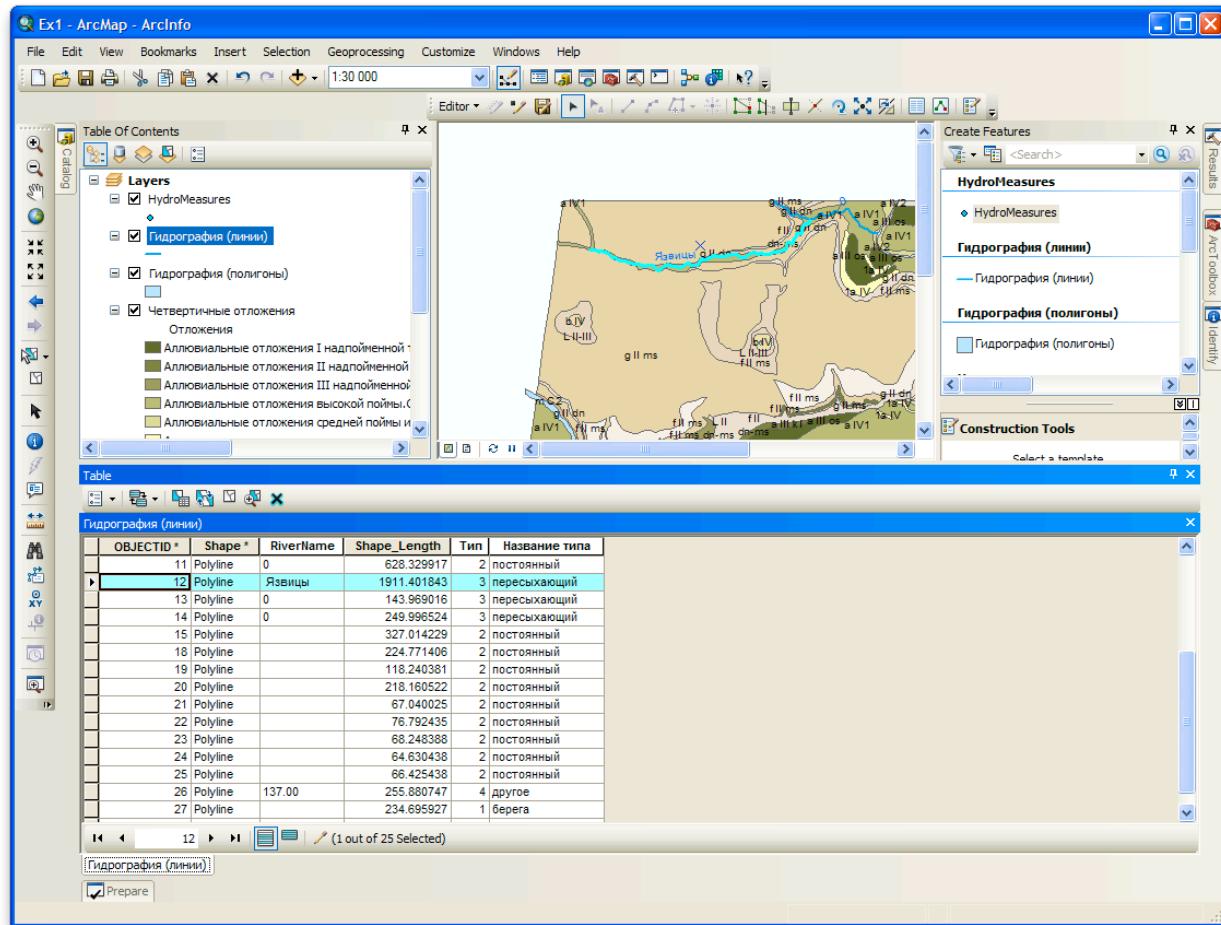


Figure 3.8: Редактирование таблицы атрибутов слоя

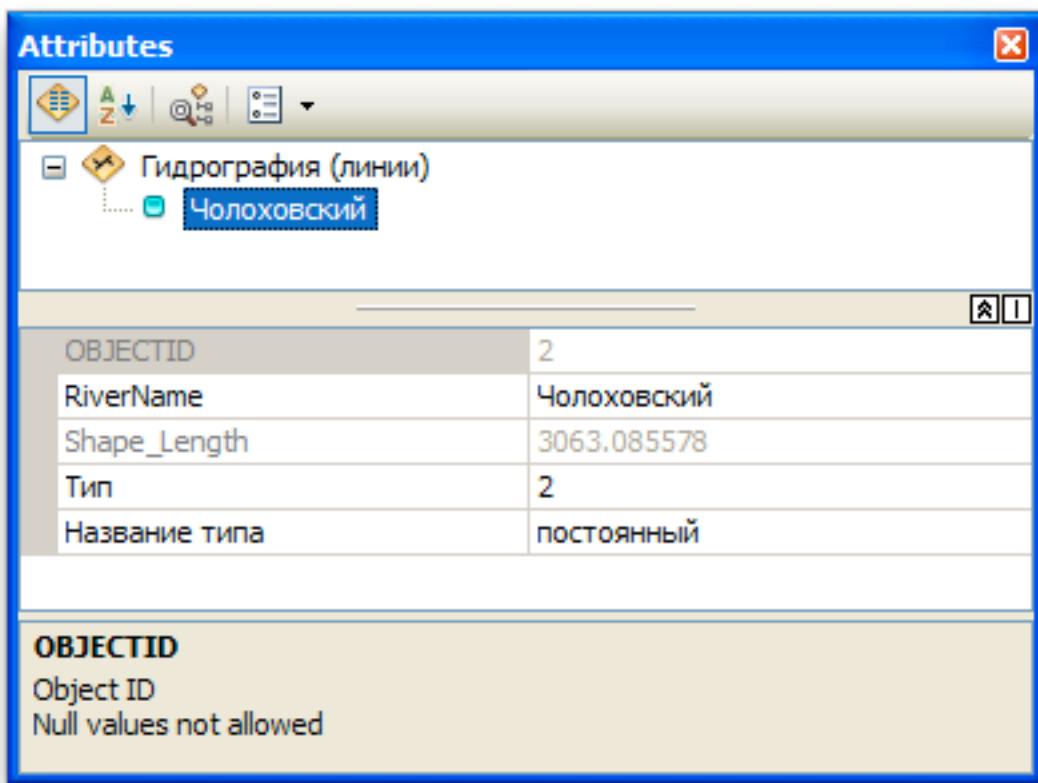


Figure 3.9: Редактор атрибутов

опорных геодезических пунктов, которые участвовали в планово-высотном обосновании. Эти пункты есть в базе геоданных *Satino.gdb*.

1. Добавьте на карту слой  *GeoPoints* (геодезические пункты).
2. Смените через свойства слоя значок на белый треугольник с точкой посередине (он есть в библиотеке).
3. Откройте атрибутивную таблицу слоя.

Есть ли координаты точек в таблице слоя Геодезические пункты? В каком поле они должны храниться?

Координаты объектов точечного слоя можно вывести в числовое поле. Для этого создадим два поля *X* и *Y*.

4. Выберите в окне таблицы пункт меню  **Table Options — Add Field....**
5. В диалоге введите *X* (латиницей) в название поля **Name**.
6. Теперь необходимо задать тип поля. Раскройте ниспадающий список **Type**.

Какой тип должно иметь поле для хранения координат геодезических пунктов и почему? Обсудите с преподавателем все варианты, которые есть в списке и случаи, когда их необходимо использовать.

7. Установите тип поля *Float*. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Нажмите **OK**.
8. Повторите операцию, создав поле *Y*.
9. Нажмите правой кнопкой на заголовке поля *X* и выберите в контекстном меню **Calculate Geometry....**

10. В появившемся диалоге из ниспадающего списка выберите величину *X Coordinate of Point* и единицы измерения *Meters*.

Обратите внимание, что инструмент **Calculate Geometry** позволяет вам вычислять координаты не только в проекции данных (*data source*), но и в проекции карты (*data frame*).

11. Нажмите **OK**.
12. Повторите вычисление координаты для поля **Y**

Какого порядка величины получились в полях **X** и **Y**? Вспомните, куда направлена ось *X* в проекции *UTM/Гаусса-Крюгера*. Нет ли здесь противоречия?

В ArcGIS используется стандартная система плоских прямоугольных координат, в которой ось *X* направлена на восток, а ось *Y* — на север. То же самое касается и проекций Гаусса-Крюгера и UTM

## 3.8 Контрольные вопросы

В начало упражнения □



## Chapter 4

# Оформление общегеографической карты

### 4.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с моделями пространственных объектов и базой пространственных данных. Визуализация данных на карте. Оформление легенды и компоновки карты.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных объектов
Практическая подготовка	Не требуется
Исходные данные	Картографическая база данных на территорию Швейцарии
Результат	Общегеографическая карта Швейцарии в масштабе 1:1 750 000.
Ключевые слова	Модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных данных,

#### 4.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту слои базы пространственных данных и оформить их
- Настроить подписи объектов
- Создать компоновку карты и легенду
- Экспортировать результат в графический файл

#### 4.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с созданием тематических карт на основе баз пространственных данных. Вы познакомитесь с представлением площадных, линейных, точечных объектов в базе пространственных данных. Научитесь создавать карты на их основе, оформлять легенду, сетку координат и зарамочные элементы карты.

### 4.2 Начало работы

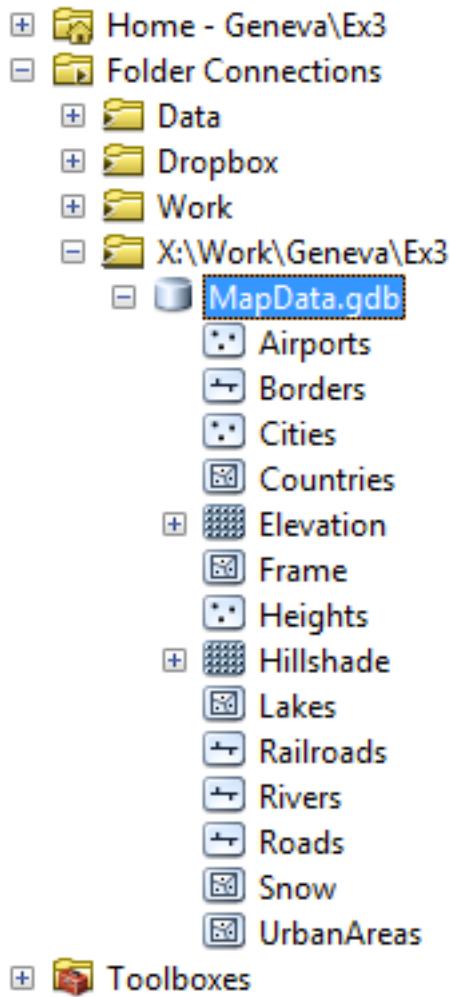
В начало упражнения □

- Запустите приложение **ArcMap** и откройте окно **Catalog**
- Подключитесь к рабочему каталогу *Ex04* в окне **Catalog**.

В каталоге *Ex04* находится база геоданных *MapData.gdb*, содержащая исходные данные для выполнения задания. Внутри базы геоданных могут быть объекты следующих типов:

- — слои векторных данных (классы пространственных объектов);
- — слои растровых данных;
- — обычные таблицы;

3. Раскройте базу данных *MapData.gdb* и изучите ее содержимое:



Векторные слои базы данных *MapData.gdb*:

Слой	Содержание
<i>Airports</i>	Аэропорты
<i>Borders</i>	Границы
<i>Cities</i>	Города
<i>Countries</i>	Страны
<i>Frame</i>	Рамка (фрейм)
<i>Heights</i>	Высотные отметки
<i>Lakes</i>	Озера
<i>Railroads</i>	Железные дороги
<i>Rivers</i>	Реки

Слой	Содержание
<i>Roads</i>	Дороги
<i>Snow</i>	Ледники и снежники
<i>UrbanAreas</i>	Урбанизированные территории

Растровые слои базы данных *MapData.gdb*:

Слой	Содержание
<i>Elevation</i>	Высоты рельефа
<i>Hillshade</i>	Отмывка рельефа

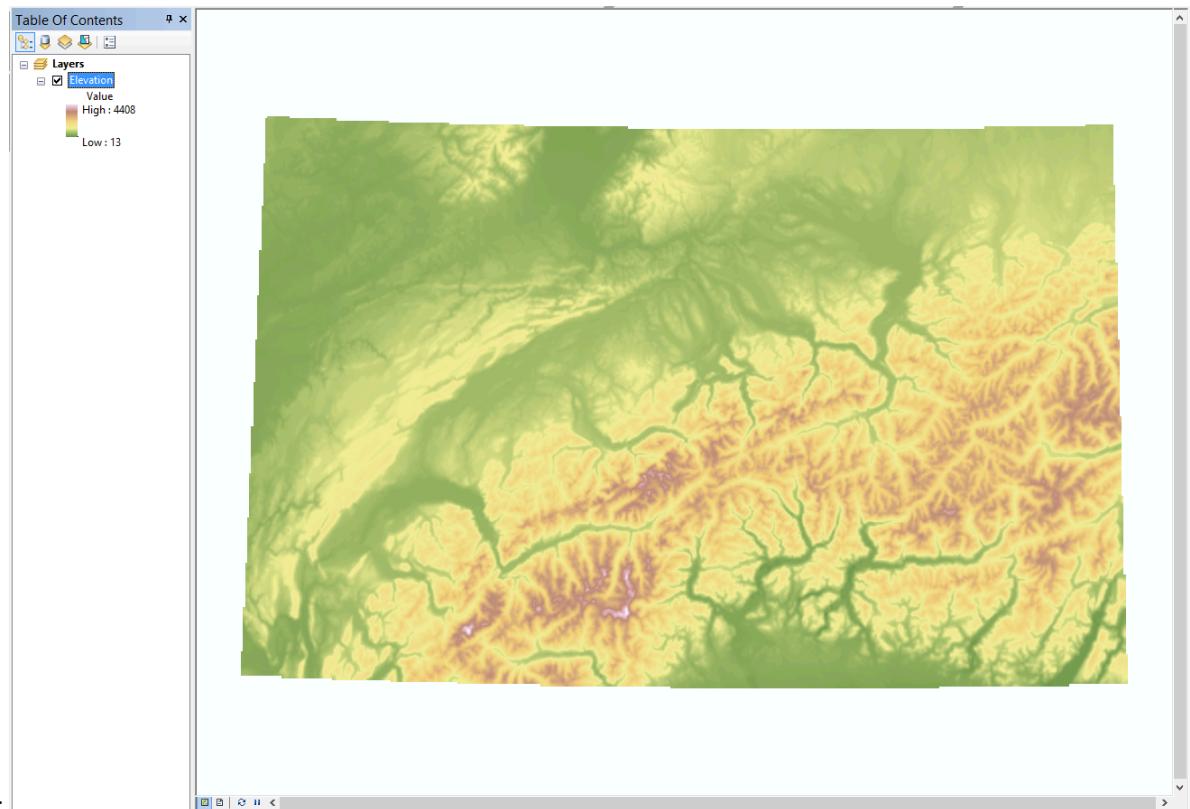
## 4.3 Оформление рельефа

В начало упражнения □

- Добавьте на карту слой *Elevation* из базы данных *MapData.gdb*.
- В настройках оформления растрового слоя установите способ градиентной окраски со следующими параметрами:

Параметр	Значение
<i>Шкала</i>	Surface
<i>Растяжка гистограммы</i>	Минимум-Максимум (Minimum-maximum)

- Установите передискретизацию слоя в режим кубической свертки (*Cubic Convolution*).



4. Наложите отмыку поверх гипсометрической окраски. Для этого добавьте на карту слой отмыки *Hillshade* и установите для него следующие параметры:

Параметр	Значение
Прозрачность	50%
Режим передискретизации	Кубическая свертка

Остальные параметры оставьте по умолчанию.

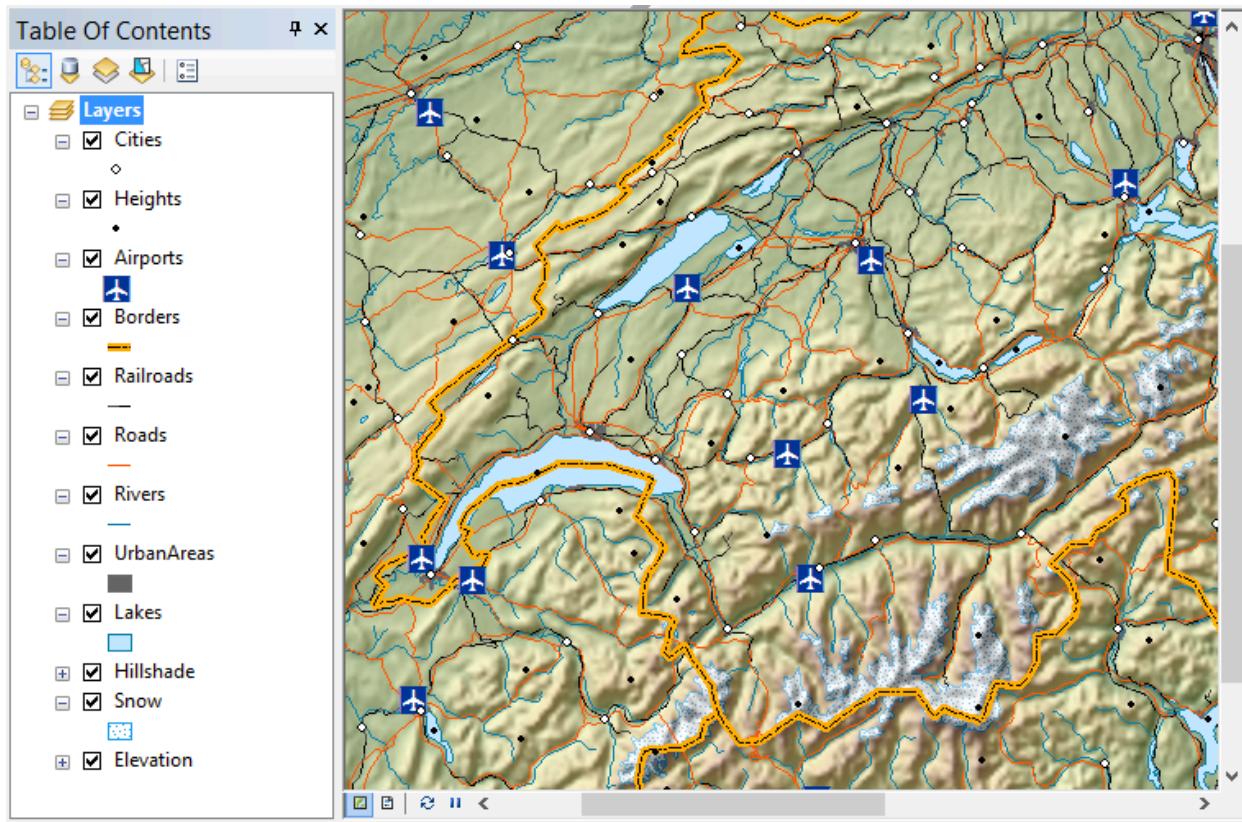


Сохраните документ карты в каталог Ex04 под названием Ex04\_Фамилия.

#### 4.4 Оформление векторных слоев

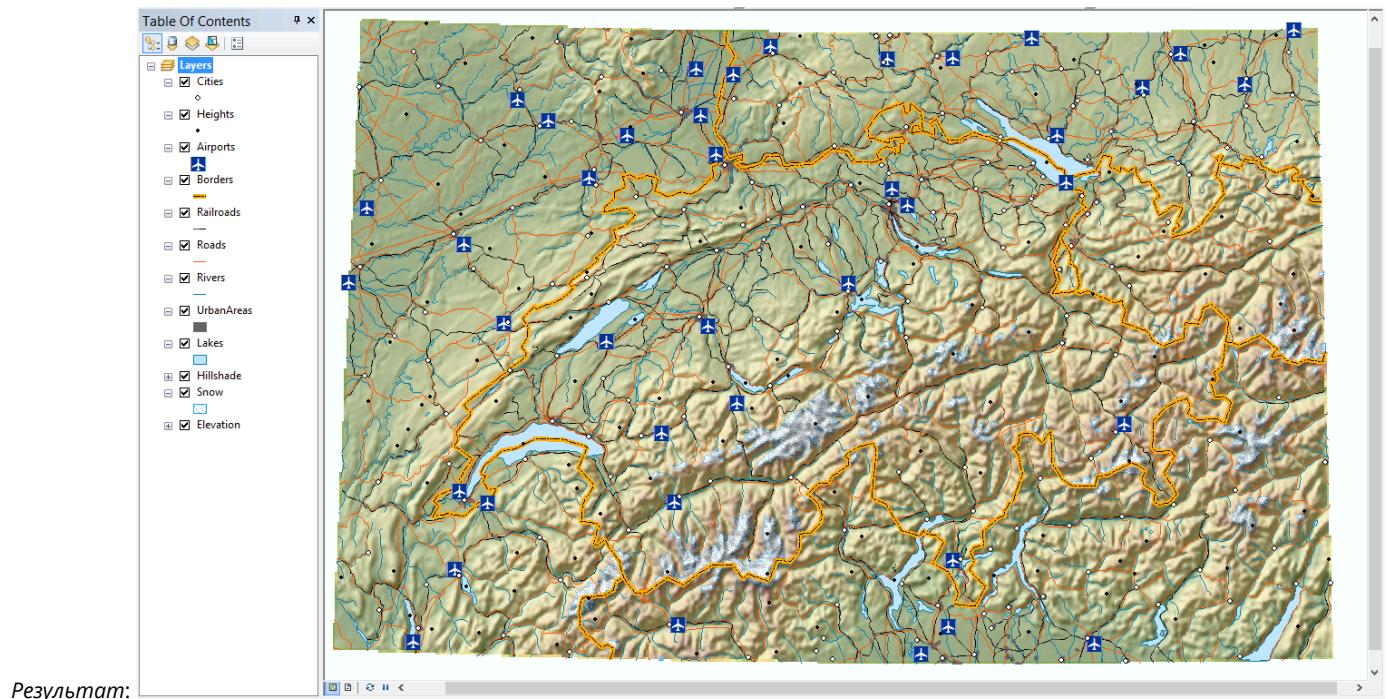
В начало упражнения ▾

Добавьте на карту и оформите векторные слои, содержащиеся в базе данных *MapData.gdb*, все кроме слоя *Countries*. Для каждого слоя выберите единый символ. В качестве образца оформления используйте рисунок ниже.



Учитите, что:

- Слой *Snow* располагается между отмывкой и цветовой окраской рельефа. Это позволяет показать заснеженные территории, но при этом сохранить светотеневую пластику.
- При выборе значка для аэропорта следует воспользоваться поиском по символам, набрав ключевое слово «*airport*»



## 4.5 Создание подписей

В начало упражнения ▾

1. Установите масштаб карты равным 1:1 750 000.
2. Включите **Maplex** для размещения подписей и переведите его в режим *Best*
3. Сделайте подписи для слоев *Cities*, *Heights*, *Rivers*, *Lakes* со следующими параметрами:

*Cities:*

Параметр	Значение
Шрифт	Calibri
Размер	10
Цвет	Черный
Начертание	Обычный
Размещение	По умолчанию
<i>Образец</i>	

*Heights:*

Параметр	Значение
Шрифт	Calibri
Размер	7
Цвет	Серый 80%
Начертание	Курсивный
Размещение	По умолчанию

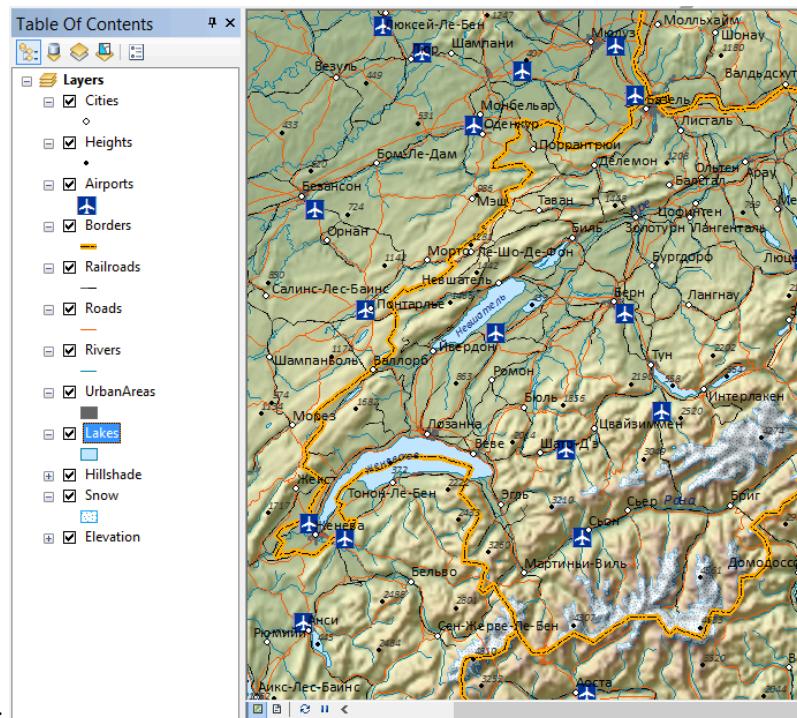
Параметр	Значение
Образец	

Rivers:

Параметр	Значение
Шрифт	Calibri
Размер	10
Цвет	Синий Dark Navy
Начертание	Курсивный
Размещение	Regular Placement > Offset Curved
Образец	

Lakes:

Параметр	Значение
Шрифт	Calibri
Размер	8
Цвет	Синий Dark Navy
Начертание	Курсивный
Размещение	Regular Placement > Curved
Образец	



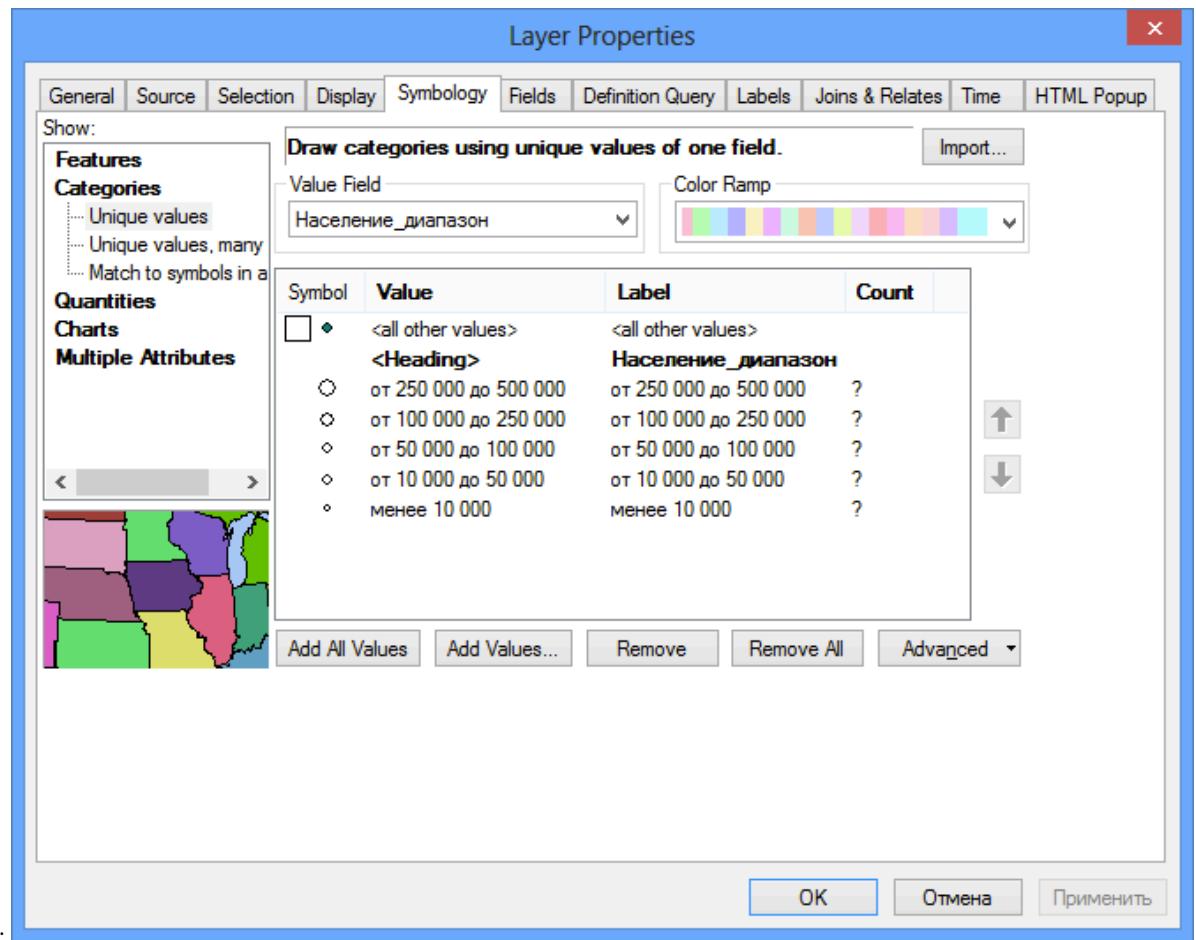
Результат должен выглядеть примерно следующим образом:

## 4.6 Классификация населенных пунктов

В начало упражнения ▾

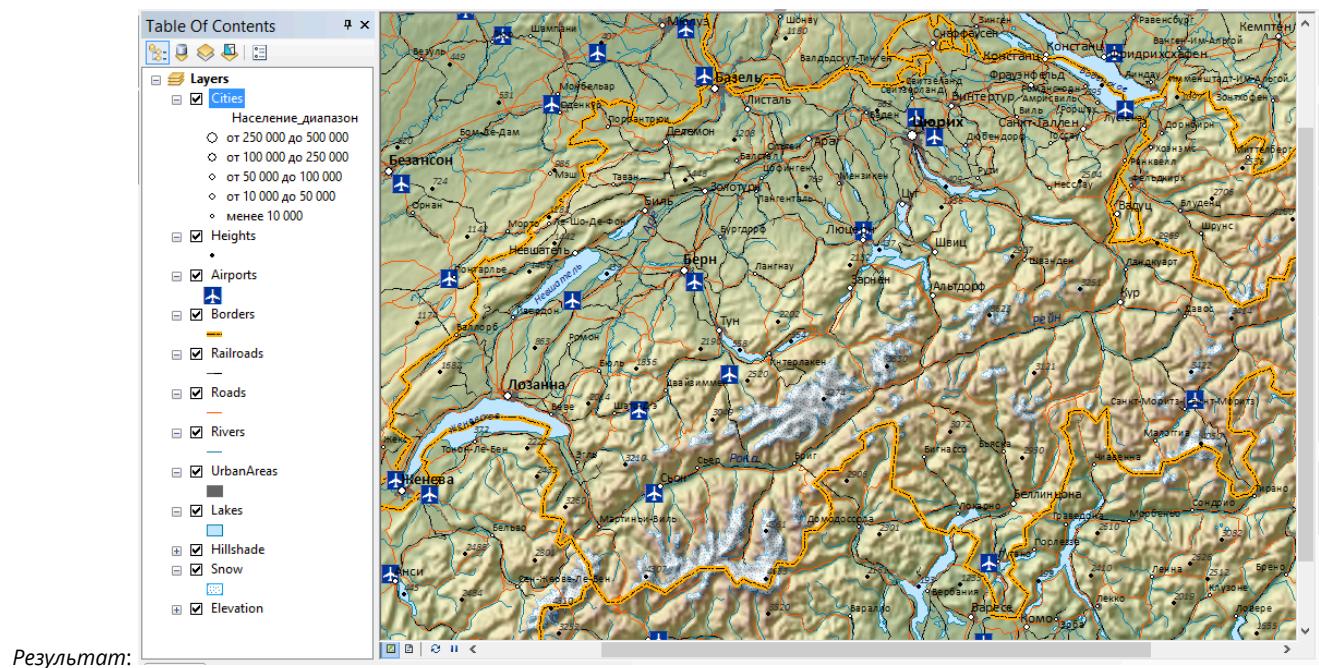
Недостатком полученной карты является то, что все населенные пункты показаны одинаково. Чтобы исправить этого, необходимо разделить их по категориям численности населения. Для этого:

1. В диалоге настройки символов слоя включите режим отображения **Categories (unique values)**, используя значения поля *Население\_диапазон*
2. Отсортируйте классы численности в нужном порядке, используя стрелочки.
3. Настройте размер кружка таким образом, чтобы его диаметр менялся от 3 до 7 пунктов



Результат:

4. Перейдите на вкладку **Labels** и переключите подписи в режим нескольких классов.
  
  
  
  
  
  
5. Импортируйте классы с помощью кнопки **Get Symbol Classes**.
  
  
  
  
  
  
6. Настройте подписи следующим образом:
  - Шрифт *Calibri* черного цвета
  - Размер шрифта должен увеличиваться от низшего класса (менее 10 000) до самого крупного (от 250 000 до 500 000) с 8 до 12 пунктов.
  - Подписи городов крупнее 100 000 человек должны быть жирным шрифтом.



## 4.7 Маска и подписи стран

В начало упражнения ▾

- Добавьте на карту слой *Countries* и расположите его между слоями *Hillshade* и *Snow*.
- Настройте отображение слоя способом **Categories (unique values)** по полю *Name*.
- Установите следующие параметры отображения:

Параметр	Значение
Цвет заливки	Швейцария — нет заливки, остальные страны — серый 5%
Цвет обводки	Нет
Прозрачность слоя	50%

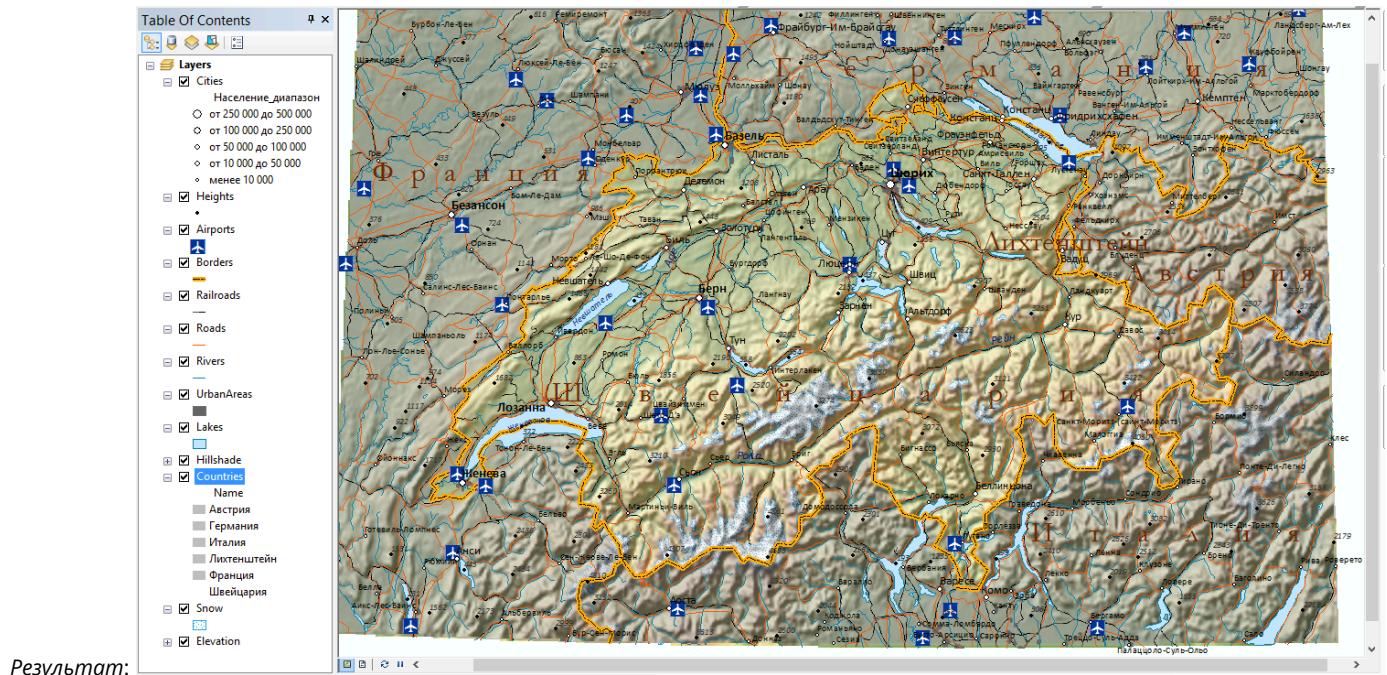
- Включите подписи стран по полю *Name*, используя следующие параметры:

Параметр	Значение
Шрифт	Garamond
Размер	24
Цвет	Коричневый/Бардовый
Начертание	Обычный

- Также установите следующие параметры размещения:

Параметр	Значение
Позиция	Type > Land Parcel Placement
Растяжка	Распределять символы (Spread Characters)
Плотность размещения	Подписывать только крупнейшую часть (Label largest feature part)

Параметр	Значение
Разрешение конфликтов	Никогда не удалять (Never Remove)
Образец	

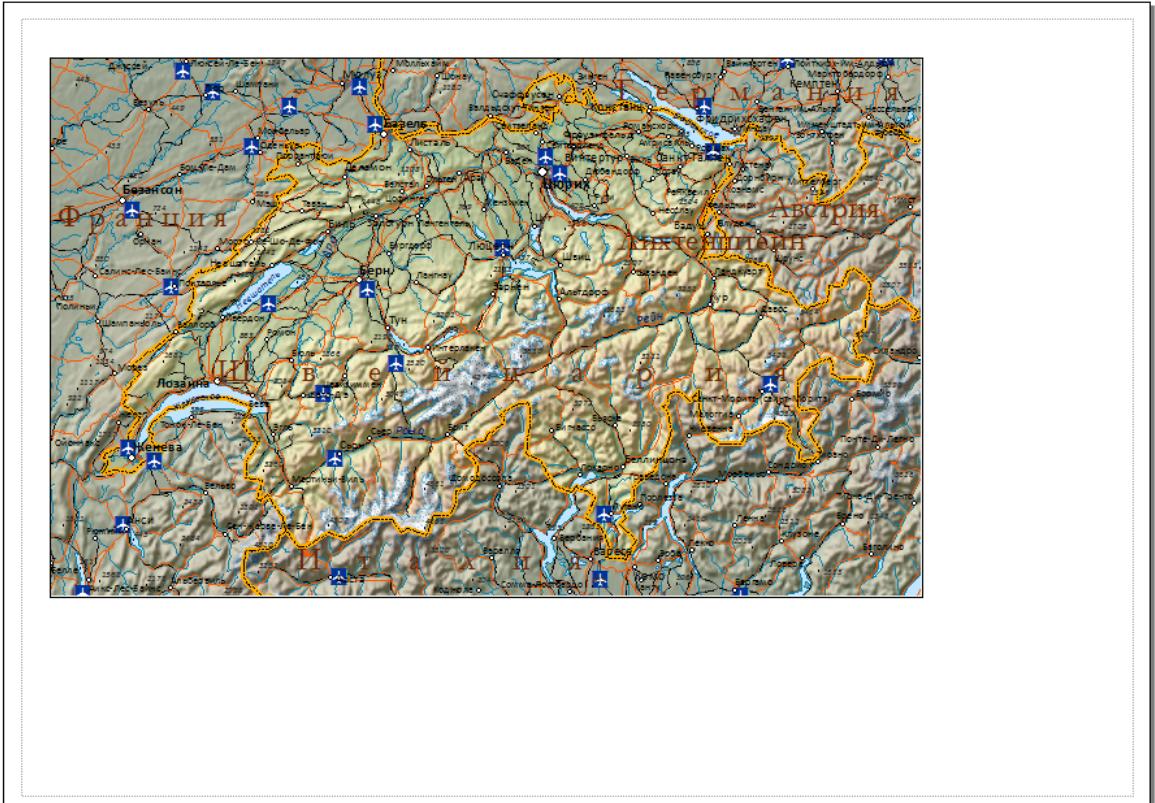


## 4.8 Настройка компоновки карты

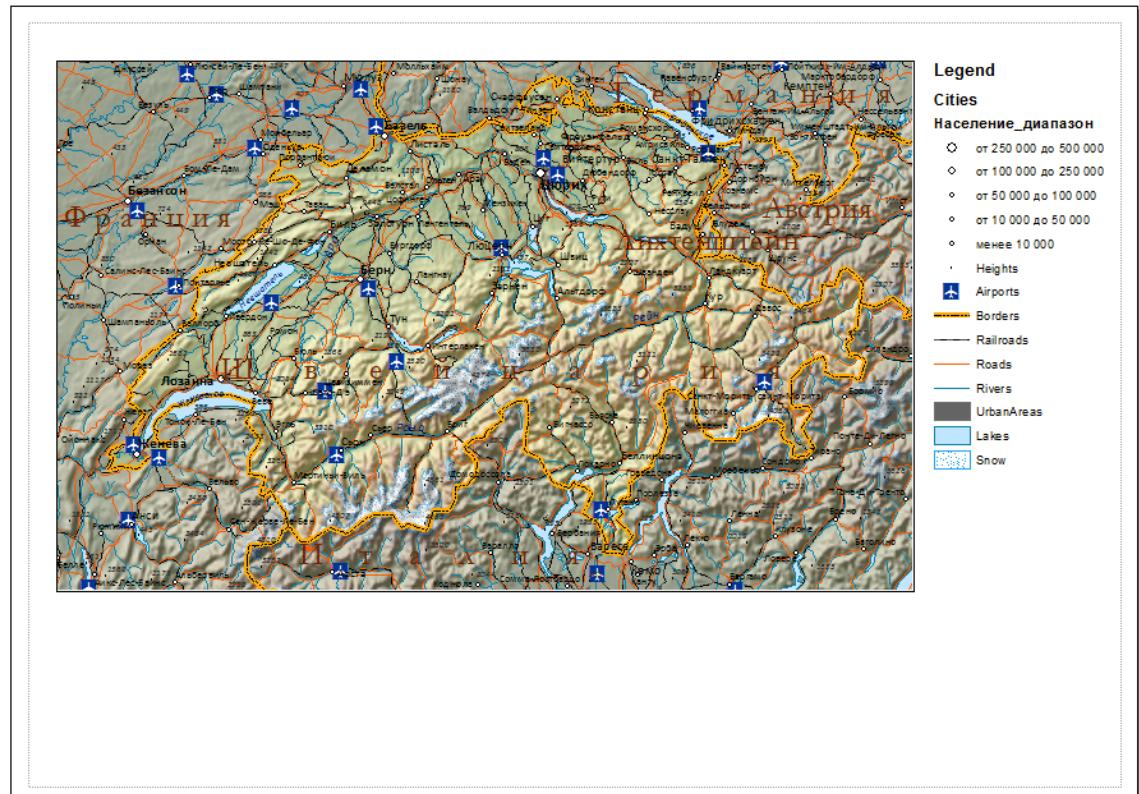
В начало упражнения □

- Переключитесь в вид компоновки
- Настройте макет листа следующим образом:
  - Размер А4
  - Альбомная ориентировка
- Подгоните размер фрейма данных таким образом, чтобы карта оказалась в верхней части листа
- Установите масштаб равным 1:1 750 000

Результат:

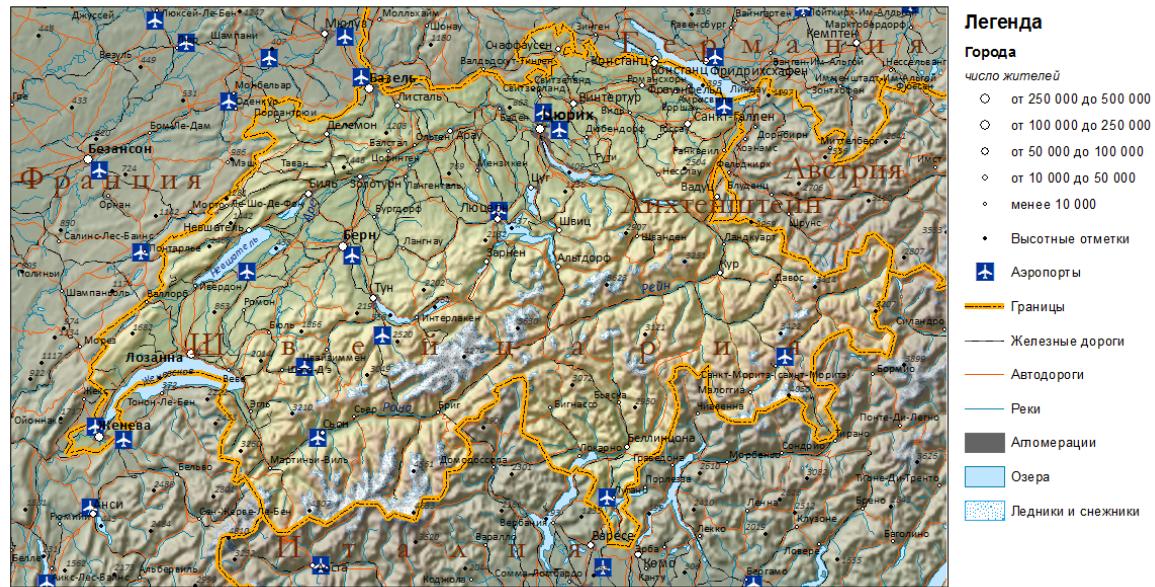


5. Используя настройки по умолчанию, вставьте легенду, включив в нее все слои, кроме *Elevation*, *Countries* и *Hill-shade*



*Результат:*

6. Измените название показателя для слоя *Cities* на «число жителей». Уменьшите размер шрифта до 9 и сделайте его курсивным.
7. Уменьшите размер шрифта для стиля названия слоя *Cities* до 10 пунктов.
8. Переименуйте все слои в таблице содержания на русский язык в соответствии с таблицей в начале упражнения. Обратите внимание на то, что в легенде они переименуются автоматически.
9. Переименуйте заголовок легенды на русский язык.
10. Увеличьте интервал между слоями в легенде до 10 пунктов.

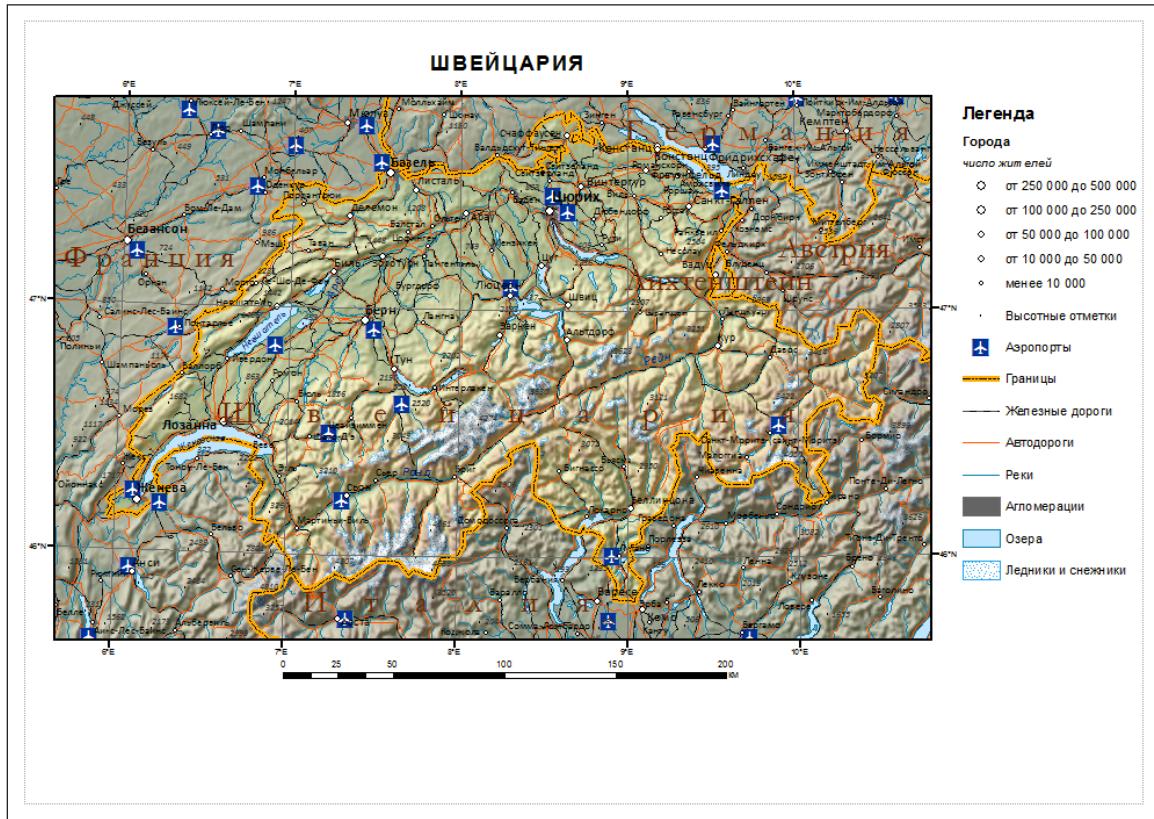


*Результат:*

11. Вставьте на карту координатную сетку типа **Graticule** с шагом 1° по широте и долготе. Отключите для градусной сетки показ минут и секунд.
12. Вставьте название карты над картой по центру, используя следующие параметры:

Параметр	Значение
Шрифт	Arial
Размер шрифта	16
Начертание	Полужирный
Разрядка	10 пунктов

13. Вставьте километровую масштабную линейку по нижеприведенному образцу, чтобы завершить оформление карты:



## 4.9 Экспорт в графический файл

В начало упражнения □

Экспортируйте карту из режима компоновки в формат PNG с разрешением 300 точек на дюйм.

## 4.10 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

## Chapter 5

# Привязка и цифрование гидрогеологической карты

### 5.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с привязкой, трансформированием и цифрованием геоизображений, элементами базовых технологий ГИС (оверлей, пространственные запросы).

Параметр	Значение
Поток	Гидрометпоток, Физпоток
Теоретическая подготовка	Системы координат и проекции на картах, привязка геоизображений, трансформирование геоизображений
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Работа с базовыми технологиями ГИС.
Исходные данные	Слои картографической основы (карт масштаба 1:2 500 000), растровая карта гидрогеологического районирования
Результат	Слой гидрогеологического районирования в базе данных. Слой рек, обогащенный данными о принадлежности к бассейнам.
Ключевые слова	Системы координат, проекции, трансформирование координат, пространственная привязка, цифрование,

#### 5.1.1 Контрольный лист

- Привязать растровую карту к опорным данным
- Создать в базе геоданных класс пространственных объектов для районов
- Наполнить класс районов путем цифрования растровой карты
- Заполнить названия районов
- Оуществить оверлей для обогащения слоя рек данными о принадлежности к бассейнам, выполнить пространственный и атрибутивный запрос
- Подготовить проект гидрогеологической карты с компоновкой

#### 5.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с привязкой растровых карт, созданием и наполнением баз пространственных данных путем цифрования, использовании оверлея, пространственных и атрибутивных запросов. Эти методы входят в число базовых технологий геоинформатики. С их помощью в дальнейшем вы сможете решать множество задач. Одним из источников питания рек являются артезианские воды. К артезианским водам относятся подземные воды, находящиеся в водоносных горизонтах, перекрытых и подстилаемых водоупорными (или относительно водоупорными) слоями горных пород, и обладающие гидростатическим напором. В задании предлагается перевести в векторный вид карту

гидрогеологического районирования среднего течения Дона и далее наполнить этой информацией участки рек, чтобы в дальнейшем определять источник питания каждой реки.

## 5.2 Оформление базовых слоев

В начало упражнения ▾

1. Скопируйте каталог *Ex05* в свою папку.
2. Откройте приложение **ArcMap**, создайте новый документ карты и сохраните его в свою папку *Ex05*.
3. Подключитесь в окне каталога к папке *Ex05*. Убедитесь, что в ней находится база геоданных *Don.gdb* и растровый файл *DonArtesian.png*.
4. Раскройте базу геоданных и перенесите на карту классы *Lakes* и *Rivers*
5. Присвойте слою *Lakes* символ с голубой заливкой и синей обводкой.
6. Настройте оформление слоя *Rivers* следующим образом:
  - Выберите способ изображения по категориям (уникальные значения).
  - В качестве поля для отображения используйте атрибут *Tip*. Нажмите **Add All Values**.
  - Покрасьте все реки в синий цвет. Для этого щелкните на заголовке первого столбца **Symbol** и вызовите команду **Properties for all symbols**. Выберите *точно такой же цвет*, что вы использовали для обводки озер.
  - Установите следующие параметры толщины линий:

Слой	Толщина линии
<i>Реки постоянные крупные</i>	2 пункта
<i>Реки постоянные средние</i>	1,5 пункта
<i>Остальные классы</i>	1 пункт

Диалог примет следующий вид:

7. Включите опцию подписи рек. Перейдите на вкладку **Labels** и отметьте флажок **Label features in this layer**. Выберите поле *Название* в качестве поля для подписей, смените их цвет на темно-синий и установите криволинейное размещение вдоль линии. Нажмите OK. В результате операции все реки будут подписаны.
8. Чтобы были подписаны только крупнейшие реки, необходимо использовать определяющий запрос на языке SQL. Для этого откройте снова свойства слоя и на вкладке **Labels** выберите метод «*Define classes of features and label each class separately*». Нажмите кнопку **SQL query...** и введите в поле следующий текст запроса:

```
"CLASS" = 2 OR "CLASS" = 3
```

Чтобы избежать ошибок ввода, вы можете дважды щелкнуть на поле *CLASS* в списке слева — оно подставится в запрос. Добавьте знак *=*. Далее нажмите кнопку **Get unique values** и найдите 2-й класс. Щелкните на нем дважды — после этого название поля подставится в текст запроса. После этого введите оператор *OR* и повторите ввод для 3-го класса. Диалог примет следующий вид:

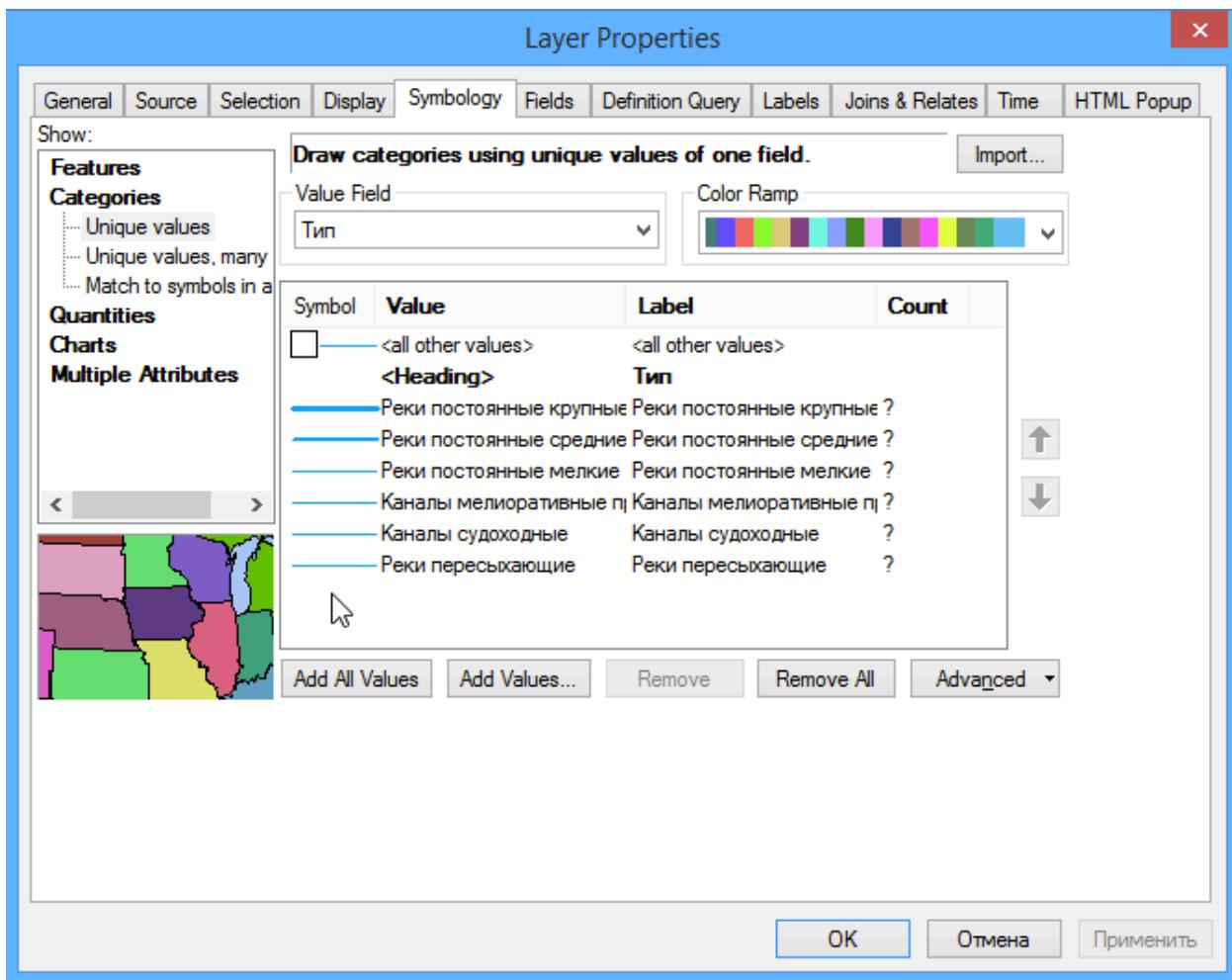
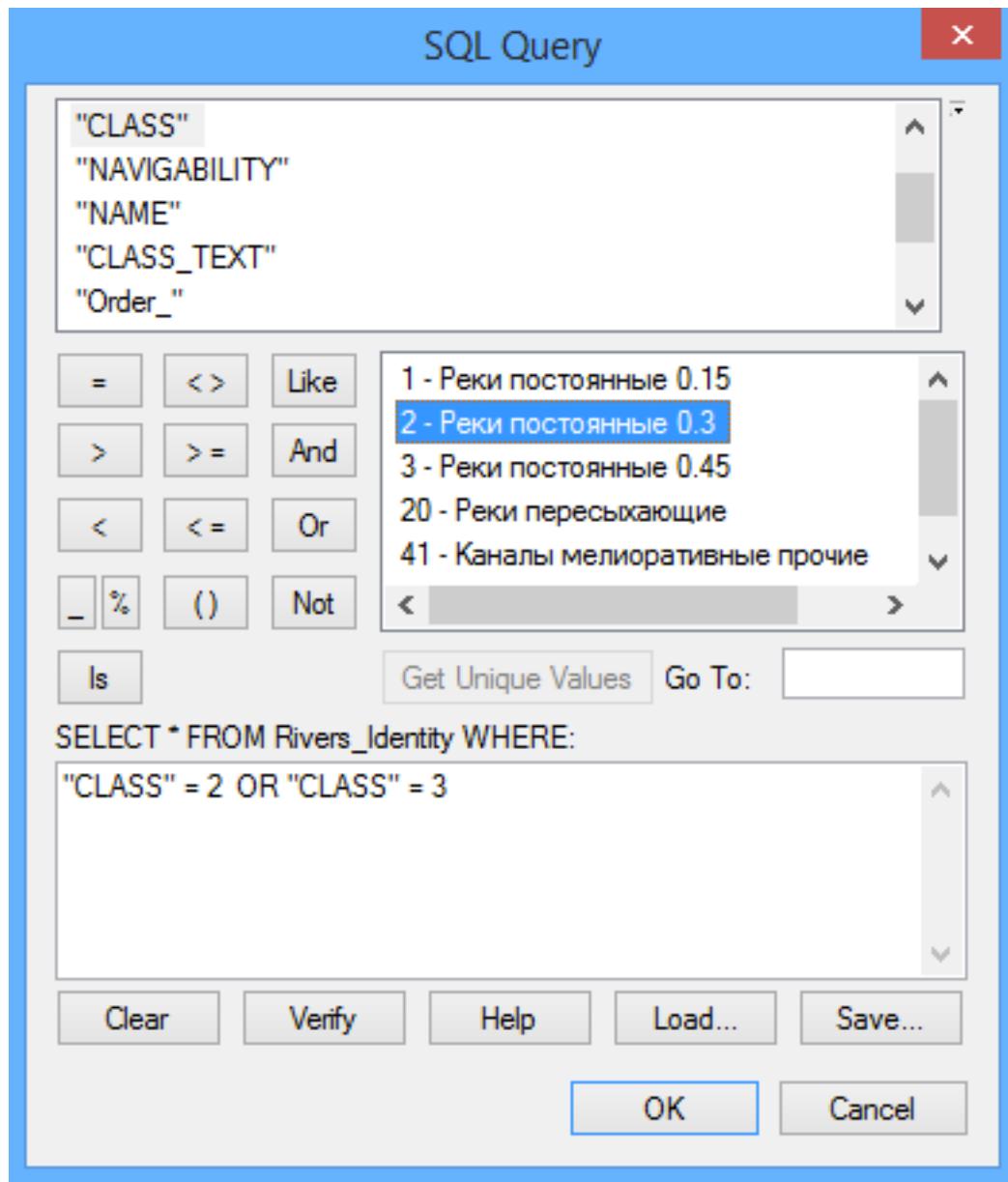
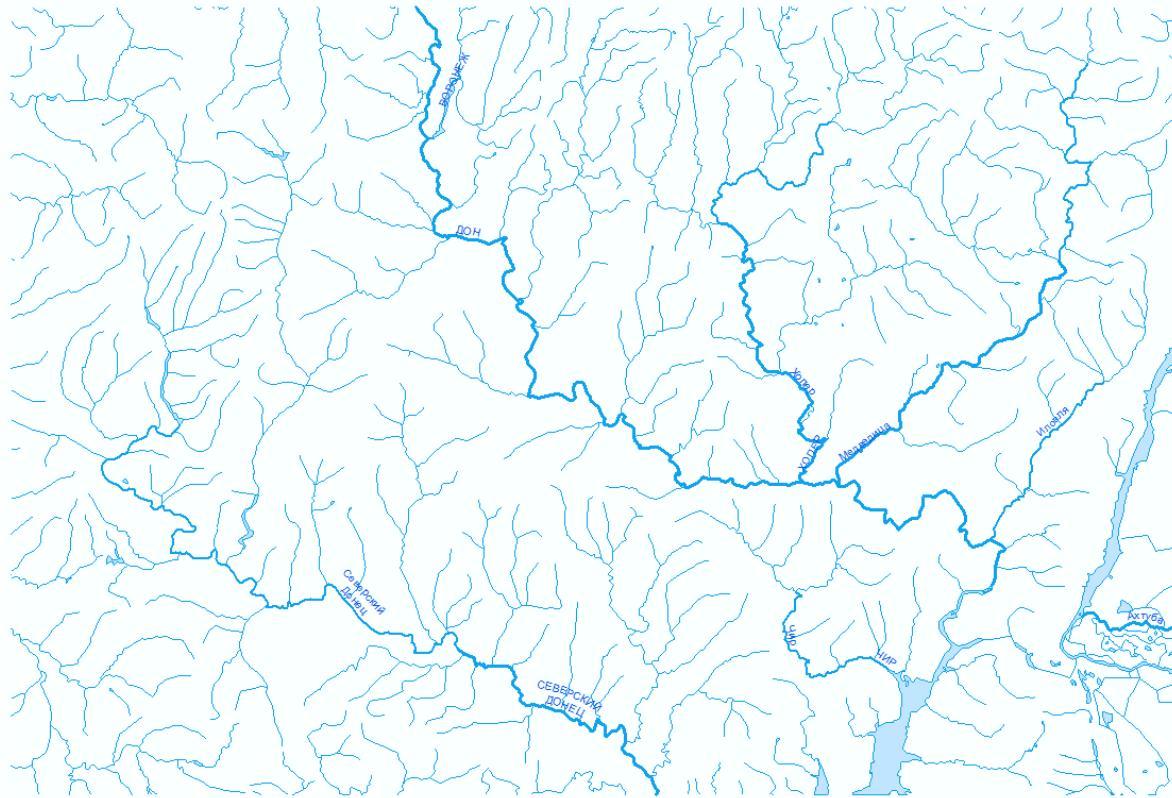


Figure 5.1: Рисунок 5



9. Нажмите OK в диалоге свойств слоя. Карта примет следующий вид:



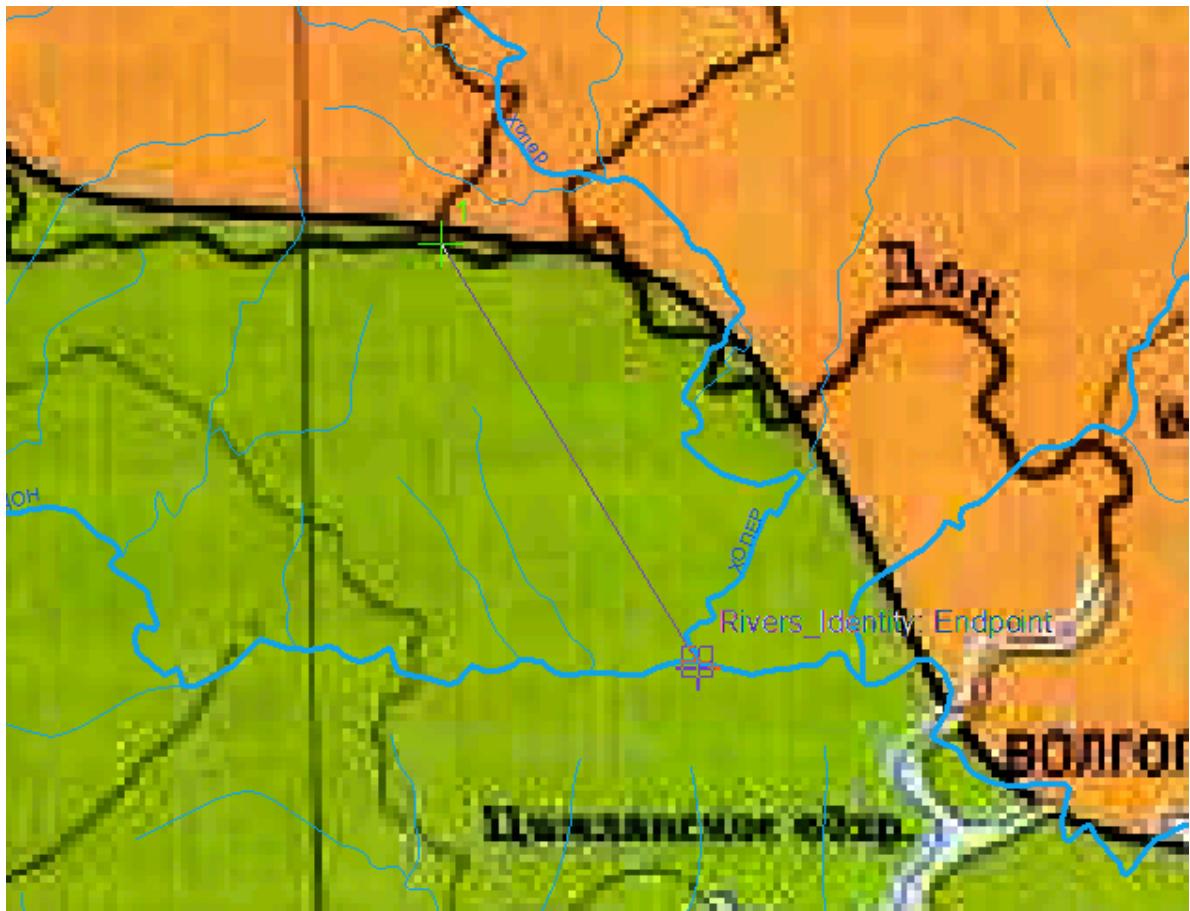
10. Сохраните документ карты в свою папку *Ex05* под именем *Don.mxd*.

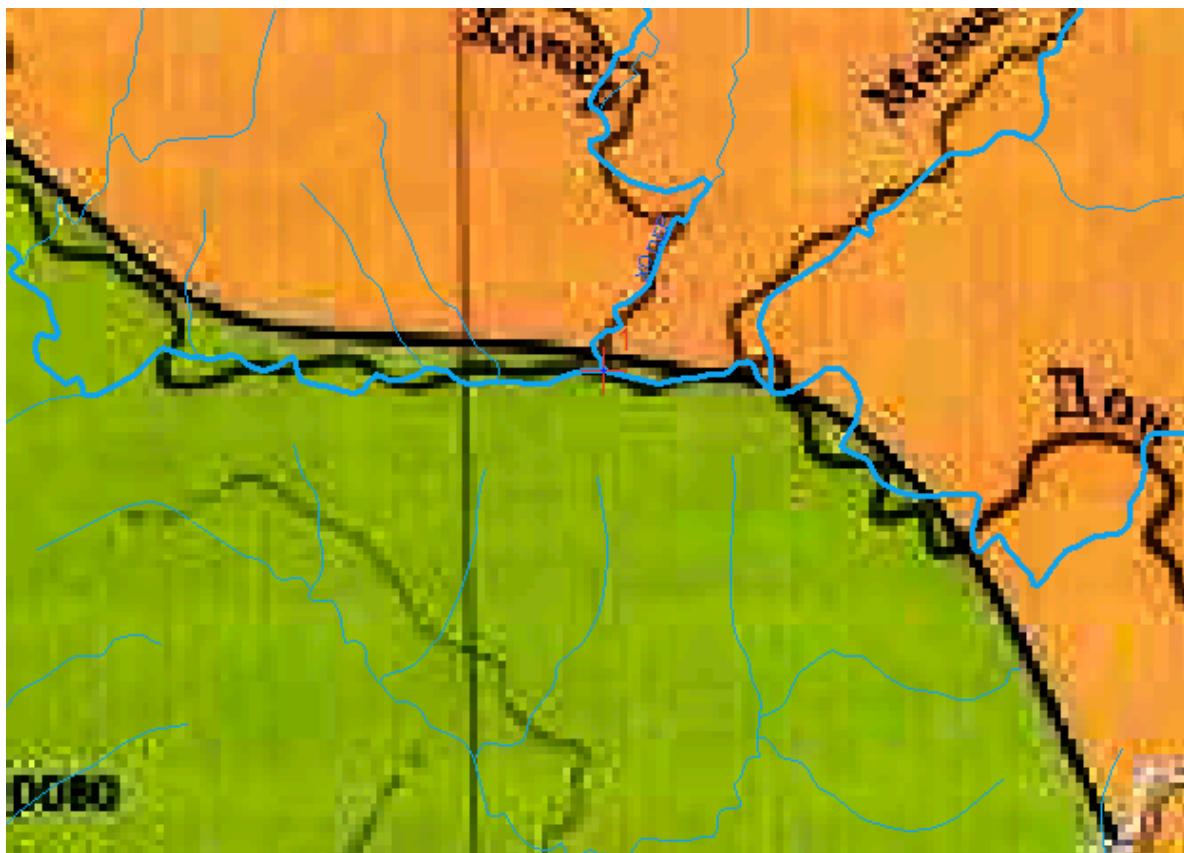
**Снимок экрана №1 — Реки**

### 5.3 Привязка карты

В начало упражнения ▾

1. Внимательно прочтите раздел **Привязка растровых данных (Georeferencing)** в разделе **Описание функций**.
2. Добавьте на карту из базы данных слой *DonArtesian.png* и поместите его непосредственно под слоем *Rivers*. При добавлении слоя появится диалоговое окно, предупреждающее о том, что файл не имеет привязки. Закройте его.
3. Поместите карту в центр окна **ArcMap**.
4. Откройте панель инструментов **Georeferencing**. Убедитесь, что в ее списке выбран файл *DonArtesian*. Выберите в ее меню команду **Fit to Display**, чтобы переместить непривязанный растр на середину области отображения.
5. Поместите растр непосредственно под слоем *Rivers*.
6. Используя инструмент расстановки контрольных точек, укажите пять контрольных точек в разных частях карты. Желательно, чтобы точки были равномерно распределены по полю карты (по краям и в центре) и *не располагались на одной линии* — это обеспечит хорошие коэффициенты трансформации. В качестве точек используйте места впадения притоков и впадения рек в водохранилища. Например, можно использовать точку впадения реки Хопёр в реку Дон:





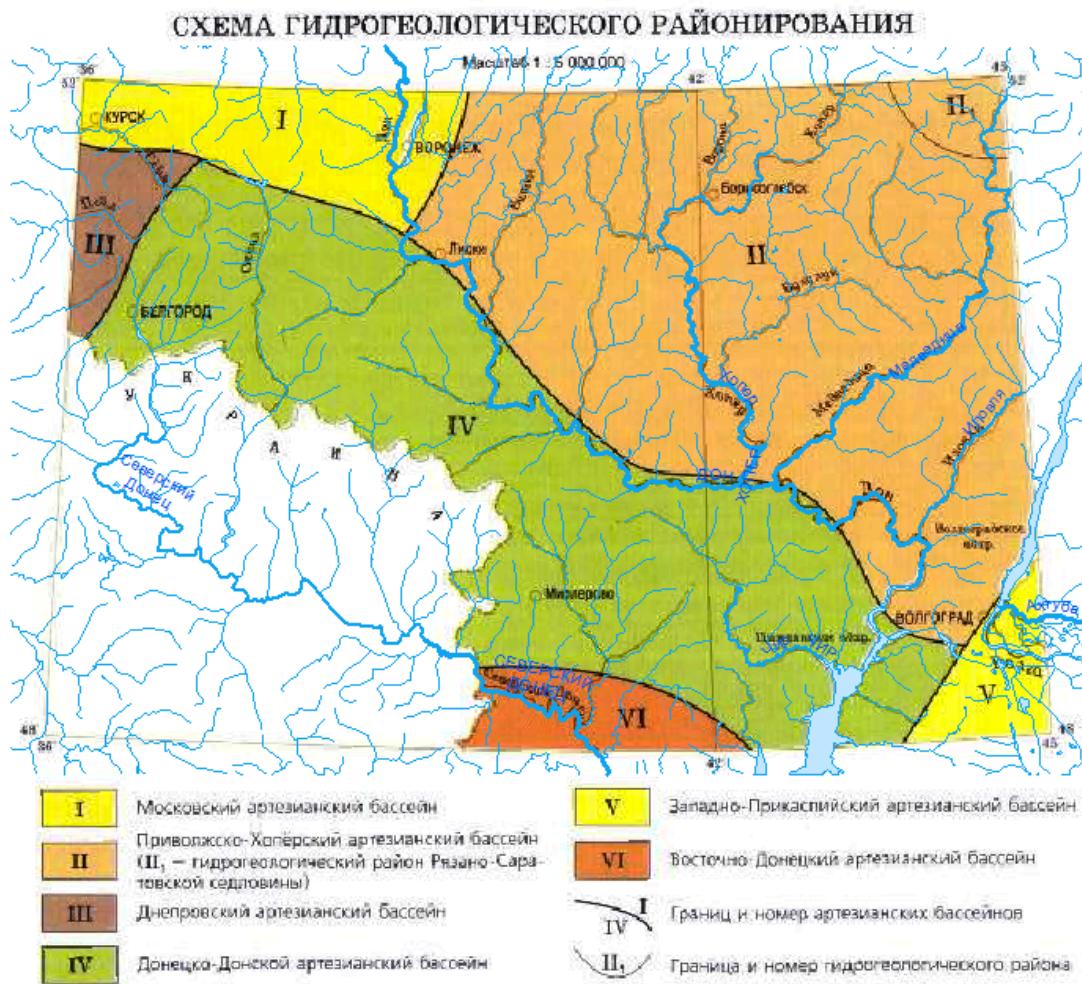
7. Ознакомьтесь с доступными методами трансформирования по контрольным точкам. Для этого в меню **Georeferencing** выберите команду **Transformation**. По умолчанию выбрано аффинное преобразование.

**Какие еще виды трансформирования доступны?** Чем проективное преобразование отличается от аффинного?

Оставьте выбранным аффинное преобразование.

8. Осуществите трансформирование раstra. На панели инструментов **Georeferencing** выберите команду меню **Georeferencing > Update Georeferencing**. Контрольные точки удалятся.

Картографическое изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №2 — Привязанная растровая карта**

9. Сохраните документ карты в формате mxd в папке отчета.

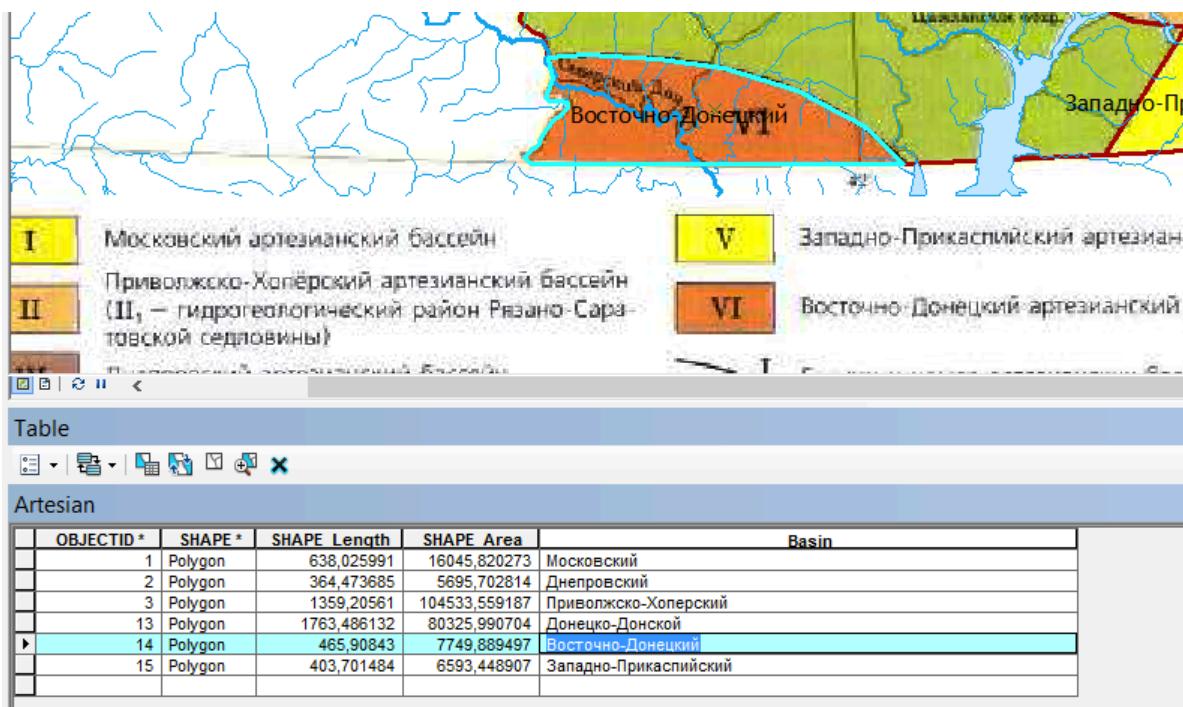
## 5.4 Создание слоя гидрогеологического районирования

В начало упражнения □

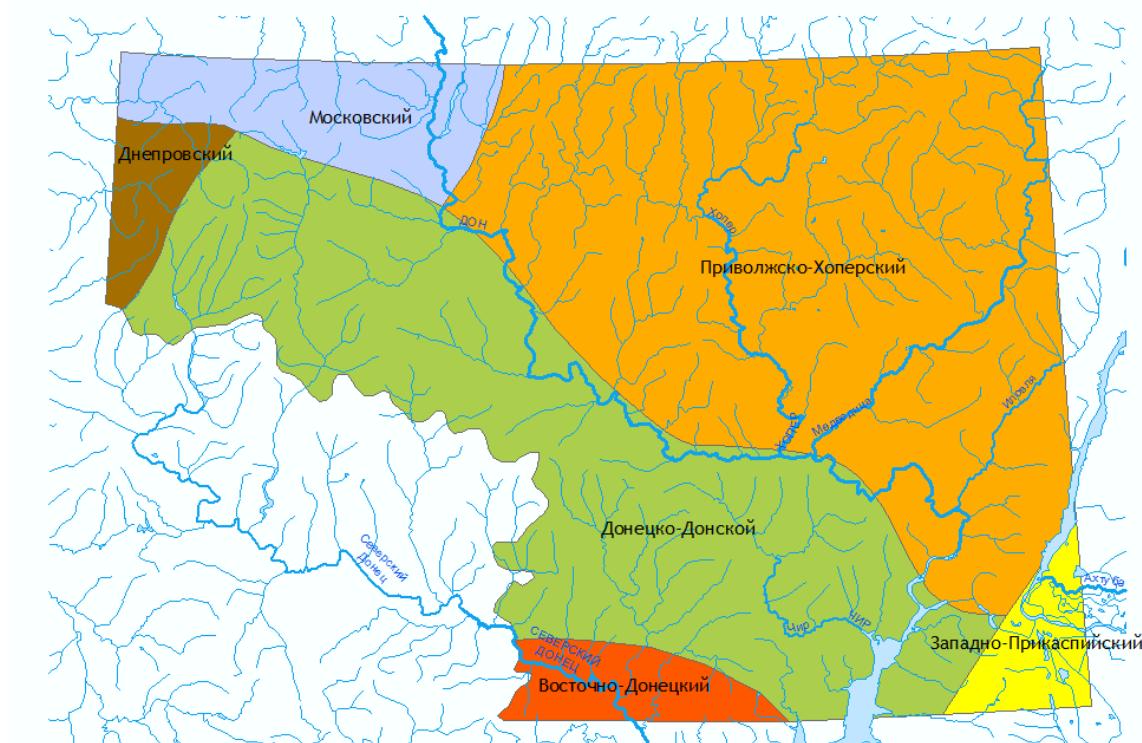
- Прочтите раздел *Создание классов пространственных объектов* в файле *Описание функций*.
- Создайте новый класс пространственных объектов в базе геоданных *Don.gdb*. Для этого:
  - На первом шаге назовите слой *Artesian*, выберите площадную модель пространственных объектов (*Polygon features*).
  - На втором шаге выберите систему координат. Оптимально использовать ту же систему, что используется в базовых данных. Для этого ее можно импортировать у существующего слоя. Нажмите **Add Coordinate Systems > Import**, найдите и укажите любой слой в базе данных *Don.gdb*.
  - На 3-м и 4-м шагах оставьте все параметры по умолчанию.

- На 5-м шаге добавьте в первую пустую строку новое поле *Basin*. Тип поля — *Text*. В этом поле вы будете хранить название гидрогеологического бассейна.
  - Нажмите **Finish**.
- Добавьте получившийся слой на карту и разместите его вверху таблицы содержания.
  - Отключите слои рек и озер.
  - Прочтите раздел **Редактирование** в разделе **Описание функций**, особенно уделив внимание разделам **Создание объектов** и **Цифрование в режиме автозавершения (auto-complete)**.
  - Включите режим редактирования слоя. Для этого в его контекстном меню выберите команду **Edit Features > Start Editing**.
  - Откройте список шаблонов слоя и посмотрите доступные опции редактирования в нижней части окна.
  - Оцифруйте все бассейны. Выполняйте работу в следующей последовательности.
    - Сначала оцифруйте **Донецко-Донской бассейн (IV)** с помощью обычного инструмента **Polygon**.
    - Далее последовательно пристыкуйте к нему оставшиеся бассейны с помощью инструмента **Auto Complete Polygon**. Замкните их по границе листа.
  - После того как редактирование районов завершено, сохраните изменения, выбрав команду **Editor > Save Edits**.

10. Откройте таблицу атрибутов слоя районов. Поочередно выделяя каждый из них (для этого щелкните в самом начале строки), введите в поле *Basin* его название, ориентируясь по карте. Слово «бассейн» не вводите:



- После ввода названий снова сохраните изменения.
- Завершите редактирование, выбрав команду **Editor > Stop Editing**.
- Измените оформление слоя в соответствии с цветами на исходном растре.
- Включите подписи районов по полю *Basin*.
- Отключите слой растровой карты. Включите снова слои рек и озер и переместите их вверх таблицы содержания. Картографическое изображение примет следующий вид:



16. Сохраните документ карты в папке отчета.

**Снимок экрана №3 — Слой артезианских бассейнов**

## 5.5 Пространственный запрос

В начало упражнения ▾

Для получения информации о взаимном положении объектов или поиске объектов, основанном на их местоположении, вы можете использовать три метода:

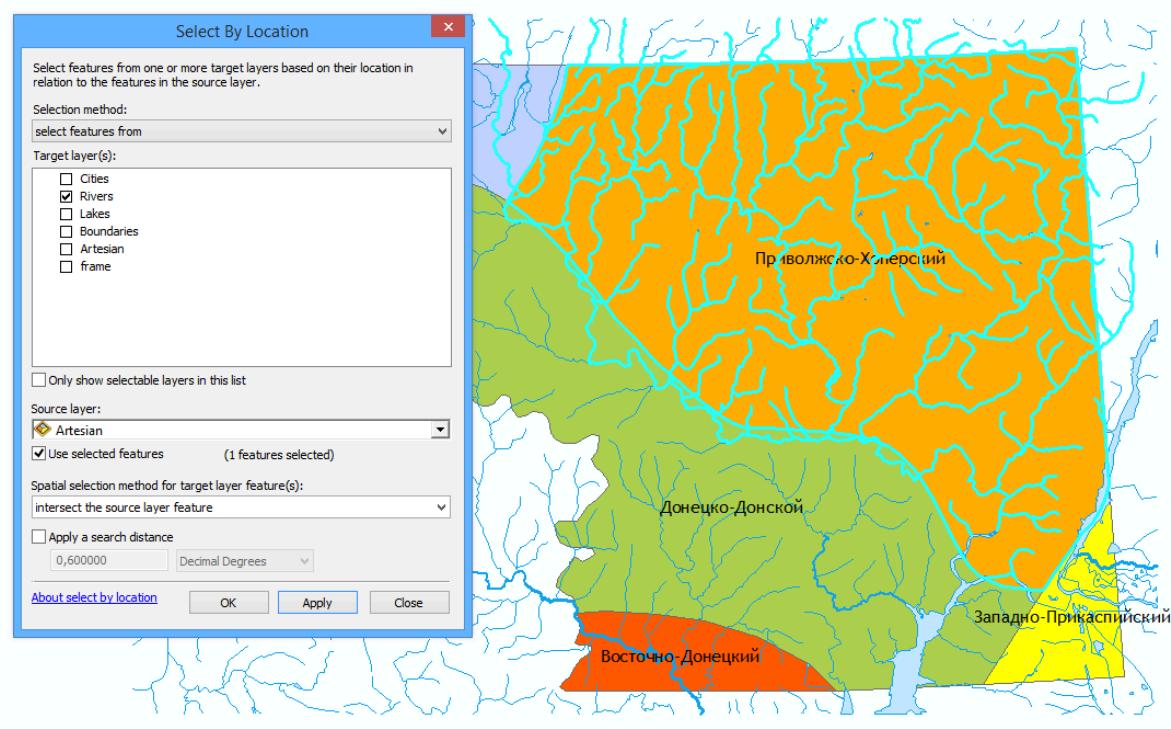
- Вычисление расстояний
- Пространственный запрос
- Оверлей

Вычисление расстояний позволяет оценить попарные расстояния между объектами, найти для каждого объекта ближайший к нему. Пространственный запрос осуществляет выборку объектов, находящихся в указанных топологических отношениях с другими объектами. Например, вы можете сказать «выбрать реки, находящиеся целиком внутри (*completely within*) Московского артезианского бассейна» или смягчить запрос, указав «выбрать реки, пересекающие (*intersect*) Московский артезианский бассейн». Частным случаем пространственного запроса также является поиск объектов по координатам, диапазону координат или произвольно заданной области. В этом случае пользователь чаще всего обводит на карте прямоугольником интересующую его зону, при этом выбираются объекты, пересекающие или находящиеся целиком внутри выделенной зоны.

Рассмотрим, как можно выбирать реки, принадлежащие Приволжско-Хоперскому бассейну.

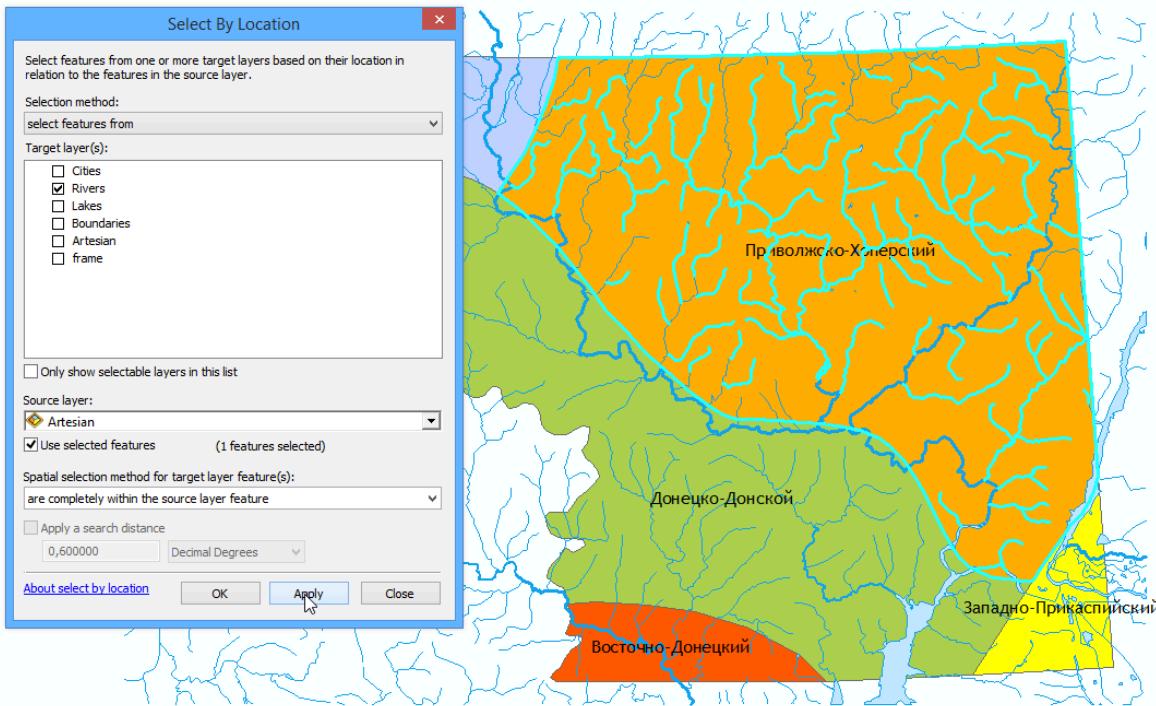
1. Выделите на карте Приволжско-Хоперский бассейн, используя инструмент  на панели **Tools**.

2. Откройте диалог пространственной выборки (**Selection > Select by Location**)
  
  
  
3. Выберите в диалоге пространственной выборки слой *Rivers* в качестве выбираемого (**target**) и слой *Artesian* в качестве выбирающего (**source**). Отметьте галочкой пункт **Use Selected Features** — это позволит выбирать с использованием уже выбранных объектов.
  
  
  
4. Выберите метод выборки *intersect the source layer feature* — пересечение.
  
  
  
5. Нажмите **Apply**. Будут выбраны реки, пересекающие выбранный артезианский бассейн:



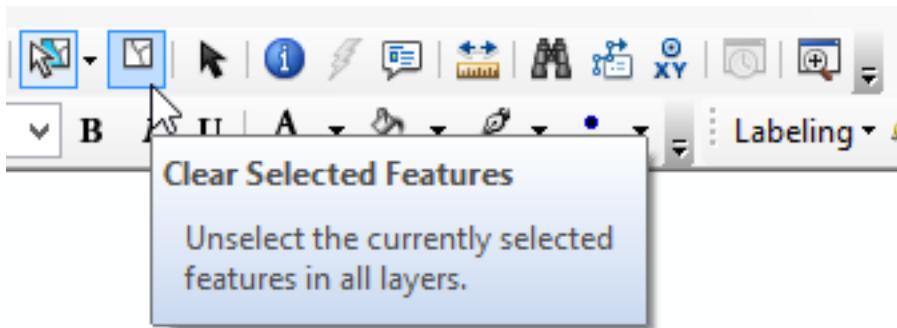
**Снимок экрана №4 — Проспранственный запрос методом пересечения**

6. Выберите метод выборки *are completely within the source layer feature* (полностью внутри).
  
  
  
7. Нажмите **Apply**. Будут выбраны реки, находящиеся полностью внутри выбранного бассейна:



**Снимок экрана №5 — Проспранственный запрос методом «внутри»**

8. Очистите выборку с помощью инструмента **Clear Selected Features**:



## 5.6 Оверлей

В начало упражнения □

**Оверлей** (от англ. *overlay* — наложение), в отличие от пространственного запроса, создает новые данные путем геометрической композиции входных слоев. Полученные участки наследуют атрибуты от каждого слоя. Эта операция базируется на стандартных отношениях множеств, таких как пересечение, объединение и симметрическая разность. Оверлей позволяет понять, какие комбинации объектов встречаются в пространстве. Так, если в качестве аргументов служат реки и бассейны, то в результате выполнения оверлея реки будут разрезаны на участки в соответствии с границами бассейнов.

Для выполнения оверлея вы будете использовать инструменты **геообработки**.

**Геообработка (geoprocessing)** в терминологии ArcGIS — это анализ и преобразование пространственных данных. Инструменты геообработки находятся в Арктулбоксе (ArcToolbox), где они сгруппированы по

назначению. Некоторые наборы инструментов, такие как Spatial Analyst и 3D Analyst, с которыми вы познакомитесь на следующих занятиях, являются дополнительными модулями ArcGIS.

С помощью оверлея можно разбить речную сеть на сегменты, принадлежащие разным бассейнам, а полученным сегментам автоматически присвоить название бассейна.

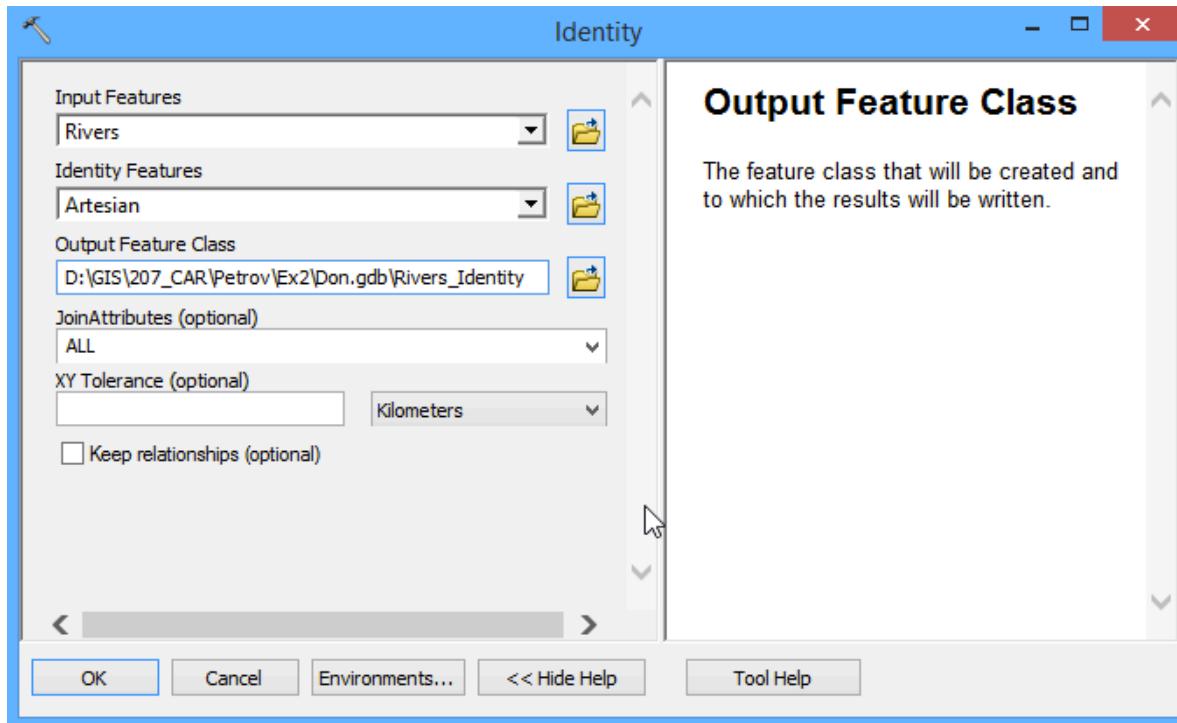
1. Щелкните по базе данных *Don.gdb* правой кнопкой мыши и выберите пункт **Make Default Geodatabase**. Эта команда указывает системе, что все результаты обработки данных (новые слои) следует помещать в выбранную базу геоданных.



2. Откройте **ArcToolbox** с помощью кнопки на главной панели инструментов.
3. Раскройте группу инструментов **Analysis Tools > Overlay**. Здесь можно найти различные режимы оверлея.
4. Запустите инструмент **Identity**, который находит геометрическое пересечение двух слоев и присваивает атрибуты второго слоя участкам первого слоя.
5. Заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input features</i>	Rivers
<i>Identity Features</i>	Artesian
<i>Output Feature Class</i>	< >\Ex05\Don.gdb\Rivers_Identity
<i>JoinAttributes</i>	ALL

Диалог инструмента примет следующий вид:



После выполнения инструмента слой будет добавлен на карту. Раскройте его таблицу атрибутов, чтобы убедиться, что каждому участку реки присвоена принадлежность к артезианскому бассейну (часть строк будет пустой, так как созданный вами слой артезианских бассейнов покрывает не всю территорию):

The screenshot shows the ArcGIS Table Of Contents and Table windows. The Table Of Contents lists several layers, with 'Rivers\_Identity' and 'Rivers' selected. The 'Rivers\_Identity' layer is expanded, showing categories like 'CLASS', 'Каналы мелиоративные гл.', 'Каналы мелиоративные пр.', etc. The 'Rivers' layer is also expanded, showing categories like 'Тип', 'Реки постоянные крупные', 'Реки постоянные средние', etc. The 'Table' window displays the attributes of the 'Rivers\_Identity' layer. The columns are: Название (Name), Тип (Type), Order, FID, Basins, Basin, and Shape\_Length. The data includes various river names like Уды, Сейм, Оскол, ХОЛЛЕР, Реут, Псёл, Ворскла, and many others, categorized by their type and basin.

Название	Тип	Order	FID	Basins	Basin	Shape_Length
Уды	Реки постоянные мелкие	<Null>	13	Донецко-Донской	12,639253	
Сейм	Реки постоянные мелкие	<Null>	13	Донецко-Донской	44,152098	
Оскол	Реки постоянные мелкие	<Null>	13	Донецко-Донской	177,494407	
Оскол	Реки постоянные мелкие	<Null>	13	Донецко-Донской	3,370385	
<Null>	Реки пересыхающие	<Null>	13	Донецко-Донской	4,052909	
ХОЛЛЕР	Реки постоянные крупные	<Null>	13	Донецко-Донской	4,597469	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	4,358414	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	35,592477	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	0,323883	
Реут	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	15,158508	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	25,892435	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	28,713685	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	32,392537	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	24,311115	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	8,785187	
Псёл	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	51,025773	
Ворскла	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	51,866157	
Уды	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	4,457678	
Сейм	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	6,479576	
Сейм	Реки постоянные мелкие	<Null>	2	Днепровский	29,442071	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	14	Восточно-Донецкий	27,319349	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	14	Восточно-Донецкий	19,986771	
	Реки постоянные мелкие	<Null>	14	Восточно-Донецкий	14,035899	

## 5.7 Атрибутивный запрос

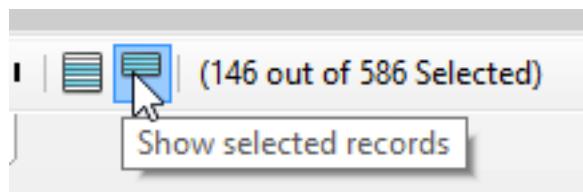
В начало упражнения ▾

Атрибутивный запрос позволяет искать объекты по значениям их атрибутов. В результате выполнения оверлея вы можете найти участки рек, принадлежащие артезианским бассейнам, по информации, содержащейся в поле *Basin*.

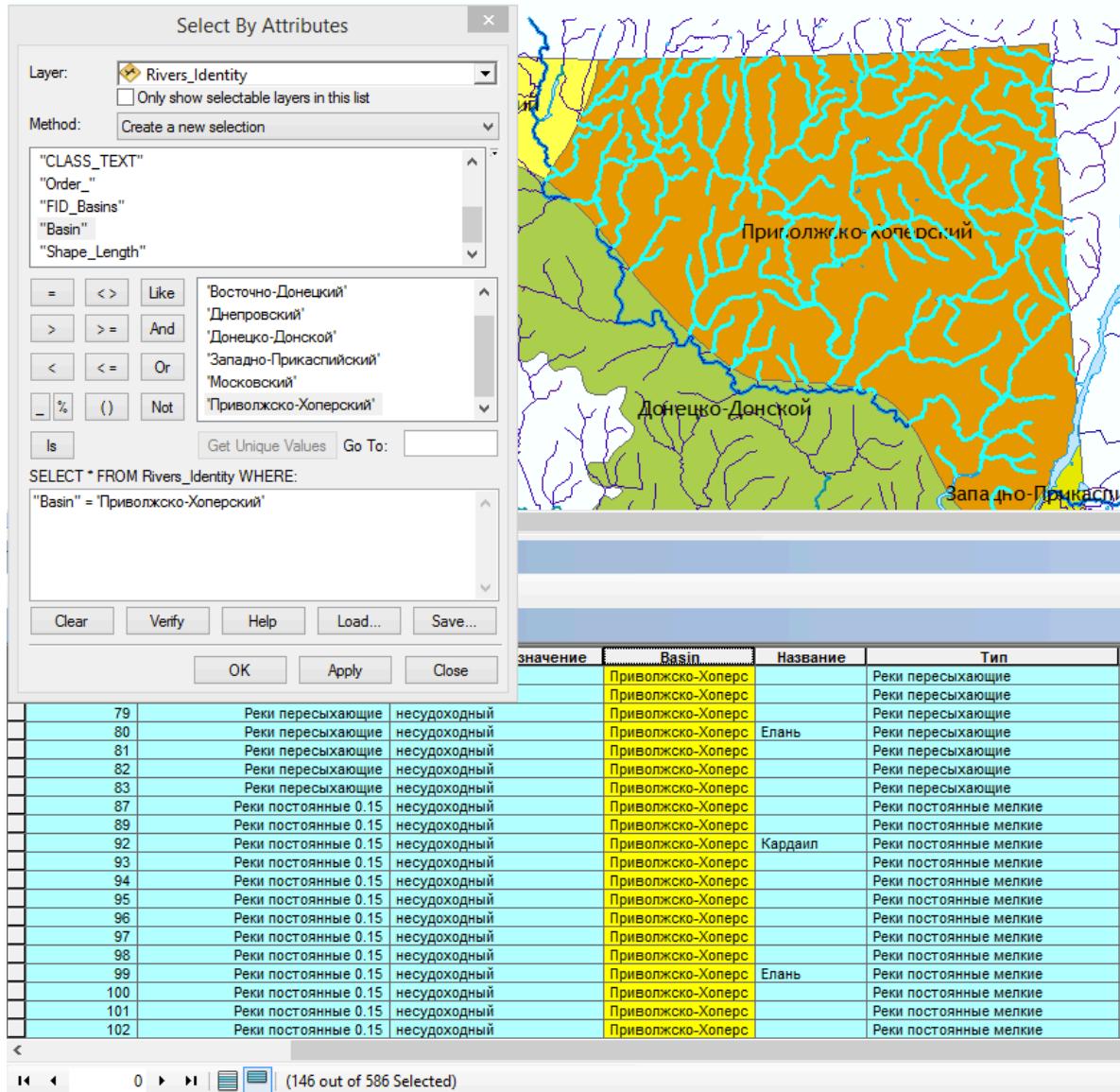
1. Откройте диалог атрибутивной выборки (меню **Selection > Select by Attributes**).
2. Выберите в качестве выбираемого слой *Rivers\_Identity*.
3. Введите следующий текст запроса:

```
"Basin" = 'Днепровский'
```

4. На карте будут выделены водотоки, принадлежащие данному артезианскому бассейну. Обратите внимание на то, что выборка теперь полностью совпадает с границами бассейна.
5. Откройте таблицу атрибутов слоя *Rivers\_Identity* и укажите опцию **Show Selected records**, чтобы показывать только выбранные объекты:



6. Скомпонуйте окна приложения таким образом, чтобы было видно одновременно окно атрибутивного запроса, таблицу атрибутов слоя со столбцом *Basin*, а также картографическое изображение с выделенными реками. Окно приложения примет следующий вид:



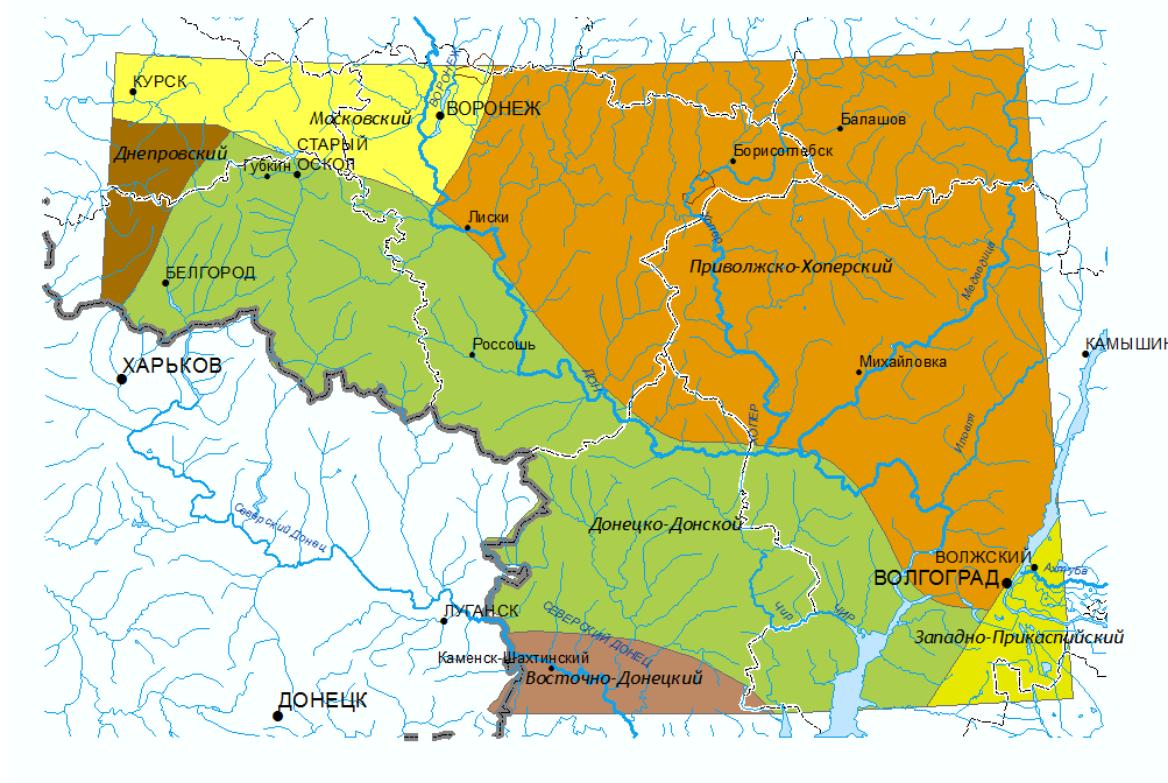
7. Сохраните документ карты.

**Снимок экрана №6 — Атрибутивный запрос**

## 5.8 Оформление карты

В начало упражнения □

- Отключите слой *Rivers\_Identity* и завершите оформление карты, добавив на нее слои *Boundaries* (границы) и *Cities* (города). Используйте для их отображения способ **Categories** и настройте отображение разными символами классов границ, а также городов в соответствии с численностью населения. При оформлении подписей городов используйте метод **классифицированных подписей** (прочтите соответствующий раздел в файле **Описание функций**). Пример результирующего изображения:



Снимок экрана №7 — Карта

2. Переключитесь в режим компоновки и оформите легенду карты. Добавьте название «Гидрогоеологическое районирование среднего течения Дона», а также масштаб и свои ФИО.
3. Экспортируйте результирующую карту в файл в формате *PNG* и вставьте его в отчет.

## 5.9 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.

## Chapter 6

# Привязка и цифрование административной карты

### 6.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с привязкой, трансформированием и цифрованием геоизображений, элементами базовых технологий ГИС (оверлей, пространственные запросы).

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Системы координат и проекции на картах, привязка геоизображений, трансформирование геоизображений
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Работа с базами данных.
Исходные данные	Слои картографической основы OpenStreetMap, растровая карта районов Лондона.
Результат	База данных со слоем границ районов Лондона. Результаты выборки и статистика по количеству отелей в каждом районе.
Ключевые слова	Системы координат, проекции, трансформирование координат, пространственная привязка, цифрование, оверлей, запросы.

#### 6.1.1 Контрольный лист

- Привязать растровую карту к опорным данным
- Дополнить класс районов путем цифрования растровой карты
- Заполнить названия новых районов
- Определить путем пространственного запроса количество отелей в каждом районе.
- Построить картодиаграммы по полученным значениям с использованием нестандартных библиотек символов
- Подготовить проект карты с компоновкой

#### 6.1.2 Аннотация

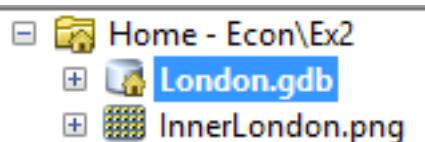
Задание посвящено знакомству с привязкой растровых карт, созданием и наполнением баз пространственных данных путем цифрования, оформлением карт на основе баз данных. В этом задании вы также познакомитесь с запросами, с помощью которых можно ограничивать число отображаемых объектов.

В задании предлагается выполнить координатную привязку карты районов Лондона и оцифровать недостающие районы для создания персональной БГД «Административные районы Лондона». Далее, используя запросы к БГД, по каждому району определить количество входящих в него отелей, и построить социально-экономическую карту, которая показывает способом картодиаграмм количество отелей в каждом районе. Работа завершается оформлением компоновки карты.

## 6.2 Добавление референцных данных

В начало упражнения ▾

1. Скопируйте каталог *Ex06* в свою папку и разархивируйте внутри него файл *London.zip* — он содержит базу геоданных для выполнения упражнения.
2. Подключитесь в окне Каталога к вашей папке *Ex06*. Убедитесь, что в ней находится база геоданных *London.gdb* и растровый файл *InnerLondon.png*:



3. Раскройте базу геоданных и перенесите на карту класс пространственных объектов *Roads*, присвойте ему символ в виде черной линии толщиной 0,5 пункта.
4. Добавьте на карту также слой *Water* и присвойте ему символ *Lake* (голубой полигон с синей обводкой). Картографическое изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №1.** Картографическая основа

5. Сохраните документ карты в свою папку *Ex06* под именем *London.mxd*.

## 6.3 Привязка карты

В начало упражнения ▾

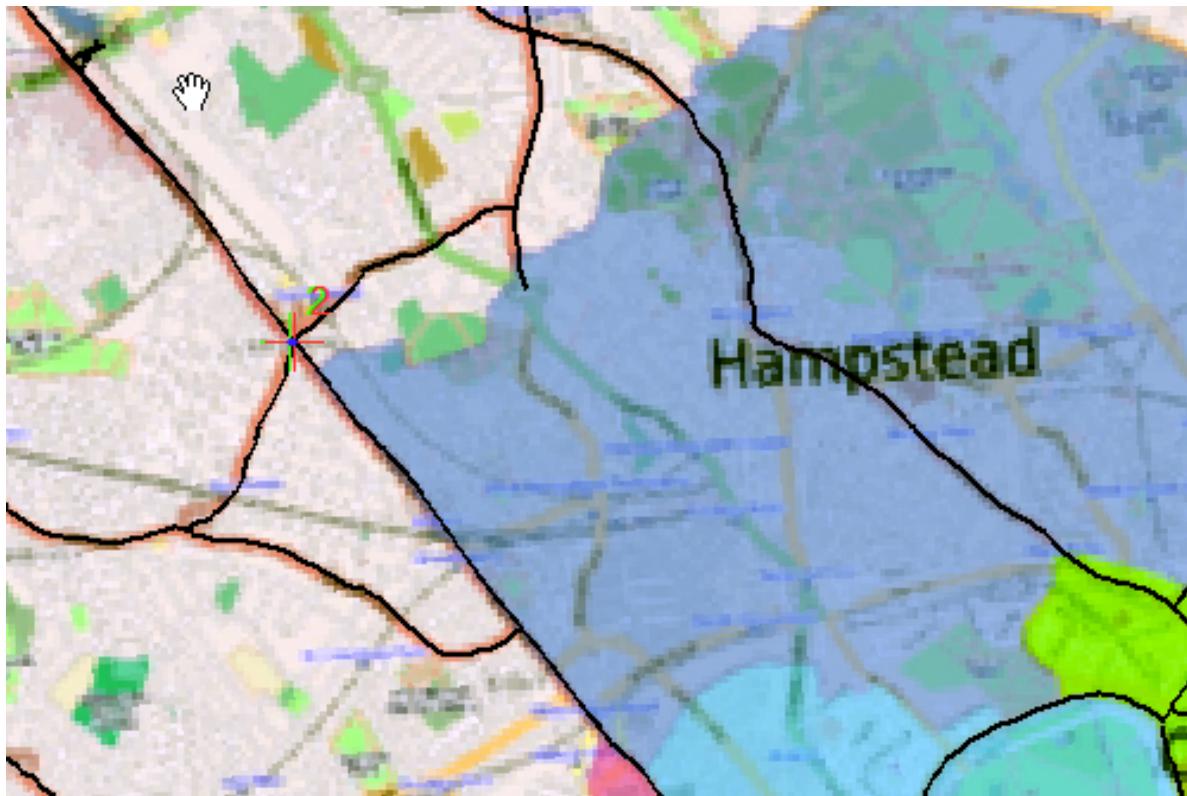
1. Внимательно прочтите раздел **Привязка растровых данных (Georeferencing)** в разделе **Описание функций**.
2. Добавьте на карту из окна каталога слой *InnerLondon.png* и поместите его под слои *Water* и *Roads*. При добавлении слоя появится диалоговое окно, предупреждающее о том, что файл не имеет привязки. Закройте его.
3. Расположите карту в центре окна **ArcMap**.

4. Откройте панель инструментов **Georeferencing**. Выберите в ее меню команду **Fit to Display**, чтобы переместить непривязанный растр на середину области отображения.

5. Используя инструмент расстановки контрольных точек на панели **Georeferencing**, укажите по крайней мере 3 контрольные точки в разных частях города:

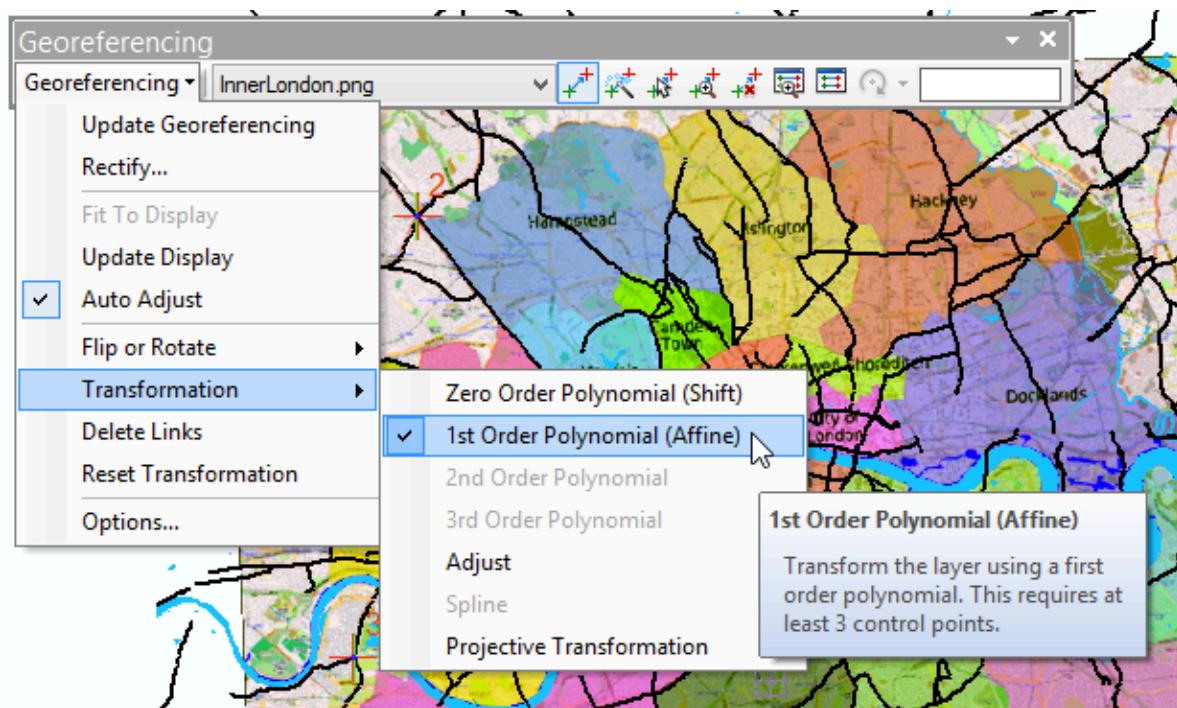


Щелкайте сначала на растре, затем на векторном слое. В качестве точек используйте перекрестки дорог, которые вы можете найти как на растре, так и на картографической основе. Например, и на растре и на основе хорошо распознается перекресток на западной окраине Хемпстеда:



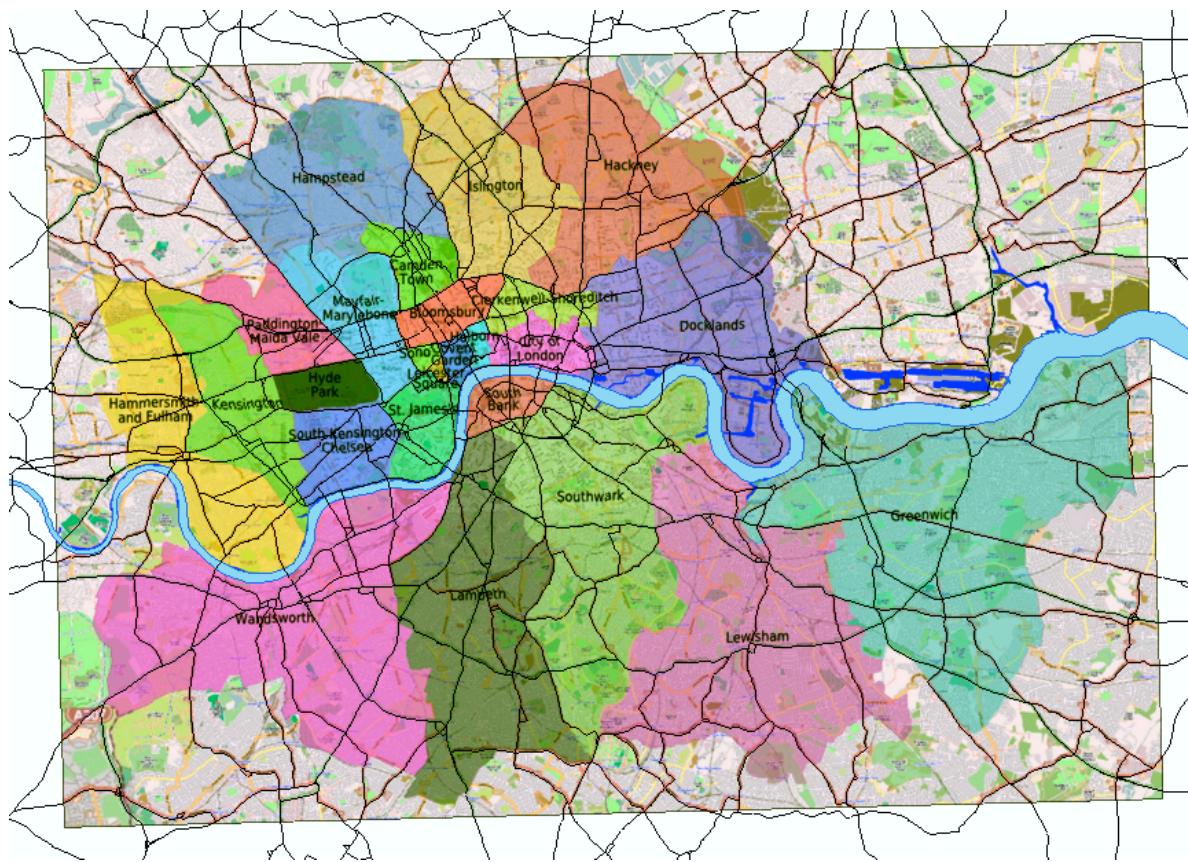
Желательно, чтобы точки были равномерно распределены по полю карты (по краям и в центре) и не располагались на одной линии — это обеспечит хорошие коэффициенты трансформации.

6. Ознакомьтесь с доступными методами трансформирования по контрольным точкам. Для этого в меню на панели **Georeferencing** выберите команду **Transformation**. По умолчанию выбрано аффинное преобразование. При пяти контрольных точках будет доступно также проекттивное преобразование. Оставьте выбранным аффинное преобразование:



7. Осуществите трансформирование растра. Для этого на панели инструментов **Georeferencing** выберите команду меню **Georeferencing > Update Georeferencing**. После выполнения трансформирования контрольные точки удаляются.

Картографическое изображение примет следующий вид:



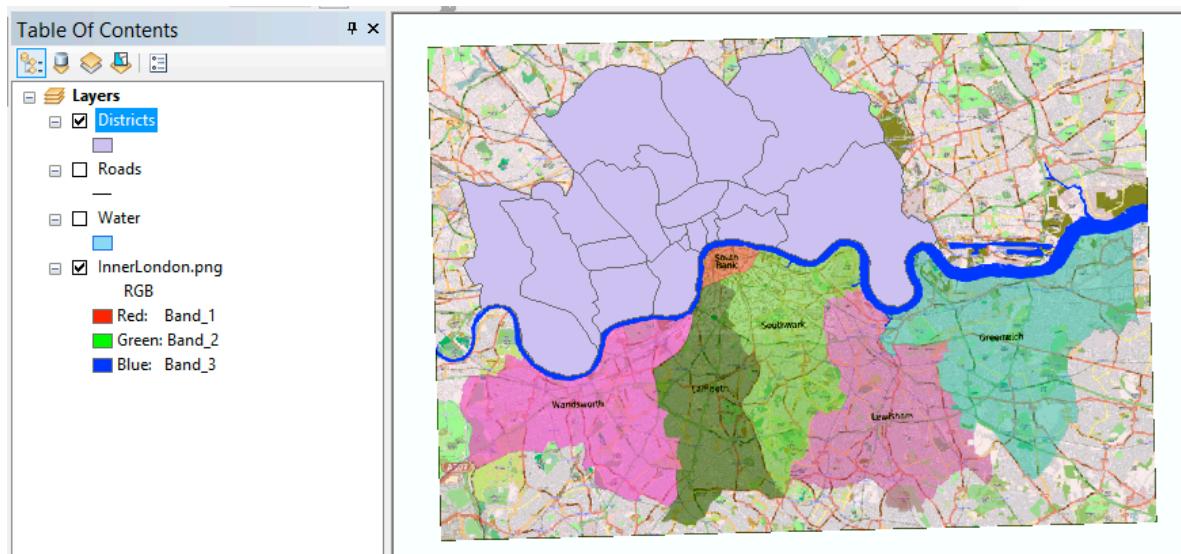
Снимок экрана №2 Привязанный растровый слой

8. Сохраните документ карты в папке отчета.

## 6.4 Создание слоя городских районов

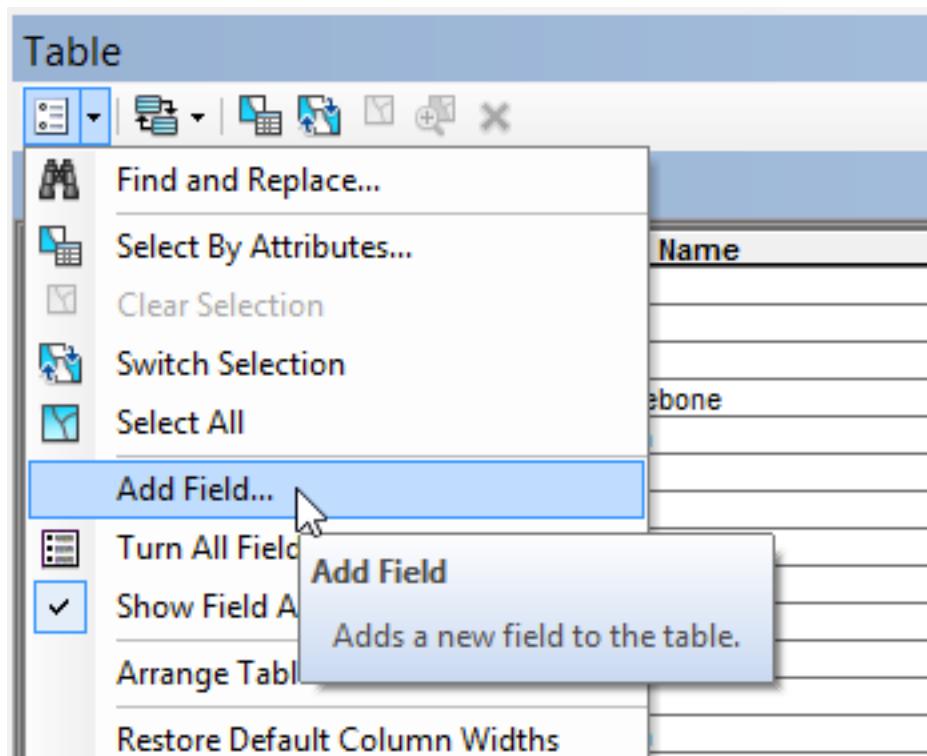
В начало упражнения □

1. Отключите слой дорог и слой гидрографии, оставив видимой только подложку.
2. Добавьте на карту класс пространственных объектов *Districts*. Он содержит районы северного берега Темзы. Вам необходимо его дополнить, оцифровав районы южного берега реки:



3. Прочтите раздел **Редактирование** в разделе **Описание функций**, особенно уделив внимание разделам **Создание объектов** и **Цифрование в режиме автозавершения (auto-complete)**.
4. Включите режим редактирования слоя *Districts*. Для этого в его контекстном меню выберите команду **Edit Features > Start Editing**.
5. Откройте список шаблонов слоя, нажав кнопку **Create Features** на панели **Editor** и посмотрите доступные опции.
6. Оцифруйте недостающие городские районы. Выполняйте работу в следующей последовательности:
  - Сначала оцифруйте район *Wandsworth* с помощью обычного инструмента **Polygon**.
  - Далее последовательно пристыкуйте к нему оставшиеся районы южного берега с помощью инструмента **Auto-Complete Polygon**.
  - Участки, примыкающих к реке, аккуратно проведите по береговой линии аналогично районам северного берега.
7. После того как редактирование районов завершено, сохраните изменения, выбрав команду **Editor > Save Edits**.
8. Откройте таблицу атрибутов слоя районов (**Ctrl +** двойной щелчок мышью по названию слоя). Поочередно выделяя каждый из новых районов, введите в поле *Name* его название, ориентируясь по карте.
9. После ввода названий снова сохраните изменения.
10. Завершите редактирование, выбрав команду **Editor > Stop Editing**.
11. Измените оформление слоя следующим образом: сделайте пустую заливку, а обводку сделайте оранжевого цвета толщиной 1,5 пункта.
12. Включите подписи районов по полю *Name*.
13. Отключите слой растровой карты.
14. Включите слой дорог и установите ему прозрачность, равную 60%.

Картографическое изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №3.** Оцифрованные городские районы с подписями

15. Сохраните документ карты.

## 6.5 Расчет статистики по районам

В начало упражнения ▾

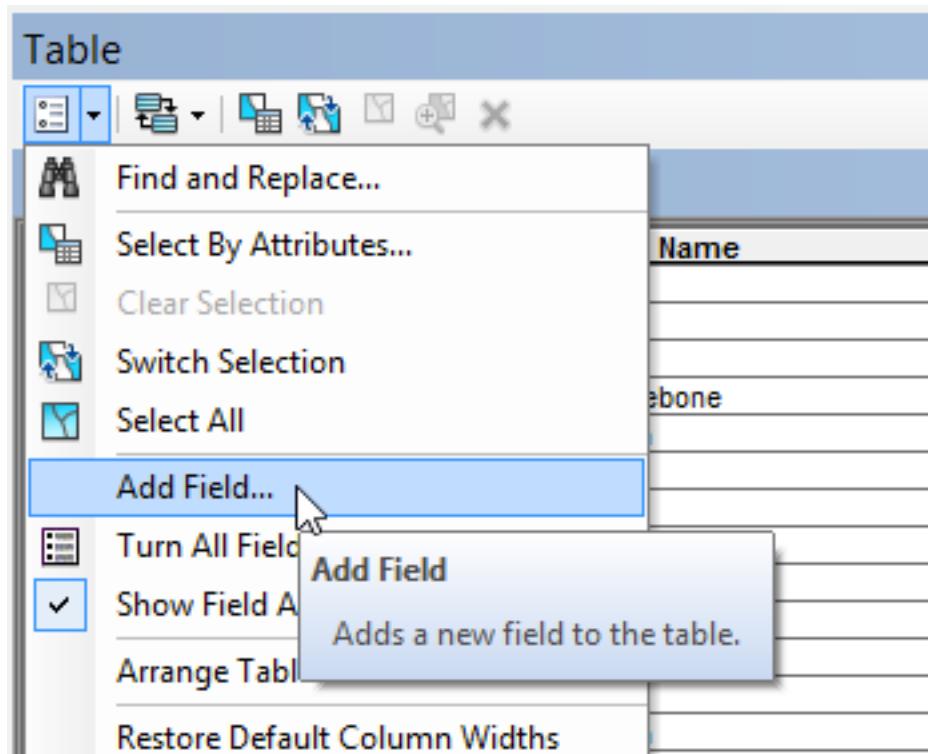
В данной части работы предлагается определить количество отелей, которые попадают в пределы каждого района, затем построить картодиаграммы по полученным значениям. Для этого будет использован следующий алгоритм:

- Выбрать текущий район.
- Выбрать здания, попадающие в его пределы (*пространственный запрос*).
- Из полученной выборки оставить только здания, являющиеся отелями (*атрибутивный запрос*).
- Записать число отобранных зданий в атрибут *Hotels* текущего района.

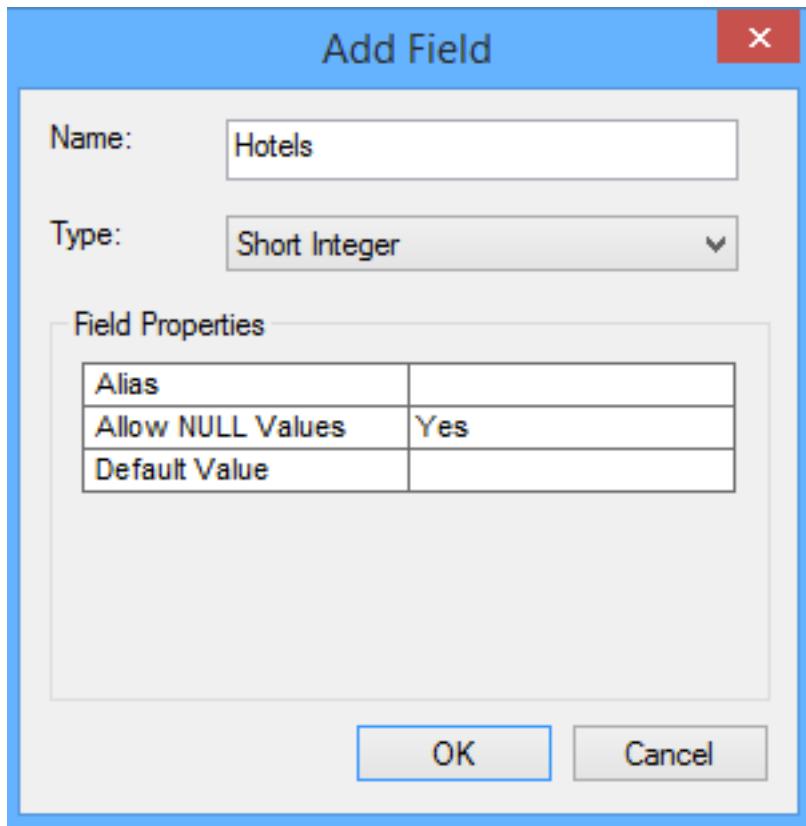
Эти операции необходимо повторить для каждого района.

Перед выполнением анализа следует создать атрибутивное поле, в котором будет храниться число отелей. Для этого:

1. Остановите сеанс редактирования, если это не было сделано ранее (**Editor > Stop Editing**).
2. Откройте таблицу атрибутов слоя.
3. Выберите команду меню **Add Field...** (если она не активна, это значит, что вы не остановили сеанс редактирования на панели **Editor**).



4. Введите название поля *Hotels* и тип поля **Short Integer**. Диалог примет следующий вид:

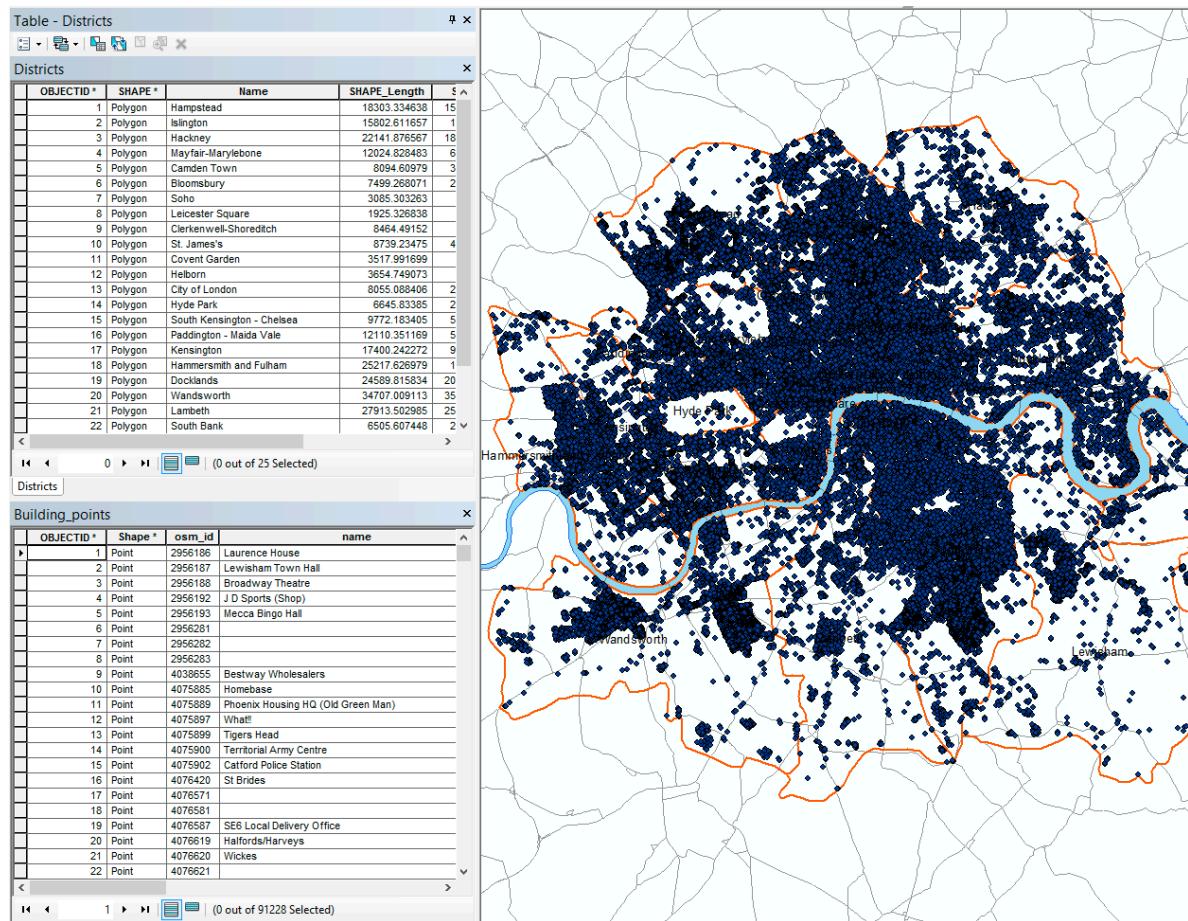


5. Нажмите **OK**. Поле будет добавлено в слой.

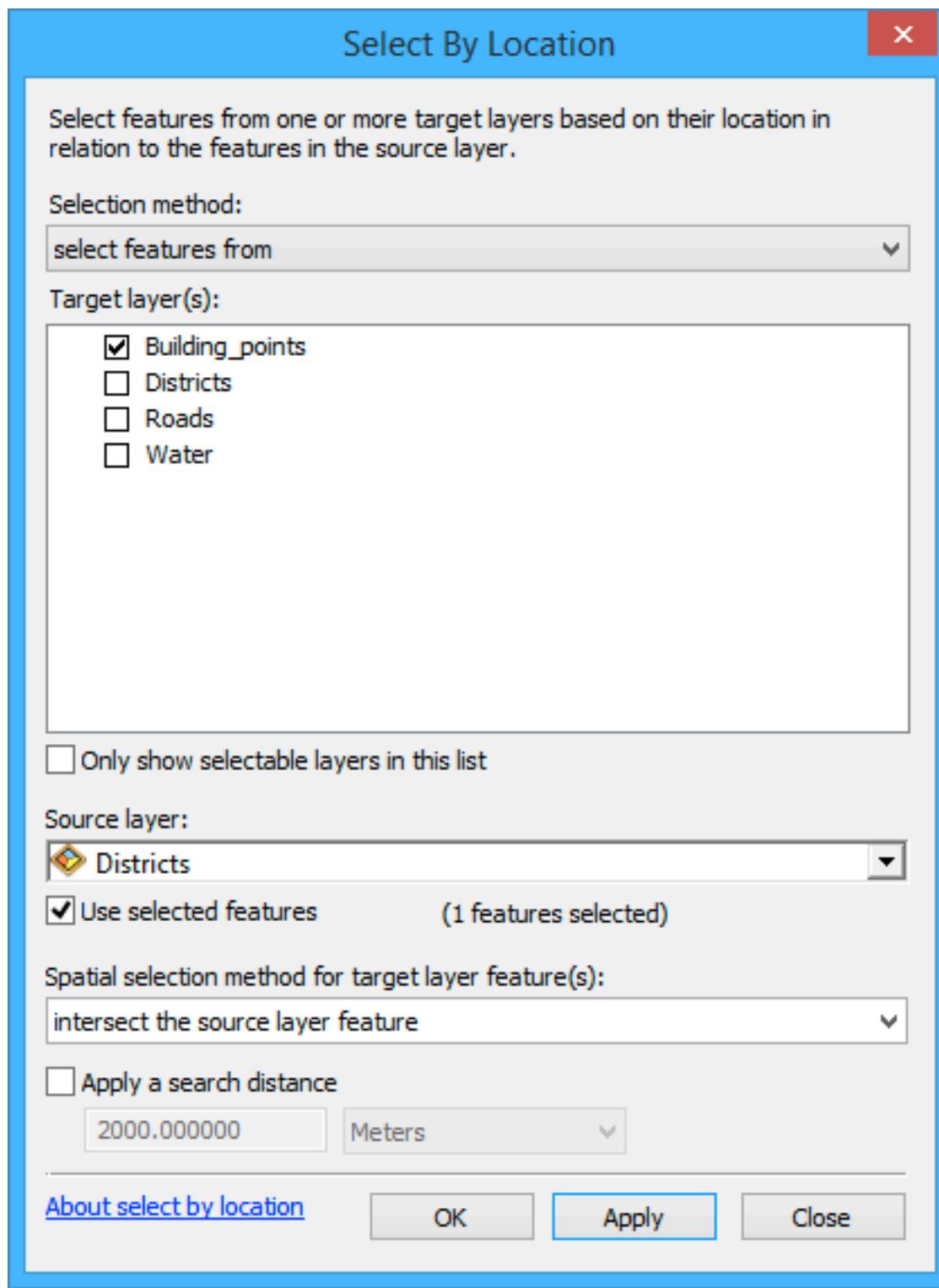
6. Добавьте на карту класс *building\_points* из базы геоданных *London.gdb*. Разместите его под слоем *districts*. В данном слое каждая точка соответствует зданию.

Для удобства работы организуйте пространство следующим образом:

7. Откройте атрибутивные таблицы слоев *districts* и *buildings* и расположите их друг над другом в левой части окна:

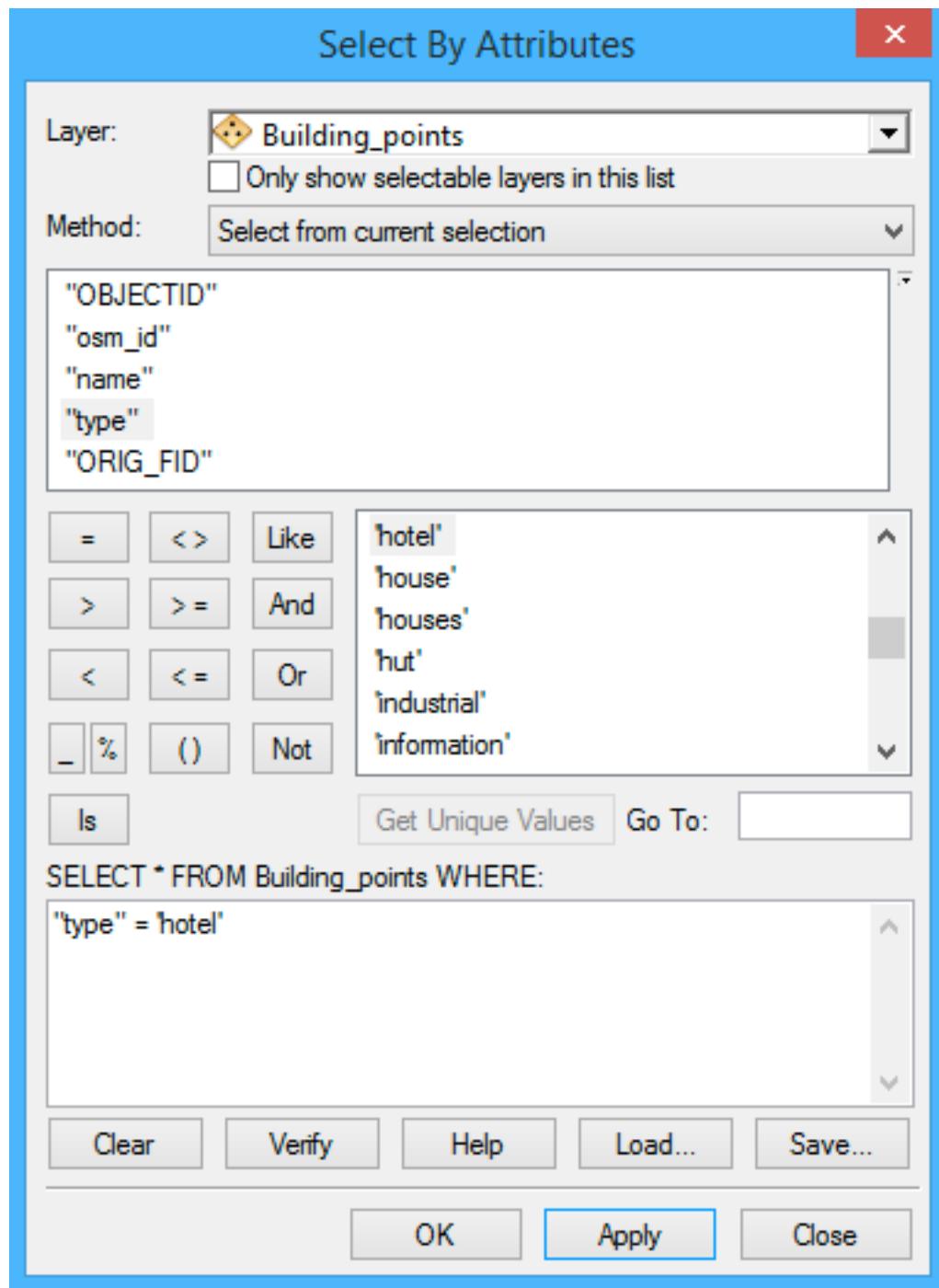


8. Включите редактирование слоя *districts* и выберите в его таблице первую строчку (нужно щелкнуть на заголовке слева от строки).
9. Откройте диалог пространственной выборки (**Selection > Select by Location**) и диалог атрибутивной выборки (**Selection > Select by > Attributes**). Расположите их рядом.
10. Выберите в диалоге пространственной выборки слой *building\_points* в качестве выбираемого (**target**) и слой *districts* в качестве выбирающего (**source**). Отметьте галочкой пункт **Use Selected Features** — это позволит выбирать с использованием уже выбранного района. Диалог примет следующий вид:



11. Нажмите кнопку **Apply** — на карте должны выбраться здания, попавшие в пределы выбранного района. Не закрывайте диалог.
12. Перейдите в диалог атрибутивной выборки. В качестве выбиравшегося слоя укажите *building\_points* и смените режим выборки на **Select from current selection**. В этом режиме будет осуществляться подвыборка среди уже выбранных объектов.

13. Введите следующий атрибутивный запрос, чтобы отобрать отели: "type" = 'hotel' Диалог примет следующий вид:



14. Нажмите **Apply**. Не закрывайте диалог атрибутивной выборки. На карте останутся выбранными только те здания текущего района, которые являются отелями. Чтобы ознакомиться с их списком, перейдите в атрибутивную таблицу слоя *building\_points* и включите режим показа только выбранных объектов (**Show selected records**):

**Building\_points**

OBJECTID *	Shape *	osm_id	name	type	ORIG_FID
23156	Point	77109221	Hampstead Britannia Hotel	hotel	29038
23159	Point	77109280	Hotel Swiss Cottage	hotel	29041
34672	Point	10132139	Dillons Hotel	hotel	42623
35502	Point	10387094	Marriott Hotel Regent's Park	hotel	43839
37823	Point	10727067	Premier Inn	hotel	46341
40218	Point	10974733	Holiday Inn Express Swiss Cottage	hotel	49004
80546	Point	22426857	Quality Hotel Hampstead	hotel	140916

1 ▶ | (7 out of 91228 Selected)

[Building\_points]

Внизу таблицы вы можете увидеть число выбранных объектов (на рисунке их 8, у вас может получиться другое число, если выделен другой район).

15. Внесите указанное число в атрибутивную таблицу слоя *districts* для текущего выбранного района:

**Table - districts**

**districts**

	SHAPE	Name	SHAPE Length	SHAPE Area	Hotels
▶	Polygon	Hampstead	18303,334638	15502943,162229	7
	Polygon	Islington	15802,611657	12904781,74824	<Null>
	Polygon	Hackney	22141,876567	18693176,261015	<Null>
	Polygon	Mayfair-Marylebone	12024,828483	6980414,595721	<Null>
	Polygon	Camden Town	8094,60979	3168221,046261	<Null>
	Polygon	Bloomsbury	7499,268071	2993938,146017	<Null>
	Polygon	Soho	3085,303263	458482,510914	<Nulls>

16. Выберите следующий район в таблице слоя *districts* (на рисунке выше это будет район *Islington*).

17. Повторите шаги 5-10 для всех оставшихся районов. На всем протяжении выполнения этих операций у вас должны быть открыты таблицы обоих слоев, а также диалоговые окна атрибутивной и пространственной выборки.

18. Сохраните документ карты

Законченная таблица должна содержать в поле *Hotels* число отелей для каждого района:

Table

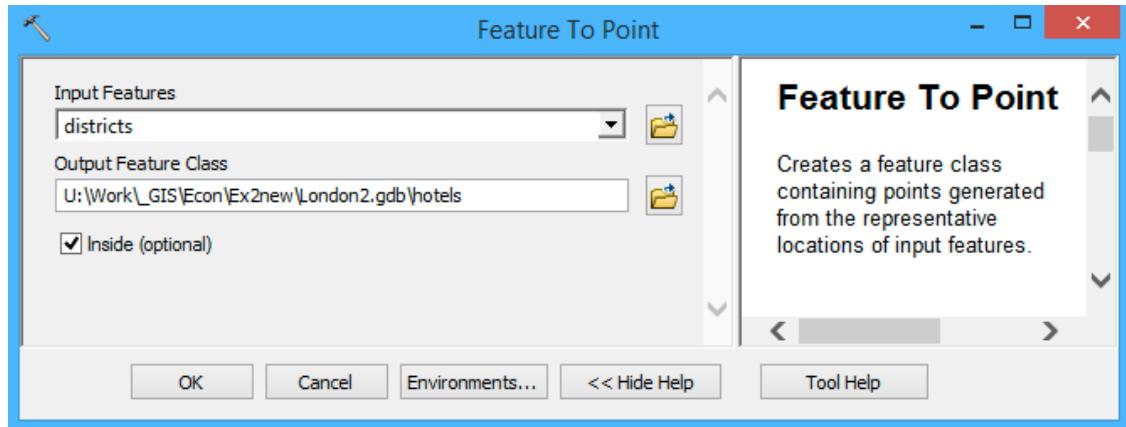
OBJECTID *	SHAPE *	Name	SHAPE_Length	SHAPE_Area	Hotels
1	Polygon	Hampstead	18303,334638	15502943,162229	
2	Polygon	Islington	15802,611657	12904781,74824	
3	Polygon	Hackney	22141,876567	18693176,261015	
4	Polygon	Mayfair-Marylebone	12024,828483	6980414,595721	
5	Polygon	Camden Town	8094,60979	3168221,046261	
6	Polygon	Bloomsbury	7499,268071	2993938,146017	
7	Polygon	Soho	3085,303263	458482,510914	
8	Polygon	Leicester Square	1925,326838	191411,30018	
9	Polygon	Clerkenwell-Shoreditch	8464,49152	2428025,11985	
10	Polygon	St. James's	8739,23475	4108390,188652	
11	Polygon	Covent Garden	3517,991699	774969,452367	
12	Polygon	Holborn	3654,749073	553251,354769	
13	Polygon	City of London	8055,088406	2919773,387908	
14	Polygon	Hyde Park	6645,83385	2523925,216394	
15	Polygon	South Kensington - Chels	9772,183405	5125362,335259	
16	Polygon	Paddington - Maida Vale	12110,351169	5146791,147176	
17	Polygon	Kensington	17400,242272	9730992,943228	
18	Polygon	Hammersmith and Fulham	25217,626979	15692520,45741	
19	Polygon	Docklands	24589,815834	20685172,851542	
20	Polygon	Wandsworth	34707,009113	35619667,995595	
21	Polygon	Lambeth	27913,502985	25255630,075024	
22	Polygon	South Bank	6505,607448	2313171,451571	
23	Polygon	Lewisham	34537,061034	35359725,781604	
24	Polygon	Southwark	29338,121905	27746041,308784	
25	Polygon	Greenwich	39443,081701	46770461,007326	

Снимок экрана №4. Атрибутивная таблица с числом отелей по каждому району

## 6.6 Построение картодиаграмм

В начало упражнения □

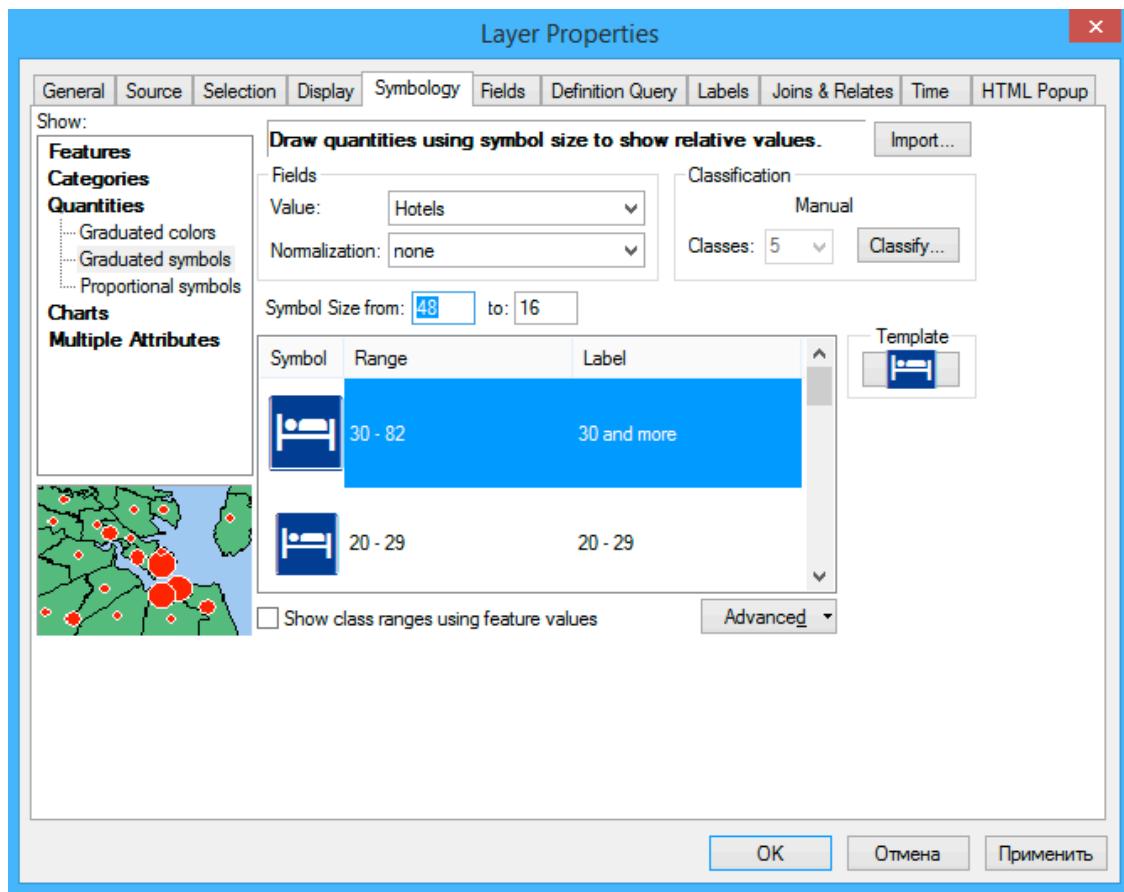
- Отключите слой *building\_points*.
- Создайте точки для размещения картодиаграмм числа отелей. Для этого
  - Щелкните правой кнопкой мыши по базе данных *London.gdb* и выберите пункт **Make Default Geodatabase**, чтобы результаты обработки складывались в эту базу.
  - Откройте **ArcToolbox** и запустите инструмент геообработки **Data Management Tools > Features > Feature to Point**.
  - Укажите в качестве **Input Features** слой *Districts*. Исправьте название выходного класса на *Hotels*. Диалог примет следующий вид:



3. Нажмите **OK**. Созданный слой точек будет добавлен на карту.

4. Создайте картодиаграммы на основе полученных точек. Для этого:

- Включите режим **Graduated Symbols** на вкладке **Symbology**.
- Выберите поле *Hotels* в качестве поля по которому будет производиться классификация.
- Аналогично первому упражнению, отредактируйте границы классов. Предлагается выделить следующие классы: менее 5, 5-9, 10-19, 20-29, 30 и более. Для этого необходимо нажать кнопку **Classify** и заменить границы первых четырех классов на 4, 9, 19, 29. Максимальное значение не трогайте. Нажмите **OK**.
- Измените шаблон картодиаграммы на значок отеля. Для этого сначала прочтите разделы Подключение библиотек символов и поиск символов по названию в разделе **Описание функций**. Нажмите кнопку **Template** на вкладке **Symbology**. Далее подключите библиотеку *Civic* и найдите в ней символ *Hotel Information 1*. Выберите его и нажмите **OK**.
- Отредактируйте подписи классов, изменив первый на «*less than 5*», а последний — на «*30 and more*».
- Измените максимальный и минимальный размер значка на 48 и 16 соответственно. Диалог настройки символов примет следующий вид:



5. Нажмите **OK**.

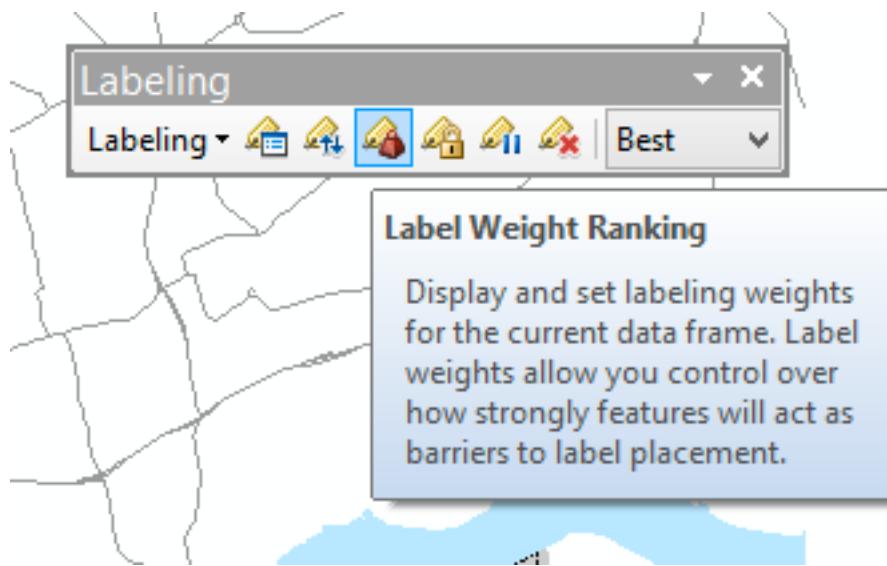
6. Сохраните документ карты

## 6.7 Настройка оформления других слоев

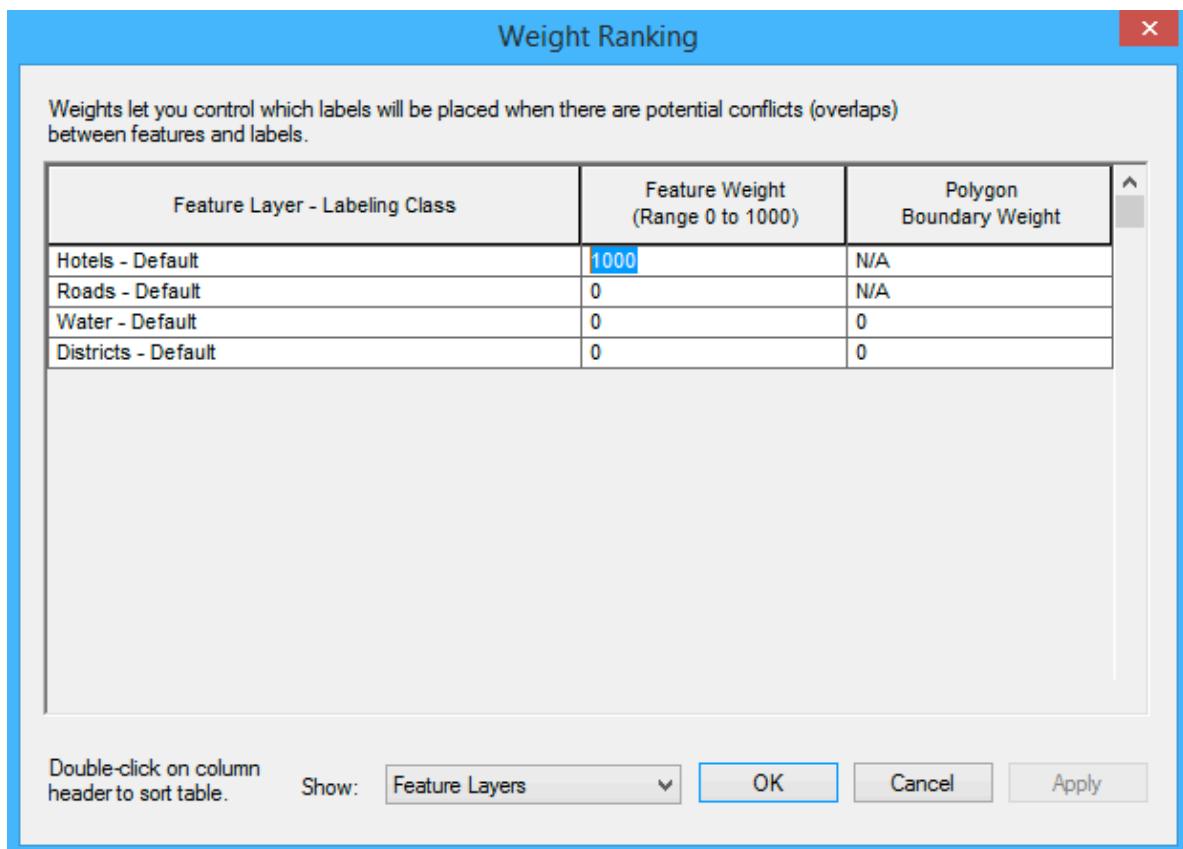
В начало упражнения ▾

Требуется отредактировать оформление слоев, чтобы получить картографическое изображение хорошего стиля и качества.

1. Расположите слои в следующем порядке сверху вниз: *Hotels* — *Roads* — *Water* — *Districts* — *InnerLondon*.
2. В настройках слоя *Districts*:
  - Измените цвет заливки на серый 10%.
  - Измените символ обводки на *Boundary*, *County*. Увеличьте его толщину до 6 пунктов, а цвет установите серый 20%.
  - Замените стандартный шрифт подписей на более современный *Euphemia*, установите размер 8 и **жирное** начертание. Включите гало подписей, чтобы они хорошо читались на фоне.
3. Для слоя *Water* отключите обводку, оставив только голубую заливку.
4. Необходимо запретить подписям районов перекрывать значки картодиаграмм. Для этого откройте панель **Labeling**, откройте на ней меню **Labeling** и убедитесь, что включен механизм размещения подписей **Maplex**. Далее нажмите кнопку **Label Weight Ranking**:

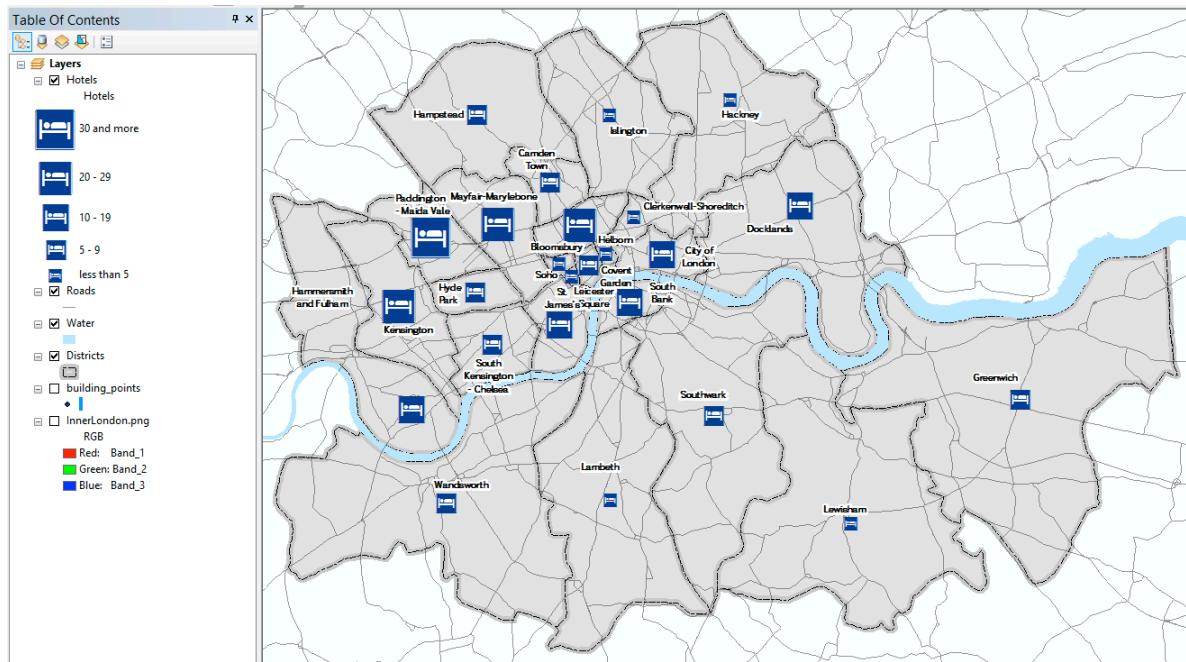


В открывшемся диалоге исправьте значение **Feature Weight** для слоя *Hotels* на 1000.



Любому слою может быть присвоен вес от 0 до 1000. Чем выше вес, тем меньше вероятность, что слой будет перекрываться подписями.

Нажмите **OK**. Картографическое изображение примет следующий вид:



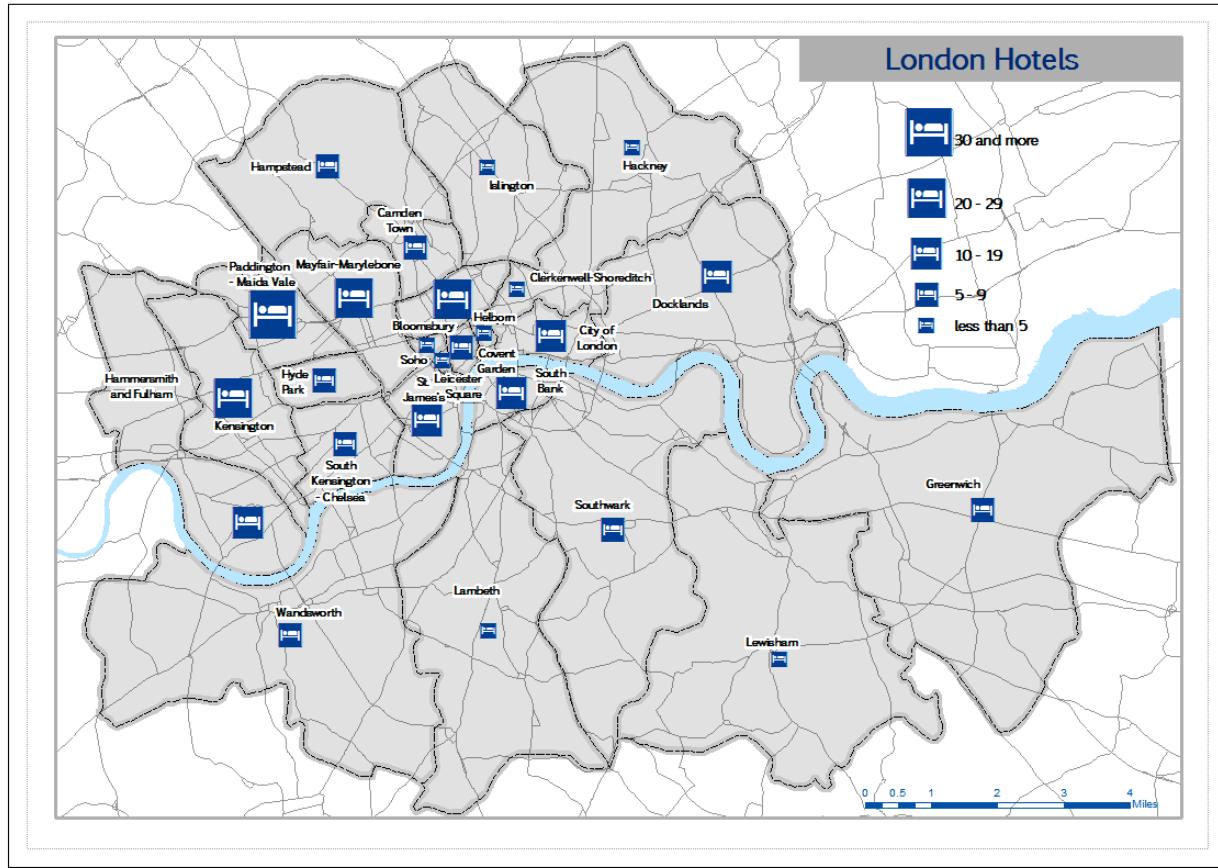
Снимок экрана №5. Картодиаграммы числа отелей по городским районам

5. Сохраните документ карты

## 6.8 Компоновка

В начало упражнения □

Оформите компоновку карты с легендой в соответствии со следующим образцом.



Для этого:

1. Установите масштаб равным 1:100 000.
2. Для заголовка карты используйте также шрифт *Euphemia* синего цвета.
3. Под заголовок подложите прямоугольник серого цвета 30%.
4. Добавьте масштабную линейку в милях синего цвета.
5. Добавьте легенду к слою *Hotels*, отключите в ней названия самого слоя и единиц измерения, чтобы остались только плашки и их подписи.
6. Добавьте к фрейму данных рамку серого цвета 30%. Для этого в свойствах фрейма данных на вкладке *Frame* выберите границу *Border* и измените ее параметры. Выровняйте прямоугольник названия по верхнему правому углу карты.

По завершению оформления **Экспортируйте карту** в файл формата *PNG* в вашей директории *Ex06* с разрешением 150 точек на дюйм, чтобы вставить ее в отчет.

## 6.9 Ответы на вопросы

В начало упражнения ▾

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.

# Chapter 7

## Привязка и цифрование туристской карты

### 7.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с привязкой, трансформированием и цифрованием геоизображений.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Системы координат и проекции на картах, привязка геоизображений, трансформирование геоизображений
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Работа с базами данных.
Исходные данные	Растровые карты для привязки, база пространственных данных на территорию Швейцарии.
Результат	База данных со следующими слоями: границы природных зон; линии туристического маршрута; остановки общественного транспорта.
Ключевые слова	Системы координат, проекции, трансформирование координат, пространственная привязка, цифрование, геоизображения

#### 7.1.1 Контрольный лист

- Привязать растровые карты к опорным данным
- Создать базу геоданных и классы пространственных объектов
- Наполнить классы пространственных объектов путем цифрования привязанных карт
- Наполнить атрибуты объектов значениями
- Разработать символику и подписи для слоев карты
- Подготовить компоновку карты
- Экспортировать карту в графический файл

#### 7.1.2 Аннотация

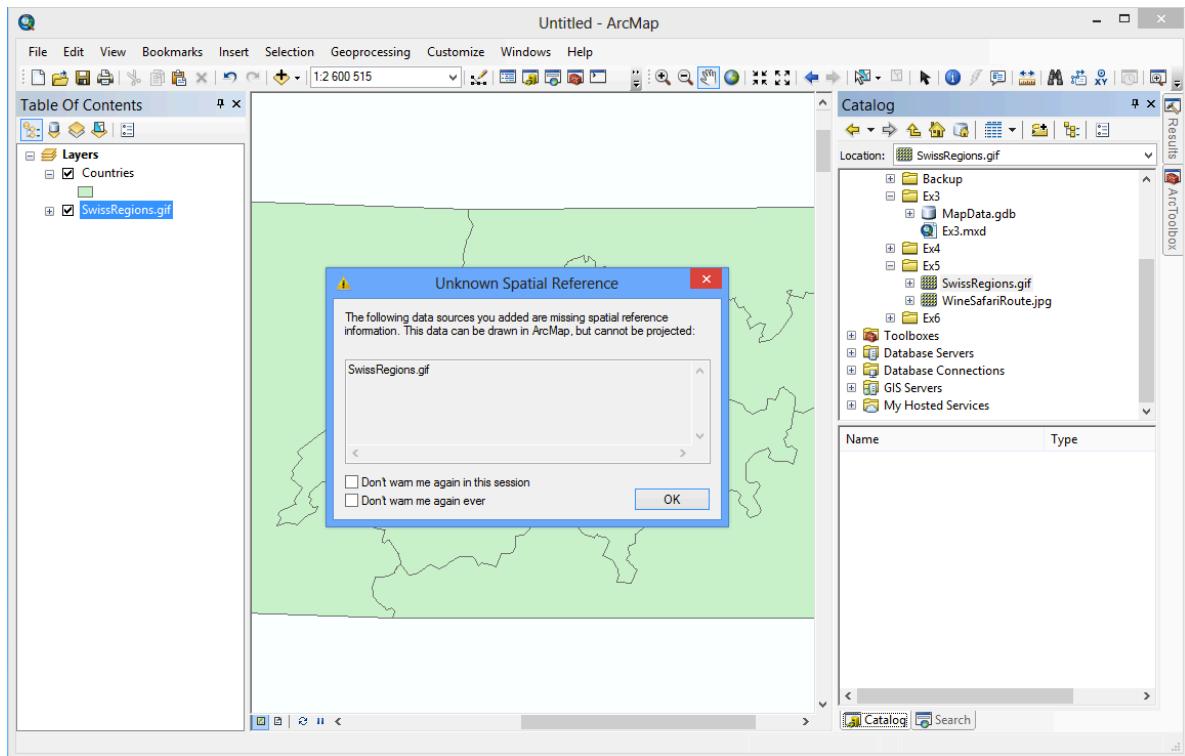
Задание посвящено знакомству с привязкой растровых карт, созданием и наполнением баз пространственных данных путем цифрования, оформлением карт на их основе.

В задании предлагается привязать в координатную систему карту природных зон и карту туристического маршрута по территории Швейцарии. По результатам цифрования этих карт вы составите туристскую карту, показывающую прохождение маршрута по разным природным зонам.

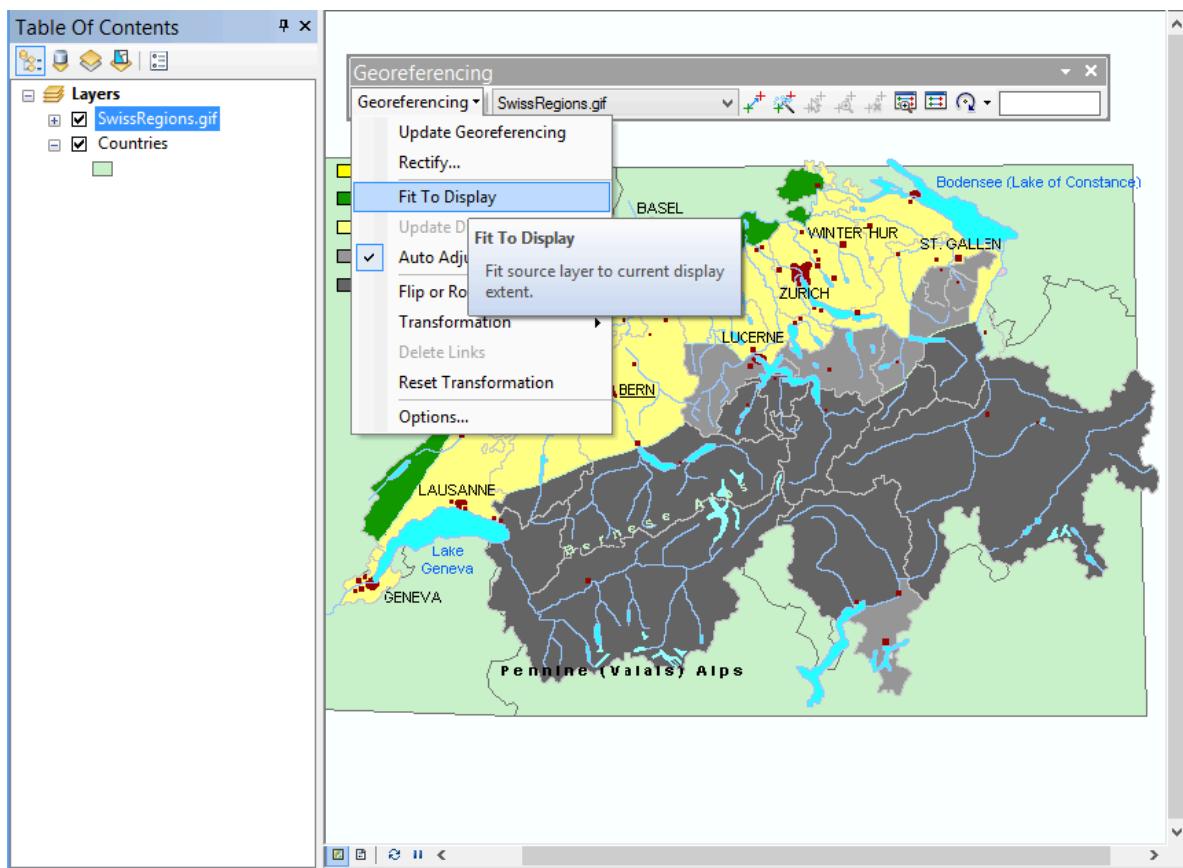
### 7.2 Привязка карт

В начало упражнения □

1. Внимательно прочтите раздел **Привязка растровых данных (Georeferencing)** в разделе **Описание функций**.
2. Добавьте на карту слой *Countries* из базы данных упражнения 3.
3. Добавьте на карту растр *SwissRegions.gif*. Появится диалог, предупреждающий вас, что добавляемый файл не имеет пространственной привязки. Нажмите **OK**:

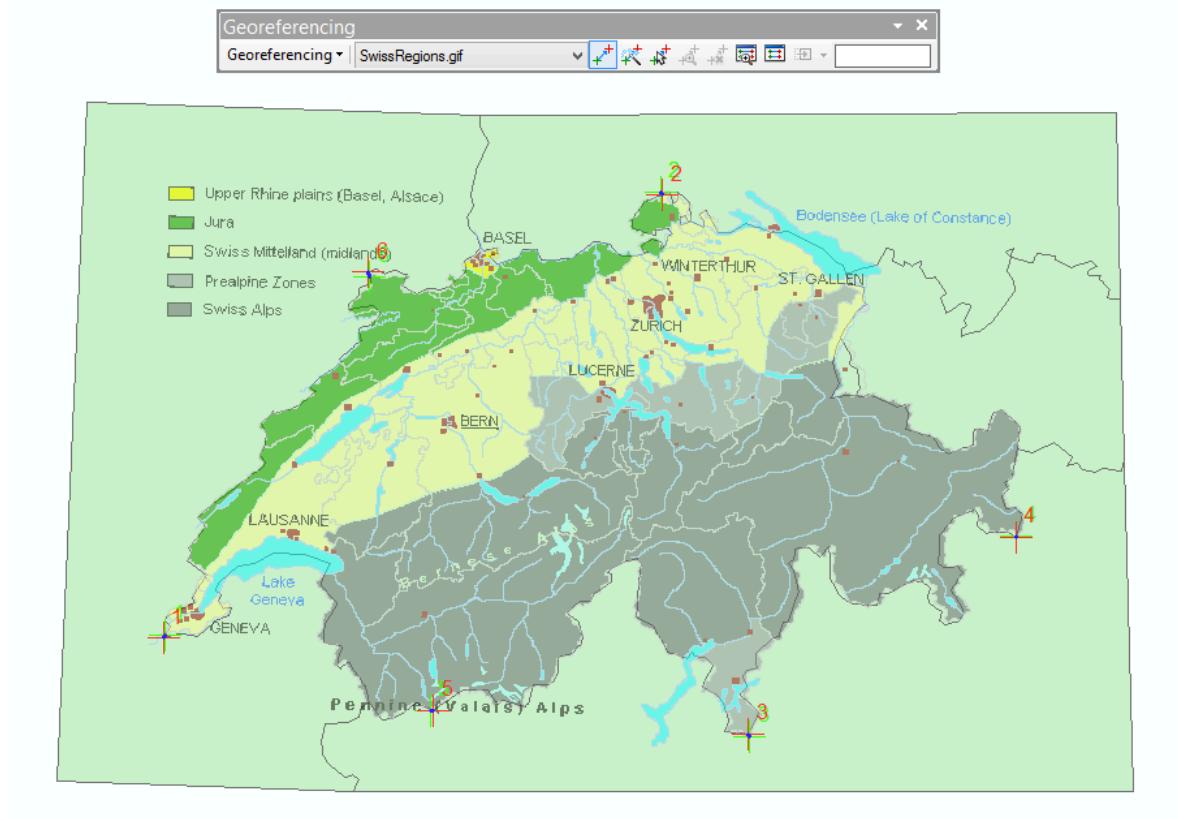


4. Убедитесь, что контур страны отображается примерно посередине экрана.
5. Откройте панель инструментов **Georeferencing**. Выберите в меню команду **Fit to Display**, чтобы переместить непривязанный растр на середину области отображения:

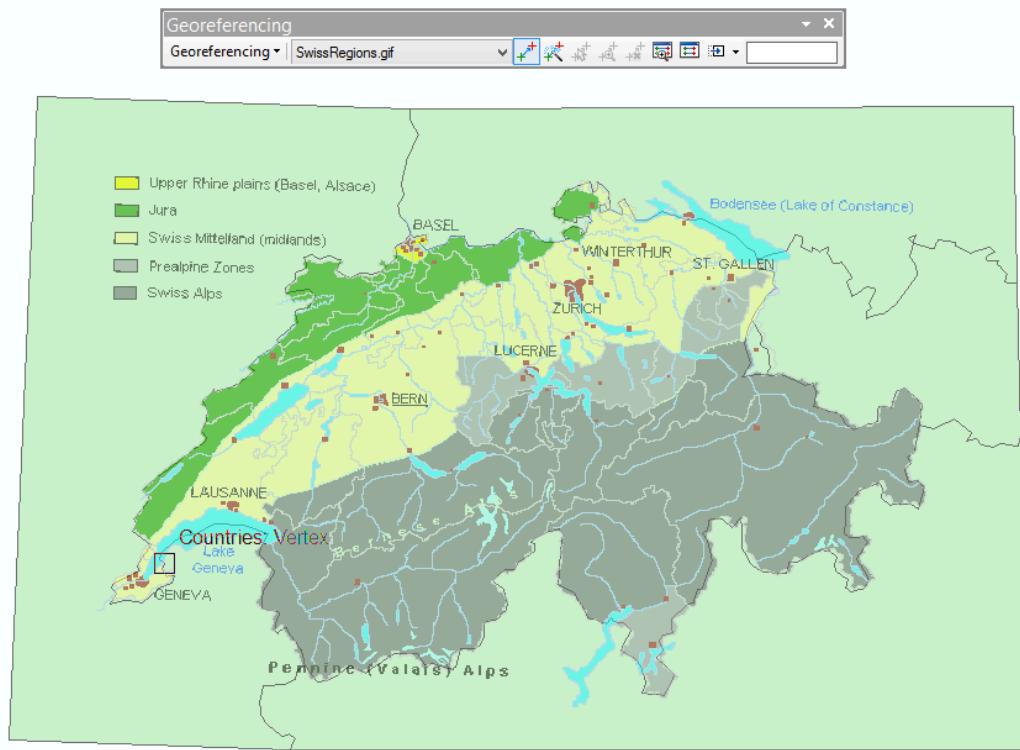


6. Сделайте растровый слой прозрачным на 50%.

7. Используя **инструмент расстановки контрольных точек**, укажите 3-6 соответствующих точек по границе страны на характерных выступах контура:

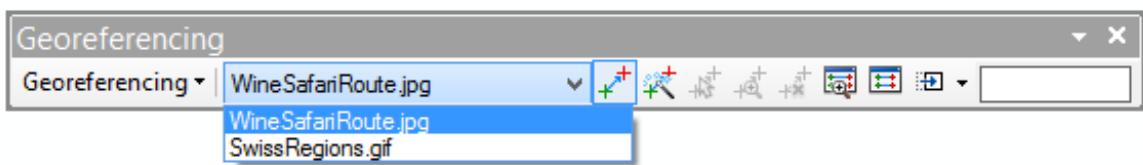


8. Выберите команду меню **Georeferencing > Update Georeferencing**, чтобы завершить привязку растра. При этом по умолчанию будет применено аффинное преобразование с минимизацией среднеквадратической ошибки отклонения исходных и целевых координат:



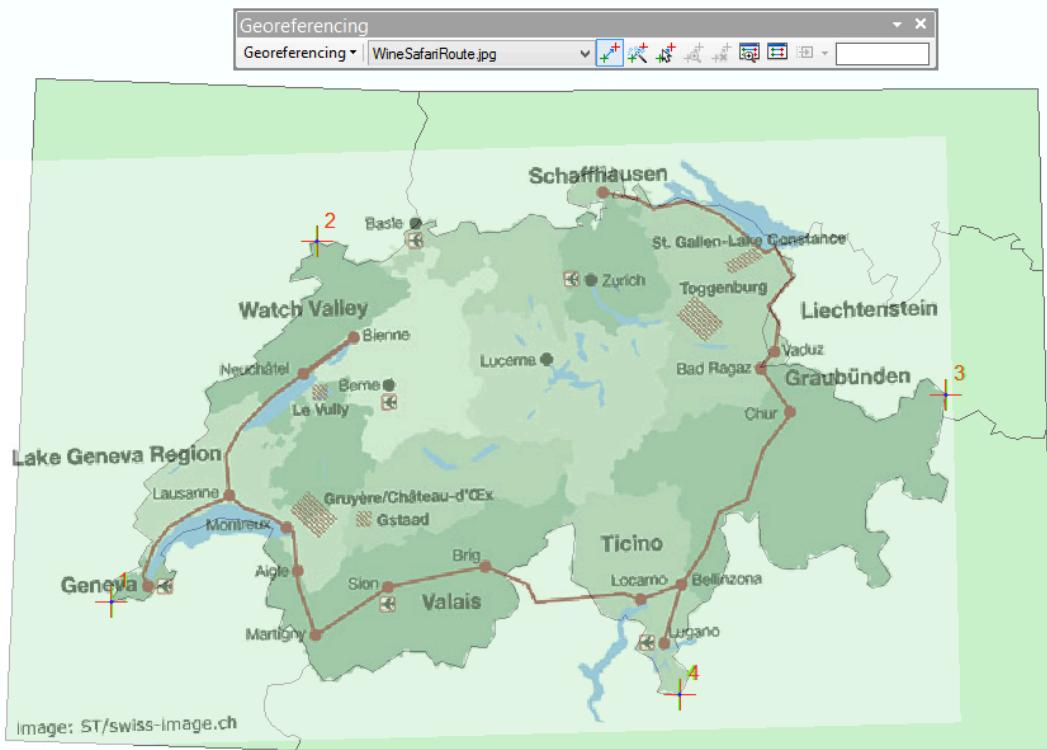
9. Добавьте на карту слой *WineSafariRoute.jpg*.

10. Выберите его в списке на панели **Georeferencing**:



11. Отключите слой *SwissRegions.gif* в таблице содержания.

12. Привяжите растр *WineSafariRoute* аналогично предыдущему раству, используя контрольные точки:



1. Выберите команду **Georeferencing > Update georeferencing**, чтобы завершить привязку второго растра.

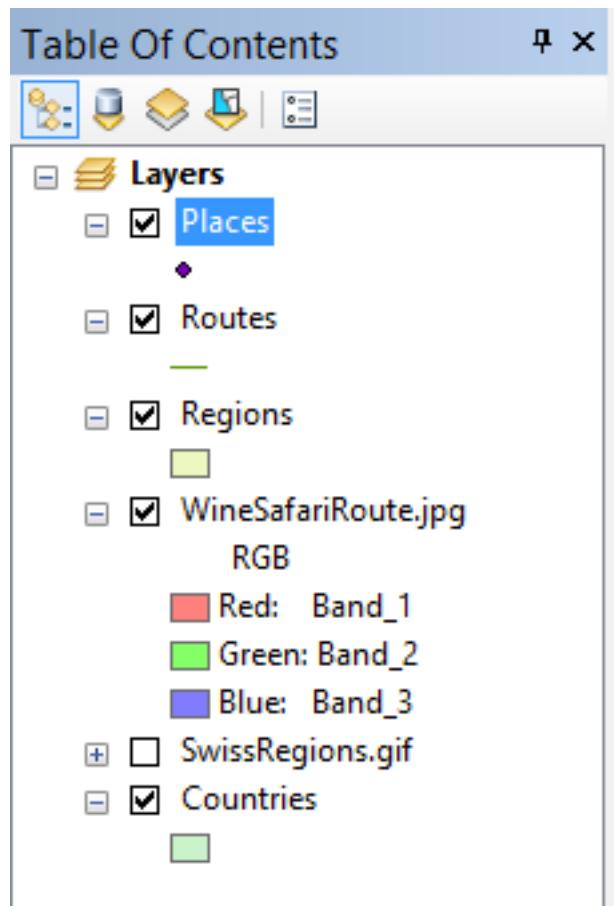
### 7.3 Создание базы данных и классов пространственных объектов

В начало упражнения ▾

1. Создайте в папке *Ex07* базу геоданных под названием *RouteMap.gdb*.
2. Создайте в базе данных классы пространственных объектов со следующими параметрами:

Название	Модель пространственных объектов	Атрибутивные поля	Проекция
<i>Regions</i>	Полигональная (polygon features)	NAME (text)	WGS_1984_UTM_Zone_32N (импортируйте у слоя карты)
<i>Routes</i>	Линейная (line features)	-	WGS_1984_UTM_Zone_32N (импортируйте у слоя карты)
<i>Places</i>	Точечная (point features)	NAME (text)	WGS_1984_UTM_Zone_32N (импортируйте у слоя карты)

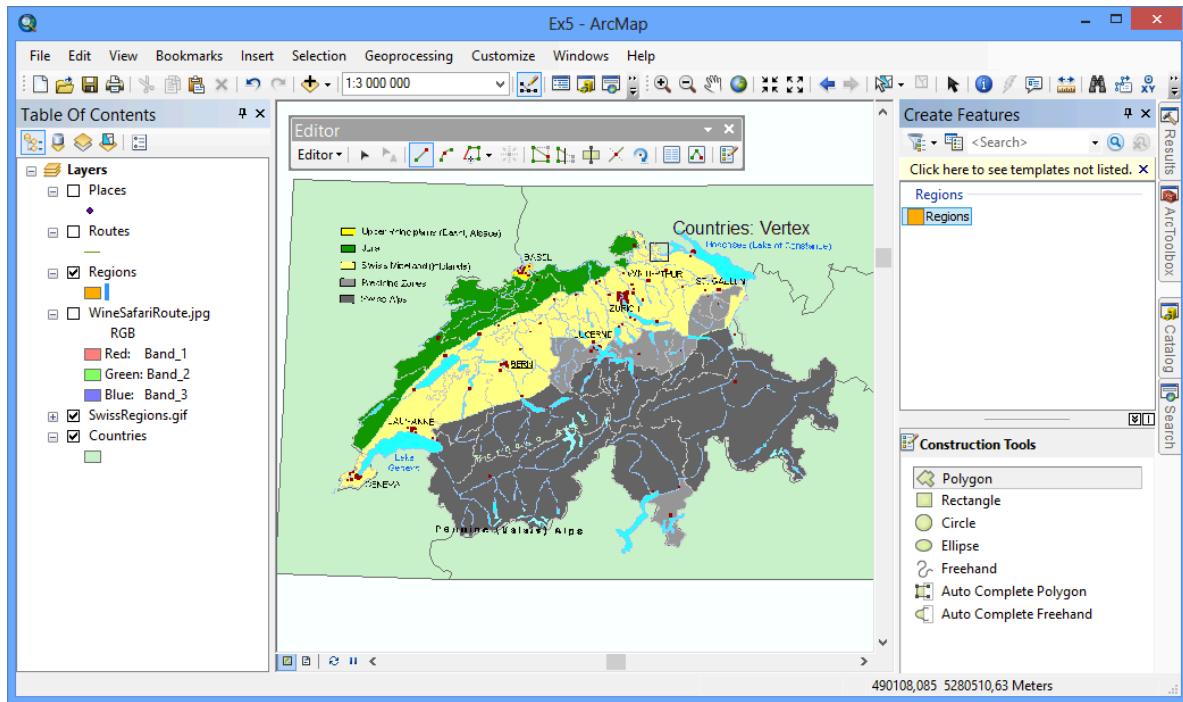
По завершению создания слоев они автоматически будут добавлены на карту:



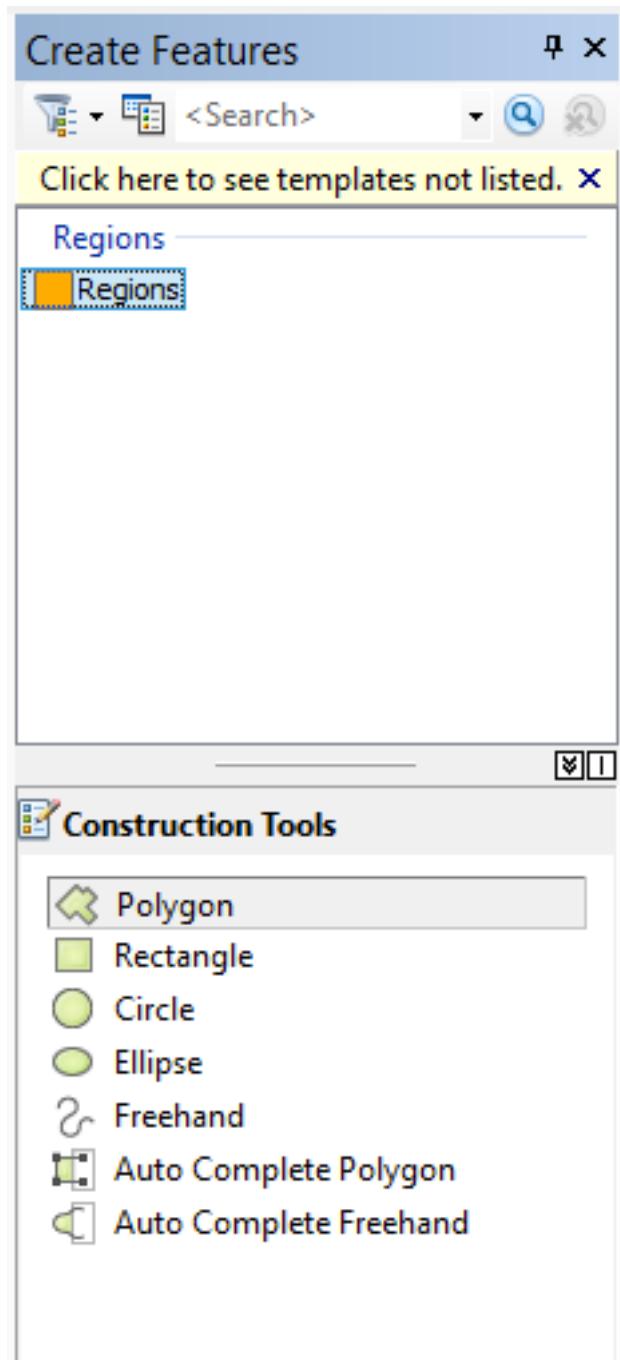
## 7.4 Цифрование регионов

В начало упражнения ▾

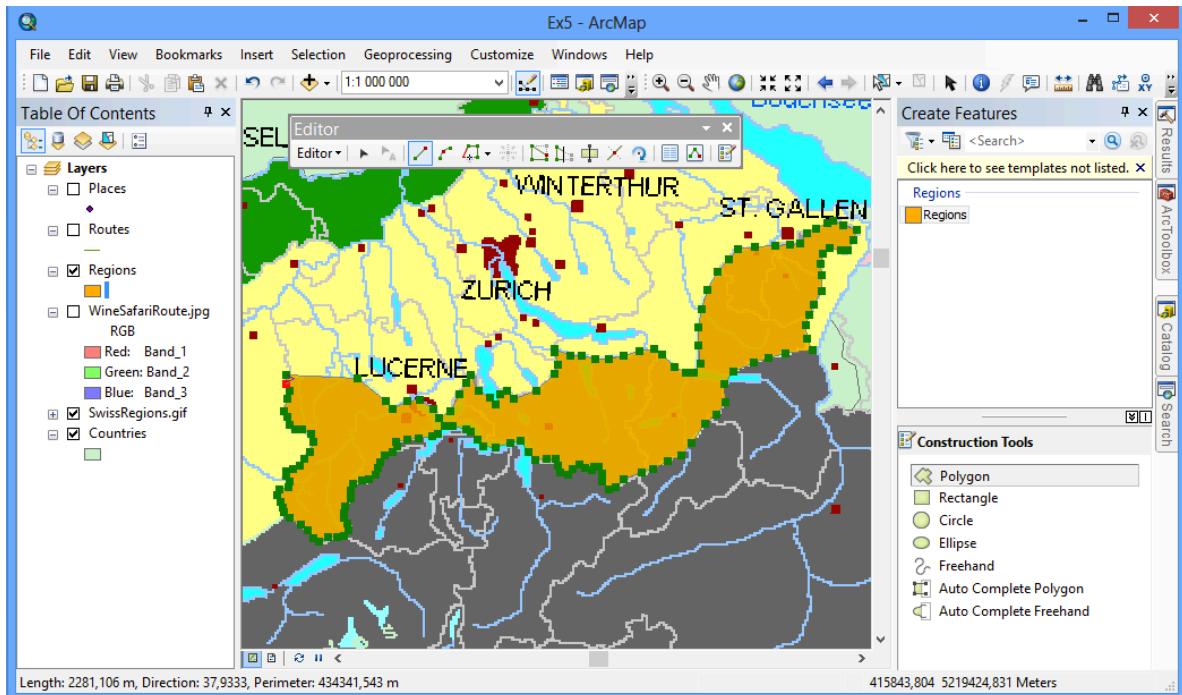
1. Оставьте включенными только слои *Regions*, *SwissRegions* и *Countries*.
2. Уберите прозрачность у слоя *SwissRegions*.
3. Откройте сеанс редактирования для слоя *Regions*. Появится панель редактирования **Editor**, а также окно шаблонов объектов **Create Features**:



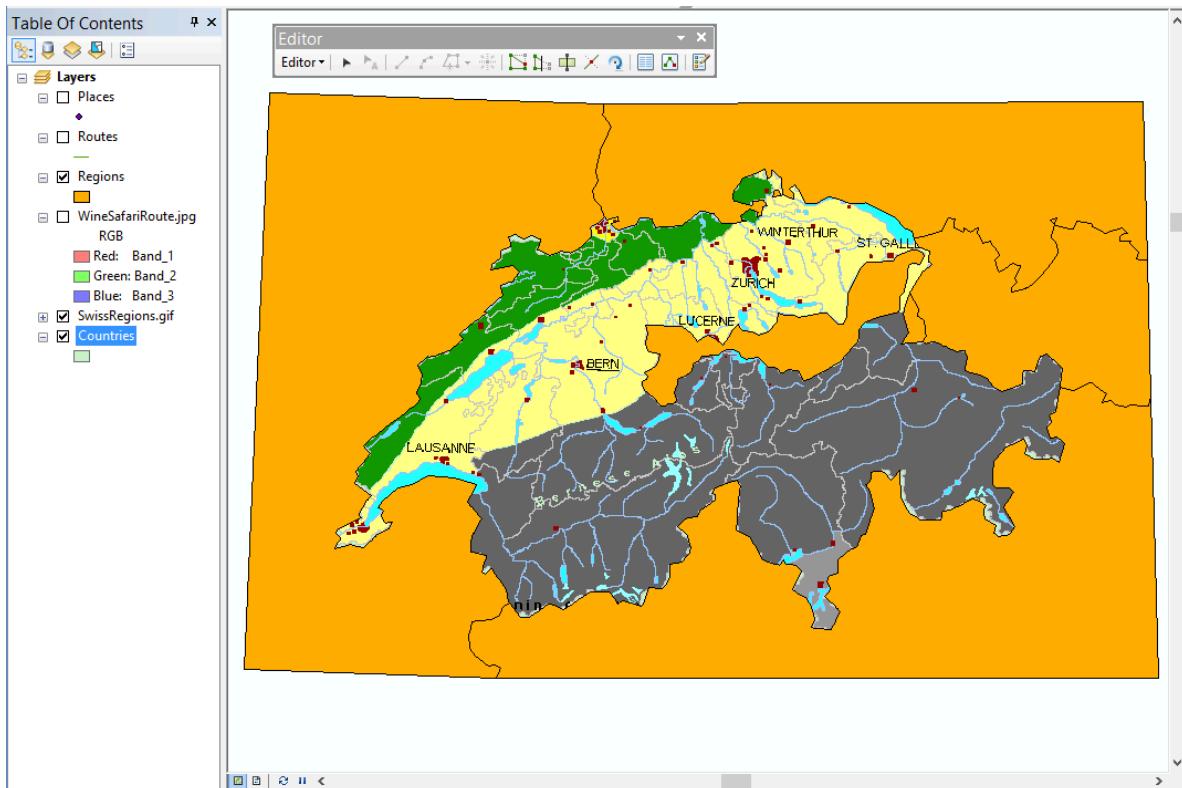
4. Щелкните на шаблоне объекта **Regions** в окне **Create Features** и выберите режим цифрования **Polygon**:



5. Оцифруйте регион *Prealpine Zones* в центре карты. По завершению дважды щелкните мышкой:

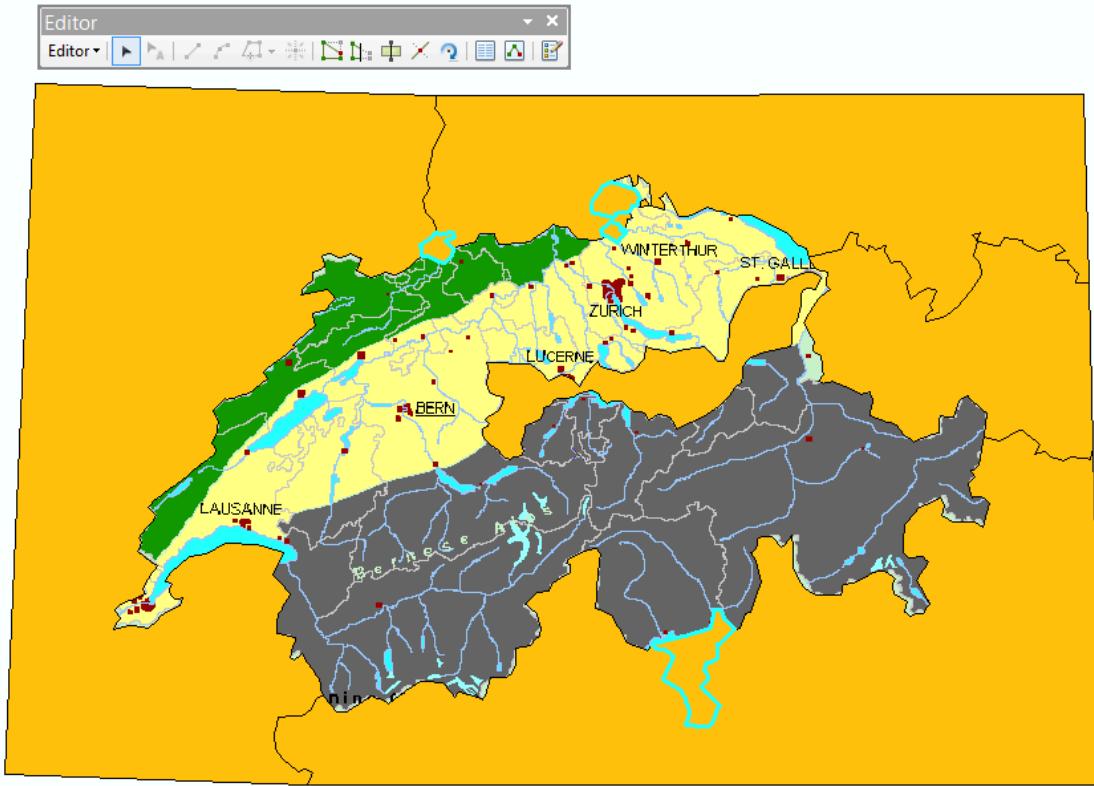


6. Чтобы появилась возможность пристыковать остальные регионы к границам стран, **выделите** в слое *Countries* все страны, кроме Швейцарии, **скопируйте** их в буфер обмена и **вставьте** в слой *Regions*:

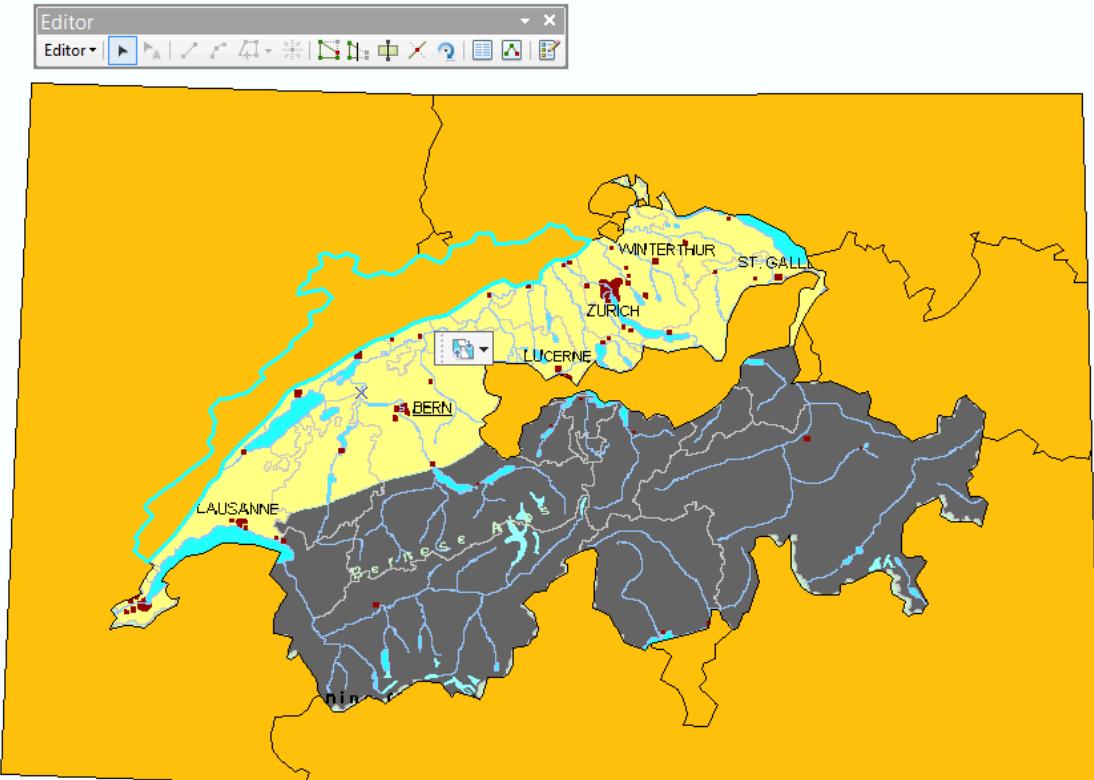


7. Выделите опять шаблон *Regions* в окне **Create Features**.
8. Используя режим **Auto-Complete Polygon**, оцифруйте границы оставшихся регионов в следующем порядке:

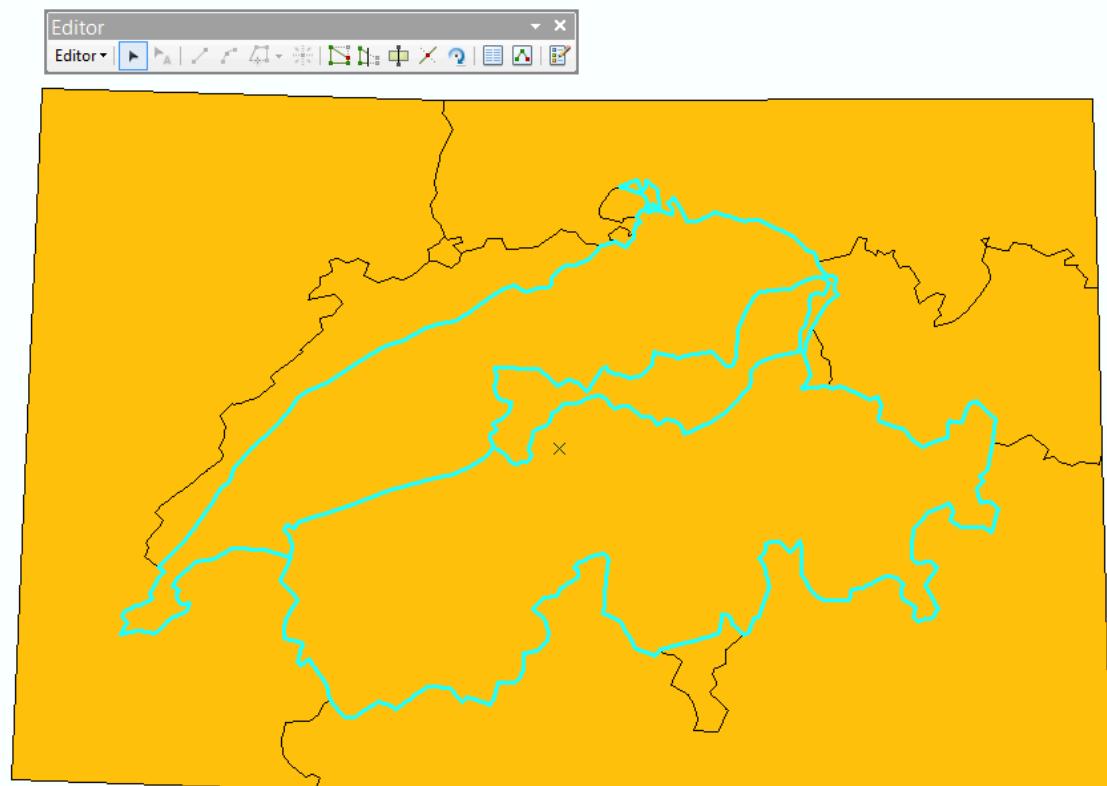
- Сначала небольшие регионы, примыкающие к границам:



- Затем область второго порядка (горы Юра):

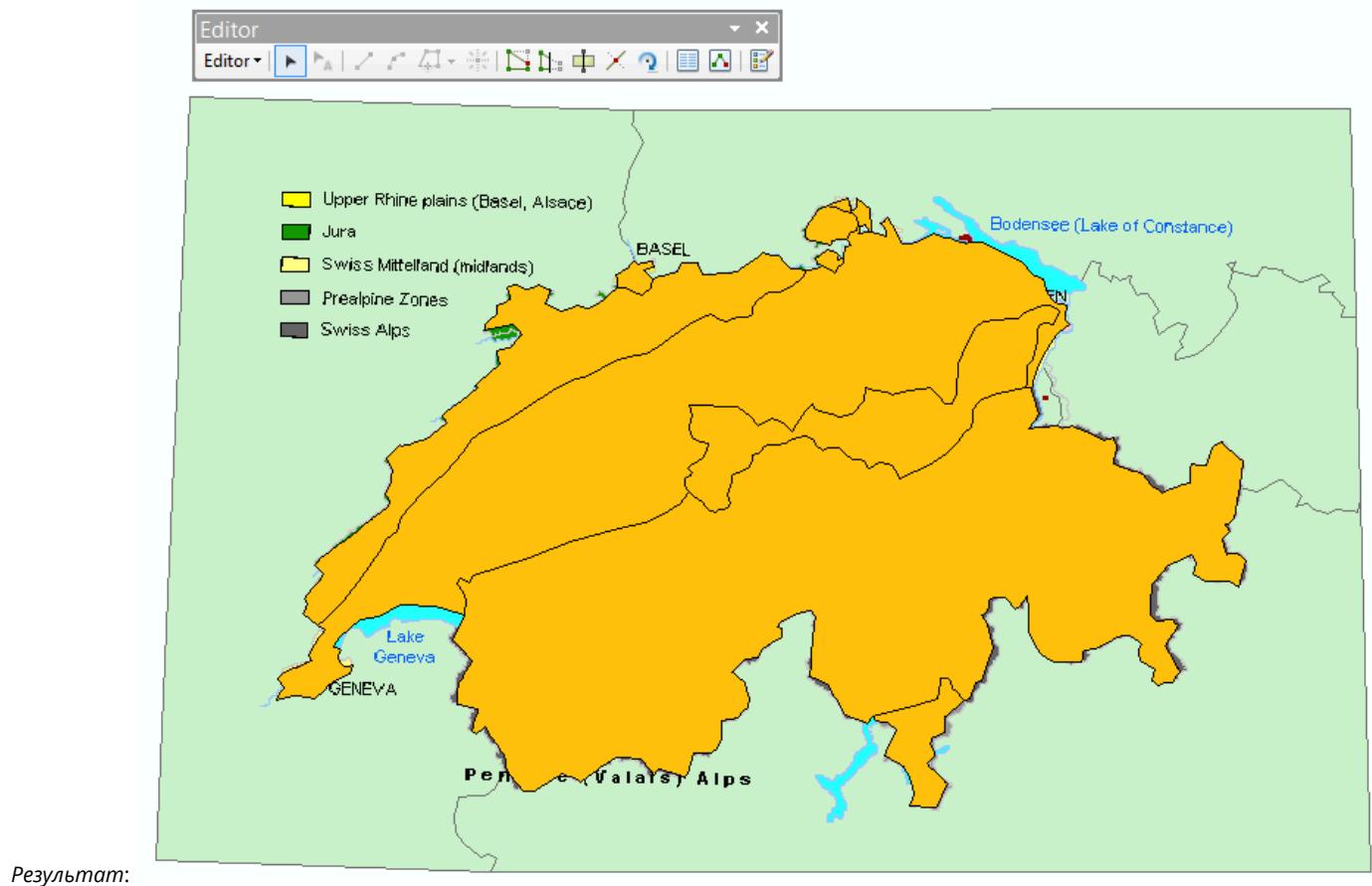


- Наконец, границу между центральными регионами:



9. Выделите в слое *Regions* границы стран и удалите их.

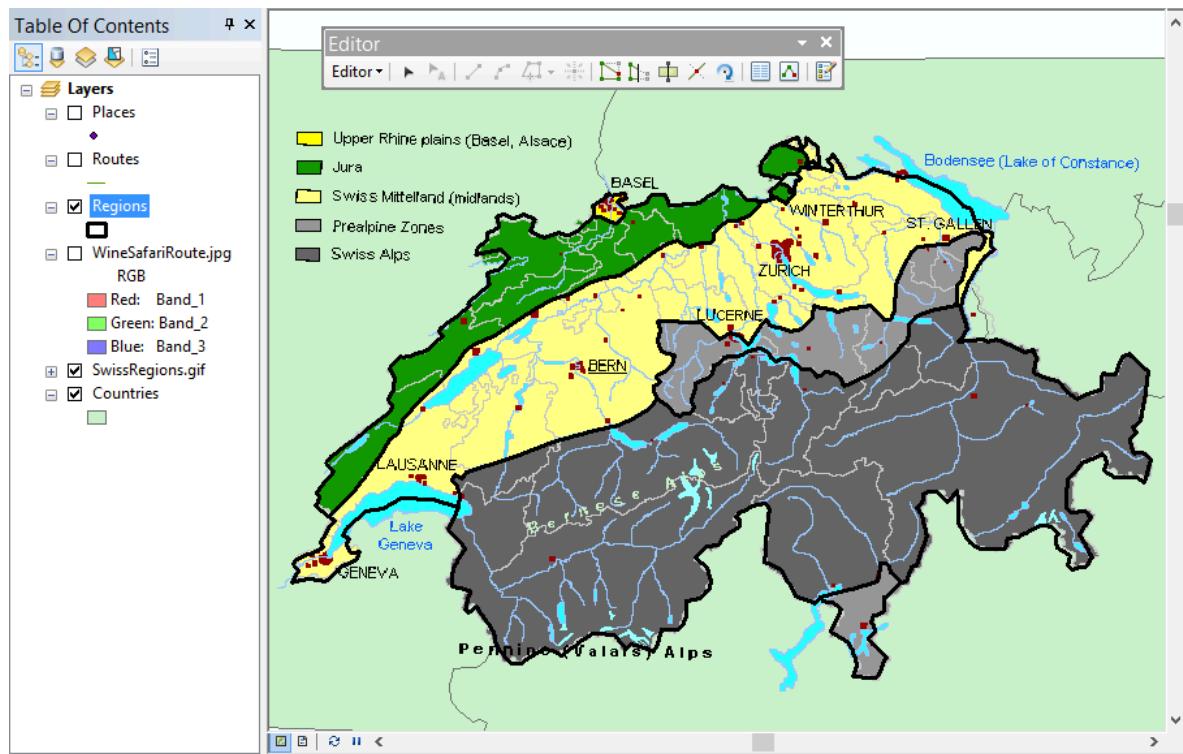
10. Выберите команду **Editor > Save Edits**, чтобы сохранить результаты редактирования.



## 7.5 Атрибутирование регионов

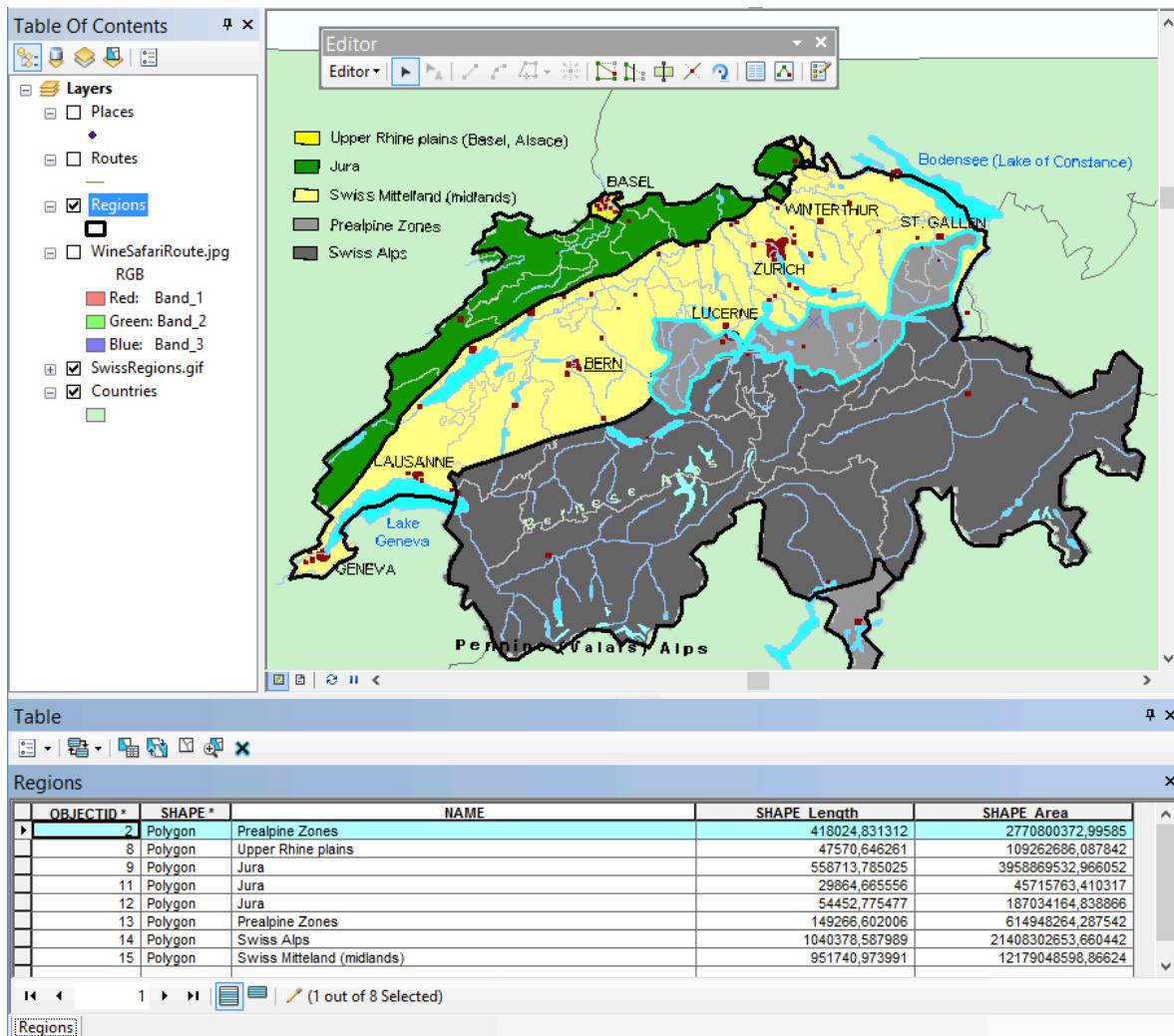
В начало упражнения □

1. Уберите заливку регионов, линии сделайте толщиной 1.5-2 пикселя:



2. Откройте атрибутивную таблицу слоя *Regions*.

3. Поочередно выделяя каждый объект в таблице или на карте, заполните его атрибуты в соответствии с легендой:

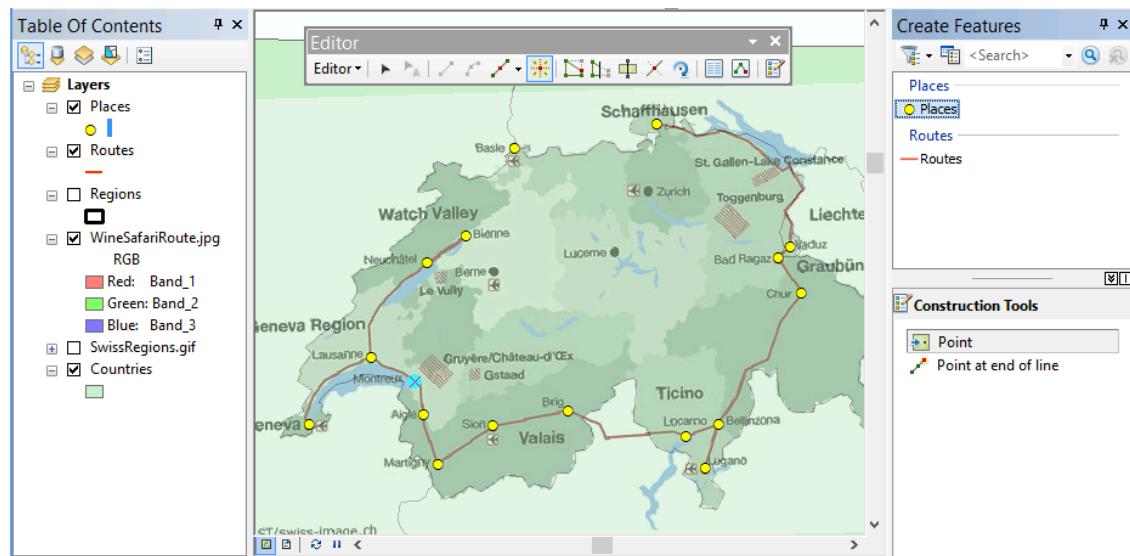


- Сохраните изменения и завершите сеанс редактирования.

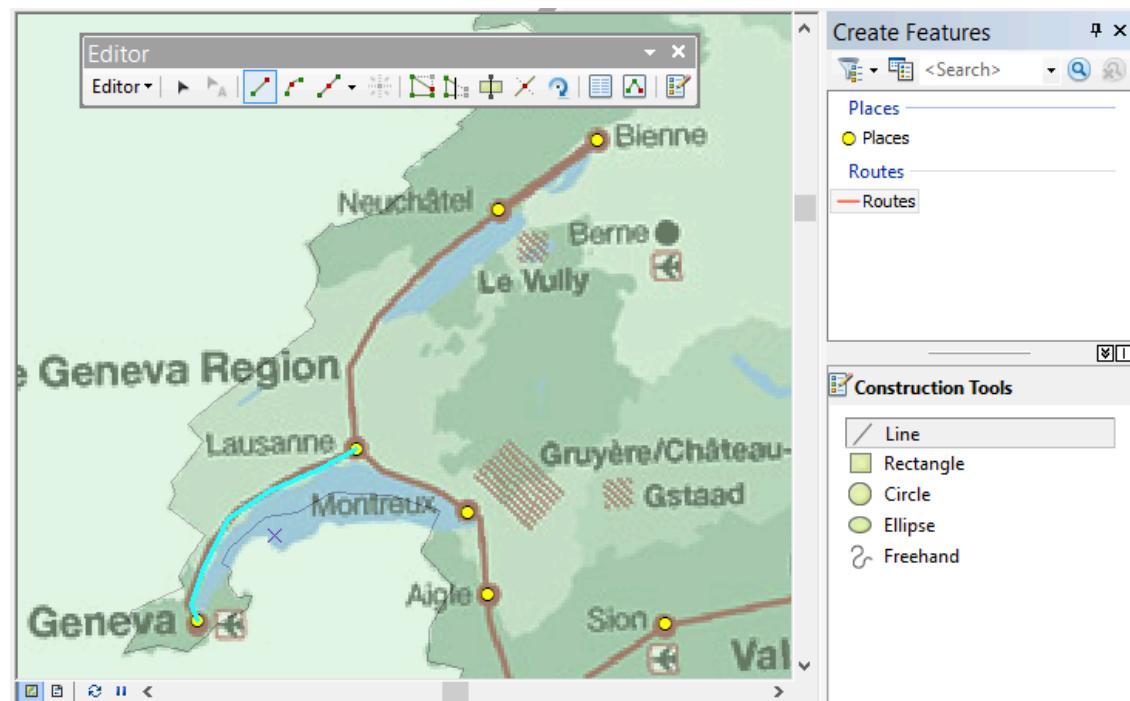
## 7.6 Цифрование маршрутов и точек интереса

В начало упражнения □

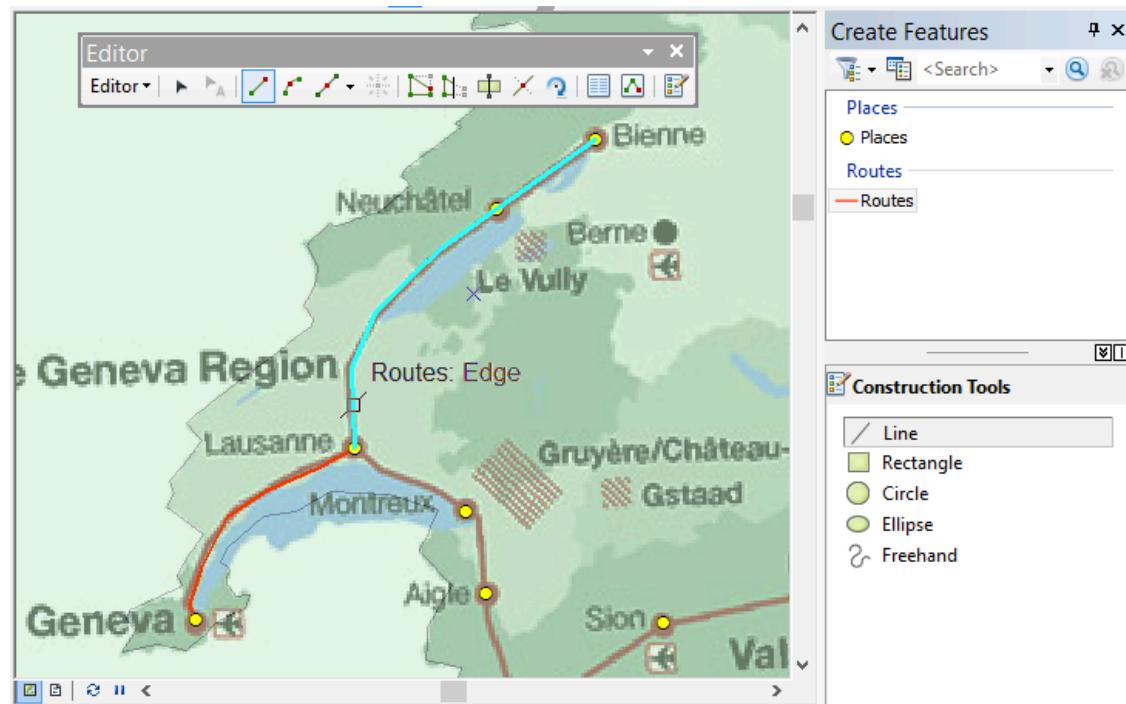
- Выключите слои *Regions* и *SwissRegions.gif*.
- Включите слои *WinSafariRoute*, *Routes* и *Places*.
- Оцифруйте объекты слоев *Places* и *Routes*, используя инструменты панели **Create Features**:
  - Начните с расстановки точек:



- Увеличьте масштаб, чтобы были хорошо видны изгибы линий:

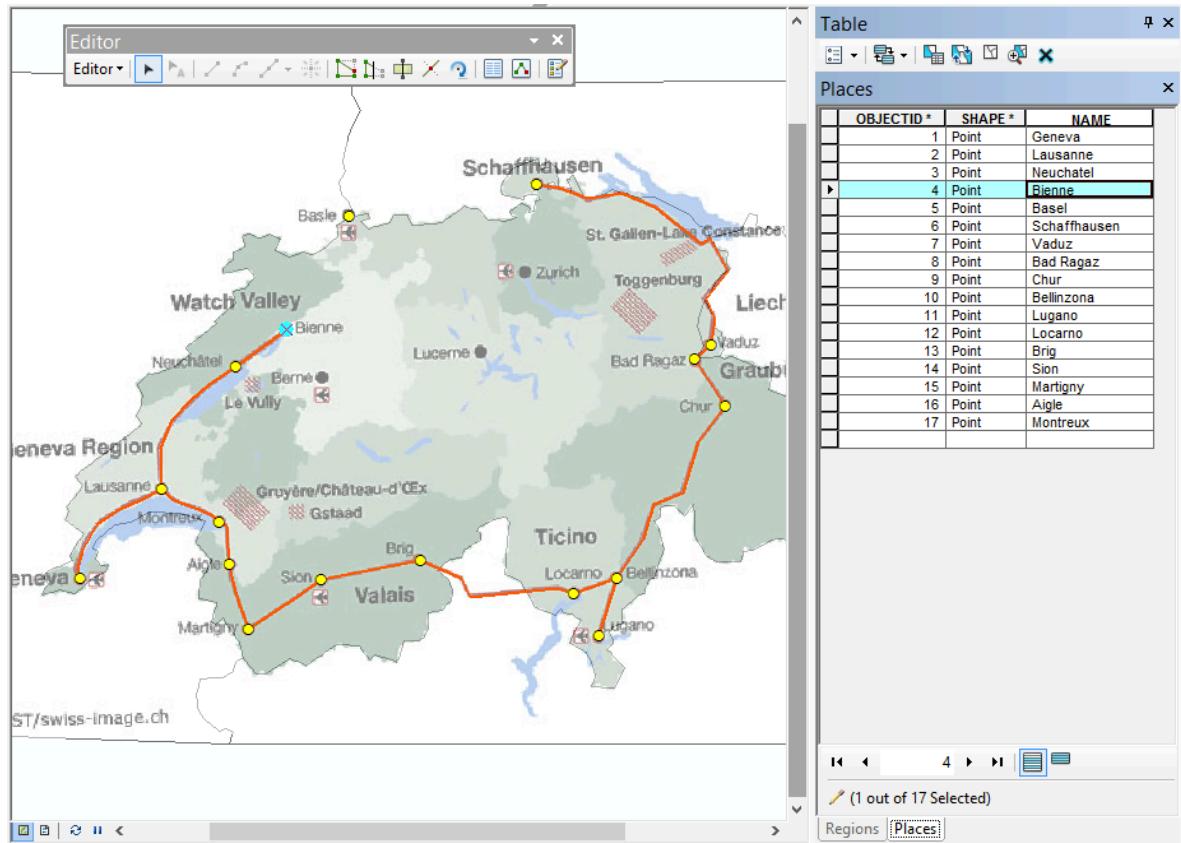


- Проведите линии через получившиеся точки, повторяя контур исходной линии на растровой подложке. Каждую линию начинайте в точке и завершайте двойным щелчком в перекрестке:



Результат:

4. Заполните названия городов в слое *Places*.

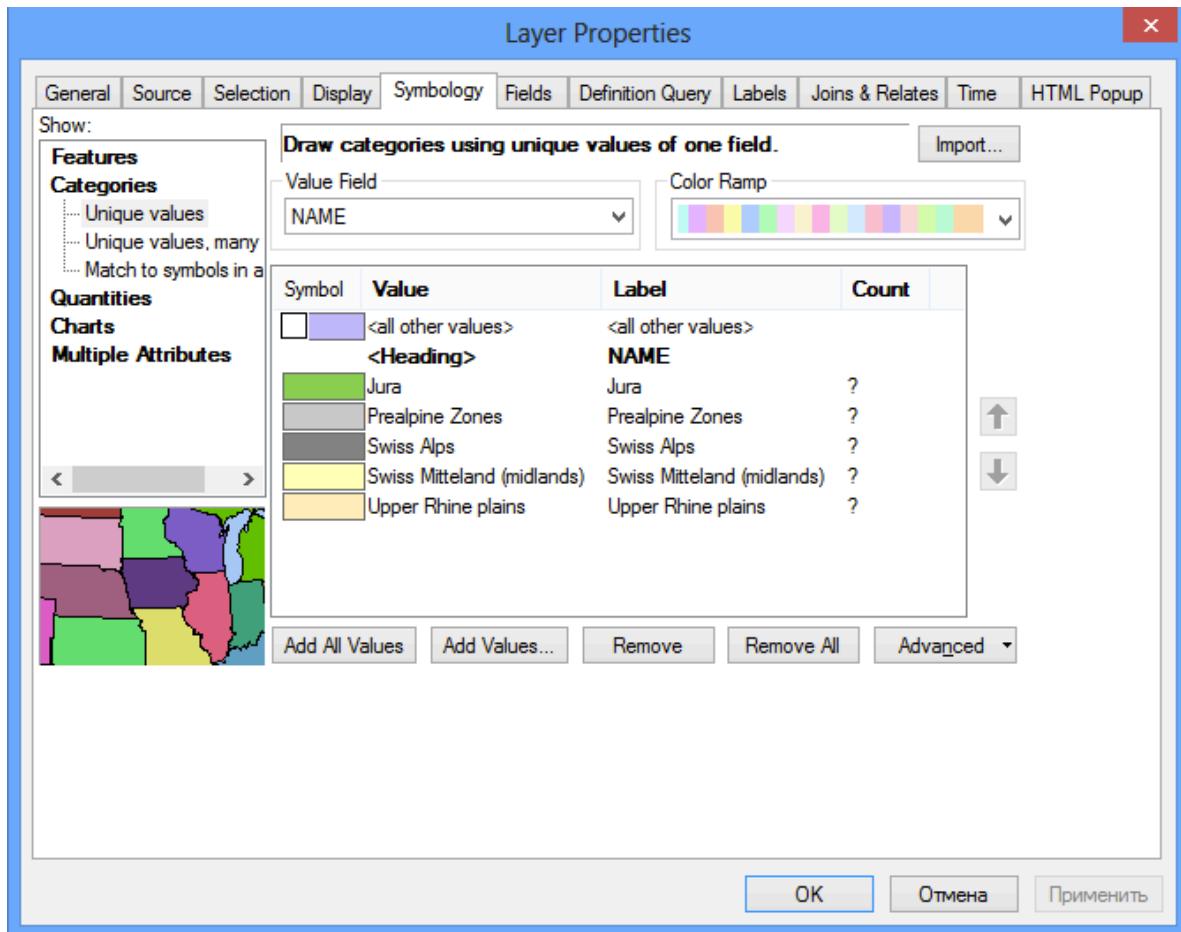


- Сохраните изменения и завершите сеанс редактирования.

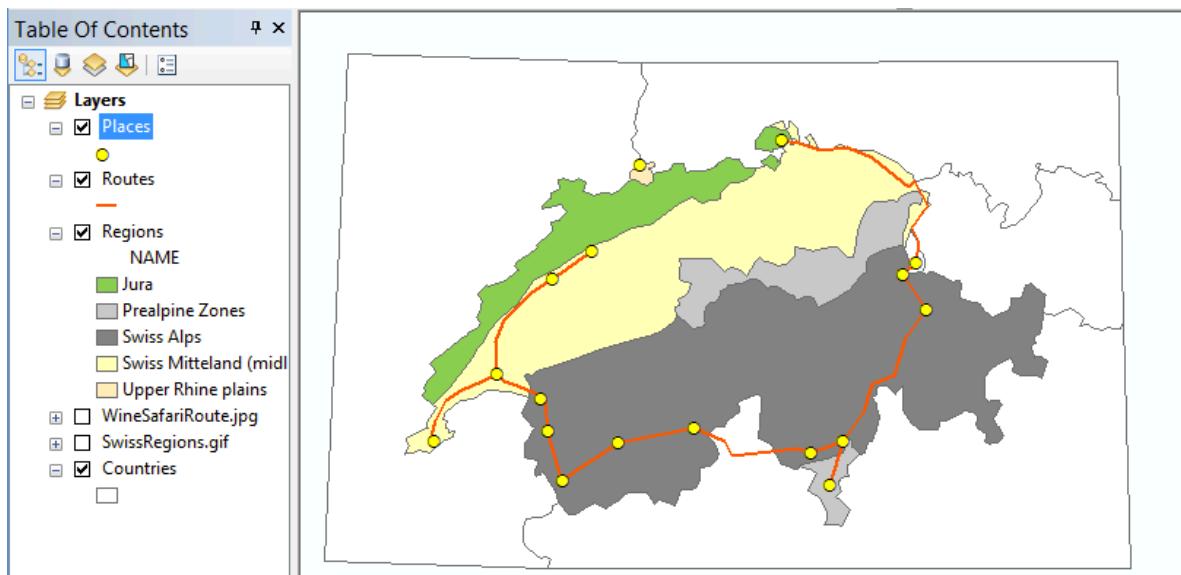
## 7.7 Оформление карты

В начало упражнения □

- Оставьте включенными слои *Regions*, *Routes*, *Places* и *Countries*. Остальные слои выключите.
- Уберите заливку у слоя *Countries*.
- Оформите слой *Regions* методом категорий по полю *NAME*:



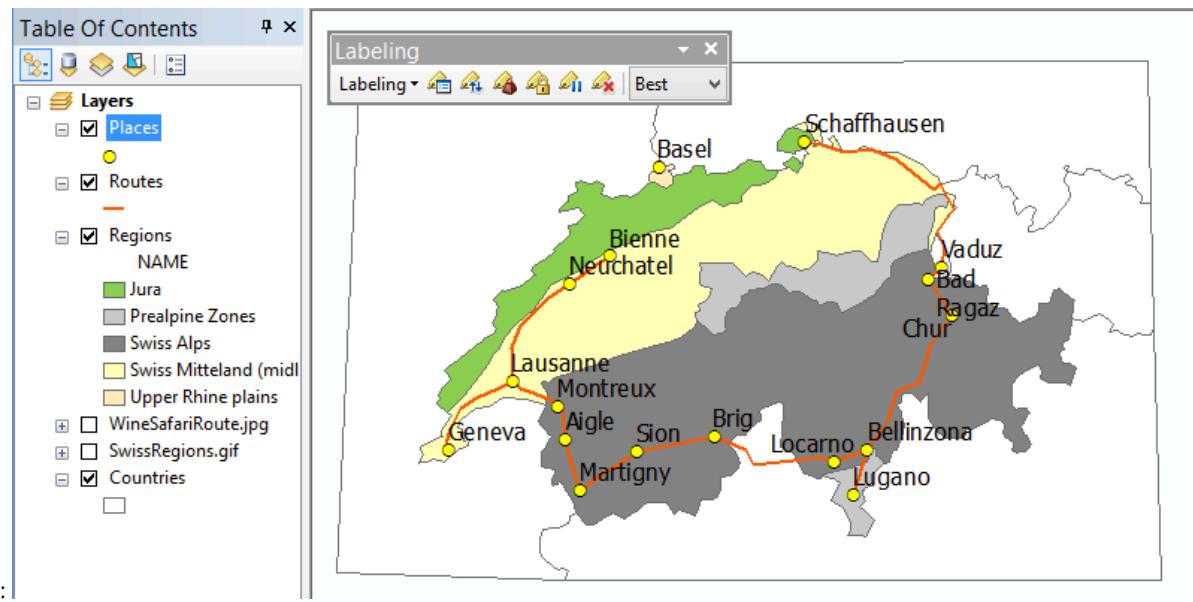
4. Оформите слои *Routes* и *Places* по аналогии с нижеприведенным фрагментом:



5. Откройте панель **Labeling** и включите **Maplex** для размещения подписей.

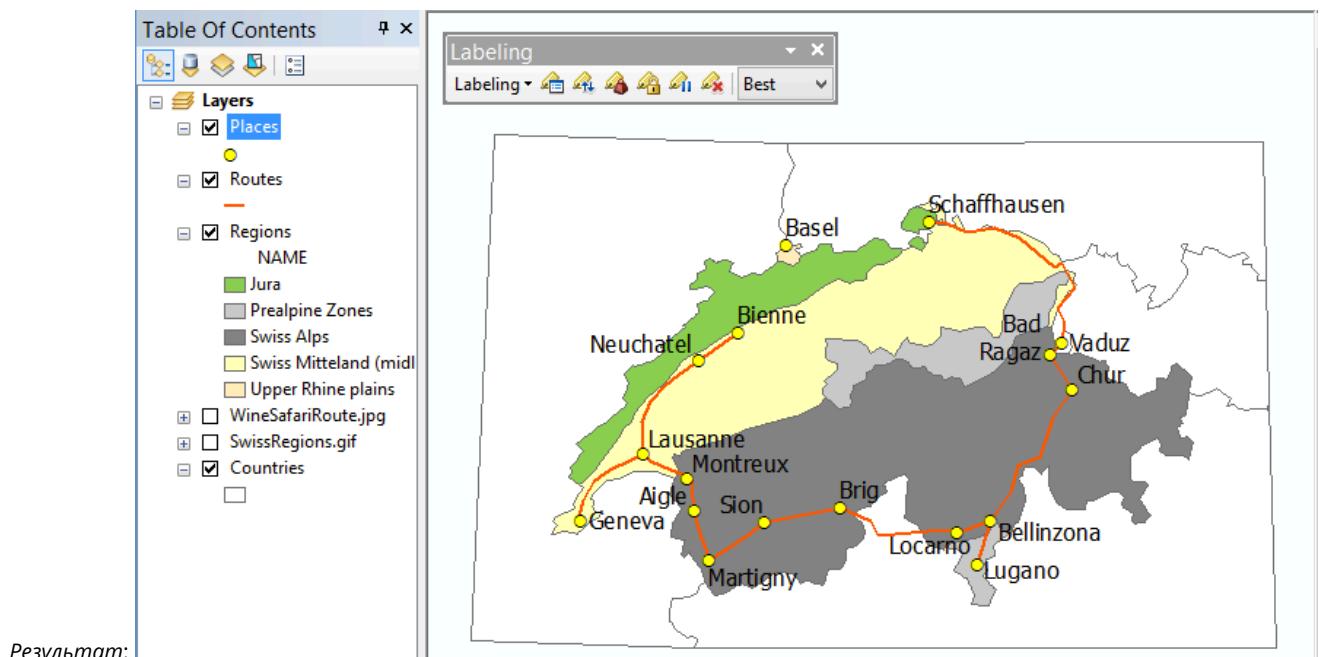
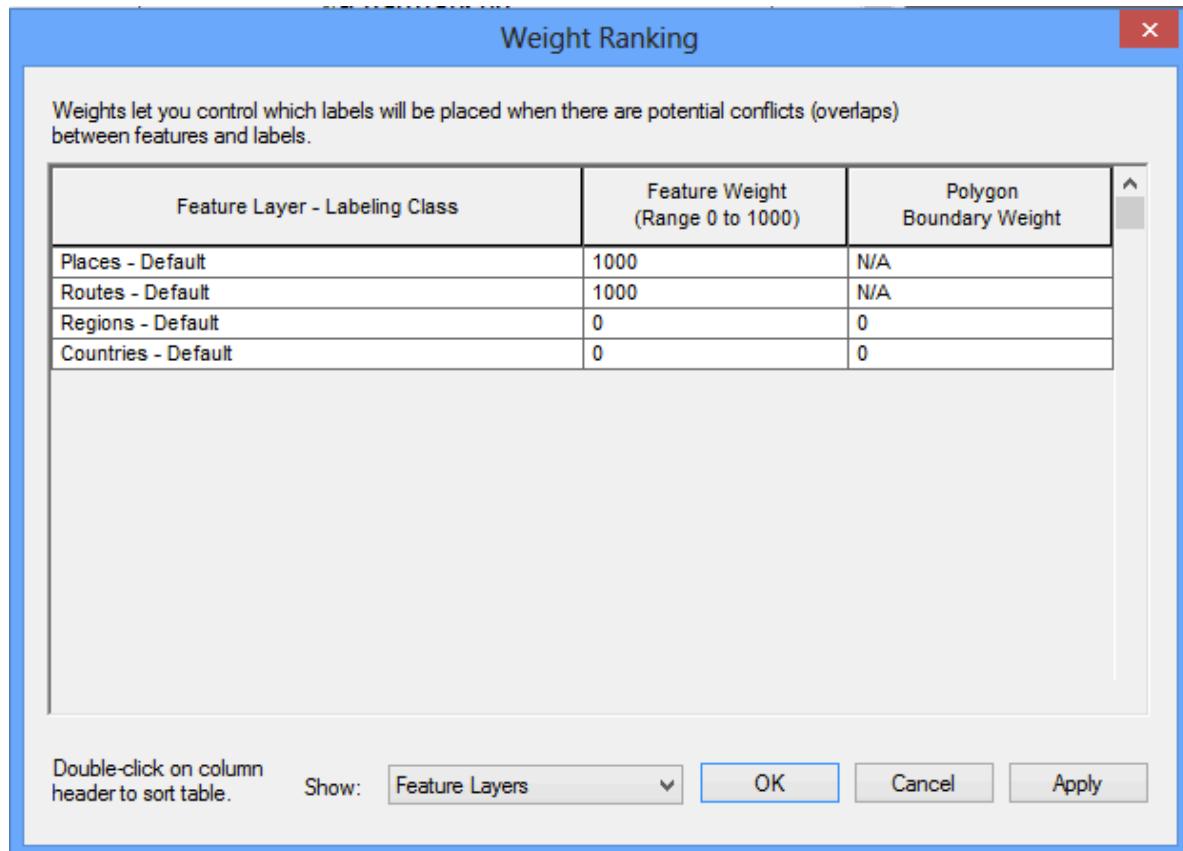
6. Включите подписи для слоя *Places* со следующими настройками:

Параметр	Значение
Поле для подписей	NAME
Шрифт	Tahoma
Кегль (размер)	12
Цвет	Черный
Начертание	Обычное

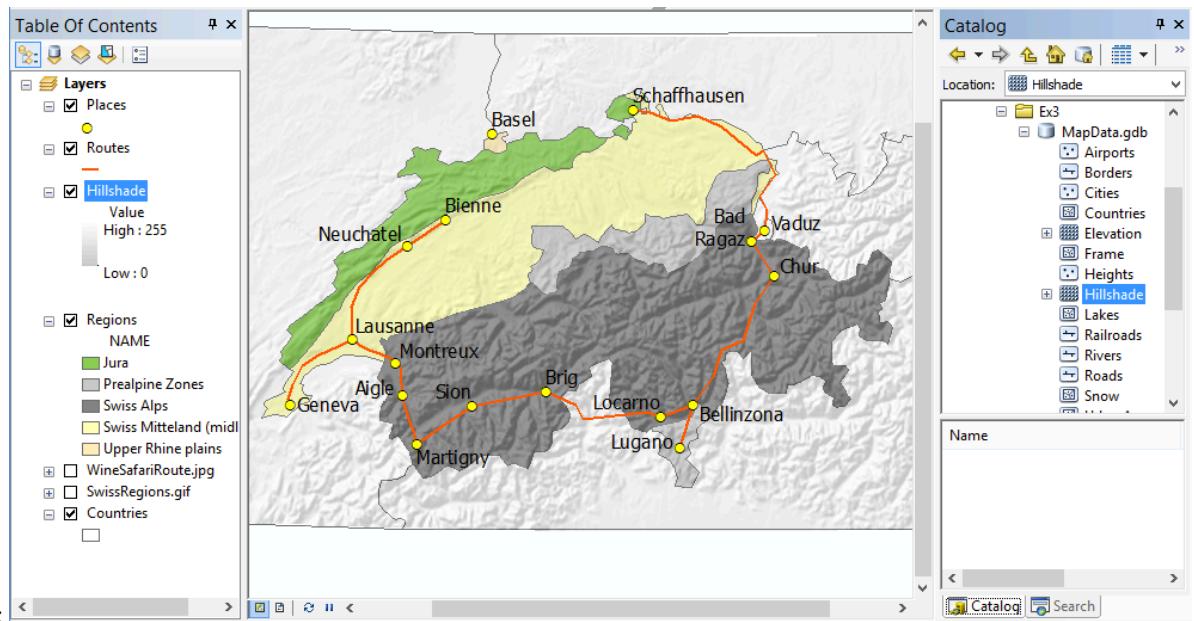


Некоторые подписи могут быть размещены не очень удачно. Чтобы они не перекрывали линии маршрута и значки выполните следующие действия:

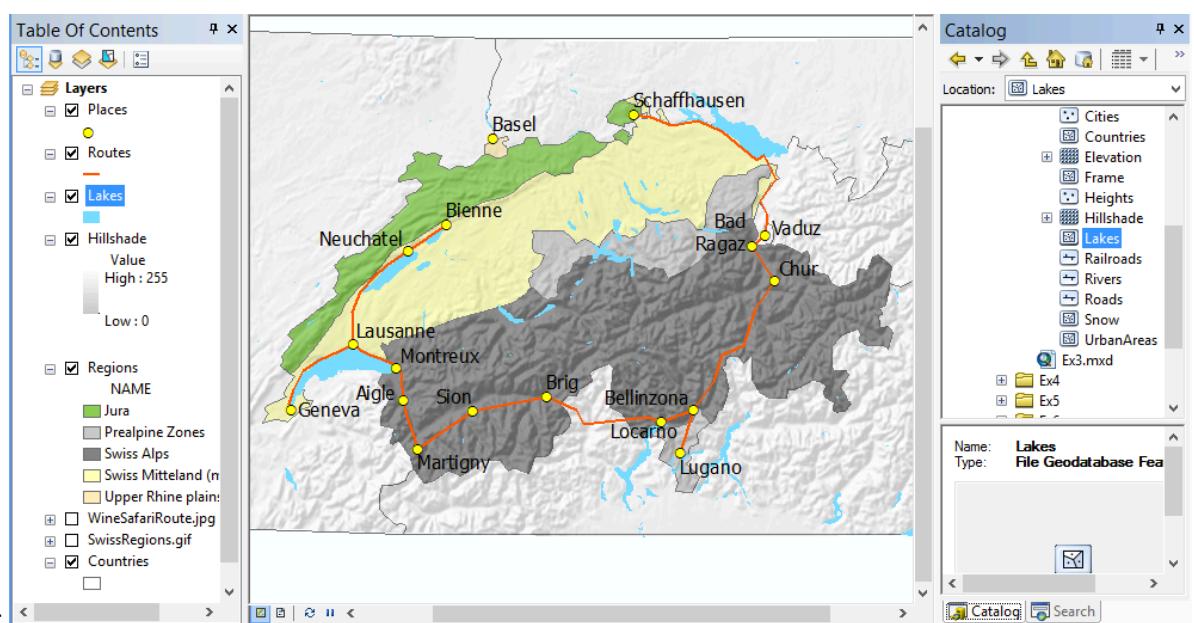
1. Откройте настройки весов подписей **Label Weight Ranking** на панели **Labeling**
2. Установите вес равным 1000 слоям *Places* и *Routes*:



3. Добавьте на карту слой *Hillshade* из базы данных упражнения 3, разместите его над слоем *Regions* и установите прозрачность 80%.



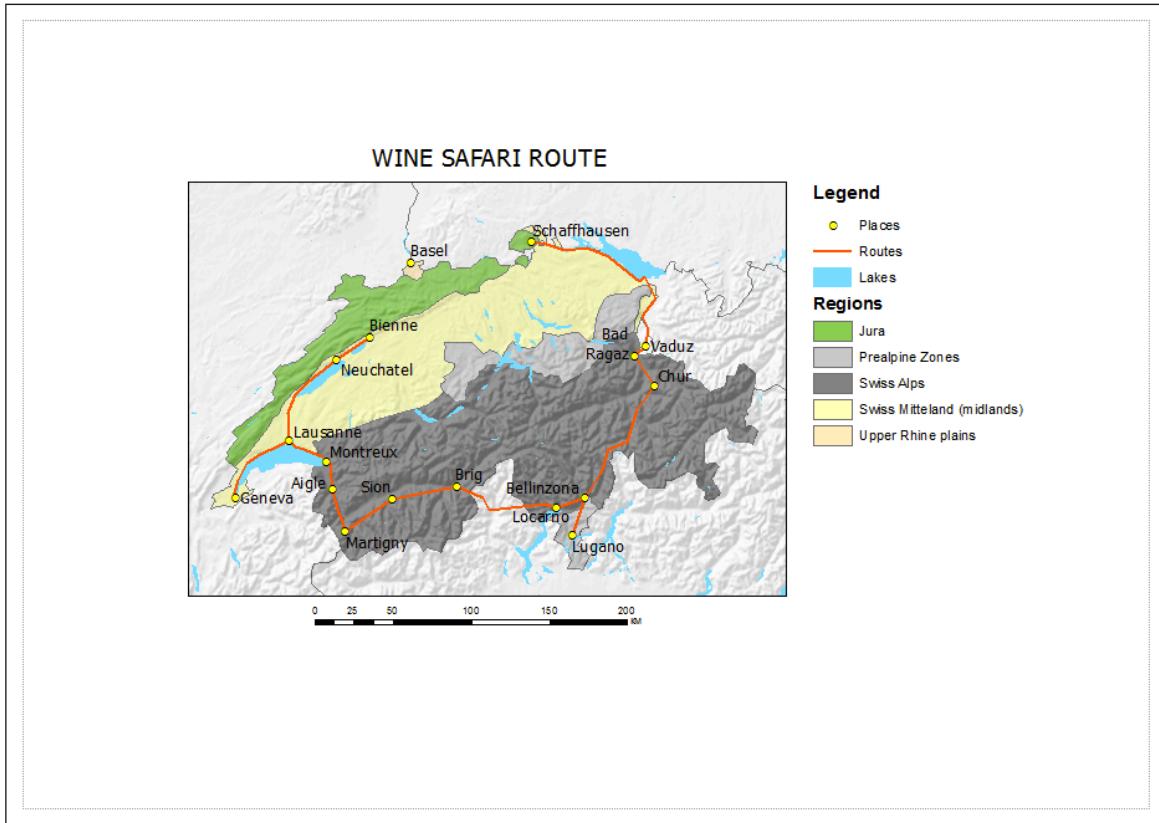
- Добавьте на карту слой *Lakes* и присвойте ему символ полигона с голубой заливкой без обводки.



## 7.8 Компоновка карты

В начало упражнения □

- Переключитесь в **режим компоновки**.
- Установите альбомную ориентировку листа.
- Оформите компоновку в соответствии с нижеприведенным образцом:



4. Экспортируйте карту в формат PNG с разрешением 300 dpi.
5. Сохраните документ карты.

## 7.9 Контрольные вопросы

В начало упражнения □



## Chapter 8

# Картографирование по статистическим данным

### 8.1 Введение

**Цель задания** — научиться использовать статистические данные для построения социально-экономических карт методом картограмм и картодиаграмм.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Соединение таблиц в реляционных базах данных, внешний и внутренний ключ соединения, картограммы
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Работы с базами
Исходные данные	Слои статистических единиц Евросоюза NUTS и таблицы показателей с портала NUTS
Результат	Карта количества транспортных средств в Швейцарии по единицам 3-го уровня, карта плотности и структуры
Ключевые слова	Статистические данные, картограммы, картодиаграммы, соединение таблиц, визуализация статистических

#### 8.1.1 Контрольный лист

- Скачать слои административно-территориального деления с сайта NUTS.
- Скачать статистические таблицы NUTS на уровень 3.
- Присоединить таблицы статистики к слою административных единиц.
- Создать карту количества автомобилей способом картодиаграмм.
- Создать карту населения способом картограмм и секторных картодиаграмм.

#### 8.1.2 Аннотация

В основе многих социально-экономических карт лежат статистические данные, которые обычно предоставляются в табличном виде. Задание посвящено знакомству с созданием карт в среде ГИС на основе табличных данных. В качестве примера используется официальная статистика Евросоюза, размещенная на сайте NUTS. Попутно при выполнении задании вы познакомитесь с операцией соединения таблиц.

### 8.2 Скачивание географических данных с сайта NUTS

В начало упражнения □

1. Перейдите на главную страницу **NUTS** и прочитайте краткую информацию на ней.
2. Выберите в правой части окна пункт меню **NUTS Geodatafiles at GISCO**.
3. Скачайте файлы *NUTS 2010* для масштаба 1:3 Million в формате *Personal GDB* и сохраните их себе в каталог *Ex08*.

Administrative or Statistical unit	Scale	Coverage	Feature type	Format	Period	Coordinate reference system	Size (MB)	File to download
<b>NUTS 2010</b>	<b>1 : 3 Million</b>	Europe	Point / Polygon	Personal GDB	<b>2010</b>	ETRS89	14.2	<a href="#">NUTS_2010_03M.zip</a>
	<b>1 : 3 Million</b>	Europe	Point / Polygon	Shapefile	<b>2010</b>	ETRS89	13.6	<a href="#">NUTS_2010_03M_SH.zip</a>
	<b>1 : 10 Million</b>	Europe	Point / Polygon	Personal GDB	<b>2010</b>	ETRS89	10.5	<a href="#">NUTS_2010_10M.zip</a>
	<b>1 : 10 Million</b>	Europe	Point / Polygon	Shapefile	<b>2010</b>	ETRS89	10.2	<a href="#">NUTS_2010_10M_SH.zip</a>

## 8.3 Скачивание таблиц с сайта NUTS

В начало упражнения □

1. На главной странице **NUTS** выберите в правой части окна пункт меню **Statistics on regions and cities**.
2. На сайте статистики **NUTS** выберите пункт **Database**, чтобы перейти к просмотру таблиц базы данных:

3. Найдите таблицу плотности населения по регионам *Population density - NUTS 3 regions (demo\_r\_d3dens)* и нажмите иконку слева от нее:

4. Нажмите **Table Customization > Show**, чтобы настроить содержание таблицы:

**Population density - NUTS 3 regions**  
Last update: 18-04-2013  
[Table Customization show](#)

TIME	2007	2008	2009	2010	2011
+ GEO	115.49(e)	116.01(e)	116.41(e)	116.61(e)	116.92(e)
European Union (27 co					

5. Установите режим **Codes**, чтобы в первом столбце отображались уникальные идентификаторы вместо названий единиц.

6. Нажмите кнопку **Download**, чтобы скачать таблицу:

**View Table** **Select Data** Explanatory texts (metadata) Information Download Preview

**Population density - NUTS 3 regions**  
Last update: 18-04-2013  
[Table Customization hide](#)

Labeling:  Codes  Labels  Both  Dimension specific

Cell Formatting:  1.234,56  1,234.56  1 234.56

Hide empty lines  Hide flags/footnotes

TIME	2007	2008	2009	2010	2011
+ GEO	115.49(e)	116.01(e)	116.41(e)	116.61(e)	116.92(e)
EU27	115.49	116.01	116.41	116.61	116.92
BE	350.4	353.1	356.0	358.7	364.3
BE1	6,458.7	6,574.6	6,702.1	6,902.0	7,131.1
BE10	6,458.7	6,574.6	6,702.1	6,902.0	7,131.1
BE100	6,458.7	6,574.6	6,702.1	6,902.0	7,131.1

7. В появившемся окне нажмите кнопку **Download in Excel format**, не меняя никаких настроек.

Скачивайте аналогичным образом таблицу *Stock of vehicles by category and NUTS 2 regions (tran\_r\_vehst)*, содержащую статистику по количеству зарегистрированных транспортных средств в регионах.

## 8.4 Скачивание структурных таблиц с сайта NUTS

В начало упражнения □

1. Найдите таблицу *Population on 1 January by broad age groups and sex - NUTS 3 regions* и откройте ее.

2. Нажмите кнопку **Select Data** в заголовке сайта:

	2008	2009	2010	2011	2012
European Union (27 co)	497,686,132	499,686,575	501,104,164(b)	502,369,211(bp)	503,663,601(bp)
Belgium	10,666,866	10,753,080	10,839,905	11,000,638(b)	11,094,850(p)
Région de Bruxelles-Capitale	1,048,491	1,068,532	1,089,538	1,136,778(b)	1,159,448(p)
Région de Bruxelles-Capitale	1,048,491	1,068,532	1,089,538	1,136,778(b)	1,159,448(p)

3. В левой части окна выберите вкладку *AGE*, отметьте галочками все пункты и нажмите *UPDATE*, чтобы обновить таблицу:

Select all	Code	Label
<input checked="" type="checkbox"/>	TOTAL	Total
<input checked="" type="checkbox"/>	Y_LT15	Less than 15 years
<input checked="" type="checkbox"/>	Y15-64	From 15 to 64 years
<input checked="" type="checkbox"/>	Y_GE65	65 years or over
<input checked="" type="checkbox"/>	UNK	Unknown

4. Нажмите вкладку **VIEW Table** в верхней части окна, чтобы перейти к просмотру таблицы.

5. Схватите мышкой показатель *Age* и переместите его в таблицу на место показателя *TIME*:

В результате таблица должна приобрести искомую структуру, в которой показана структура населения по 3 категориям: до 15 лет (дети), 15-64 года (трудоспособные) и старше 64 лет (пенсионеры). Помимо этого есть поле Unknown для населения неустановленной возрастной категории:

	AGE	Total	Less than 15 years	From 15 to 64 years	65 years or over	Unknown
	GEO					
European Union (27 co		497,686,132	78,074,400	334,717,969	84,893,590	173
Belgium		10,666,866	1,800,455	7,046,685	1,819,726	0
Région de Bruxelles-C		1,048,491	195,139	701,307	152,045	0
Région de Bruxelles-C		1,048,491	195,139	701,307	152,045	0
Arr. de Bruxelles-Capit		1,048,491	195,139	701,307	152,045	0
Vlaams Gewest		6,161,600	993,663	4,067,743	1,100,194	0

6. Включите режим показа кодов вместо названий единиц.

7. Скачайте таблицу в формате *Microsoft Excel*.

## 8.5 Форматирование таблиц для загрузки в ГИС

В начало упражнения □

Чтобы скачанные таблицы можно было использовать в ГИС, их нужно отформатировать следующим образом:

1. Удалите все строки выше заголовка.
2. Переименуйте поле *GEO/TIME* в *GEO*.
3. Переименуйте поля таким образом, чтобы:
  - Они не содержали пробелов, символов “ / ”, “ - ” и тому подобных. Символ подчеркивания “ \_ ” допускается.
  - Название поля начиналось с буквы.
4. Установите столбцам показателей числовой формат с необходимым числом десятичных знаков.

5. Сохраните таблицы под названиями:

- *Density.xls* (плотность населения),
- *Population.xls* (структура населения),
- *Vehicles.xls* (число зарегистрированных транспортных средств).

Пример преобразования таблиц представлен на рисунках ниже.

*Было:*

Population density - NUTS 3 regions						
A	B	C	D	E	F	G
1 Population density - NUTS 3 regions [demo_r_d3dens]						
2						
3 Last update	18.04.13					
4 Extracted on	22.05.13					
5 Source of data	Eurostat					
6						
7 GEO/TIME	2007	2008	2009	2010	2011	
8 EU27	115,49	116,01	116,41	116,61	116,92	
9 BE	350,4	353,1	356,0	358,7	364,3	
10 BE1	6 458,7	6 574,6	6 702,1	6 902,0	7 131,1	
11 BE10	6 458,7	6 574,6	6 702,1	6 902,0	7 131,1	

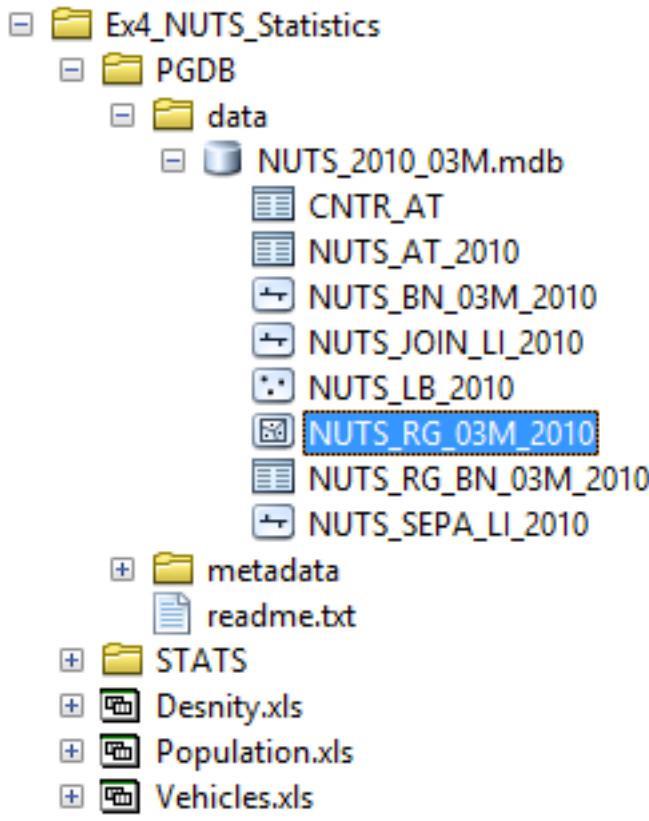
*Стало:*

A	B	C	D	E	F	G
1 GEO	DENS_2007	DENS_2008	DENS_2009	DENS_2010	DENS_2011	
2 EU27	115,5	116,0	116,4	116,6	116,9	
3 BE	350,4	353,1	356,0	358,7	364,3	
4 BE1	6458,7	6574,6	6702,1	6902,0	7131,1	
5 BE10	6458,7	6574,6	6702,1	6902,0	7131,1	
6 BE100	6458,7	6574,6	6702,1	6902,0	7131,1	
7 BE2	459,4	462,8	466,2	467,9	475,2	

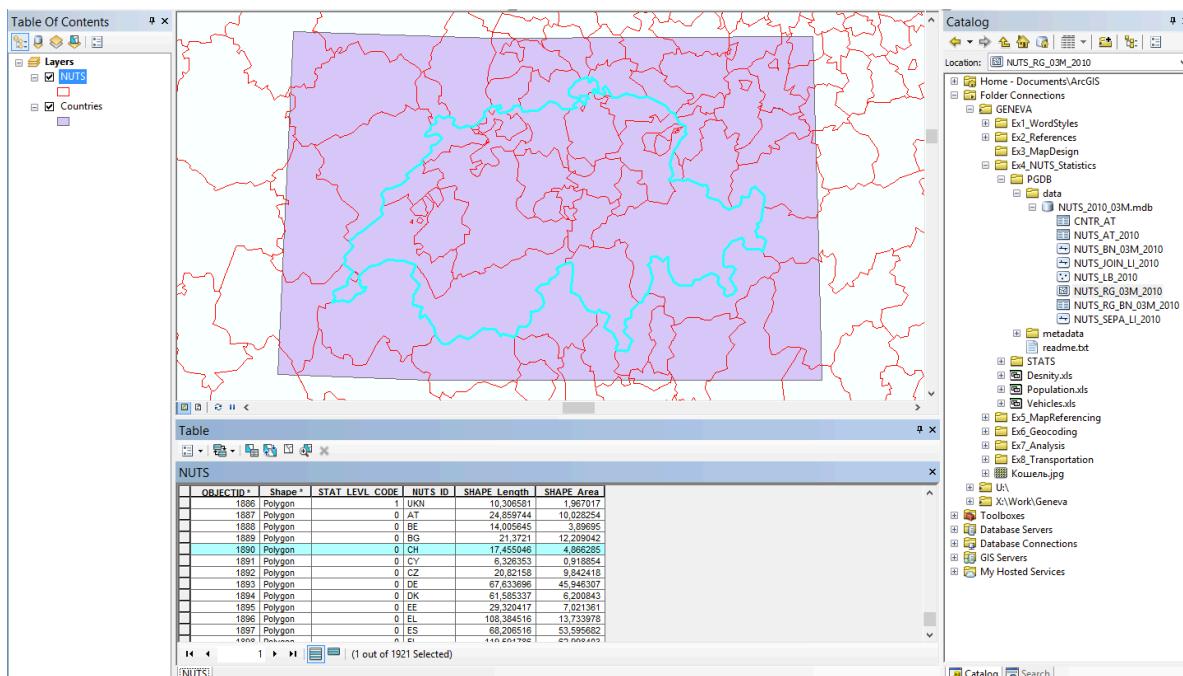
## 8.6 Подготовка проекта

В начало упражнения □

1. Откройте **ArcMap** и создайте новый документ карты в каталоге *Ex08*.
2. Добавьте на карту слой *Countries* из базы данных предудыщего упражнения.
3. Добавьте на карту слой *NUTS\_RG\_03M\_2010* из базы данных, которую вы скачали с сайта. Она находится в каталоге PGDB/data:

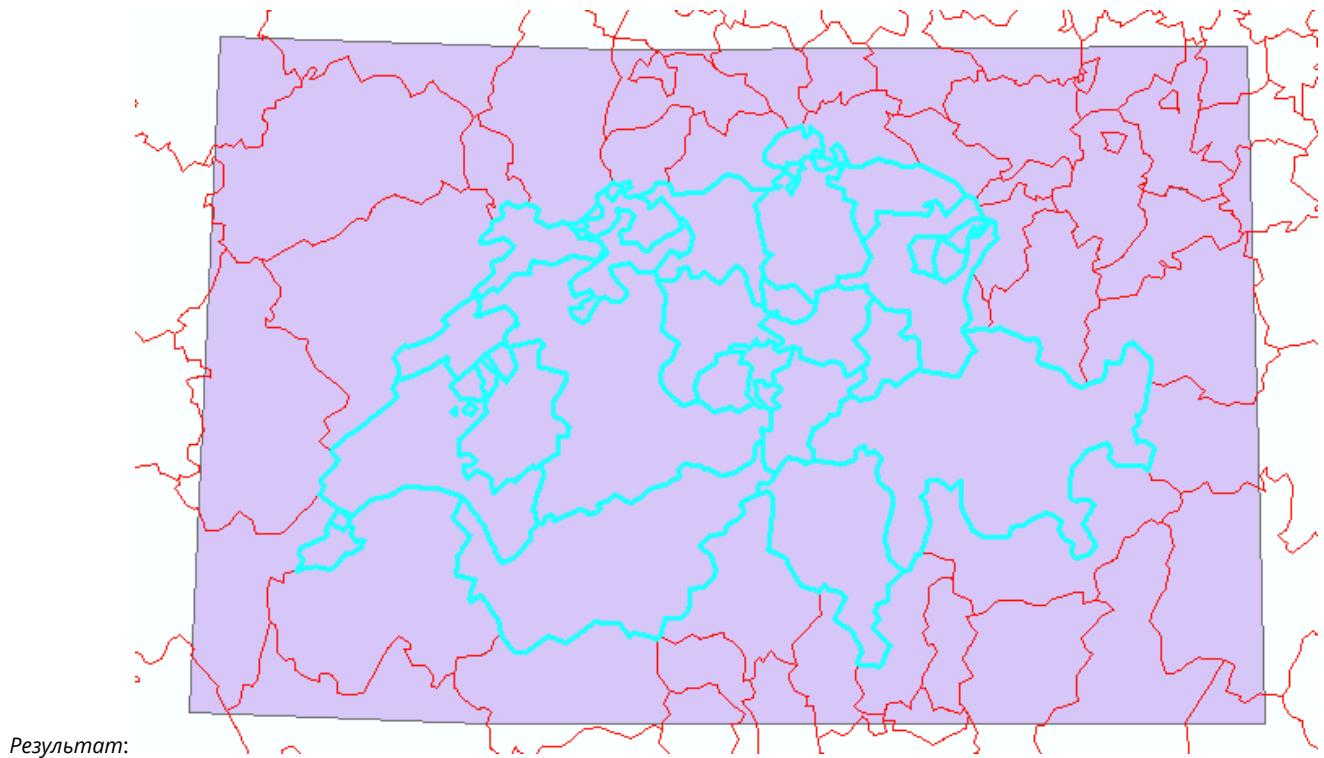


4. Присвойте добавленному слою символ полигона без заливки с обводкой красного цвета и переименуйте его в *NUTS*.
5. Выделите в таблице слоя *NUTS* строку, в которой *NUTS\\_ID* = "CH", которая соответствует региону Швейцарии. Обратите внимание на то, что таблица может быть отсортирована не по алфавиту, а по статусу единицы:



6. Выделите все регионы, находящиеся внутри выделенной единицы, используя *пространственный запрос* со следующими параметрами:

Параметр	Значение
Слой искомых объектов	NUTS
Слой-источник	NUTS
Пространственный запрос	Are within the layer feature



7. Создайте новый слой на основе выбранных объектов он получит название «NUTS selection».

8. Отключите исходный слой NUTS.

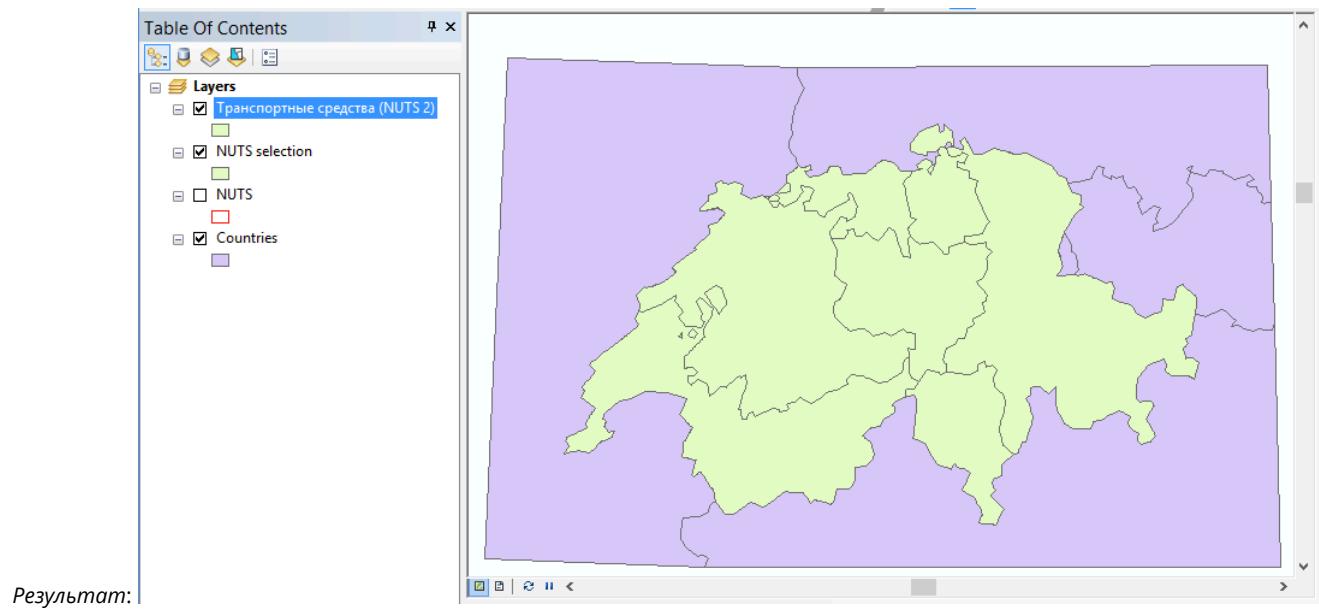
## 8.7 Отображение картодиаграмм по единицам 2-го уровня

В начало упражнения □

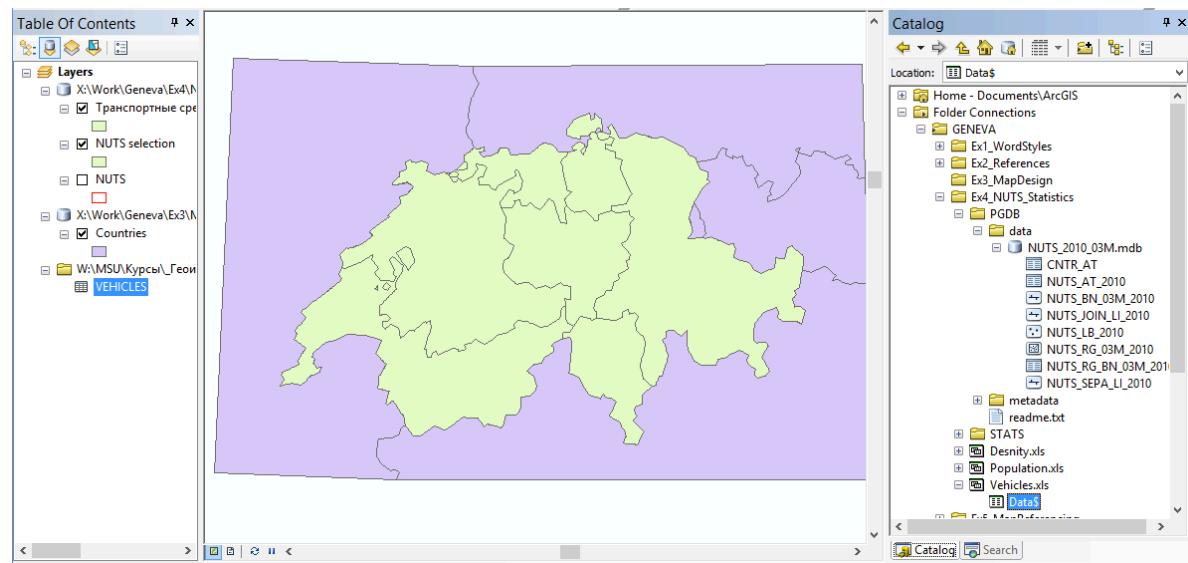
1. Скопируйте слой *NUTS selection*, вставьте и назовите его *Транспортные средства (NUTS 2)*.
2. С помощью **определяющего запроса** в окне конструктора запроса включите единицы 2-го уровня, введя строку:

\[STAT\\_LEVEL\\_CODE\] = 2

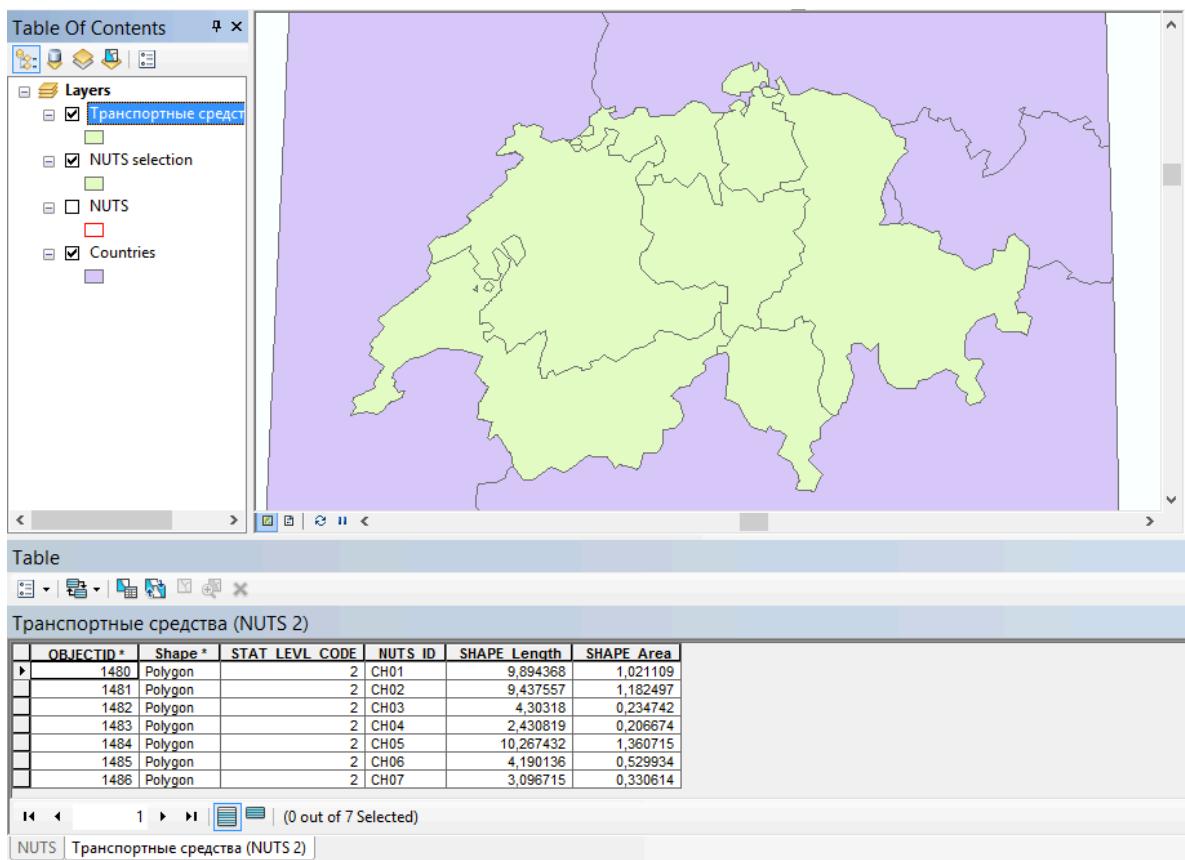
При вводе строки используйте двойной щелчок на названии вместо ввода текста вручную.



3. Добавьте на карту лист *Data* таблицы *Vehicles* и переименуйте его в *Vehicles*:

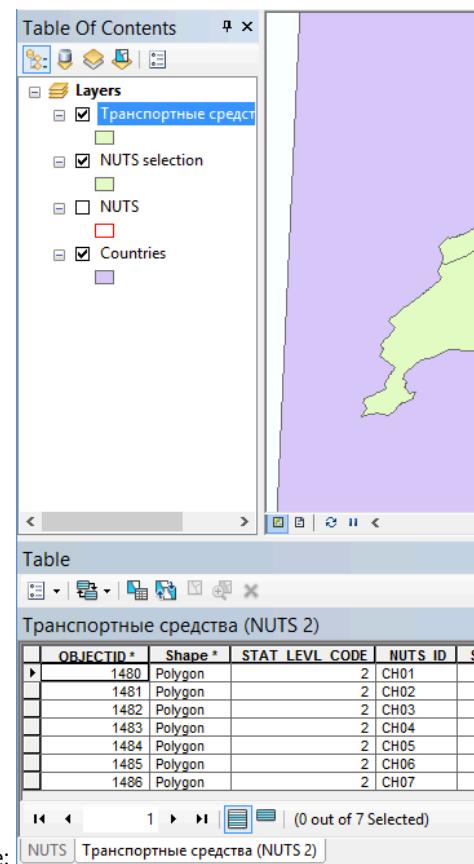


4. **Раскройте таблицу** слоя *Транспортные средства*, чтобы просмотреть состав атрибутивных полей. Таблица содержит поле *NUTS\_ID*, содержащее уникальные идентификаторы единиц NUTS.



5. Присоедините таблицу VEHICLES к слою Транспортные средства, используя следующие параметры:

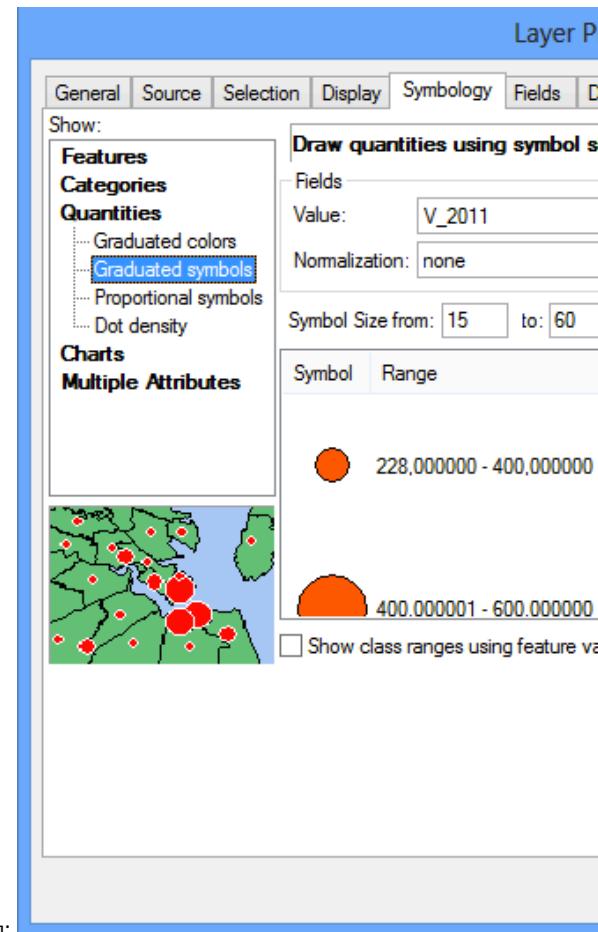
Параметр	Значение
Ключевое поле слоя	NUTS_ID
Присоединяемая таблица	VEHICLES
Ключевое поле таблицы	GEO



Раскройте таблицу слоя *Транспортные средства (NUTS 2)*, чтобы убедиться в результате:

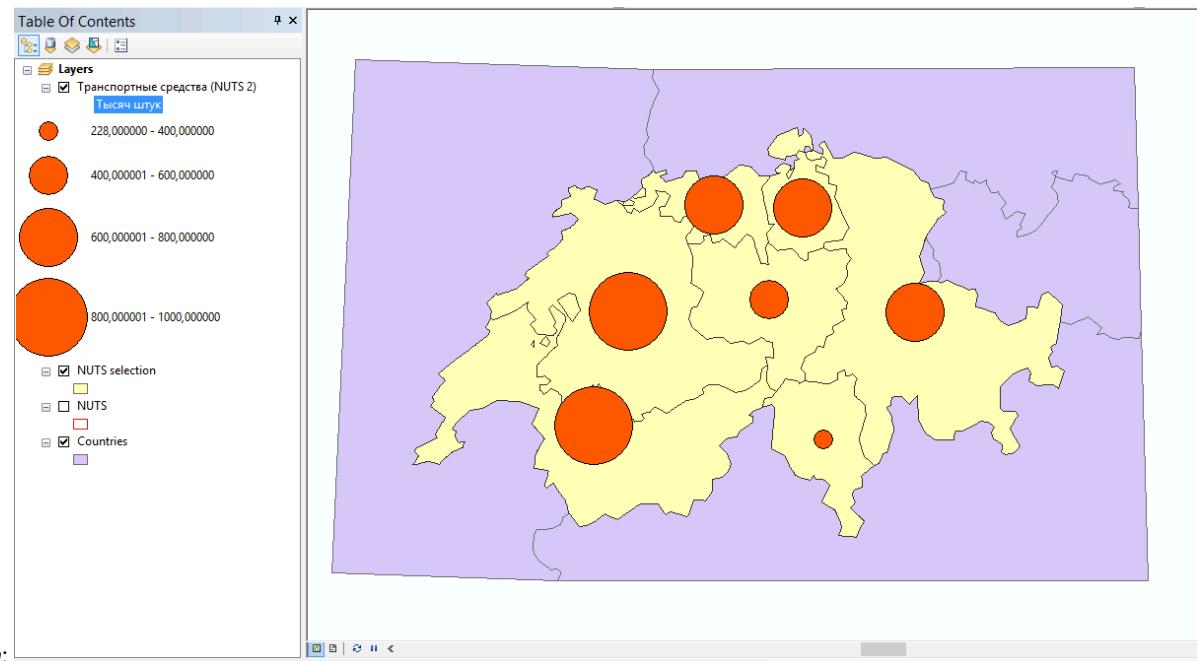
6. Включите для слоя **способ градуированных символов** (картодиаграммы), используя следующие параметры:

Параметр	Значение
Поле показателя	2011 год
Размер значка	От 15 до 60
Метод классификации	Равноинтервальный с шагом 200 (Defined Interval)
Фоновый символ	Без заливки



Цвет диаграммы выберите по своему вкусу. Диалог примет следующий вид:

7. Переименуйте **название показателя в таблице слоев** в «тысяч штук».



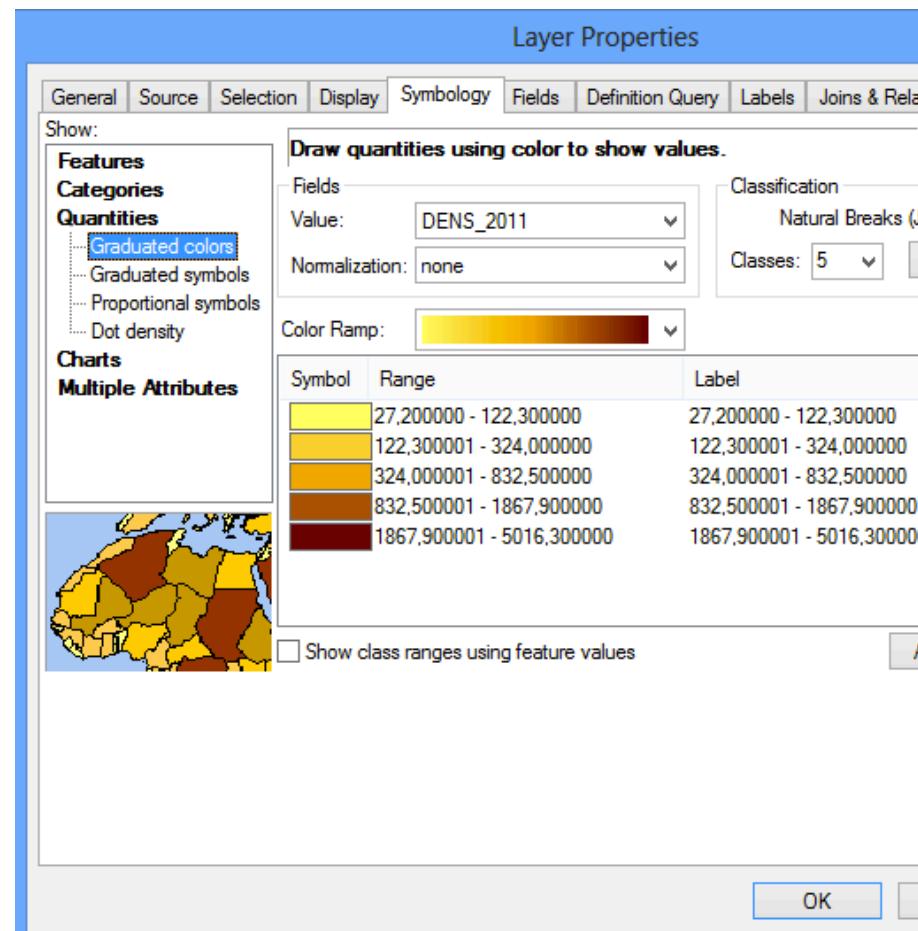
*Результат:*

## 8.8 Отображение картограмм по единицам 3-го уровня

В начало упражнения □

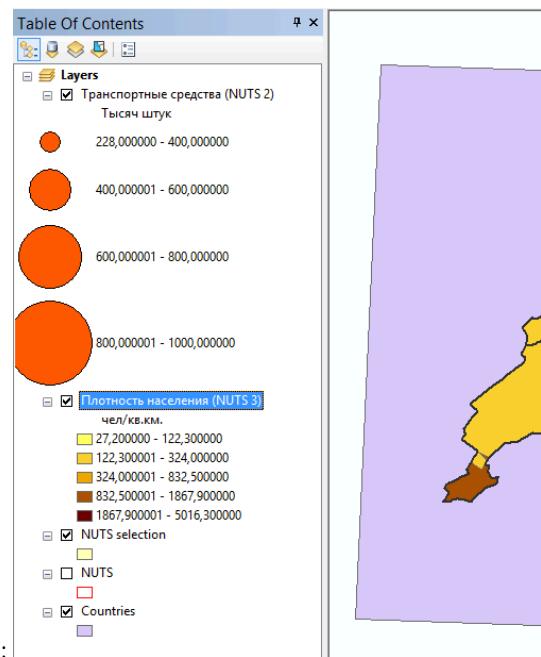
- Скопируйте слой *NUTS selection* и назовите его «Плотность населения (NUTS 3)».
- Включите единицы 3-го уровня, по аналогии с единицами 2-го уровня.
- Добавьте на карту лист *Data* таблицы *Density* и переименуйте его в *DENSITY*.
- Присоедините таблицу *DENSITY* к слою *Плотность населения*, используя те же поля, что и в случае слоя транспорта.
- Включите для слоя метод отображения **Graduated Colors (картограммы)**, используя следующие параметры:

Параметр	Значение
Поле статистики	2011 год
Цветовая шкала	От желтого к коричневому (по умолчанию)
Метод классификации	Дженкса (естественных интервалов)
Количество интервалов	5



Диалог свойств слоя примет следующий вид:

- Переименуйте название показателя в таблице содержания в «чел/кв. км.».
- Перенесите слой со статистикой транспорта так, чтобы он располагался поверх слоя плотности населения и увеличьте толщину обводки полигонов до 1.5 пикселя.



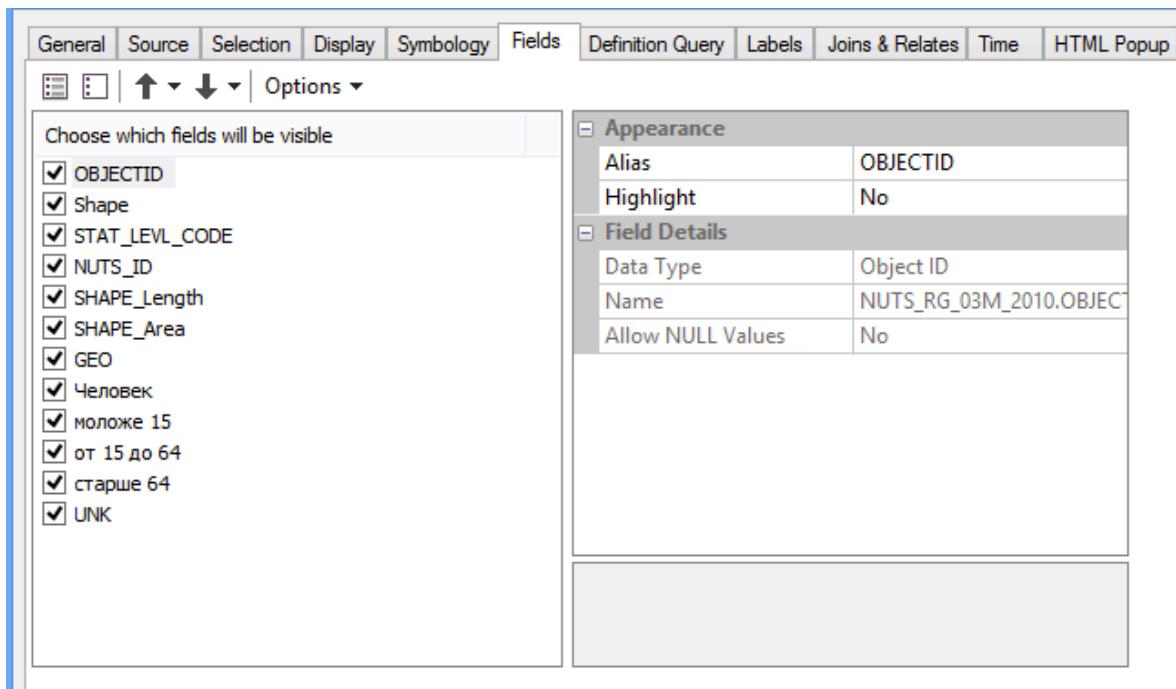
Результат позволяет одновременно показывать статистику по двум уровням иерархии:

## 8.9 Отображение структурных картодиаграмм по единицам 3-го уровня

В начало упражнения □

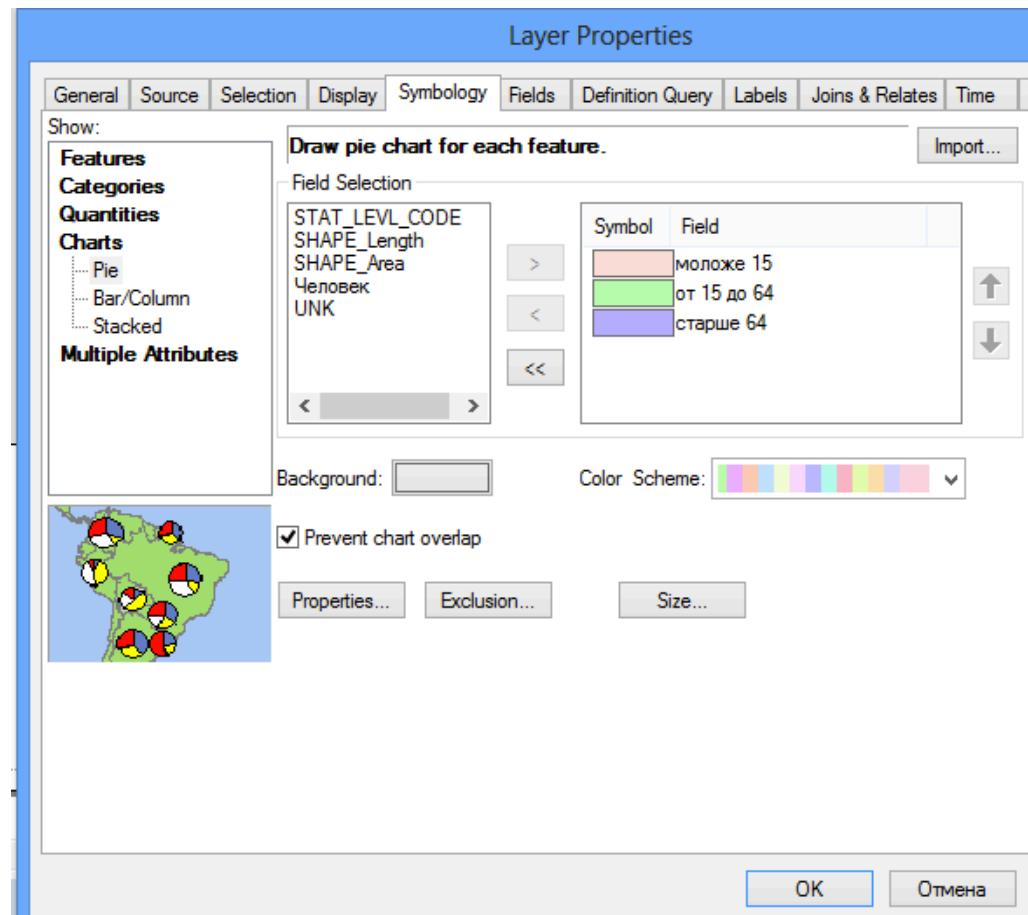
1. Скопируйте слой *NUTS selection* и назовите его «*Структура населения (NUTS 3)*».
2. Включите единицы 3-го уровня.
3. Добавьте на карту лист *Data* таблицы *Population* и переименуйте его в *POPULATION*.
4. Присоедините таблицу *POPULATION* к слою *Структура населения*.
5. Определите русскоязычные **псевдонимы** полям на вкладке **Fields**:
  - Y\_LT15 — моложе 15 лет,
  - Y\_15\_64 — от 15 до 64 лет,
  - Y\_GE65 — старше 64 лет,
  - TOTAL — человек.

*Результат:*

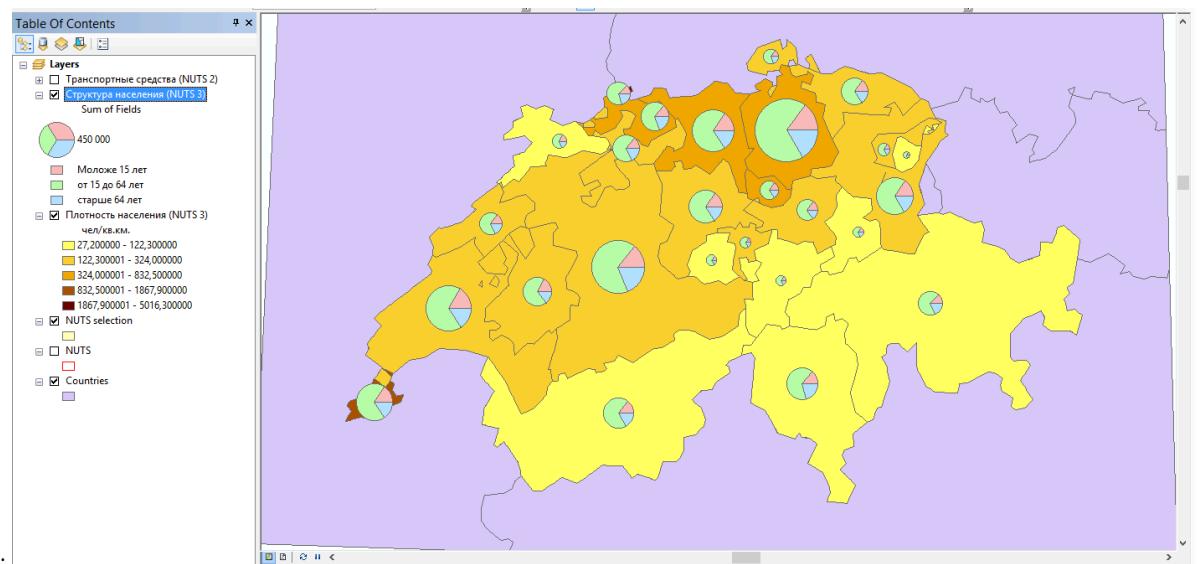


6. Включите для слоя метод отображения **Pie Charts (секторные диаграммы)**, используя следующие параметры:

Параметр	Значение
Поля статистики	моложе 15 лет, от 15 до 64 лет, старше 64 лет
Цвета	Выберите на свой вкус
Минимальный размер	5
Размер	По полю "Человек" (TOTAL)



Диалог примет следующий вид:

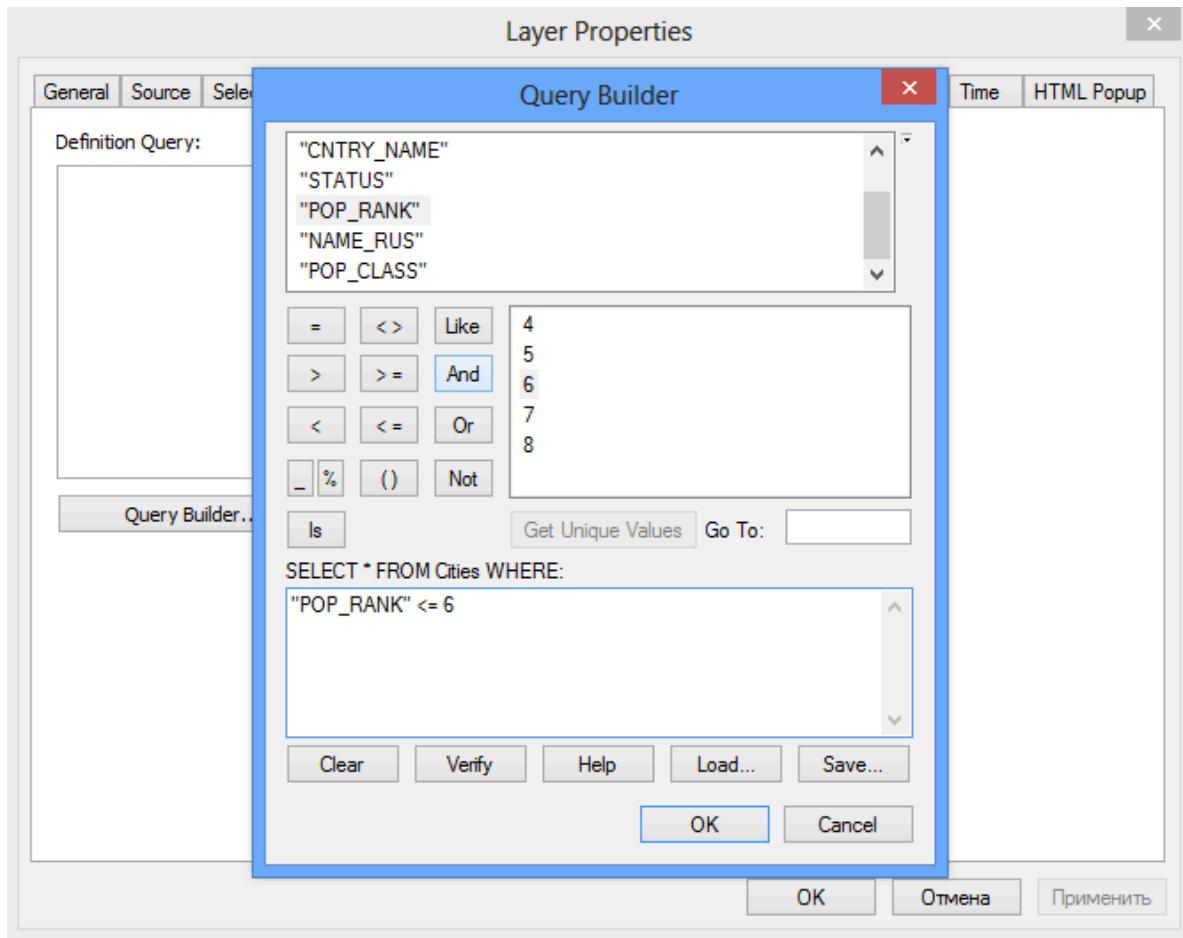


Структура населения в целом очень похожа по регионам, при этом незначительно варьируется численность населения пенсионного и нетрудоспособного населения.

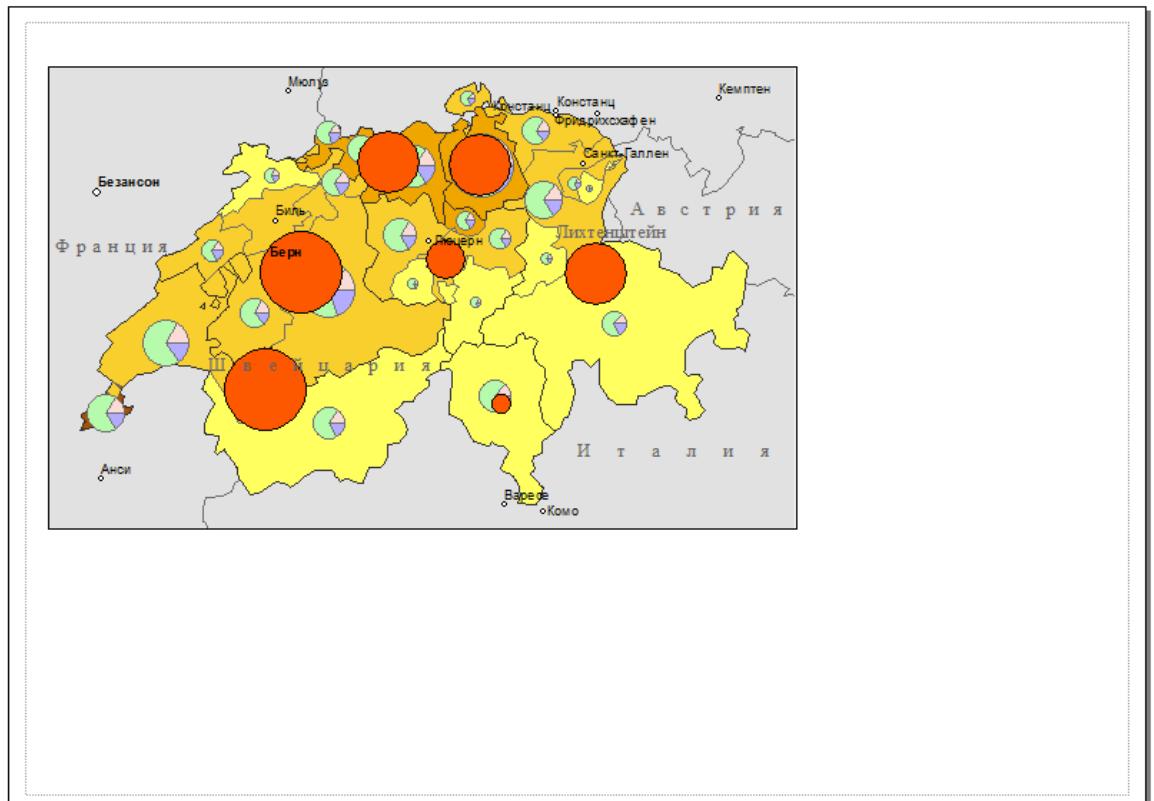
## 8.10 Оформление итоговых карт

В начало упражнения □

1. Добавьте на карту слой городов из базы данных задания 3.
2. С помощью **определяющего запроса** оставьте только те города, у которых значение поля Pop\\_Rank  $\leq$  6. Это города с населением 50 000 человек и более:



3. Оформите слой городов аналогично заданию 3, разделив их на классы.
4. Включите **подписи** стран.
5. Перекрасьте страны в нейтрально-серый цвет.
6. Установите масштаб карты равным 1:2 000 000.
7. Переключитесь в режим компоновки и установите альбомную ориентировку.
8. Подгоните размер фрейма таким образом, чтобы он охватывал страну с небольшим запасом.



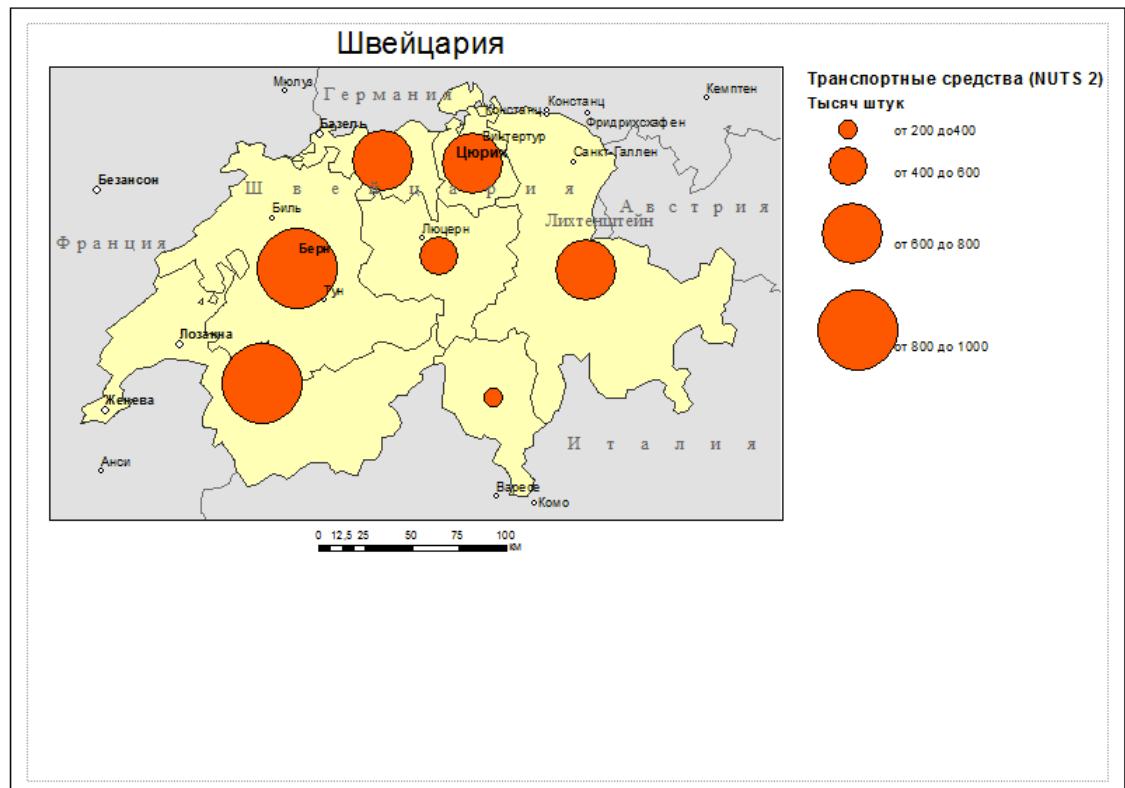
*Результат:*

Пока что не обращайте внимания на то, что слои перекрывают друг друга. При экспорте вы будете оставлять включенным только один из них.

9. Добавьте на карту легенду, включив в нее слои *Транспортные средства*, *Структура населения* и *Плотность населения*.
10. Переведите элементы легенды на русский язык и сотрите заголовок легенды.
11. Вставьте заголовок карты «ШВЕЙЦАРИЯ» и масштабную линейку.

## 8.11 Экспорт карты числа транспортных средств

1. Отключите слои плотности населения и структуры населения. В легенде останется только слой с картодиаграммами.
2. Отредактируйте подписи классов таким образом, чтобы убрать у них незначащие нули.



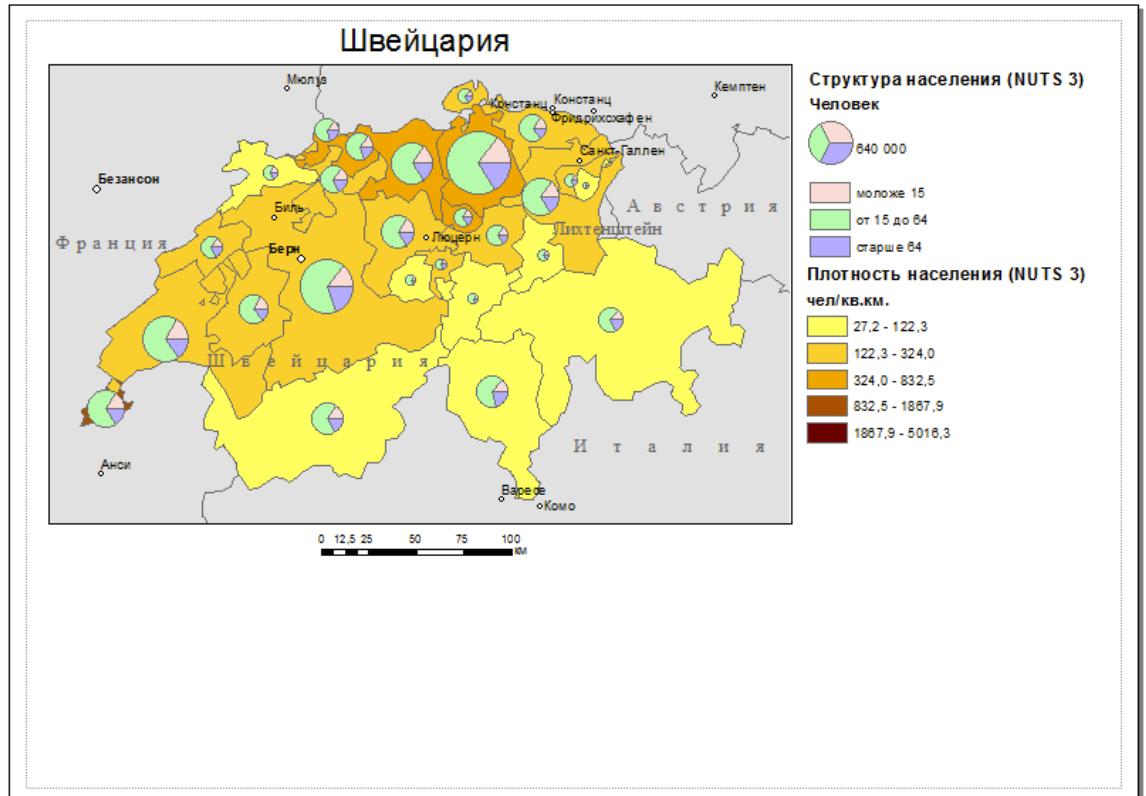
*Результат:*

- Экспортируйте карту в графический файл формата PNG с разрешением 300 dpi.

## 8.12 Экспорт карты населения

В начало упражнения □

- Включите слои** плотности населения и структуры населения. Отключите слой транспортных средств.
- Включите отображение названия слоя в легенде для слоя *Структура населения*.
- Уберите **незначащие нули в подписях классов** слоя плотности населения, оставив один знак после запятой.



*Результат:*

4. Экспортируйте карту в графический файл формата PNG с разрешением 300 dpi.

## 8.13 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

# Chapter 9

## Анализ распределения типов подстилающей поверхности

### 9.1 Введение

**Цель задания** — научиться определять соотношение типов подстилающей поверхности по регулярной сетке для метеорологических моделей и моделей формирования поверхностного стока средствами ГИС-технологий.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Оверлей пространственных объектов, соединение таблиц в реляционных базах данных, внешний и внутренний оверлей
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Работы с базами данных
Исходные данные	Слои картографической основы OpenStreetMap
Результат	Слой регулярной сетки, для каждой ячейки которого определено соотношение типов подстилающей поверхности
Ключевые слова	Регулярная сетка, оверлей, соединение таблиц, картодиаграммы

#### 9.1.1 Контрольный лист

- Построить регулярную сетку с заданными параметрами.
- Определить долю каждого типа подстилающей поверхности в площади ячеек.
- Присоединить получившиеся столбцы к слою регулярной сетки.
- Экспортировать результаты в текстовый файл.
- Визуализировать результат способом картодиаграмм.
- Оформить карту в режиме компоновки.

#### 9.1.2 Аннотация

В задачах климатического и метеорологического моделирования, а также моделирования поверхностного стока важную роль играет характер подстилающей поверхности, а именно соотношение водопроницаемых и водоупорных поверхностей, соотношение леса, воды, открытых грунтов, городских территорий и т.д. Подготовка этих данных осуществляется средствами ГИС на основе картографических данных и данных дистанционного зондирования.

В задании вам предлагается сформировать регулярную сетку и с помощью оверлея определить соотношение типов поверхностей по каждой ячейке. Результаты далее экспортируются в текстовый файл для дальнейшего использования при моделировании, а на основе полученных данных оформляется карта соотношения типов поверхностей методом картодиаграмм.

## 9.2 Оформление базовых слоев

В начало упражнения ▾

1. Скопируйте каталог *Ex09* в свою папку.
2. Подключитесь в окне каталога к вашей папке *Ex09*. Убедитесь, что в ней находится база геоданных *LandCover.gdb*:
3. Добавьте на карту следующие слои и раскрасьте их в соответствии с цветами:

Слой	Цвет
<i>Hydro</i>	Голубой
<i>Green</i>	Зеленый
<i>Industrial</i>	Оранжевый
<i>Buildings</i>	Темно-серый

4. Сохраните документ карты в свою папку под названием *LandCover.mxd*.

**Снимок экрана №1.** Типы подстилающей поверхности

## 9.3 Построение регулярной сетки

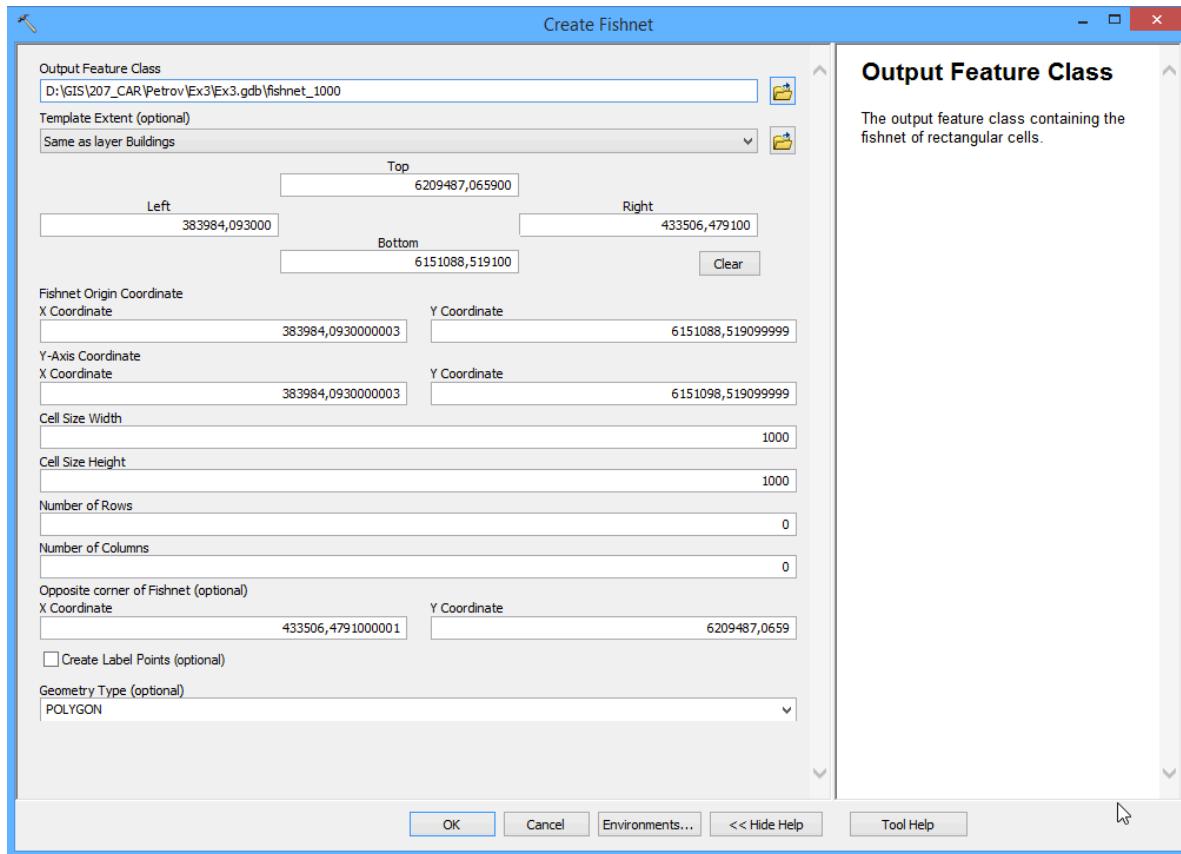
В начало упражнения ▾

1. Создайте новую базу геоданных. Для этого в окне каталога щелкните правой кнопкой мыши по вашей папке < >\Ex09 и выберите **New > File Geodatabase**.
2. Назовите базу геоданных *Ex09*.
3. Щелкните по *Ex09.gdb* правой кнопкой мыши и выберите пункт **Make Default Geodatabase**. Эта команда указывает системе, что все результаты автоматической обработки данных следует помещать в выбранную базу геоданных.

4. Откройте **ArcToolbox** с помощью иконки  на панели инструментов.
5. Запустите инструмент геообработки **Data Management Tools > Feature Class > Create Fishnet** и заполните его параметры следующим образом.

Параметр	Значение
<i>Output Feature Class</i>	/Ex09/Ex09.gdb/fishnet_1000
<i>Template Extent</i>	Same as Layer Buildings
<i>Cell Size Width</i>	1000
<i>Cell Size Height</i>	1000
<i>Number of Rows</i>	0
<i>Number of Columns</i>	0
<i>Create Label Points</i>	Нет
<i>Geometry Type</i>	POLYGON

Остальные параметры оставьте по умолчанию. Диалог инструмента примет следующий вид:



6. Нажмите **OK**. После выполнения расчетная сетка будет добавлена на экран.
7. Разместите слой *Fishnet* поверх других слоев и смените его символ на черную линию толщиной 1 пункт.
8. Сохраните документ карты.

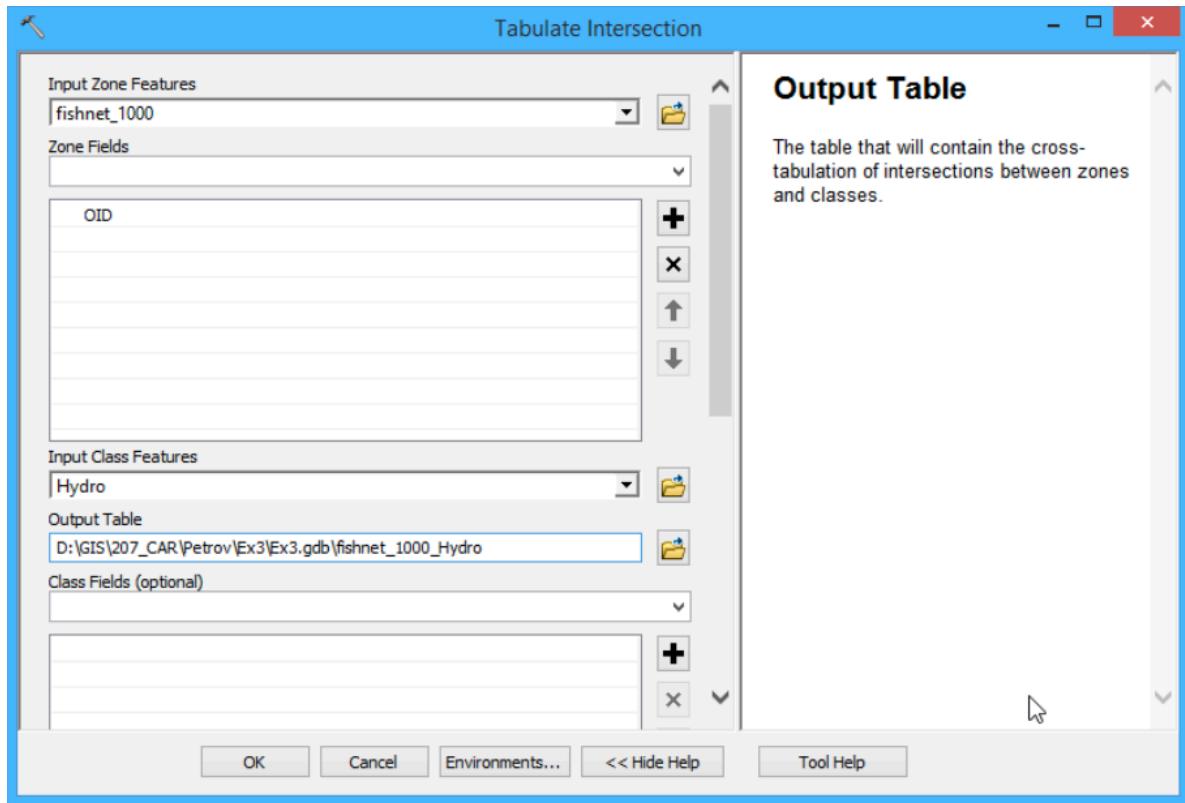
## 9.4 Подсчет доли водных объектов в площади ячеек

В начало упражнения ▾

1. Запустите инструмент **Analysis Tools > Statistics > Tabulate Intersection**.
2. Заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Zone Features</i>	fishnet_1000
<i>Zone Fields</i>	OID
<i>Input Class</i>	Features Hydro
<i>Output Table</i>	<Ваша папка>/Ex09/Ex09.gdb/fishnet_1000_Hydro

Остальные параметры оставьте по умолчанию. Диалог примет следующий вид:



3. Нажмите **OK**, после выполнения таблица результатов будет добавлена в таблицу содержания.
4. Откройте таблицу и посмотрите значения в поле *PERCENTAGE* — они отражают долю объекта в площади ячейки.

## 9.5 Подсчет доли прочих типов поверхности в площади ячеек

В начало упражнения ▾

Повторите операцию подсчета доли площади для оставшихся трех слоев, используя следующие параметры:

Входной слой	Выходной слой
<i>Green</i>	<i>Fishnet_1000_Green</i>
<i>Industrial</i>	<i>Fishnet_1000_Industrial</i>
<i>Buildings</i>	<i>Fishnet_1000_Buildings</i>

## 9.6 Добавление и инициализация атрибутивных полей

В начало упражнения ▾

1. Откройте таблицу атрибутов слоя *Fishnet*.
2. Добавьте в нее поле, которое будет хранить значение доли водных объектов. Для этого выберите в главном меню таблицы команду *Add Field...* и заполните параметры появившегося диалога следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Name</i>	<i>Hydro</i>

Параметр	Значение
Type	Float

Остальные параметры оставьте по умолчанию.

3. Добавьте аналогичным образом поля *Green*, *Industrial*, *Building*, а также *Other*, которое будет использоваться для хранения доли прочих поверхностей.
4. Используя калькулятор поля, заполните каждое поле значением 0.
5. Сохраните документ карты.

## 9.7 Присоединение таблицы с долей водных объектов

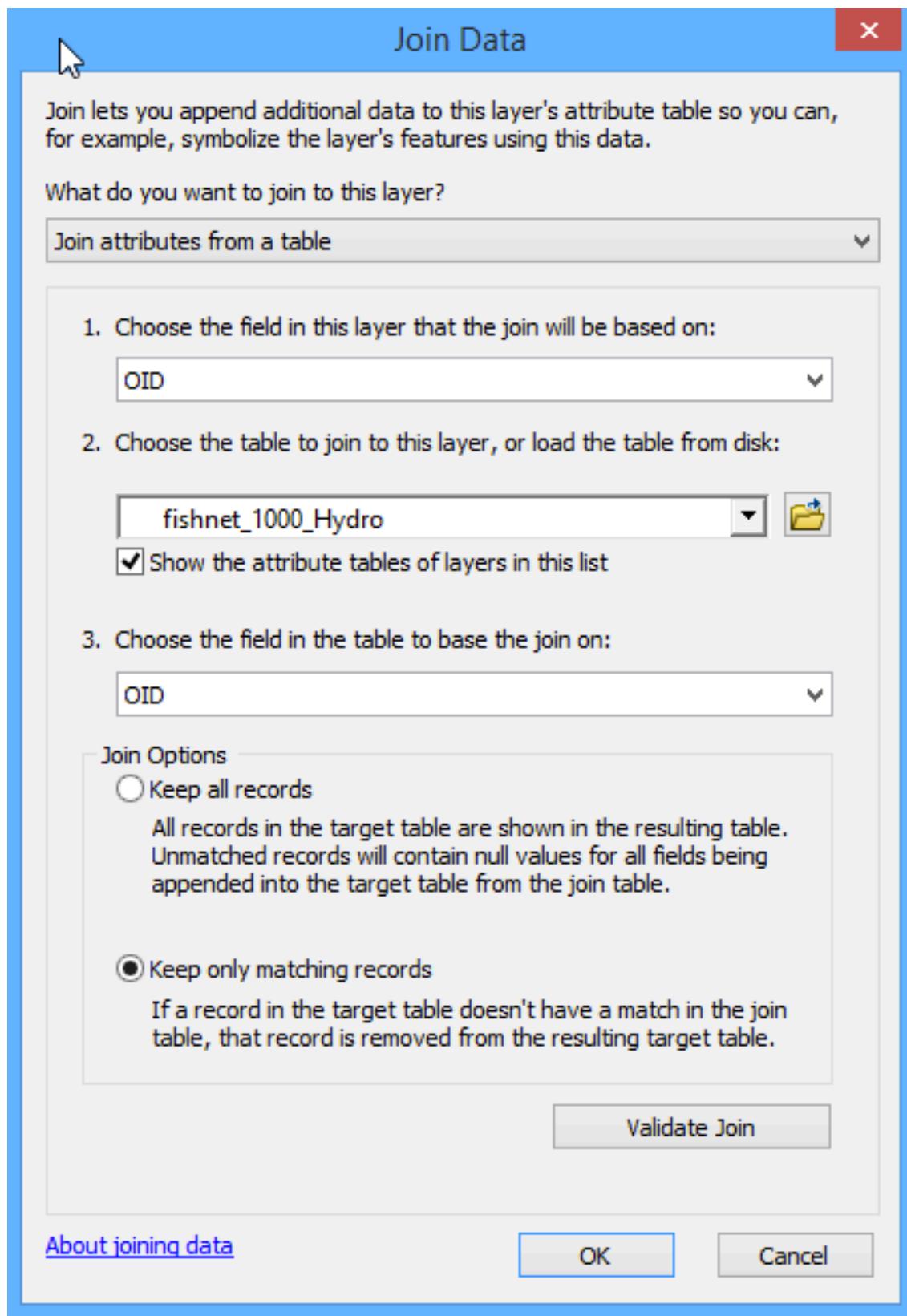
В начало упражнения ▾

**Соединение таблиц** (*join*) — операция, в результате которой к одной таблице добавляются столбцы из другой таблицы. При этом требуется, чтобы строки добавленных столбцов присоединились к нужным строкам основной таблицы. Порядок строк и их число в обеих таблицах, как правило, не одинаковы. Чтобы установить соответствие между строками исходной и присоединяемой таблицы, необходимо иметь в каждой таблице поле с общими для них значениями. Это поле называется ключевым.

1. Откройте слой *Fishnet* на редактирование.
2. Присоедините таблицу *Fishnet\_1000\_Hydro* к слою *Fishnet*. Для этого откройте свойства слоя *Fishnet*, перейдите на вкладку *Joins & Relates* и нажмите Add в группе *Joins*.
3. Укажите его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>OID</i>	Поле, содержащее уникальный идентификатор каждой записи
<i>Fishnet_1000_Hydro</i>	Присоединяемая таблица
<i>OID</i>	Поле в присоединяемой таблице, которое соответствует полю 1 в исходной
<i>Keep Only Matching Records</i>	Будут сохранены только те записи, для которых найдены совпадения поля <i>OID</i>

При указании свойств соединения отметьте флагком опцию **Keep Only Matching records**. Диалог соединения таблиц примет следующий вид:



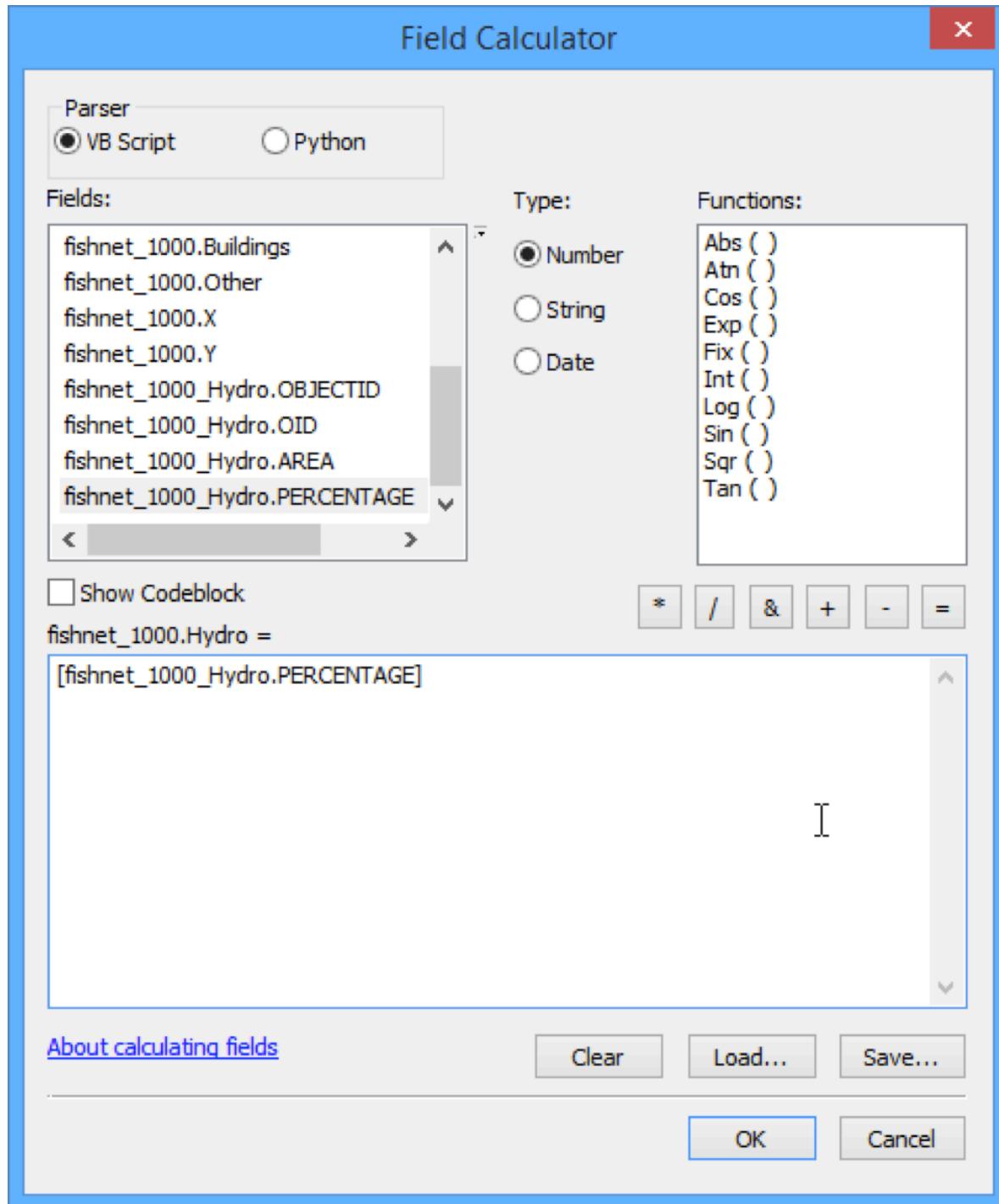
4. Используя калькулятор поля, перенесите значения из присоединенного столбца *PERCENTAGE* в столбец *Hydro* слоя *Fishnet*. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по заголовку столбца *Hydro* и выберите в контекстном меню

команду **Field Calculator**. В появившемся диалоге введите следующий текст команды (см рисунок ниже):

```
[fishnet_1000_Hydro.PERCENTAGE]
```

Для подстановки названия поля в строку просто дважды щелкните на нем в списке. Обратите внимание на точечную нотацию. Текст до точки — это название таблицы. Текст после точки — название поля.

Диалог примет следующий вид:



5. Нажмите **OK**. Значения будут скопированы из одного столбца в другой.

6. Удалите соединение таблиц.

## 9.8 Присоединение таблиц прочих типов поверхностей

В начало упражнения ▾

Повторите операцию соединения для таблиц *Fishnet\_1000\_Green*, *Fishnet\_1000\_Industrial* и *Fishnet\_1000\_Buildings*. После присоединения вычислите на их основе соответствующие поля в таблице *Fishnet*. Не забудьте перед каждым новым соединением удалять предыдущее.

## 9.9 Вычисление доли прочих поверхностей

В начало упражнения ▾

С помощью калькулятора поля вычислите долю прочих поверхностей в поле *Other*, используя следующее выражение:

100 - [Hydro] - [Green] - [Industrial] - [Buildings]

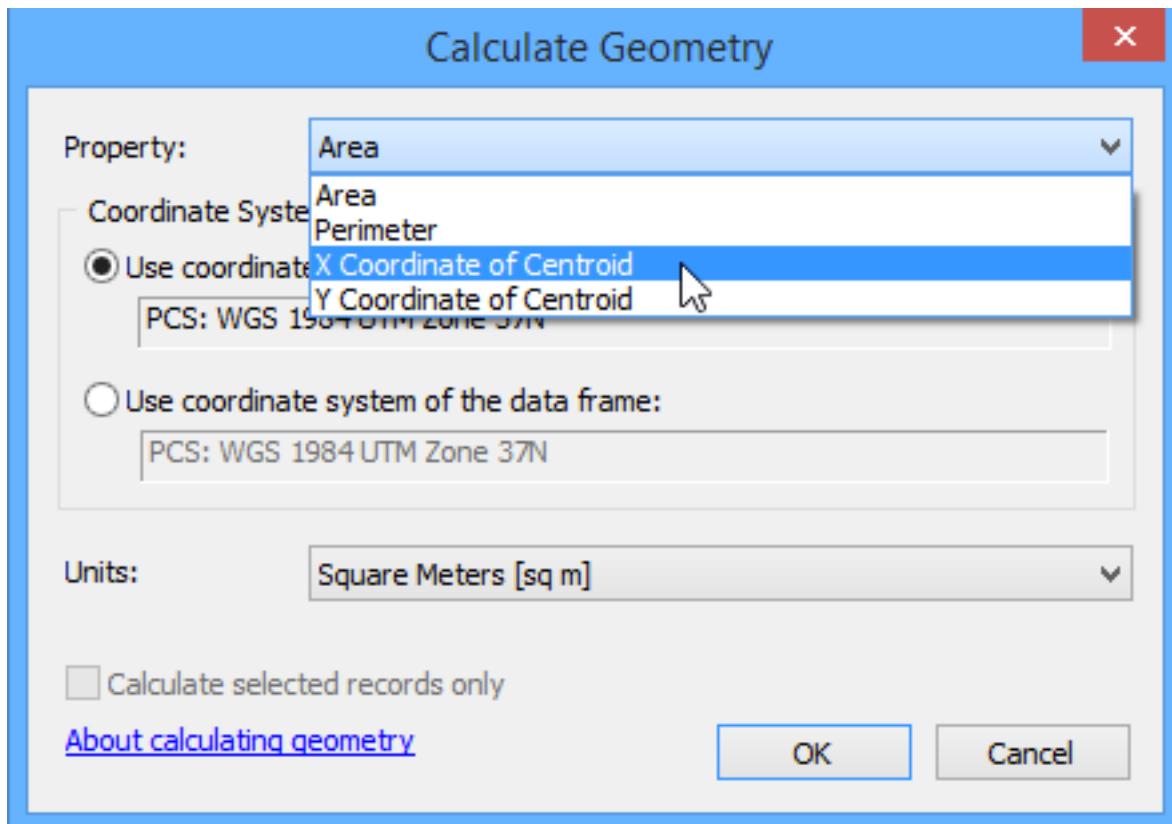
После вычисления завершите сеанс редактирования слоя.

## 9.10 Вычисление координат центров ячеек

В начало упражнения ▾

Для использования данных при моделировании важно знать координаты центров ячеек.

1. Добавьте столбцы *X* и *Y* типа *Long Integer* в таблицу слоя *Fishnet*.
2. Вычислите их с помощью калькулятора геометрии. Для этого щелкните на столбце *X* правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите команду **Calculate Geometry**.
3. В появившемся диалоге выберите режим **X Coordinate of Centroid** и нажмите **OK**:



4. Повторите операцию для столбца Y.

5. Сохраните документ карты.

После выполнения всех операций атрибутивная таблица слоя *Fishnet* должна принять приблизительно следующий вид:

fishnet_1000												
OID *	Shape *	Shape	Length	Shape Area	Hydro	Green	Industrial	Buildings	Other	X	Y	
683	Polygon		4000	999999,999998	0	0	0,000007	0	99,99999	404057	6164055	
684	Polygon		4000	999999,999998	0	0	0,000007	0	99,99999	404057	6164055	
685	Polygon		4000	999999,999998	0	3,613072	6,138528	3,42733	86,82107	405057	6164055	
686	Polygon		4000	999999,999997	0	26,45013	20,05986	8,641324	44,84869	406057	6164055	
687	Polygon		4000	999999,999998	0	61,95002	0,878638	4,822012	32,34933	407057	6164055	
688	Polygon		4000	999999,999998	0,302295	11,39153	2,862749	11,67693	73,96649	408057	6164055	
689	Polygon		4000	999999,999998	0,193715	57,64728	1,69347	3,369952	37,09558	409057	6164055	
690	Polygon		4000	999999,999998	0,135913	77,14572	1,696998	2,063312	18,95806	410057	6164055	
691	Polygon		4000	999999,999998	0,733244	1,985081	3,198828	9,918188	84,16465	411057	6164055	
692	Polygon		4000	999999,999998	0	0,105442	1,511898	13,65605	84,72662	412057	6164055	
693	Polygon		4000	999999,999998	0	0	69,28014	25,57047	5,149389	413057	6164055	
694	Polygon		4000	1000000	0	5,84516	58,24659	6,820927	29,08732	414057	6164055	
695	Polygon		4000	999999,999998	1,385123	0,003543	22,54103	10,13894	65,93137	415057	6164055	
696	Polygon		4000	999999,999998	4,368541	20,60036	12,38864	4,182766	58,45969	416057	6164055	
697	Polygon		4000	999999,999997	16,27321	43,25285	0	2,212181	38,26176	417057	6164055	
698	Polygon		4000	999999,999998	0	5,471804	4,305697	10,4827	79,73981	418057	6164055	
699	Polygon		4000	999999,999998	0	0,02545	6,480235	16,0651	77,42922	419057	6164055	
700	Polygon		4000	999999,999998	0	3,816034	4,951788	13,29448	77,9377	420057	6164055	
701	Polygon		4000	999999,999998	0	1,407935	4,162953	12,88681	81,5423	421057	6164055	
702	Polygon		4000	999999,999998	0	15,18455	10,48782	5,882741	68,44489	422057	6164055	
703	Polygon		4000	999999,999998	0	12,51075	7,741434	1,166223	78,5816	423057	6164055	
704	Polygon		4000	999999,999997	0	0	0,005519	0	99,99448	424057	6164055	

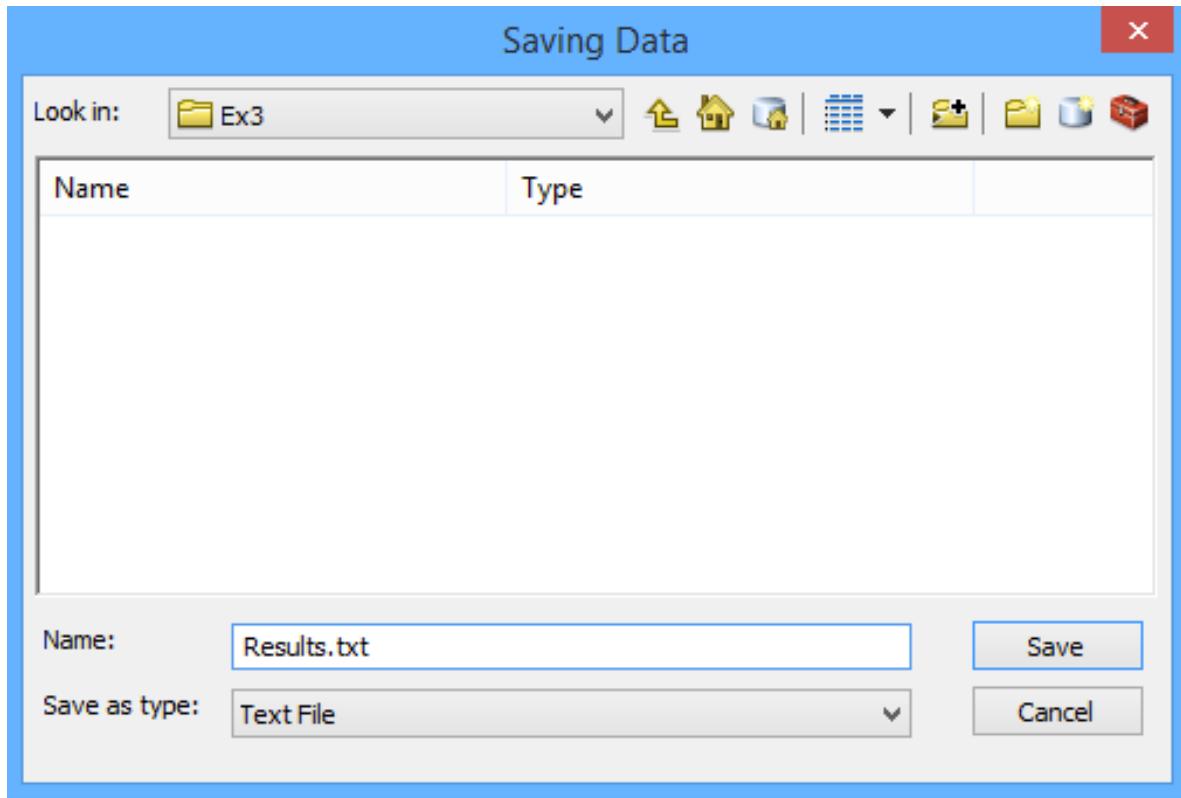
Снимок экрана №2. Атрибутивная таблица слоя расчетной сетки

## 9.11 Экспорт таблицы в файл

В начало упражнения ▾

Экспортируйте результатирующую таблицу в текстовый файл для ее дальнейшего использования. Для этого:

1. В главном меню таблицы выберите команду **Export....**
2. В поле **Output Table** нажмите кнопку указания места сохранения файла и перейдите в ваш каталог *Ex09*.
3. Смените тип файла на текстовый и назовите его *Results.txt*:



4. Откройте получившийся файл через **Проводник**, чтобы просмотреть его содержимое.

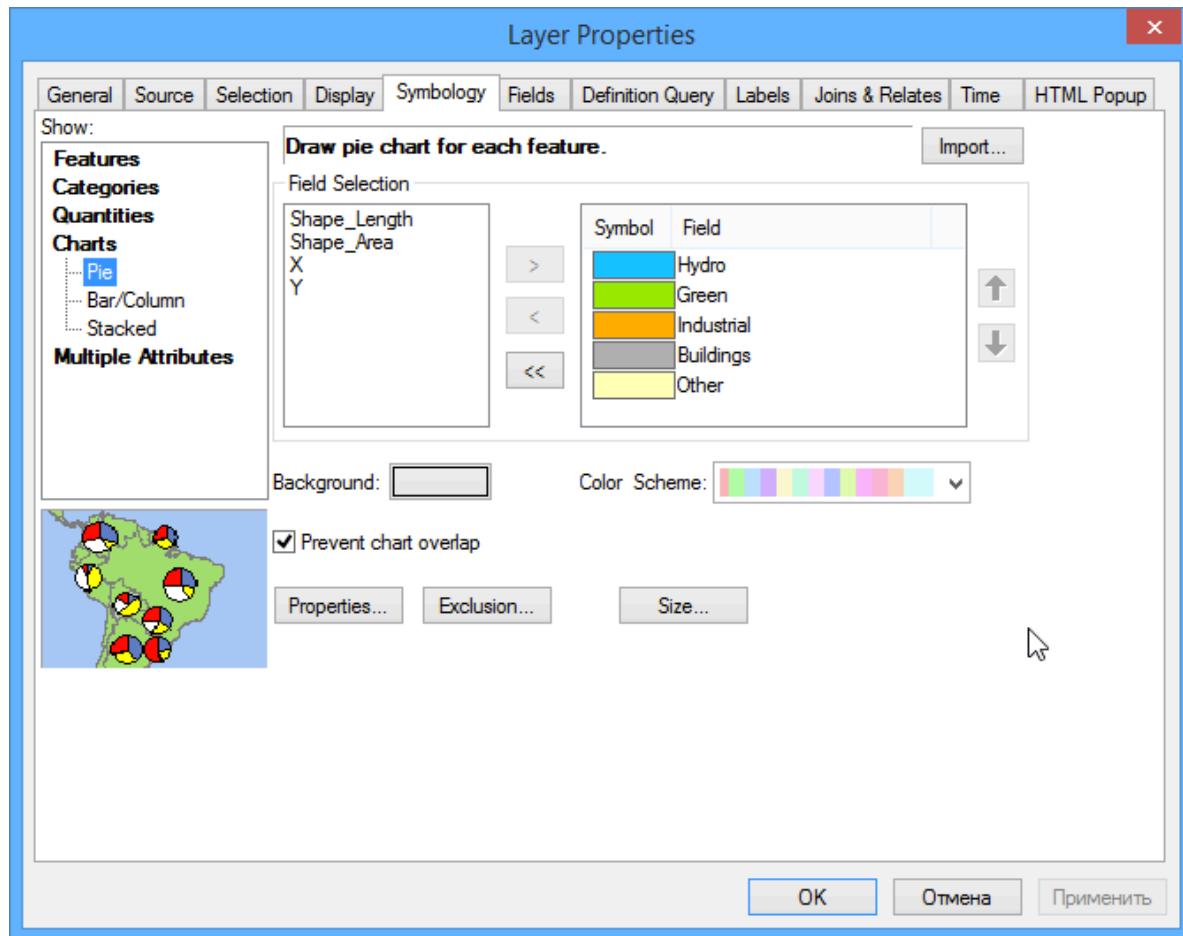
**Снимок экрана №3.** Файл данных расчетной сетки

## 9.12 Построение картодиаграмм

В начало упражнения ▾

Для визуализации соотношения типов поверхностей по ячейкам удобно использовать картодиаграммы.

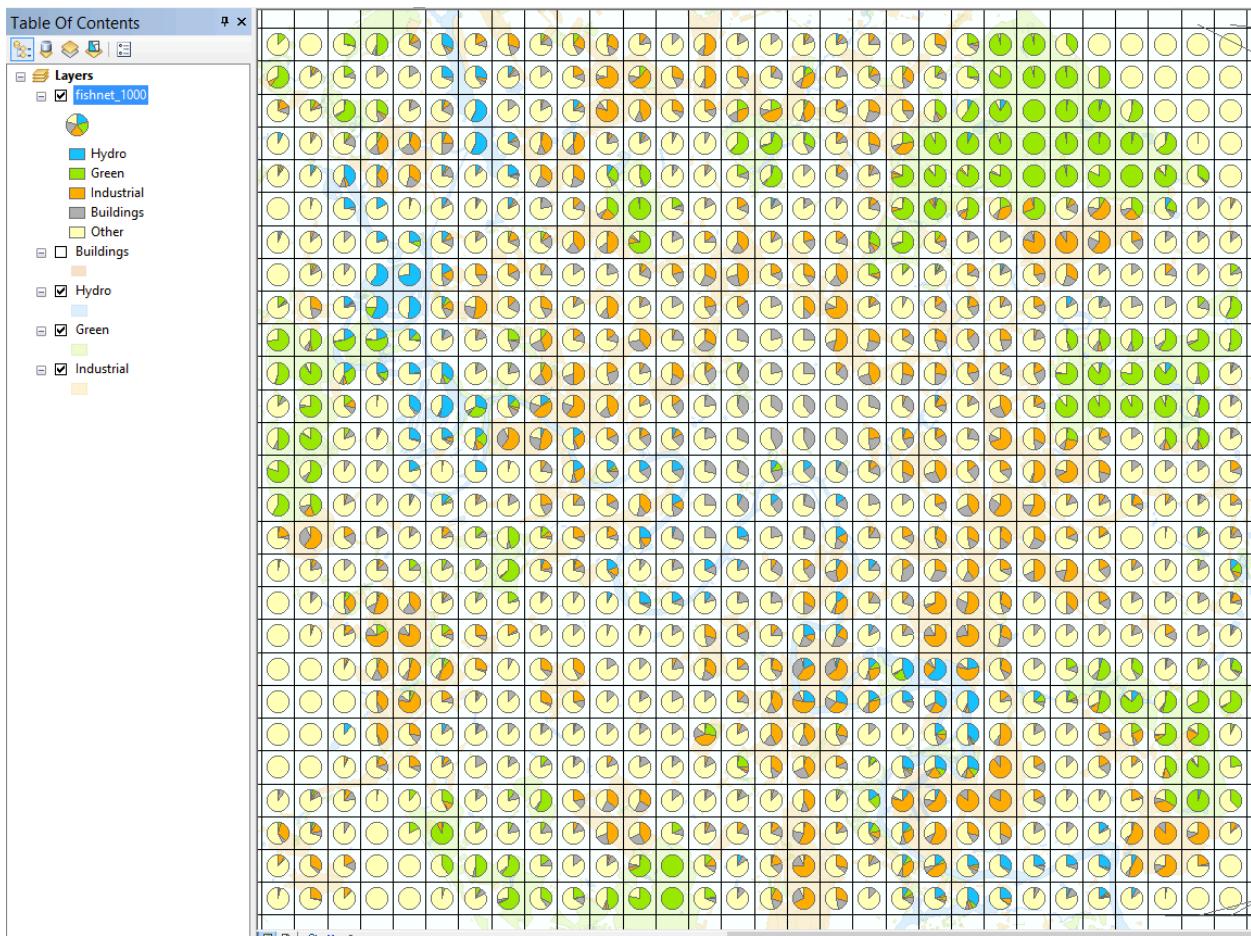
1. Установите масштаб изображения 1:100 000.
2. Измените способ изображения слоя *Fishnet* на **Pie Charts** (картодиаграммы).
3. Добавьте столбцы *Hydro*, *Green*, *Industrial*, *Buildings* и *Other* в поля картодиаграммы и раскрасьте их в соответствии с рисунком:



4. Нажмите кнопку **Size** и установите диаметр кружка равным 18 пунктам.

5. Символ **Background** сделайте без заливки и с черной обводкой. Нажмите **OK**.

6. Установите прозрачность для всех слоев 70%, чтобы подложка не мешала восприятию картодиаграмм. Документ карты примет следующий вид:



**Снимок экрана №4.** Картодиаграммы

## 9.13 Оформление компоновки карты

В начало упражнения □

Оформите карту на один из фрагментов территории, на котором встречаются ячейки с разным типом поверхности. Для этого:

1. Переключитесь в режим компоновки.
2. Переименуйте слой *Fishnet\_1000* в *Типы подстилающей поверхности*.
3. Установите масштаб карты равным 1:100 000 и переместите изображение на выбранный вами участок территории.
4. Добавьте легенду для слоя *Типы подстилающей поверхности*
5. Добавьте заголовок карты.
6. Добавьте масштаб.
7. Экспортируйте карту в файл *LandCover.png* в свою директорию *Ex09*.
8. Вставьте карту в отчетный файл.
9. Сохраните документ карты.

## 9.14 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

Ответьте на вопросы в отчетном файле. После окончания положите ваш отчет в сетевую папку для проверки вашим преподавателем.



# Chapter 10

## Анализ пространственных взаимосвязей

### 10.1 Введение

**Цель** — научиться определять пространственную приуроченность двух явлений на основе процента взаимного покрытия их площадей (методом оверлея).

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Оверлей пространственных объектов, геометрическое определение вероятности как отношения мер (площадей).
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Работы с базами данных.
Исходные данные	База данных ГИС «Сатино».
Результат	Таблица взаимного покрытия площадей типов рельефа и подтипов почв.
Ключевые слова	Базовые технологии ГИС, оверлей, геометрическая вероятность.

#### 10.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту слои типов почв и рельефа, оформить их
- Произвести оверлей слоев
- Произвести слияние данных и соединение таблиц
- Подсчитать процент покрытия площадей

#### 10.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с пространственным анализом на основе векторных данных. Векторная модель представляет объекты в виде отдельных геометрических фигур с набором атрибутов. Она является объектно-ориентированной и удобна для анализа формы, размеров объектов, их взаимной конфигурации в пространстве. Одним из широко используемых методов анализа на основе векторных данных является оверлей.

При *оверлее* происходит наложение двух или более слоев, в результате чего образуется их графическая композиция. Полученные участки наследуют атрибуты от каждого слоя. Эта операция базируется на стандартных отношениях множеств, таких как пересечение, объединение и симметрическая разность.

С помощью оверлея можно, например, установить, к каким генетическим типам рельефа приурочены различные типы и подтипы почв. В общем случае оверлей позволяет установить, какие комбинации объектов встречаются в пространстве. В задании предлагается исследовать методом оверлея взаимосвязь типов рельефа и типов и подтипов почв.

## 10.2 Визуальный анализ векторных слоев

В начало упражнения ▾

В первую очередь при анализе данных следует провести их визуальную оценку, которая может натолкнуть на отыскание закономерностей во взаимном расположении объектов.

1. Скопируйте папку *Ex10* из серверной директории в свой рабочий каталог с помощью Проводника.
  2. Откройте **ArcMap** и в нем — окно **Catalog**.
  3. Найдите базу геоданных  *Satino.gdb* в своем каталоге *Ex10* и перенесите на карту два тематических слоя:  *SoilTypes* (Типы почв) и  *RelTypes* (Типы рельефа) из группы *Thematic*.
  4. Поместите слой *Типы рельефа* вниз таблицы содержания, откройте его свойства (двойным щелчком на названии) и перейдите на вкладку **Symbology**.
  5. Выберите тип отображения **Categories** и в нем — режим **Match to Symbols In a Style**, который позволяет настроить символы в соответствии с заранее определенным стилем.
  6. В качестве определяющего поля **Value field** выберите *Tip рельефа*. Далее нажмите кнопку **Browse** и выберите стиль *Satino.style*, лежащий в вашем каталоге *Ex10*. Нажмите кнопку **Match symbols**. Снимите флажок со строчки **All other values**. Окно свойств слоя должно принять вид, аналогичный представленному на рисунке. Нажмите **OK**.
  7. Настройте отображение слоя *Типы почв* в виде полигонов без заливки с ярко красной обводкой толщиной 1.5 пикселя. Чтобы сделать полигон без заливки, необходимо выбрать в меню **Fill Color** режим **No Color**. Нажмите **OK**:
  8. Выберите инструмент идентификации  и щелкните в пределах карты на любом полигоне.
  9. Переведите инструмент идентификации в многослойный режим. Для этого в окне **Identify** раскройте верхний список **Identify From** и выберите пункт **All layers**. Попробуйте идентифицировать полигоны в разных участках карты, обращая внимание на информацию, которая отображается в окне идентификации.
- Проанализируйте совмещенное изображение границ типов почв и рельефа. Есть ли какие-то совпадения или подобия их рисунков в пределах речных долин, междуречий, малых эрозионных форм?

Теперь, когда данные исследованы визуально и путем идентификации, можно перейти к их анализу с помощью оверлея. Предварительно следует организовать рабочее пространство, чтобы результаты анализа хранились в структурированном виде и не смешивались с базовыми слоями.

## 10.3 Организация рабочего пространства

В начало упражнения ▾

Поскольку в процессе оверлея будет создан новый слой (а затем еще и другие), возникает задача хранения вновь создаваемых данных. База геоданных *Satino* содержит базовые слои, и производные результаты лучше помещать в другое хранилище.

1. Сохраните документ карты в свой каталог *Ex10* под именем *Ex10\_Оверлей.mxd*
2. Откройте окно **Catalog** и обратите внимание на то, в нем наверху появился домашний каталог под именем *Home - Фамилия/Ex10..* Раскройте его.

*Домашний каталог* — директория файловой системы, в которой хранится документ карты, с которым вы работаете в данный момент. Обычно в том же каталоге стараются хранить и сами данные (если они не берутся из внешней СУБД), чтобы избежать путаницы.

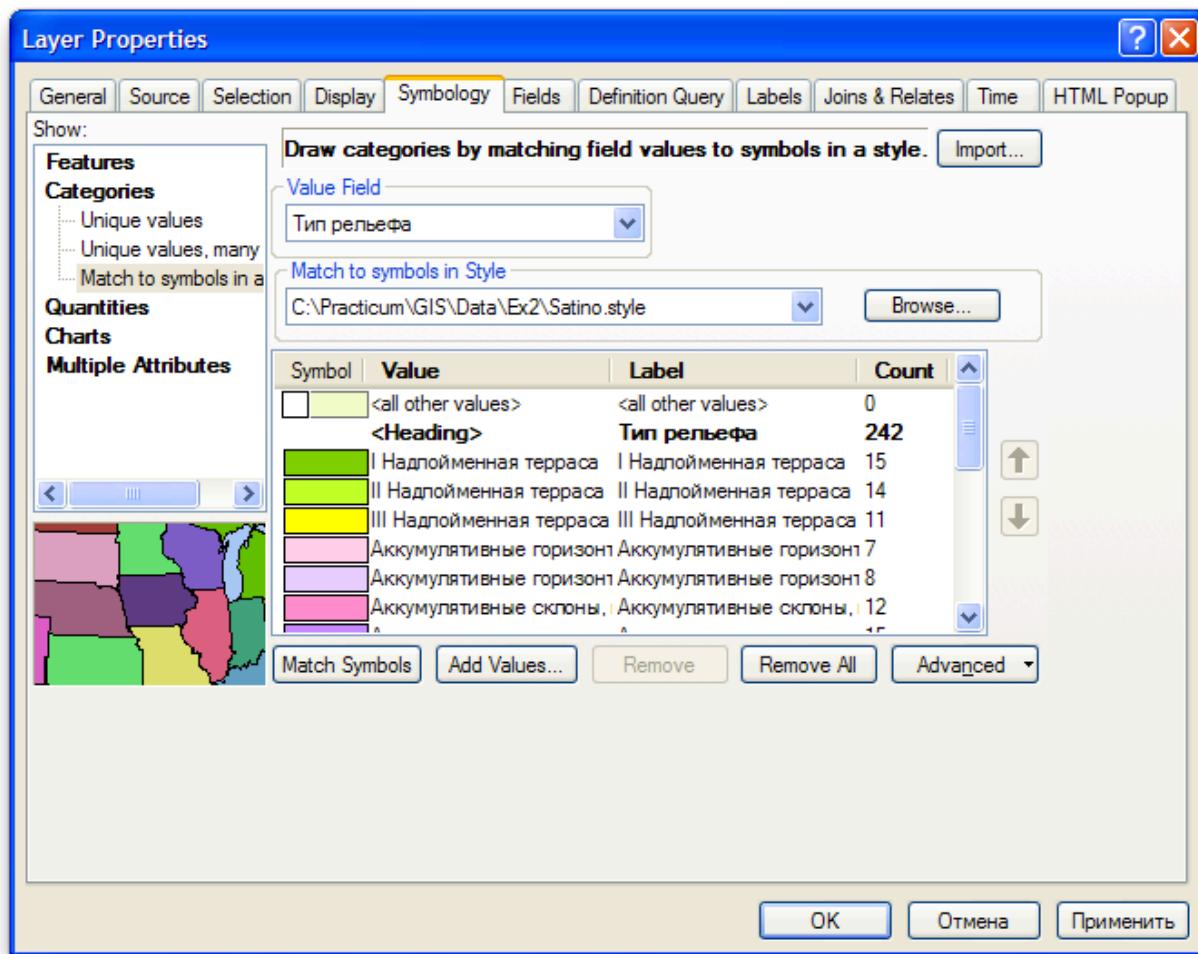


Figure 10.1: Рис. 2. Настройка способа изображения в соответствии с предопределенным стилем

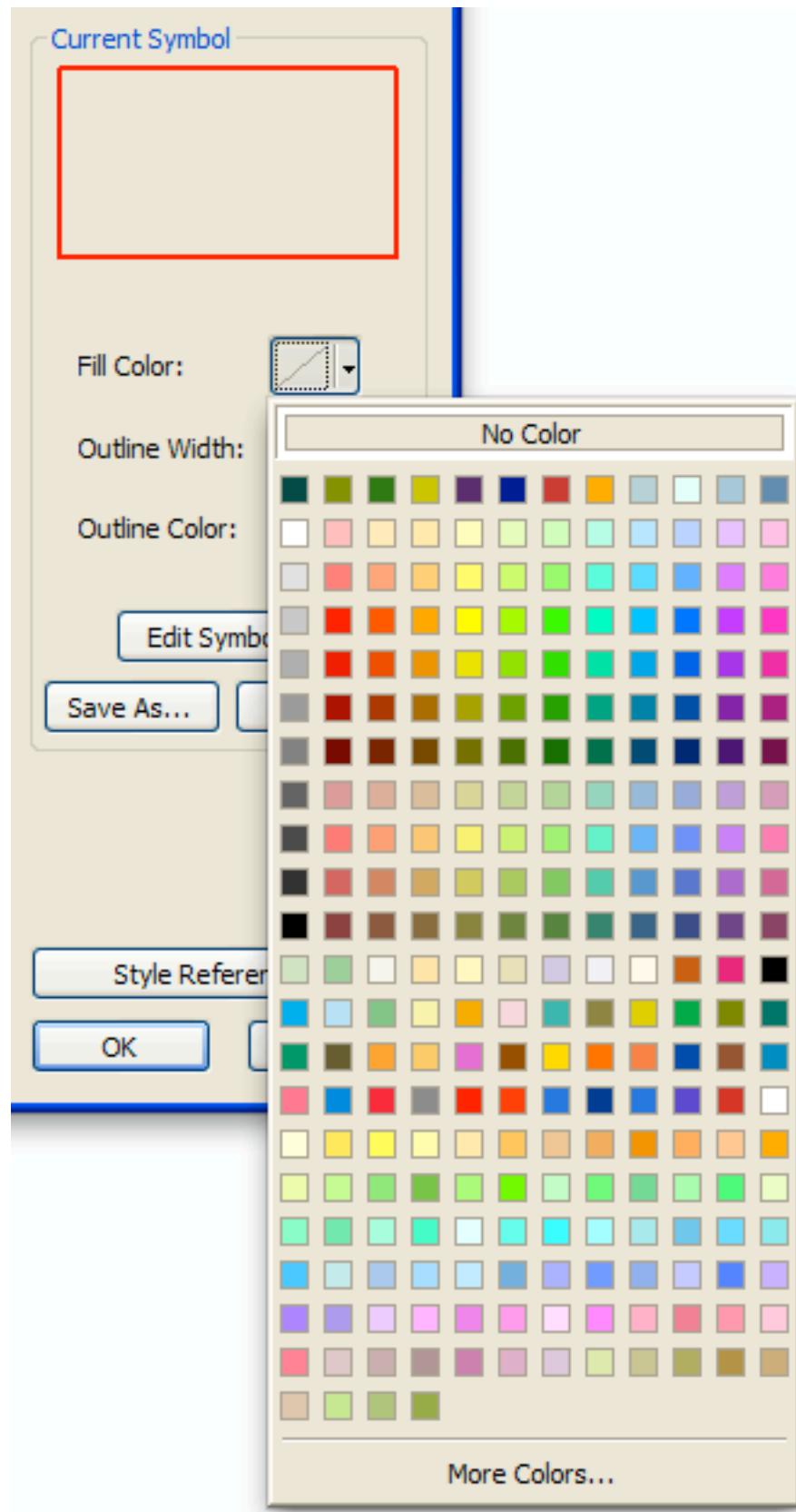


Figure 10.2: Рис. 3. Выбор режима отображения полигонов без заливки

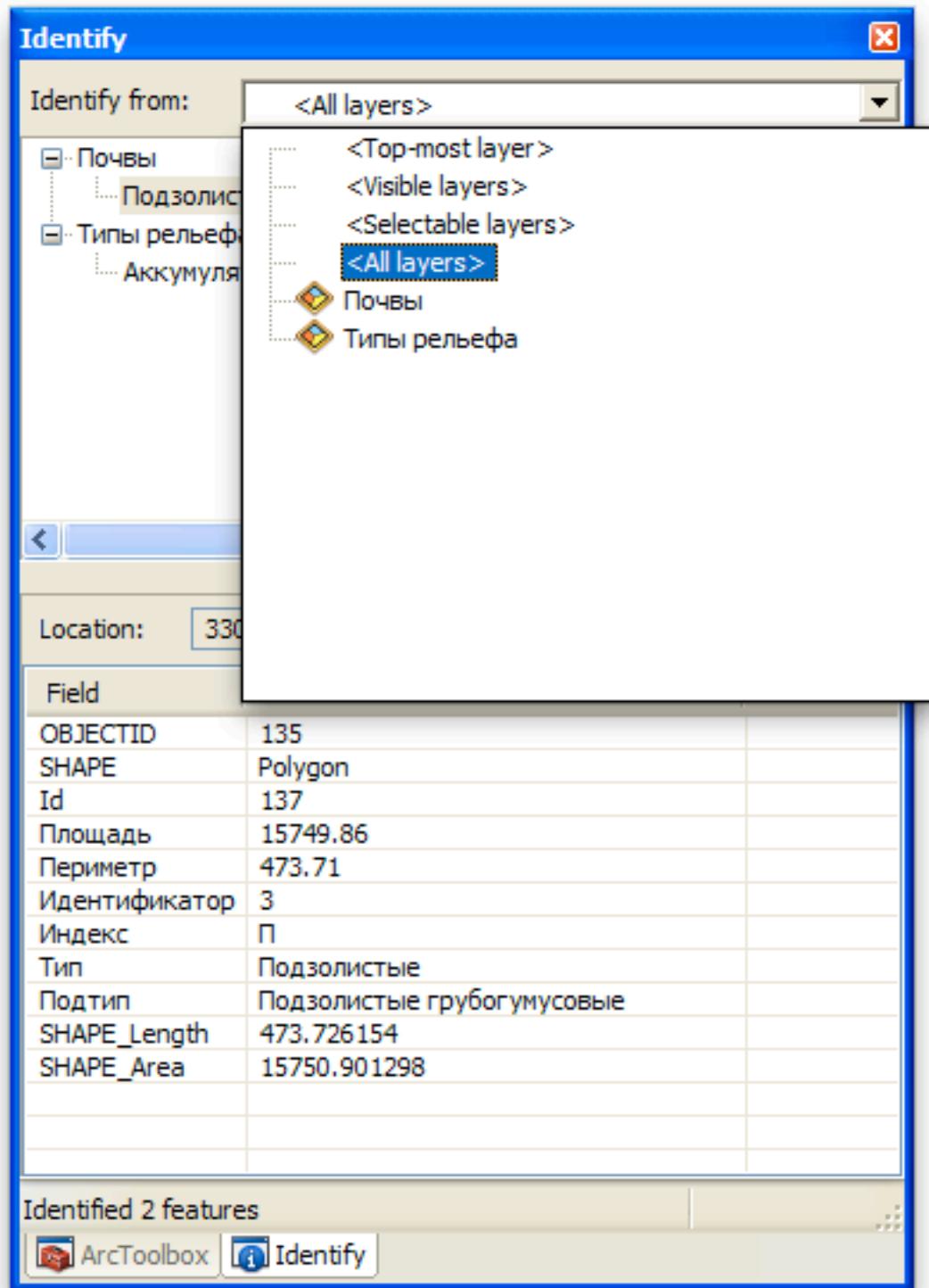


Figure 10.3: Рис. 4. Переключение инструмента идентификации в многослойный режим

3. Щелкните правой кнопкой мыши по домашнему каталогу и выберите **New > File Geodatabase** для того, чтобы создать новую базу геоданных.
4. Назовите ее *Ex10.gdb*
5. Щелкните по *Ex10.gdb* правой кнопкой мыши и выберите пункт **Make Default Geodatabase**. Эта команда указывает программе, что все результаты обработки данных следует помещать в выбранную базу геоданных.

## 10.4 Оверлей слоев методом пересечения

В начало упражнения ▾

Оверлей осуществляется в ArcGIS с помощью инструментов геообработки.

*Геообработка* (geoprocessing) в терминологии ArcGIS — это анализ и преобразование пространственных данных. Доступ к инструментам геообработки осуществляется через окно *ArcToolbox*, где они сгруппированы по назначению. Некоторые наборы инструментов, такие как *Spatial Analyst* и *3D Analyst*, являются дополнительными модулями ArcGIS, предназначенными для решения специализированного круга задач: растровый анализ, трехмерный анализ, сетевой анализ и т.д.



1. Откройте **ArcToolbox** с помощью красной кнопки на панели инструментов.
2. Раскройте группу инструментов **Analysis Tools > Overlay**. Здесь можно найти различные режимы оверлея.

Чем отличаются друг от друга режимы оверлея *Intersect*, *Symmetrical Difference* и *Union*?\*

3. Запустите инструмент **Intersect**, который ищет геометрическое пересечение нескольких слоев. Изучите пояснительную иллюстрацию в правой части окна.
  4. Перенесите из таблицы содержания в список **Input features** слой *Типы почв*, затем слой *Типы рельефа*
- Обратите внимание на то, что система автоматически определила адрес и название выходного класса объектов в следующем виде: D:/GIS/207/CAR/ /Ex10/Ex10.gdb/SoilTypes/Intersect
5. Замените *SoilTypes\_Intersect* на *SoilsRelief\_Intersect*, чтобы из названия было ясно, что с чем пересекается.
  6. Параметр **Join Attributes** оставьте *ALL*. В этом режиме результат оверлея унаследует все поля из обоих слоев.
  7. Диалог инструмента **Intersect** примет вид, аналогичный представленному на рисунке. Запустите вычисления, нажав кнопку **OK**.
  8. Дождитесь, пока в таблицу содержания добавится слой *SoilsRelief\_Intersect* и переименуйте его в *Комбинации почвы-рельеф*. Для этого выделите слой в таблице содержания и нажмите F2 на клавиатуре, либо найдите пункт **Rename** в контекстном меню.
  9. Поместите полученный оверлеем слой между слоями типов почв и рельефа, и настройте его отображение в виде полигона без заливки с черной обводкой толщиной 4 пикселя. Там, где границы совпадают с контурами типов рельефа, они будут черного цвета, а там где они совпадают с контурами типов почв, будет красная линия с черной обводкой.
  10. Раскройте атрибутивную таблицу слоя *Комбинации почвы-рельеф*.

Какие поля содержатся в атрибутивной таблице полученного слоя? Сравните его границы с границами двух исходных слоев.\*

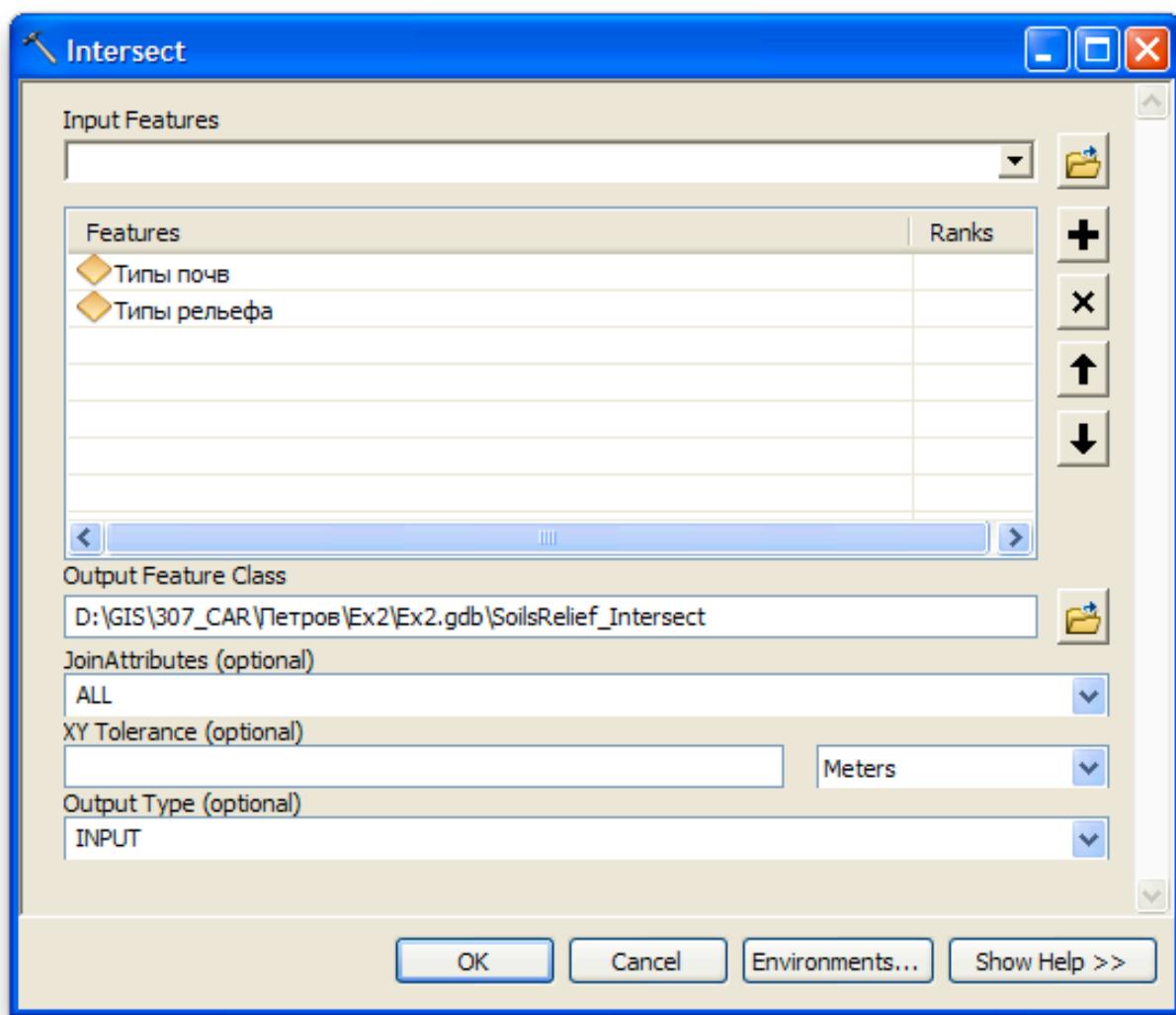


Figure 10.4: Рис. 5. Диалог инструмента Intersect

## 10.5 Слияние результатов пересечения с целью получения показателя пространственной связи

В начало упражнения ▾

Поскольку каждый полигон в оверлейном слое содержит значение типа/подтипа почвы и типа рельефа, появляется возможность установить приуроченность типов и подтипов почв к определенным типам рельефа.

Чтобы подсчитать долю каждого типа рельефа в площасти каждого подтипа почв, необходимо просуммировать площасти каждой их уникальной комбинации. Например, дерново-карбонатные выщелоченные почвы (*Д-в-к*) на крутых эрозионных склонах встречаются в пределах Сатинского полигона в виде 6 разрозненных участков, имеющих некоторую суммарную площасть. Эта площасть, деленная на суммарную площасть почв подтипа *Д-в-к* даст вероятностный критерий приуроченности почв *Д-в-к* к крутым эрозионным склонам. То же самое касается остальных комбинаций подтипов почв и типов рельефа.

С точки зрения рабочих процессов ГИС, операцию следует разбить на 5 шагов:

- подсчет суммарной площасти каждой комбинации подтипа почв и типа рельефа;
- подсчет суммарной площасти каждого подтипа почв;
- добавление поля, в которое будет записана процентная доля;
- соединение таблиц комбинаций и подтипов почв по названию подтипа почв;
- деление площасти комбинации на площасть подтипа почв и запись результата в соответствующее поле.

Объединение разрозненных объектов, обладающих одинаковым набором атрибутов, осуществляется с помощью операции *слияния* (*Dissolve*). Причем, если объекты примыкают друг к другу, граница между ними будет стерта, а если объекты разнесены в пространстве, на выходе получится сложный составной объект (*Multipart feature*), состоящий из нескольких полигонов. Слияние — это один из методов генерализации.

## 10.6 Подсчет суммарной площасти каждой комбинации подтипа почв и типа рельефа

В начало упражнения ▾

1. Откройте в ArcToolbox инструмент геообработки **Data Management Tools > Generalization > Dissolve**. Изучите пояснительный рисунок в правой части окна интерфейса.

2. Выберите в качестве значения параметра **Input Features** слой *Комбинации почвы-рельеф*

3. В списке **Dissolve Fields** следует отметить поля *SoilType*, *SoilSubtype* и *RelType*, тем самым можно будет найти все уникальные комбинации подтипов почв и типов рельефа.

Поле *SoilType* необходимо отметить для того, чтобы в таблице результирующего слоя сохранилась информация о типах почв. Это не повлияет на сам результат, поскольку количество комбинаций типа и подтипа почв равно количеству самих подтипов.

4. Введите название выходного класса *SoilsRelief\_Intersect\_Dissolve*. Диалог инструмента **Dissolve** примет вид, аналогичный представленному на рисунке ниже.

5. Остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите **OK**.

6. После того как результат появится в таблице содержания, назовите полученный слой *Слияние комбинаций почвы-рельеф*.

7. Отключите этот слой в таблице содержания.

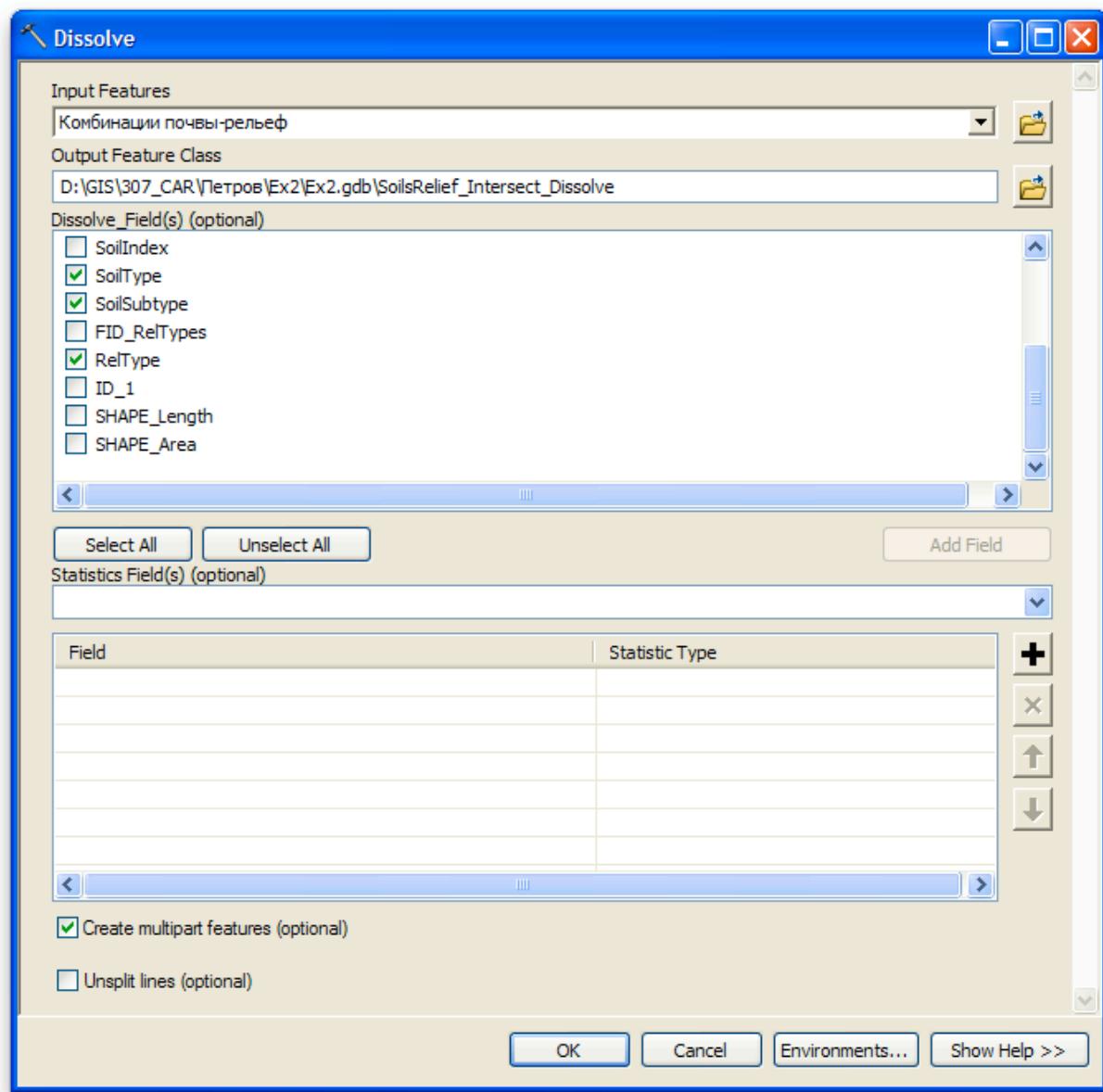


Figure 10.5: Рис. 6. Инструмент Dissolve, выполняющий слияние объектов по набору атрибутов

## 10.7 Подсчет суммарной площади каждого подтипа почв

В начало упражнения ▾

1. Запустите инструмент **Dissolve** еще раз.
2. Выберите в качестве **Input Features** слой *Типы почв*.
3. В списке **Dissolve fields** выберите поля *SoilType* и *SoilSubtype*.
4. Введите название выходного класса *SoilTypes\_Dissolve*.
5. Остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите **OK**.
6. Назовите полученный слой *Слияние подтипов почв*. В данном слое в результате операции слияния каждый подтип почв будет представлен единственным объектом, а в его поле *Shape\_Area* будет записана суммарная площадь данного подтипа
7. Отключите этот слой в таблице содержания.

## 10.8 Добавление нового поля для результирующих значений

В начало упражнения ▾

1. Откройте таблицу слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф*.
2. Выберите в окне таблицы пункт меню  **Table Options > Add Field...**
3. В диалоге введите название поля *Percent*.
4. Выберите тип поля **Float** (с плавающей точкой). Оставьте остальные параметры по умолчанию и нажмите **OK**.

## 10.9 Соединение таблиц по названию подтипа почв

В начало упражнения ▾

Для расчета пространственной взаимосвязи необходимо поделить площадь каждой комбинации на площадь соответствующего подтипа почв. Эти площади находятся сейчас в разных таблицах — *Слияние подтипов почв* и *Слияние комбинаций почвы-рельеф*. Их можно соединить по полю *Подтип*.

*Соединение таблиц* (table join) — операция, в результате которой к одной таблице временно добавляются столбцы из другой таблицы. Чтобы установить соответствие между строками исходной и присоединяемой таблицы, необходимо иметь в каждой таблице поле с общими для них значениями. Например, это может быть числовой код объекта или, как в нашем случае, подтип почв.

1. Перейдите в контекстное меню слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф* и выполните команду **Joins and Relates > Join**. Внимательно изучите содержимое появившегося диалога.
2. Выберите *Подтип* в качестве поля **1**, по которому будет делаться соединение:
3. Выберите *Слияние подтипов почв* в качестве присоединяемой таблицы **2**.
4. Выберите *Подтип* в качестве поля, по которому будет присоединяться таблица *Слияние подтипов почв*.
5. Нажмите **OK**.

Что изменилось в атрибутивной таблице слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф*?

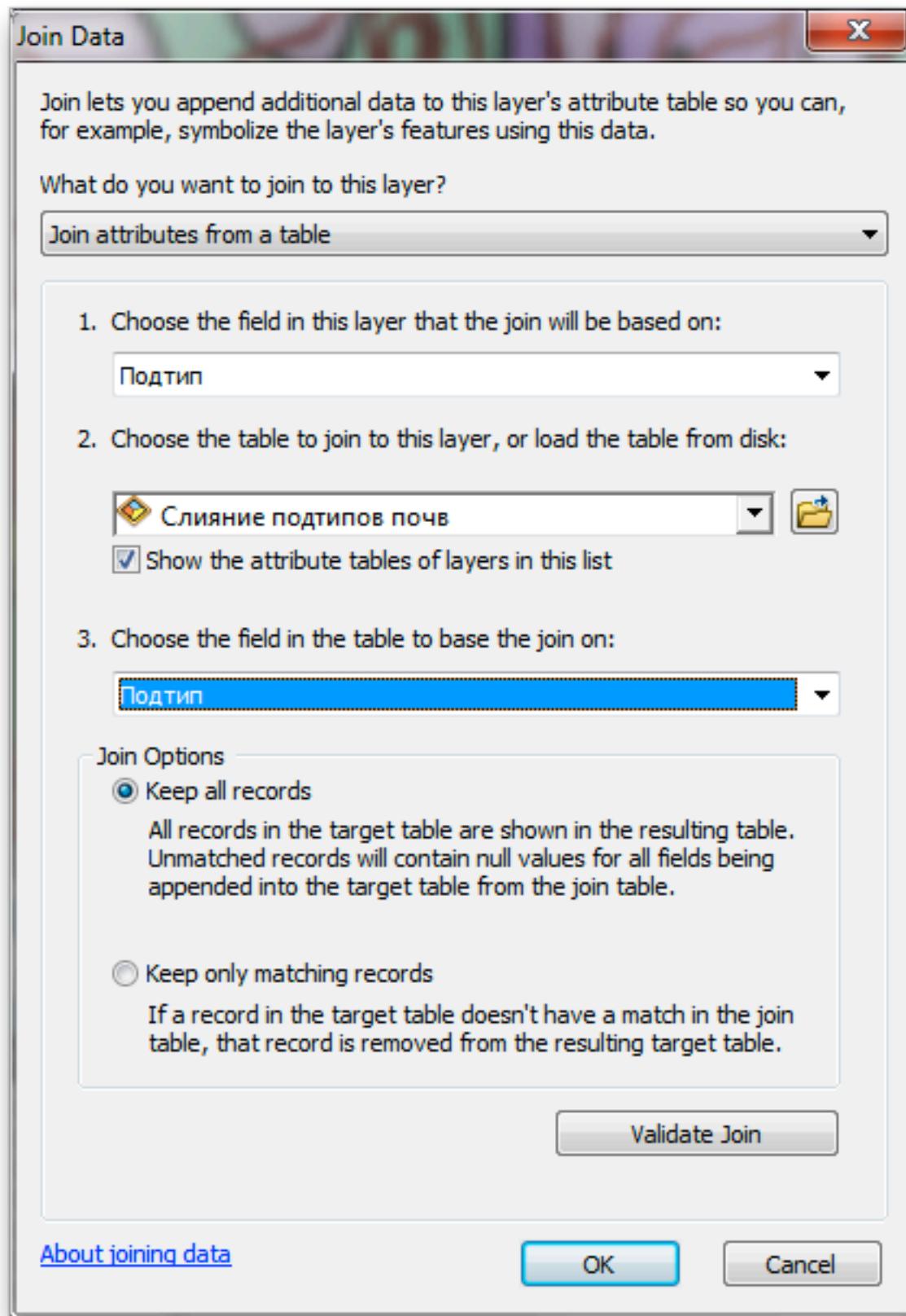


Figure 10.6: Рис. 7. Диалог настройки соединения таблиц

## 10.10 Вычисление результирующих значений

В начало упражнения ▾

1. Откройте таблицу слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф*.
  2. Щелкните правой кнопкой мыши на заголовке поля *Percent*, вызовите **Field Calculator** и введите туда указанное ниже выражение для подсчета процента площади. Вы можете просто набрать 100 \*, а затем дважды щелкнуть по названию каждого поля в списке, чтобы не вписывать их вручную:
 

```
100 * [SoilsRelief_Intersect_Dissolve.SHPE_Area] / [SoilTypes_Dissolve.SHPE_Area]
```
- Калькулятор поля* (field calculator) используется для вычисления значений атрибутов. Вы можете, например, умножить значение одного поля на 100 и записать в другое, соединить несколько текстовых полей в одно предложение или просто скопировать значение одного поля в другое.
3. Нажмите **OK**. Посмотрите получившиеся значения в поле *Percent*.
  4. Удалите соединение таблиц через контекстное меню слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф* командой **Joins and Relates > Remove Joins > Remove All joins**.
  5. В атрибутивной таблице слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф* щелкните на любом поле правой кнопкой мыши и выберите команду **Advanced Sorting**.
  6. Выберите в качестве первого поля *Подтип* и установите порядок сортировки **Ascending** (в сторону увеличения).
  7. Выберите в качестве второго поля *Percent* и порядок сортировки **Descending** (в сторону уменьшения).
  8. Растяните таблицу таким образом, чтобы хорошо было видно поле типа почв, поле подтипа почв, поле типа рельефа и поле *Percent*.
  9. Нажмите **OK**.
  10. Отключите оба слоя слияния в таблице содержания.
  11. Сохраните документ карты.

Получившаяся таблица отображает для каждого подтипа почвы типы рельефа в порядке уменьшения их доли в площади. Первая строка для каждого подтипа почвы устанавливает наиболее вероятный тип рельефа.

*Какие почвы показывают наибольшую связь с определенным типом рельефа?*

12. Отсортируйте таблицу только по убыванию значений в поле *Percent* (нажав дважды и еще раз дважды на нем) и выделите строки, в которых значение процента в поле *Percent* более 75.
  13. Скомпонуйте окно приложения так, чтобы было видно целиком карту, а также выделенные в таблице строки, а также столбцы *Tip*, *Подтип*, *Tip рельефа* и поле *Percent*. Окно примет вид, аналогичный представленному на рисунке:
- Снимок экрана №1** — Окно карты и результирующая таблица
14. Сохраните документ карты

## 10.11 Ответы на вопросы

В начало упражнения ▾

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.

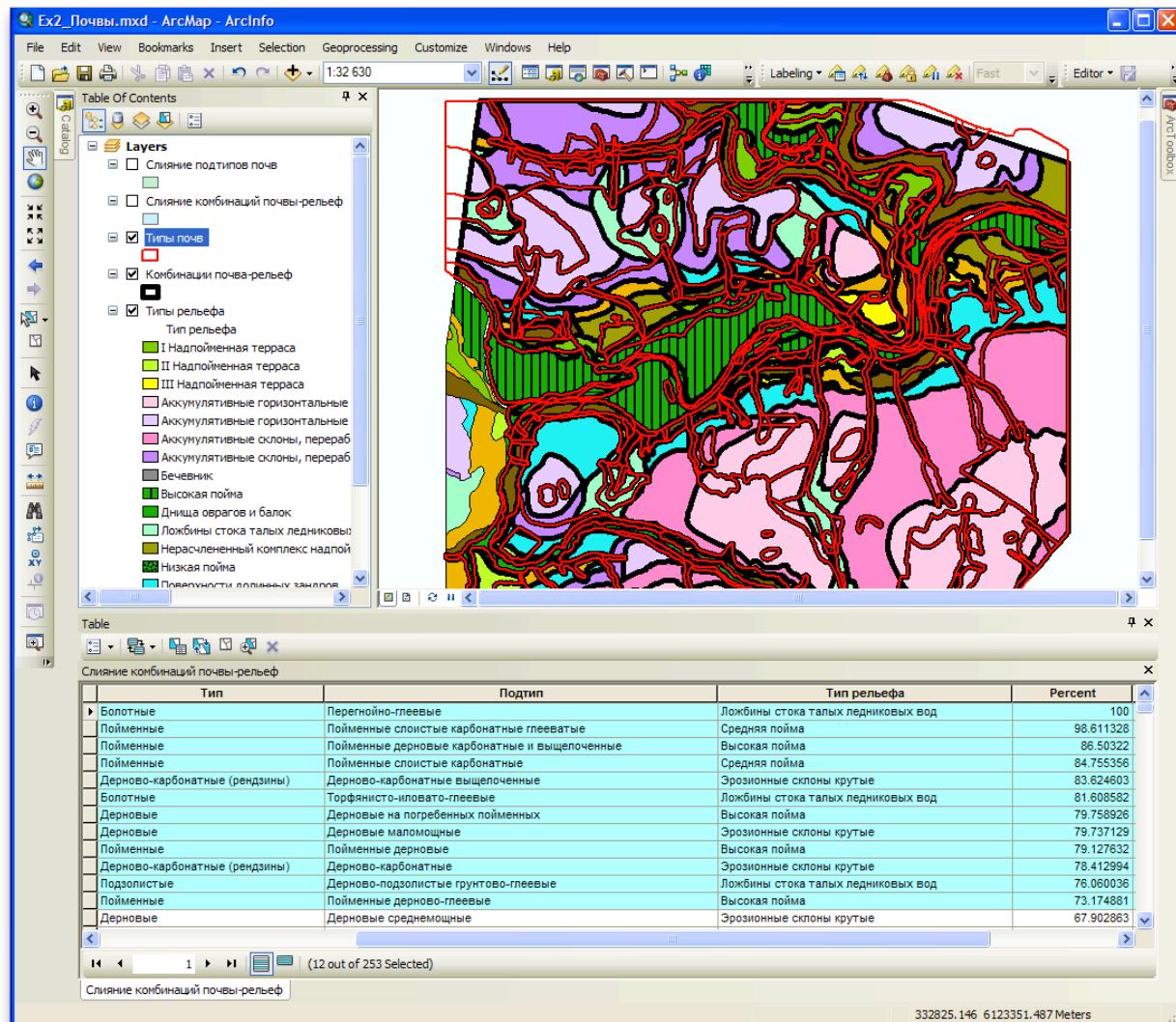


Figure 10.7: Рис. 8. Результаты оверлейного анализа



# Chapter 11

## Выбор оптимального местоположения

### 11.1 Введение

**Цель** — овладеть основами растрового анализа в ГИС на примере решения задачи поиска оптимального местоположения для размещения объектов.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Растровая модель пространственных данных, вычисление евклидова расстояния на плоскости, методы классификации
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Инструменты редактирования векторных и растровых данных.
Исходные данные	База данных ГИС «Сатино».
Результат	Слой базы пространственных данных, содержащий участок с наиболее оптимальной суммой критерииев
Ключевые слова	Классификация числовых рядов, растровая модель данных, взвешенный оверлей, евклидово расстояние.

#### 11.1.1 Контрольный лист

- Конвертировать слой землепользования в растровое представление
- Построить и классифицировать растр углов наклона рельефа
- Построить и классифицировать раstry расстояний до водотоков и домов
- Осуществить взвешенный оверлей полученных растров
- Конвертировать класс с максимальной суммой баллов в векторное представление и выбрать участок, удовлетворяющий критерию минимальной площади.

#### 11.1.2 Аннотация

В первых заданиях вы познакомились с редактированием векторных данных. Для ряда практических задач более удобным оказывается растровое представление. Оно хорошо подходит для анализа географического пространства, которое обладает постоянно меняющимися характеристиками среды. Растровая модель топологически неразрывна, что позволяет моделировать различные поля и перенос вещества в пространстве из одной ячейки в другую. В силу своей регулярности растровая модель проста в обработке, поскольку все операции можно унифицировать, ориентируясь на матрицу ячеек. В частности, к растровым слоям удобно применять операции алгебры карт, такие как сложение, вычитание, суммирование — что и используется данном задании.

Вам предстоит решить задачу выбора оптимального местоположения участка для строительства производственного объекта. Критерии выбора следующие:

- оптимальные зоны для размещения — открытые пространства, такие как выгоны, пустыри, луга, вырубки и т.д;

- предельный угол наклона рельефа —  $12,5^\circ$ ;
- участок должен располагаться в непосредственной близости от автомобильных дорог;
- участок должен располагаться в непосредственной близости от крупных водотоков, поскольку требуется водоснабжение;
- необходимая площадь участка — не менее  $30\,000\,m^2$ .

Таким образом, в анализе участвует 5 факторов: тип землепользования, углы наклона рельефа, расстояние до автодорог, расстояние до водотоков, площадь участка. Поскольку расстояния и углы наклона меняются в пространстве непрерывно, для их анализа удобно использовать растровое представление. К нему же необходимо привести типы землепользования, применив векторно-растровое преобразование. Каждый из полученных слоев далее следует классифицировать по балльной шкале от 1 до 10 и затем получить взвешенную сумму баллов по всей территории. Оптимальное местоположение будет соответствовать участкам с максимальной суммой баллов. Среди них необходимо удовлетворяющие критерию минимальной площади.

Для выполнения анализа и преобразований данных вы будете использовать инструменты геообработки.

**Геообработка (geoprocessing)** в терминологии ArcGIS — это анализ и преобразование пространственных данных. Инструменты геообработки находятся в ArcToolbox, где они сгруппированы по функциональному назначению.

## 11.2 Подготовка рабочего пространства

В начало упражнения ▾

1. Скопируйте папку *Ex11* из каталога упражнений на сервере в свой локальный рабочий каталог на диске D с помощью **Проводника**. Раскройте ее после копирования на своем компьютере.
2. Откройте документ под названием *Ex11\_Selection.mxd*.
3. Создайте новую базу геоданных. Для этого откройте окно **ArcCatalog**, правой кнопкой мыши щелкните вверху по вашей папке *Ex11* и выберите **New > File Geodatabase**.
4. Назовите ее *Ex11.gdb*.
5. Щелкните по *Ex11.gdb* правой кнопкой мыши и выберите пункт **Make Default Geodatabase**. Эта команда указывает приложению, что все результаты автоматической обработки данных следует помещать в выбранную базу геоданных.

## 11.3 Преобразование слоя типов землепользования в растровое представление

В начало упражнения ▾

Поскольку в анализе будут участвовать растровые слои с различными расстояниями и углами наклонов, необходимо и данные по землепользованию привести к растровому виду.

1. Найдите в базе геоданных *Satino.gdb* слой *LandUse* в группе *Thematic* и перенесите его в таблицу содержания карты.
2. Визуализируйте слой Землепользование способом категорий, используя поле *Тип участка (Land\_Type)*. Выбирать цвета не требуется, т.к. далее вы будете использовать растровый слой.
3. Диалоговое окно примет вид, аналогичный представленному на рисунке.
4. Нажмите **OK**, чтобы завершить настройку способа изображения.

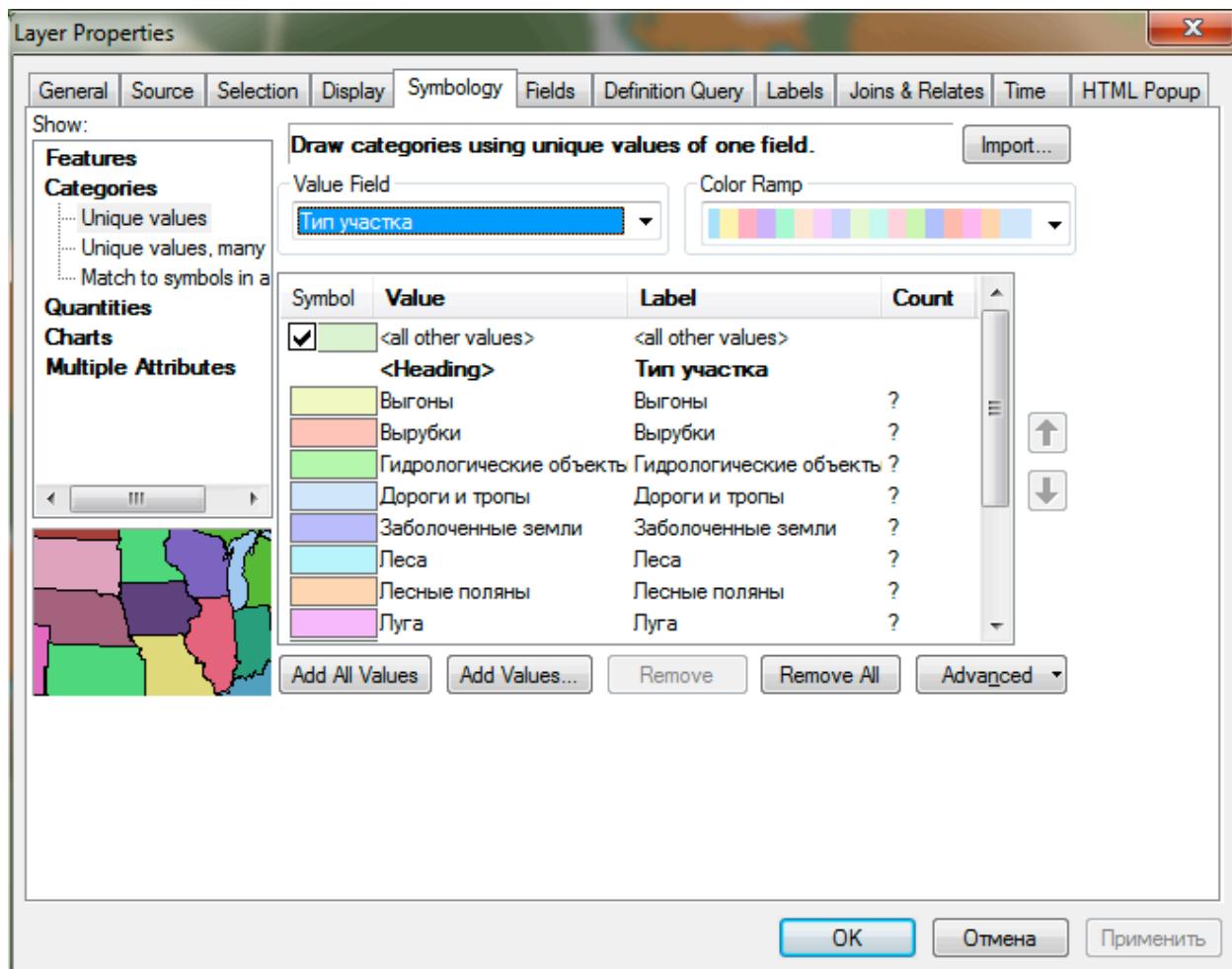


Figure 11.1: Рис. 1. Настройка способа изображения для типов землепользования

5. Откройте **ArcToolbox** с помощью кнопки  на панели инструментов.

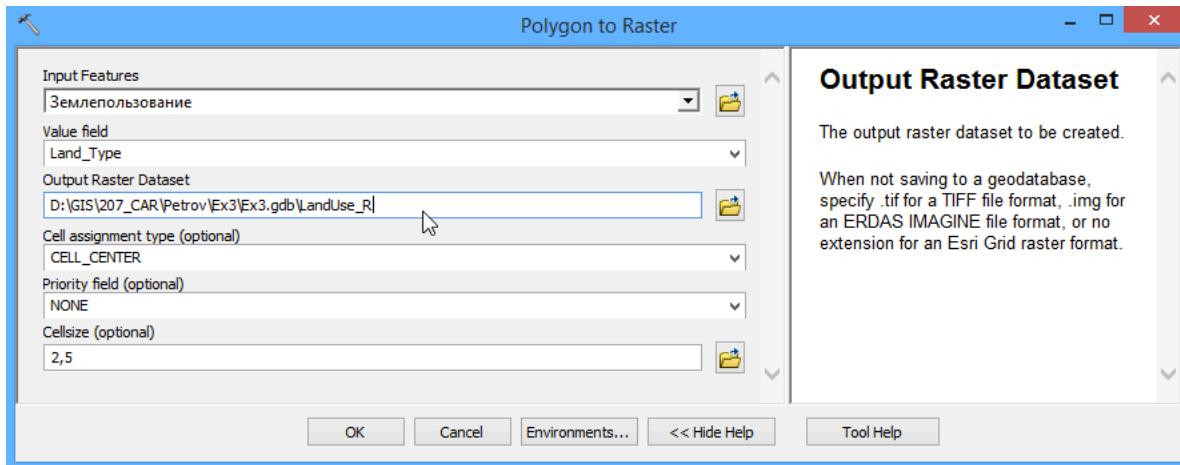
6. Запустите инструмент **Conversion Tools > To Raster > Polygon to Raster**.

7. Заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Features</i>	Землепользование
<i>Value Field</i>	Land_Type
<i>Output Raster Dataset</i>	< >\Ex11\Ex11.gdb\LandUse_R
<i>Cellsize</i>	2,5

В поле **Output point features** вам потребуется заменить только название класса объектов (*LandUse\_R*).

Диалог примет следующий вид:



После завершения работы инструмента конвертации в таблицу содержания добавится новый слой.

8. Выделите его, нажмите F2 и переименуйте в *Землепользование (растр)*.

9. Дважды щелкните по созданному слою и перейдите на вкладку **Symbology**.

10. Смените поле отображения **Value field** на *Land\_type*. В легенду автоматически подставятся все найденные значения. Присвойте классам подходящие цвета в соответствии с их типом.

11. Удалите векторный слой *Землепользование* из таблицы содержания. Далее в этом упражнении он не понадобится.

12. Нажмите **OK**. Переместите растровый слой наверх и нажмите кнопку  аналогичный представленному на рисунке:

#### Снимок экрана №1. Растровый слой типов землепользования

Увеличьте масштаб до величины порядка 1:2 000. Изучите отличия векторного и растрового слоя, поочередно отключая и включая векторный слой. Чем они отличаются?

## 11.4 Расчет углов наклона

В начало упражнения 

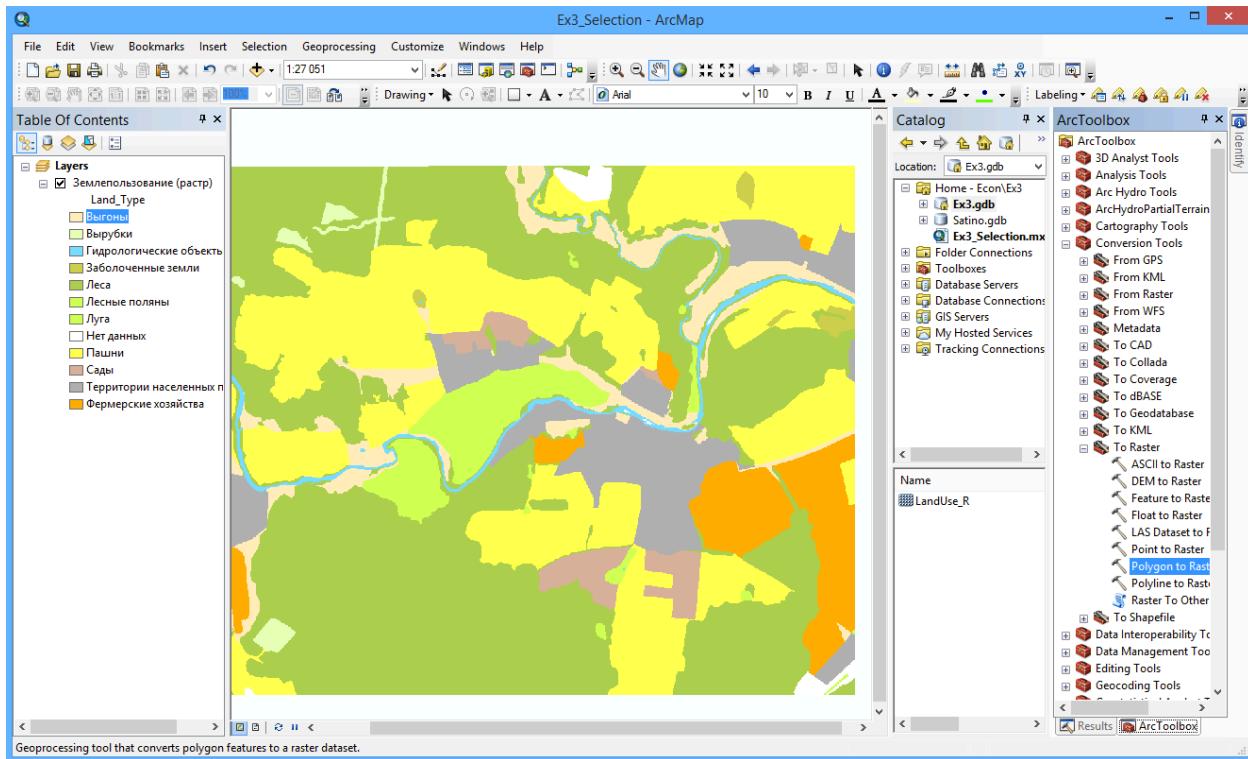


Figure 11.2: Рис. 3. Визуализация типов землепользования в растровом виде

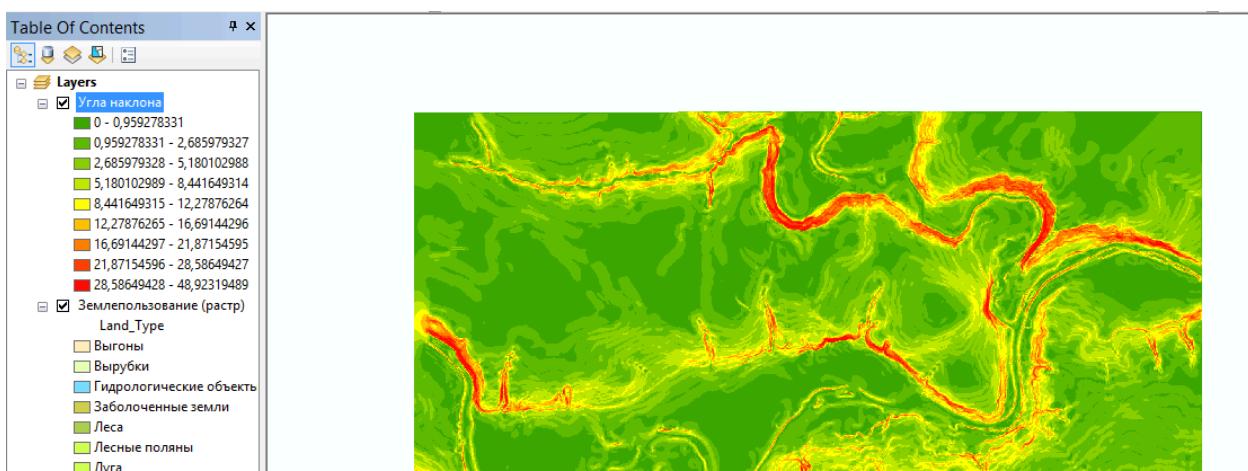
- Найдите слой *DEM* в базе геоданных *Satino.gdb* и перенесите его в таблицу содержания карты. Поместите его вниз таблицы содержания под слой *Землепользование (растр)*.
- Запустите инструмент вычисления углов наклона **Spatial Analyst Tools > Surface > Slope** и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Raster</i>	DEM
<i>Output Raster</i>	< >\Ex11\Ex11.gdb\Slope

Остальные параметры в диалоге оставьте по умолчанию. Его окно примет вид, аналогичный представленному на рисунке:

- Нажмите **OK**, чтобы запустить расчеты.
- После того как слой углов наклона *Slope* добавится в таблицу содержания, переименуйте его в *Углы наклона*.

Обратите внимание на то, что значения углов были классифицированы на несколько интервалов, которым был присвоен цвет:



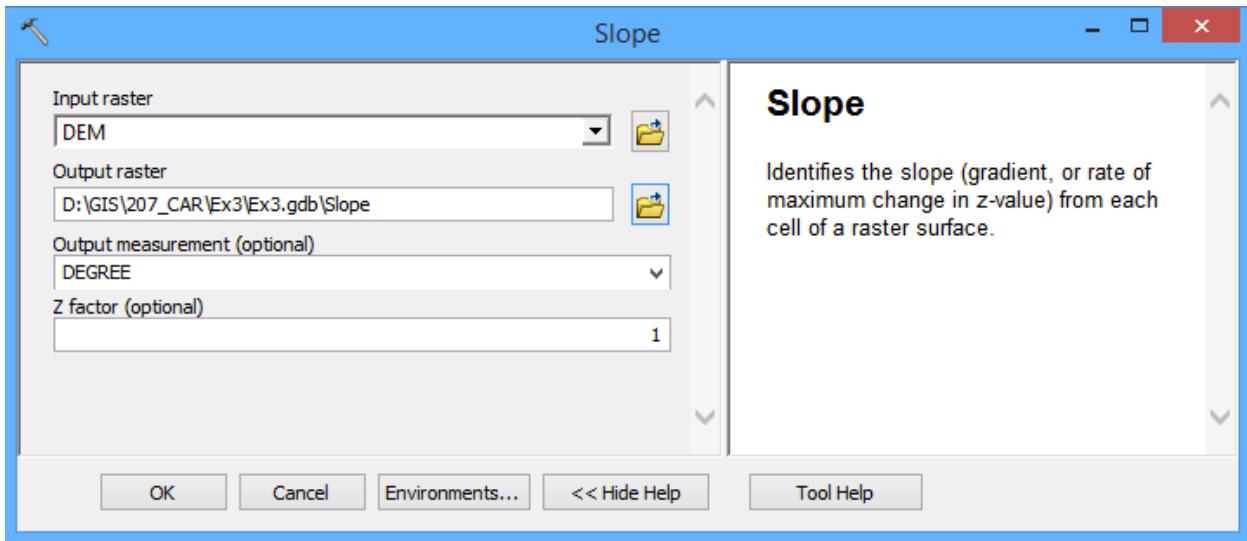
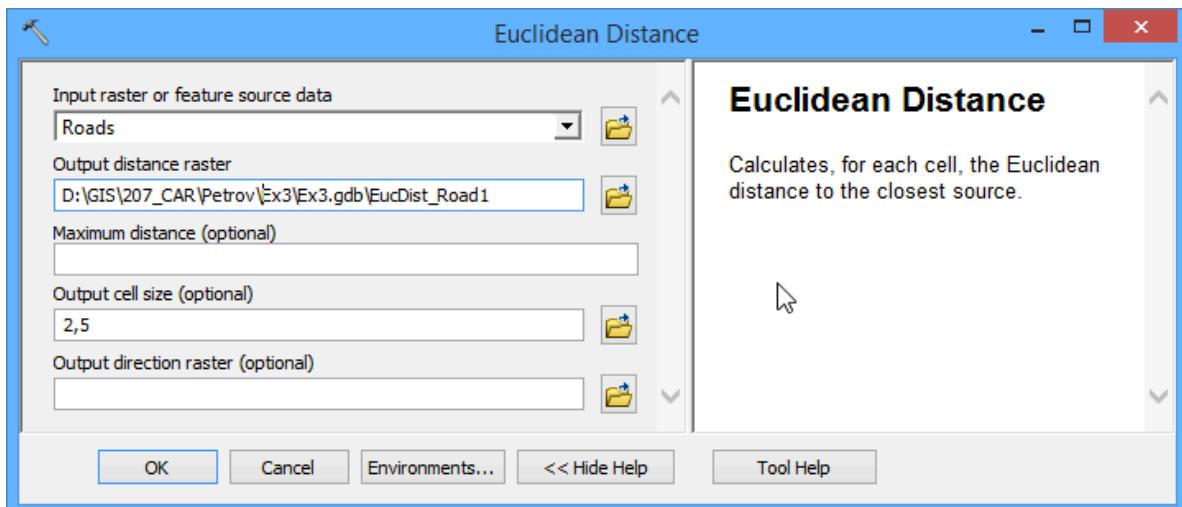


Figure 11.3: Рис. 6. Инструмент Slope для вычисления углов наклона

### 11.5.1 Дороги

Чтобы определить участки, наиболее подходящие с точки зрения транспортной доступности, можно построить растр, в каждой ячейке которого будет содержаться расстояние (евклидово) до ближайшей дороги.

- Добавьте на карту слой дорог *General/Roads* из базы геоданных *Satino*.
- Откройте пункт меню **Selection > Select by attributes**, выберите для выборки слой *Дороги и тропы* и в конструктор запроса введите следующее выражение: "Description" = 'дорога' OR "Description" = 'тропа'
- Выборка позволит учитывать для при анализе только дороги (в слое также содержатся тропы). Окно запроса примет вид, аналогичный представленному на рисунке. Нажмите **OK**:
- Постройте растр расстояний для выбранных дорог. Для этого запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Distance > Euclidian Distance**.
- Выберите в качестве параметра **Input Raster or Feature** слой *Roads*. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Диалог примет следующий вид:



- Нажмите **OK**. Получившийся растр будет добавлен на карту. Переименуйте его в *Расстояния до дорог*.

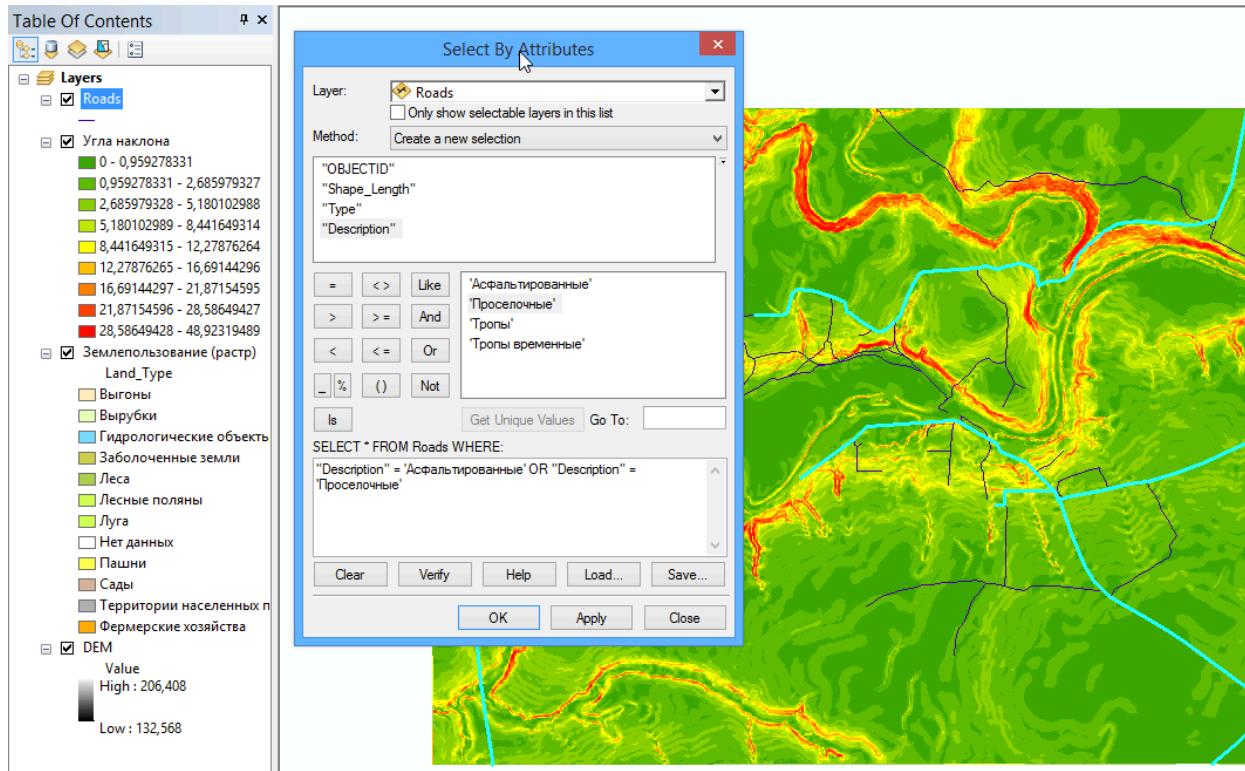
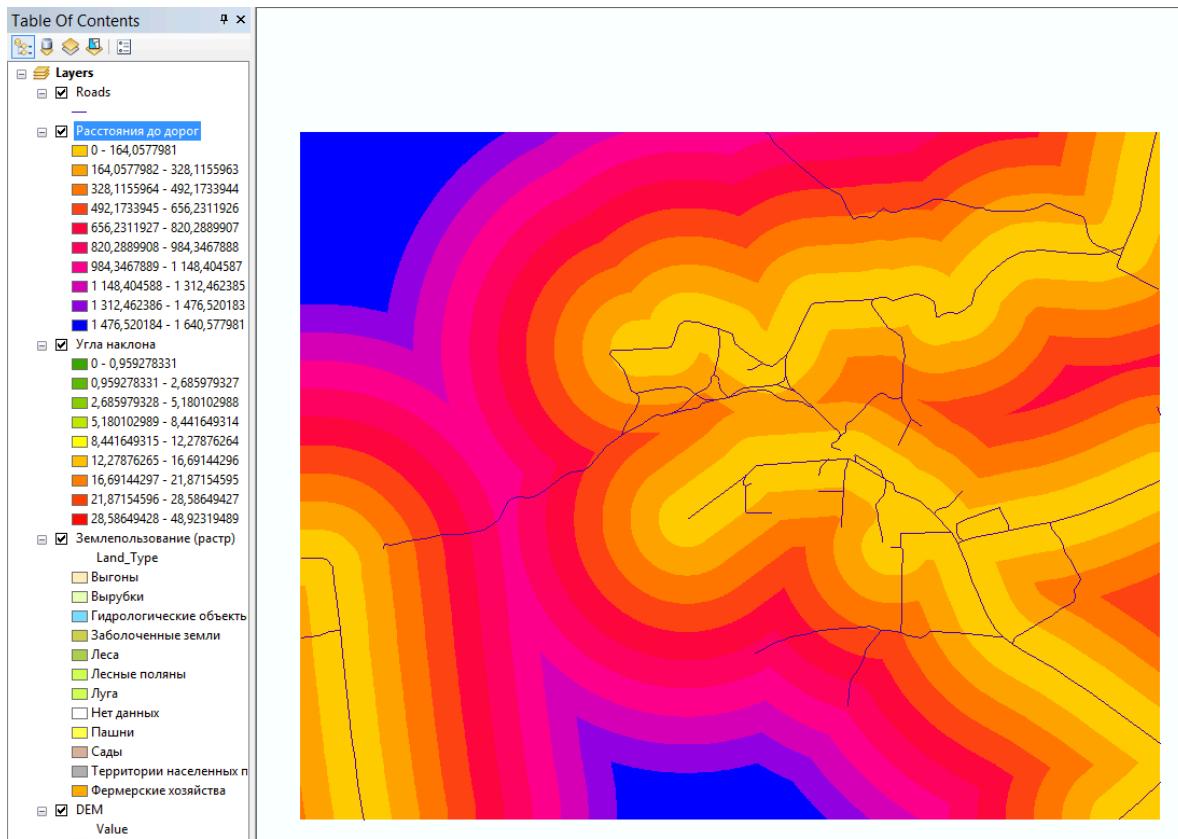


Figure 11.4: Рис. 4. Выборка автомобильных дорог в диалоге атрибутивного запроса

6. Очистите выборку в слое дорог, нажав кнопку **Clear Selected Features** на панели инструментов **Tools**. Окно приложения примет следующий вид (обратите внимание на то, что расстояния были вычислены не для всех дорог, а только для выбранных):



### 11.5.2 Водотоки

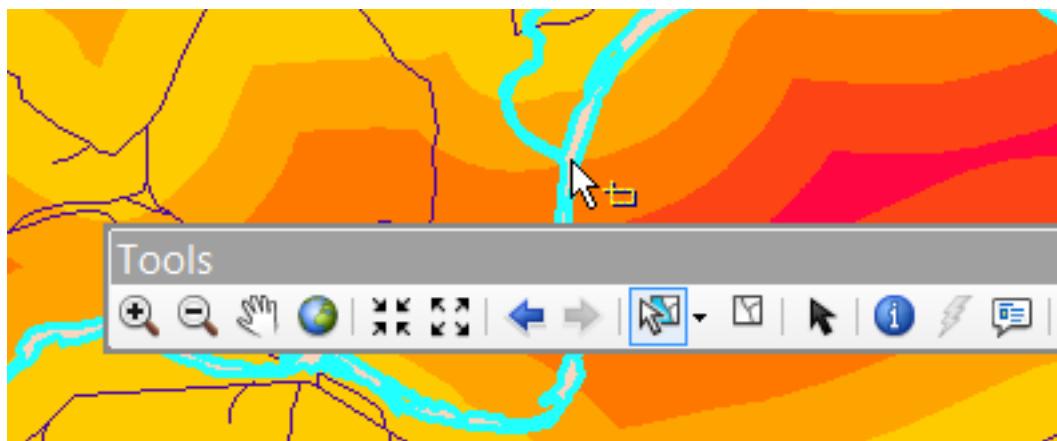
Выполните расчет расстояний до водотоков самостоятельно, руководствуясь краткой схемой:

1. Добавить на карту слой *General/WaterPolygon* (Гидрография (Полигоны))



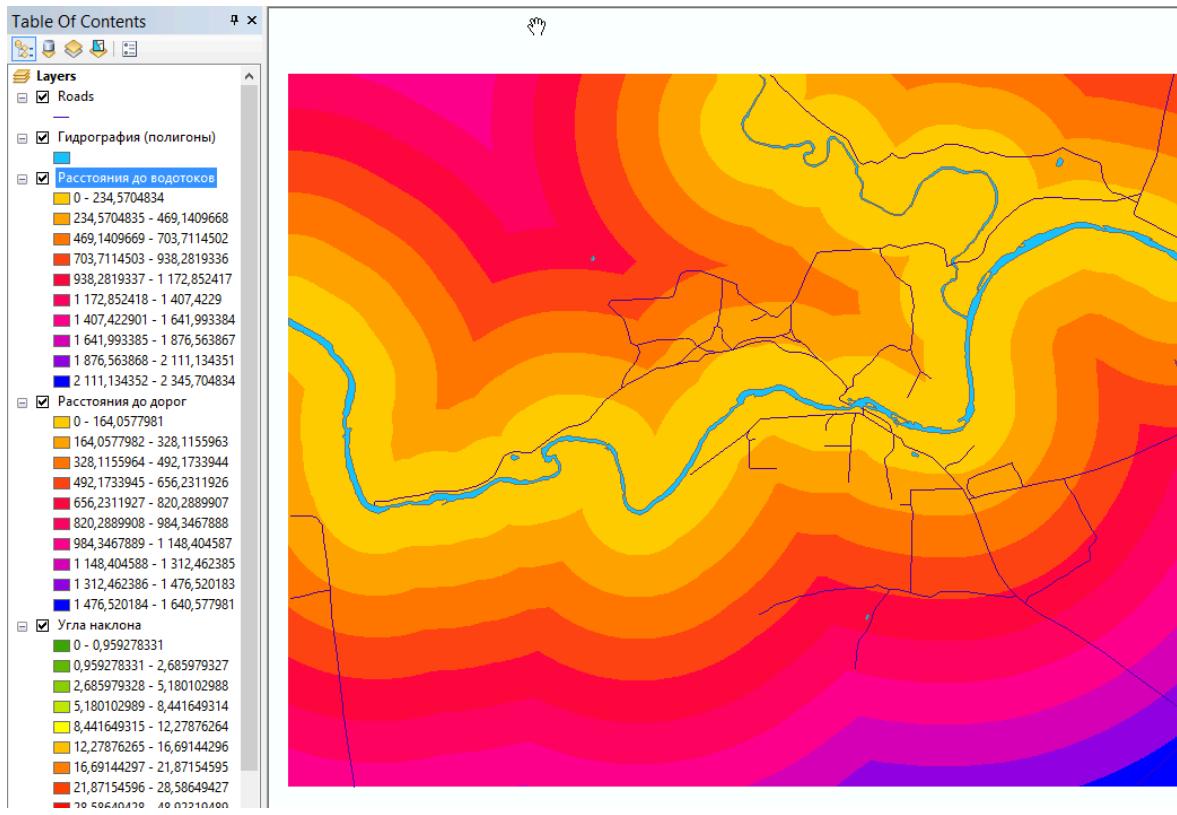
**Select Features By Rectangle**

2. Выбрать вручную крупные реки (Протва, Исьма) с помощью инструмента **Select Features By Rectangle** на панели инструментов **Tools**. Чтобы выбрать последовательно несколько объектов, вы можете зажать клавишу Shift:



3. Запустить инструмент **Euclidian Distance** для слоя *Гидрография (полигоны)*. Все параметры оставить по умолчанию.

4. Получившийся после расчетов слой переименовать в *Расстояния до водотоков*. Если все выполнено правильно, то результат должен быть примерно следующим:



## 11.6 Классификация углов наклона

В начало упражнения □

Поскольку в анализе будет участвовать несколько факторов, необходимо привести их значения к общей балльной шкале от 1 до 10. Для этого используется классификация растра.

1. Запустите инструмент классификации **Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify**.
2. Выберите в качестве **Input raster** слой Углы наклона.
3. Нажмите кнопку **Classify...**, чтобы настроить классы.
4. Раскройте список методов классификации вверху диалогового окна.

Какие методы классификации доступны в инструменте Reclass? Какие принципы в них заложены?  
Попробуйте выбрать разные методы классификации и посмотрите, как меняются границы классов.

5. Выберите режим естественных интервалов *Natural Breaks (Jenks)* и установите количество интервалов равным 10. Окно диалога примет вид, аналогичный представленному на рисунке.

Метод естественных интервалов минимизирует дисперсию внутри каждого класса и максимизирует отличия между классами.

6. Нажмите **OK**, чтобы завершить настройку метода классификации.
7. Нажмите кнопку **Reverse new values**, чтобы инвертировать значения классов (меньшие углы наклона должны иметь больший вес).

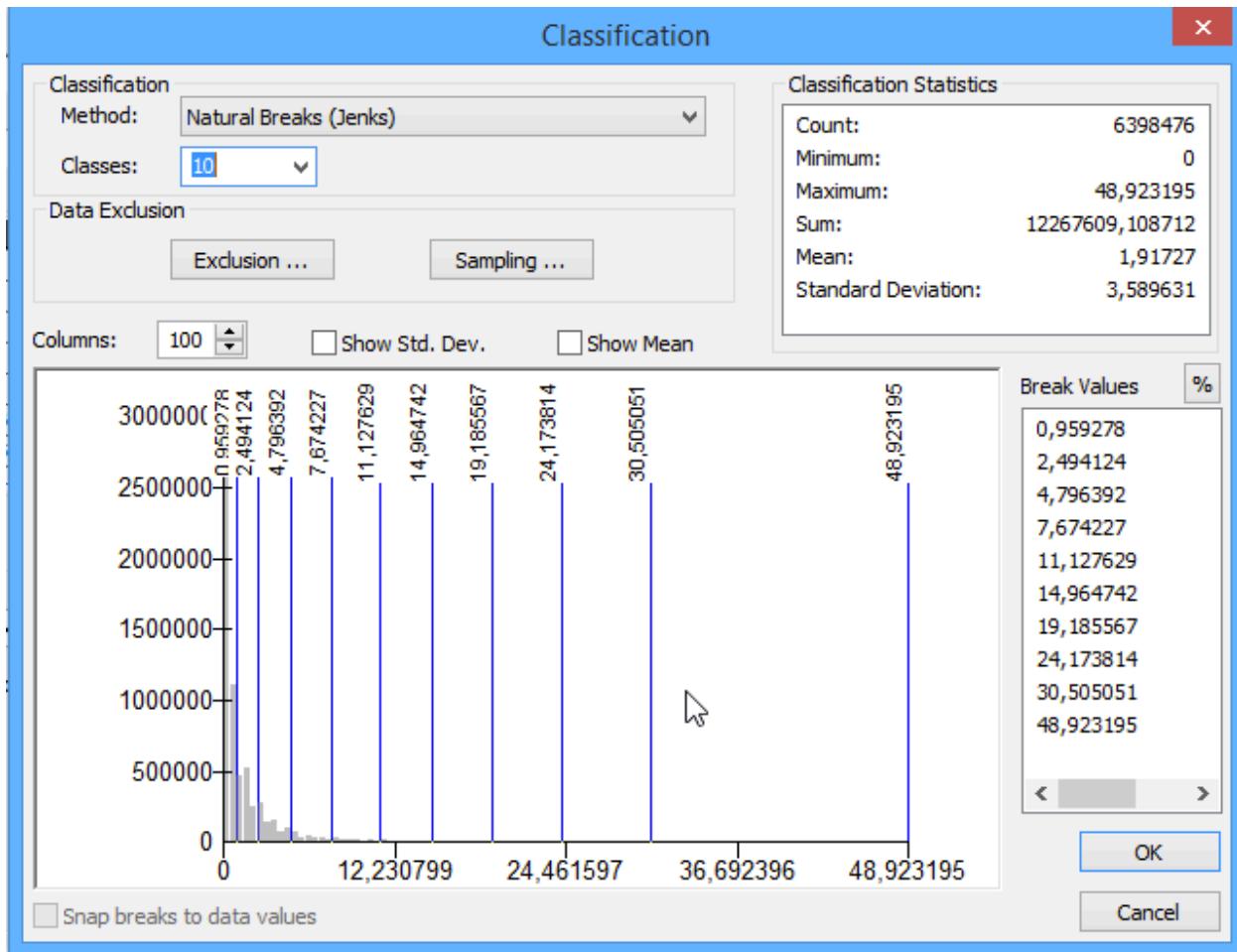


Figure 11.5: Рис. 5. Классификация значений углов наклона методом естественных интервалов

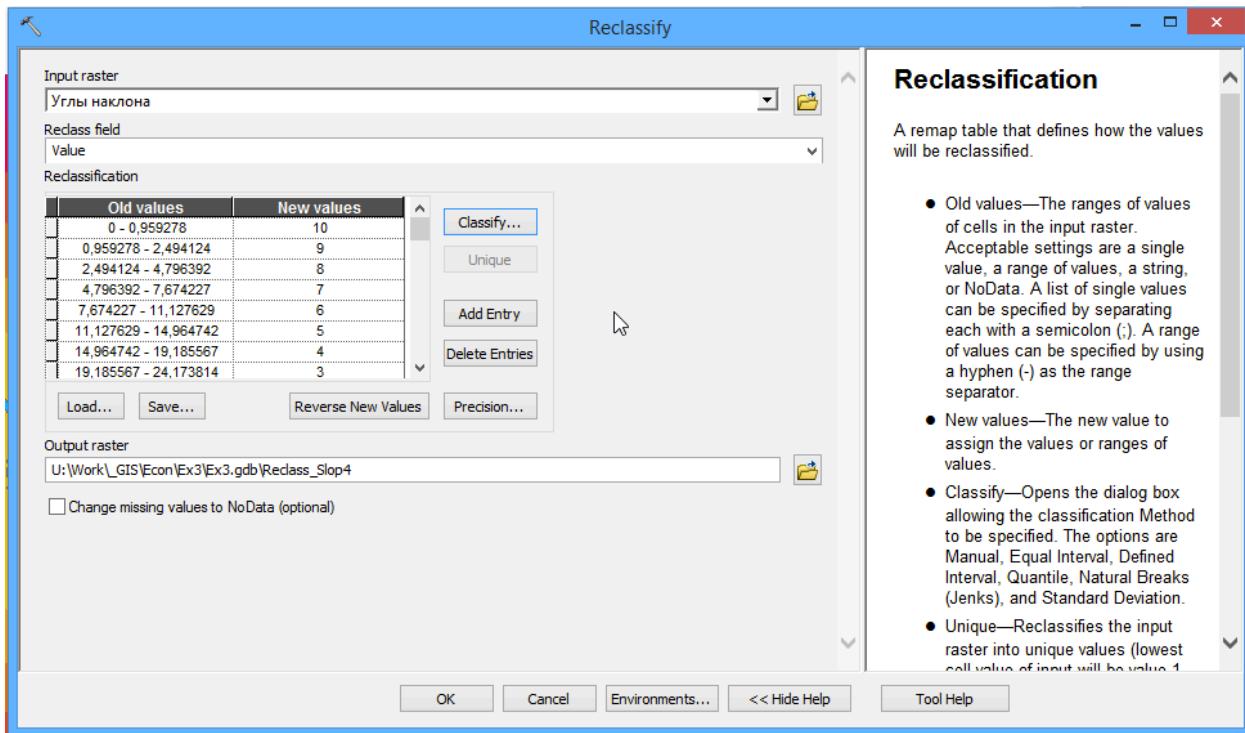


Figure 11.6: Рис. 6. Инструмент Reclassify

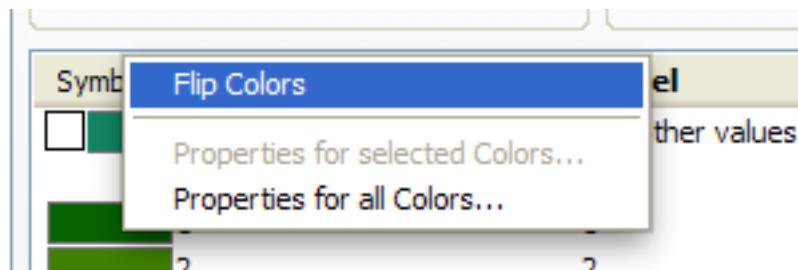
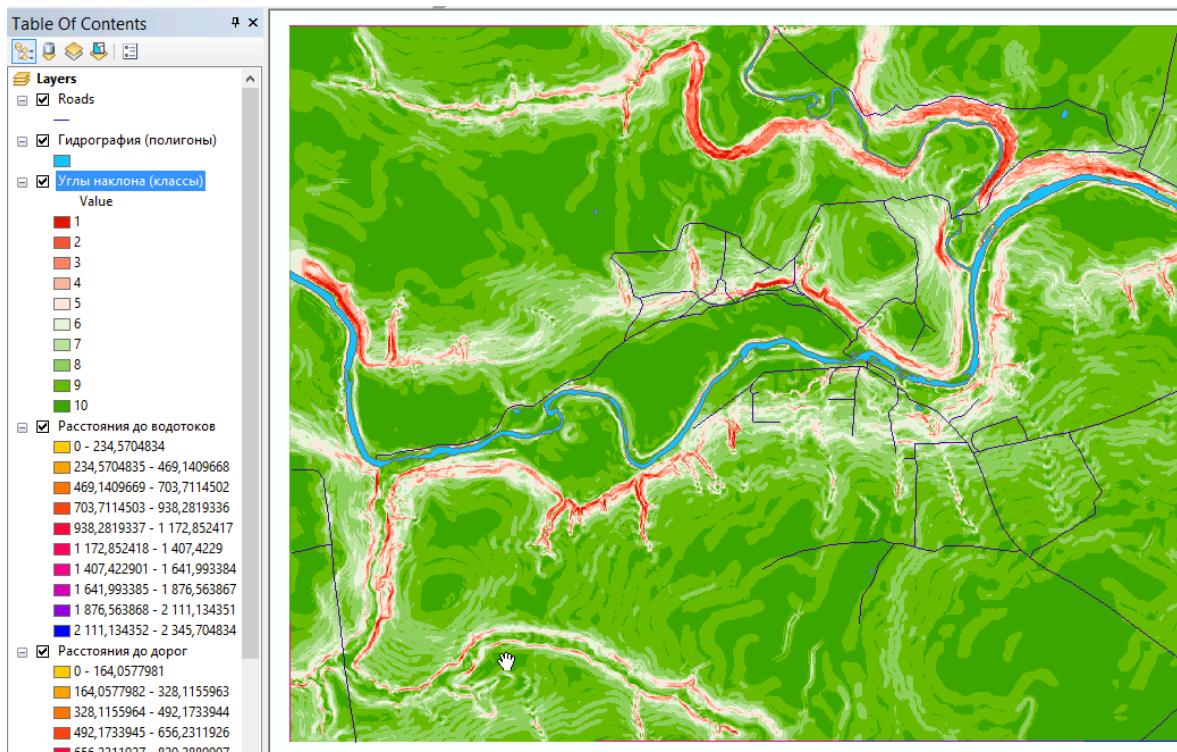


Figure 11.7: Рис. 9. Функция Flip Colors

8. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Окно диалога примет вид, аналогичный представленному на рисунке:
9. Нажмите **OK**, чтобы запустить выполнение инструмента.
10. После того как в таблицу содержания будет добавлен слой классифицированных углов наклона, переименуйте его в *Углы наклона (классы)*.
11. Через свойства слоя на вкладке **Symbology** присвойте классам шкалу от зеленого к красному, так чтобы класс 1 был красным, а класс 10 был зеленым. Если у вас получилось наоборот, нажмите мышкой на заголовке столбца **Symbol** и выберите в меню **Flip Colors** (сменить порядок цветов на противоположный):
12. Нажмите **OK** в диалоге свойств слоя, чтобы закрыть его. Изображение должно принять следующий вид:



**Снимок экрана №2.** Классифицированные углы наклона

13. Сохраните документ карты.

## 11.7 Классификация расстояний

В начало упражнения □

### 11.7.1 Дороги

1. Запустите инструмент **Reclassify**. Выберите в качестве **Input raster** слой *Расстояния до дорог*.
2. Нажмите кнопку **Classify...**, чтобы настроить классы.
3. Настройте метод классификации на *Geometric Intervals*, и установите число интервалов равным 10. Метод геометрических интервалов позволяет сконцентрировать зоны с высокими баллами на небольшом расстоянии от дорог. Диалог настройки классификации примет вид, аналогичный представленному на рисунке. Нажмите **OK**:
4. Нажмите кнопку **Reverse New Values**, чтобы инвертировать номера классов и максимальный балл получили классы с малыми расстояниями.
5. Переименуйте выходной класс в *Reclass\_Euc\_Roads*. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Диалог инструмента примет вид, аналогичный представленному на рисунке:
6. Запустите вычисления, нажав кнопку **OK**.
7. После того, как классифицированный растр расстояний до дорог появится на карте, переименуйте его в *Расстояния до дорог (классы)*.
8. Настройте отображение нового слоя на красно-зеленую шкалу, как обычно.

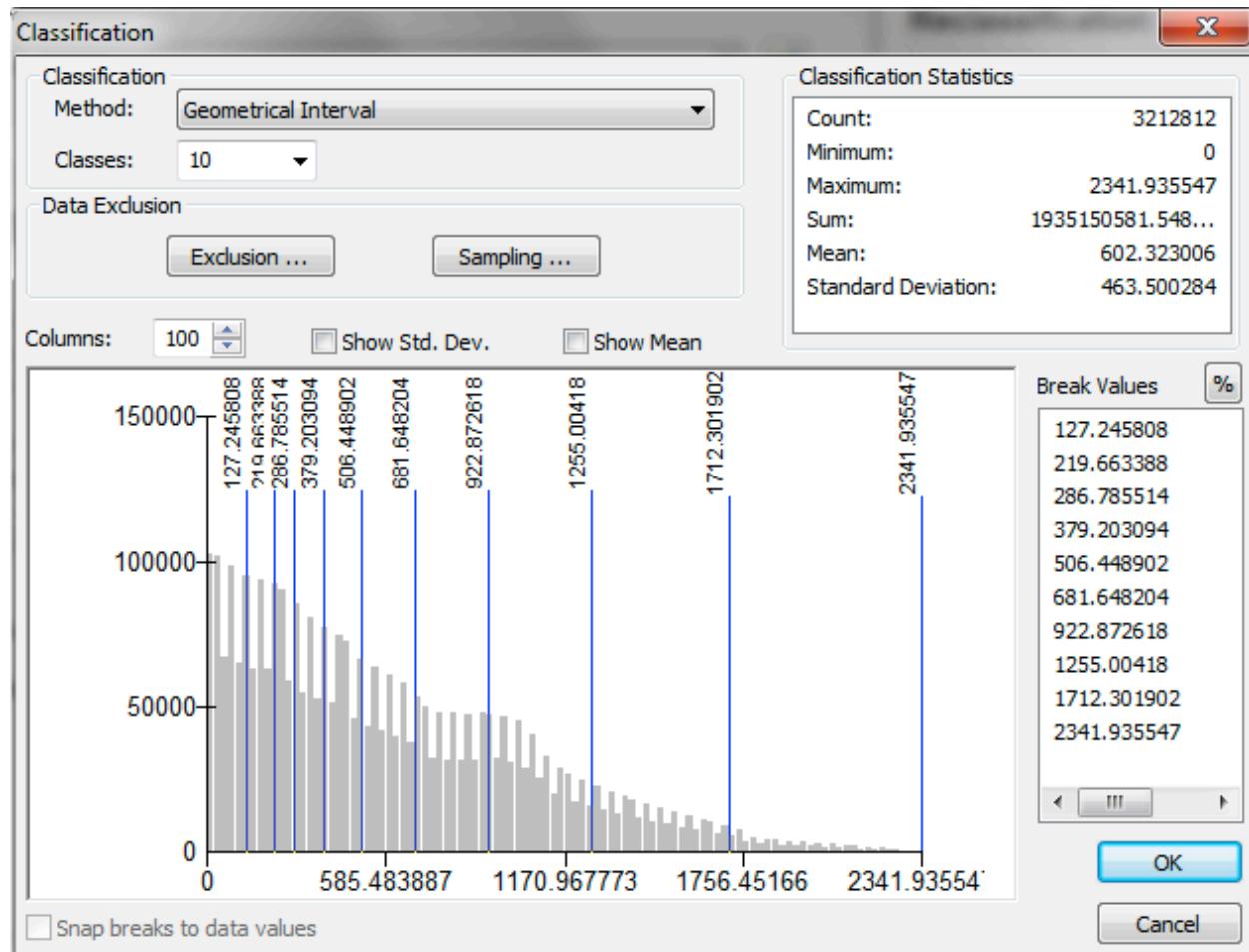


Figure 11.8: Рис. 11. Классификация расстояний до дорог методом геометрических интервалов

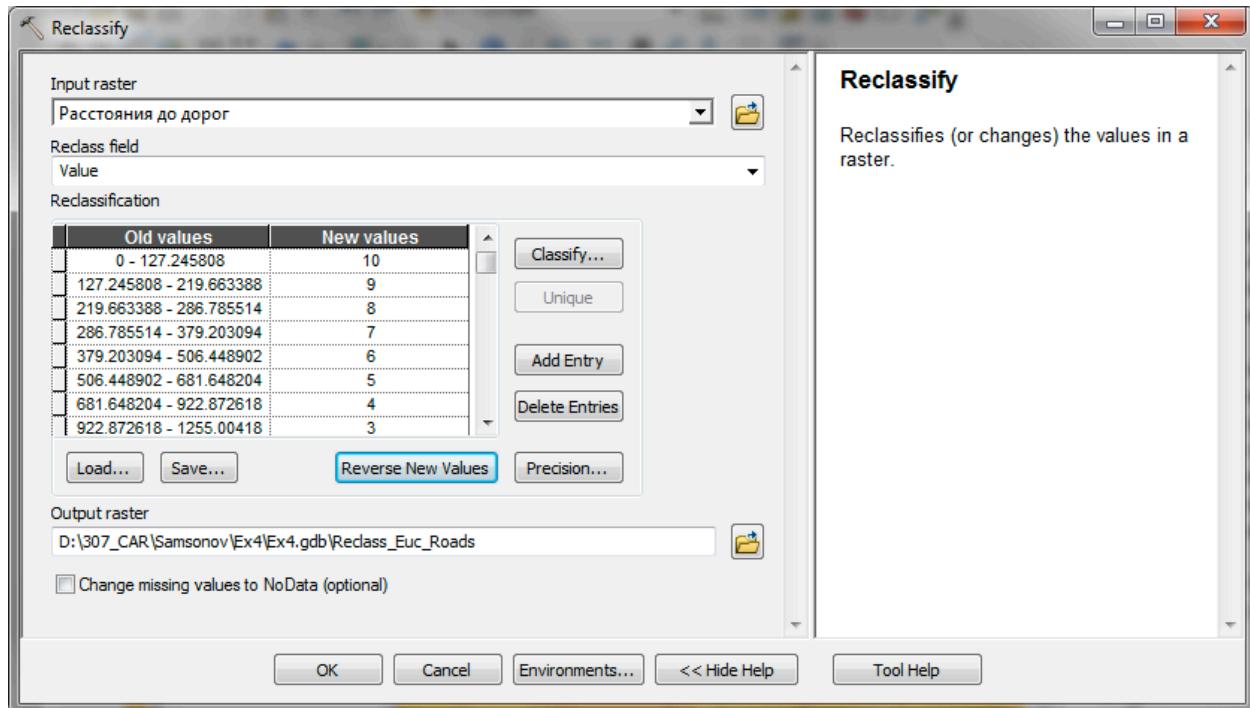


Figure 11.9: Рис. 12. Инструмент Reclassify для классификации расстояний до дорог

9. Удалите из таблицы содержания оригинальный слой *Расстояния до дорог*.

### 11.7.2 Водотоки

Выполните классификацию самостоятельно в соответствии со следующим планом:

1. Запустить инструмент **Reclassify** для слоя *Расстояния до водотоков*.
  - В качестве метода классификации выбрать *Quantile* (квантили), число классов — 10. Исправьте в столбце справа последнее значение на 2400, чтобы заведомо включить максимум.
  - Инвертировать номера классов
  - Переименовать выходной слой в *Reclass\_Euc\_Water*.
2. Получившийся слой назвать *Расстояния до водотоков (классы)* и раскрасить в стандартной зелено-красной шкале.
3. Удалить из таблицы содержания оригинальный слой *Расстояния до водотоков*.
4. Снять выборку с объектов гидрографии.
5. Сохранить карту.

**Снимок экрана №3.** Классифицированный растер расстояний до водотоков

## 11.8 Нахождение мест с наилучшей комбинацией факторов с помощью взвешенного оверлея

В начало упражнения □

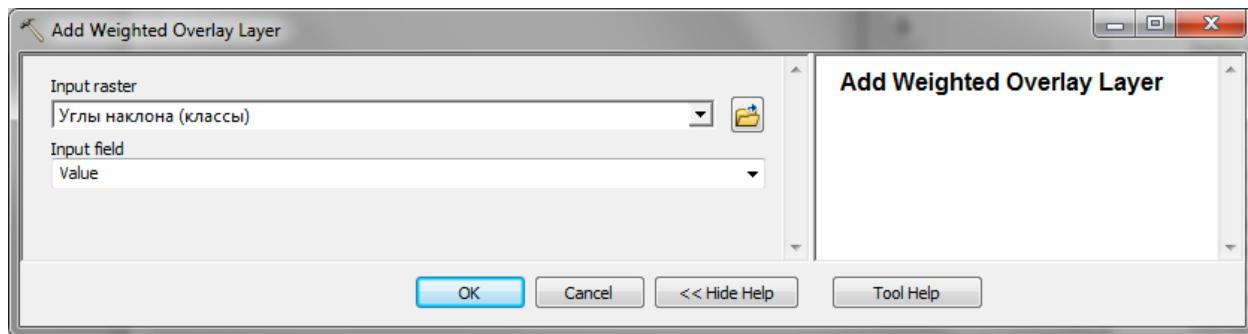


Figure 11.10: Рис. 13. Диалог выбора слоя для взвешенного оверлея

Наилучшие участки соответствуют территориям, где сумма баллов по всем факторам максимальна. Соединение значений (в том числе и сложение) по нескольким слоям, располагающимся друг над другом, осуществляется с помощью растрового оверлея.

1. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Overlay**.
2. Исправьте значения полей **From**, **To** и **By** на 1, 10 и 1, соответственно. Тем самым вы укажете, что необходимо получить суммы ранжировать по баллам с 1 до 10 с шагом в 1 балл.



3. Щелкните на кнопке  добавления слоя вверху диалога.

4. В появившемся диалоге выберите Углы наклона (классы) в списке **Input Raster**. Поле **Input field** поставьте по умолчанию. Нажмите **OK**:

Обратите внимание на появившуюся таблицу: она выводит значения классов, взятые из слоя (столбец *Field*), и позволяет сменить их (столбец *Scale Value*) при выполнении оверлея.

Необходимо запретить строительство на участках с углами наклона более 12,5 градусов. Такие углы наклона возможны в классах 1-5 (в соответствии с проведенной классификацией).

5. Щелкните на ячейке поля *Scale Value* напротив 1 класса и выберите из списка значение *Restricted* (запрещен).
6. Повторите эту операцию для 2, 3, 4 и 5 класса. Диалог инструмента примет вид, аналогичный представленному на рисунке:

7. Добавьте в таблицу оверлея слои *Расстояния до дорог (классы)* и *Расстояния до водоемов (классы)* с помощью



кнопки  . Не меняйте значения классов в таблице.

8. Сверните таблицы классов, нажав кнопку  в начале каждой строки. Диалог примет следующий вид:
9. Добавьте в таблицу оверлея слой *Землепользование (растр)*. Однако на этот раз выберите для него в качестве поля со значениями классов *Land\_Type*:
10. Присвойте различным классам земель веса соответственно **Рис. 17**. Обратите внимание на то, что больший вес имеют территории, более доступные для размещения площадки. Заболоченные земли и объекты гидрографии необходимо запретить для выбора, указав им класс *Restricted*. В эту же категорию попадают участки, где нет данных.

Осталось определиться с тем, какие факторы будут иметь максимальный вес. Заказчик решил, что приоритет в наборе факторов следует отдать близости к автодорогам. Среди остальных факторов меньше внимания можно уделить углам рельефа, поскольку они уже были ограничены параметром *Restricted*.

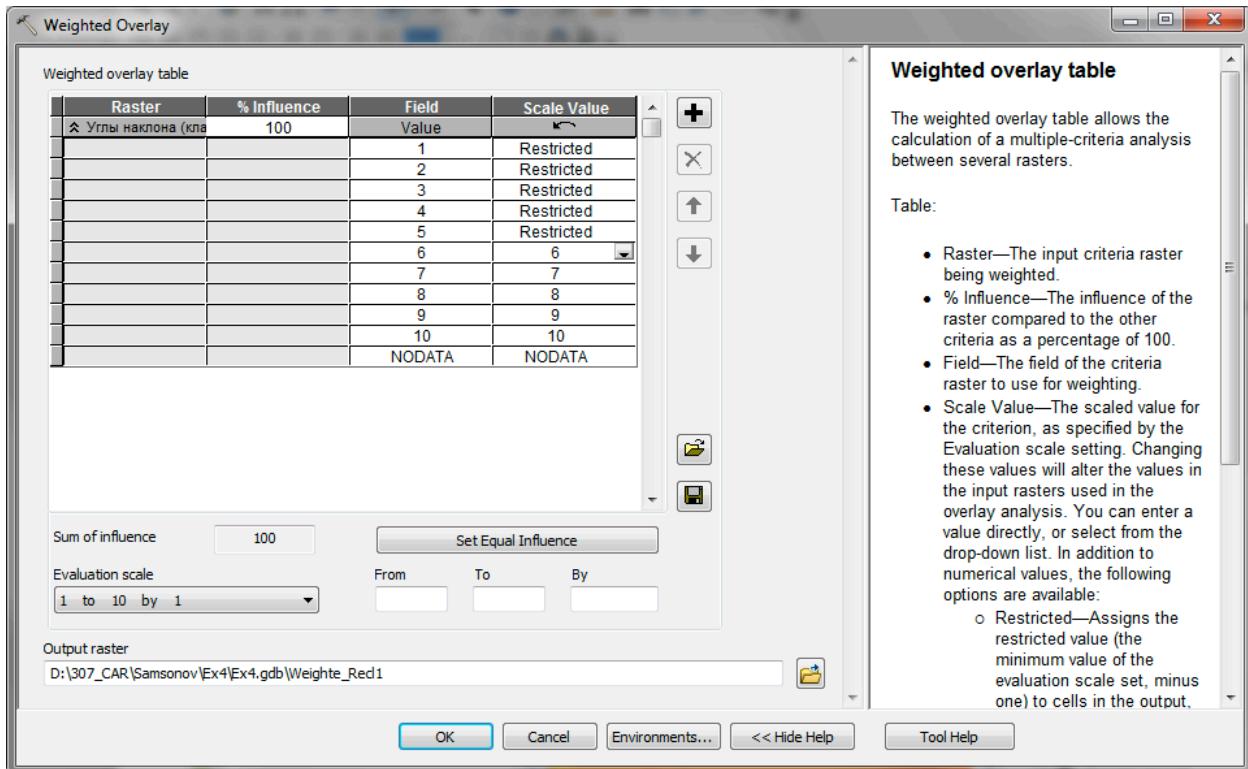


Figure 11.11: Рис. 14. Настройка параметров классов для слоя углов наклона рельефа

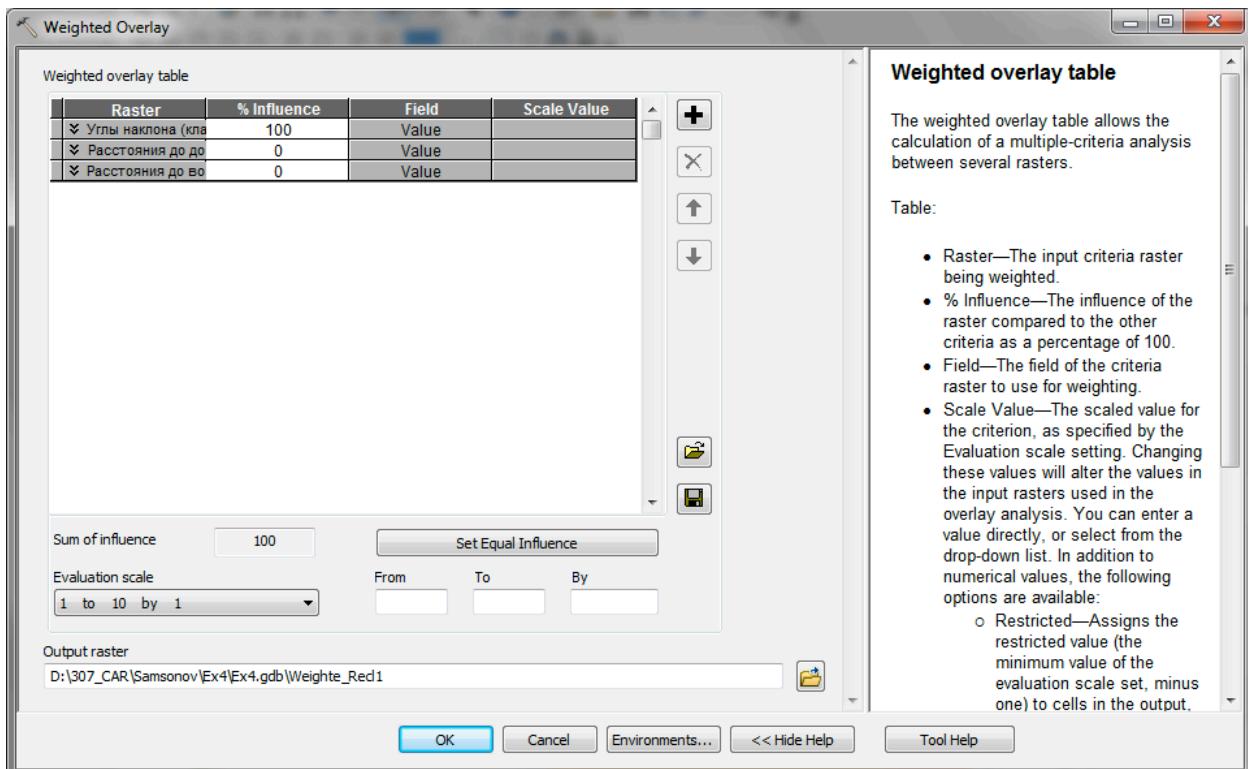


Figure 11.12: Рис. 15. Диалог взвешенного оверлея после добавления первых трех слоев.

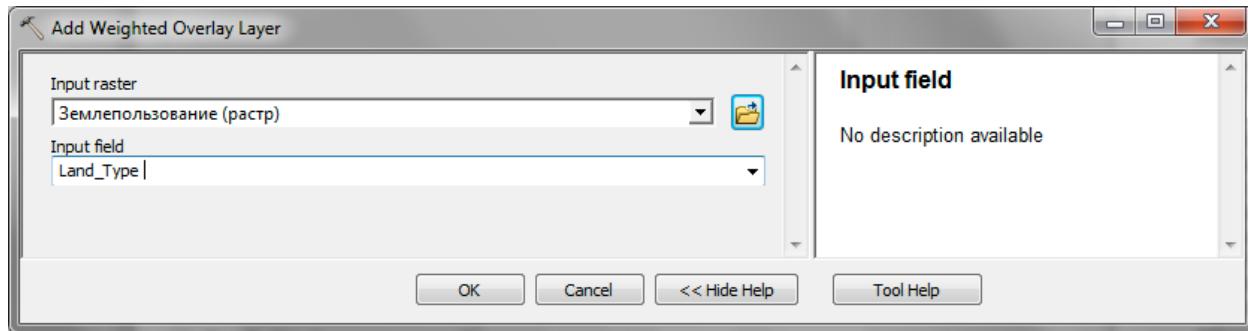


Figure 11.13: Рис. 16. Добавление в таблицу оверлея слоя Землепользование (растр).

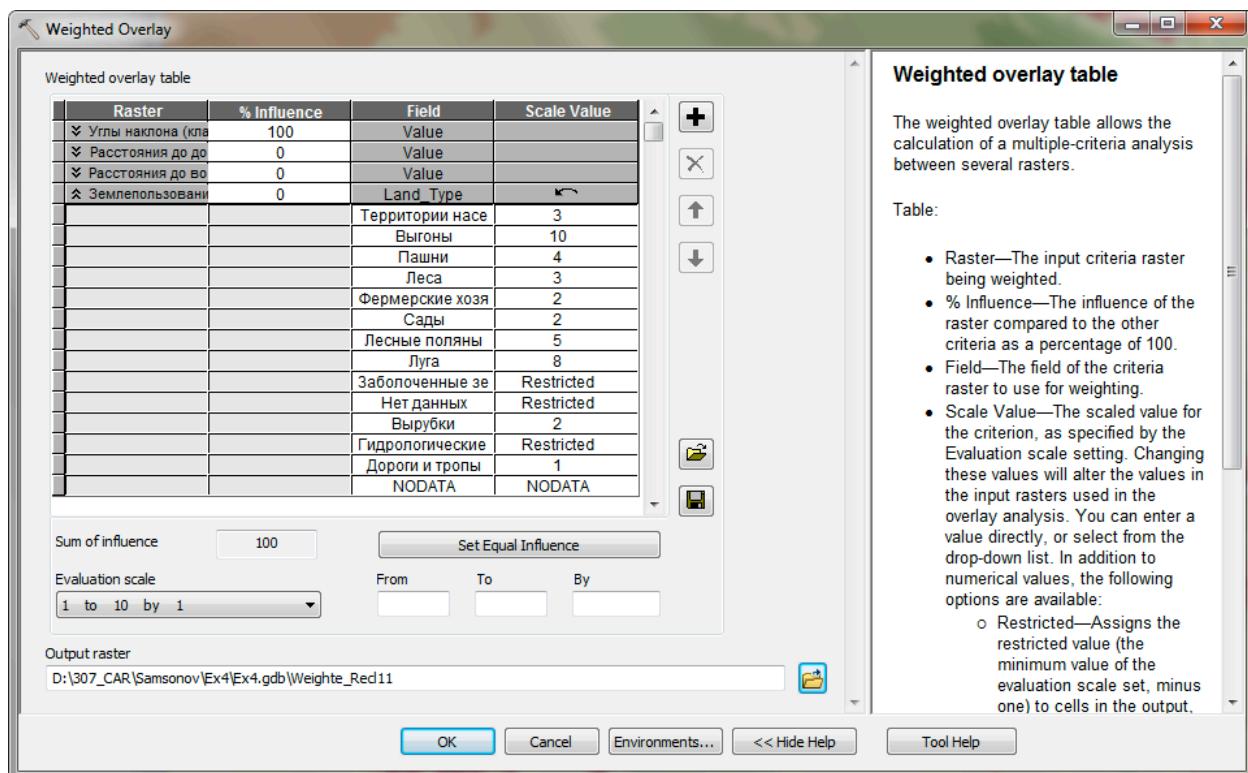


Figure 11.14: Рис. 17. Настройка значений класса пригодности для слоя Землепользование (растр)

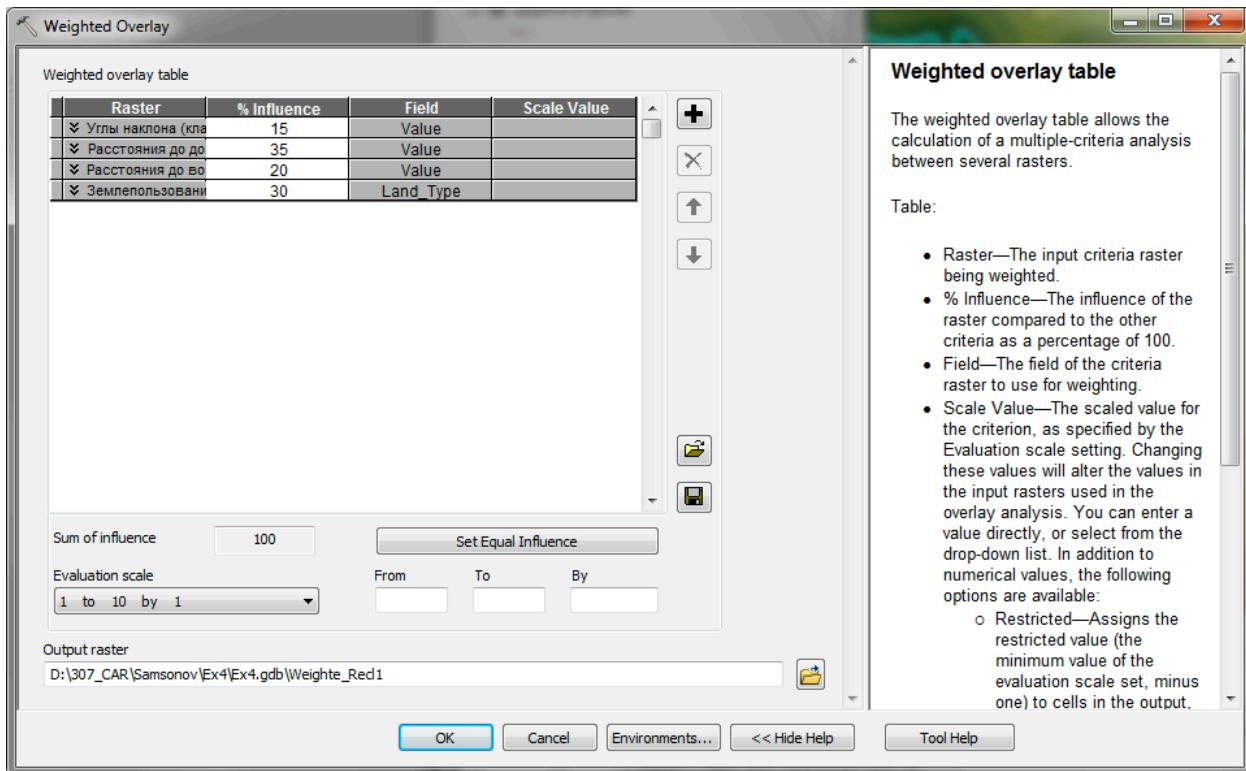


Figure 11.15: Рис. 18. Диалог инструмента Weighted Overlay после окончательной настройки параметров

11. Заполните веса в колонке *%Influence* следующим образом:

- Углы наклона — 15
- Расстояния до дорог — 35
- Расстояния до водоемов — 20
- Землепользование — 30.

После заполнения весов диалог примет вид, аналогичный представленному на рисунке:

12. Нажмите **OK**, чтобы запустить вычисления.

13. После того, как результат оверлея будет добавлен в таблицу содержания, переименуйте слой в *Комбинация факторов*.

14. Примените к полученному слою стандартную красно-зеленую шкалу.

Изучите получившееся изображение. Насколько оно отвечает тем требованиям, которые выдвигались при анализе факторов? Отмечается ли близость темно-зеленых участков в дорогам, водоемам? Каким цветом закрашены участки с крутыми склонами?

## 11.9 Конвертация результирующих зон в векторный формат

В начало упражнения □

В качестве потенциальных мест на размещение площадки следует выбрать 10-балльные участки. Затем можно конвертировать эти участки в векторный формат, чтобы получить границы.

1. Откройте атрибутивную таблицу слоя комбинаций и выделите строку со значением 10. Пиксели этого классы подсветятся на карте.
2. Запустите инструмент **Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon**.
3. Выберите в качестве входного слой *Комбинация факторов* и нажмите **OK**.
4. Переименуйте получившийся слой в *Потенциальные участки*. Обратите внимание, что полигональные объекты были построены только для тех пикселов, которые вы выделили на экране.



**Full extent**, чтобы вся карта

5. Смените цвет выделенных полигонов на ярко-желтый и нажмите кнопку

### 11.9.1 Выбор участков, имеющих необходимую площадь

Для выбора участков по площади следует использовать атрибутивный запрос

1. Откройте пункт меню **Selection > Select by attributes**, выберите для выборки слой *Потенциальные участки*.
  2. В конструктор запроса введите следующее выражение: "Shape\_Area" > 30000
- Нажмите **OK**. Результат вашей работы должен быть похож на рисунок ниже:
- Снимок экрана №4.** Результат анализа: выбранный участок
3. Сохраните документ карты.

## 11.10 Ответы на вопросы

В начало упражнения ▾

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.

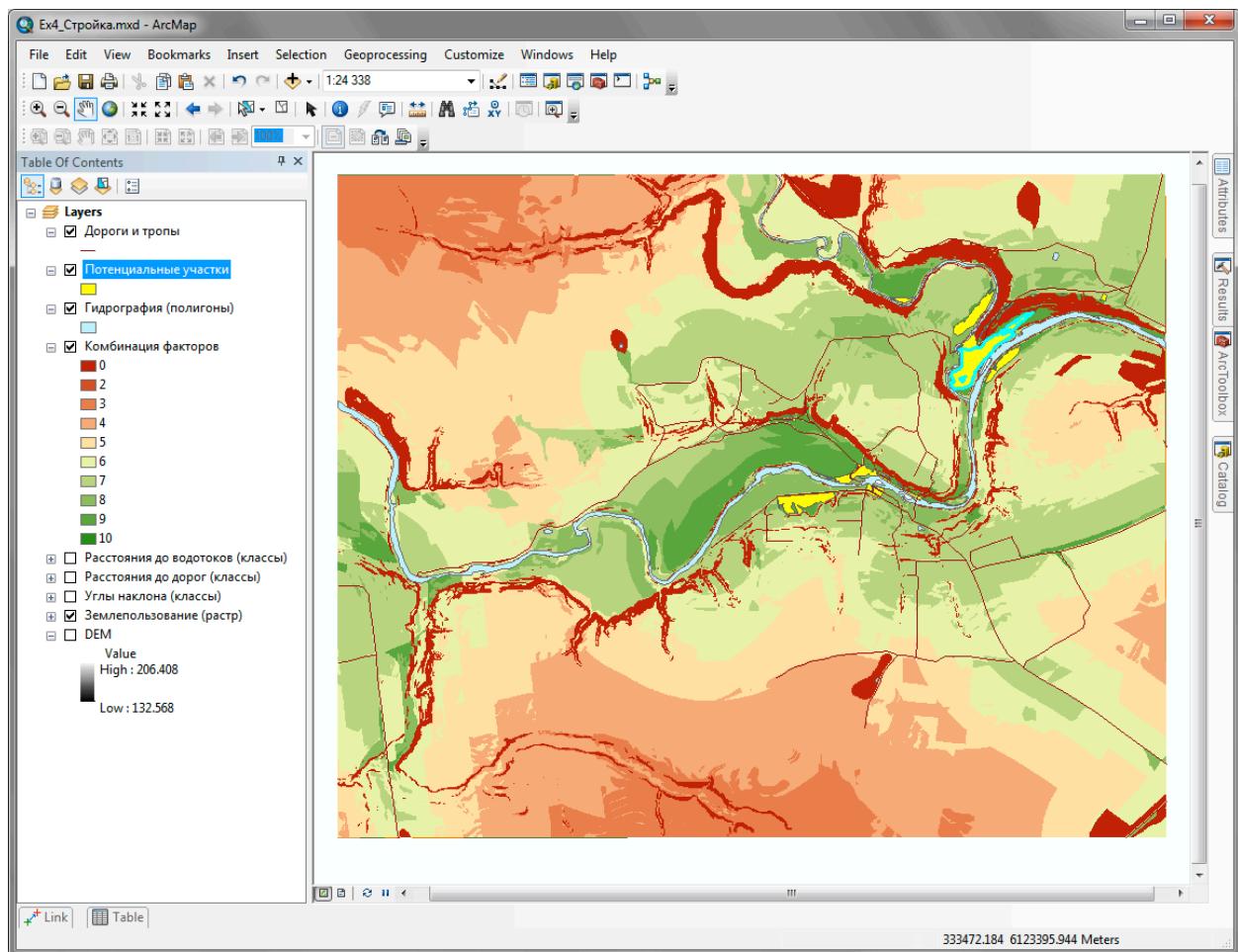


Figure 11.16: Рис. 19. Результат анализа: ярко-желтые полигоны участков, оптимальные для строительства. Выделен полигон, имеющий необходимую площадь более 30 000 м<sup>2</sup>

# Chapter 12

## Сетевой анализ

### 12.1 Введение

Цель — научиться решать различные задачи логистики и оптимизации размещения с помощью сетевого анализа.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Понятие о сетевой модели данных, граф дорожной сети, сетевой анализ и его основные задачи: кратчайший путь, оптимальный маршрут, зоны обслуживания.
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Инструменты для работы с сетевыми данными.
Исходные данные	Слои картографической основы OpenStreetMap, граф дорожной сети на основе данных OpenStreetMap на территории Российской Федерации.
Результат	Маршрут до магазина. Зоны обслуживания магазина от 1 до 5 минут. Маршруты до ближайших магазинов.
Ключевые слова	Сетевой анализ, граф дорожной сети, оптимизация размещения, логистика.

#### 12.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту, слой улиц и слой зданий, граф дорожной сети
- Поставить точку магазина и точку потребителя, построить маршрут
- Поставить барьер на маршруте и перестроить маршрут с учетом барьера
- Рассчитать зоны обслуживания магазина от 1 до 5 минут движения на автомобиле
- Поставить еще одну точку магазина и 5 точек потребителя, рассчитать маршруты до ближайшего магазина
- Добавить на карту точки потребителей, расставить 7 точек потенциальных магазинов, выполнить анализ с выбором 4 мест из потенциальных
- Выполнить районирование территории по зонам обслуживания магазинов.
- Оформить карту с основными элементами компоновки (легенда, масштаб и т.д.)

#### 12.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с сетевым анализом. Задачи, предлагаемые в задании, связаны с определением оптимальных маршрутов, построением зон обслуживания, определением ближайших сервисных точек, размещением сервисных точек. Данные задачи активно используются в логистике — оптимизации перевозок, а также в геомаркетинге и оптимизации местоположения пунктов обслуживания (магазинов, складов, пожарных депо и т.д.). В основе решения этих задач лежит сетевая модель данных, являющаяся частным случаем векторной модели. В сетевой модели дорожная сеть представляется в виде графа.

## 12.2 Оформление базовых слоев

В начало упражнения ▾

- Подключитесь к базе геоданных *Ex12.gdb* в вашей папке *Ex12*.
- Добавьте на карту слои *Buildings* (здания) и *Streets* (улицы).
- Присвойте зданиям цвет серый (20%), уберите обводку (**Outline Color > No Color**).
- Установите масштаб равным 1:10 000 для удобной работы с картой.
- Включите подписи зданий со следующими параметрами:

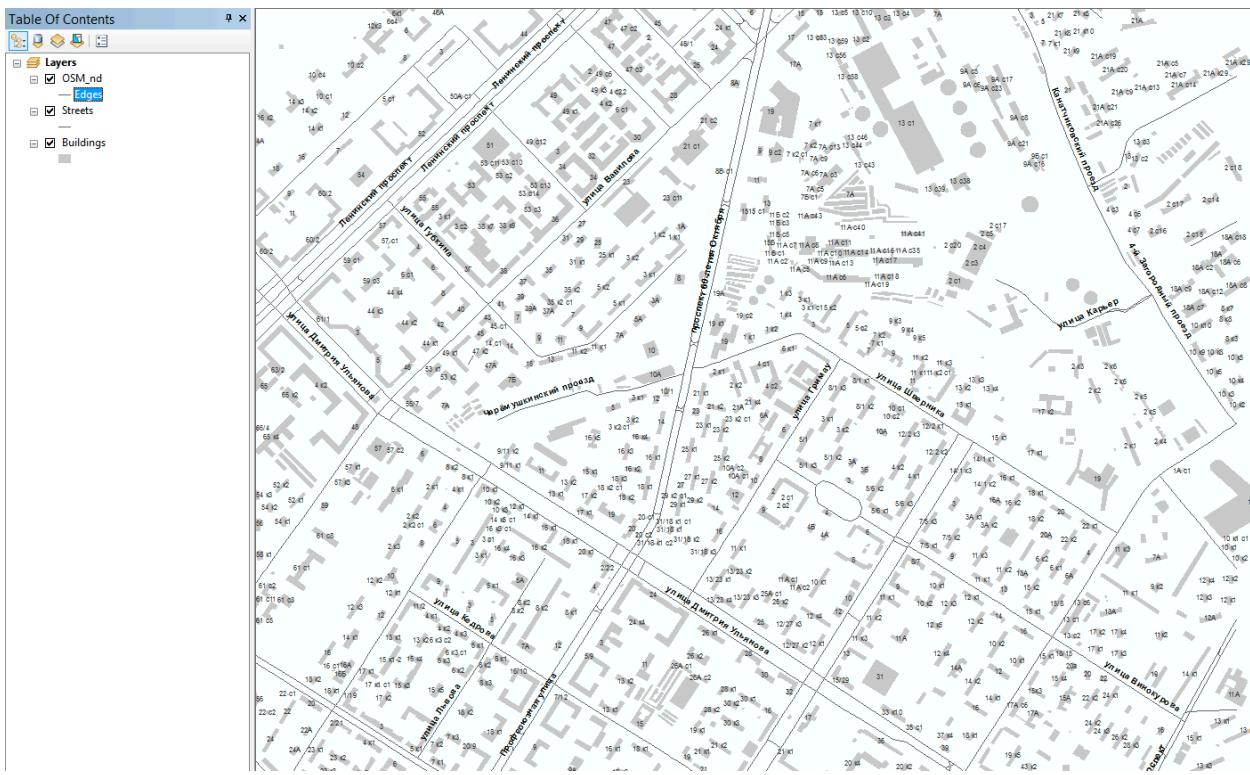
Параметр	Значение
Поле подписи	A_HSNMBR
Цвет подписи	Серый 80%
Размер подписи	6 пунктов

- Присвойте дорогам серый цвет (60%) и включите их подписи со следующими параметрами:

Параметр	Значение
Поле подписи	Name (tag value)
Цвет подписи	Черный
Размер подписи	8 пунктов
Начертание	Жирное

- Добавьте на карту граф дорожной сети *OSM*, который находится в наборе данных *OSM\_nd* базы геоданных *Ex12*. В появившемся диалоге скажите *No* (Нет), чтобы не добавлять на карту поворотные точки и прочие вспомогательные элементы графа.
- Задайте линиям графа такой же символ как и дорогам.
- Сохраните документ карты в свою директорию *Ex12* под названием *Ex12\_Network.mxd*.

Примерный результат должен выглядеть так:



**Снимок экрана №1** — Базовые слои: улицы, здания, граф дорожной сети

## 12.3 Построение маршрута

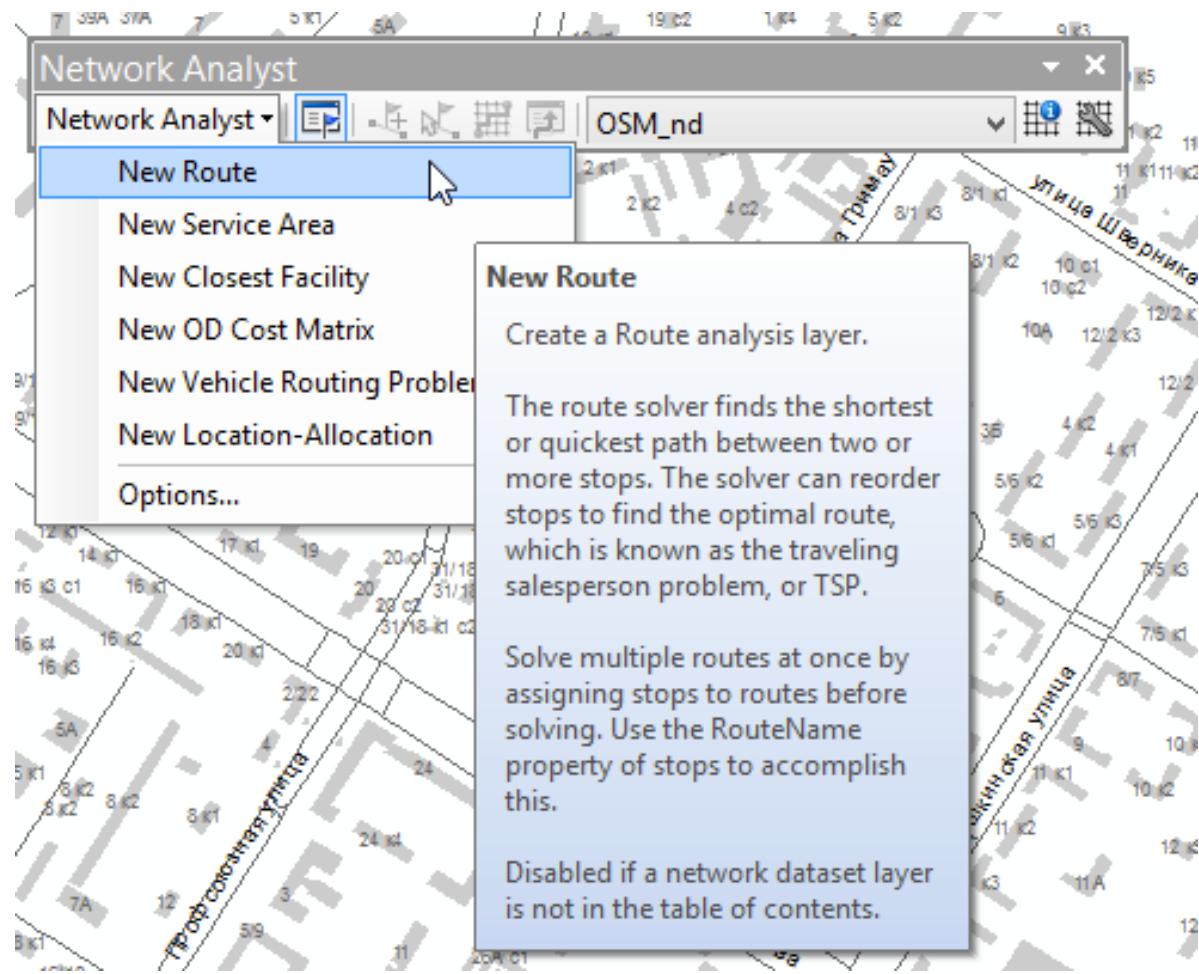
В начало упражнения □

1. Включите модуль **Network Analyst** с помощью команды главного меню **Customize—Extensions**
2. Включите панель инструментов **Network Analyst**:

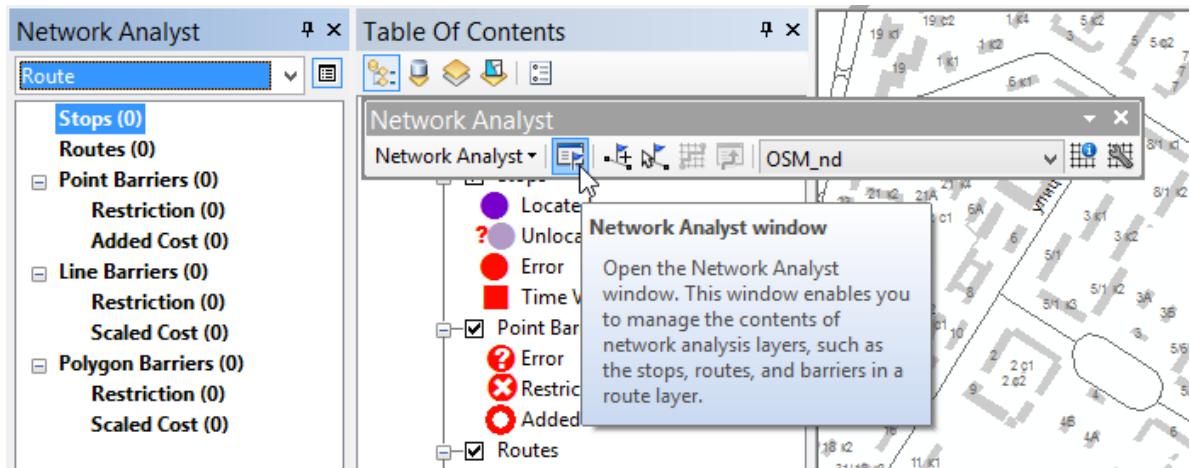


Если все правильно, в ниспадающем списке панели будет отображаться граф дорожной сети *OSM\_nd*

3. Создайте слой вычисления маршрутов с помощью команды **Network Analyst > New Route**:



4. Откройте окно Network Analyst Window:

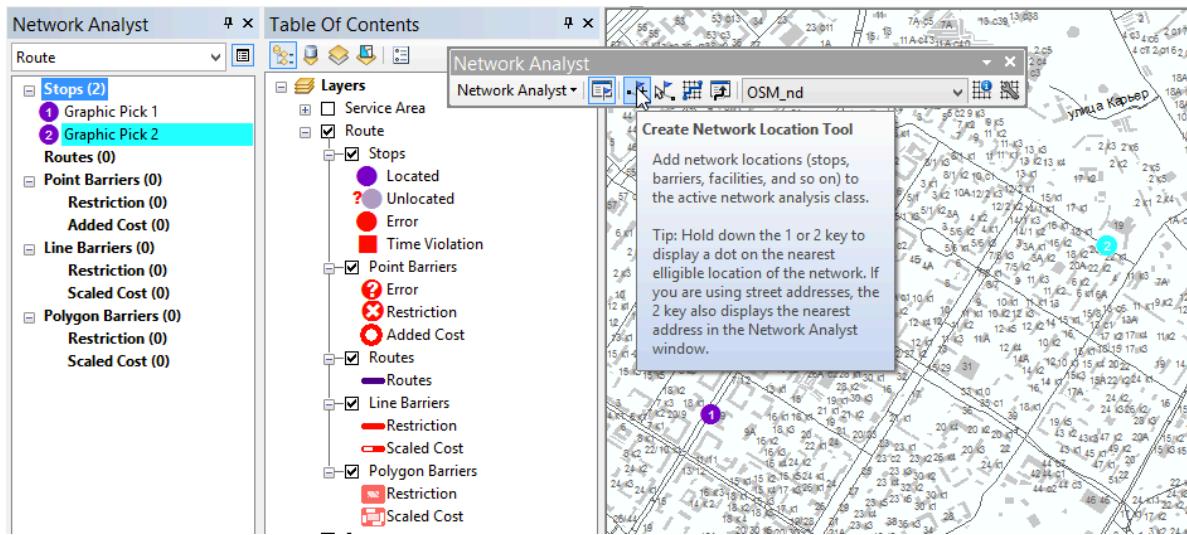


Предположим, что по адресу ул. Профсоюзная, д.9 находится магазин. Вы проживаете по адресу ул. Шверника, д. 19. Необходимо построить прямой и обратный автомобильный маршрут.

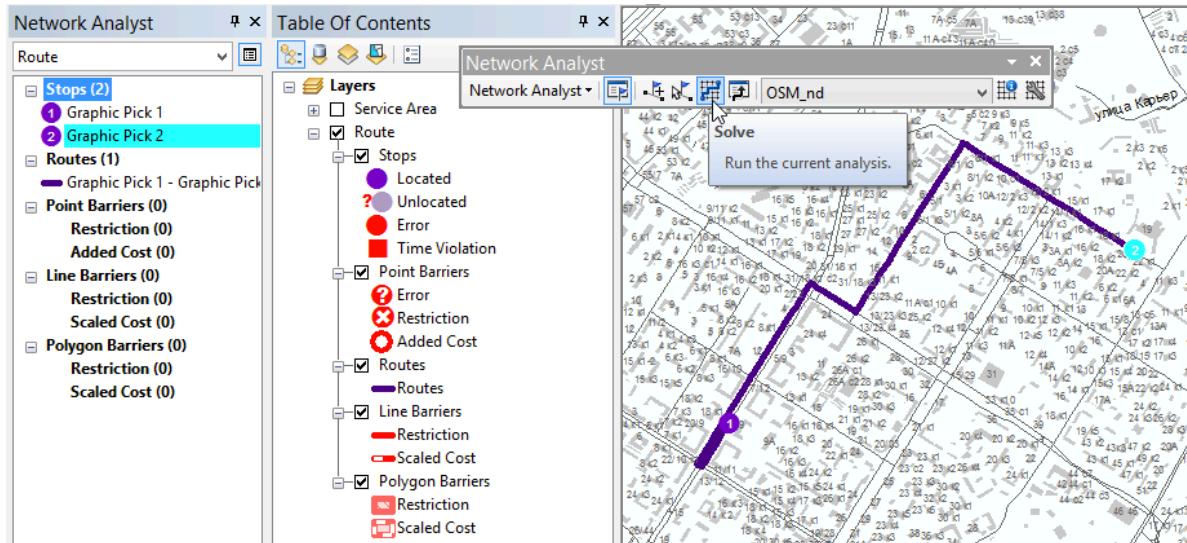
1. Выделите в списке набор **Stops**, и, используя инструмент **Create Network Location**, поставьте на графе дорожной сети 2 точки:

- Рядом со зданием ул. Профсоюзная, д. 9

- Рядом со зданием ул. Шверника, д. 19

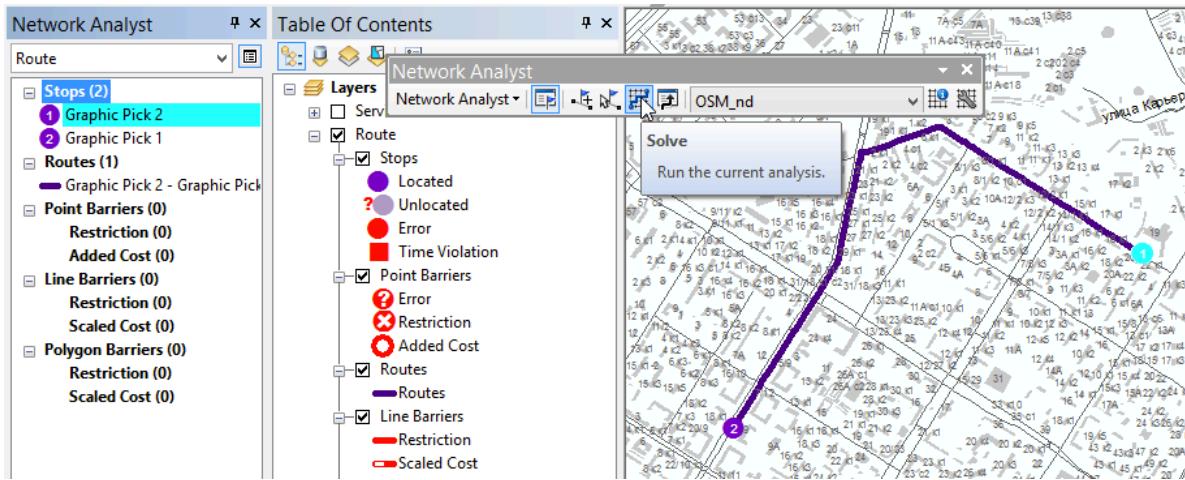


2. Нажмите **Solve**, чтобы построить прямой маршрут:



**Снимок экрана №2.** Прямой маршрут

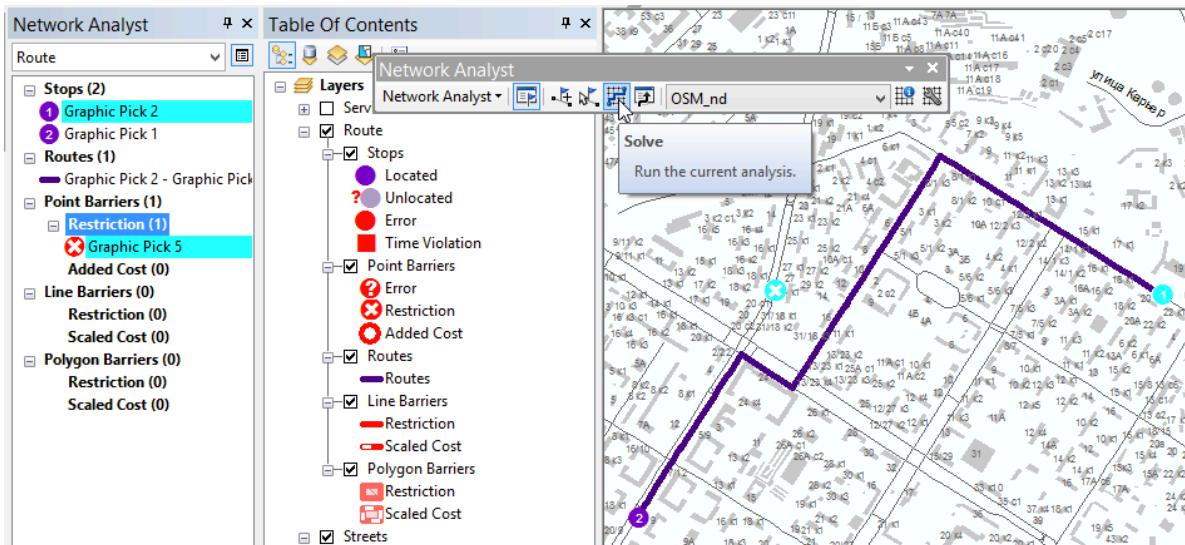
3. Поменяйте точки местами в окне Network Analyst чтобы построить обратный маршрут. Для этого перетащите нижнюю точку вверх списка. Запустите еще раз **Solve**:



**Снимок экрана №3.** Обратный маршрут

Допустим, по адресу проспект 60-летия Октября, д.29к1 ведутся ремонтные работы и движение перекрыто. Поставьте в этом месте барьер и перестройте маршрут. Для этого:

1. Выделите в окне **Network Analyst** пункт **Point Barriers > Restriction** и поставьте точку на график рядом со зданием проспект 60-летия Октября, д.29к1.
2. Перестройте маршрут:



**Снимок экрана №4** Обратный маршрут с барьером

3. Сохраните документ карты.

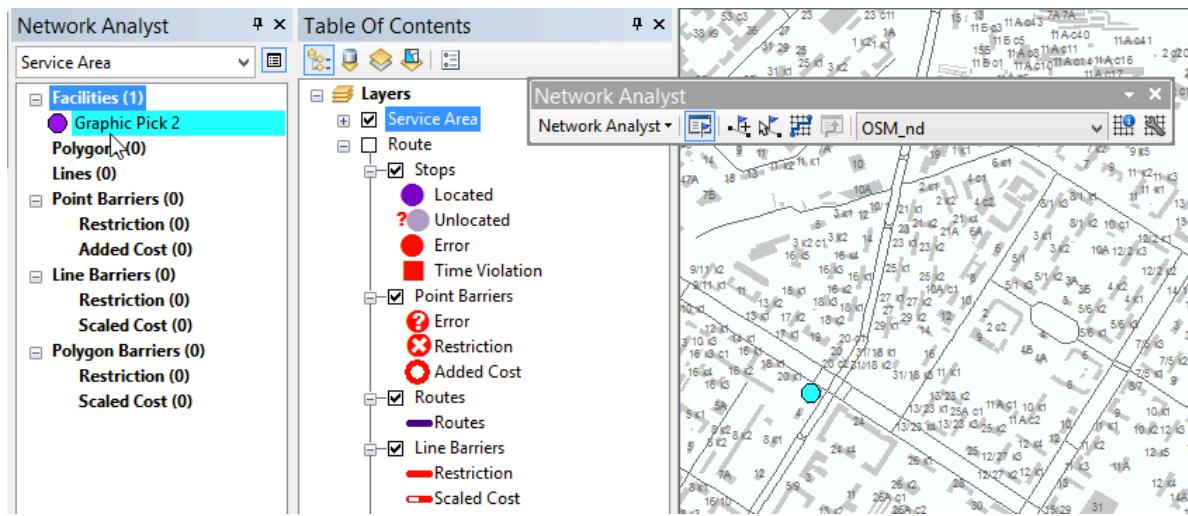
## 12.4 Определение зоны обслуживания

В начало упражнения □

Необходимо определить, какие здания попадают в зону доступности магазина в пределах 1-5 минут движения на автомобиле.

1. Отключите в таблице содержания слой **Route** (снимите галочку).

2. Создайте слой вычисления зон обслуживания с помощью команды **Network Analyst > New Service Area**.
3. Выделите в окне **Network Analyst** слой **Facilities** (пункты обслуживания) и используя тот же инструмент **Create Network Location**, поставьте точку по адресу ул. Профсоюзная, д. 2/22 (пересечение с ул. Дмитрия Ульянова).

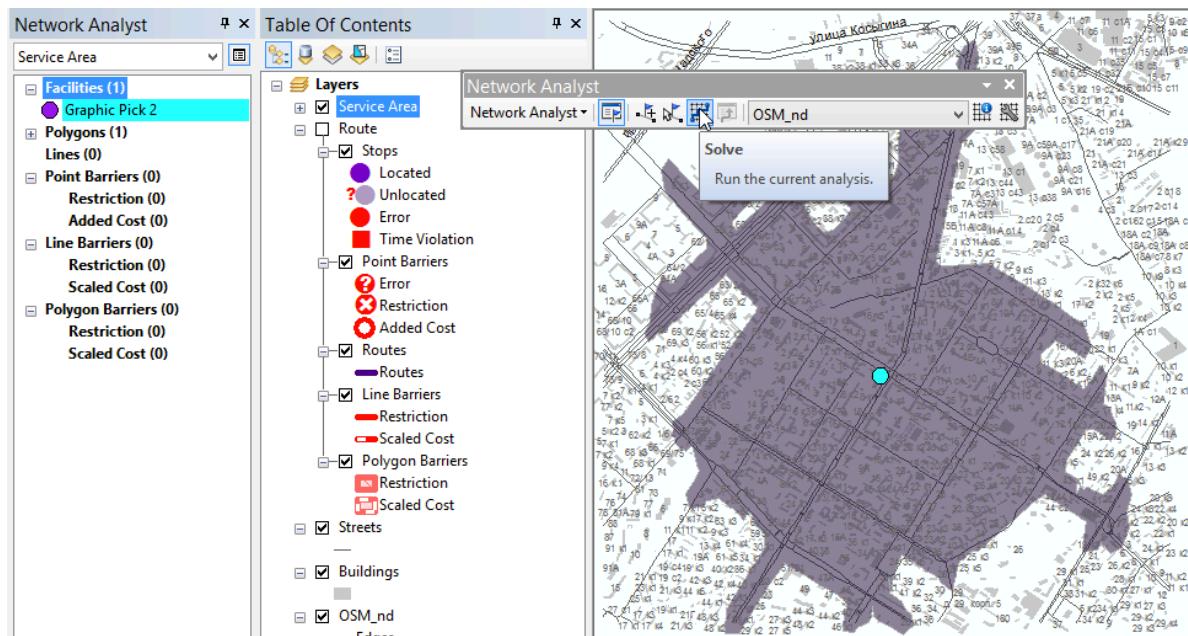


4. Установите время езды до магазина равным 2 минутам. Для этого дважды щелкните на слое *Service Area* в таблице содержания, перейдите на вкладку **Analysis Settings** и поменяйте следующие настройки:

Параметр	Значение
<i>Default Breaks</i>	2
<i>Direction</i>	Towards Facility

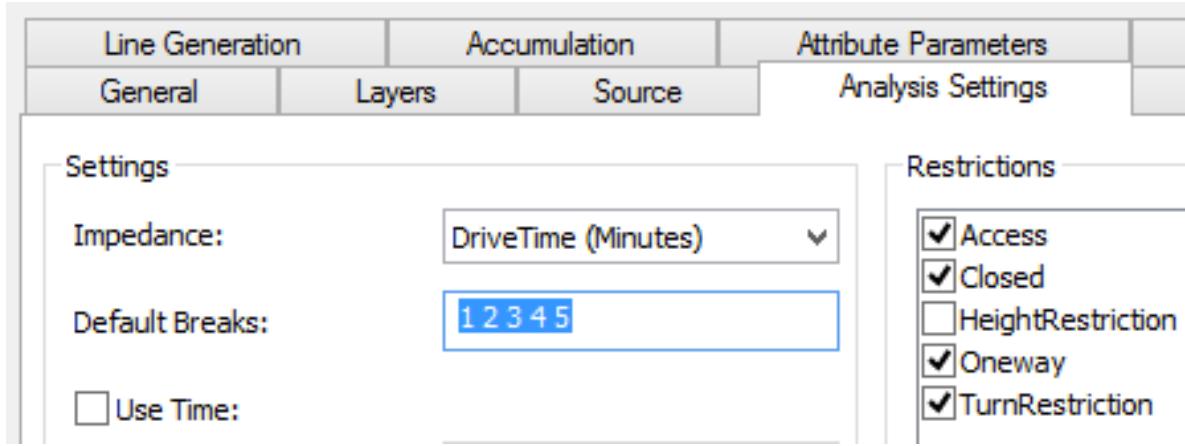
Режим *Towards Facility* означает, что движение будет моделироваться от потребителя к точке обслуживания

5. Нажмите **Solve** на панели **Network Analyst**, чтобы построить зону обслуживания:



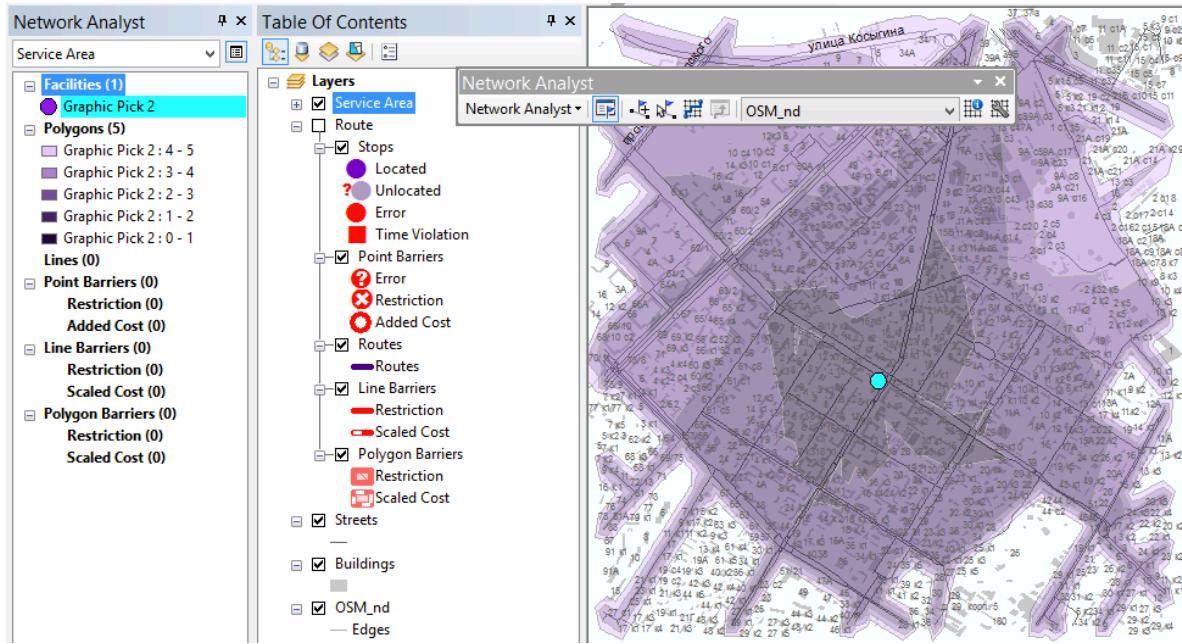
Снимок экрана №5. Зона обслуживания 2 мин

6. Постройте иерархию зон обслуживания от 1 до 5 минут. Для этого поменяйте значение параметра **Breaks** в настройках слоя *Service Area* на 1 2 3 4 5 (через пробелы):



7. Перезапустите расчет зон обслуживания.

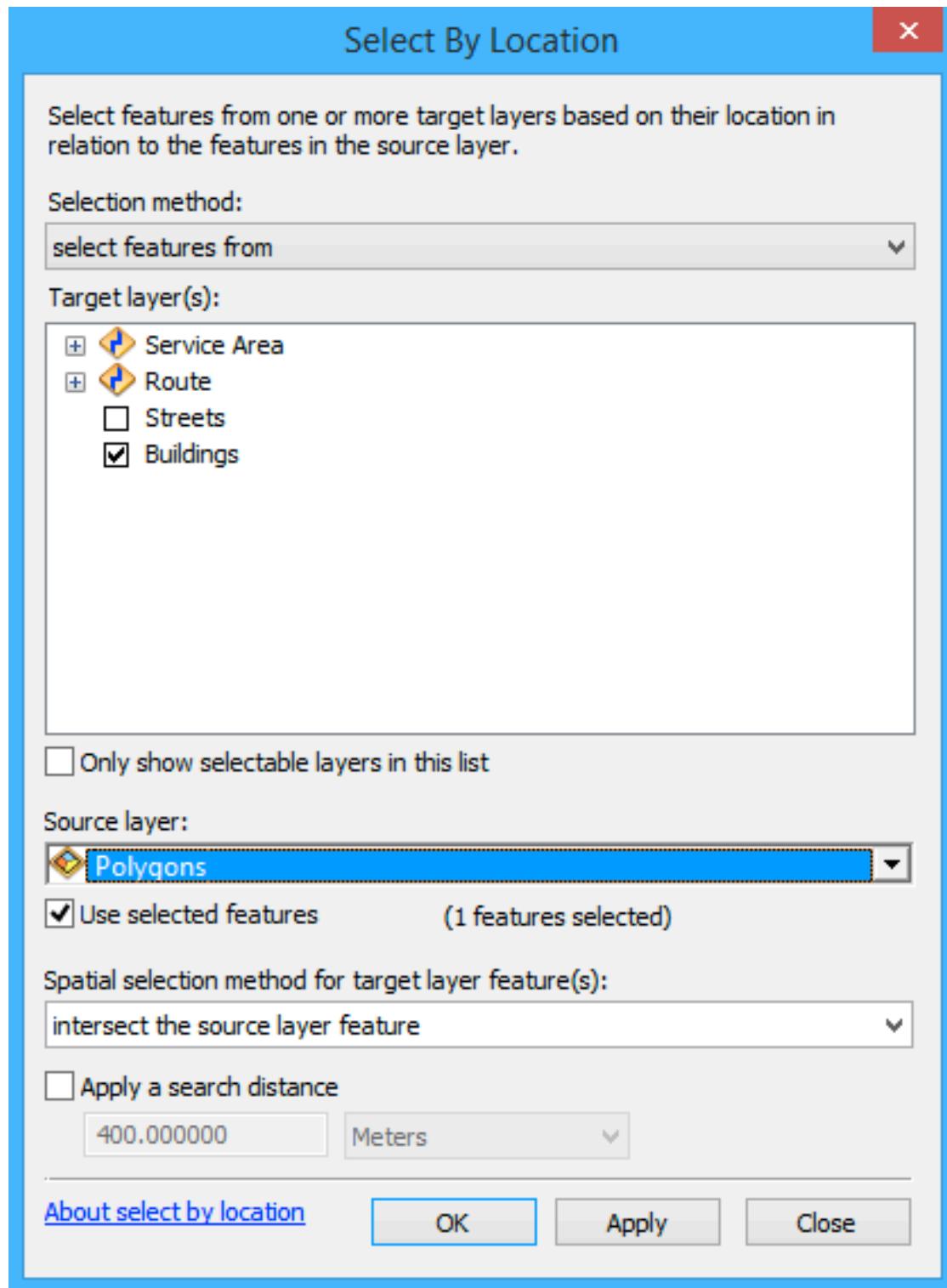
Примерный результат должен выглядеть следующим образом:



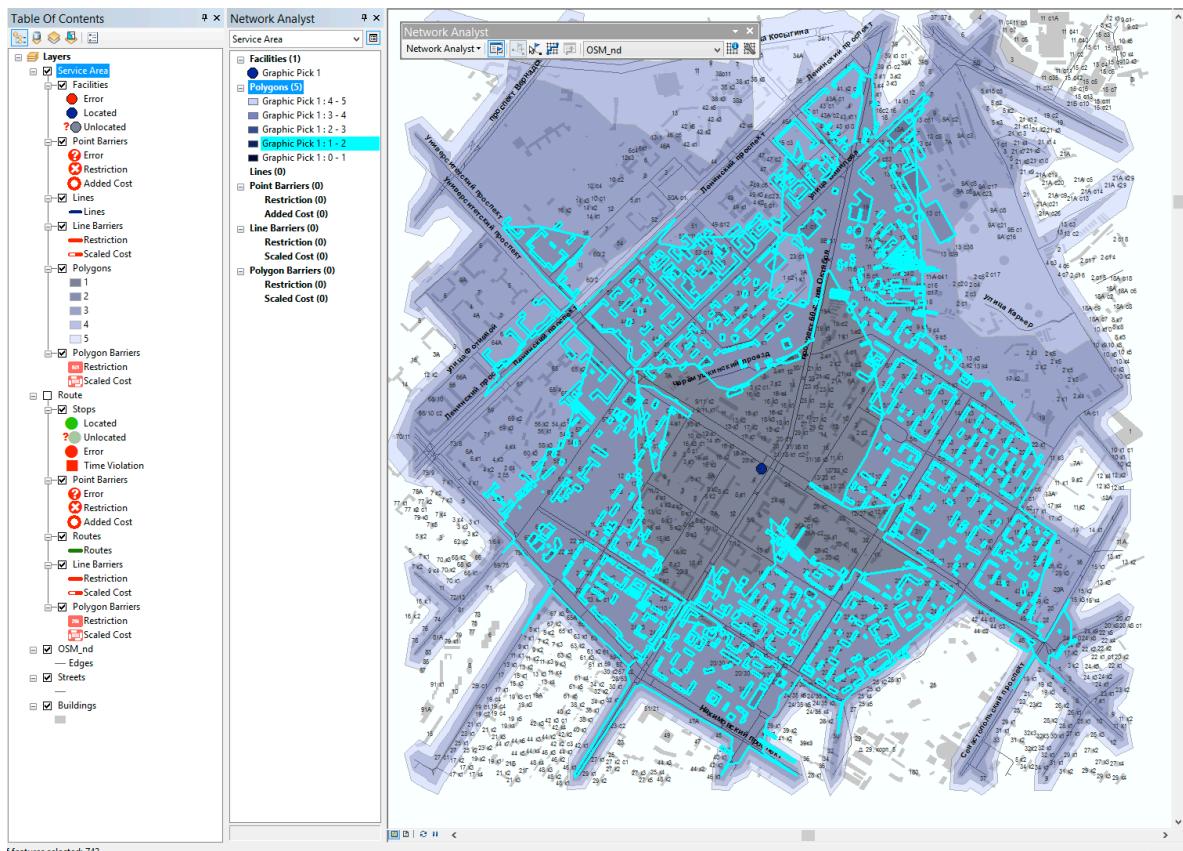
**Снимок экрана №6** Иерархия зон обслуживания от 1 до 5 мин

Получив зоны обслуживания, вы можете выделить с их помощью здания и провести экономико-географический анализ. Для этого можно воспользоваться пространственной выборкой.

1. Раскройте список **Polygons** в окне **Network Analyst**, чтобы увидеть легенду слоя. Выберите зону *Graphic Pick 1: 1 – 2*, она соответствует интервалу движения от 1 до 2 минут до магазина. Соответствующий полигон подсветится на карте.
2. Откройте диалог пространственной выборки (**Selection > Select By Location**). Задайте в качестве целевого слоя (**Target**) *Buildings*, а в качестве слоя-источника (**Source**) — *Polygons* из группы **Service Area**. Отметьте галочкой **Use selected features**, чтобы пространственный запрос осуществлялся выбранной зоной. Диалог пространственной выборки примет следующий вид:



3. Нажмите **OK**. На карте будут отобраны здания, попадающие в заданный интервал транспортной доступности:



**Снимок экрана №7.** Выборка зданий

Полученную выборку зданий вы можете далее использовать для проведения статистического и географического анализа.

#### 4. Сохраните документ карты

## 12.5 Определение ближайшего пункта обслуживания

В начало упражнения □

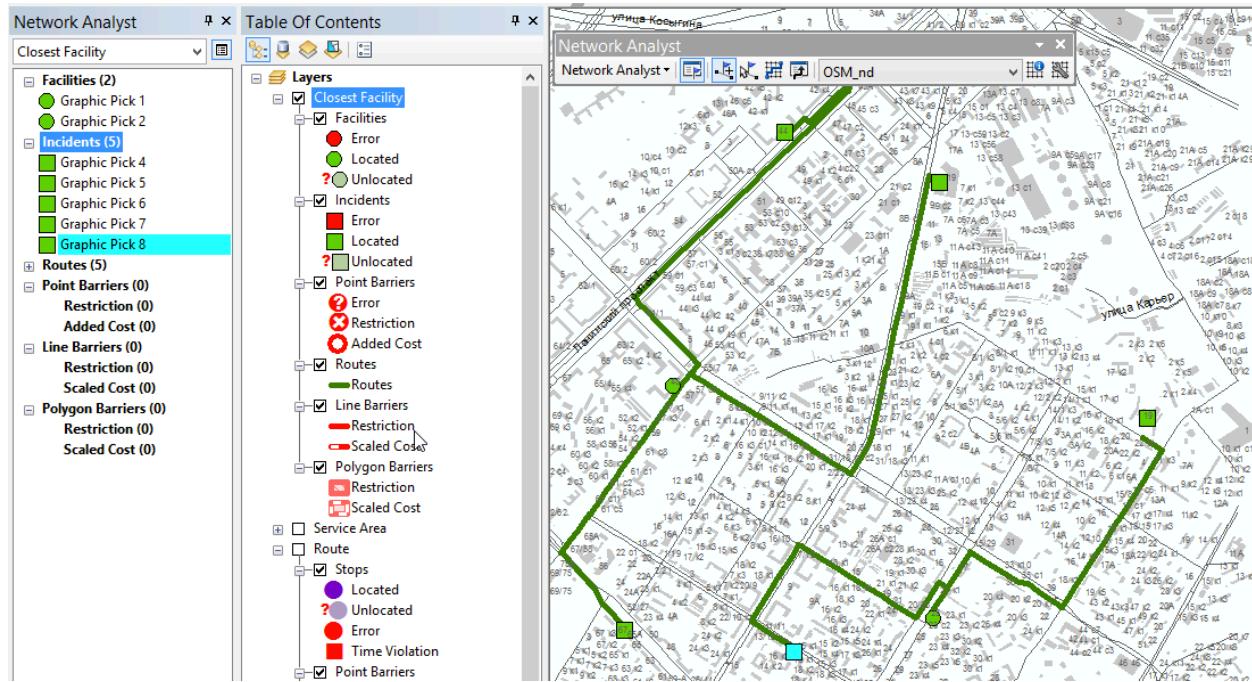
Предположим, что есть 2 магазина и 5 семей, которые живут в разных районах. Необходимо определить, какой магазин является ближайшим для каждой семьи и построить маршрут.

1. Отключите слой *Service Area* в таблице содержания и снимите выборку со всех объектов.
2. Создайте слой определения ближайшего пункта обслуживания с помощью команды **Network Analyst > New Closest Facility**.
3. Используя навыки предыдущего анализа, поставьте два пункта обслуживания (*Facilities*) по адресам:
  - Ул. Вавилова д. 48
  - Ул. Новочеремушкинская, д. 23
4. Поставьте 5 пунктов потребления (*Incidents*) по адресам:
  - Ул Шверника, д. 19
  - Ленинский проспект, д. 44
  - Нахимовский проспект, д. 67

- Проспект 60-летия Октября, д. 19
- Ул. Кржижановского, д. 16к1

5. Нажмите **Solve**, чтобы запустить расчет маршрутов.

Инструмент выберет ближайшие пункты обслуживания (магазины) для каждого потребителя и построит маршруты:



**Снимок экрана №8.** Ближайшие пункты обслуживания

## 12.6 Размещение—распределение

В начало упражнения □

Задача размещения—распределения (location-allocation) звучит следующим образом: есть  $N$  потенциальных точек для размещения пунктов обслуживания (магазины, кафе, пожарные станции, транспортные узлы, сервисные центры и т.д.), а также  $K$  точек потребления (обычно это здания, из которых выезжают люди за услугами, или к которым эти услуги поставляются). Необходимо из  $N$  точек обслуживания выбрать  $n \leq N$  точек таким образом, чтобы минимизировать некую стоимостную функцию (например, суммарное время движения от каждого пункта потребления до ближайшего пункта обслуживания). После чего распределить точки по ближайшим пунктам обслуживания. Данный тип анализа позволяет также моделировать противостояние конкурирующих сетей обслуживания и подбирать оптимальные места размещения пунктов для максимального охвата рынка.

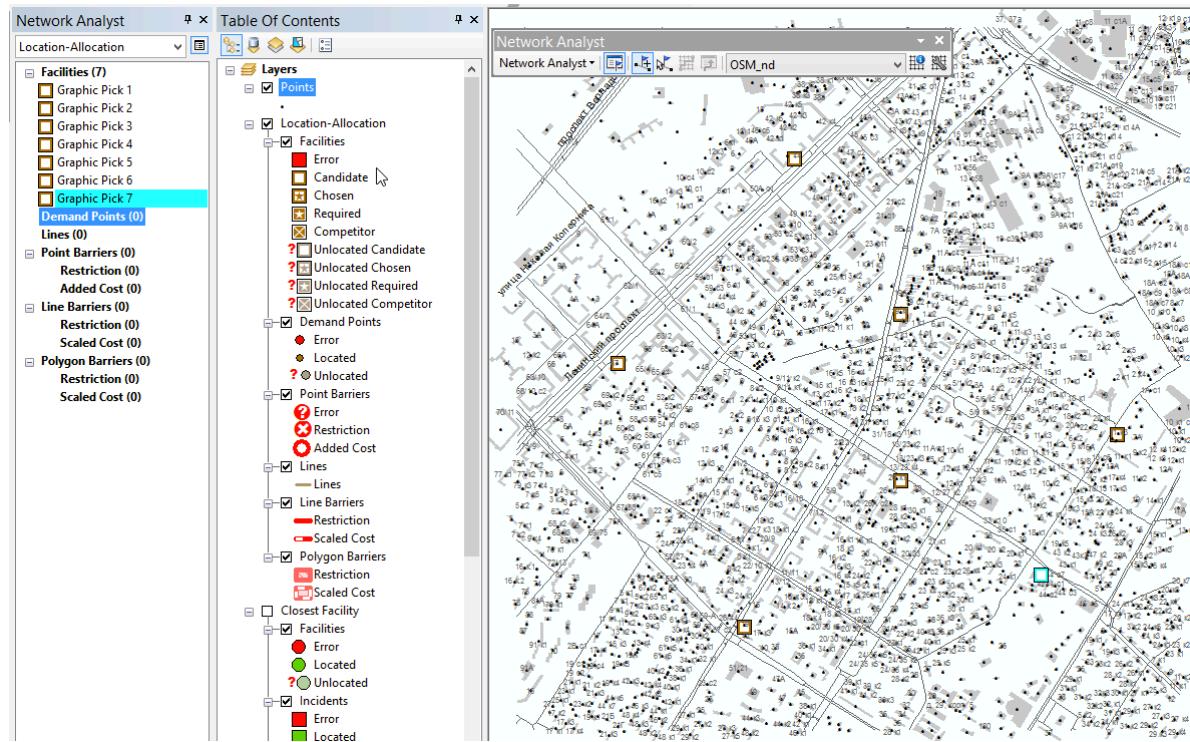
1. Отключите слой Closest Facility в таблице содержания
2. Создайте слой размещения—распределения с помощью команды **Network Analyst > New Location-Allocation**.
3. Расставьте потенциальные пункты обслуживания (*Facilities*) по следующим адресам:
  - Ул. Большая Черемушкинская, д.11к3
  - Ул. Дмитрия Ульянова, д. 42
  - Ул. Профсоюзная, д. 19
  - Ленинский проспект, д. 67

- Ленинский проспект, д. 44
- Проспект 60-летия Октября, д. 19к1
- Ул. Дмитрия Ульянова, 26к1

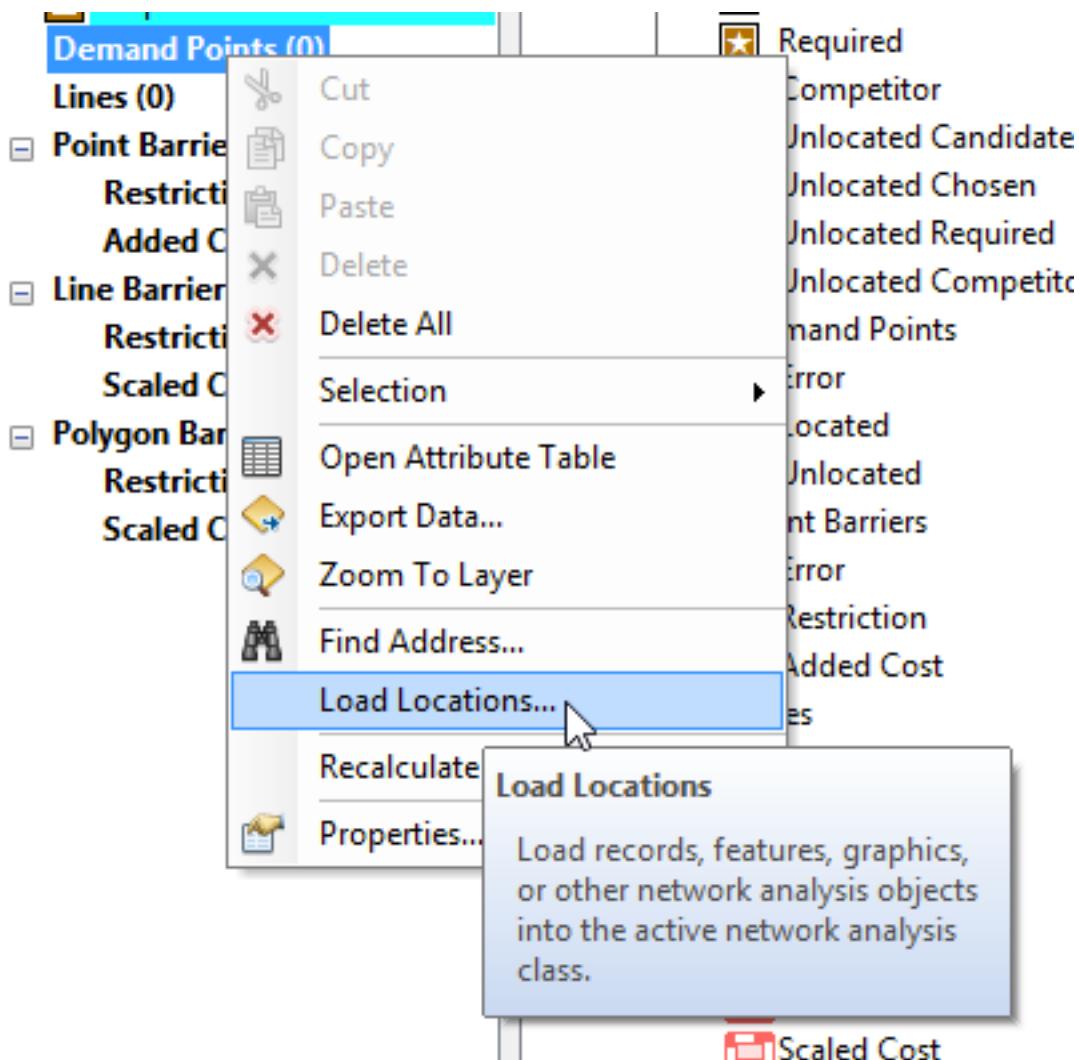
4. Добавьте на карту слой *Points* из базы геоданных *Ex12*. Это слой центроидов зданий, необходимый для загрузки точек потребления.

5. Сделайте точки черного цвета диаметром 3 пункта

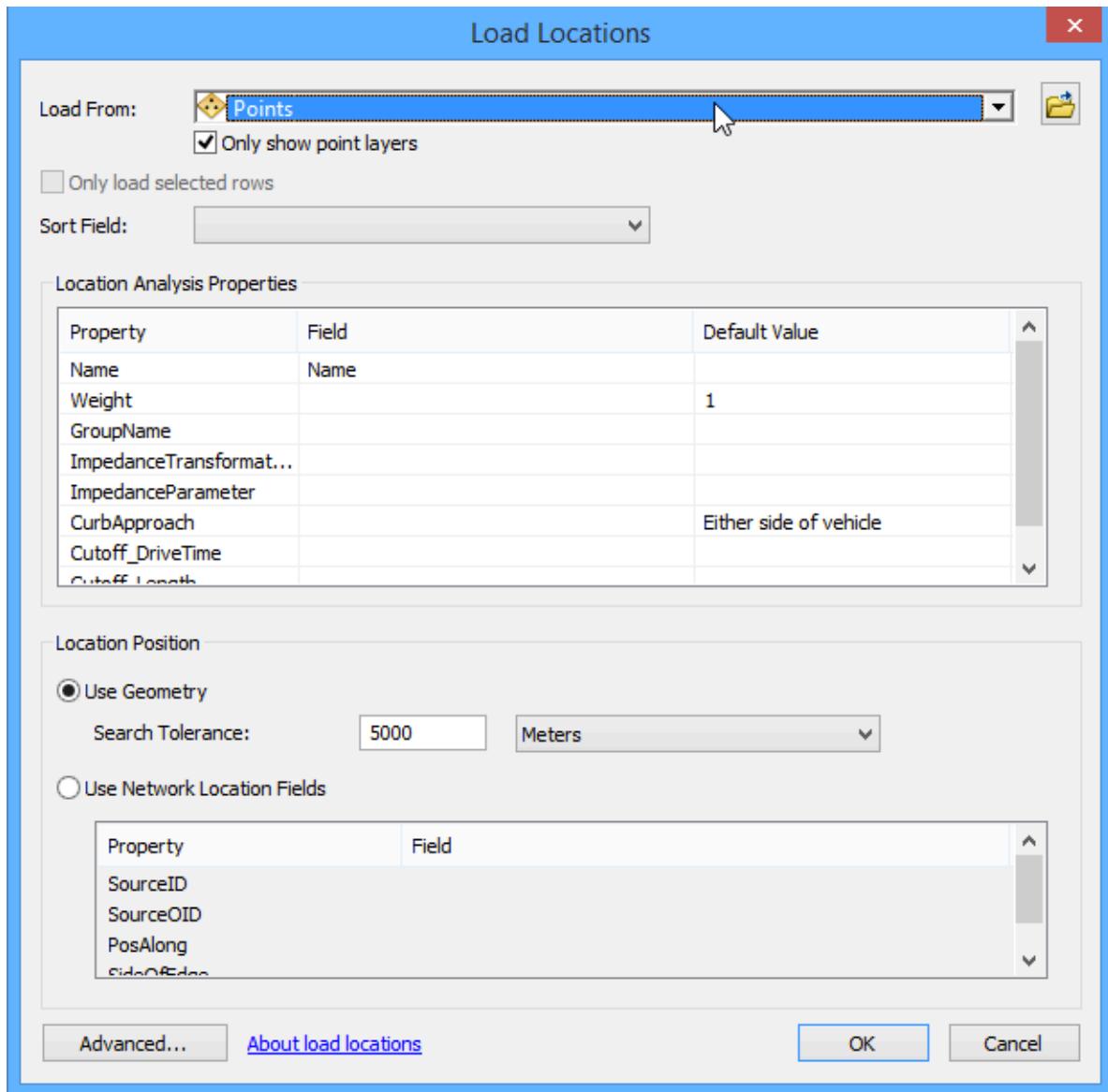
Изображение примет следующий вид:



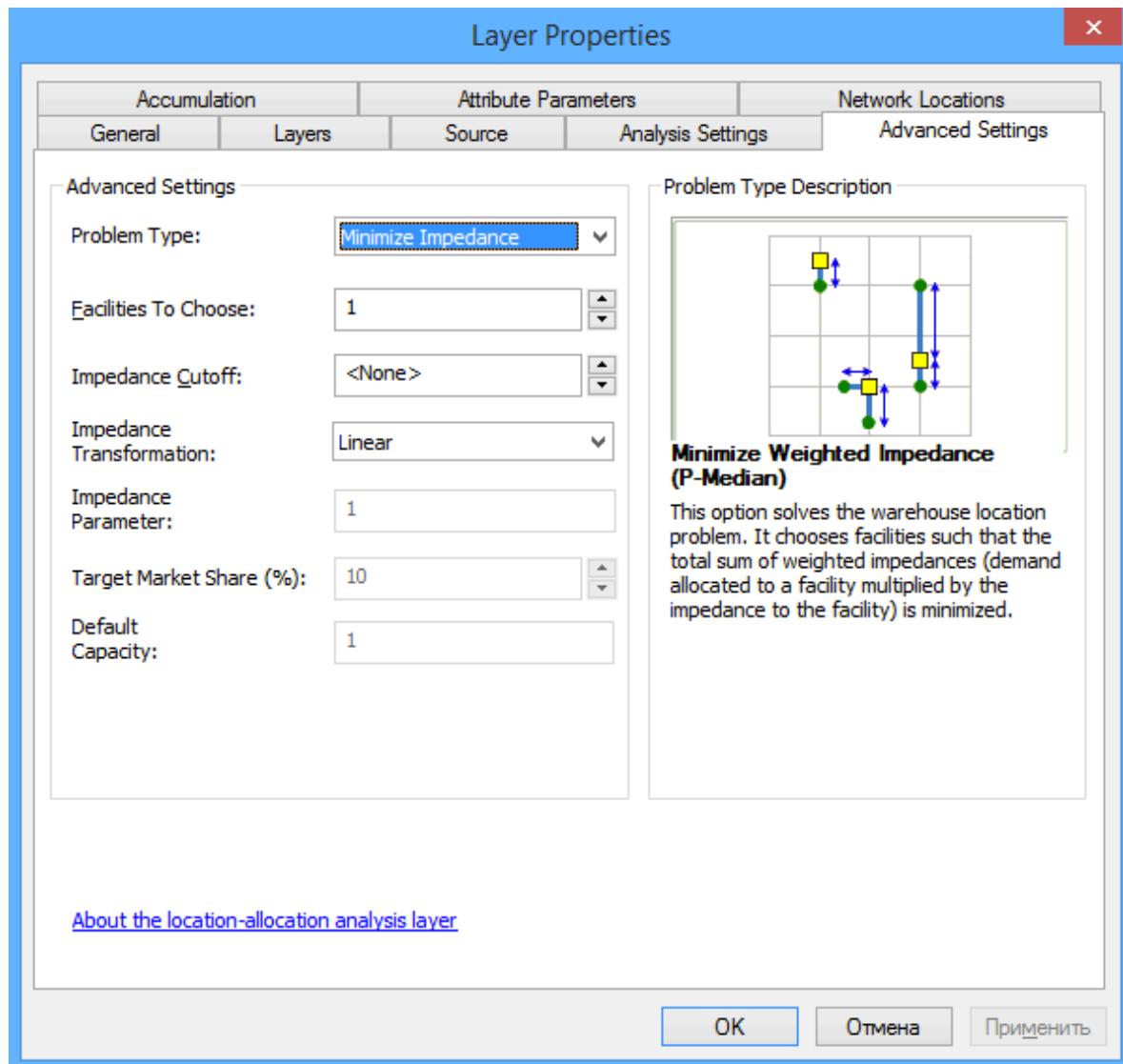
6. Загрузите точки в пункты потребления. Для этого щелкните правой кнопкой мыши на строке *Demand Points* окна **Network Analyst** и выберите команду **Load Locations**:



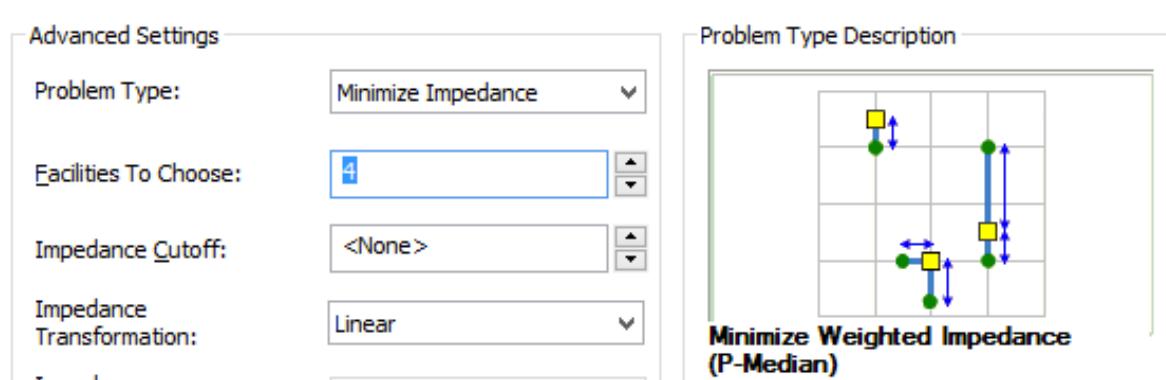
7. В появившемся диалоге выберите в списке **Load From** слой *Points* и нажмите **OK**. Потребуется некоторое время, чтобы точки привязались к графу дорожной сети. За процессом вы можете следить в строке состояния приложения (внизу).



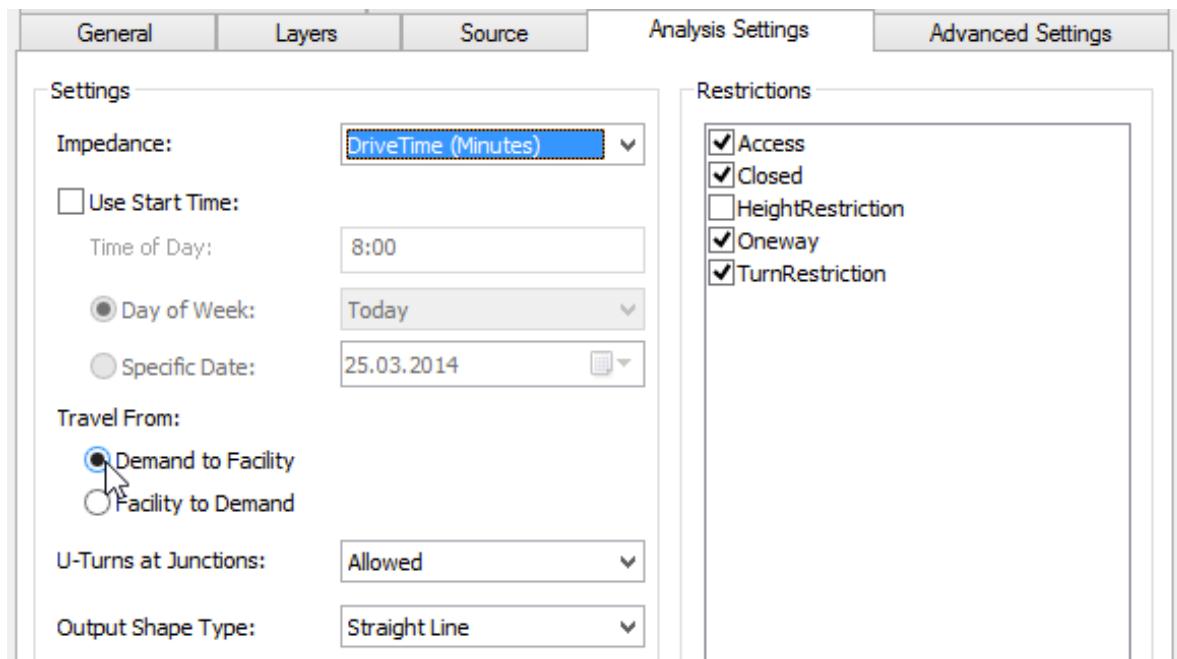
8. Дважды щелкните на слове *Location-Allocation* в таблице содержания, чтобы изменить настройки анализа. Перейдите на вкладку **Advanced Settings**:



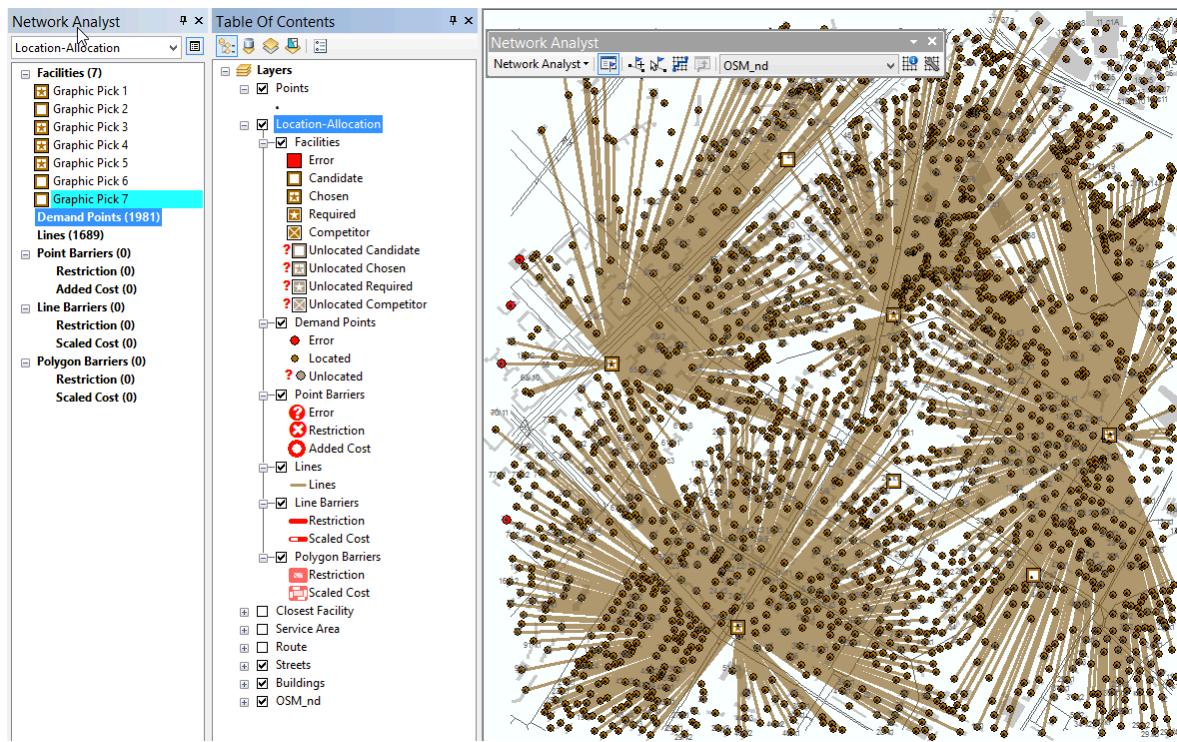
9. Попробуйте выбрать различные варианты решения задачи в списке **Problem Type** и прочтайте их описание. Подумайте, где можно применить такой анализ.
10. Выберите режим *Minimize Impedance* (минимизировать суммарное время движения от потребителей к ближайшим пунктам обслуживания).
11. Установите количество отбираемых кандидатов (**Facilities to Choose**) равное 4.



12. Установите направление движения *Demand to Facility* (потребитель к услугам) на вкладке **Analysis Settings**:



13. Нажмите **OK** и запустите решение задачи на панели **Network Analyst**. Будут выбраны 4 наиболее оптимальных пункта обслуживания, а здания будут распределены между ними в виде веерной диаграммы. Программа выдаст предупреждение, что некоторые точки оказались непривязанными — проигнорируйте его. Это связано с тем, что некоторые здания по краям области транспортно недоступны, поскольку к ним требуется подъезд извне изучаемого района. Вы можете их видеть по отсутствию исходящих линий.



**Снимок экрана №9.** Результат размещения—распределения

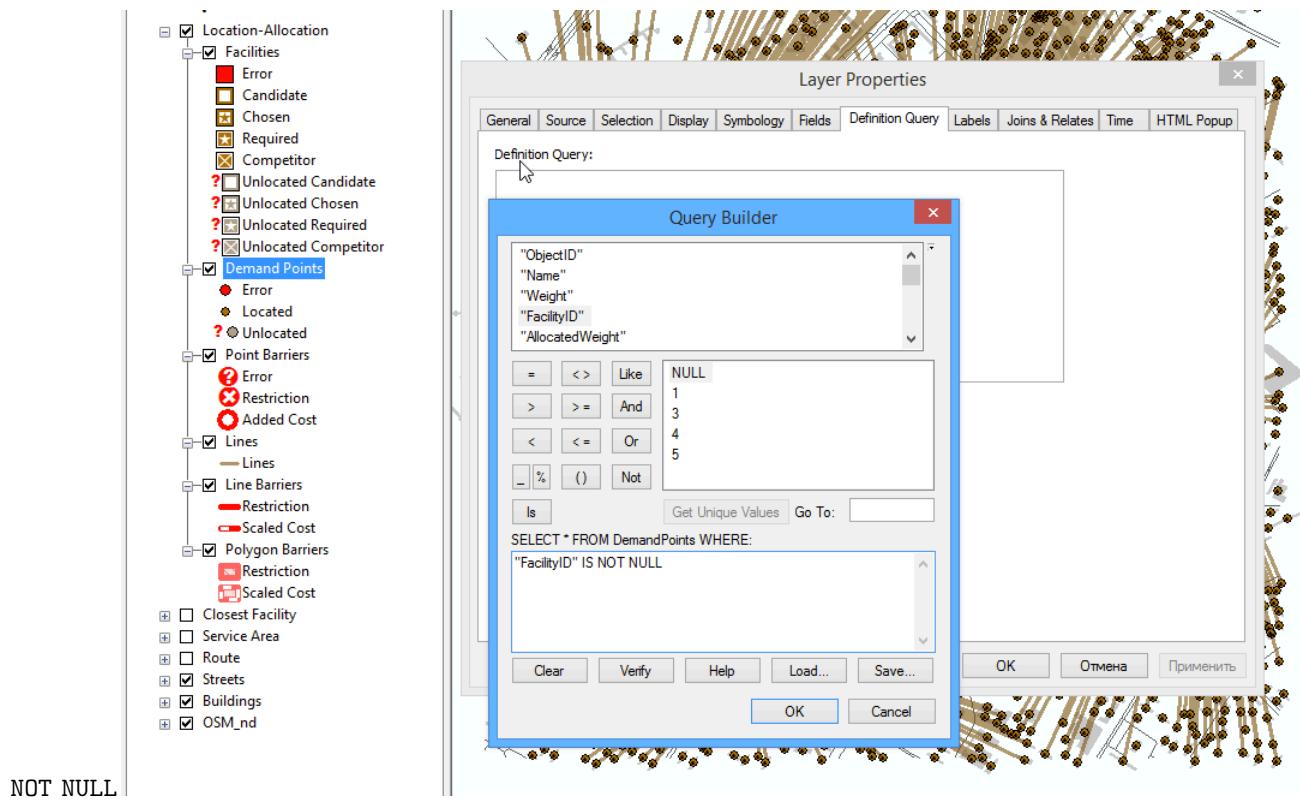
14. Сохраните документ карты

## 12.7 Районирование города по зонам обслуживания

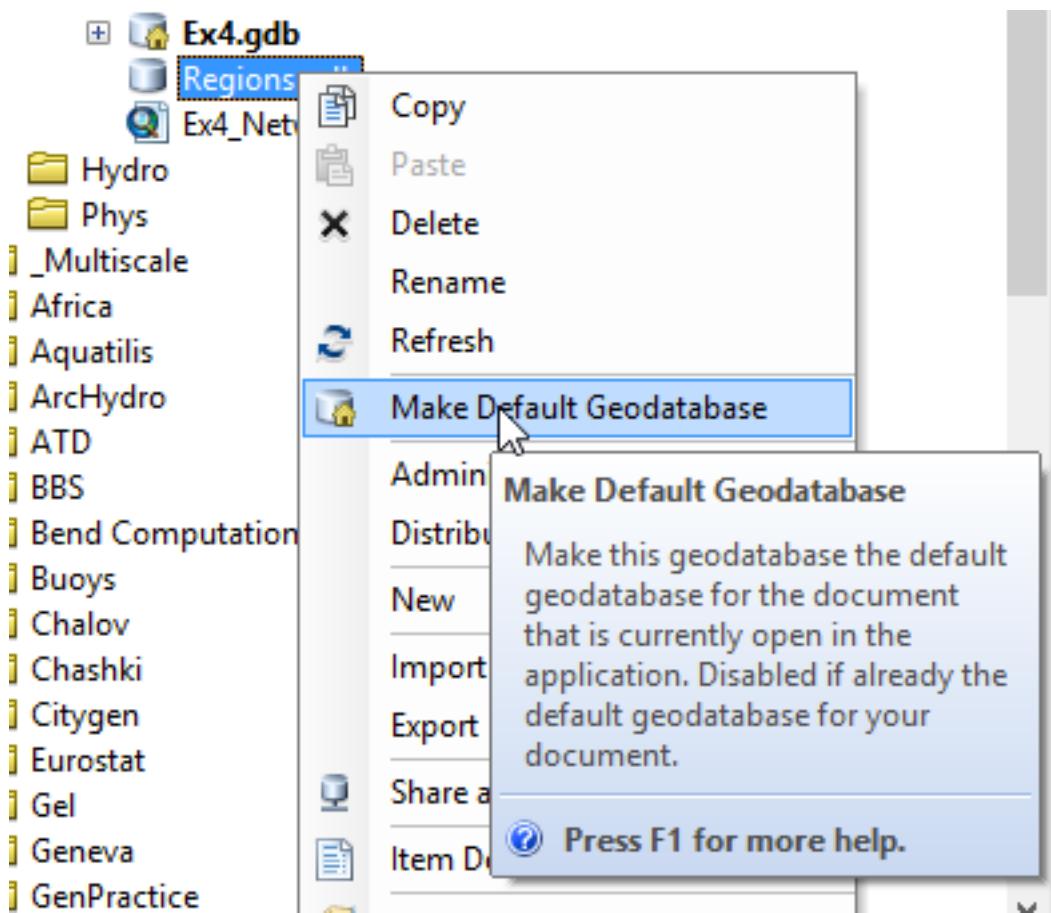
В начало упражнения □

На основе полученного распределения можно произвести районирования территории. Для этого вы построите диаграмму Вороного точек потребления и объедините полигоны, отнесенные к одному пункту обслуживания.

1. Исключите нераспределенные точки. Для этого дважды щелкните на слое *Demand Points* в таблице содержания, перейдите на вкладку **Definition Query**, нажмите **Query Builder** и введите следующий запрос: "FacilityID" IS



2. Создайте в вашем каталоге Ex12 базу геоданных *Regions.gdb* и назначьте ее базой данных по умолчанию:



3. Откройте **ArcToolbox**.
4. Запустите инструмент геообработки **Analysis Tools > Proximity > Create Thiessen Polygons** и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Features</i>	Location-Allocation\\Demand Points
<i>Output Features</i>	...\\Ex12\\Regions.gdb\\DemandPoints\\_Voronoy
<i>Output Fields</i>	ALL

Запустите инструмент. Полученный слой будет добавлен на карту и будет иметь следующую структуру:

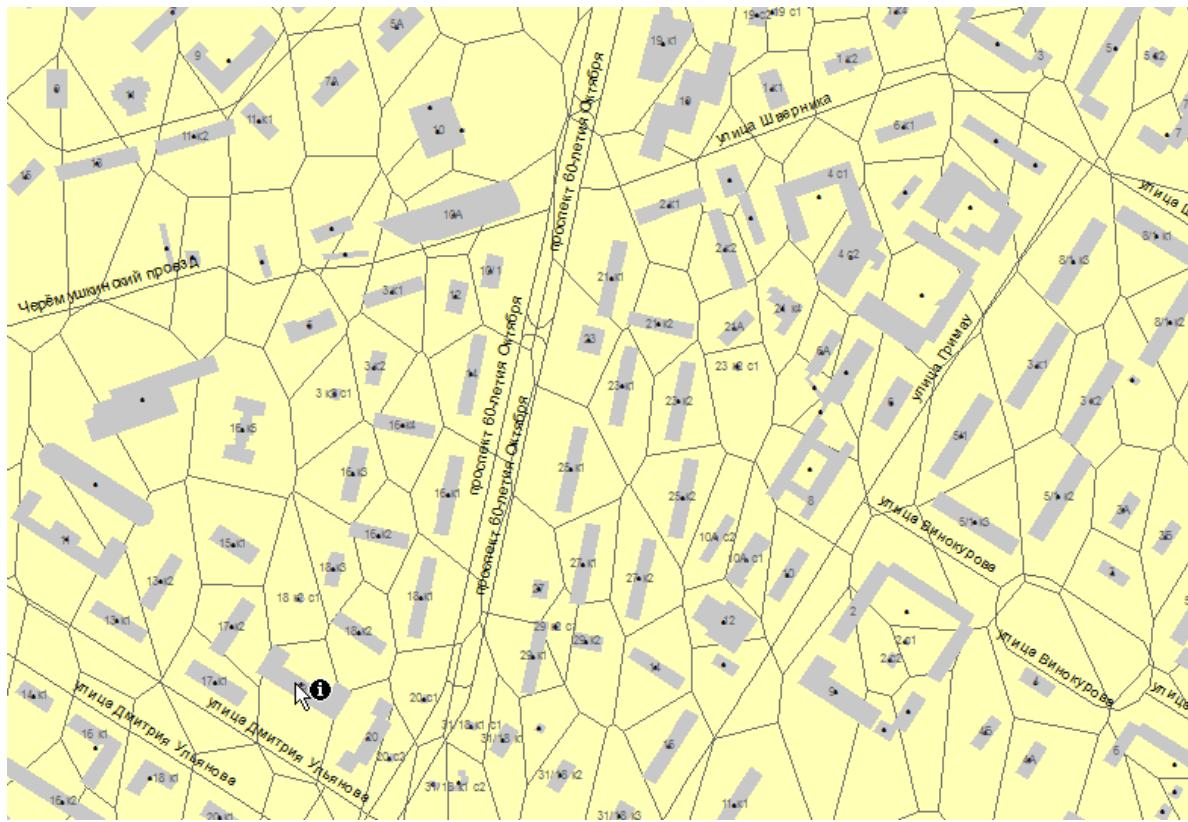


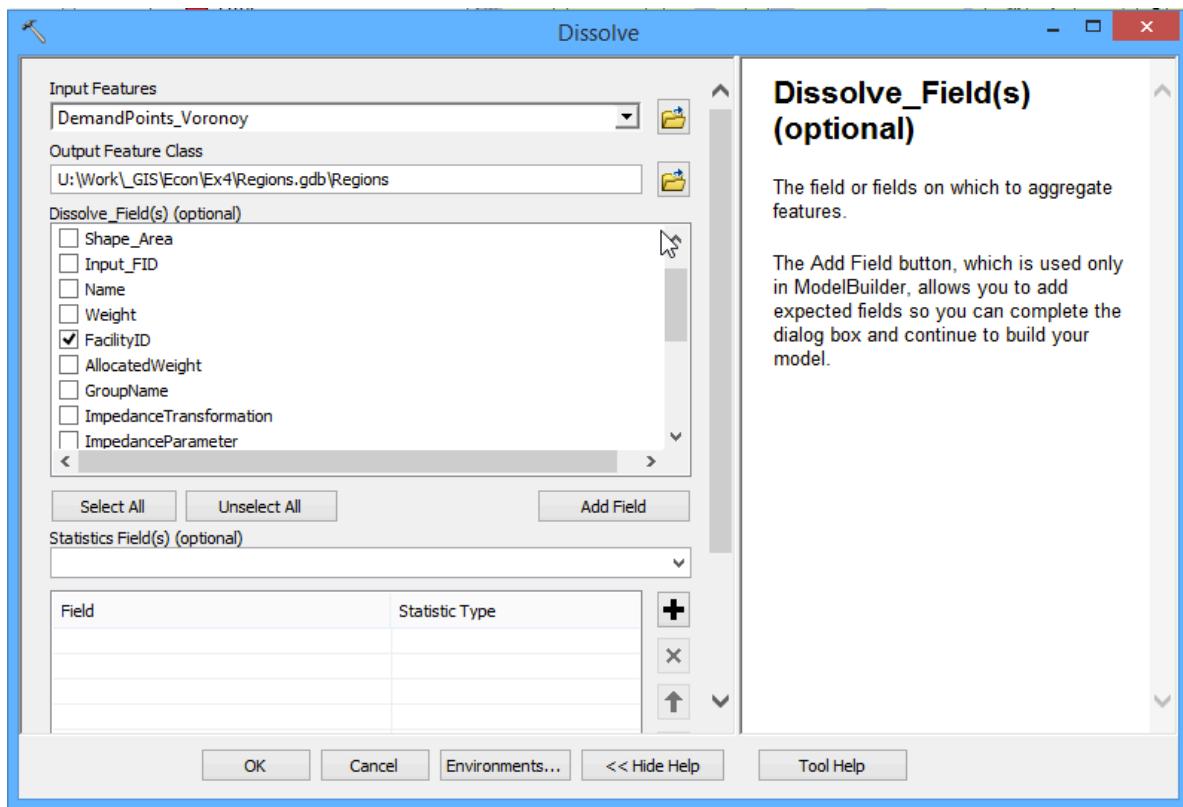
Диаграмма Вороного обладает следующим свойством: какую бы точку мы не взяли внутри каждого полигона, она будет ближе к центроиду этого полигона, чем к любому другому центроиду.

Объединив полигоны Вороного, точек которых отнесены к одному и тому же пункту обслуживания, вы получите районирование территории по зонам обслуживания. Для этого:

1. Запустите инструмент **Data Management Tools > Generalization > Dissolve** и заполните его параметры следующим образом:

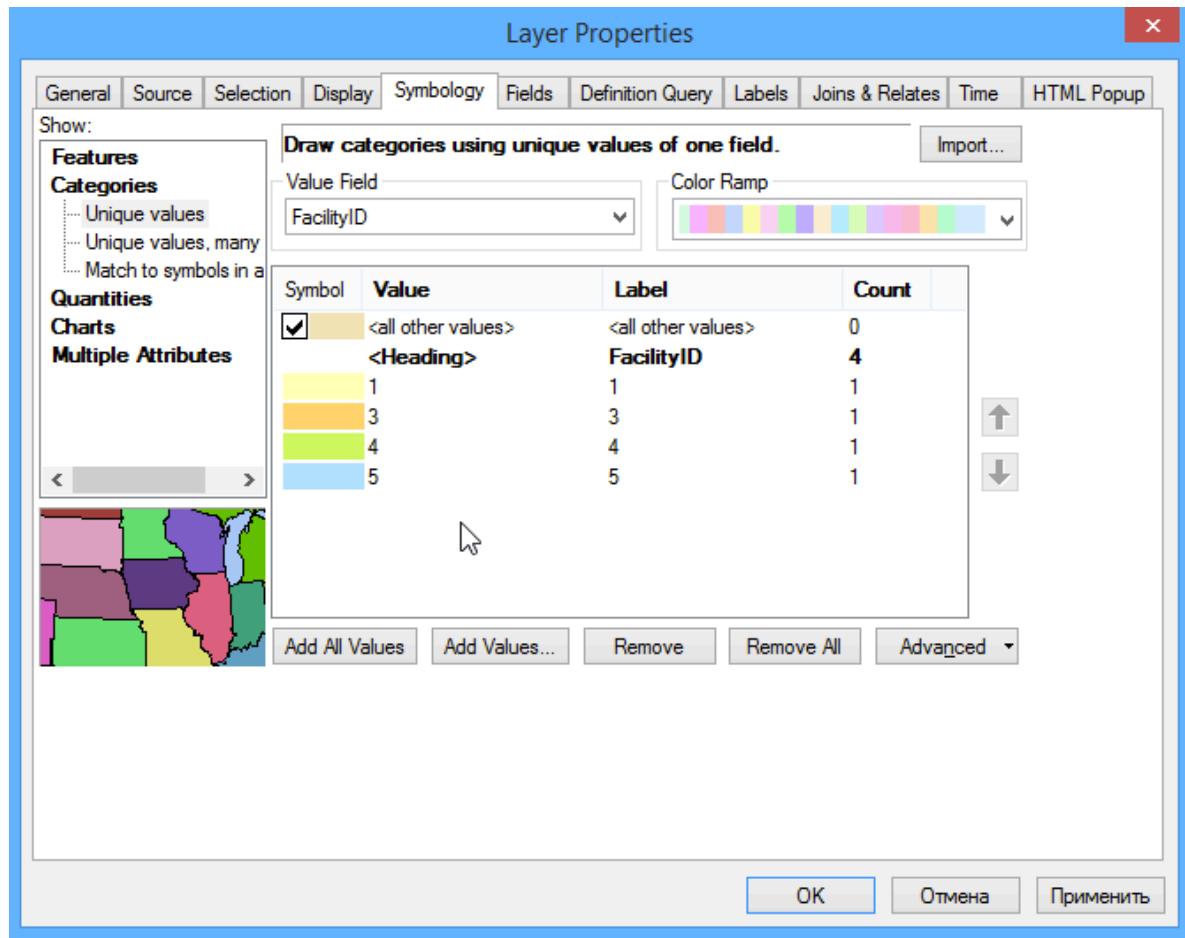
Параметр	Значение
<i>Input Features</i>	DemandPoints_Voronoy
<i>Output Feature Class</i>	...\Ex12\Regions.gdb\Regions
<i>Dissolve Field(s)</i>	FacilityID

Остальные параметры оставьте по умолчанию. Диалог инструмента примет следующий вид:



2. Нажмите **OK**. После обработки слой районирования будет добавлен на карту.
3. Отключите слои диаграммы Вороного, а также точек зданий.
4. Переместите слой Regions под слои зданий и дорог.
5. Измените оформление слоя Regions следующим образом:
  - Способ изображения **Categories > Unique Values**
  - Поле отображения *Facility ID*
  - Цвета отображения спокойные, пастельные, одинаковые по насыщенности.
  - Обводка полигонов отсутствует. Чтобы убрать обводку сразу у всех плашек, щелкните на заголовке столбца **Symbol**, выберите пункт **Properties for All Symbols** и установите параметр **Outline Color** в положение **No Color**.

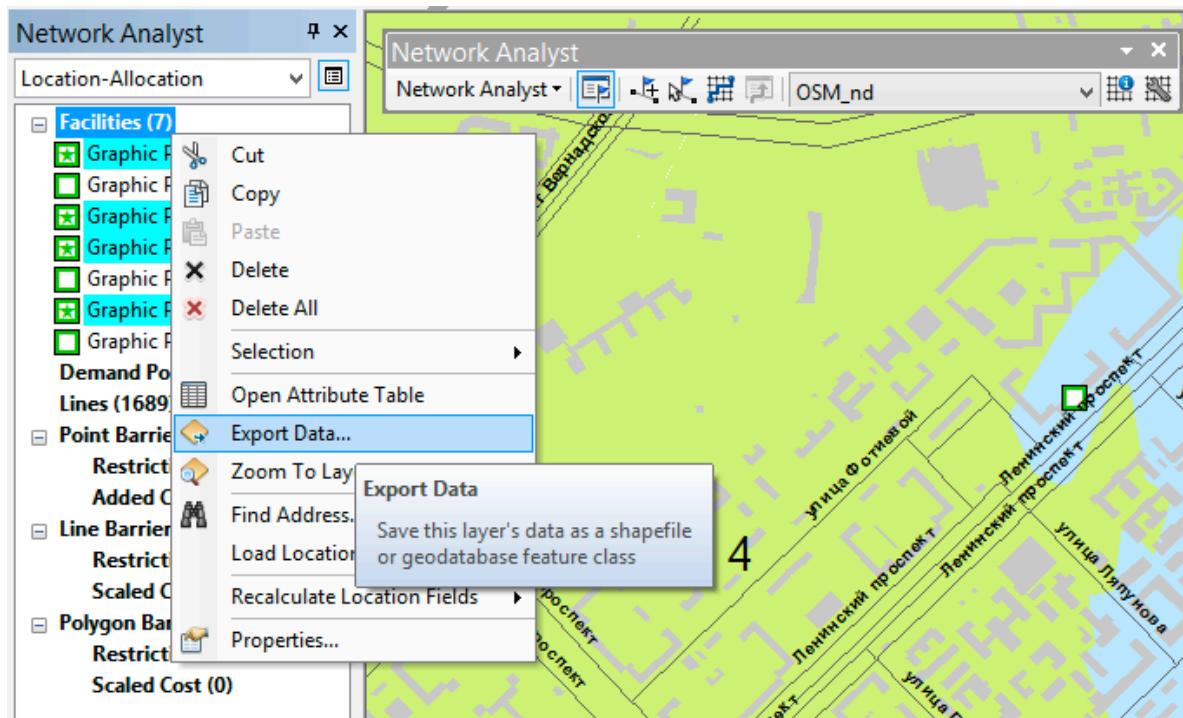
Примерный вид диалога свойств слоя *Regions* выглядит следующим образом:



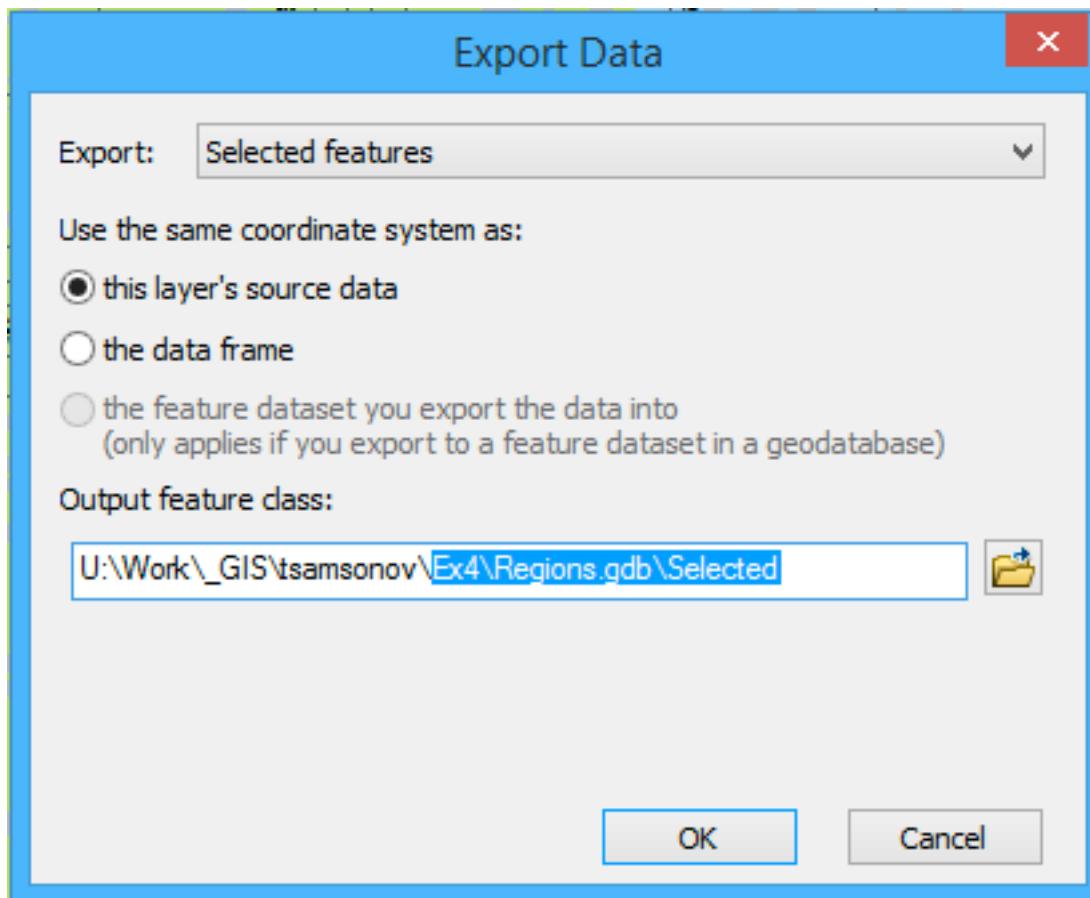
6. Нажмите **OK**, чтобы завершить оформление

7. В группе *Location-Allocation* оставьте включенным только слой *Facilities*.

8. Выгрузите отобранные пункты в отдельный слой. Для этого в окне **Network Analyst** выделите в списке *Facilities* пункты, помеченные звездочками (зажав клавишу **Ctrl**). Далее в контекстном меню слоя *Facilities* выберите команду **Export Data**.

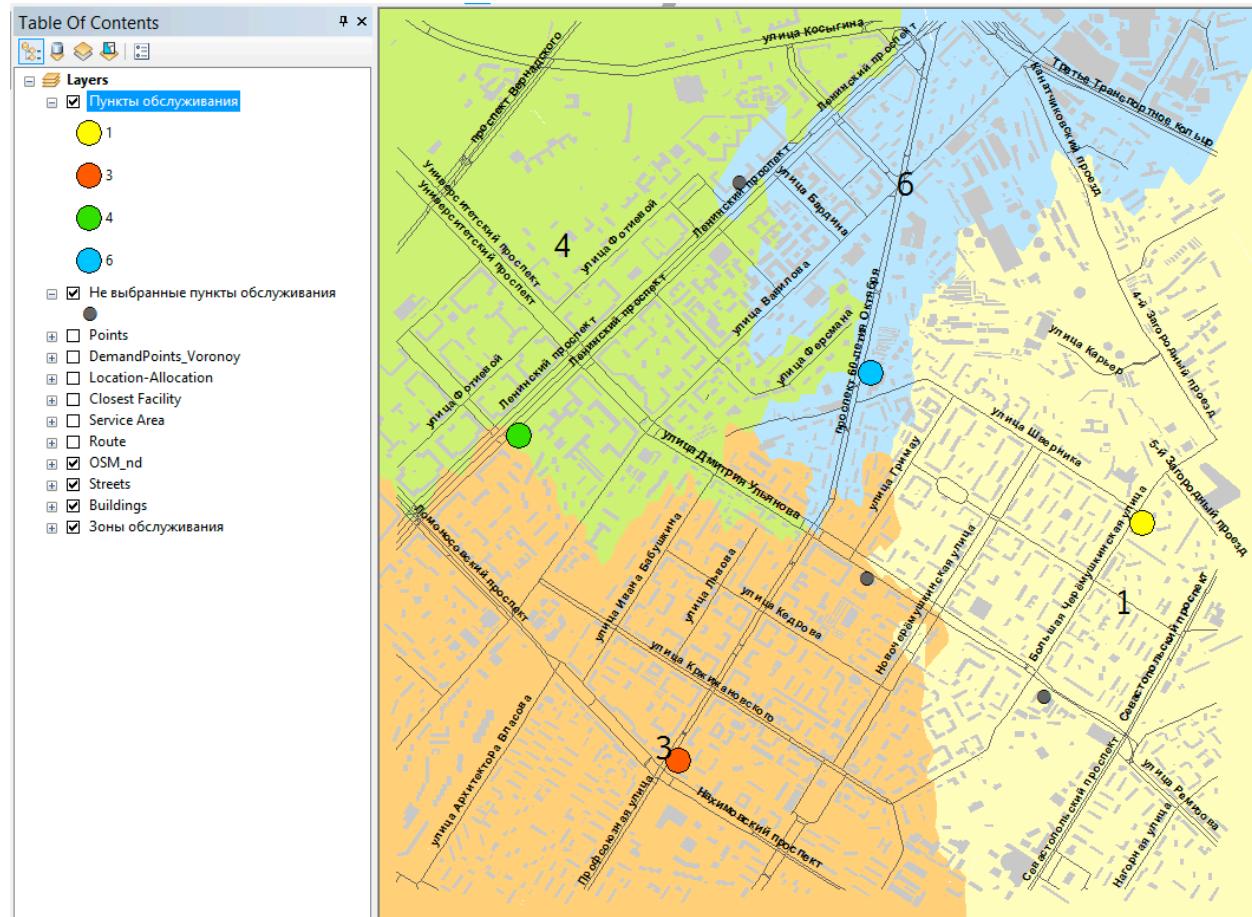


9. Сохраните выборку в базу геоданных *Regions.gdb* под названием *Selected*:



10. На вопрос добавить ли созданный слой на карту, ответьте утвердительно. Переименуйте слой в «Пункты обслуживания». Визуализируйте слой методом категорий (**Categories — Unique Values**) по полю *Name*. В качестве символа используйте кружки диаметром 16 пунктов. Цвет кружков приведите в соответствии с цветом зоны, но сделайте его более ярким и насыщенным.
11. Проделайте аналогичную операцию для не выбранных пунктов обслуживания, выделив их в списке. Сохраните их в базу геоданных под названием *Rejected*. Полученный слой на карте назовите «Не выбранные пункты обслуживания». Присвойте полученному слою единый символ в виде темно-серого кружка диаметром 12 пунктов.
12. Включите подписи номеров районов по полю *FacilityID* (размер шрифта 18)
13. Отключите слой *Location-Allocation* целиком.

Ваш проект примет следующий вид:



Снимок экрана №10. Районирование территории

## 12.8 Компоновка карты

В начало упражнения □

Оформите карту в режиме компоновки в соответствии с нижеприведенным образцом. Экспортируйте результат в графический файл и вставьте его в отчет.



## 12.9 Ответы на вопросы

В начало упражнения □

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.



## Chapter 13

# Геометрическое моделирование речной сети

### 13.1 Введение

**Цель задания** — научиться моделировать речную сеть с помощью геометрических методов.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Сетевая модель данных, сетевой анализ, определение кратчайшего маршрута.
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Работы с базами данных.
Исходные данные	База данных ГИС “Сатино”.
Результат	Набор данных геометрической сети в базе пространственных данных. Результаты сетевого анализа
Ключевые слова	Геометрические сети, сетевой анализ

#### 13.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту слои линейной и площадной гидрографии
- Оцифровать недостающие сегменты линейного слоя гидрографии
- Разрезать линейный слой гидрографии в узлах сочленения водотоков
- Построить геометрическую сеть на основе полученного линейного слоя
- Выполнить упражнения по анализу построенной геометрической сети

#### 13.1.2 Аннотация

Речные системы, транспортные и инженерные коммуникации — это примеры пространственных сетей. Сети играют огромную роль в географическом пространстве, их можно найти практически на любой карте, они учитываются в виде факторов во многих географических задачах. Основная функция сетей — перенос вещества и данных. Отличительной особенностью сетей является направленность линейных отрезков и их топологическая связность в местах сочленения, таких как слияния рек, перекрестки дорог, разветвления трубопроводов.

В этом задании вы приобретете навыки по созданию и редактированию линейных и точечных объектов, постройте геометрическую сеть речной системы на их основе и научитесь делать простой сетевой анализ — построение маршрутов, трассировка водотоков вверх по течению. Полученные навыки пригодятся при изучении сетей других типов: инженерных и транспортных.

## 13.2 Создание набора данных речной сети

В начало упражнения ▾

1. Откройте **ArcMap**.
2. Сохраните карту через команду меню **File > Save** в вашей директории *Ex13* под именем *Ex13\_Reki.mxd*. Это необходимо для того, чтобы у вас появилась домашняя директория в окне каталога.



3. Откройте окно **Каталога**. Найдите вверху домашнюю директорию *Home* — это каталог *Ex13*, куда вы сохранили документ карты.



4. Добавьте на карту слои **WaterPolygon** и **WaterLine** из базы *Satino.gdb*.

Перед вами два представления речной сети: линейное и площадное. Подумайте, в каких задачах необходимо одно представление, а в каких — другое?

Чтобы обеспечить связность гидрографической сети, следует преобразовать площадное представление крупных водотоков в линейное. Для этого необходимо вручную оцифровать осевую линию реки, притянуть устья притоков к этой осевой линии, а затем разрезать осевую линию в узлах пересечения (в дальнейшем это позволит при трассировке «сворачивать» с одного водотока на другой).

1. Щелкните правой кнопкой мыши по домашнему каталогу (*Home*) и выберите **New > File Geodatabase** для того, чтобы создать новую базу геоданных.
2. Назовите ее *Ex13*.
3. Щелкните по *Ex13.gdb* правой кнопкой мыши и выберите пункт **Make Default Geodatabase**. Эта команда указывает системе, что все результаты обработки данных следует помещать в выбранную базу геоданных.
4. Добавьте в базу геоданных *Ex13.gdb* новый набор данных *Hydro*. Для этого щелкните правой кнопкой мыши на названии базы геоданных и в контекстном меню выберите **New > Feature Dataset** (**Рис. 1**).
5. В появившемся окне введите название набора данных *Hydro*.



6. В следующем окне вам просят задать проекцию. Щелкните на кнопке **Add Coordinate System** и в ниспадающем меню выберите команду *Import*. Найдите слой *Border* базе геоданных *Satino.gdb* и дважды кликните на нем. Параметры проекции автоматически подставятся из созданного ранее слоя. Убедитесь, что проекция называется *WGS\_1984\_UTM\_Zone\_37N*.

7. Нажмите Далее и во всех оставшихся диалогах оставьте параметры по умолчанию.
8. Создайте новый класс пространственных объектов *Streams* внутри набора данных *Hydro*. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по набору данных *Hydro* и в контекстном меню выберите пункт **New—Feature Class**.
9. В первом диалоге введите название класса *Streams*, его псевдоним (alias) *Водотоки* и из ниспадающего списка выберите тип класса *Line Features* (**Рис. 2**). Нажмите Далее два раза, чтобы пропустить второй диалог.

В появившемся (третьем) диалоге (**Рис. 3**) вас просят определить состав атрибутивных полей для слоя. Здесь можно сделать это вручную, однако мы воспользуемся импортом.



10. Нажмите кнопку **Import** и найдите класс *WaterLine* в базе геоданных *Satino.gdb*, дважды щелкните на нем. Названия и типы полей автоматически подставятся в список (**Рис. 3**).
11. Нажмите **Finish**. Проверьте, чтобы в вашей таблице содержания было 3 слоя: *Водотоки*, *Гидрография (линии)* и *Гидрография (полигоны)*.

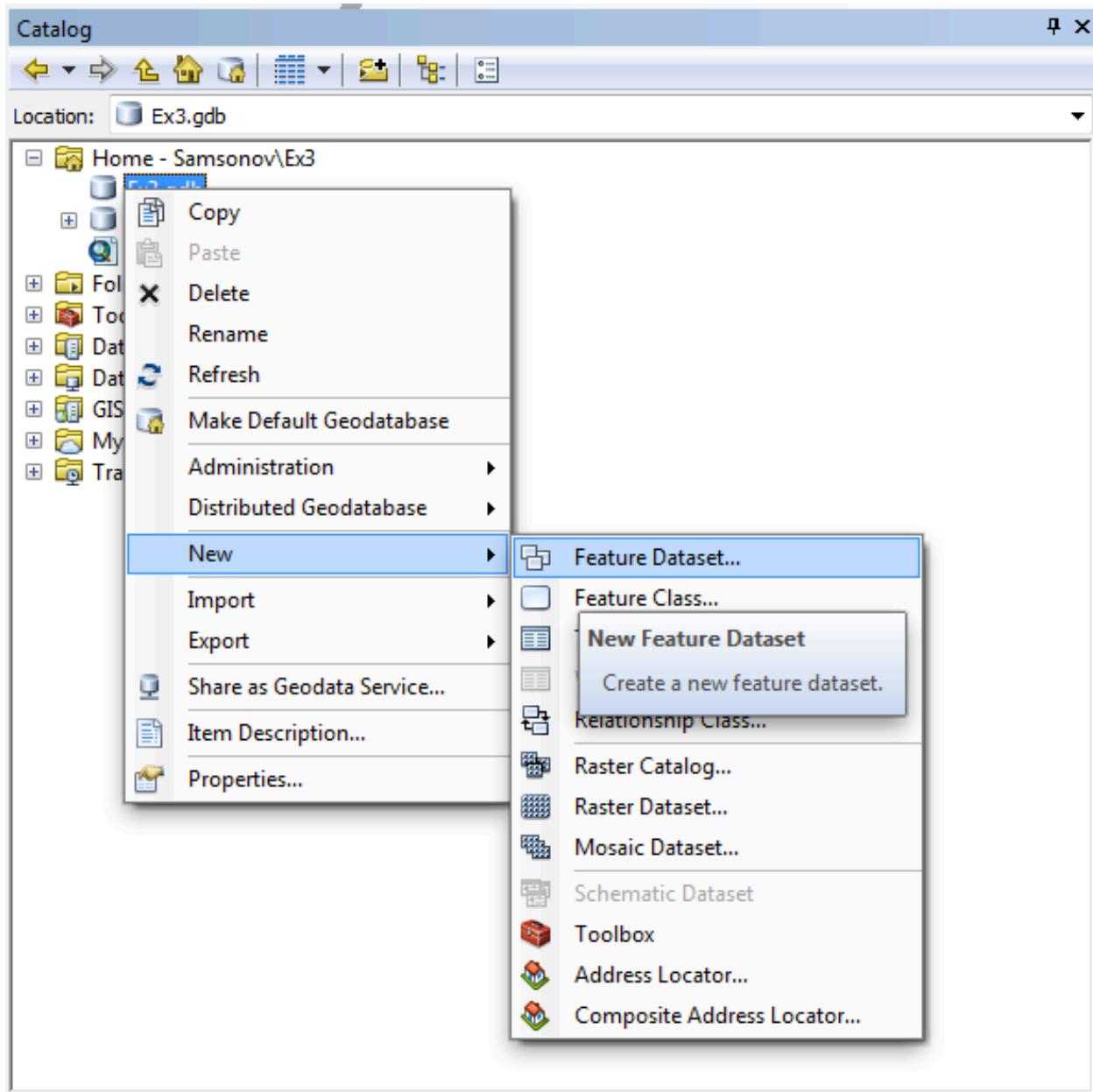


Figure 13.1: Рис. 1. Создание нового набора данных (Feature Dataset)

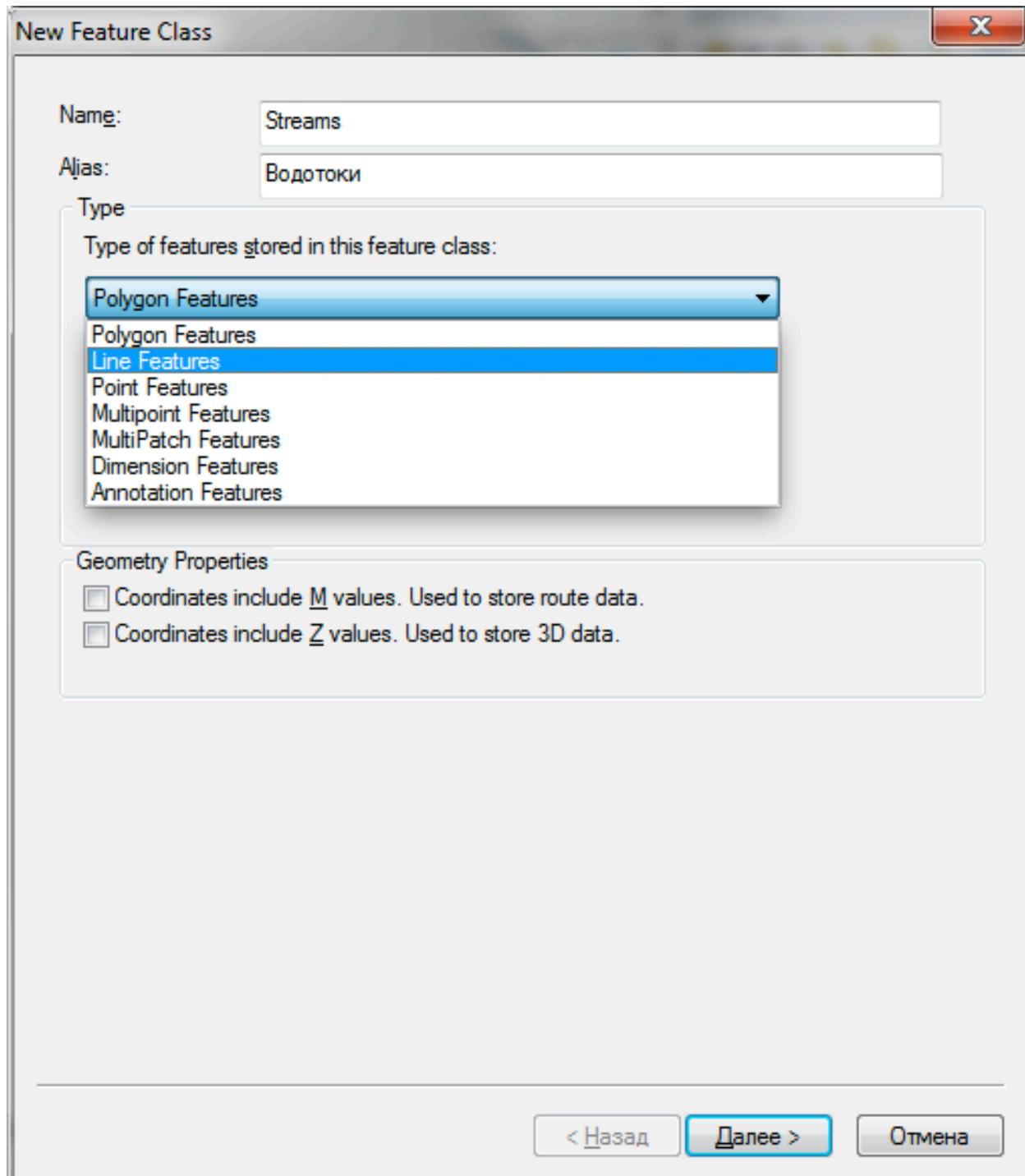


Figure 13.2: Рис. 2. Диалог создания линейного класса пространственных объектов

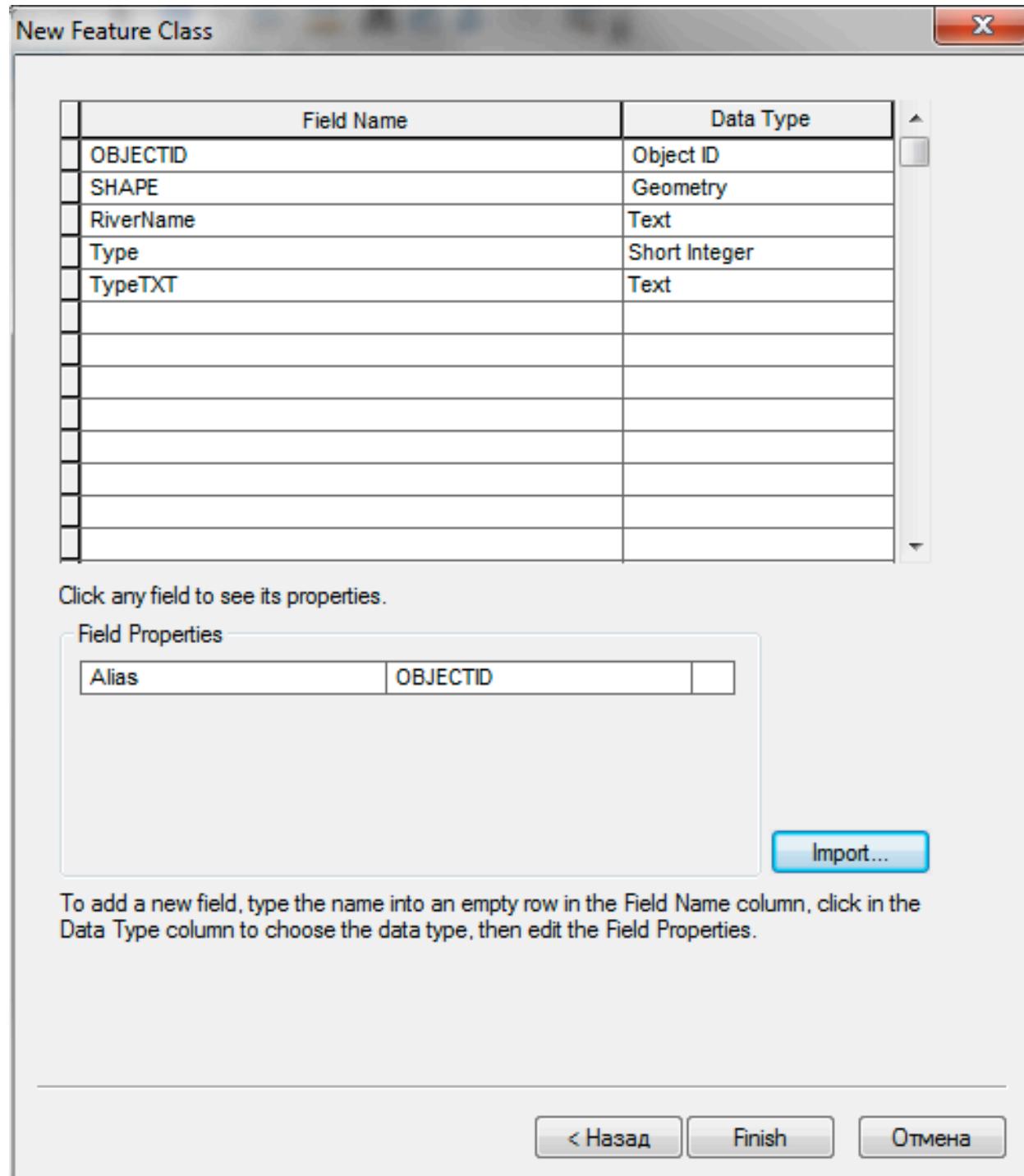


Figure 13.3: Рис. 3. Определение атрибутивных полей для класса Streams

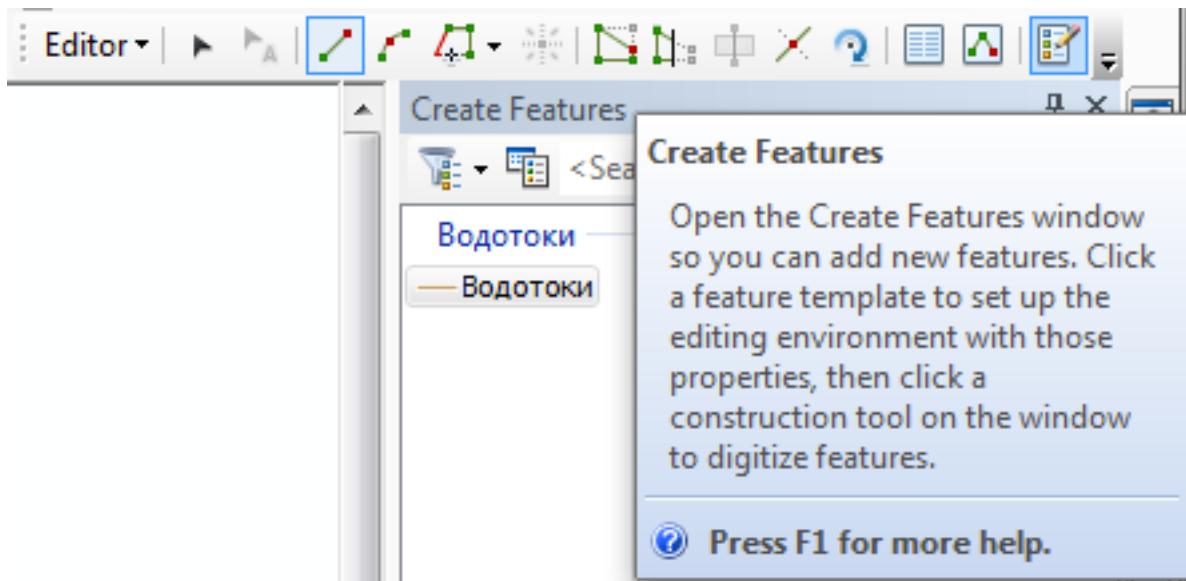


Figure 13.4: Рис. 4. Панель Create Features

### 13.3 Копирование и цифрование линий водотоков

В начало упражнения ▾

Для того чтобы собрать речную сеть, можно скопировать уже существующие линейные водотоки в созданный вами слой, а затем оцифровать недостающие водотоки (Протва и Исьма).

**Цифрование** — это процесс получения векторных объектов на основе изображения. При ручной оцифровке пользователь ГИС самостоятельно рисует линии, обводит полигоны, расставляет точки поверх растрового изображения, в котором эти объекты нарисованы. Существуют также методы цифрования, которые решают эту задачу в полуавтоматическом режиме, когда система пытается самостоятельно распознать и векторизовать объекты, а пользователь затем исправляет ошибки и недочеты в результатах цифрования. Типичный пример — перевод отсканированной бумажной топографической карты в набор векторных слоев базы пространственных данных.

1. Щелкните правой кнопкой мыши на слое *Водотоки* и выберите пункт меню **Edit Features > Start Editing**, чтобы начать редактирование.
2. Выделите все водотоки из слоя *Гидрография (линии)*. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по слою *Гидрография (линии)* и в контекстном меню выберите пункт **Selection > Select All**. Скопируйте выделенные водотоки в буфер обмена через команду главного меню **Edit > Copy**.
3. Вставьте скопированные объекты в слой *Водотоки*. Для этого воспользуйтесь стандартной командой главного меню **Edit > Paste** и в появившемся диалоге выберите в качестве целевого слой *Водотоки*.



4. Снимите выделение с водотоков, нажав кнопку **Clear Selected Features** на панели инструментов **Tools**.
5. Удалите слой *Гидрография (линии)* из таблицы содержания. В этом задании он больше вам не понадобится.



6. Переключитесь в окно **Create Features** с помощью кнопки **Tools** на панели **Tools** (Рис. 4) и выберите *Водотоки* в списке цифруемых объектов:
7. Приблизьтесь к верховьям Протвы в западной части карты. Для навигации используйте колесико мыши (масштабирование) и кнопку С на клавиатуре (перемещение). Рекомендуемый диапазон масштабов для

цифрования — 1:1 500–1:2000. Вы можете его отслеживать вверху окна.

8. Щелкните посередине полигона в месте начала реки и начните цифровать линию примерно по осевой линии полигона с определенным интервалом. Щелкните мышью в месте, где вы хотите поставить точку, затем переместите курсор к месту следующей точки, щелкните еще раз, и так далее. Не увлекайтесь и не расставляйте точки слишком часто. Оцифруйте осевую линию Протвы целиком с запада на восток — это займет у вас некоторое время.
9. Когда линия будет полностью оцифрована, щелкните дважды мышью в последней точке, или нажмите F2.

Советы по цифрованию:

Если вам **мешает плавающее окно дополнительных функций**, нажмите клавишу TAB.

Если ваш **курсор подошел к границе окна**, зажмите клавишу С на клавиатуре и переместите карту.

Отпустите клавишу С и продолжайте цифрование.

Если вы **поставили точку не в том месте**, где хотели, нажмите Ctrl + Z, чтобы отменить действие.

Если вы **случайно завершили цифрование** раньше, чем требуется, начните с последней точки. Ничего страшного, если у вас получится 2-3, а не одна линия — их всегда можно объединить.

Если вы **хотите сдвинуть вершину**, выберите стрелку на панели редактирования и дважды щелкните на линии — появятся вершины. После того, как сдвинете нужные точки, щелкните курсором на пустом месте карты.

Если **курсор в узком месте назойливо притягивается к границе реки**, попробуйте увеличить масштаб изображения.

10. Повторите операцию цифрования для реки *Исьмы* от ее верховья до устья. Последнюю точку поставьте на осевой линии *Протвы*.

11. Сохраните изменения, выбрав на панели **Editor** команду **Editor > Save Edits**.



12. Снимите выделение с водотоков, нажав кнопку **Clear Selected Features** на панели инструментов **Tools**.



13. Нажмите глобус **Full extent**, чтобы все объекты поместились на экране.

## 13.4 Притягивание (снэппинг) притоков и разрезание осевой линии основных рек

В начало упражнения ▾

Вы помните, что ранее оцифрованные притоки *Протвы* и *Исьмы* были пристыкованы к полигональной границе реки. Возникает вопрос: сохранился ли этот характер соседства после того, как вы заменили полигональное представление рек на линейное?

1. Найдите устье реки *Межиловки* при впадении в *Протву* (западная часть полигона) и увеличьтесь так, чтобы было хорошо видно место впадения.

Какая топологическая ошибка может быть замечена в месте впадения ручья в *Протву*?



2. Возьмите стрелку **Join Lines** на панели **Editor** и дважды щелкните на линии ручья. Должны появиться вершины. Потяните за последнюю вершину и пристыкуйте ее к линии реки (**Рис. 6**). Щелкните на пустом месте, чтобы завершить редактирование.

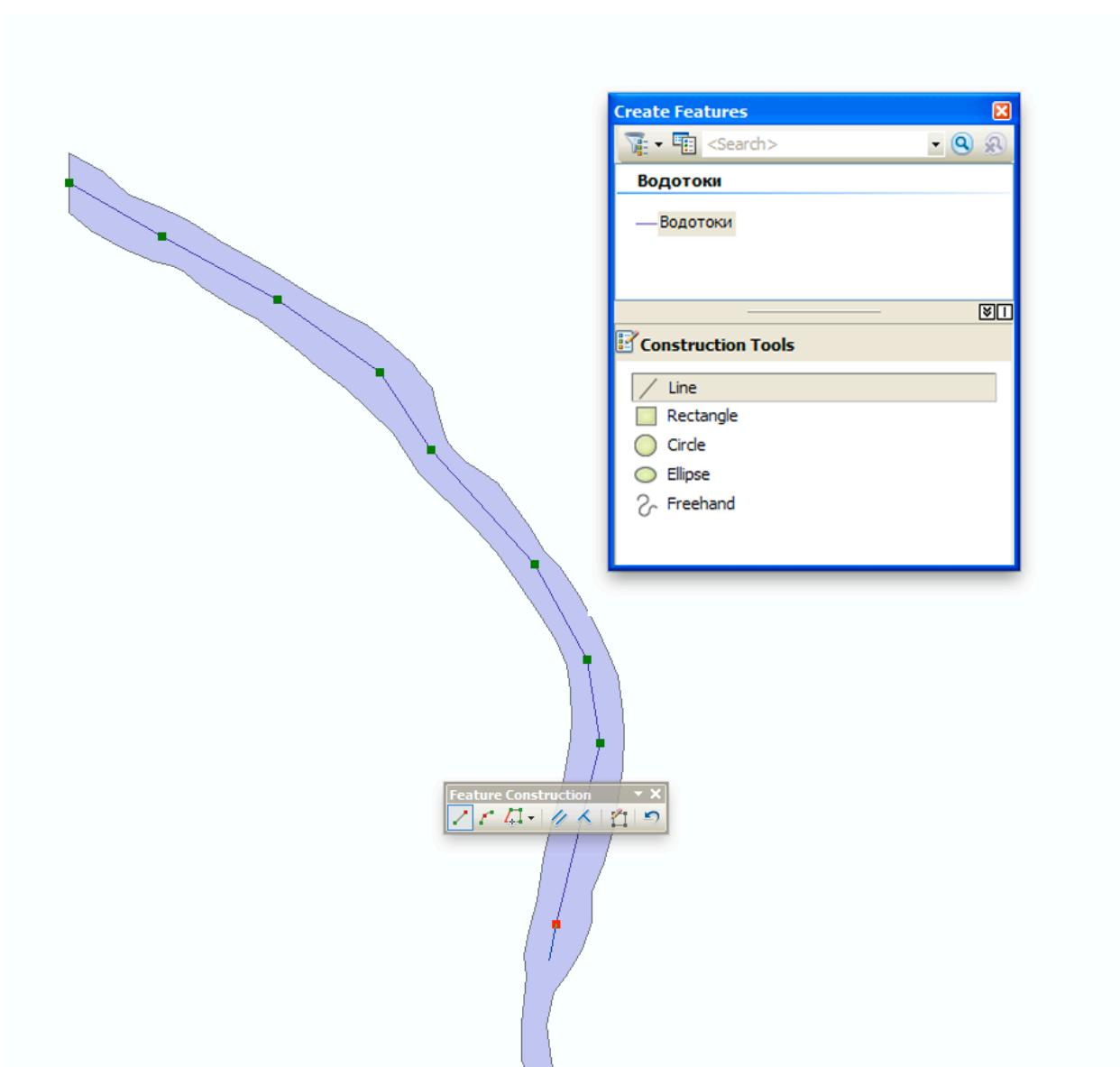
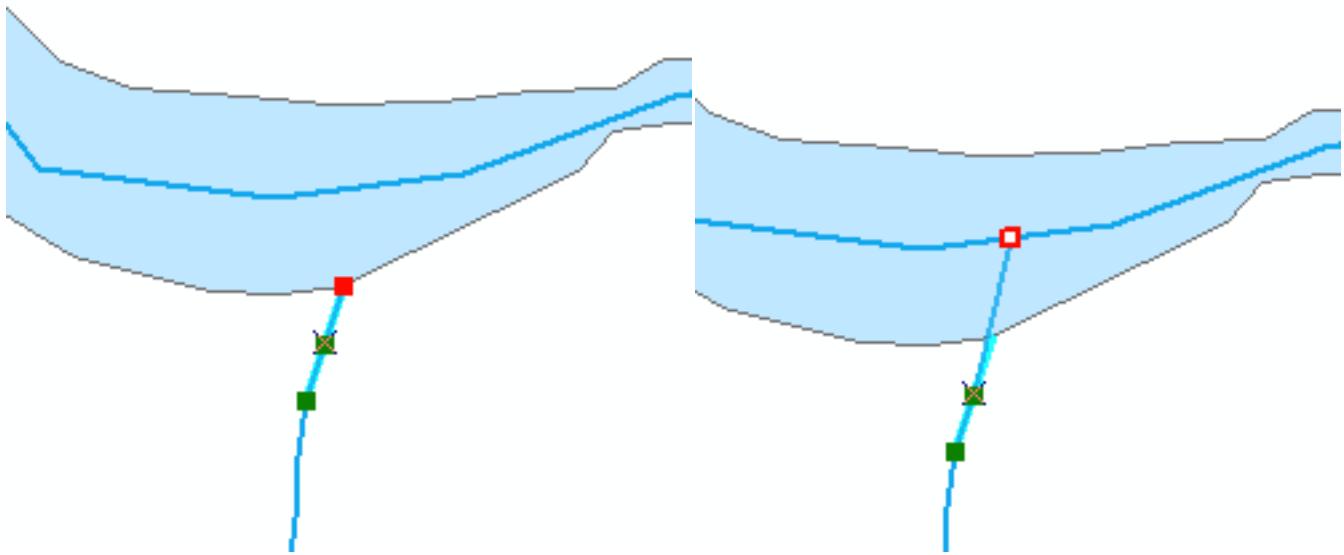


Figure 13.5: Рис. 5. Оцифровка осевой линии реки и окно Create Features



3. Повторите операцию для всех остальных ручьев. Перемещайтесь по карте, используя клавишу С. Не забудьте также про Исьму. Сохраните изменения, выбрав команду **Editor > Save Edits**

Помимо сохранения связности для геометрической сети очень важно, чтобы линии были разрезаны на сегменты между пересечениями. Это необходимо для того чтобы отличать реальные узлы от перекрытий (сравните обычный перекресток и эстакаду!).

4. Выделите на карте Протву и приблизьтесь к месту впадения в нее реки Межилоевки.



5. Найдите на панели **Editor** инструмент разрезания линии и щелкните мышью в месте впадения ручья в Протву. Линия Протвы разобьется этой точкой на 2 части.

6. Повторите процедуру с выделением Протвы и разрезанием для всех остальных притоков.

7. Разрежьте аналогичным образом остальные водотоки.

8. Сохраните изменения, выбрав команду **Editor > Save Edits**. Завершите редактирование, выбрав команду **Editor > Stop Editing**.

9. Сохраните документ карты.

## 13.5 Установка точки стока

В начало упражнения □

Подготовленных вами данных уже достаточно для того, чтобы построить геометрическую сеть. Однако в общем случае сеть является двунаправленной (например, транспортная), а наша сеть имеет вполне определенное направление — вниз по течению. Чтобы задать это направление, необходимо создать новый точечный слой и поставить в нем одну точку, расположенную ниже всего по течению.

1. Перейдите в окно Каталога, щелкните правой кнопкой мыши по набору данных *Hydro* и выберите пункт **New > Feature Class**.
2. Задайте классу имя *Sink* и точечный тип *Point Features*. Остальные параметры оставьте по умолчанию.
3. Смените символ слоя *Sink* на кружок голубого цвета диаметром 10 пикселов.

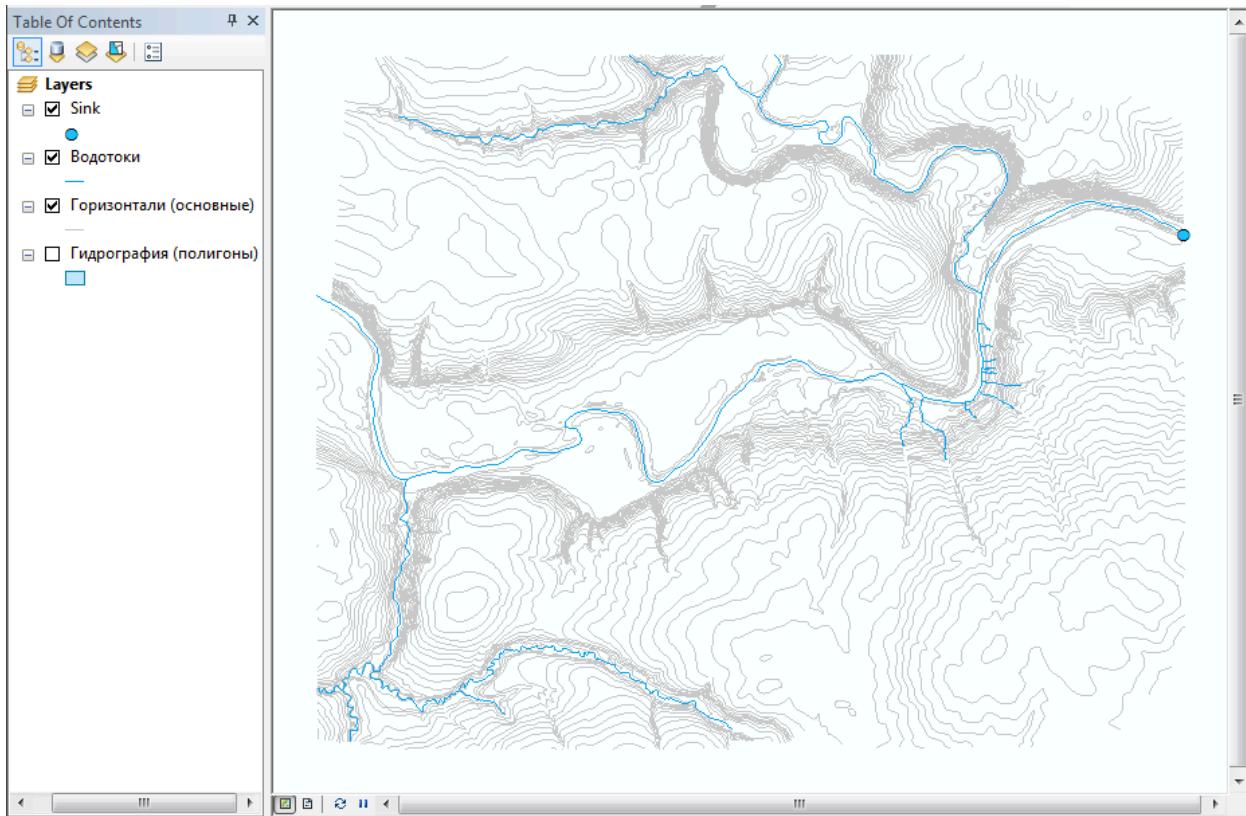


Figure 13.6: Рис. 7. Линейный слой водотоков, горизонтали и точка стока

4. Включите режим редактирования с помощью команды **Edit Features > Start Editing**, в окне **Create Features** выберите *Sink* и поставьте точку на восточной окончности реки Протвы (правый край карты).
5. Сохраните изменения и завершите режим редактирования.
6. Добавьте на карту слой горизонталей *ContoursBasic* из базы данных  *Satino.gdb* и смените цвет линий на бледно-серый. Переместите его вниз в качестве основы.

7. Отключите слой *Гидрография (полигоны)* и нажмите кнопку  **Full extent**, чтобы вся территория полигона поместилась на экране.

**Снимок экрана №1.** Линейный слой водотоков, горизонтали и точка стока

## 13.6 Построение и настройка геометрической сети

В начало упражнения 

Ваши данные полностью готовы к тому, чтобы построить на их основе геометрическую сеть.

1. Перейдите в окно **Каталога**, щелкните правой кнопкой мыши по набору данных *Hydro* и выберите пункт **New > Geometric Network**.
2. Оставьте *Hydro\_Net* в качестве имени по умолчанию и установите расстояние принудительного снэппинга линий равным 1 м (**Рис. 8**). Эта опция будет полезна, если вы где-то не дотянули устье притока до реки. Оно дотягивается автоматически. Нажмите **Далее**.

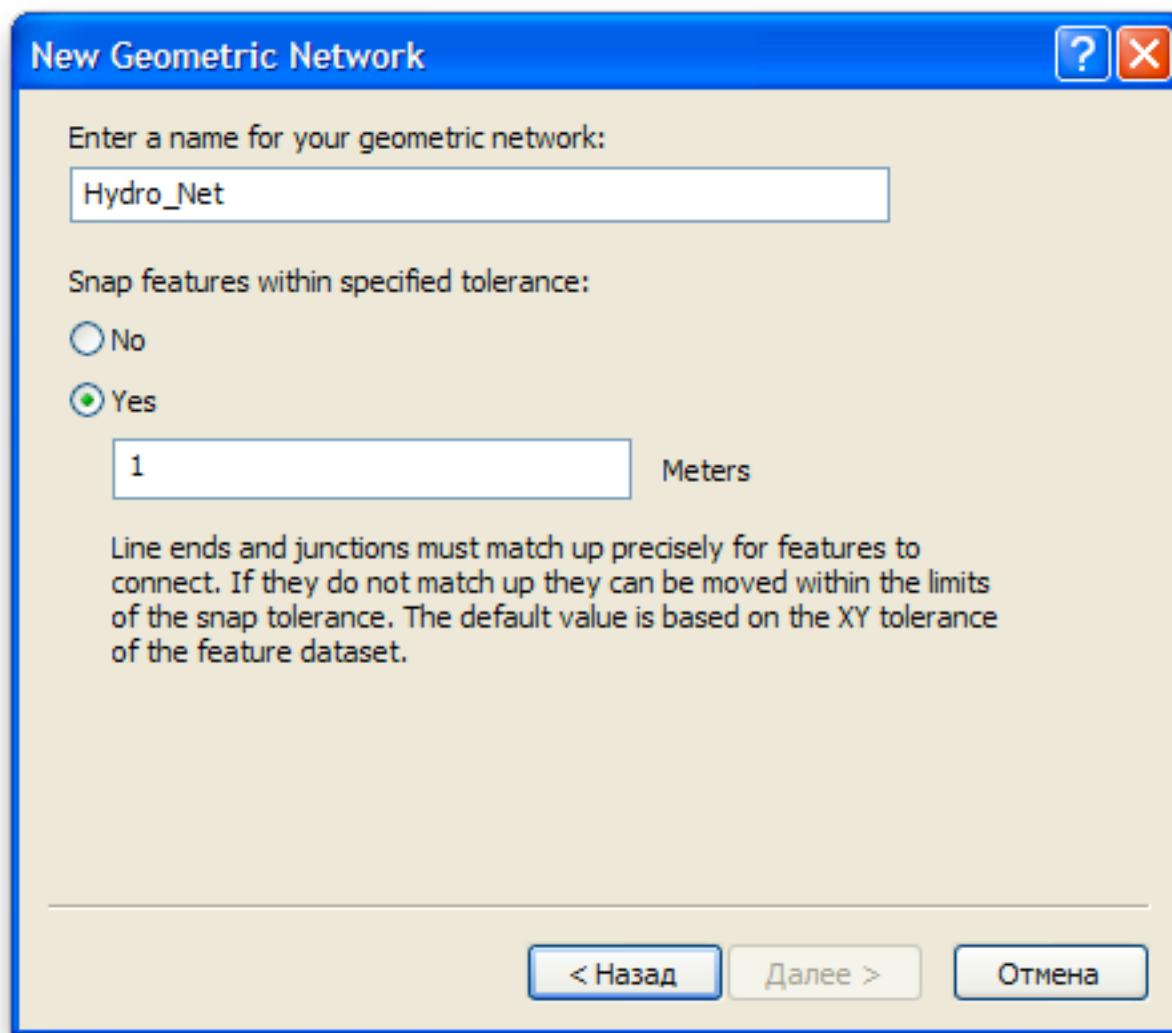


Figure 13.7: Рис. 8. Имя геометрической сети и параметры снэппинга

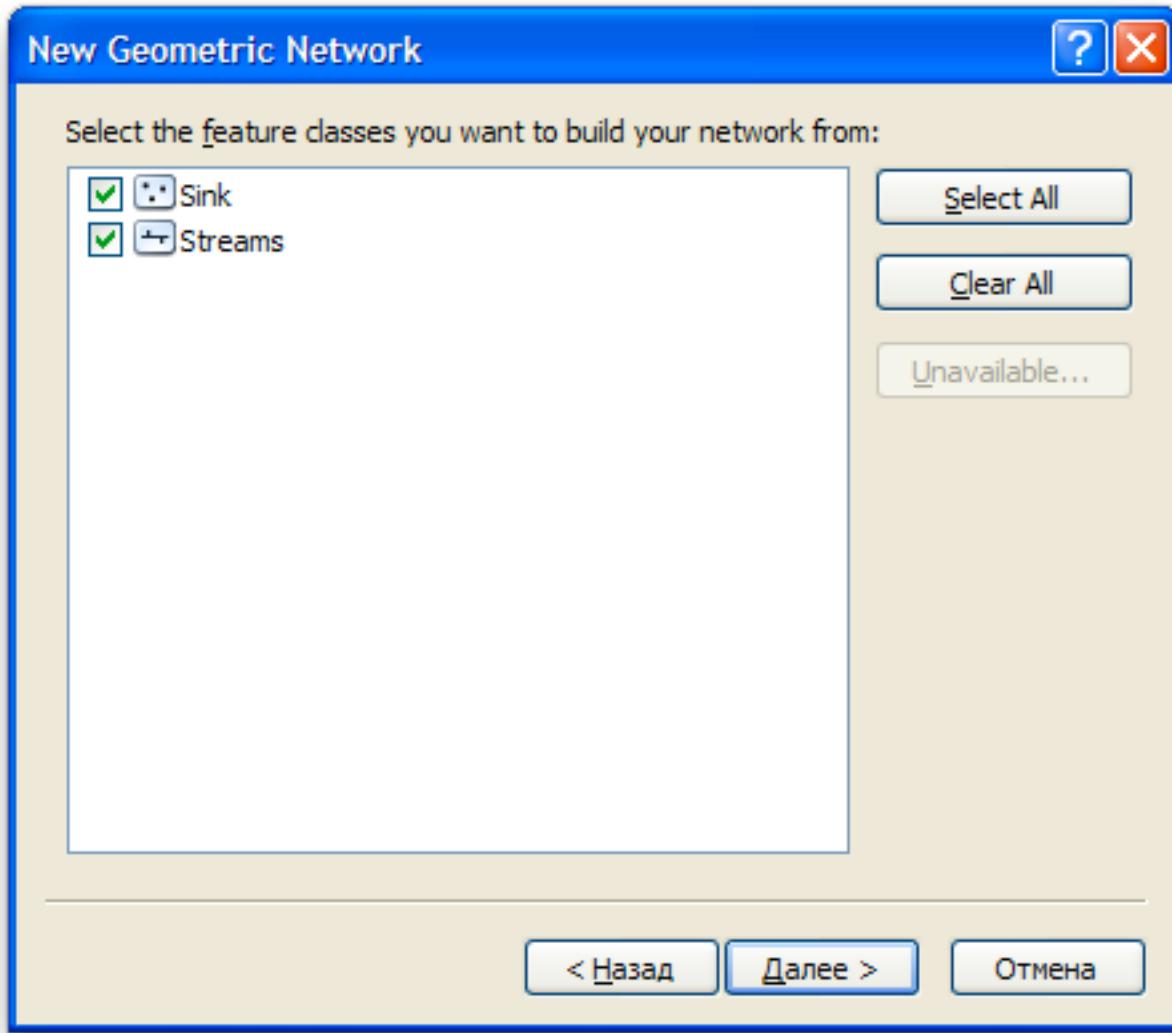


Figure 13.8: Рис. 9. Выбор слоев, участвующих в построении сети

3. В следующем окне нажмите **Select All**, чтобы выбрать слои, участвующие в построении сети (**Рис. 9**). Нажмите **Далее**.
4. Перед вами окажется диалог настройки ролей. *Junction* — это узел, *Edge* — это ребро. Для слоя *Sink* установите значение параметра **Sources & Sinks** равным *Yes*. Система будет знать, что этот слой содержит точки, являющиеся истоками либо стоками (**Рис. 10**). Нажмите **Далее**.
5. Во всех остальных диалогах оставьте параметры по умолчанию. Нажмите **Finish** в последнем диалоге, чтобы завершить создание сети.
6. После того как будет построена геометрическая сеть, в таблицу содержания добавятся 3 новых слоя: *Водотоки* (ребра сети), *Hydro\_Net\_Junctions* (сочленения в сети) и *Sink* (точка стока). Удалите новые слои *Водотоки* и *Sink*, поскольку они дублируют старые
7. Включите режим редактирования и откройте таблицу атрибутов слоя *Sink*.
8. Установите для единственной точки в этом слое поле *AncillaryRole* равным *2 (Sink)*. Если список не отображается, просто введите в ячейку *2*. Обратите внимание на то, что есть и противоположный вариант — *Source* (исток).

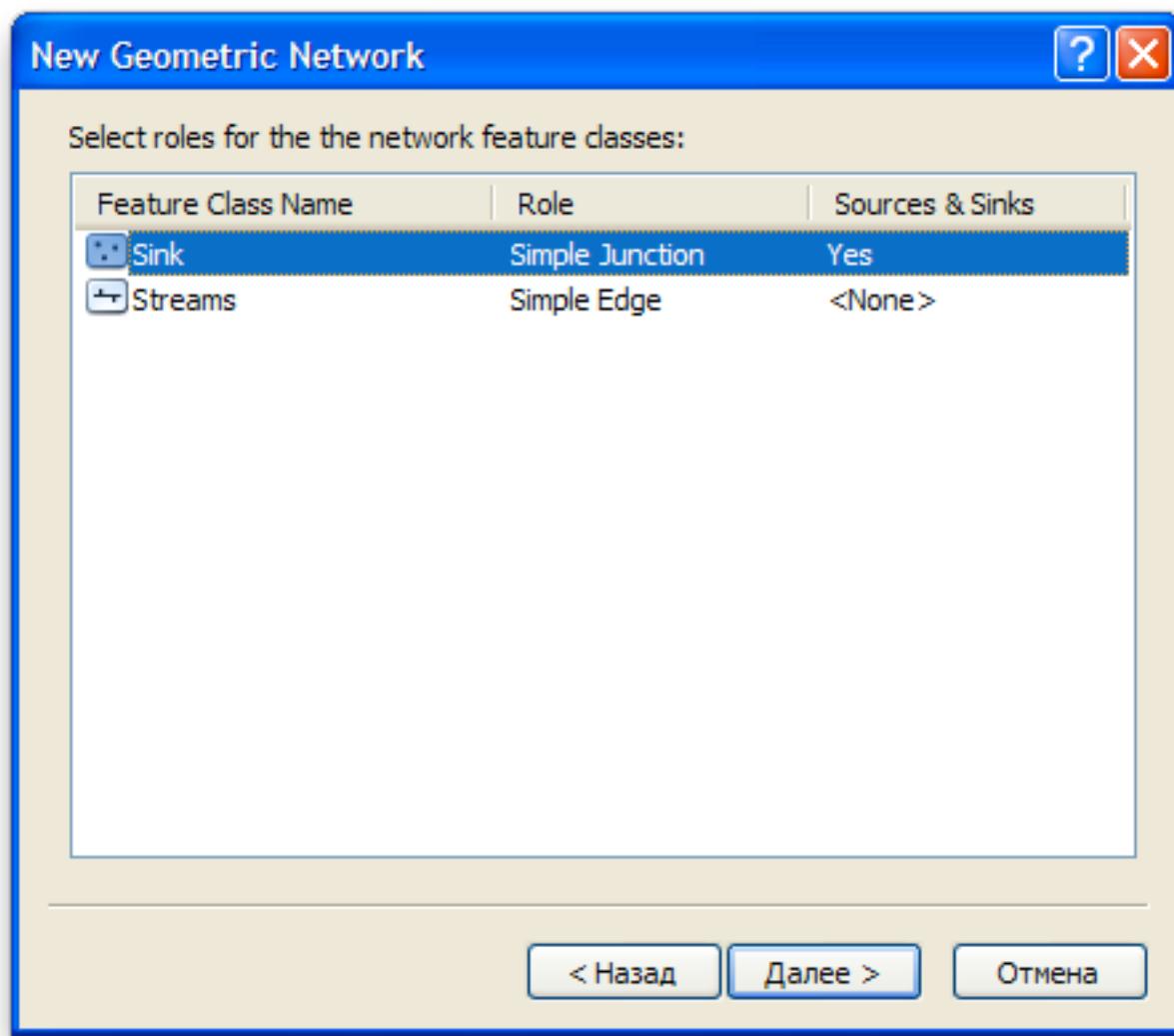


Figure 13.9: Рис. 10. Установка ролей слоев в геометрической сети

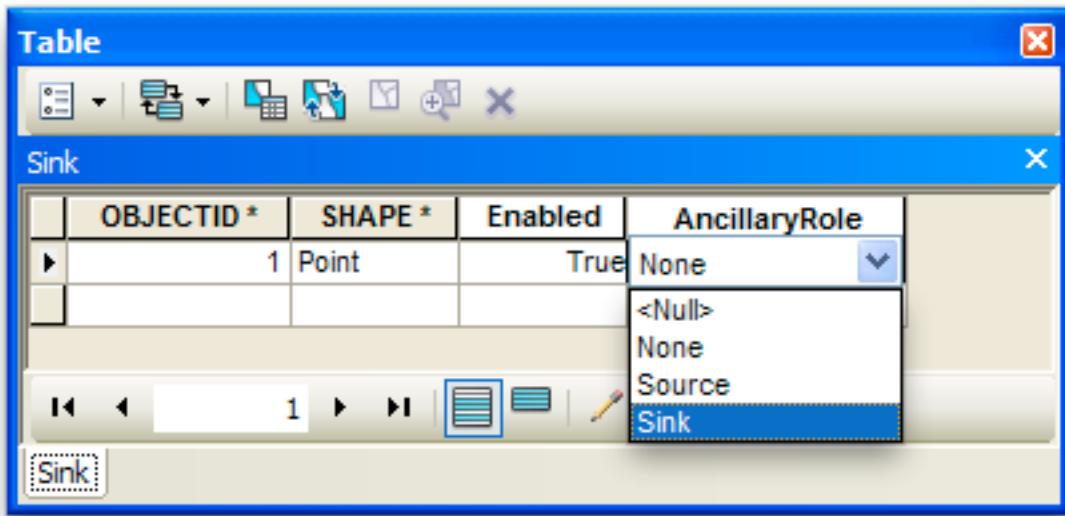


Figure 13.10: Рис. 11. Установка роли точки стока



Figure 13.11: Рис. 12. Панель инструментов Utility Network Analyst для работы с геометрическими сетями

9. Сохраните изменения, выбрав пункт меню **Editor > Save Edits**.
10. Щелкните правой кнопкой мыши на пустом поле вверху окна и откройте панель инструментов **Utility Network Analyst**, предназначенную для работы с геометрической сетью (**Рис. 12**).
11. Выберите в меню пункт **Flow > Display Arrows** для того чтобы система автоматически показала направление течения. Вдоль отрезков будут показаны кружки, означающие, что направление еще не задано (**Рис. 13**).
12. Нажмите кнопку  **Set Flow Direction**. Кружки должны смениться стрелочками, указывающими направление течения. Просмотрите разные части карты и убедитесь в том, что направление течения задано одинаково верно для всех водотоков (**Рис. 14**).
- Снимок экрана №2.** Геометрическая сеть с определенным направлением течения
13. Завершите сеанс редактирования, выбрав на панели **Editor** пункт меню **Editing > Stop Editing**. В появившемся диалоге нажмите Да.

Вы закончили подготовку и настройку геометрической сети. Теперь она доступна для анализа и редактирования.

## 13.7 Анализ и редактирование геометрической сети

В начало упражнения □

Самое интересное в сетевых моделях — это возможность их анализа. Например, если зафиксирована точка прорыва на трубопроводе, можно определить все расположенные далее сегменты и ответвления сети, которые пострадают

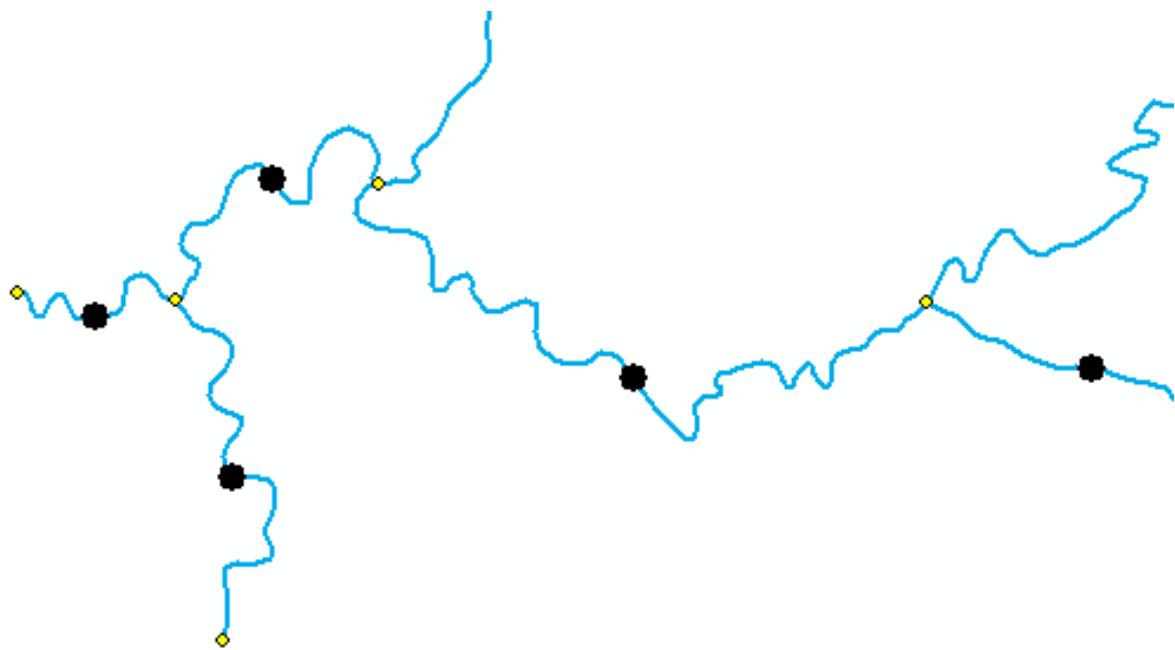


Figure 13.12: Рис. 13. Неопределенное направление течения в геометрической сети

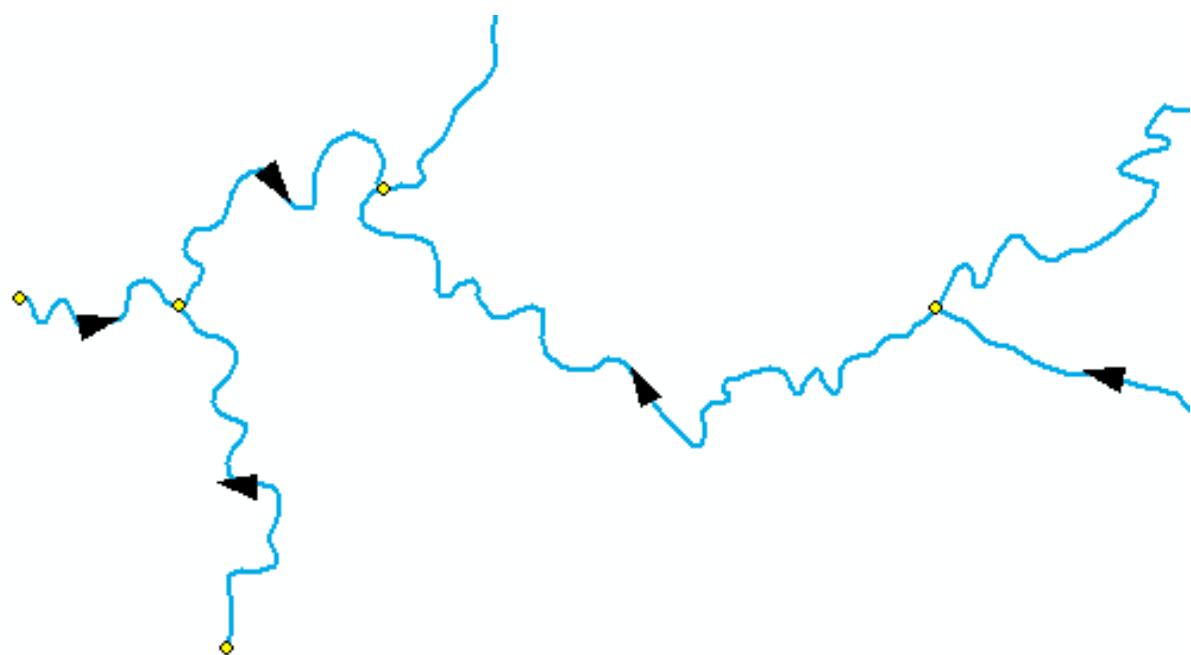


Figure 13.13: Рис. 14. Определенное направление течения в геометрической сети



Figure 13.14: Рис. 15. Меню флагов и барьеров

в результате аварии. Для замыкающего створа на реке можно определить все притоки, расположенные выше по течению или быстро трассировать путь воды вниз по течению вплоть до устья основной реки бассейна. При анализе транспортных сетей часто решается задача прокладки кратчайшего маршрута, расчета зон доступности и управления парком транспортных средств.

При анализе геометрических сетей в **ArcGIS** используются флаги и барьера. **Флаг** — это точка, относительно которой осуществляется трассировка сети. **Барьер** — это точка, запрещающая проход по ребру графа или его вершине.

1. Откройте меню флагов и барьеров на панели инструментов **Utility Network Analyst** и выберите флаг для вершины (первая иконка на Рис. 15).
2. Поставьте флажок в месте впадения реки *Межиловки* в *Протву*.
3. В списке **Trace Task** выберите задачу **Trace Upstream** (трассировать вверх по течению) и нажмите кнопку **Solve**.

Инструмент анализа выделит водотоки, расположенные выше по течению относительно заданной точки. Весь их сток в конечном счете попадает в данную точку (Рис. 16).

**Снимок экрана №3.** Водотоки выше по течению относительно заданной точки

4. Смените задачу на **Trace Downstream** и опять нажмите кнопку **Solve**.

Инструмент анализа построит маршрут вниз по течению

5. Поставьте еще один флажок в верховьях ручья *Язвицы* и запустите анализ в режиме **Find Path**. Будет построен маршрут между двумя точками (Рис. 17).

**Снимок экрана №4.** Маршрут между двумя точками

6. Поставьте точечный барьер (вторая справа иконка на Рис. 15) в месте впадения *Исьмы* в *Протву* и попробуйте еще раз рассчитать маршрут.

Что произошло с расчетом маршрута после того, как вы поставили барьер?

7. Очистите флаги и барьера, выбрав **Analysis > Clear Flags** и **Analysis > Clear Barriers**.
8. Попробуйте поэкспериментировать с разными режимами расчетов в меню **Trace Task** и расстановкой флагов и барьеров.

Геометрическая сеть отличается также тем, что это топологический формат хранения данных — она хранит связность ребер и вершин, что бывает удобно при редактировании и совершенно необходимо при анализе.

9. Включите режим редактирования снова и приблизьтесь к месту впадения любого ручья в *Протву*.
10. Выделите узел сочленения и переместите его в сторону.

Что происходит при перемещении узла сети? Остаются ли ребра на своих местах?\*\*

Сохраните документ карты еще раз.



Figure 13.15: Рис. 16. Трассировка водотоков, расположенных выше по течению

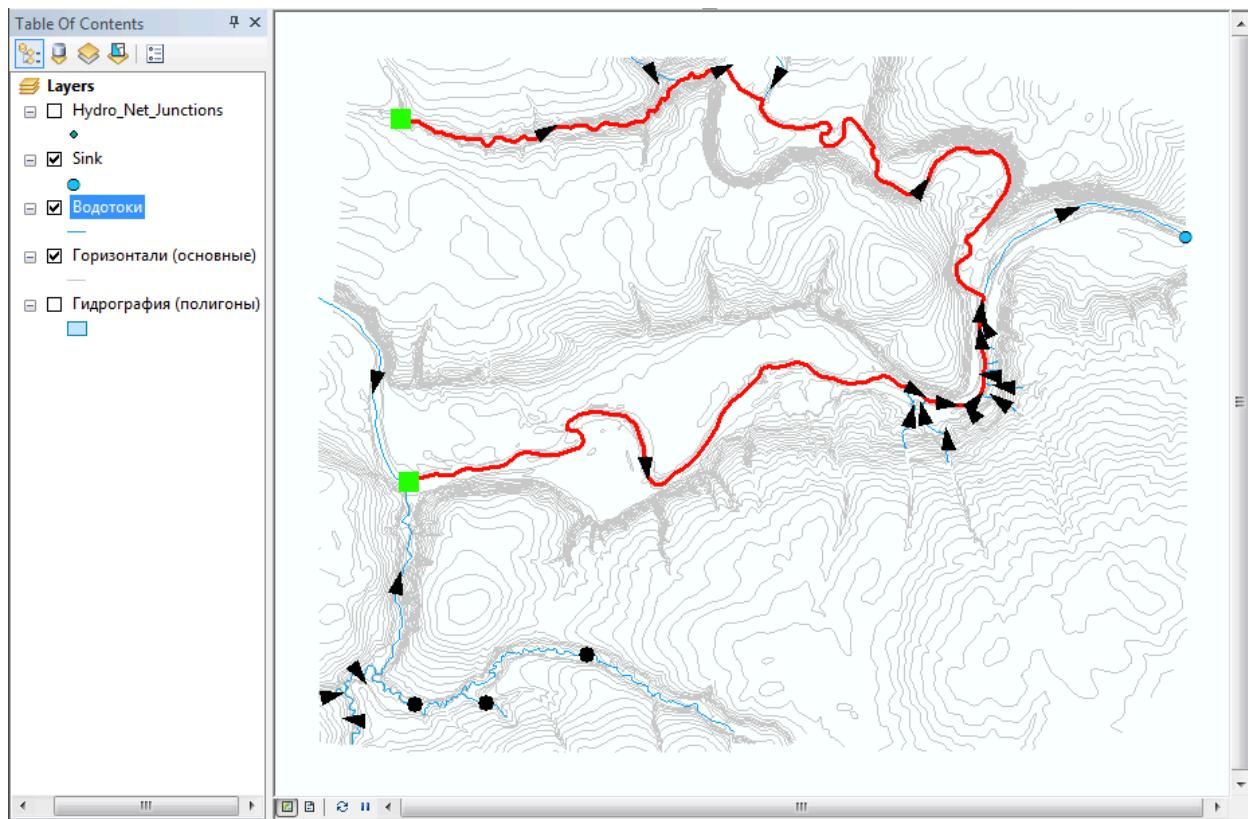


Figure 13.16: Рис. 17. Маршрут между двумя точками

## 13.8 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

Ответьте на вопросы в отчетном файле. После окончания положите ваш отчет в сетевую папку для проверки преподавателем.



# Chapter 14

## Геокодирование

### 14.1 Введение

**Цель** — научиться выполнять геокодирование по адресным данным, строить поля непрерывного распределения показателя по точкам.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Геокодирование, адресные локаторы и их типы, интерполяция по данным в нерегулярно расположенных табличных форматах
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Настройка сессии и выполнение базовых операций с картой
Исходные данные	Таблица адресов ресторанов McDonald's на территорию Манхэттена (Нью-Йорк) с данными о средней посещаемости
Результат	Геокодированные точки адресов. Визуализация точек значками разного диаметра в соответствии с посещаемостью
Ключевые слова	Геокодирование, адресный локатор, интерполяция данных.

#### 14.1.1 Контрольный лист

- Подключить картографический сервис Esri Streets
- Подключить сервис геокодирования NYSGIS
- Добавить на карту таблицу с адресами и геокодировать их в автоматическом режиме
- Исправить вручную несопоставленные точки
- Визуализировать точки значками разного диаметра в соответствии с числом посетителей
- Построить по точкам поле посещаемости методом естественных соседей (Natural Neighbor).
- Оформить итоговую карту распределения

#### 14.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с геокодированием и построением непрерывных полей на основе точечных данных. Геокодирование — это определение координат объектов по их географическим текстовым описаниям, которые, как правило, выражены в виде адресов и/или почтовых кодов.

На основе точечных данных часто восстанавливают поле распределения некоторого показателя. В случае социально-экономических показателей это такие поля являются абстрактными и показываются псевдоизолиниями. Несмотря на то, что признак может не иметь истинно непрерывного распределения (как в случае этого задания — посещаемость ресторанов), показ с помощью изолиний бывает наглядным, дает лучшее представление о дифференциации территории, чем просто значки.

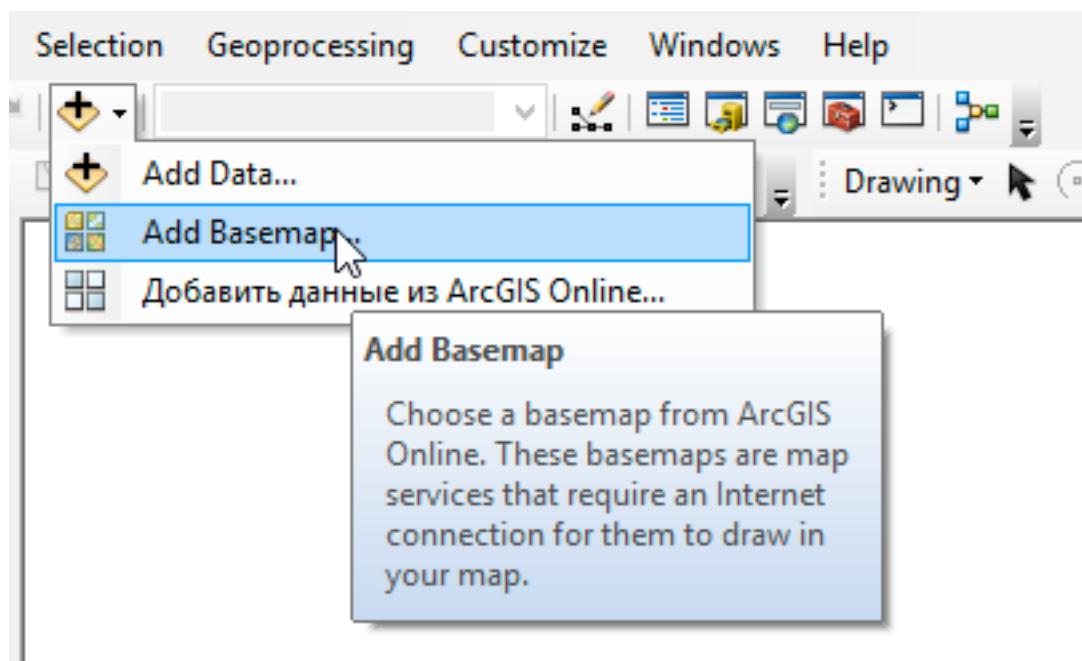
В работе вам предлагается совместно использовать эти 2 метода.

**ВНИМАНИЕ:** для выполнения задания необходимо подключение к сети Интернет.

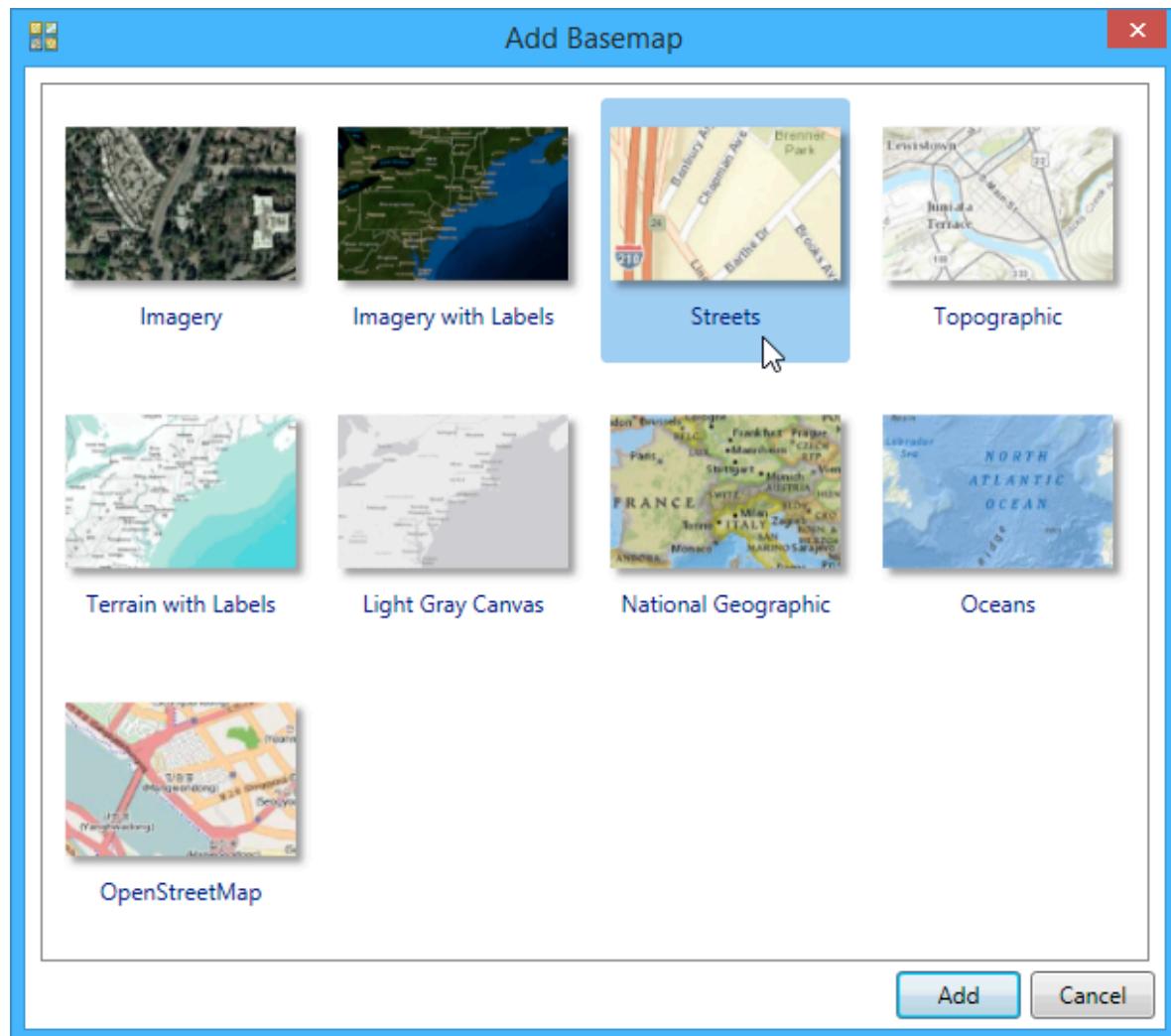
## 14.2 Подключение к сервисам

В начало упражнения ▾

1. Добавьте на карту в качестве основы картографический сервис *Esri Streets*. Его можно выбрать, используя команду **Add Basemap** на главной панели инструментов:

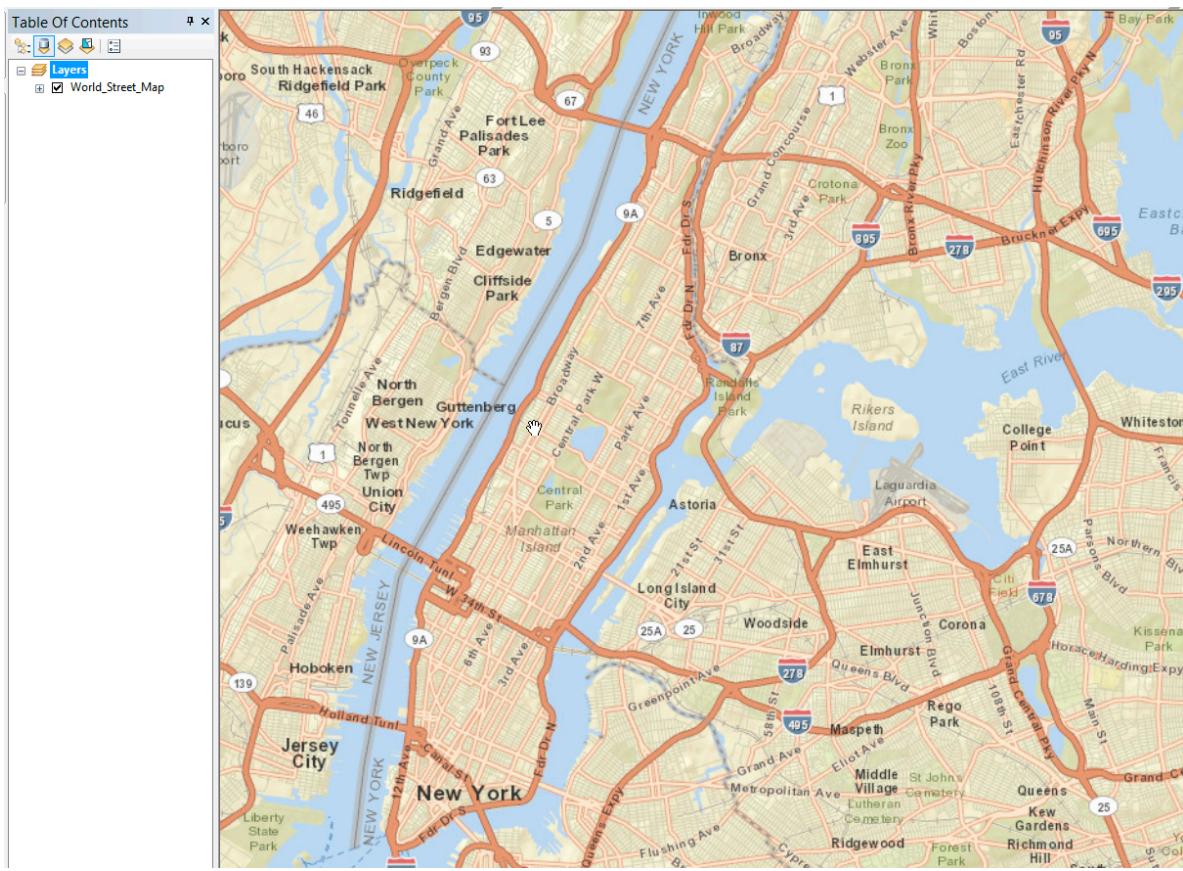


В появившемся диалоге выберите *Streets*:

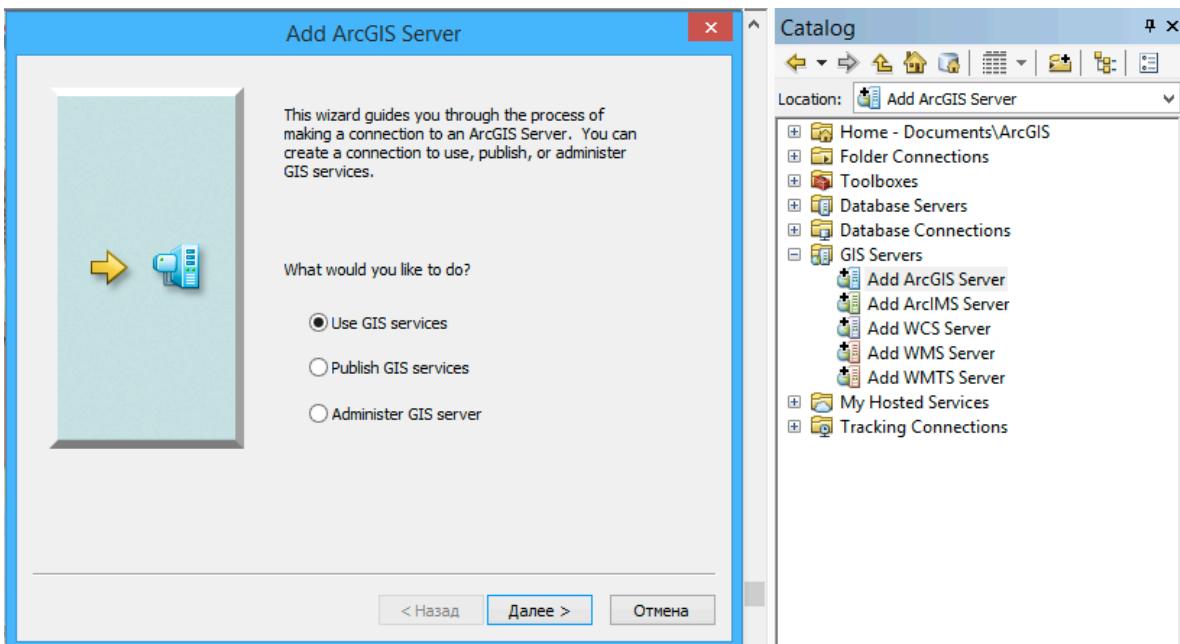


Если подключение произошло корректно, появится картографическое изображение.

2. Увеличьте масштаб карты таким образом, чтобы был хорошо виден Манхэттен:



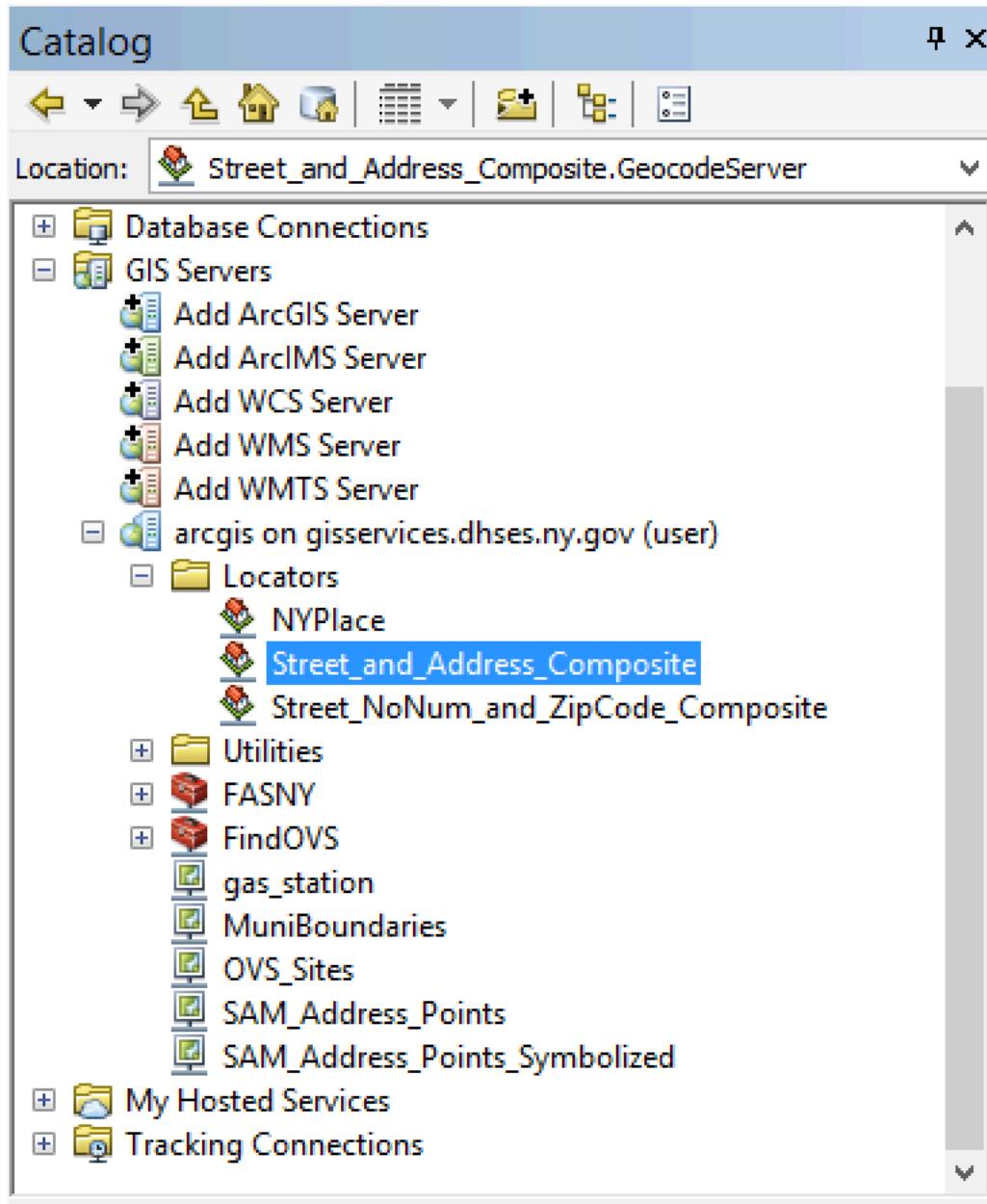
3. Подключитесь к ГИС-серверу официального портала штата Нью-Йорк. Для этого в окне каталога выберите команду **GIS Servers > Add ArcGIS Server** и в появившемся диалоге выберите **Use GIS Services** (использовать ГИС-сервисы), нажмите Далее:



4. В следующем диалоге в параметр **Server URL** скопируйте и вставьте следующий адрес и нажмите **Finish** (имя пользователя и пароль вводить не надо):

<http://giservices.dhses.ny.gov/arcgis/rest/services>

Если соединение прошло удачно, в списке ГИС-серверов появится новое подключение к ГИС-серверу. Внутри него среди прочих сервисов должен располагаться адресный локатор *Street\_and\_Address\_Composite*:

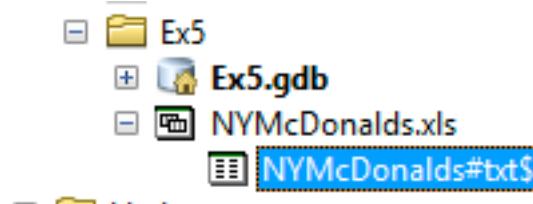


- Подключитесь в окне **Каталога** к вашей папке *Ex14* и создайте в ней новую базу геоданных под названием *Ex14*. Назначьте ее базой данных по умолчанию.

## 14.3 Геокодирование адресов

В начало упражнения ▾

- В окне **Каталога** раскройте таблицу *NYMcDonalds.xlsx* и перетащите ее первый лист на карту:



2. Откройте таблицу, чтобы просмотреть ее содержимое. В ней есть несколько полей, отвечающих за адрес, а также поле *Visitors*, хранящее информацию о среднем числе посетителей, обслуживаемых за один час:

**Table**

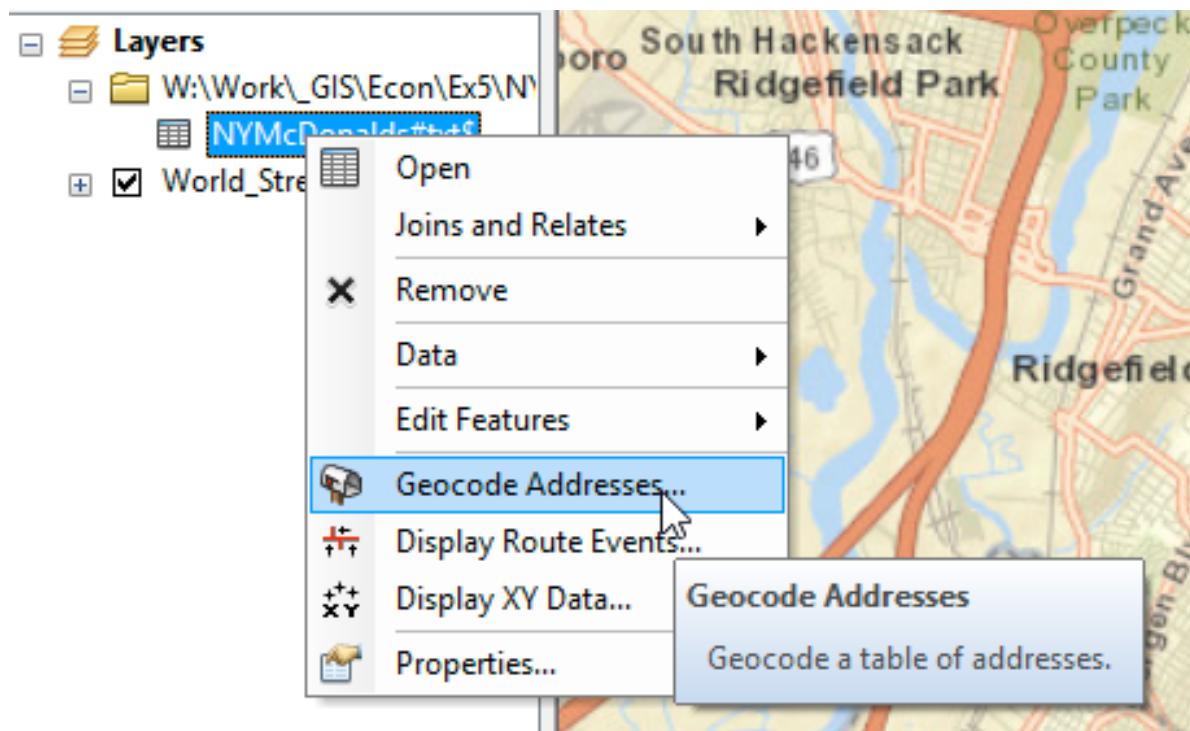
NYMcDonalds#txt\$

	Address	City	State	Phone	Visitors
▶	102-106 1st Ave	New York	NY	(212)477-9171	800
	114 Delancey St	New York	NY	(212)529-9770	770
	1188 6th Ave	New York	NY	(212)944-2720	550
	125th St & Lexington Ave	New York	NY	(646)672-1381	360
	1286 1st Ave	New York	NY	(212)249-3551	330
	136 W 3rd St	New York	NY	(212)674-2566	800
	139th & Adam Clayton Powell	New York	NY	(212)283-0559	310
	151 W 34th St	New York	NY	(212)594-1964	550
	151 West 34th Street	New York	NY	-	550
	154 W 14th St & 7th Ave	New York	NY	(212)691-3720	650
	160 Broadway	New York	NY	(212)385-2063	700
	167 Chambers St	New York	NY	(212)608-2405	700
	18 E 42nd St	New York	NY	(212)599-2127	450
	1871 2nd Ave	New York	NY	(646)672-0263	300
	1872 3rd Ave	New York	NY	(212)996-2864	350
	1997 3rd Ave	New York	NY	(212)369-3791	390
	2049 Broadway	New York	NY	(212)724-0435	470
	208 Varrick St	New York	NY	(212)206-9991	750
	213 Madison Street	New York	NY	(212)619-1848	700
	2142 3rd Ave	New York	NY	(212)828-3070	350
	215 W 125th St	New York	NY	(212)864-2201	600
	220 W 42nd St	New York	NY	(212)840-6250	550
	2271 Broadway	New York	NY	(212)579-9170	500
	2549 Broadway & 96th St	New York	NY	(212)864-8138	480
	26 Bowery	New York	NY	(212)406-0426	750
	262 Canal St	New York	NY	(212)941-5823	1000

◀ ▶ 1 ▶ | (0 out of 57 Selected)

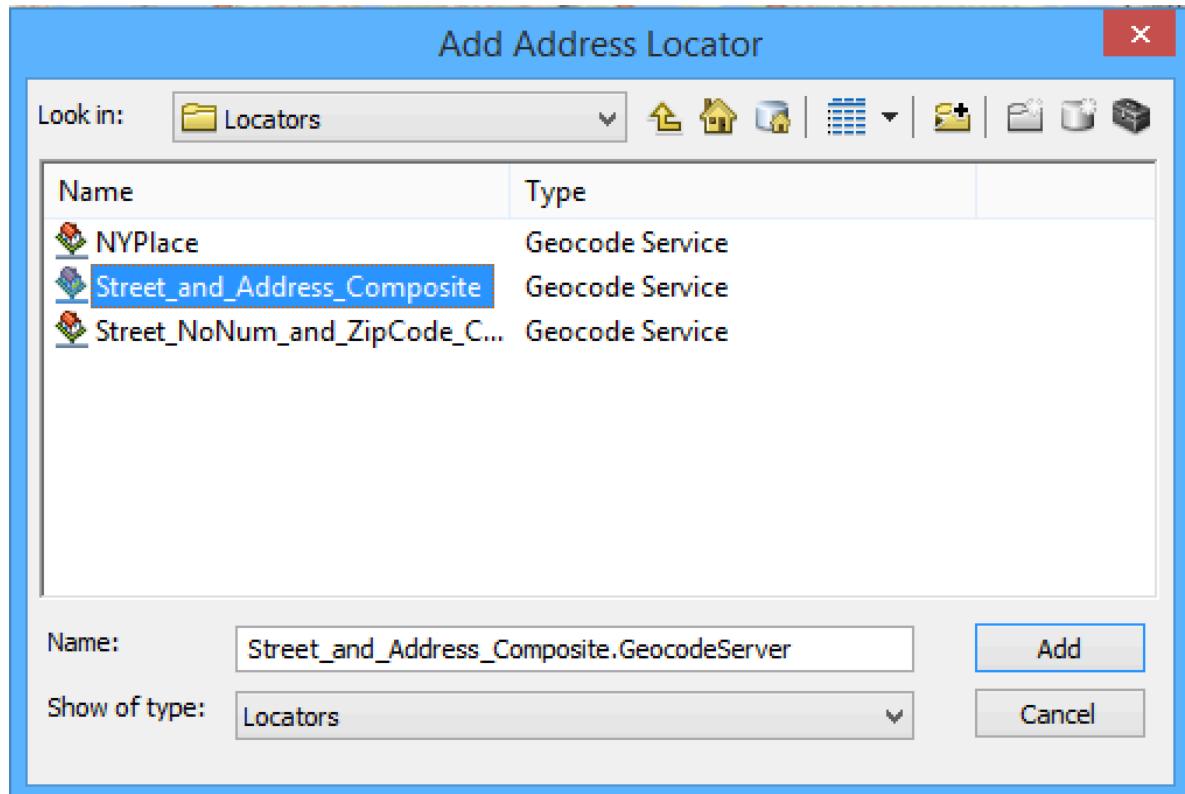
NYMcDonalds#txt\$

3. Выберите в контекстном меню таблицы опцию **Geocode Addresses**, чтобы приступить к геокодированию:

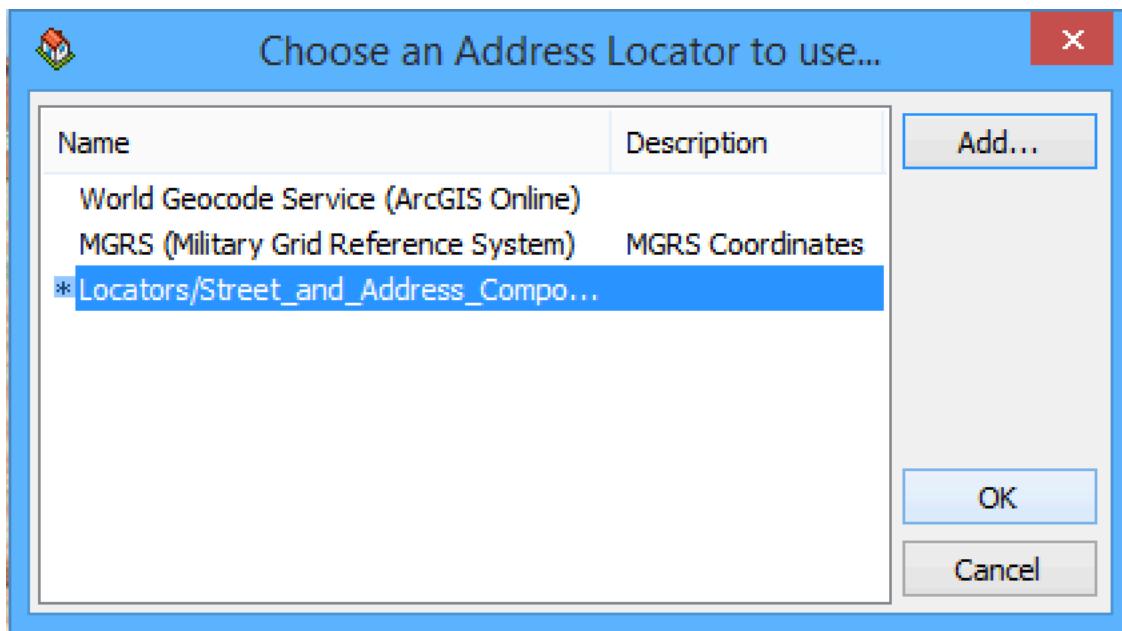


В появившемся диалоге необходимо добавить сервис геокодирования, к которому вы осуществили подключение ранее.

4. Нажмите **Add...** и, используя навигацию по папкам, перейдите в каталог **GIS Servers** и найдите сервис геокодирования *Street\_and\_Address\_Composite*. Выделите его и нажмите **Add**:



5. Далее выделите его и нажмите OK:

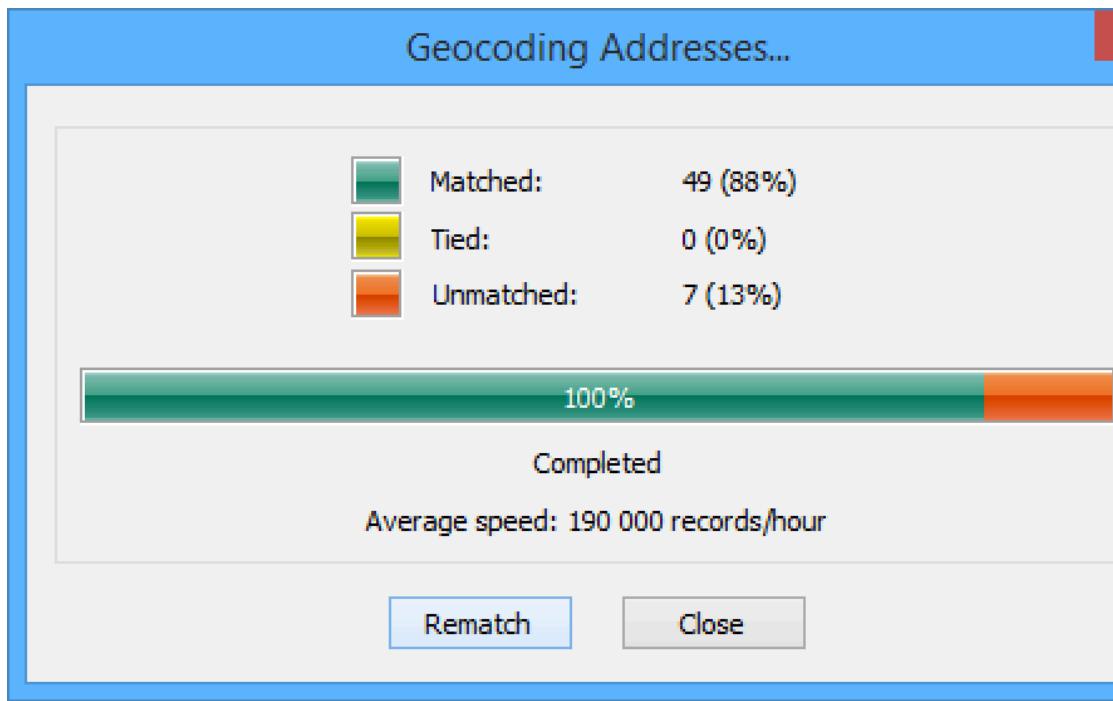


6. В появившемся диалоге настроек геокодирования необходимо выбрать поля атрибутивной таблицы, из которых будет братьсяся адресная информация. Заполните его следующим образом:

Параметр	Значение
Street or Intersection	Address
City or Placename	City
State	State
Output Shapefile or Feature Class	...\Ex14\Ex14.gdb\NYMcDonalds

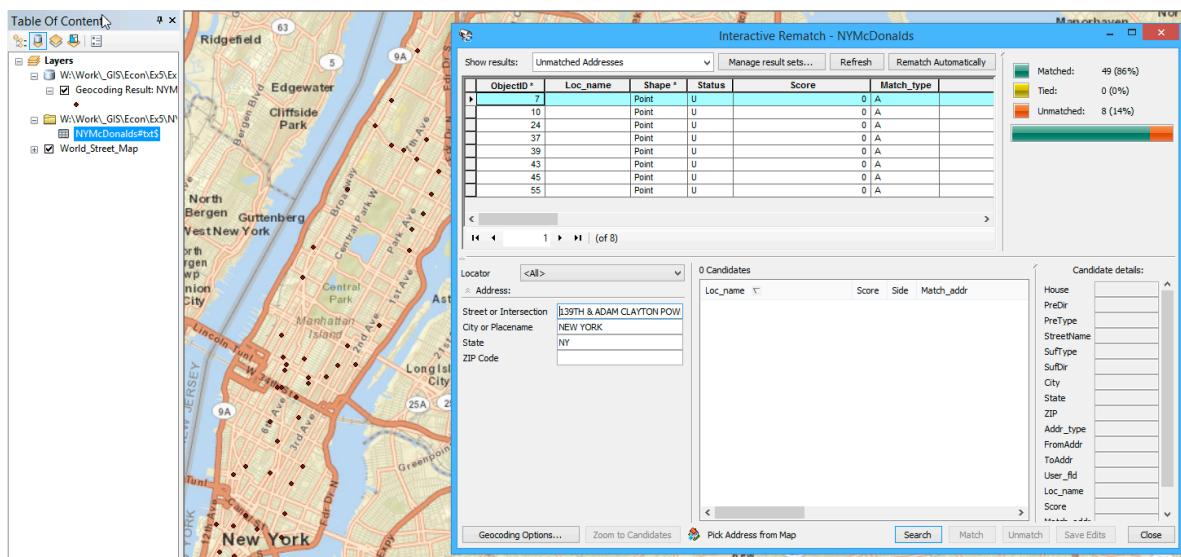
Выберите в поле **Save as Type** фильтр *File and Personal Geodatabase Feature Class*

Остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите **OK**. После выполнения геокодирования появится диалог, сообщающий процент удачно геокодированных адресов (*Matched*). Нажмите Rematch, чтобы приступить



к исправлению ошибок:

Появится диалог сопоставления адресов, а на карту будут добавлены удачно геокодированные точки. Выберите в списке **Show Results** режим **Unmatched Addresses**. Не закрывая диалог, увеличьте изображение таким образом, чтобы точки было хорошо видно:



**Снимок экрана №1.** Автоматически геокодированные точки на карте и список негеокодированных точек

Возникшие проблемы сопоставления адресов почти во всех случаях обусловлены тем, что для зданий на перекрестках указано сразу 2 адреса (427 10TH AVE & 34TH). Такая форма адреса не соответствует требованиям геокодера. Исключение составляет адрес «139TH & ADAM CLAYTON POWELL», в котором не указан номер дома ни по одной из улиц. Его вы обработаете отдельно.

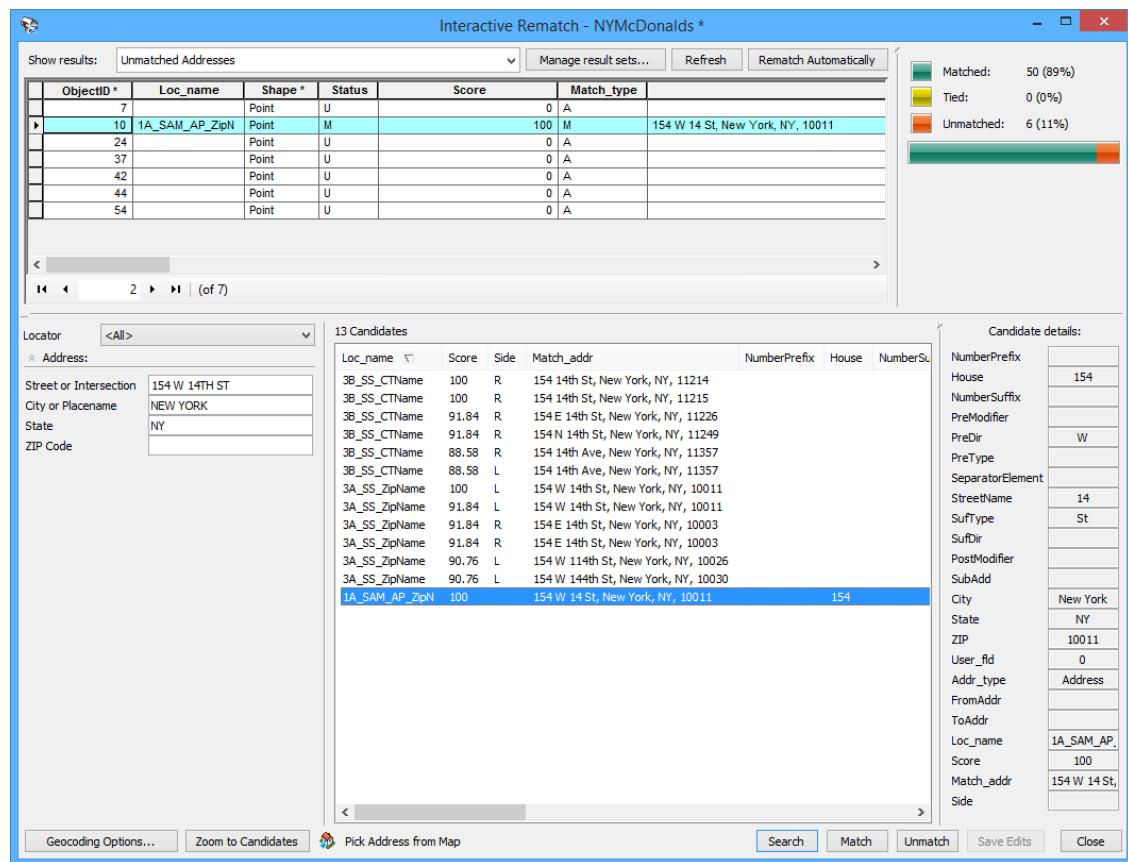
1. Для разрешения неоднозначности выполните следующие действия:
  - Выделите строку с идентификатором «10» в таблице. В поле **Street or Intersection** в нижней левой части окна сотрите знак & и все что после него. Стока «154 W 14TH ST & 7TH AVE» должна превратиться в строку

«154 W 14TH ST»:

Address:	
Street or Intersection	154 W 14TH ST & 7TH AVE
City or Placename	NEW YORK
State	NY
ZIP Code	

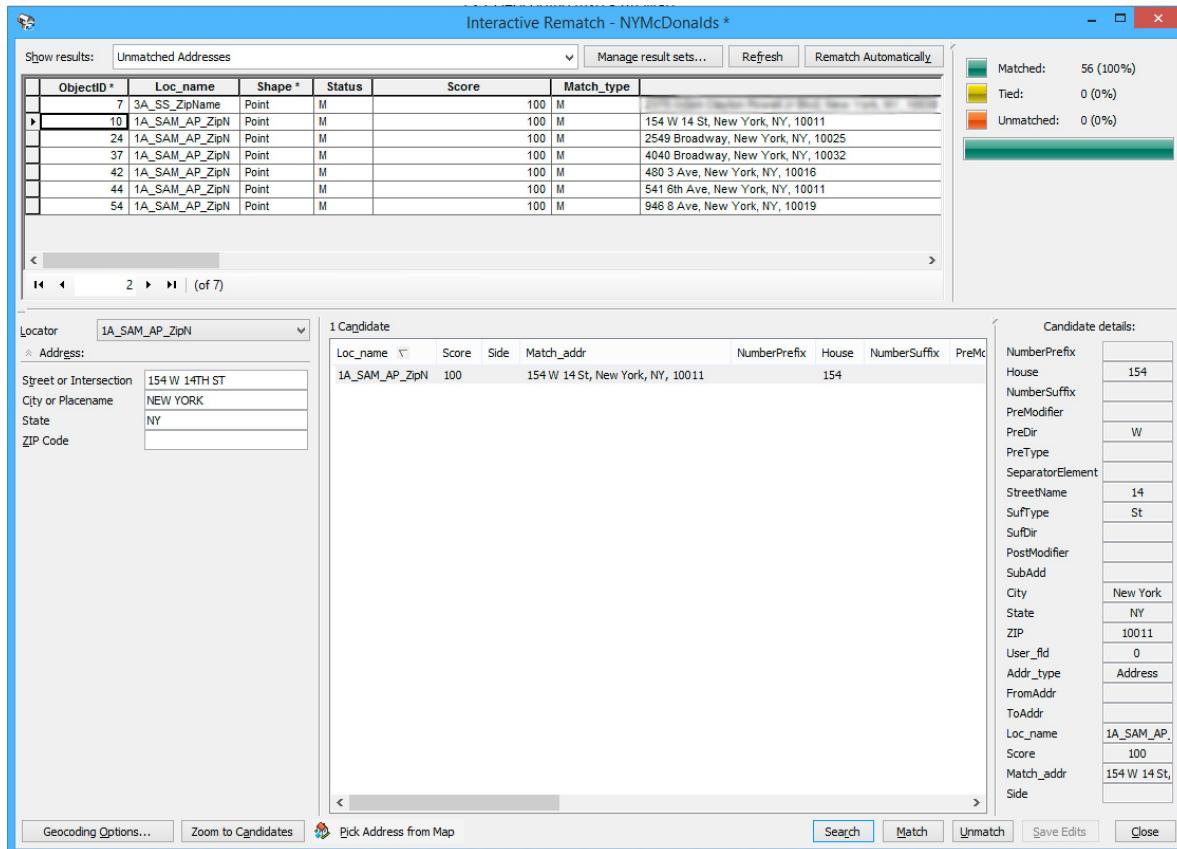
Address:	
Street or Intersection	154 W 14TH ST
City or Placename	NEW YORK
State	NY
ZIP Code	

- Нажмите **Search**. Среди полученных вариантов выберите имеющий ранг *Score* равный 100 (полное совпадение). Если таких адресов несколько, следует выбрать тот, что имеет заполненное поле *House* (дом).
- Нажмите **Match**, чтобы сопоставить адрес. Результат должен выглядеть следующим образом:



- Повторите эту последовательность действий для всех оставшихся строк.
- Для кафе, располагающегося на перекрестке *139TH & ADAM CLAYTON POWELL* вам необходимо узнать точный адрес по одной из этих улиц. Найдите этот адрес, используя поисковые возможности сети Интернет и введите его полностью (включая номер дома и полное название улицы) в поле **Street or Intersection**.

После выполнения правок все адреса должны быть сопоставлены и диалог примет следующий вид:



**Снимок экрана №2.** Результат ручного сопоставления адресов

4. Нажмите **Close**, чтобы завершить геокодирование.
5. Сохраните документ карты в свою папку *Ex14* под названием *Ex14\_Geocoding.mxd*.

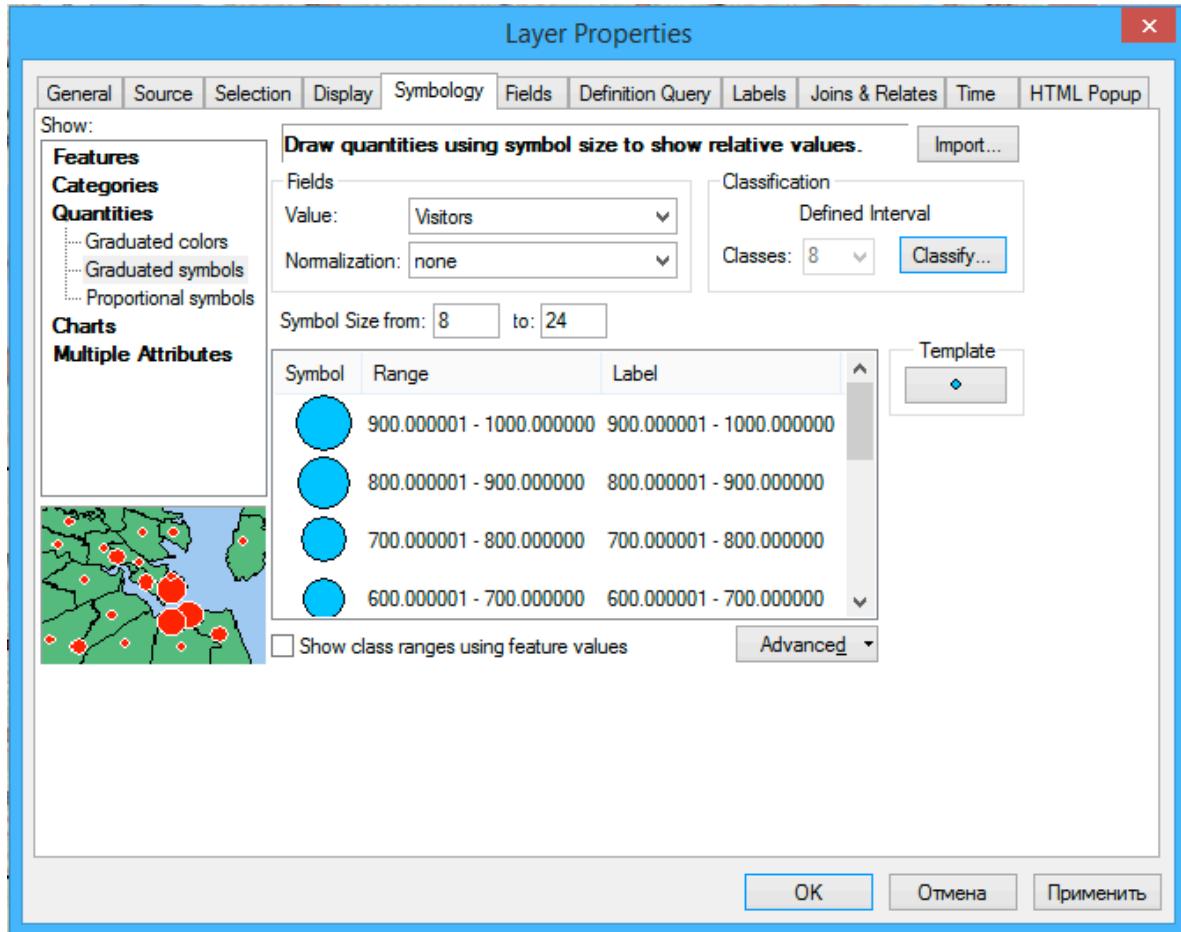
## 14.4 Визуализация посещаемости в точках

В начало упражнения ▾

1. Визуализируйте слой полученных точек методом значков. Выберите способ изображения **Quantities — Graduated Symbols** и задайте следующие параметры:

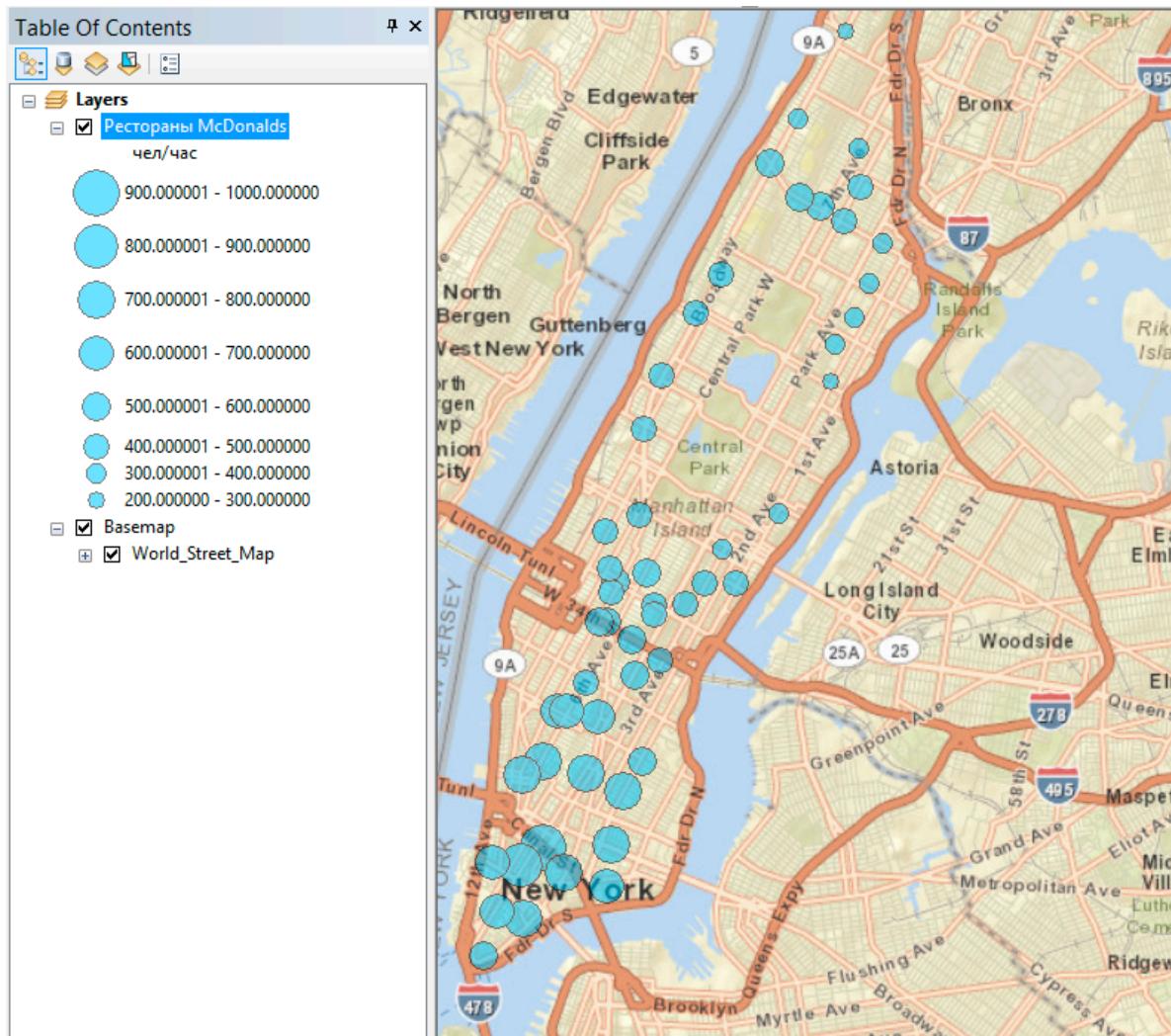
Параметр	Значение
Поле отображения	Visitors
Классификация	С равным интервалом через 100
Размеры кружков	От 8 до 24
Цвет кружков	Голубой

Диалог настройки свойств слоя примет следующий вид:



2. Установите прозрачность значков на вкладке *Display* равной 50%.

3. Переименуйте слой в «Рестораны McDonalds», а значение подписи показателя в заголовке легенды измените на «чел/час». Картографическое изображение примет следующий вид:

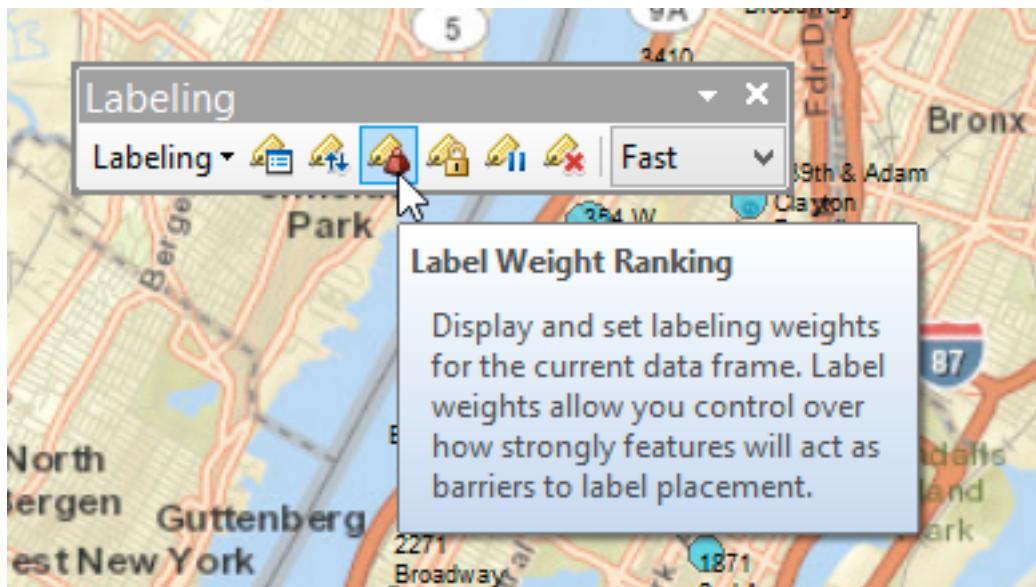


4. Откройте панель инструментов **Labeling** и включите механизм *Maplex*, чтобы получить доступ к расширенным настройкам подписей.

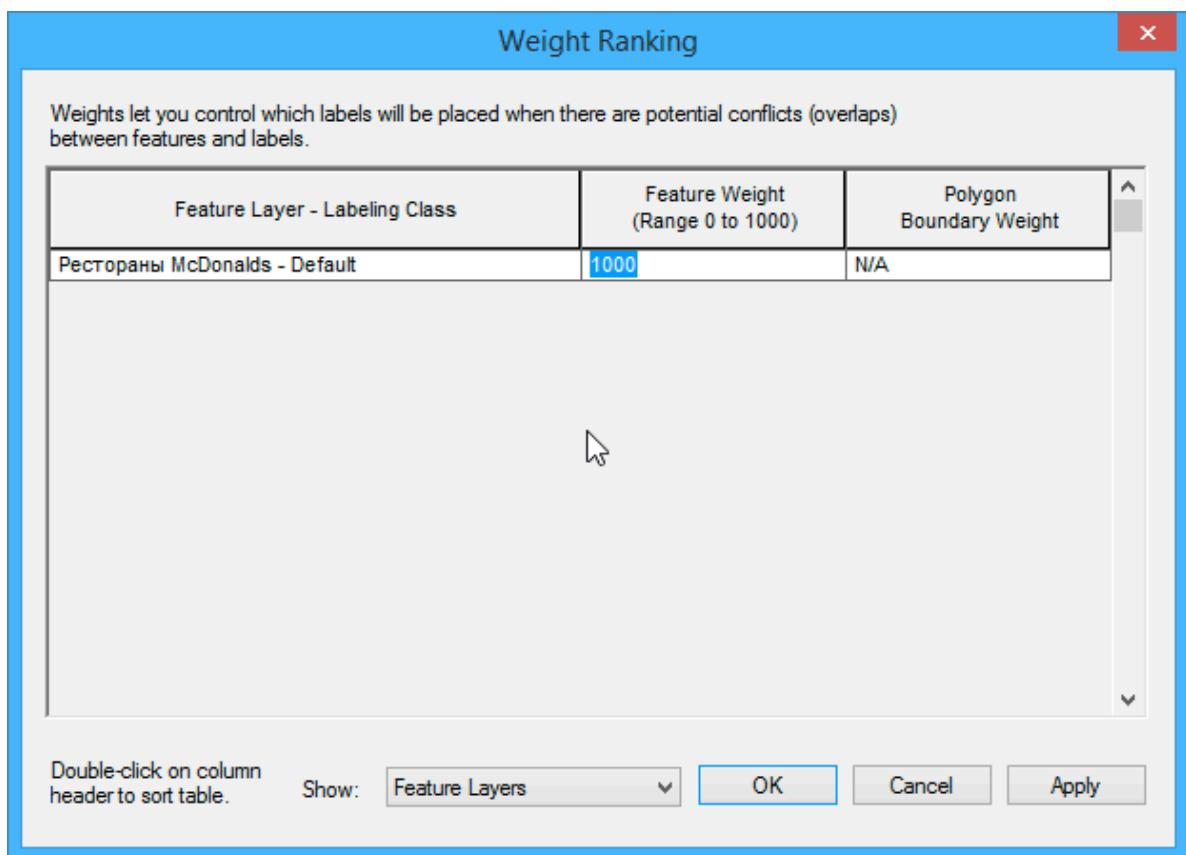
5. Включите подписи точек по полю *Address*. Установите размер шрифта равным 7.

Чтобы полученные надписи не загораживали значки, необходимо установить значкам высокий вес при размещении подписей.

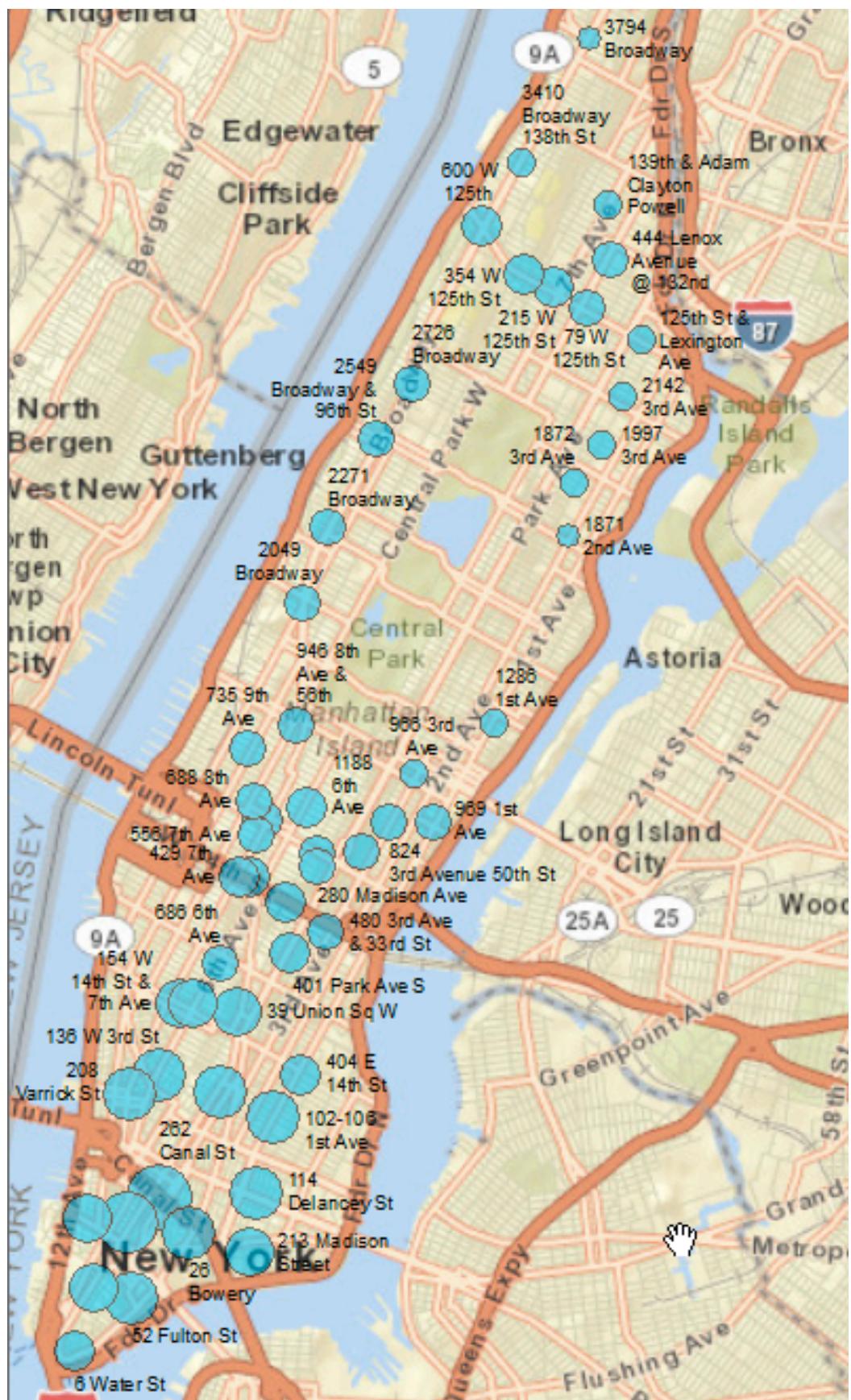
6. Нажмите кнопку **Label Weight Ranking** на панели **Labeling**:



7. В открывшемся диалоге установите значение веса точек равным 1000:



8. Нажмите **OK**. После выполнения этих действий подписи будут размещены в стороне от значков:



**Снимок экрана №3.** Градуированные значки с подписями

9. Сохраните документ карты

## 14.5 Построение поля посещаемости

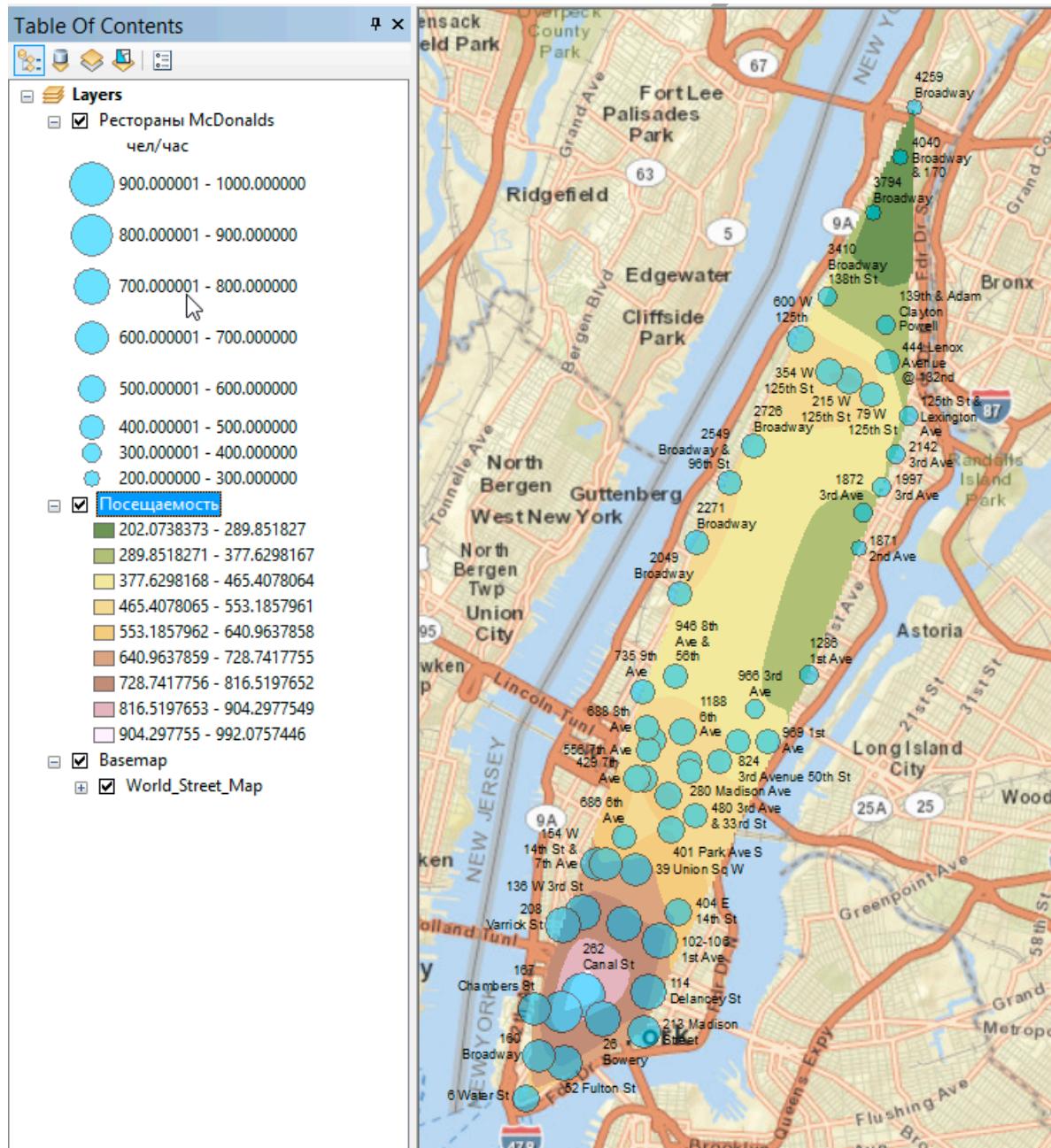
В начало упражнения □

Наглядность представления пространственного распределения можно повысить, построив по точкам непрерывное поле и отобразив его методом послойной окраски. Восстановление поля по точечным данным делается с помощью интерполяции. Методы интерполяции расположены в группе инструментов **Spatial Analyst Tools > Interpolation**.

1. Запустите инструмент интерполяции данных **Spatial Analyst Tools > Interpolation > Natural Neighbor** (метод естественного соседа) и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Point Features</i>	Рестораны McDonalds
<i>Z Value Field</i>	Visitors
<i>Output Raster</i>	...\\Ex14\\Ex14.gdb\\Visitors
<i>Output Cell Size</i>	50

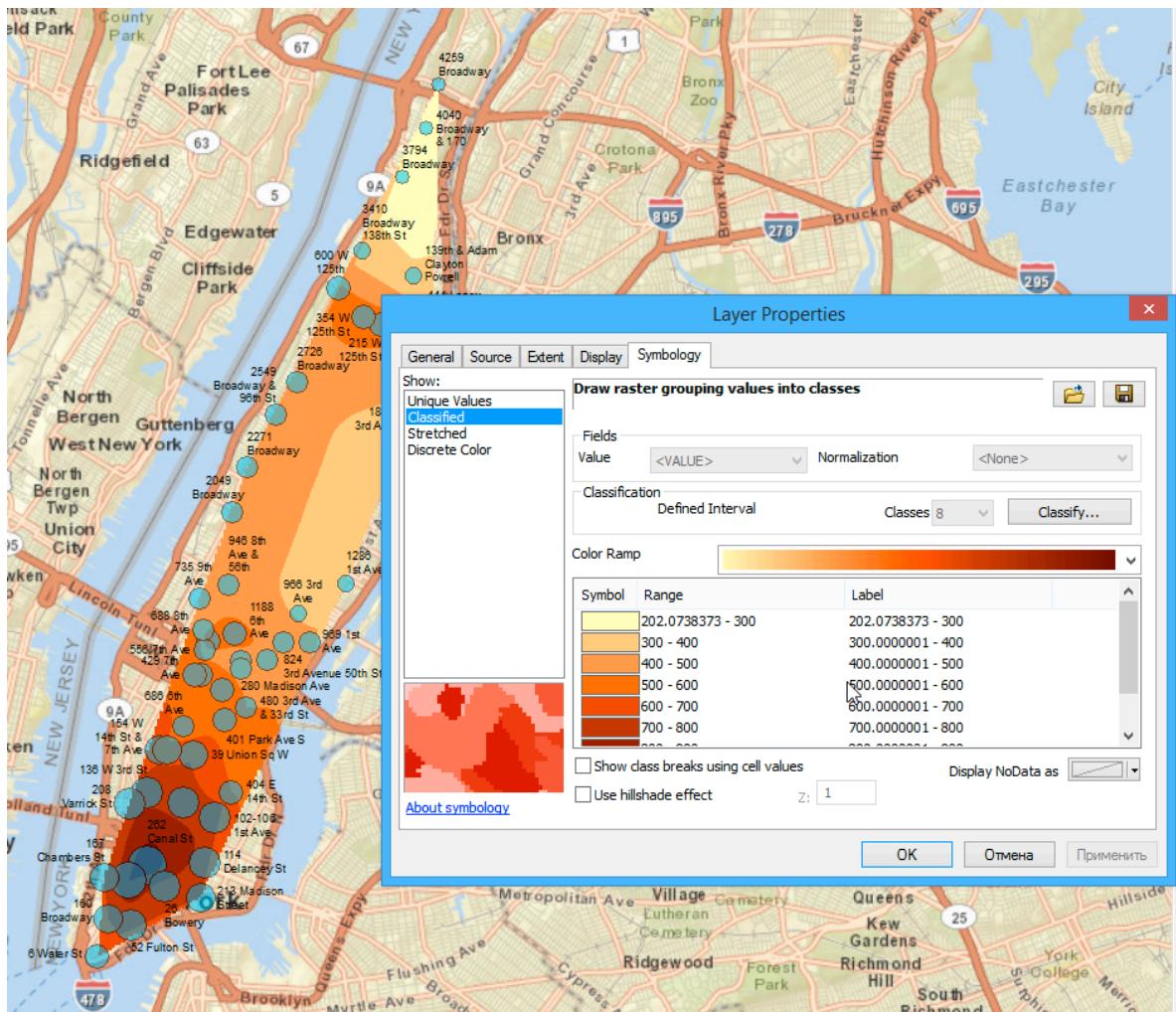
Метод естественного соседа осуществляет интерполяцию на основе диаграммы Вороного точек. Полученный растр будет добавлен на экран. Переименуйте его в «Посещаемость»:



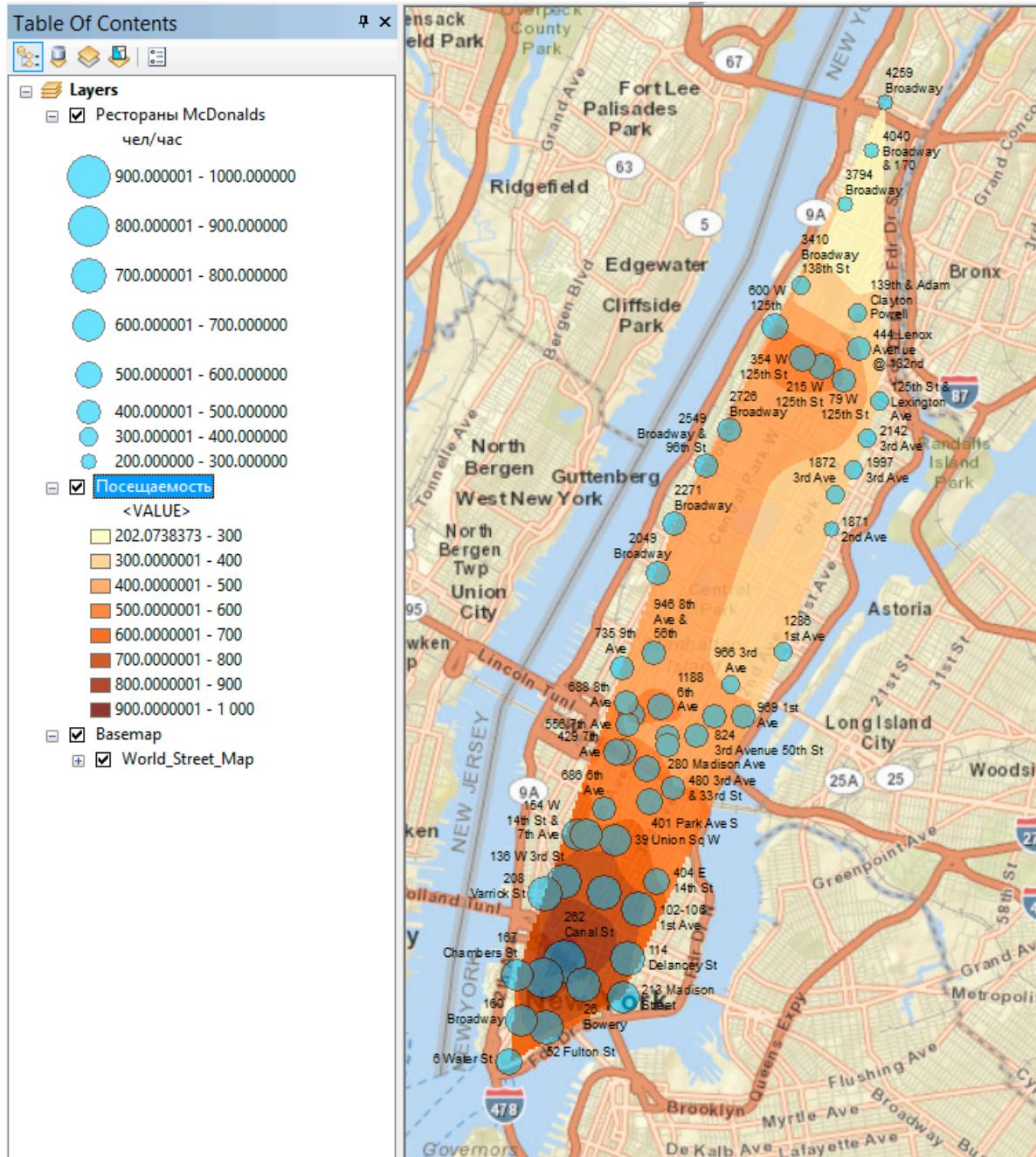
2. Дважды щелкните на растре, перейдите на вкладку **Symbology** и измените параметры его отображения следующим образом:

Параметр	Значение
Способ отображения	Classified
Классификация	С равным интервалом через 100
Шкала	От желтого к темно-красному

Диалог настройки слоя примет следующий вид:



3. Перейдите на вкладку **Display** и установите параметр прозрачности (**Transparency**) равным 20%, чтобы сделать послойную окраску полупрозрачной. Нажмите **OK**. Картографическое изображение примет следующий вид:



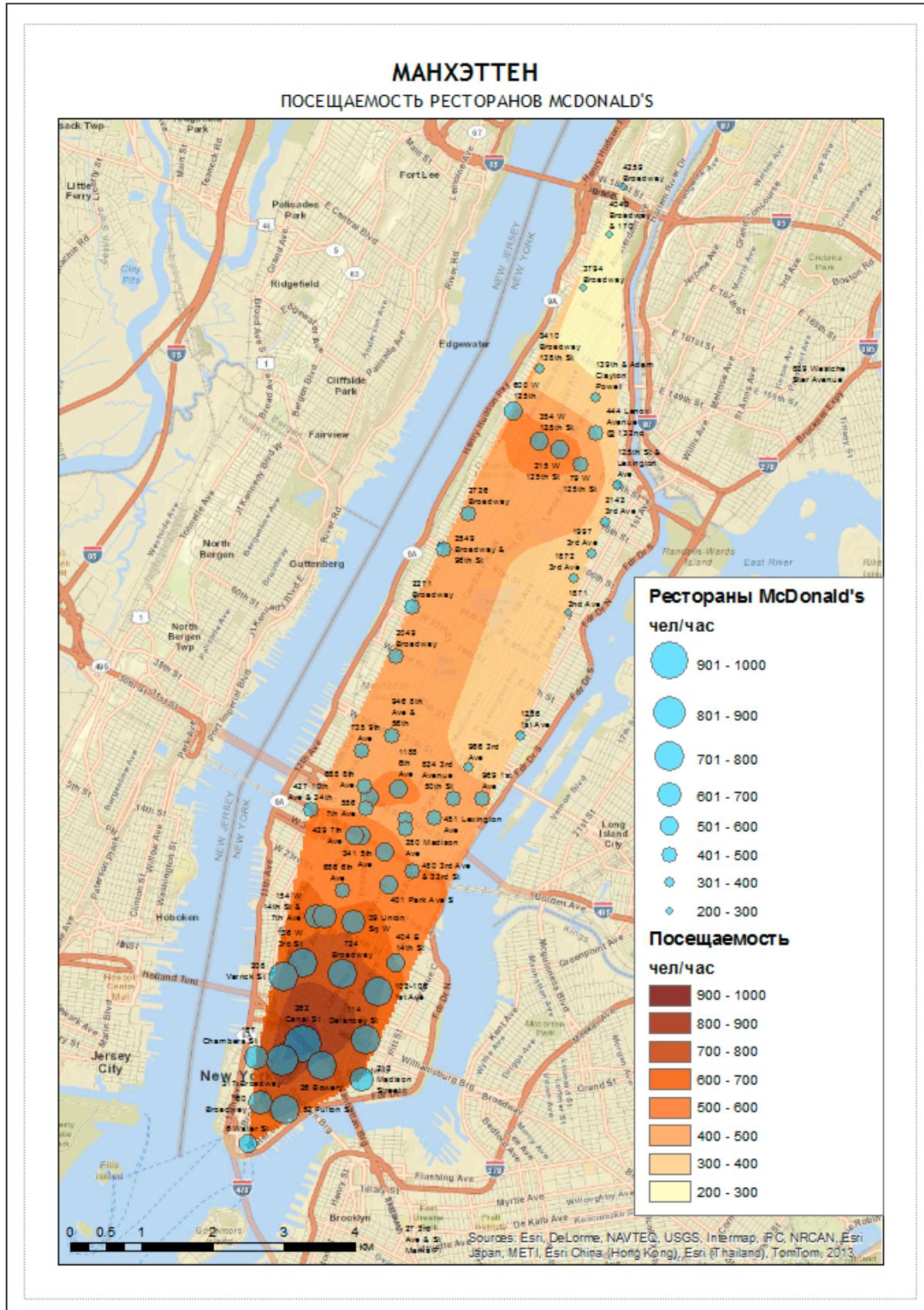
**Снимок экрана №4.** Поле распределения посещаемости

4. Сохраните документ карты

## 14.6 Оформление карты

В начало упражнения □

Переключитесь в режим компоновки и установите масштаб карты равным 1:100 000. Оформите карту в соответствии с нижеприведенным образцом, экспортуйте ее в графический файл и вставьте в отчет.



## 14.7 Ответы на вопросы

В начало упражнения □

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.



## Chapter 15

# Анализ плотности пространственного распределения

### 15.1 Введение

**Цель задания** — научиться определять плотность распределения (густоту) линейных объектов с помощью метода плавающего окна.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Растровая модель пространственных данных, фильтрация растра, ядерное сглаживание, оценка плотности
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Настройка
Исходные данные	База данных цифровой топографической карты 1:1 000 000 на территорию России
Результат	Растры густоты дорожной сети, полученные методом простого подсчета длины линий и путем ядерного сглаживания
Ключевые слова	Пространственный анализ, плотность распределения, фильтрация растра, ядерное сглаживание.

#### 15.1.1 Контрольный лист

- Построить растры плотности и плотности ядер для линий
- Исследовать влияние радиуса вычислений на гладкость поверхности.
- Вырезать фрагмент результирующего растра на территорию России. Умножить значение плотности на 10, чтобы компенсировать эффект масштаба
- Подготовить проект карты густоты дорожной сети

#### 15.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с анализом плотности размещения объектов на примере густоты дорожной сети. Анализ густоты является одним из фундаментальных методов исследования географических закономерностей размещения объектов, который позволяет выявить неравномерности и связать их с географическими условиями и соседством.

Для анализа густоты дорожной сети вами будет использована фильтрация данных. Подсчет густоты основан на принципе скользящего окна: поверх исходного слоя строится растровая поверхность и в заданном радиусе относительно каждой ячейки растра подсчитывается суммарная длина линий. При использовании ядерного сглаживания (кернфункции) полученное значение густоты сглаживается.

## 15.2 Оценка плотности дорожной сети

В начало упражнения ▾

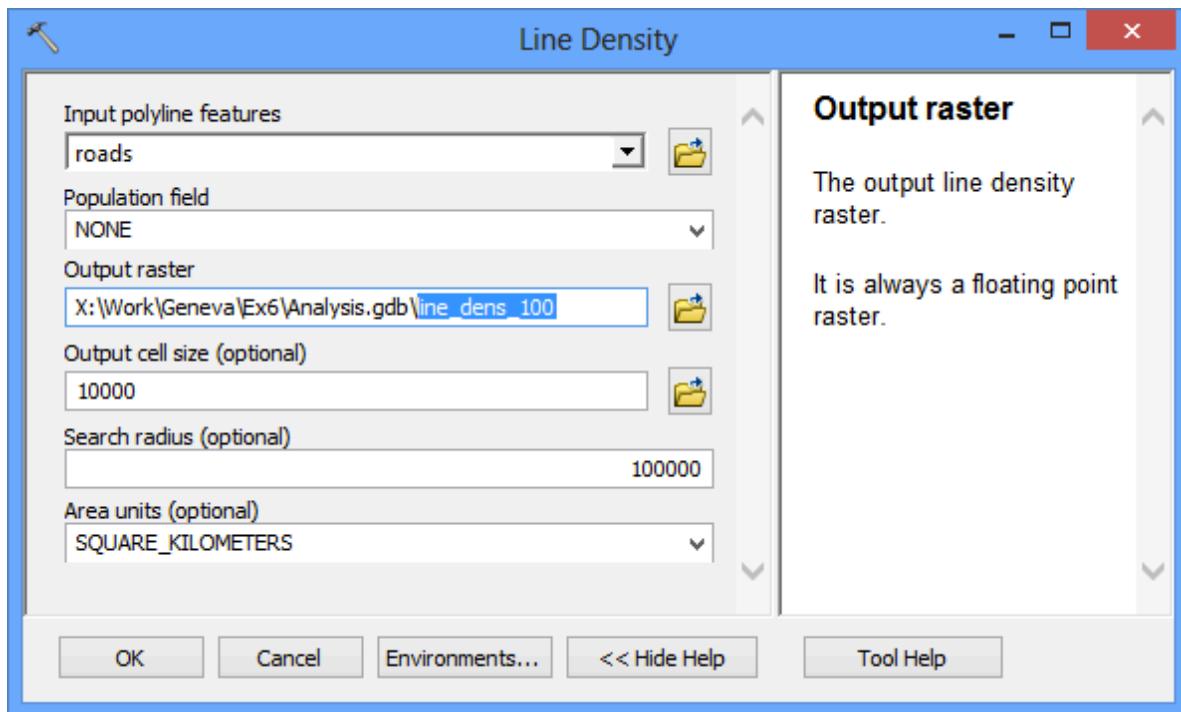
1. Создайте в директории *Ex15* новую файловую базу геоданных и назовите ее *Analysis*
2. Назначьте созданную базу данных **базой данных по умолчанию**:

Name	Type
Analysis.gdb	File Geodatabase
MapData.gdb	File Geodatabase

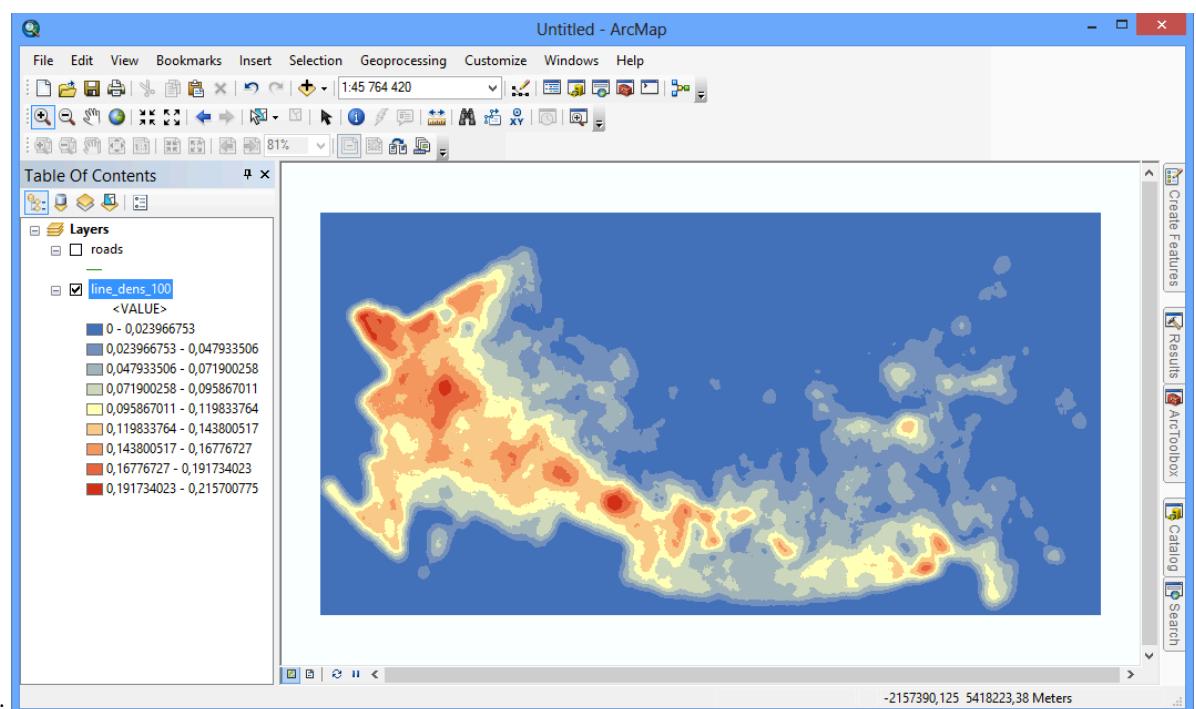
3. Добавьте на карту слой *Roads* из базы данных *MapData.gdb* в папке *Ex15*. Это дороги на территорию *России*, оцифрованные по картам масштаба 1:1 000 000.
4. Используя команду меню **Cutomize > Extensions**, включите модуль **Spatial Analyst**
5. Откройте *ArcToolbox*
6. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Density > Line Density** и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input polyline features</i>	Roads
<i>Output cell size</i>	10000
<i>Output raster</i>	<путь к базе данных>/line_dens_100
<i>Search radius</i>	100000
<i>Area units</i>	SQUARE_KILOMETERS

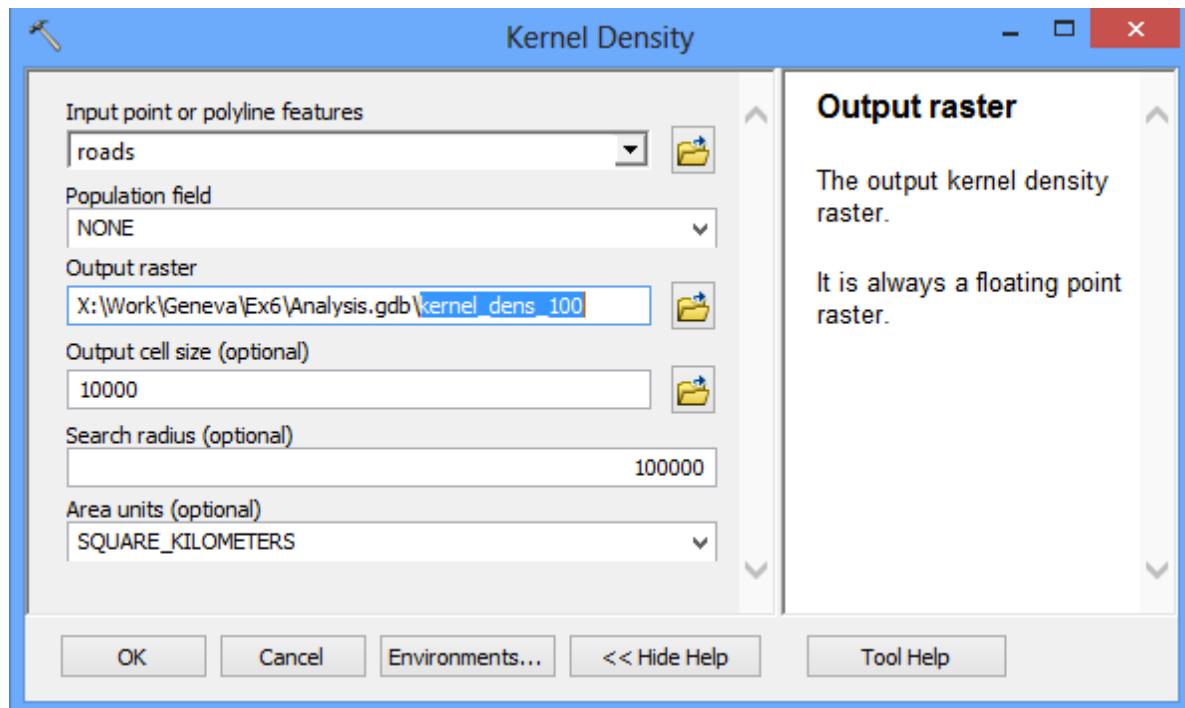
Диалог примет следующий вид:



7. Нажмите **OK**, чтобы запустить инструмент. Когда вычисления закончатся, созданная поверхность будет добавлена на карту.
8. Отключите слой *roads* и установите **передискретизацию** слоя *line\_dens\_100* в режим *Cubic Convolution*.
9. Примените к раству цветовую шкалу от синего к красному.



10. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Density > Kernel Density** и заполните его параметры аналогично предыдущему инструменту. Назовите выходную поверхность *kernel\_dens\_100*:

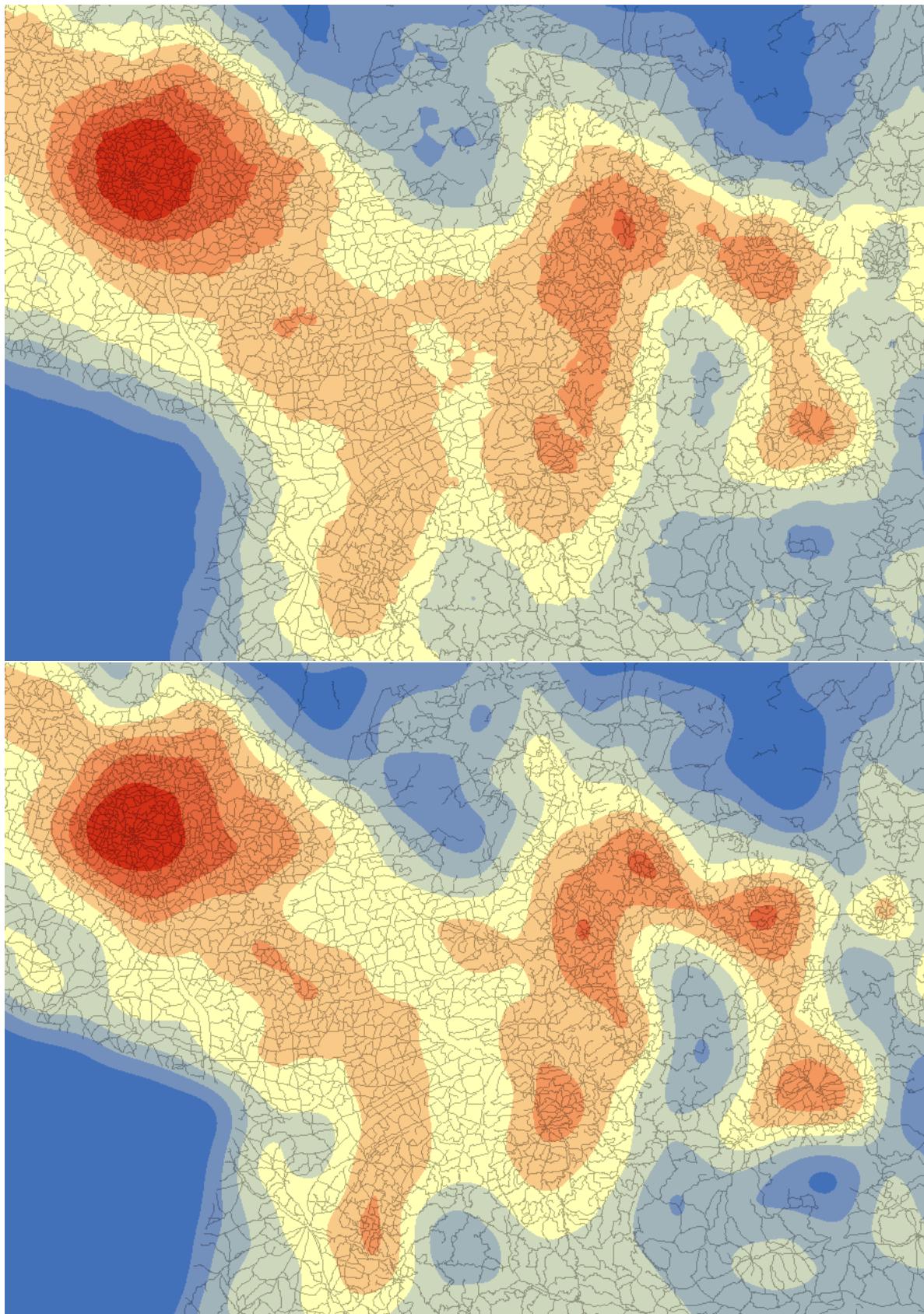


11. Примените к получившемуся слою такую же цветовую шкалу, как и предыдущему

12. Установите режиме *передискретизации* результирующего слоя **Cubic Convolution**

13. Сделайте слой дорог черного цвета и установите ему **прозрачность** 70%.

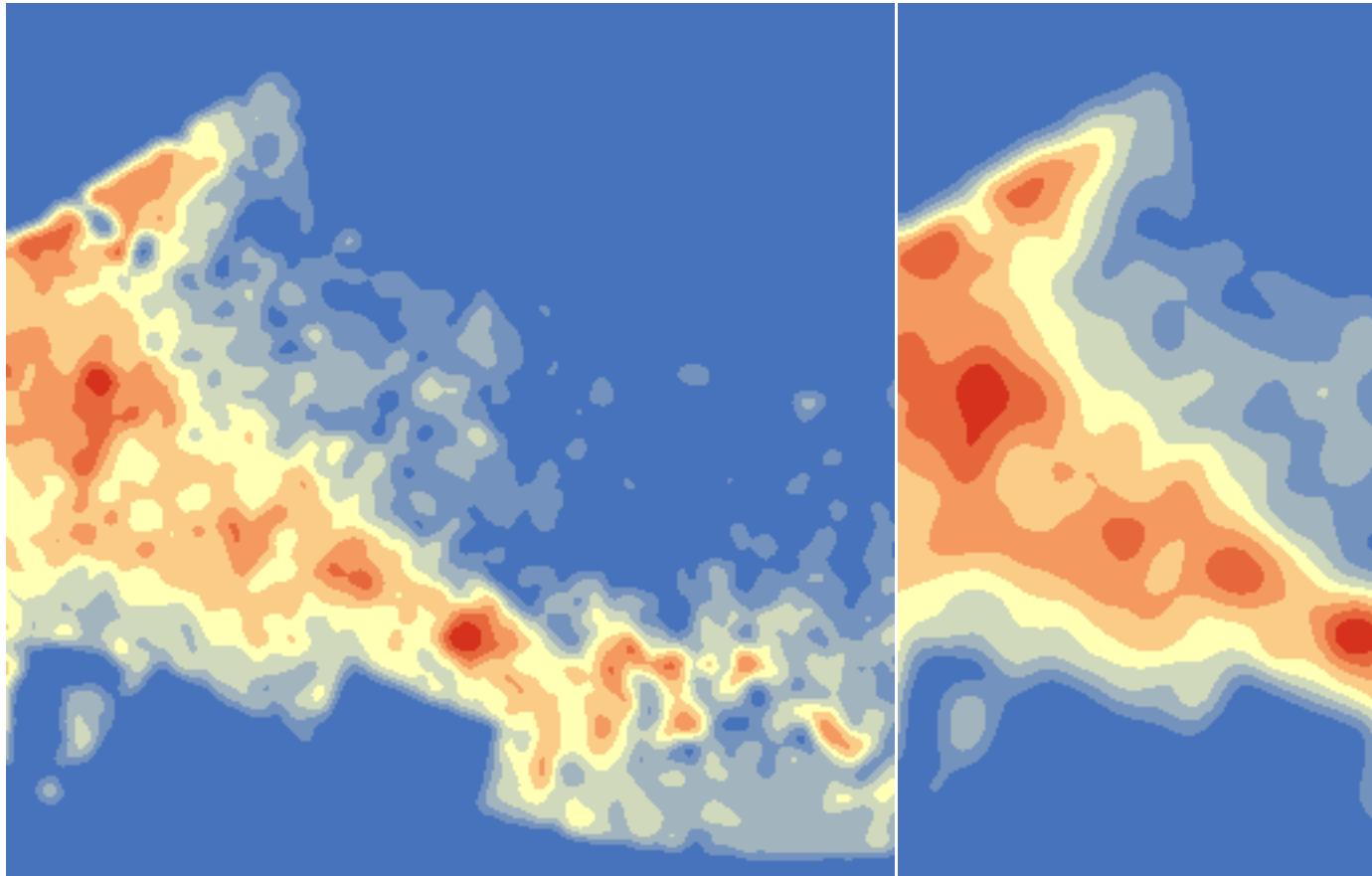
14. Сравните растры, полученные методами *Line Density* (простой подсчет длины линий в пределах плавающего окна) и *Kernel Density* (подсчет с использованием кернфункции). Какой тип оператора дает более ровную поверхность?

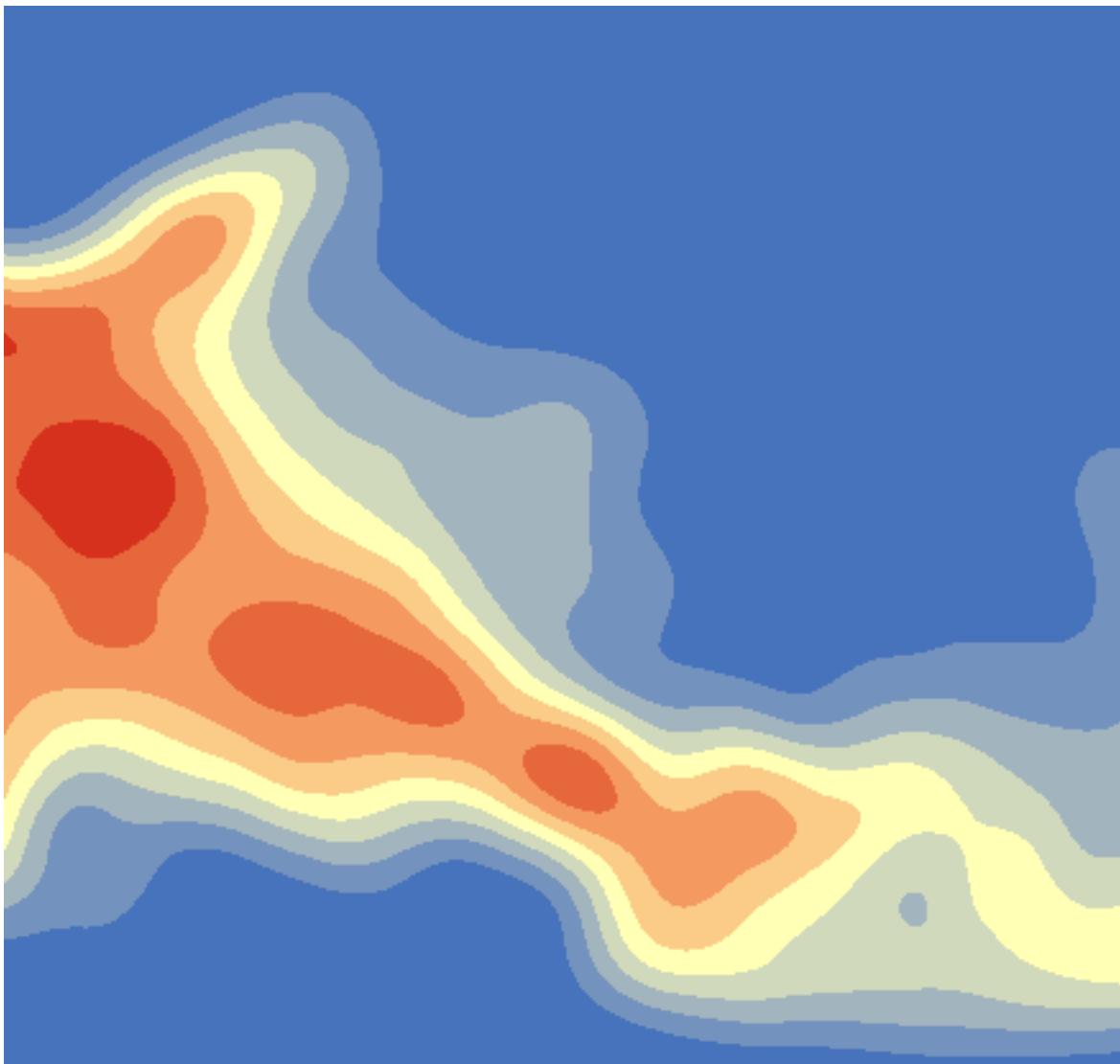


### 15.3 Оценка влияния радиуса поиска

В начало упражнения □

1. Создайте методом *Kernel Density* еще два растра густоты дорожной сети с радиусом поиска (*Search radius*) 200 000 и 400 000 м соответственно и разрешением (*Output cell size*) равным 20000 м. Назовите их *kernel\_dens\_200* и *kernel\_dens\_400* соответственно.
2. Примените к полученным растрам настройки отображения по аналогии с предыдущими результатами.
3. Оцените влияние радиуса поиска на сглаженность поверхности:





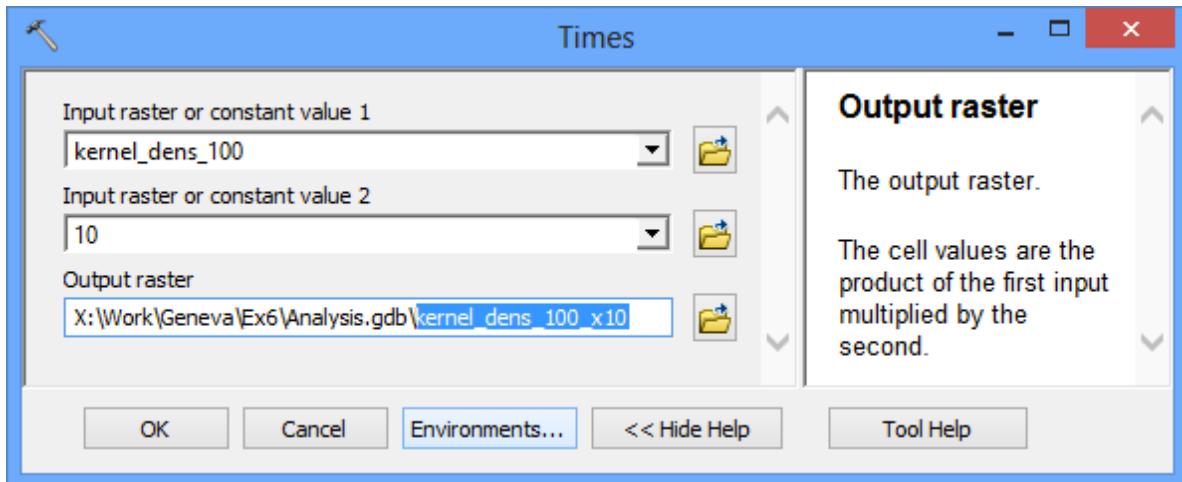
4. Сохраните карту в каталог *Ex15* под названием *Roads.mxd*

## 15.4 Масштабирование значение показателя

В начало упражнения ▾

Полученные растры отражают искаженное значение плотности, поскольку исходный слой дорог содержит не все дороги. Их количество преуменьшено примерно в 10 раз (карта масштаба 1:1 000 000). Чтобы привести значение густоты к должно величине, необходимо умножить растр на 10.

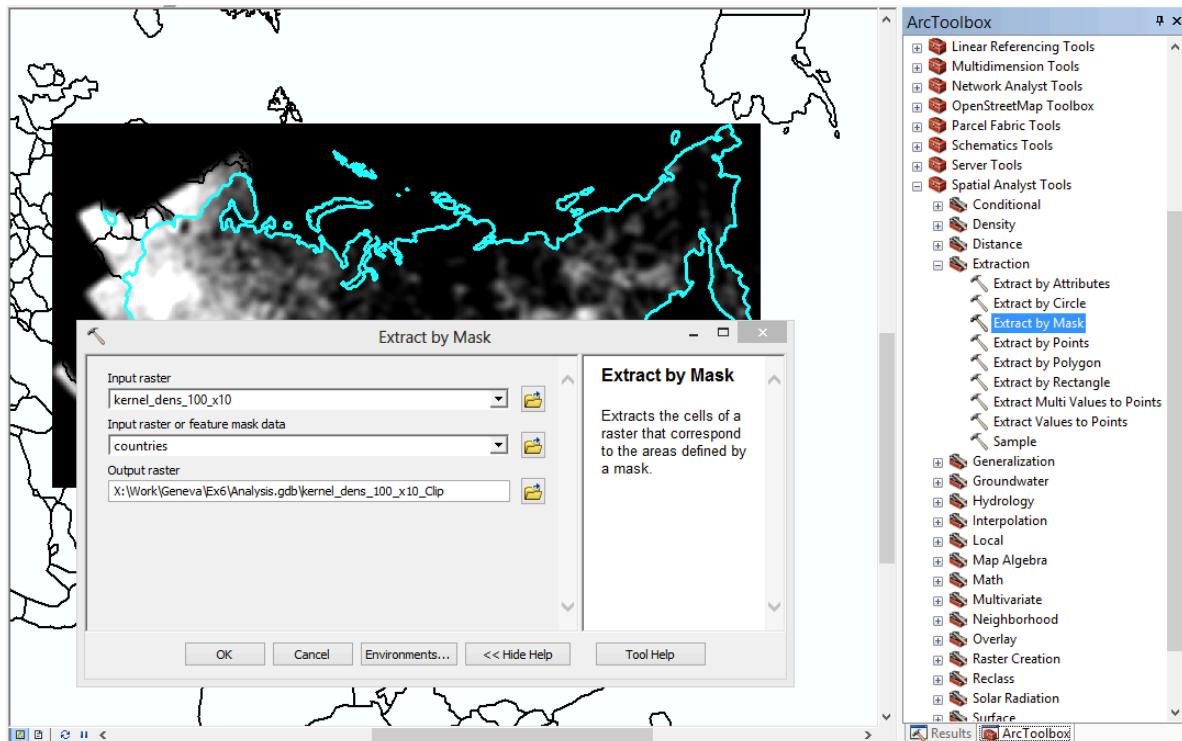
1. Запустите инструмент **Spatial Analyst > Math > Times**
2. Заполните его параметры в соответствии со следующим диалогом и запустите:



## 15.5 Оформление слоя густоты дорожной сети

В начало упражнения ▾

1. Оставьте включенным только слой *kernel\_dens\_100\_x10*
2. Добавьте на карту слой *countries* из базы данных *MapData.gdb*
3. Уберите у него заливку, а обводку установите черной, толщиной 1,5 пикселя.
4. Выделите на карте полигон России.
5. Запустите инструмент **Spatial Analyst > Extraction > Extract by Mask**, чтобы обрезать растр по границе России. Заполните его параметры в соответствии со следующим диалогом:

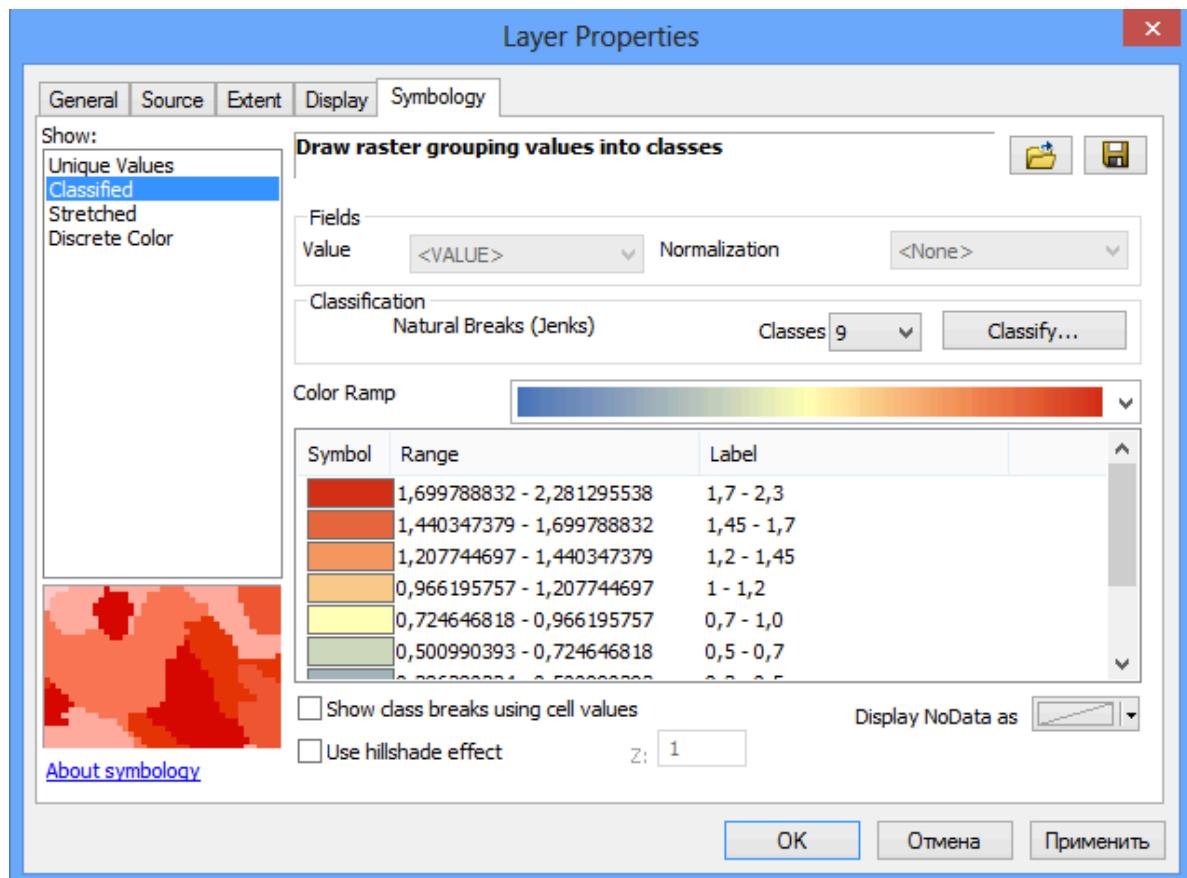


6. Примените к полученному раству следующие настройки отображения:

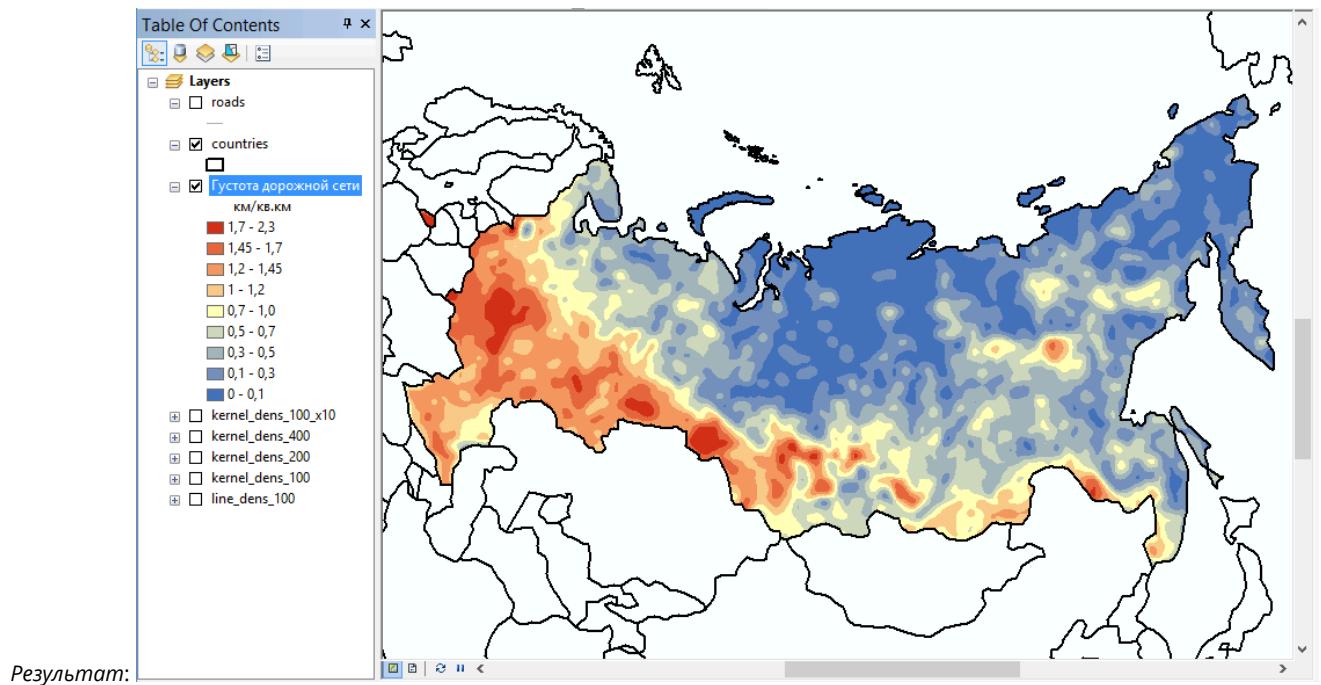
Параметр	Значение
Метод отображения	Classified
Метод классификации	Natural Breaks (Jenks)
Число классов	9
Шкала	От синего к красному

Округлите значения полученных границ классов в столбце *Label* до одного-двух знаков после запятой и **отсортируйте** классы по убыванию значений.

*Результат:*



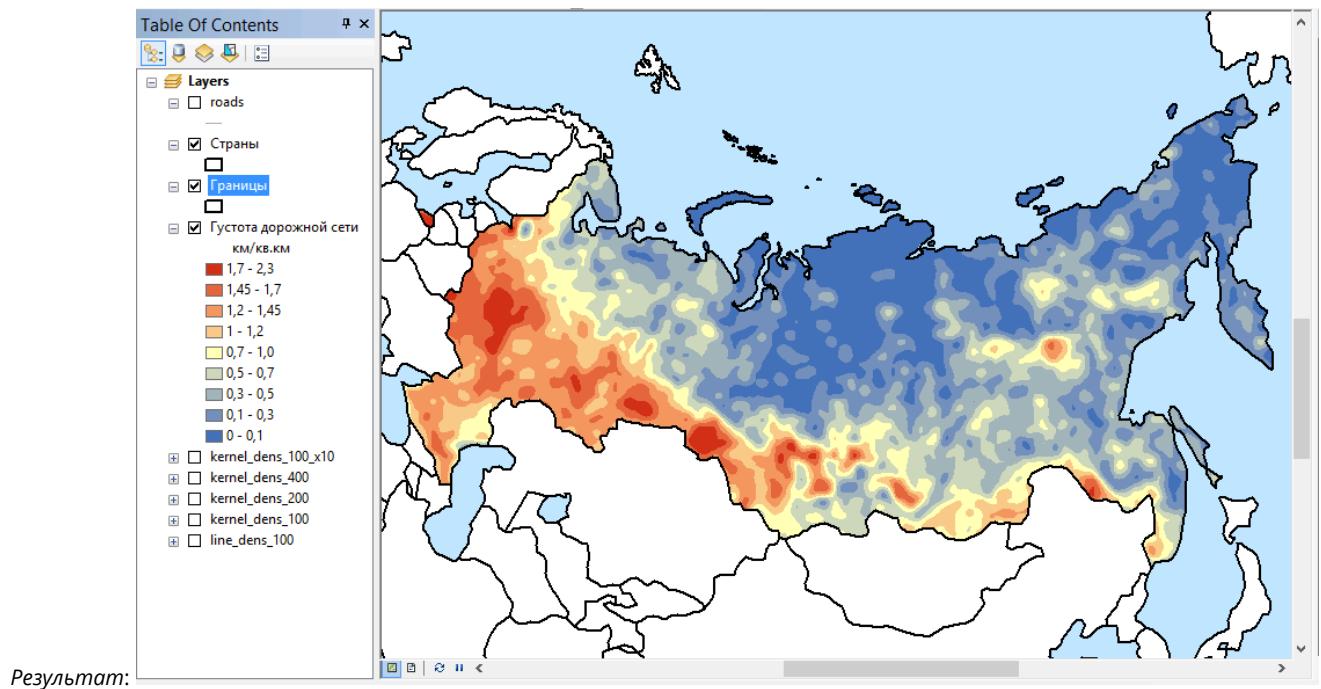
7. **Переименуйте** слой в «Густота дорожной сети», а заголовок показателя в «КМ/КВ.КМ»



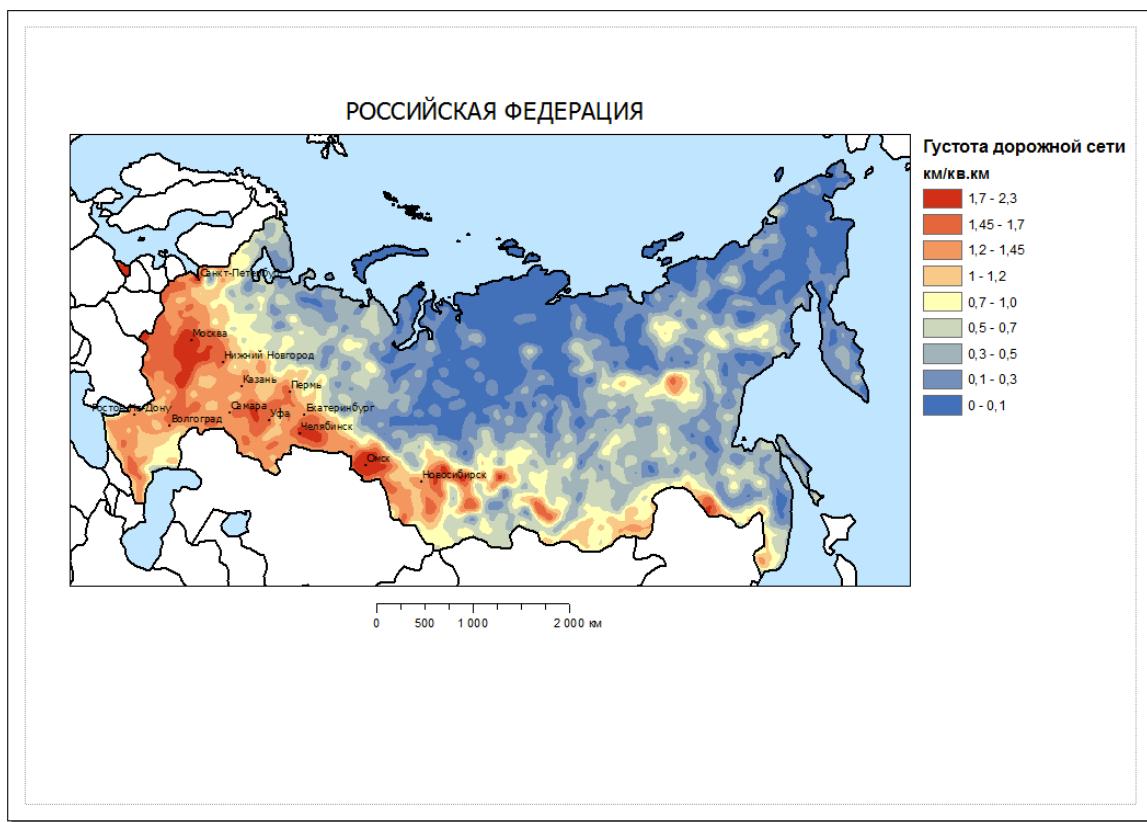
## 15.6 Оформление итоговой карты

В начало упражнения ▾

1. **Выделите** полигоны России, Аральского и Каспийского морей в слое Countries
2. **Инвертируйте** выборку.
3. **Создайте новый слой на основе выборки** и назовите его «Страны». Присвойте ему символ с белой заливкой и черной обводкой толщиной 1,5 пункта.
4. **Переименуйте** исходный слой Countries в “Границы”
5. Установите **заливку фрейма данных** голубого цвета



6. Добавьте на карту слой *Cities*, примените к нему символ черного кружка диаметром 3 пункта и **включите подписи** по полю *Name\_normal* шрифтом *Tahoma* 8 кегля.
7. Оформите компоновку карты в соответствии со следующим образцом:



8. Сохраните документ карты.

## 15.7 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

Ответьте на вопросы в отчетном файле. После окончания положите ваш отчет в сетевую папку для проверки преподавателем.

# Chapter 16

## Интерполяция геополей

### 16.1 Введение

**Цель** — научиться на основе точечных данных восстанавливать поля распределения непрерывных показателей различными способами. Осуществлять визуализацию методом изолиний с послойной окраской, строить профили по полученным поверхностям.

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Построение растровых поверхностей. Интерполяция по данным в нерегулярно расположенных точках. Методы кригинга и сплайнов.
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Настройка сессии.
Исходные данные	Данные дрейфующих буев ARGO на акваторию Северной Атлантики, границы стран мелкомасштабной карты.
Результат	Поверхности температуры за 30.01.2011, построенные различными методами; поверхность кригинга, полуэрафиан.
Ключевые слова	Интерполяция, аппроксимация, гидрометеорологические поля, картографирование, профили.

#### 16.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту границы стран и точки наблюдений, оформить в соответствии с указаниями
- Оценить максимально возможное разрешение раstra
- Построить поверхность методом обратно взвешенных расстояний
- Построить поверхность методом естественного соседа
- Построить поверхность методом сплайнов с натяжением
- Построить поверхности методом полиномиального тренда со степенями 1,2,3,4,5
- Построить поверхность методом кригинга
- Сгладить данную поверхность фильтром с плавающим окном размера 3x3
- Построить изолинии по данной поверхности
- Построить профиль по меридиану 38° з.д.
- Оформить карту с легендой и масштабом

#### 16.1.2 Аннотация

Моделирование физических полей — основа гидрометеорологического картографирования. Типичный рабочий процесс при создании карт температуры, давления, скорости ветра и прочих непрерывных в пространстве явлений заключается в восстановлении поверхности на основе точечных измерений (или модельных значений). Полученные поверхности можно визуализировать, выполнять их анализ, строить профили и разрезы.

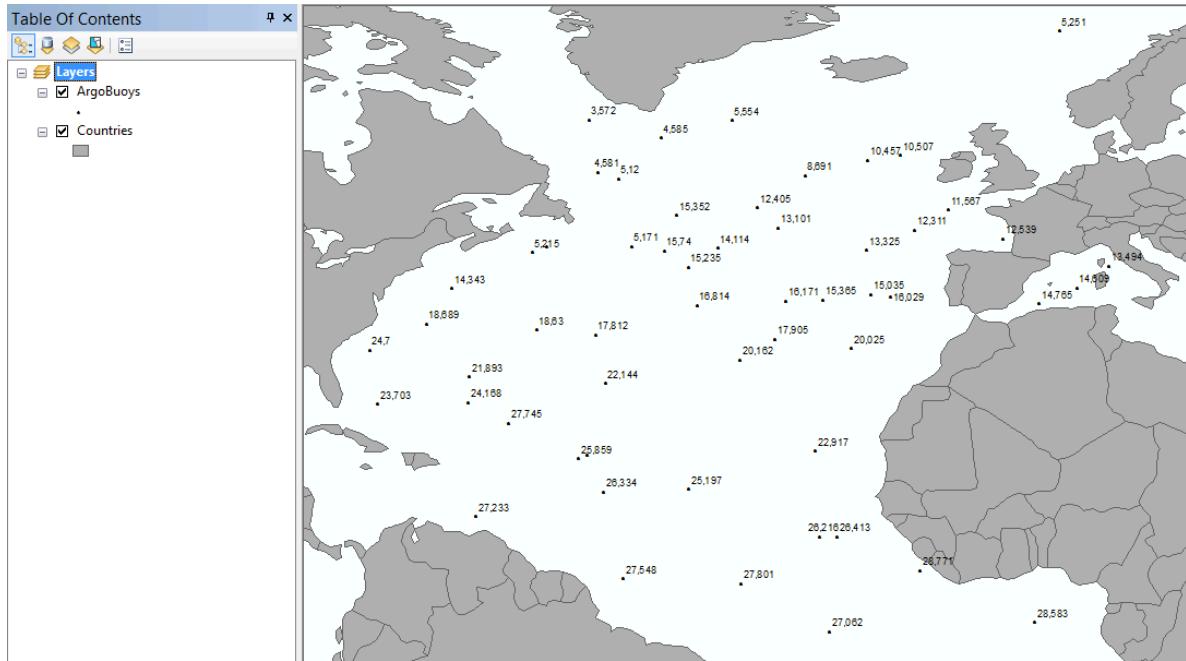
В задании предлагается восстановить поле температуры в Северной Атлантике по данным дрейфующих буев ARGO; проанализировать различия поверхностей, полученных разными методами. В заключении работы необходимо построить профиль и оформить карту в режиме компоновки.

## 16.2 Оформление базовых слоев

В начало упражнения □

1. Скопируйте каталог *Ex16* в свой рабочий каталог.
2. Подключитесь в окне каталога к вашей папке *Ex16*. Убедитесь, что в ней находится база геоданных *Argo.gdb*.
3. Используя контекстное меню базы данных, назначьте ее базой данных по умолчанию.
4. Добавьте на карту слои *ArgoBuoys* и *Countries* и оформите их следующим образом:
  - *ArgoBuoys* — черные кружки диаметром 3 пункта
  - *Countries* — заливка серым цветом 30%, обводка серым цветом 60%
5. Включите подписи слоя *ArgoBuoys* по полю *Temp*, установите размер шрифта равным 7 пунктам.

Картографическое изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №1.** Исходные данные

6. Сохраните документ карты в свою папку под названием *Ex16\_Interpolation.mxd*

## 16.3 Оценка необходимого разрешения растра

В начало упражнения □

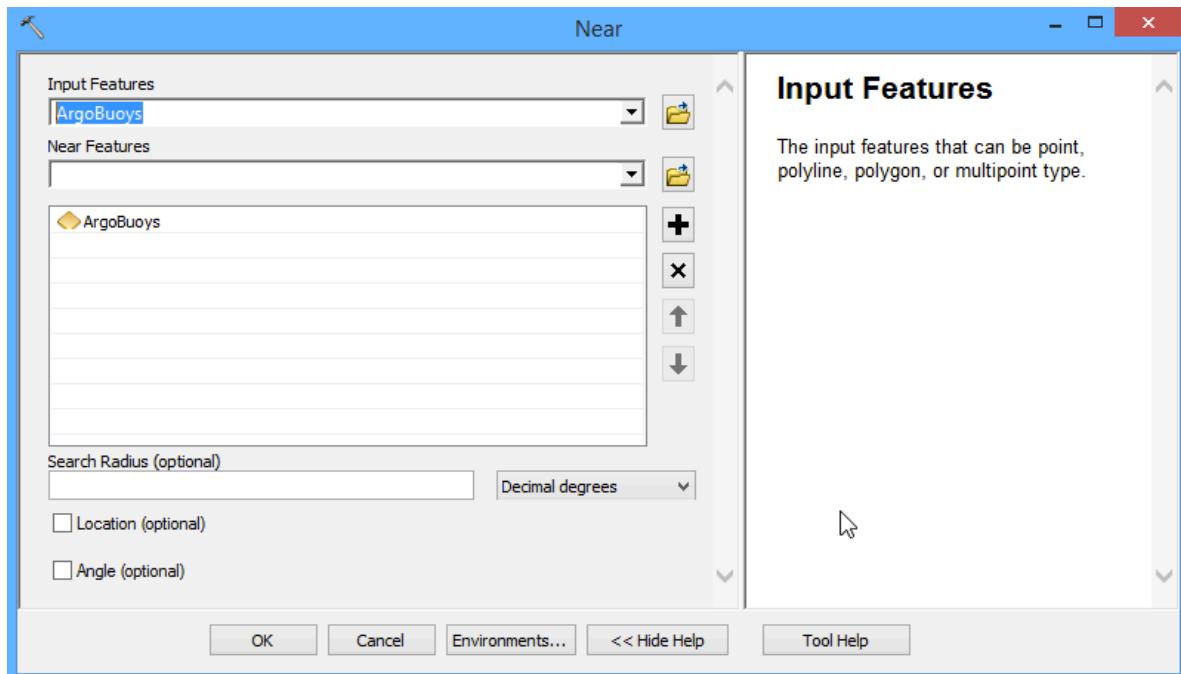
Для оценки минимально необходимого разрешения растра следует вычислить для массива исходных точек среднее расстояние до ближайшего соседа (*Nearest Neighbor Distance*, *NND*), которое дает оценку пространственной частоты. Согласно теореме Котельникова, потеря данных можно избежать, если частота дискретизации будет вдвое

больше максимальной пространственной частоты. Данная частота дискретизации называется *частотой Найквиста*. Интерпретируя это утверждение в терминах растрового анализа, можно сказать, что *разрешение растра R должно быть по крайней мере в 2 раза мельче, чем среднее расстояние до ближайшего соседа*.

1. Запустите инструмент геообработки **Analysis Tools > Proximity > Near** и задайте его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Features</i>	ArgoBuoys
<i>Near Features</i>	ArgoBuoys

Нажмите **OK**:



2. После завершения работы инструмента откройте атрибутивную таблицу слоя *ArgoBuoys* и в контекстном меню заголовка поля *Near\_DIST* выберите команду **Statistics**, чтобы открыть диалог со статистикой поля.
3. Найдите в диалоговом окне строку *Mean* (среднее значение), разделите его пополам и округлите полученное значение в меньшую сторону до ближайшего числа, кратного 0,5. Если все сделано правильно, то в результате должно получиться разрешение 2,5 градуса.

Более подробно с решением проблемы выбора оптимального разрешения растра вы можете ознакомиться в статье Hengl T. Finding the right pixel size // Comput. Geosci. 2006. Vol. 32, № 9. P. 1283–1298.

## 16.4 Интерполяция поверхностей

В начало упражнения □

Используя инструменты геообработки, находящиеся в **ArcToolbox** в группе **Spatial Analyst Tools > Interpolation**, постройте растровые поверхности нижеуказанными методами:

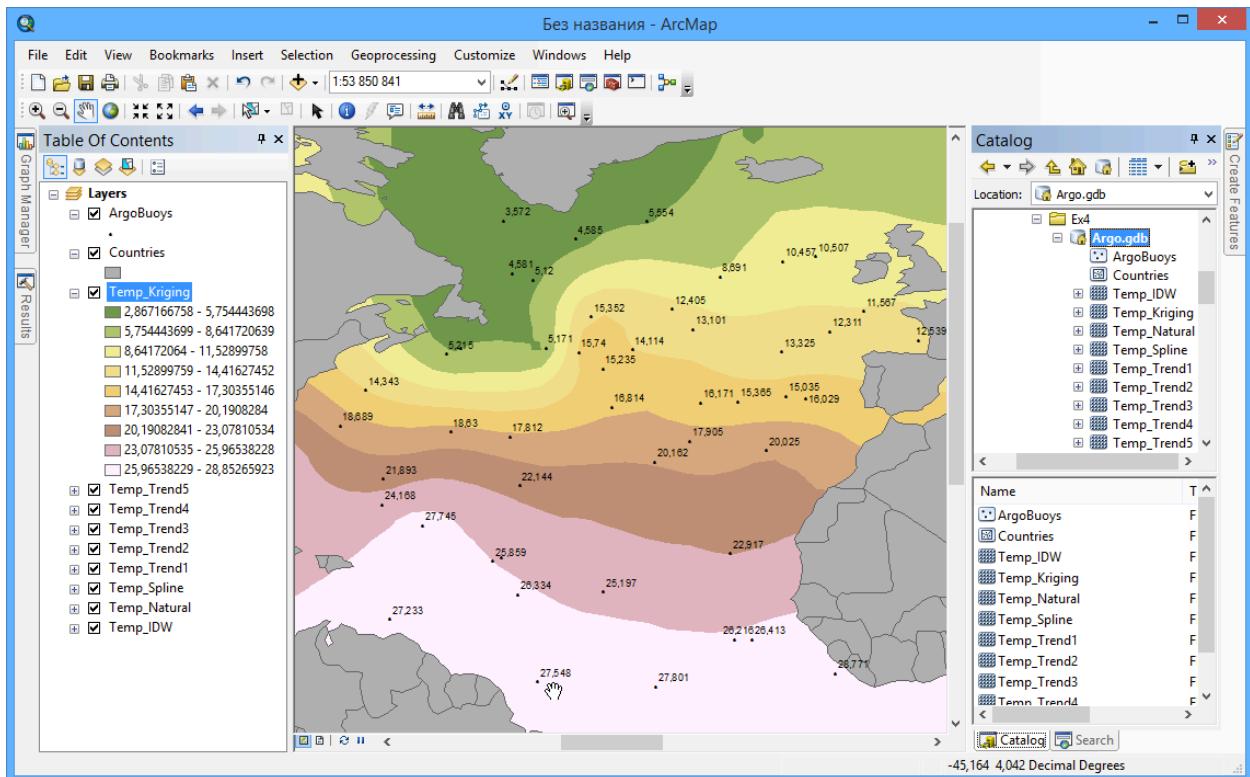
Метод	Инструмент геообработки	Выходной растр
Обратно взвешенных расстояний	<b>IDW</b>	.Ex16/Argo.gdb/Temp_IDW
Естественного соседа	<b>Natural Neighbor</b>	.../Ex16/Argo.gdb/Natural
Сплайнов Кrigинга	<b>Spline</b> <b>Kriging</b>	.../Ex16/Argo.gdb/Spline .../Ex16/Argo.gdb/Temp_Kriging
Тренда 1,2,3,4,5 степеней	<b>Trend</b> (для указания степени полинома используйте параметр Polynomial Order)	.../Ex16/Argo.gdb/Trend1,.../Ex16/Argo.gdb/Trend2,.../Ex16/Argo.gdb/Trend3,.../Ex16/Argo.gdb/Trend4

Используя гиперссылки в таблице, вы можете перейти на страницу справки и изучить принципы работы каждого из методов интерполяции.

Для всех инструментов будут общими следующие параметры:

Параметр	Значение
<i>Input Point Features</i>	ArgoBuoys
<i>Z value field</i>	Temp
<i>Output Cell Size</i>	2,5

Если все выполнено верно, то в вашей базе геоданных и таблице содержания должно появиться 9 новых растр, отражающих поверхность распределения температуры:



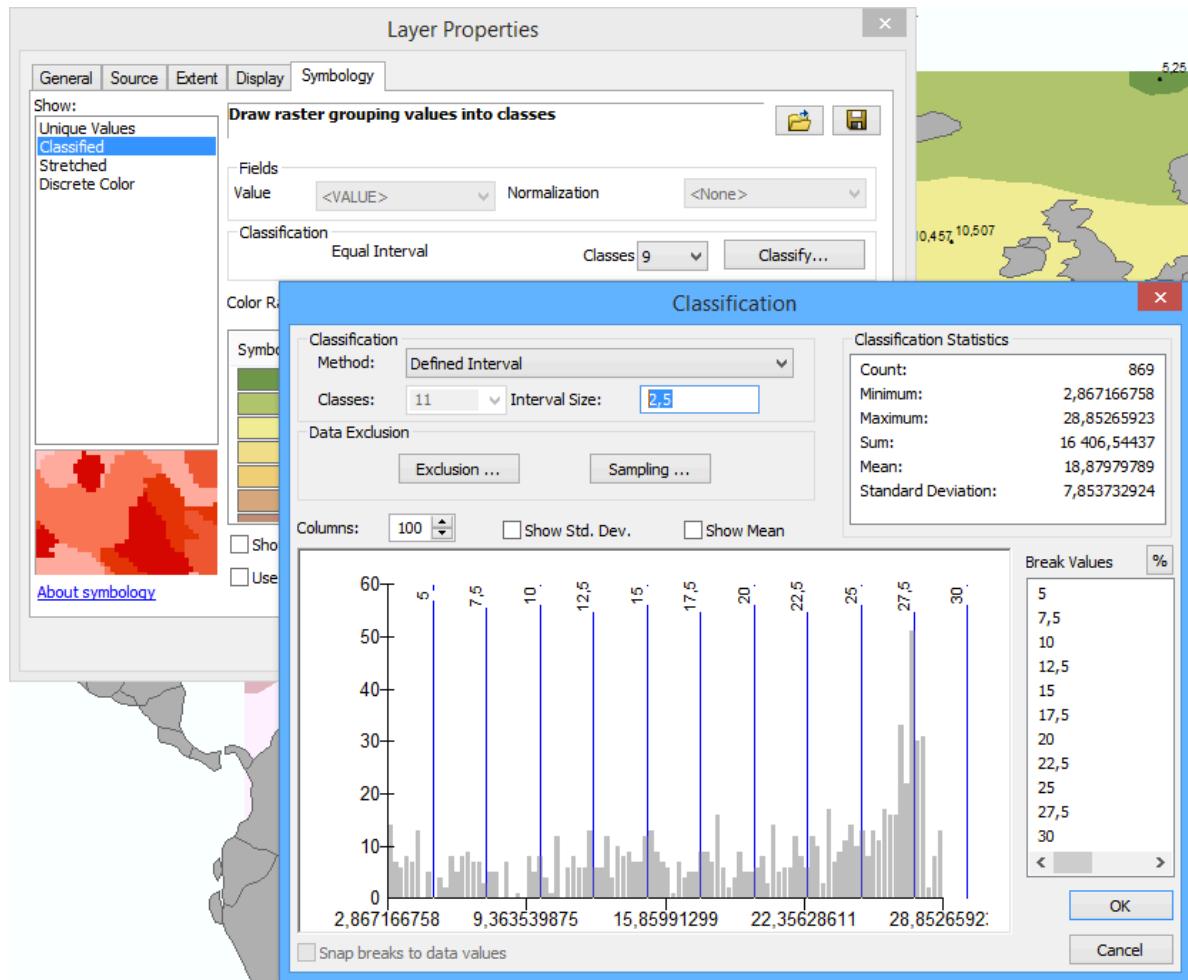
Снимок экрана №2. Построенные поверхности

## 16.5 Настройка отображения поверхностей

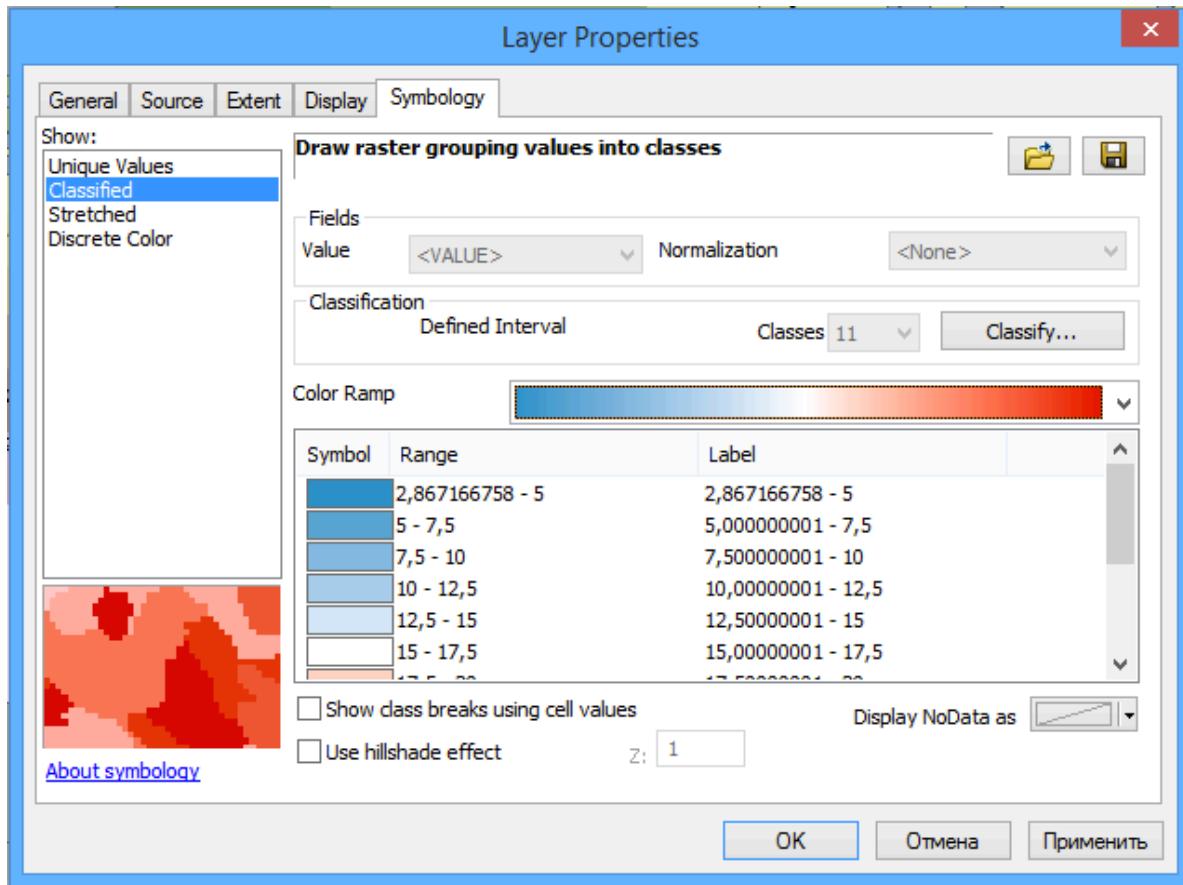
В начало упражнения □

Для того чтобы поверхности можно было сравнивать, необходимо визуализировать их в единой цветовой шкале и с одинаковым шагом температуры. Рассмотрим последовательность действий на примере растра, полученного методом кrigинга:

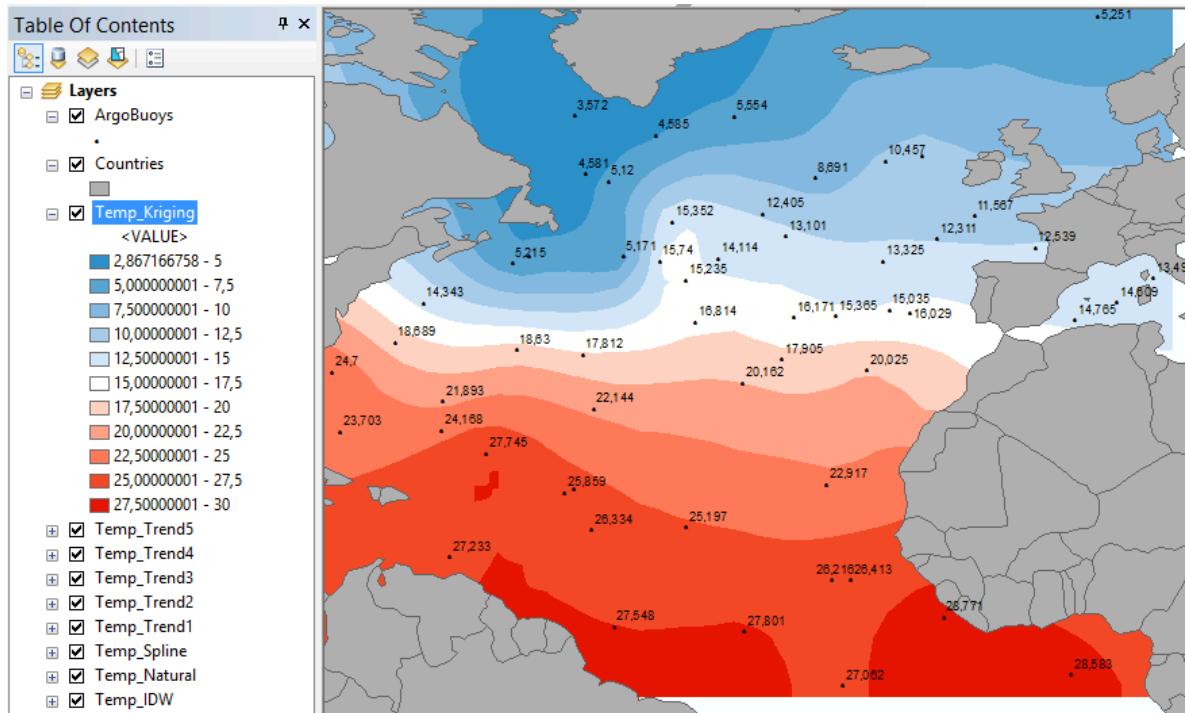
1. Убедитесь, что в свойствах слоя *Temp\_Kriging* на вкладке **Symbology** включен режим отображения *Classified*. Нажмите на этой же вкладке кнопку **Classify...**
2. В появившемся диалоге выберите метод классификации *Defined* (заданный интервал), установите интервал равным 2,5 метра и нажмите **OK**:



3. Выберите сине-бело-красную шкалу для отображения температуры. Диалог свойств слоя примет следующий вид:



4. Нажмите **OK**. Картографическое изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №3.** Поле температуры методом кригинга

5. Повторите эту операцию для оставшихся растров.
6. Поочередно включая только нужный растр (так чтобы на карте был виден именно он) сделайте снимки экрана:

**Снимок экрана №4.** Поле температуры методом обратно взвешенных расстояний

**Снимок экрана №5.** Поле температуры методом естественного соседа

**Снимок экрана №6.** Поле температуры методом сплайнов

**Снимок экрана №7.** Поле температуры методом тренда 1 степени

**Снимок экрана №8.** Поле температуры методом тренда 2 степени

**Снимок экрана №9.** Поле температуры методом тренда 3 степени

**Снимок экрана №10.** Поле температуры методом тренда 4 степени

**Снимок экрана №11.** Поле температуры методом тренда 5 степени

## 16.6 Сглаживание поверхности, полученной методом кригинга

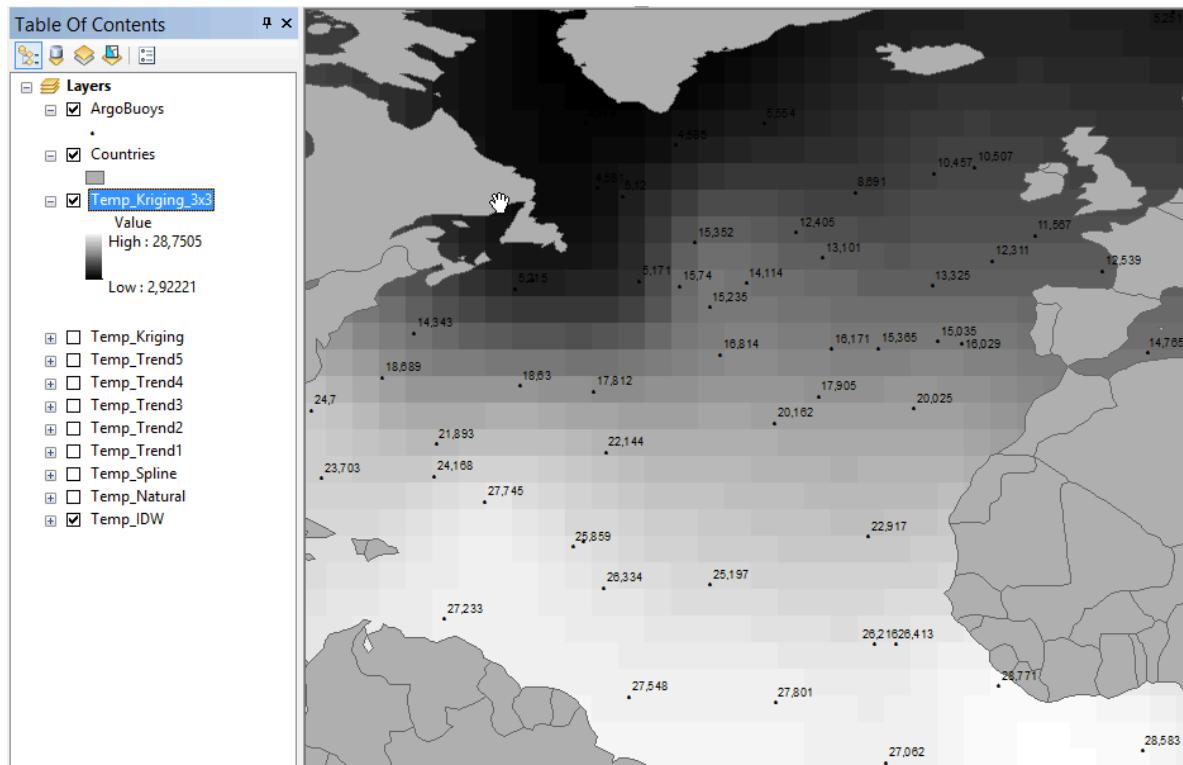
В начало упражнения □

Мелкие неровности поверхности, обусловленные методом интерполяции, можно устранить с помощью сглаживания. Для этого часто используется фильтрация с помощью плавающего окна.

1. Отключите все растры кроме построенного методом кригинга.
2. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Neighborhood > Focal Statistics** и настройте его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Raster</i>	Temp_Kriging
<i>Output Raster</i>	Ex16\Argo.gdb\Temp_Kriging_3x3

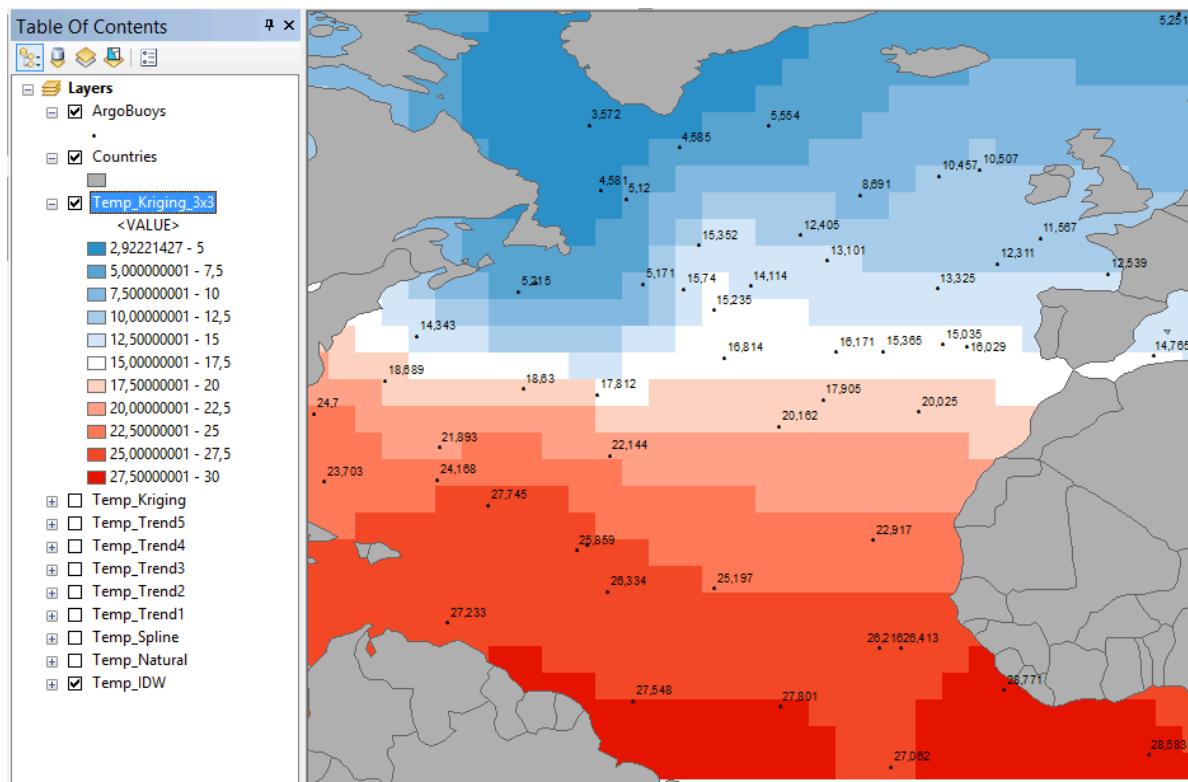
Остальные параметры (включая размер окна 3×3) оставьте по умолчанию. Нажмите **OK**. После выполнения сглаженный растр будет добавлен в таблицу содержания:



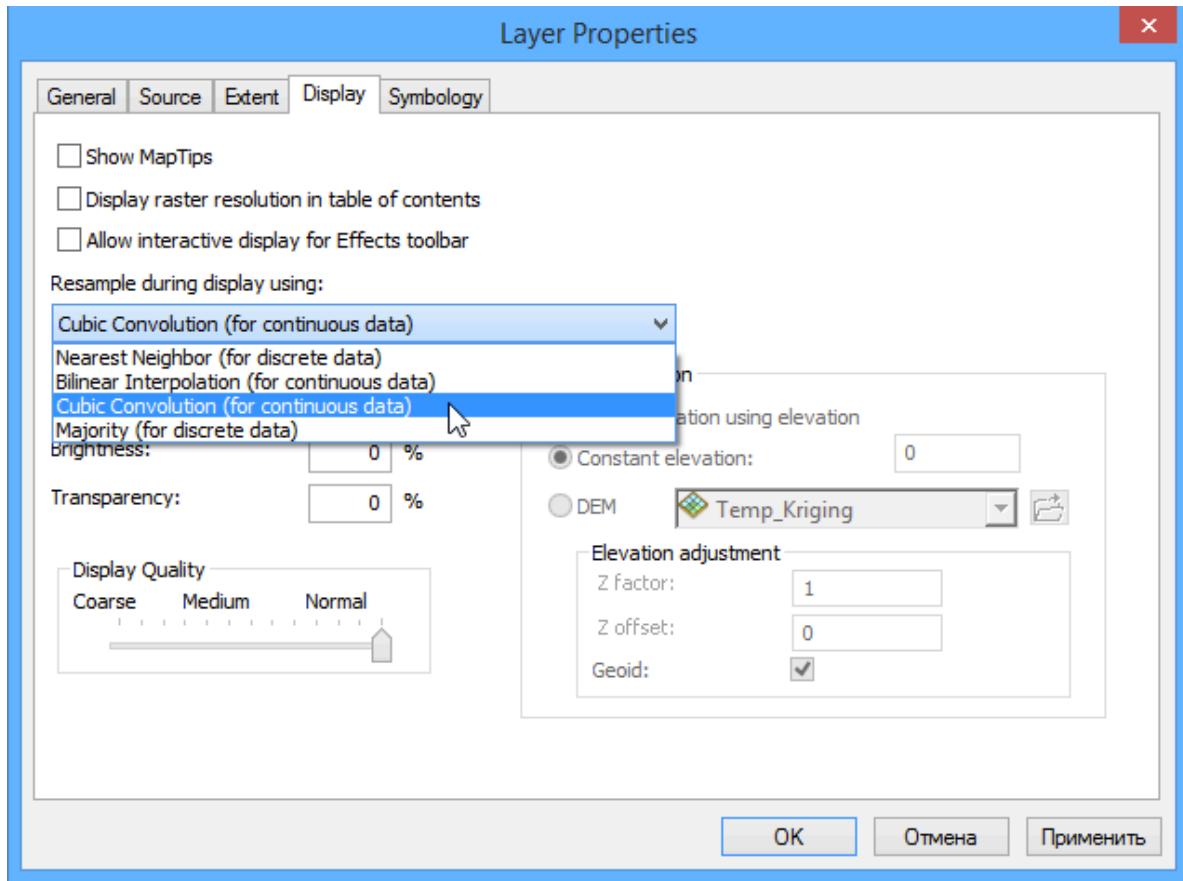
Обратите внимание на размер ячейки.

3. Визуализируйте сглаженный растр аналогично созданным ранее растром. Для этого вам потребуется сменить способ его отображения на **Classified**.

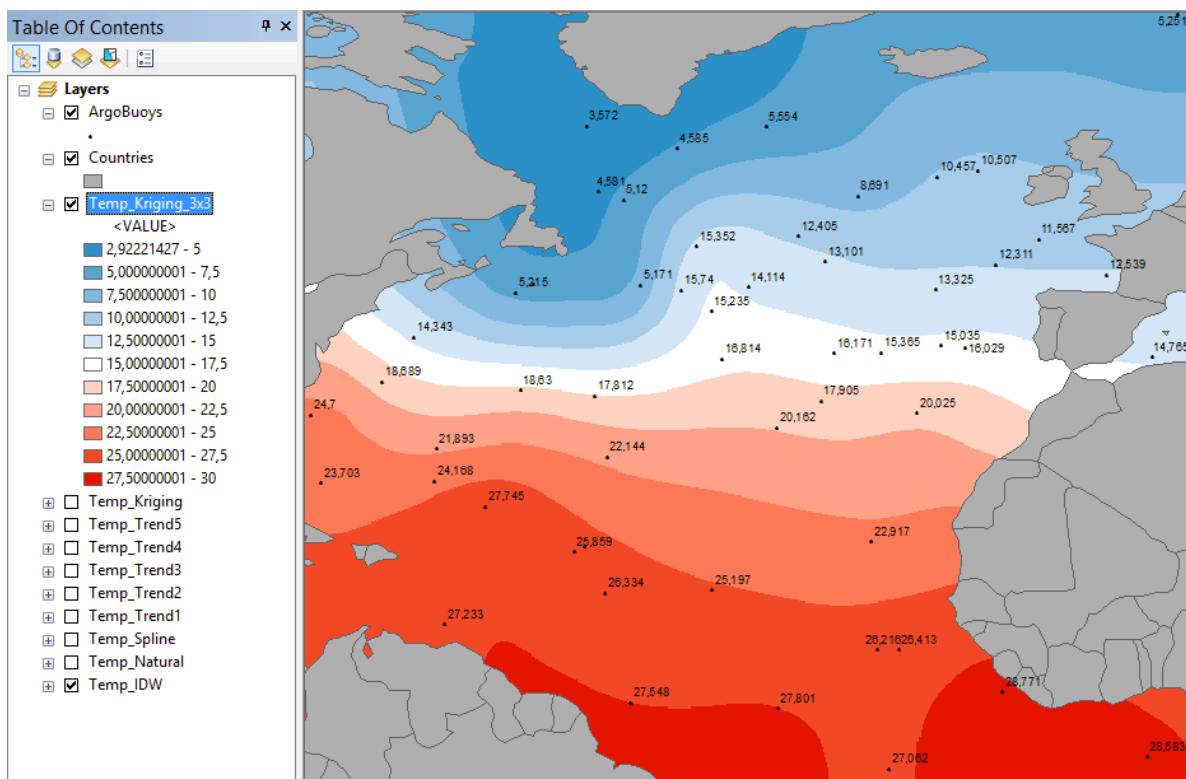
4. Нажмите **OK**. Изображение примет цветной, но по прежнему пикселизованный вид:



5. Дважды щелкните на слое *Temp\_Kriging\_3x3*, перейдите на вкладку **Display** и установите режим передискретизации слоя **Cubic Convolution** (кубическая свертка):



6. Нажмите **OK**. Изображение примет более привычный гладкий вид непрерывной поверхности:



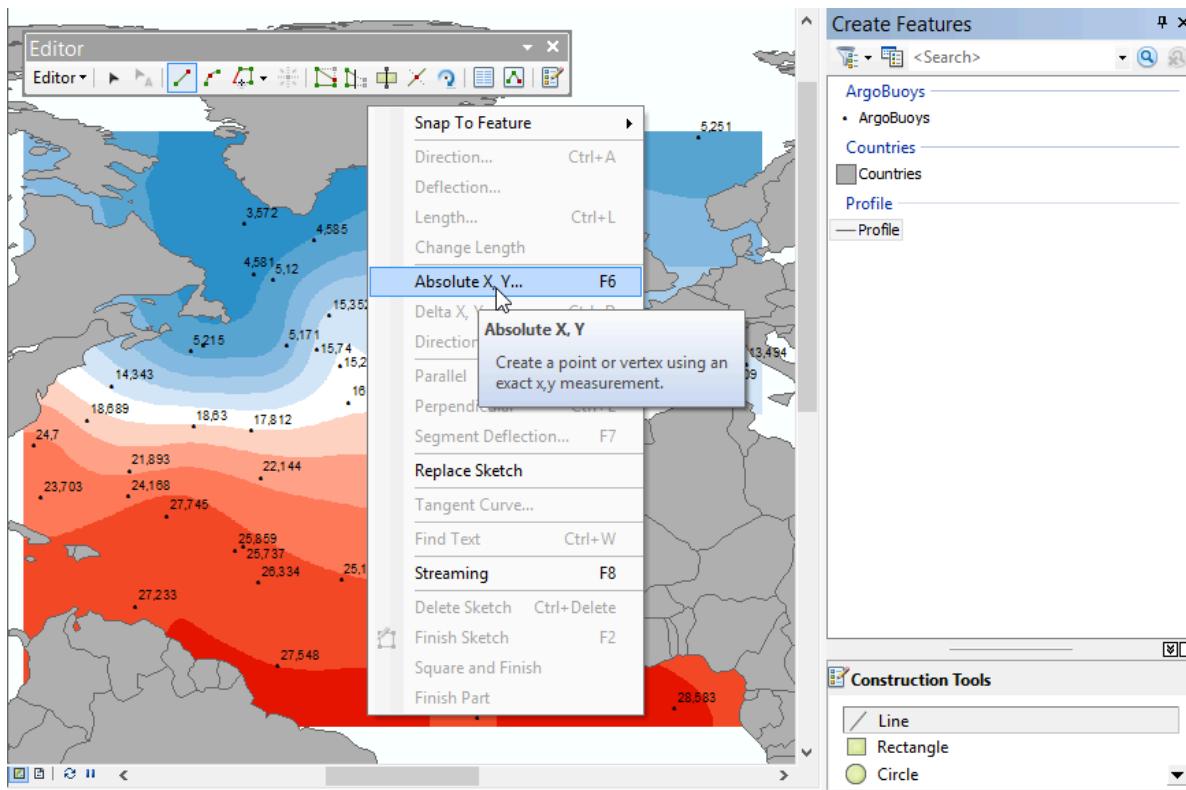
**Снимок экрана №12.** Сглаженная поверхность поля температуры

## 16.7 Построение линии профиля

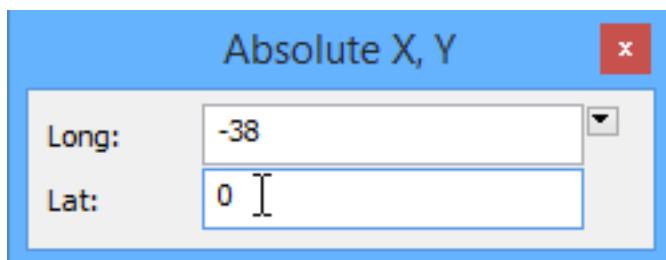
В начало упражнения □

Распространенная задача при анализе полей температуры, солености, давление — построение профилей или разрезов. Вам предлагается построить профиль температуры по меридиану 38° з.д.

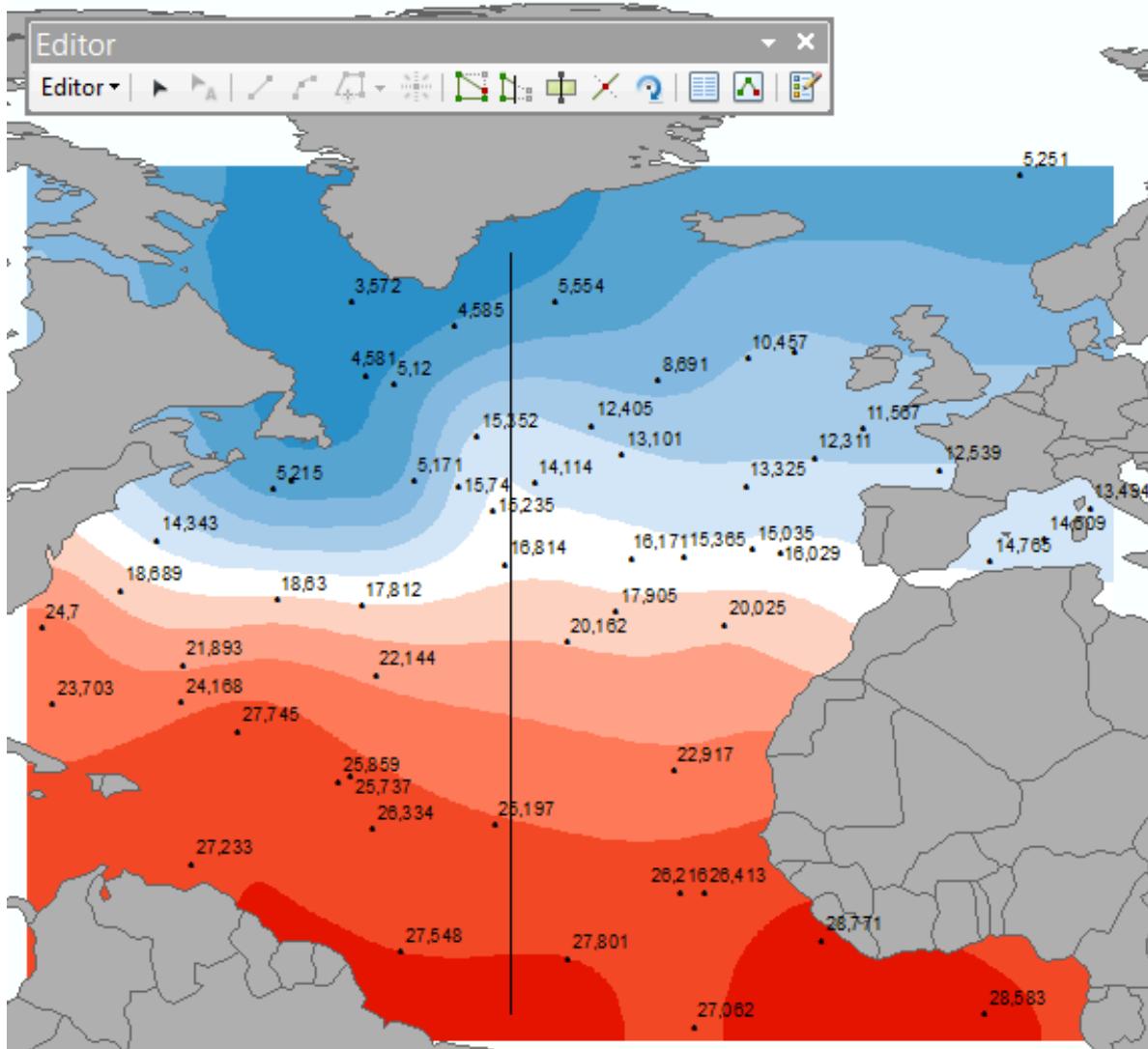
1. Создайте в базе геоданных Argo линейный класс пространственных объектов с названием *Profile* и системой координат WGS84 из группы **Geographic Coordinate Systems > World**.
2. Добавьте этот слой на карту и смените его символ на линию черного цвета.
3. Включите режим редактирования.
4. Выберите в окне **Create Features** слой **Profiles** и щелкните правой кнопкой мыши на карте. В появившемся диалоге выберите команду **Absolute X,Y** чтобы задать координаты первой точки профиля:



5. В появившемся мини-диалоге введите значения для долготы и широты соответственно -38 и 0 и нажмите на клавиатуре Enter.



6. Повторите эту операцию для ввода конечной точки профиля (координаты -38 и 63 соответственно)
7. Нажмите на клавиатуре F2, чтобы завершить создание линии:



8. Завершите сеанс редактирования, выбрав на панели **Editor** команду **Editor > Stop Editing**.

## 16.8 Определение температур по линии профиля

В начало упражнения □

Для построения профиля вдоль созданной линии необходимо перенести величины температур с поверхности на узлы линии профиля. Для этого можно воспользоваться функцией интерполяции объектов.

Интерполяция объектов позволяет перенести информацию с поверхности на перекрывающиеся с ней объекты. В частности, при интерполяции линии каждый ее узел получит значение, интерполированное в той же точке с поверхности растра.

1. Запустите инструмент **3D Analyst Tools > Functional Surface > Interpolate Shape** и заполните его параметры следующим образом:

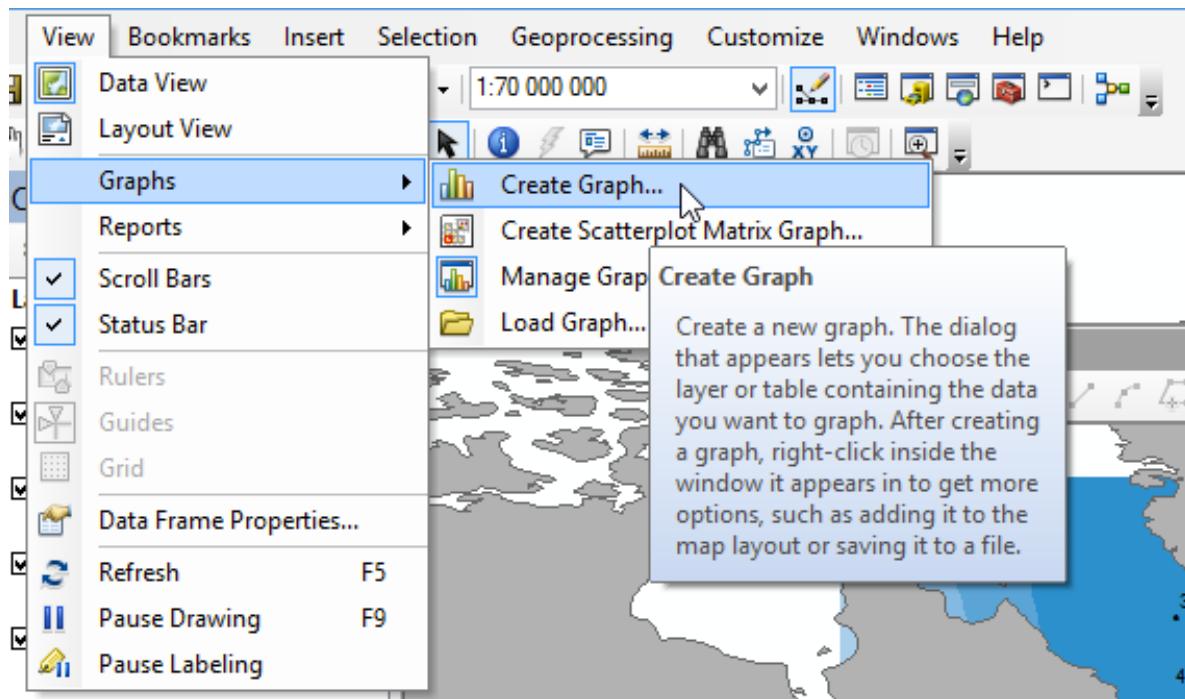
Параметр	Значение
<i>Input Surface</i>	Temp_Kriging_3x3
<i>Input Feature Class</i>	Profile
<i>Output Feature Class</i>	.Ex16\Argo.gdb\Profile_Temp

Остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите **OK**.

2. Для корректного отображения широты конвертируйте линию в точки. Для этого запустите инструмент **Data Management Tools > Features > Feature Vertices to Points**. Назовите выходной класс *Profile\_Temp\_Pts*.
3. Добавьте в точки значения широты, долготы и температуры. Для этого воспользуйтесь инструментом **Data Management Tools > Features > Add XY Coordinates**.
4. Откройте атрибутивную таблицу получившегося слоя. Она должна иметь следующий вид:

OBJECTID *	SHAPE *	ORIG_FID	POINT_X	POINT_Y	POINT_Z
1	Point Z	1	-38	0	27,8509
2	Point Z	1	-38	2,423077	27,7265
3	Point Z	1	-38	4,846154	27,4788
4	Point Z	1	-38	7,269231	27,1044
5	Point Z	1	-38	9,692308	26,612
6	Point Z	1	-38	12,115385	26,0333
7	Point Z	1	-38	14,538462	25,3969
8	Point Z	1	-38	16,961538	24,7293
9	Point Z	1	-38	19,384615	24,0478
10	Point Z	1	-38	21,807692	23,3654
11	Point Z	1	-38	24,230769	22,613
12	Point Z	1	-38	26,653846	21,7716

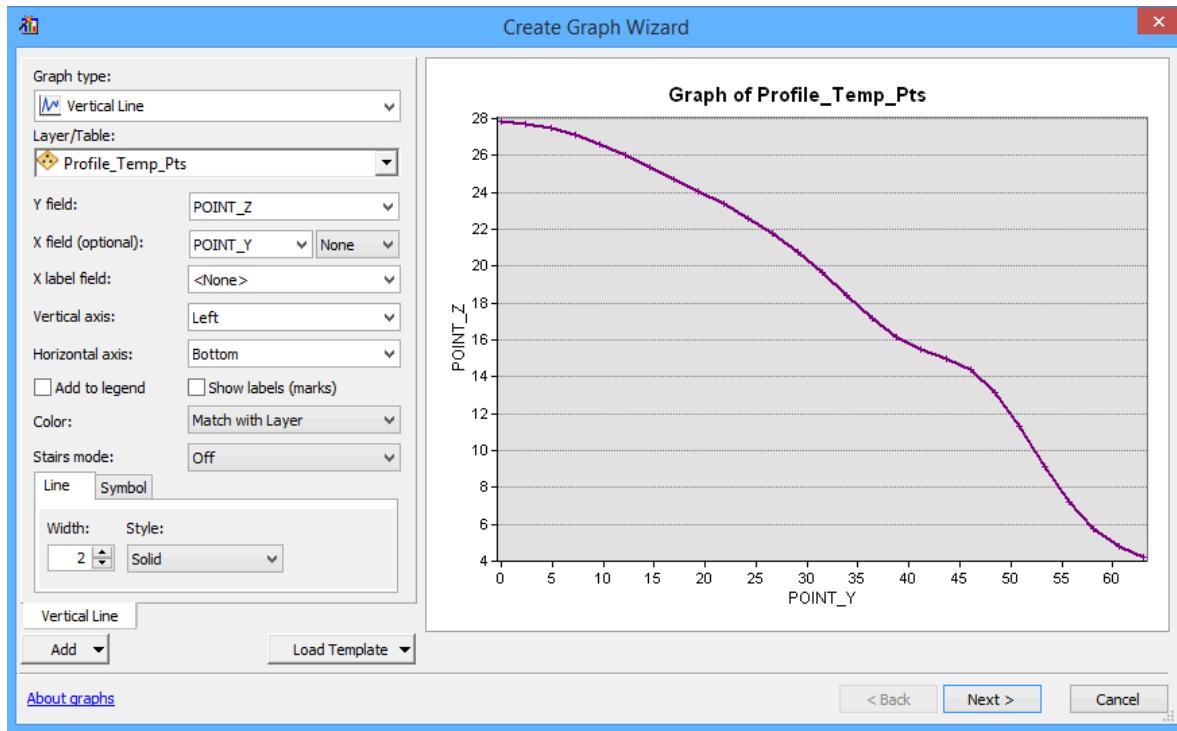
5. Выберите команду меню **View > Graphs > Create Graph**:



6. Настройте параметры графика следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Graph Type</i>	Vertical Line
<i>Layer/Table</i>	Profile_Temp_Pts
<i>Y Field</i>	POINT_Z
<i>X Field</i>	POINT_Y
<i>Add to Legend</i>	Отключено

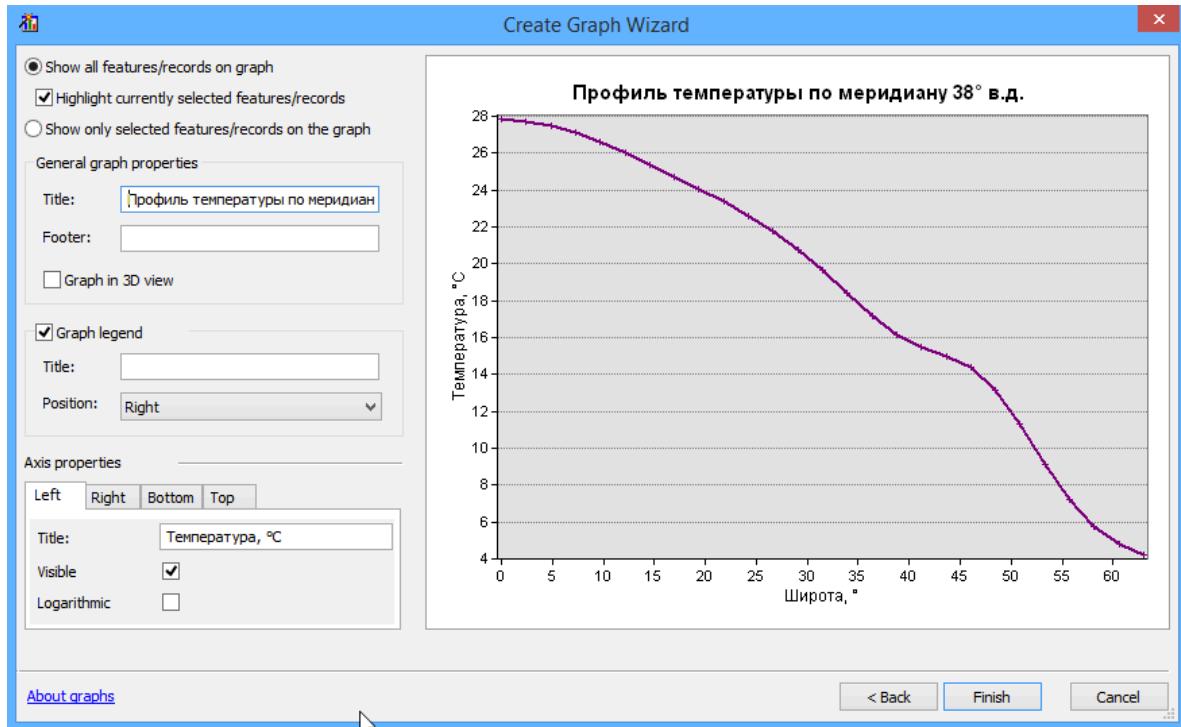
Диалог примет следующий вид:



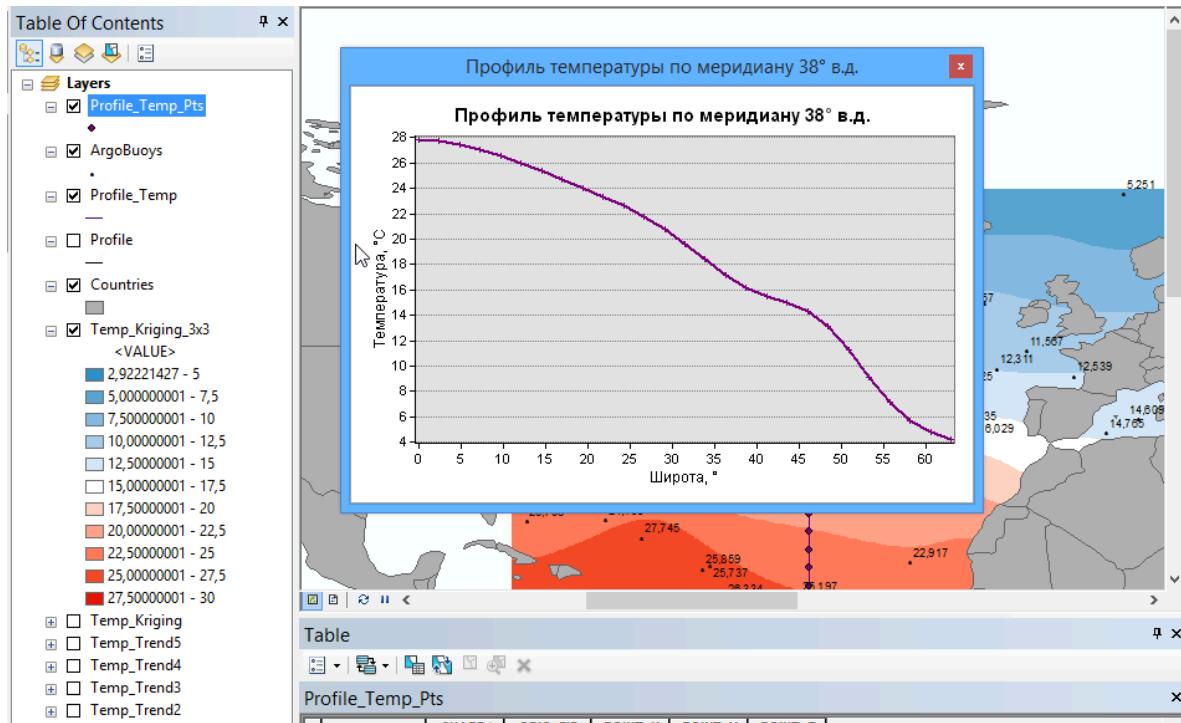
7. Нажмите **Next** и настройте отображение графика следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Title</i>	Профиль температуры по меридиану 38° з.д.
<i>Axis Properties &gt; Left</i>	Температура, °C
<i>Axis Properties &gt; Bottom</i>	Широта, °

Диалог примет следующий вид:



8. Нажмите **Finish**. Построенный профиль будет добавлен в окно приложения:

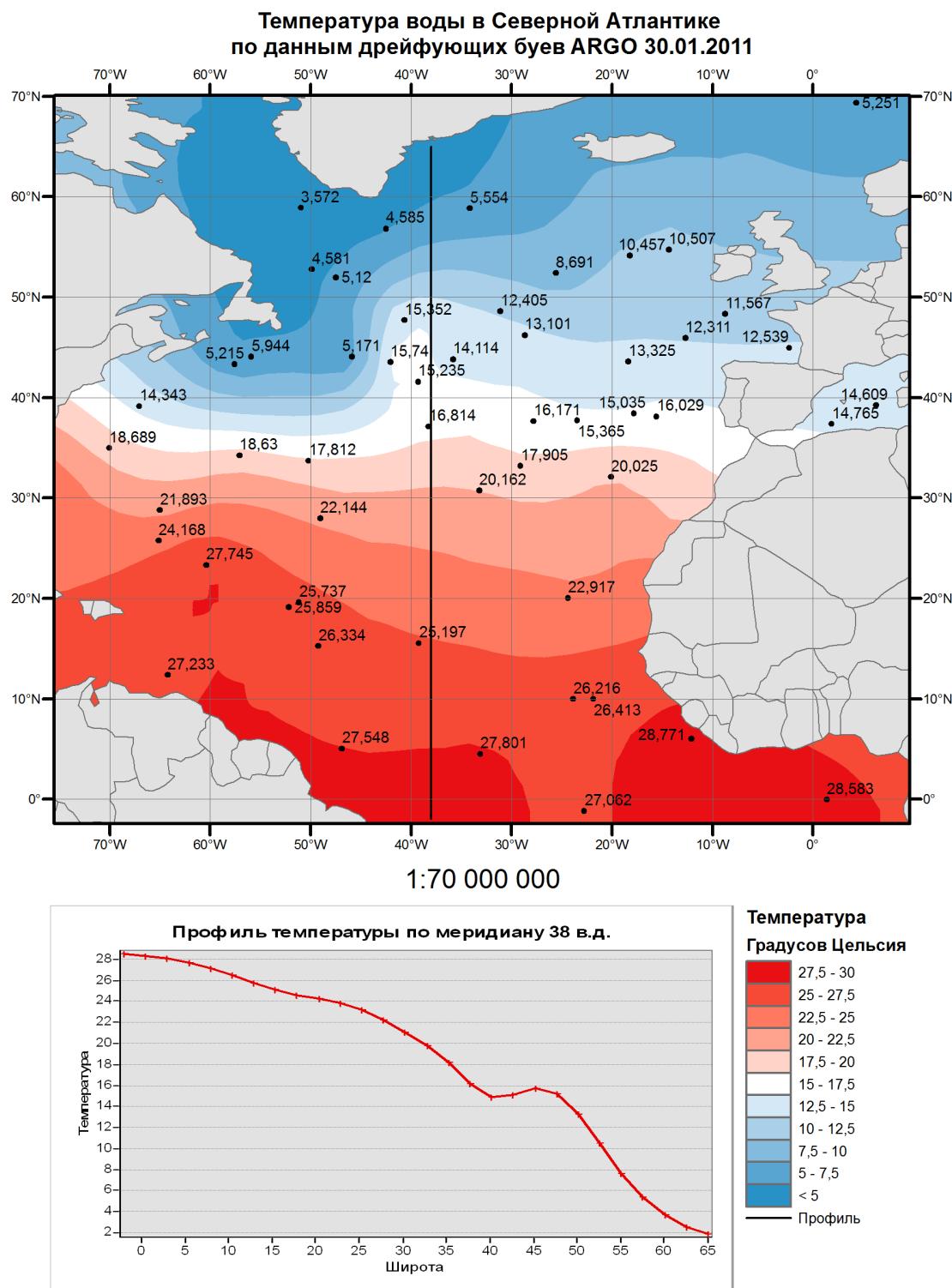


Снимок экрана №13. Профиль температуры

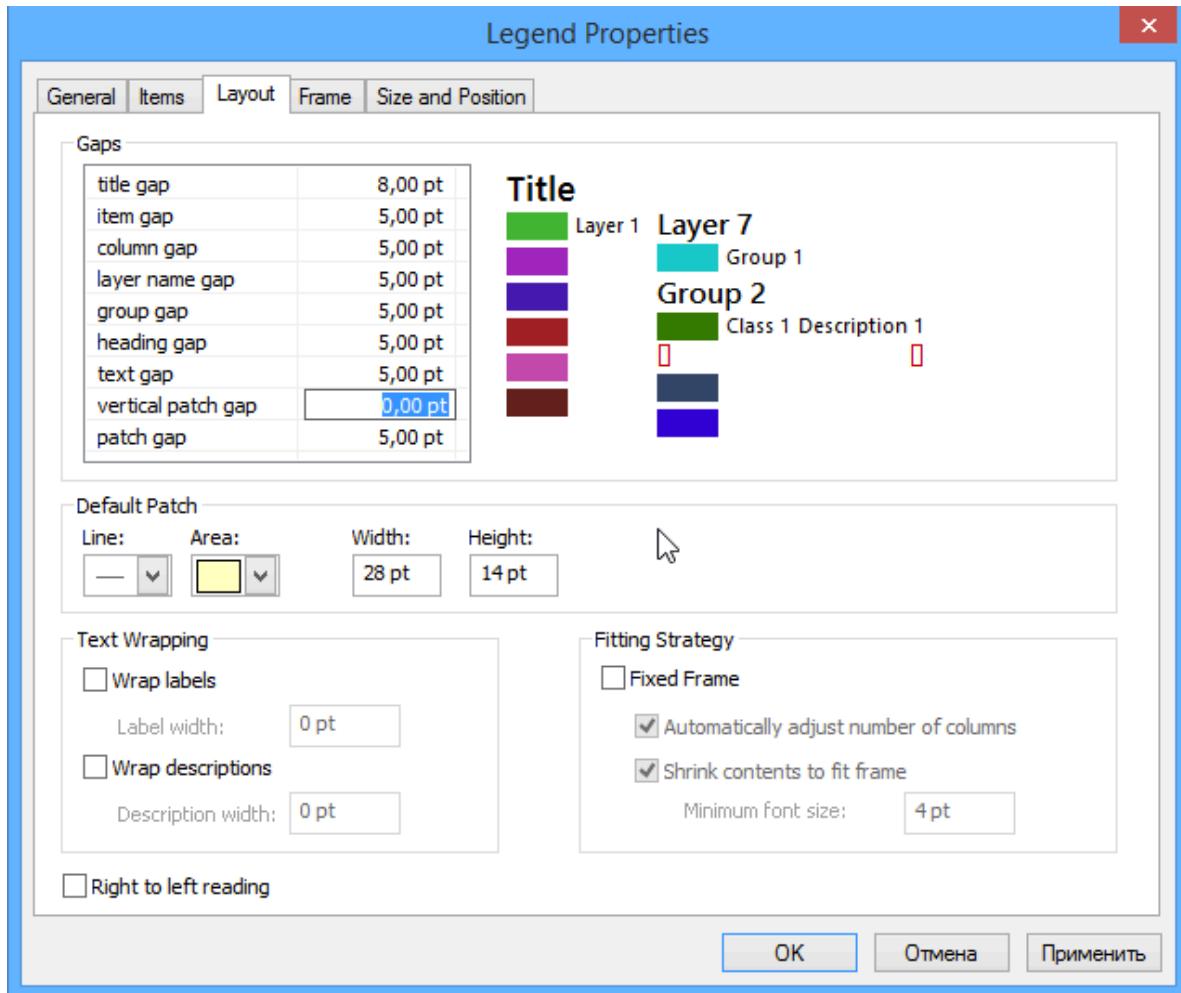
## 16.9 Оформление карты

В начало упражнения □

1. Переключитесь в режим компоновки.
2. Установите масштаб равным 1:70 000 000.
3. Щелкните на профиле правой кнопкой мыши и выберите команду **Add To Layout**, чтобы добавить его на страницу компоновки.
4. Оформите карту в соответствии с нижеприведенным изображением. Добавьте на нее название, легенду и численный масштаб:



Для установки нулевого расстояния между плашками цветовой шкалы дважды щелкните на легенде, перейдите на вкладку **Layout** и установите параметр **Vertical Patch Gap** равным **0 pt**:



5. Экспортируйте изображение в файл формата *PNG* и вставьте его в отчет.

6. Сохраните документ карты.

## 16.10 Ответы на вопросы

В начало упражнения ▾

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.



## Chapter 17

# Гидрологический анализ цифровой модели рельефа

### 17.1 Введение

**Цель** — научиться на основе цифровой модели рельефа выделять водотоки и их водосборные бассейны в автоматическом режиме. Осуществлять расчет статистики по высотам в рамках выделенных бассейнов

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Растровая модель пространственных данных. Цифровые модели рельефа (ЦМР) и их типы, построение ЦМР
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Настройка с
Исходные данные	Цифровая модель рельефа по данным топографической карты масштаба 1:200 000.
Результат	Карта водотоков и их водосборных бассейнов, построенная по ЦМР, с указанием средней высоты каждого б
Ключевые слова	Цифровая модель рельефа, гидрологический анализ ЦМР.

#### 17.1.1 Контрольный список

- Добавить на карту цифровую модель рельефа и визуализировать ее методом послойной окраски
- Построить растр направлений тока
- Построить растр площади водосбора
- Выделить тальвеги путем запроса
- Присвоить тальвегам порядок по методу Стралера
- Векторизовать тальвеги
- Получить устья тальвегов
- Разделить устья впадающих водотоков
- Привязать полученные точки к раству аккумуляции тока
- Построить водосборные бассейны
- Конвертировать полученные бассейны в векторный вид
- Рассчитать статистику по высотам в пределах бассейнов
- Привязать рассчитанную статистику к площадям бассейнов
- Подписать бассейны по значению средней высоты
- Завершить оформление карты в режиме компоновки

### 17.1.2 Аннотация

Цифровые модели рельефа играют важную роль в гидрологическом и геоморфологическом анализе. Одно из основных приложений ЦМР, позволивших значительно упростить анализ речных систем, — это автоматизированное построение водосборов и расчет их морфометрических характеристик.

В задании вам предстоит автоматически выделить тальвеги и водосборы по цифровой модели рельефа. Тальвеги будут классифицированы вами согласно их порядкам, а для каждого бассейна определена средняя высота. Задание завершается оформлением карты в режиме компоновки.

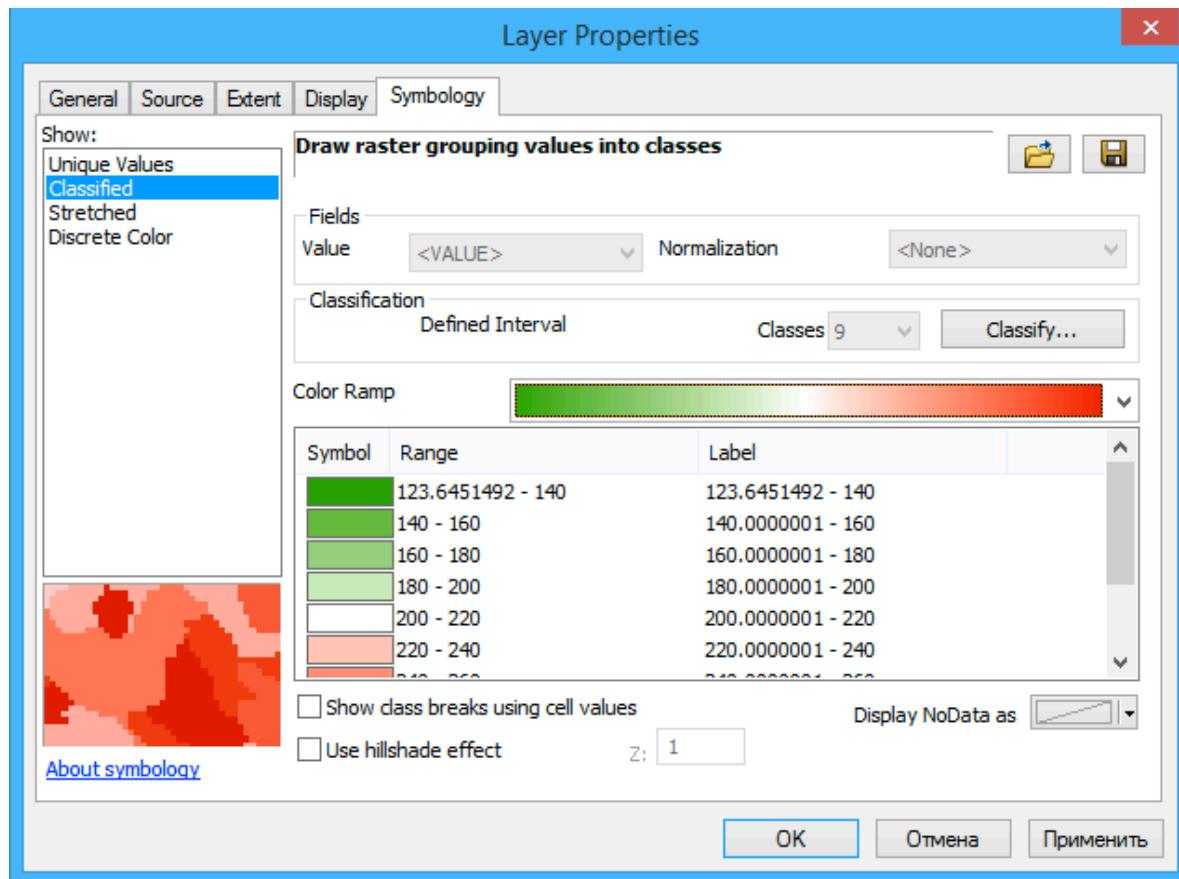
## 17.2 Оформление данных

В начало упражнения ▾

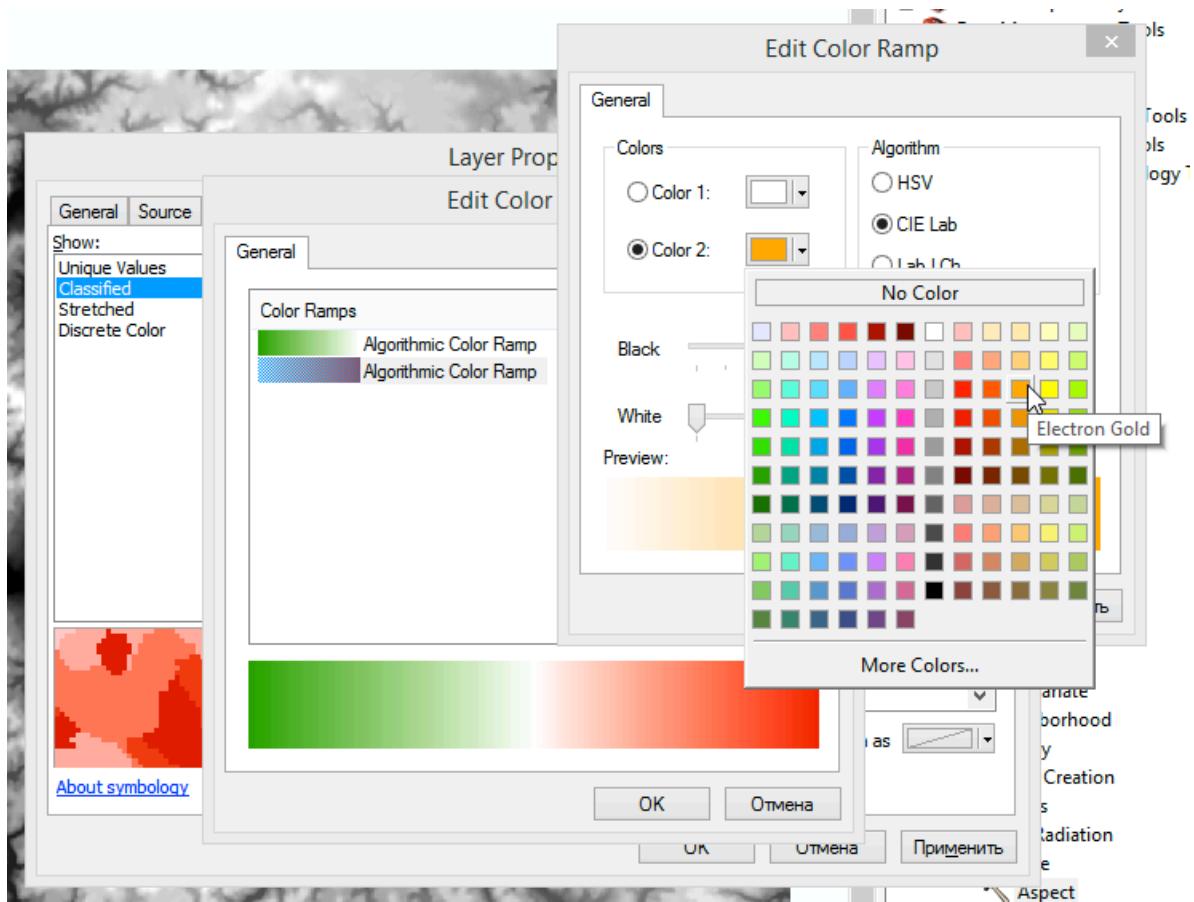
1. Скопируйте каталог *Ex17* в свою папку.
2. Подключитесь в окне каталога к вашей папке *Ex17*. Убедитесь, что в ней находится база геоданных *Ex17.gdb*.
3. Используя контекстное меню базы данных, назначьте ее базой данных по умолчанию.
4. Добавьте на карту слой *dem*. Это цифровая модель рельефа в растровом формате.
5. Измените оформление слоя следующим образом:

Параметр	Значение
Способ отображения	Classified
Интервал	С равным шагом (Defined Interval), сечение 20 м.
Цветовая шкала	Scale_termo2: 

Диалог примет следующий вид:



6. Измените красный цвет шкалы на оранжевый. Для этого в контекстном меню цветовой шкалы выберите команду **Properties....**. В появившемся диалоге дважды щелкните на бело-красном градиенте и замените красный цвет на оранжевый *Electron Gold*:



7. Завершите настройку шкалы, нажав **OK** и еще раз **OK**.
8. Измените сортировку значений на вкладке **Symbology** таким образом, чтобы вверху оказались самые большие высоты. Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалог настройки слоя.
9. Измените название слоя *dem* на «Послойная окраска».
10. Дополнительно к послойной окраске постройте горизонтали, чтобы усилить пластику рельефа. Для этого запустите инструмент геообработки **Spatial Analyst Tools > Surface > Contour** и заполните его параметры следующим образом:

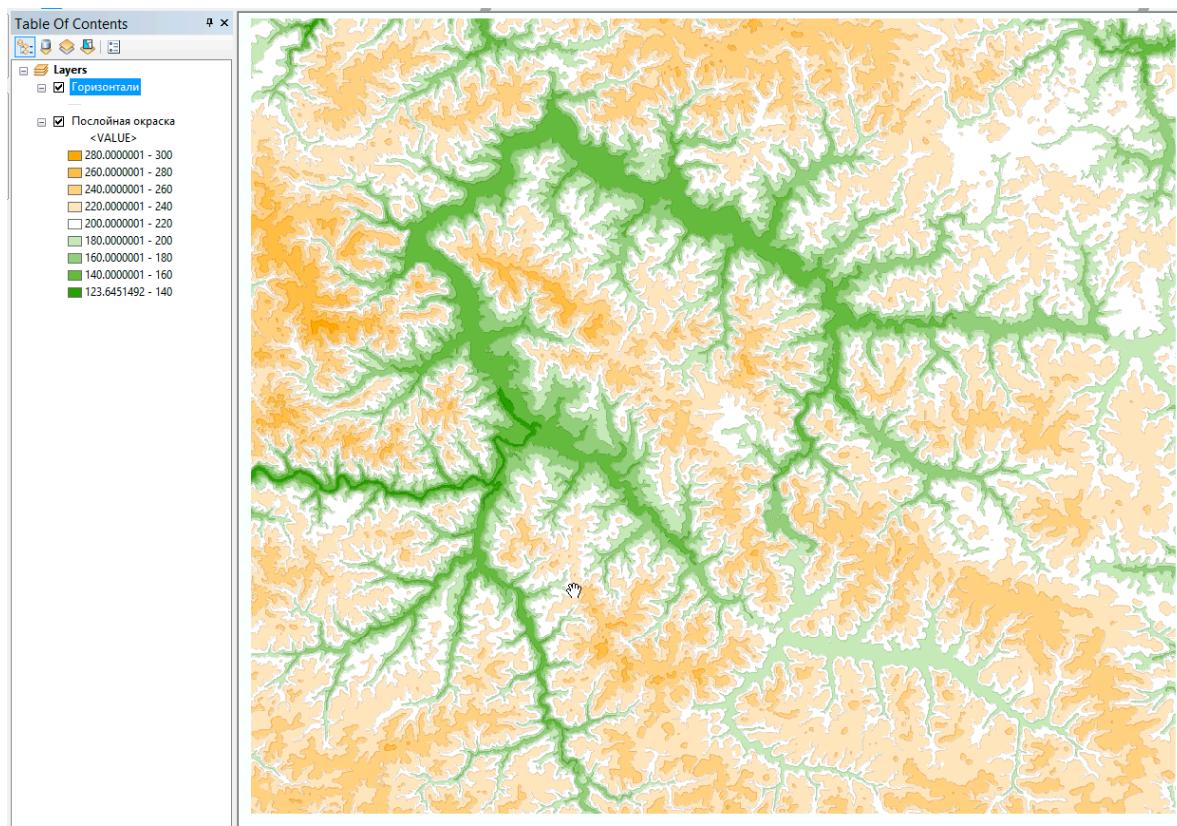
Параметр	Значение
<i>Input Raster</i>	Послойная окраска
<i>Output Polyline Features</i>	...\Ex17\Ex17.gdb\contours
<i>Contour interval</i>	20

Величина сечения рельефа указывается в параметре **Contour Interval**. Остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите **OK**. Полученный слой будет добавлен на карту.

11. Переименуйте слой в «Горизонтали» и измените его оформление следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Цвет линии</i>	Черный
<i>Толщина линии</i>	0,2
<i>Прозрачность</i>	90%

Изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №1.** Изображение рельефа методом горизонталей с послойной окраской

Сохраните документ карты в свою папку *Ex17* под именем *Ex17\_DemAnalysis.mxd*.

## 17.3 Направление тока

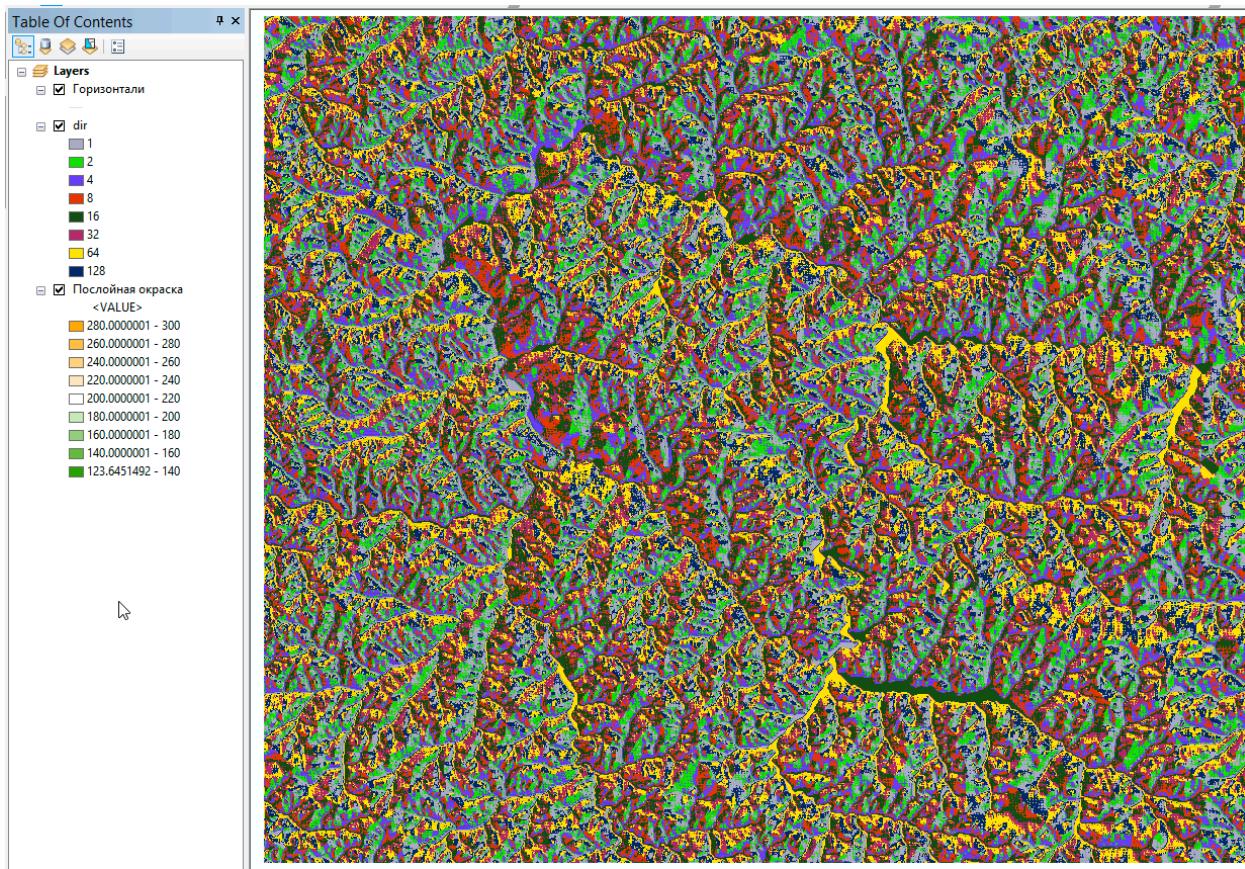
В начало упражнения ▾

Растр направления тока показывает в каждой ячейке направление максимального уклона. Он необходим для построения водосборных бассейнов и прочих задач гидрологического и морфометрического анализа.

Для построения растра направлений тока запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction** и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Raster</i>	Послойная окраска
<i>Output flow direction raster</i>	...\\Ex17\\Ex17.gdb\\dir

Нажмите **OK**. Полученный слой будет добавлен на карту:



**Снимок экрана №2.** Растр направления тока

## 17.4 Площадь водосбора (аккумуляция тока)

В начало упражнения □

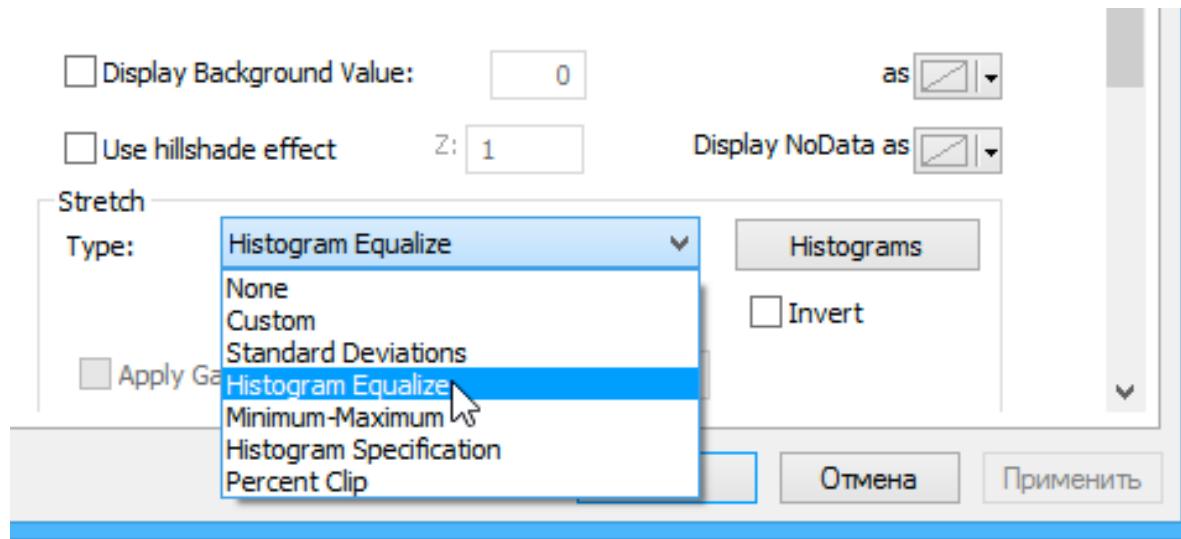
Растр аккумуляции тока в каждой ячейке хранит количество ячеек, дренируемых выше по склону. Фактически, это число показывает площадь водосбора для каждой ячейки. Площадь водосбора необходима для автоматического выделения водотоков (тальвегов) по цифровой модели рельефа.

1. Для построения раstra аккумуляции тока запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation** и заполните его параметры следующим образом:

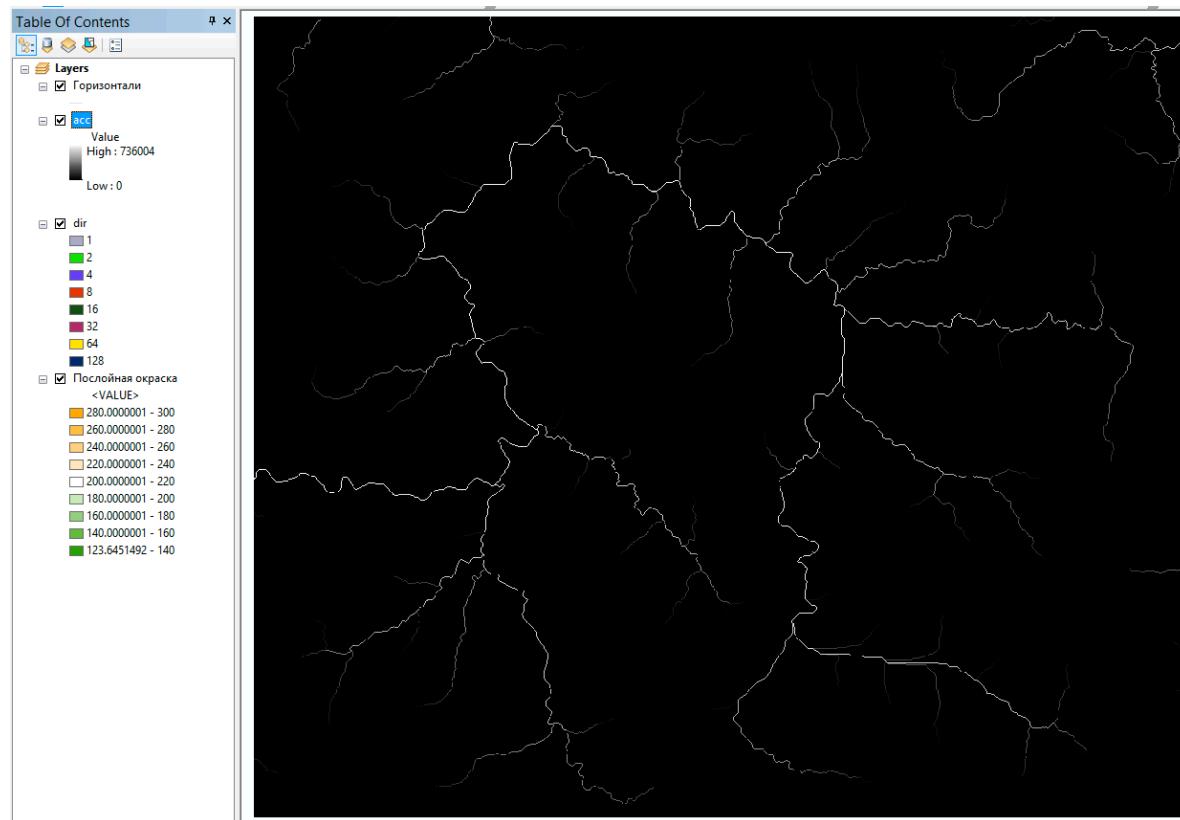
Параметр	Значение
<i>Input Raster</i>	dir
<i>Output flow accumulation raster</i>	...\\Ex17\\Ex17.gdb\\acc

Нажмите **OK**. Полученный слой будет добавлен на карту.

2. Чтобы сделать отображение раstra аккумуляции тока более наглядным, откройте его свойства и на вкладке **Symbology** измените растяжку гистограммы на метод **Histogram Equalize** (Выравнивание гистограммы):



Картографическое изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №3.** Растр аккумуляции тока

## 17.5 Выделение и классификация водотоков

В начало упражнения □

Выделение тальвегов осуществляется на основе растра аккумуляции тока. Вы просто задаете запрос следующего вида: «Водотокам принадлежат те пиксели, в которых значение аккумуляции тока больше заданной величины. Остальные

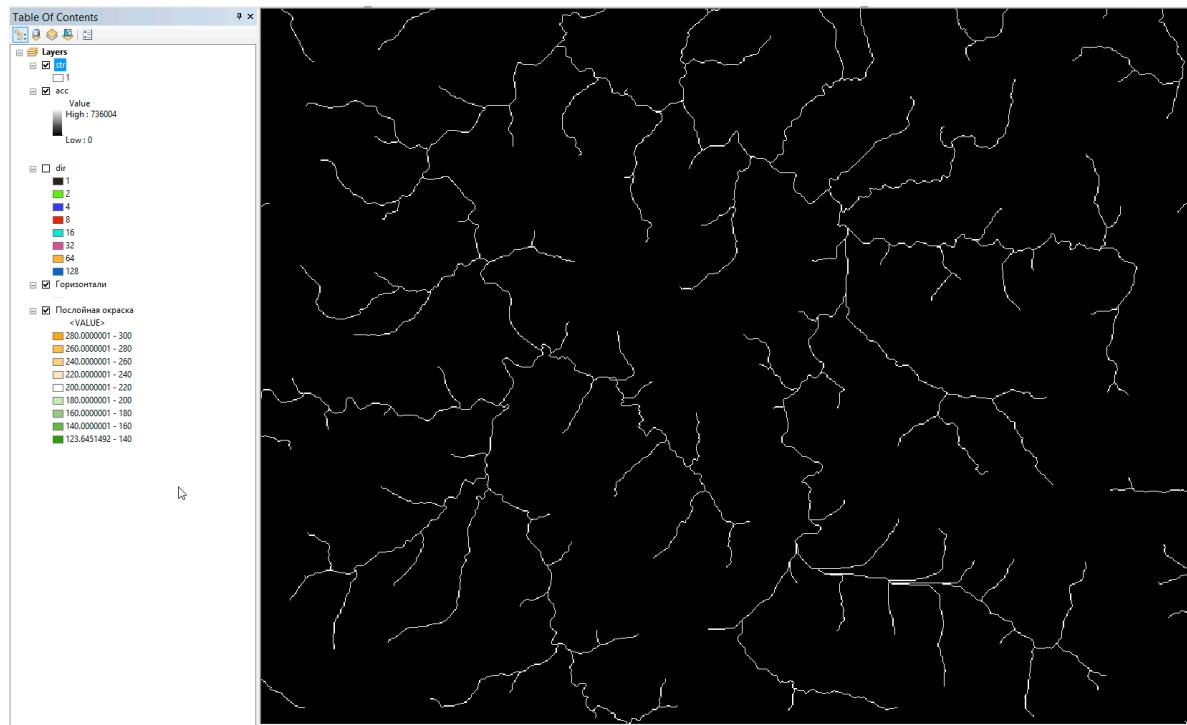
пиксели сделать пустыми».

1. Для реализации этого запроса используйте инструмент **Spatial Analyst > Conditional > Set Null** со следующими параметрами:

Параметр	Значение
<i>Input Conditional Raster</i>	acc
<i>Expression Value</i>	< 2000
<i>Input false raster or constant value</i>	1
<i>Output raster</i>	..\Ex17\Ex17.gdb\str

По результатам выполнения данного инструмента будут выделены все водотоки, в которых значение аккумуляции тока более 2000.

2. Измените цвет полученных пикселов на белый, чтобы они были хорошо видны. Изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №4.** Водотоки, полученные по раству аккумуляции тока

Полученные водотоки можно ранжировать по порядкам.

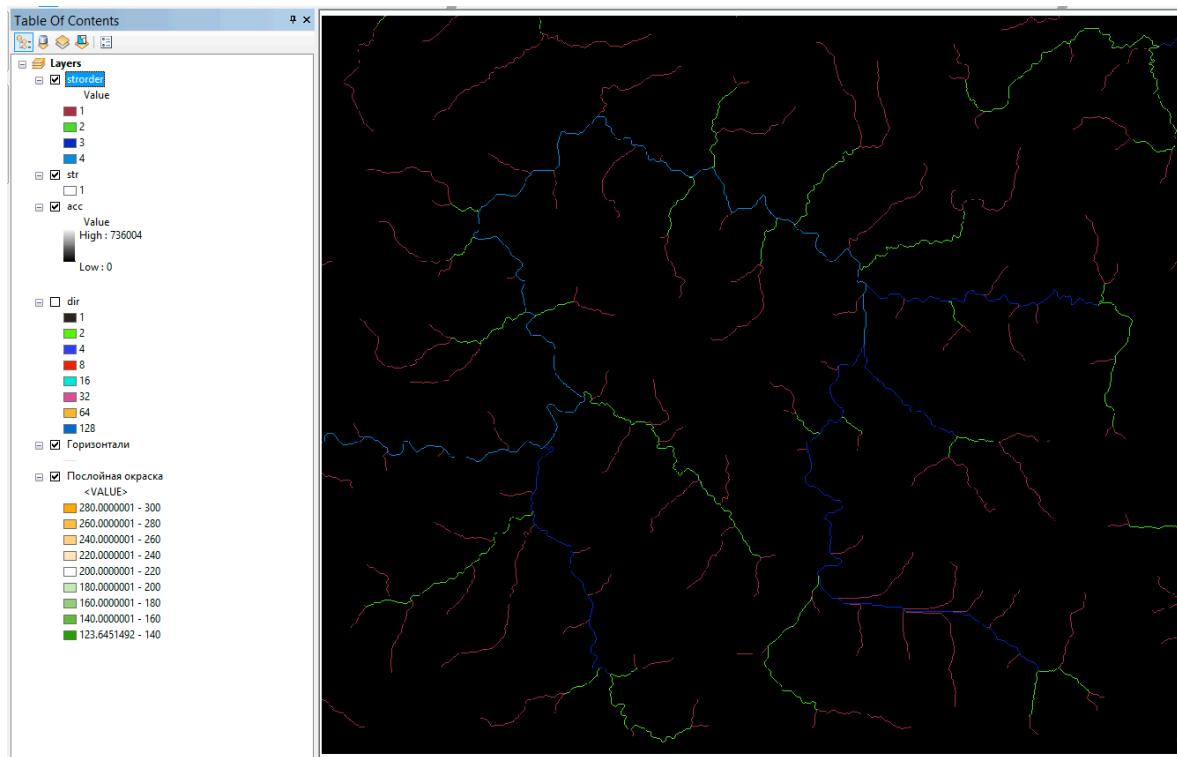
При упорядочении водотоков методом Стралера номер порядка увеличивается только в том случае, когда встречаются водотоки одного порядка. Водотоки, которые не имеют притоков, имеют порядок равный 1.

3. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Hydrology > Stream Order** и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input Stream Raster</i>	str
<i>Input Flow Direction Raster</i>	dir
<i>Output raster</i>	..\Ex17\Ex17.gdb\strorder

Параметр	Значение
<i>Method of Stream Ordering</i>	STRAHLER

Нажмите **OK**, чтобы запустить инструмент. Растр классифицированных водотоков будет добавлен на экран. Если все выполнено верно, расцветка водотоков должна соответствовать их порядкам от 1 до 4.



**Снимок экрана №5.** Водотоки, классифицированные методом Стралера

## 17.6 Векторизация водотоков

В начало упражнения □

1. Для получения векторных линий водотоков воспользуйтесь инструментом **Spatial Analyst Tools > Hydrology > Stream to Feature** и заполните его параметры согласно следующей таблице:

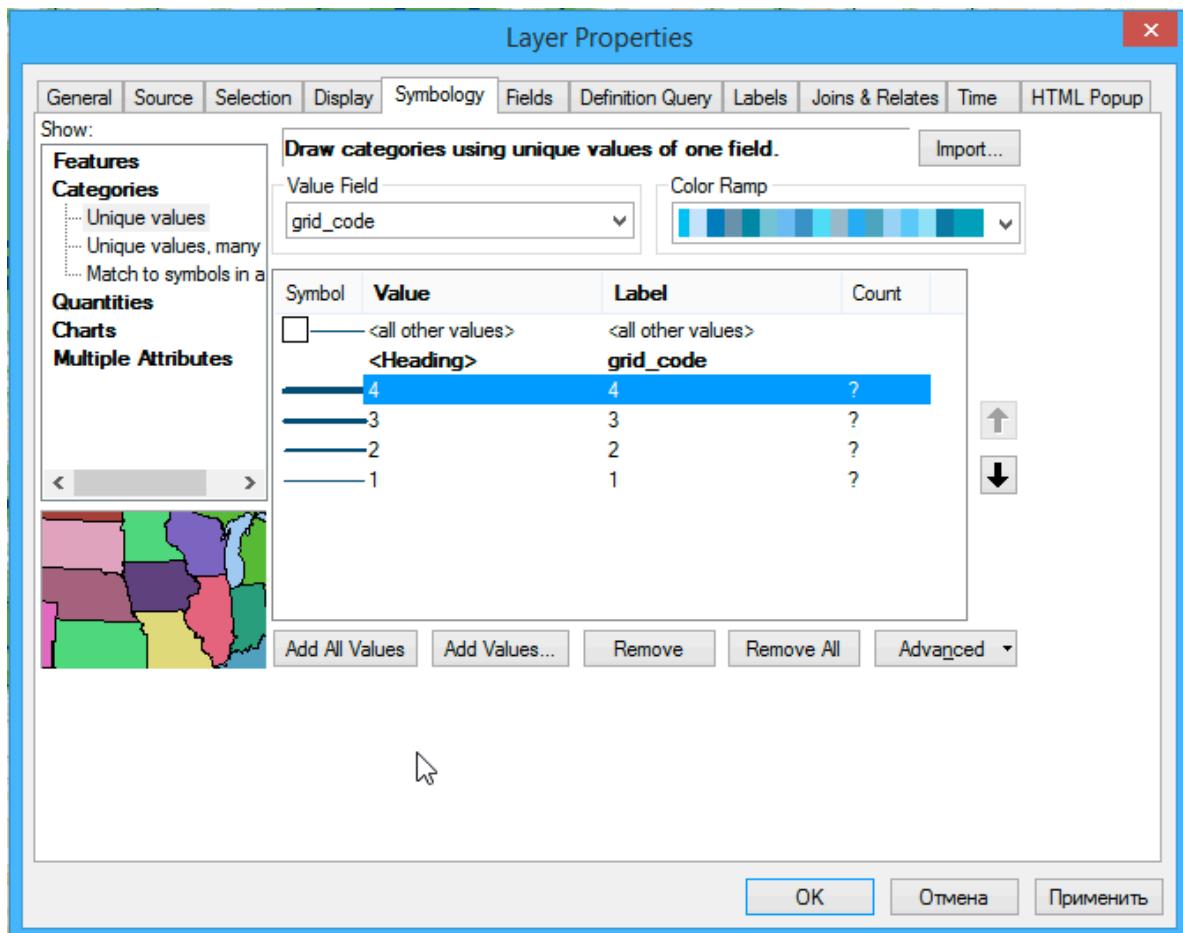
Параметр	Значение
<i>Input Stream Raster</i>	strorder
<i>Input Flow Direction Raster</i>	dir
<i>Output Polyline Features</i>	...\\Ex17\\Ex17.gdb\\streams
<i>Simplify Polylines</i>	Да

После запуска инструмента в таблицу содержания будут добавлены векторные линии водотоков.

2. Переименуйте полученный слой в *Водотоки*.
3. Визуализируйте водотоки в соответствии с их порядками от 1 до 4. Для этого настройте отображение слоя следующим образом:

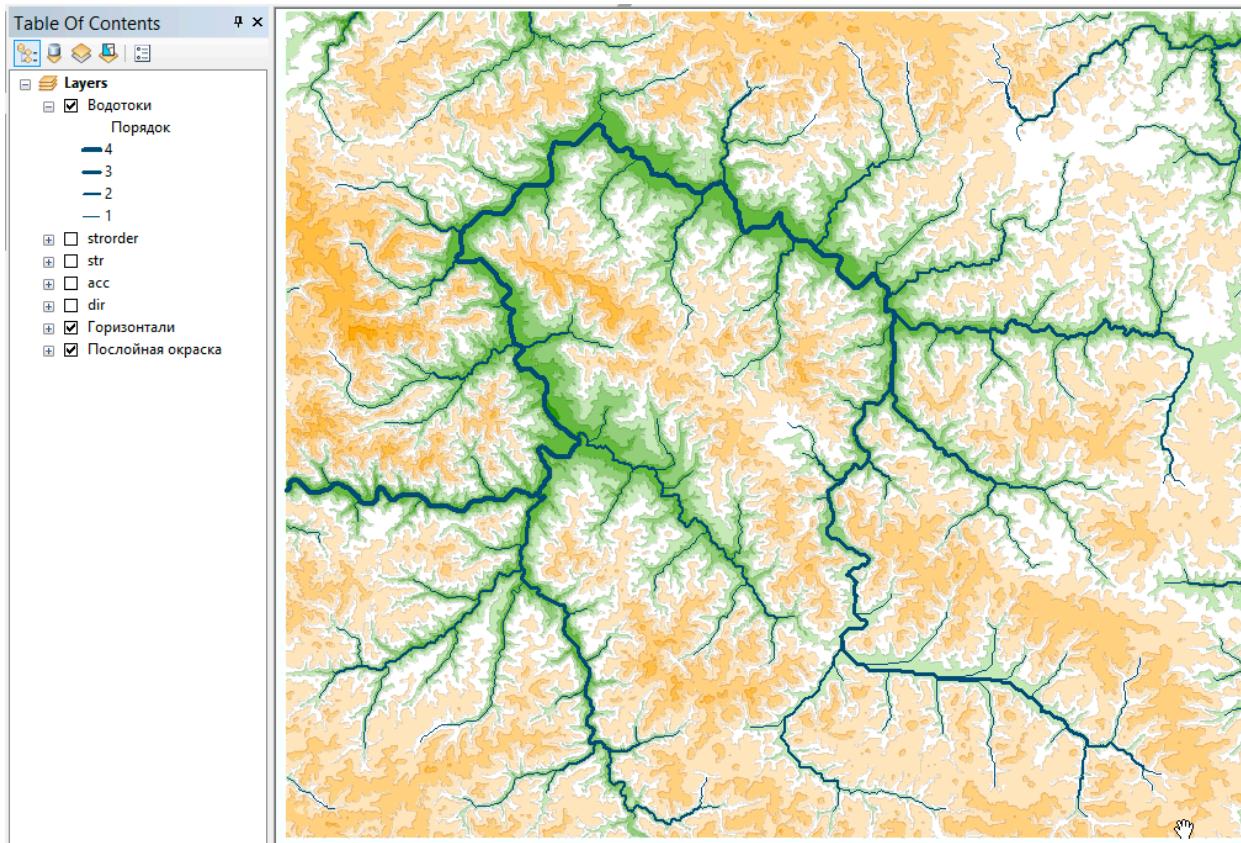
Параметр	Значение
Способ отображения	Категории (Categories—Unique Values)
Поле отображения (Value Field)	grid_code (в нем хранится порядок водотока после векторизации)
Цвет линий	Steel Blue
Толщина линий	1, 1.5, 2 и 3 пункта

Диалог настройки отображения слоя должен выглядеть примерно следующим образом:



4. Нажмите **OK**, чтобы применить настройки символики.
5. Измените название поля классификации в легенде с *grid\_code* на «Порядок».
6. Отключите все слои, кроме слоев *Водотоки*, *Горизонтали* и *Послойная окраска*.

У вас должно получиться следующее картографическое изображение:



**Снимок экрана №6.** Классифицированные векторные линии водотоков

Сохраните документ карты.

## 17.7 Выделение и разделение устьевых точек

В начало упражнения □

Водосборный бассейн в рабочем процессе гидрологического анализа ЦМР строится для одной точки. Если в качестве точки выбрать устье реки, то полученный бассейн будет соответствовать бассейну всей реки. Однако если устье является точкой слияния двух водотоков, будет построен бассейн, общий для обоих водотоков. Проблему можно решить, немного сдвинув конечные точки водотоков выше по течению. Для этого можно использовать следующую последовательность действий:

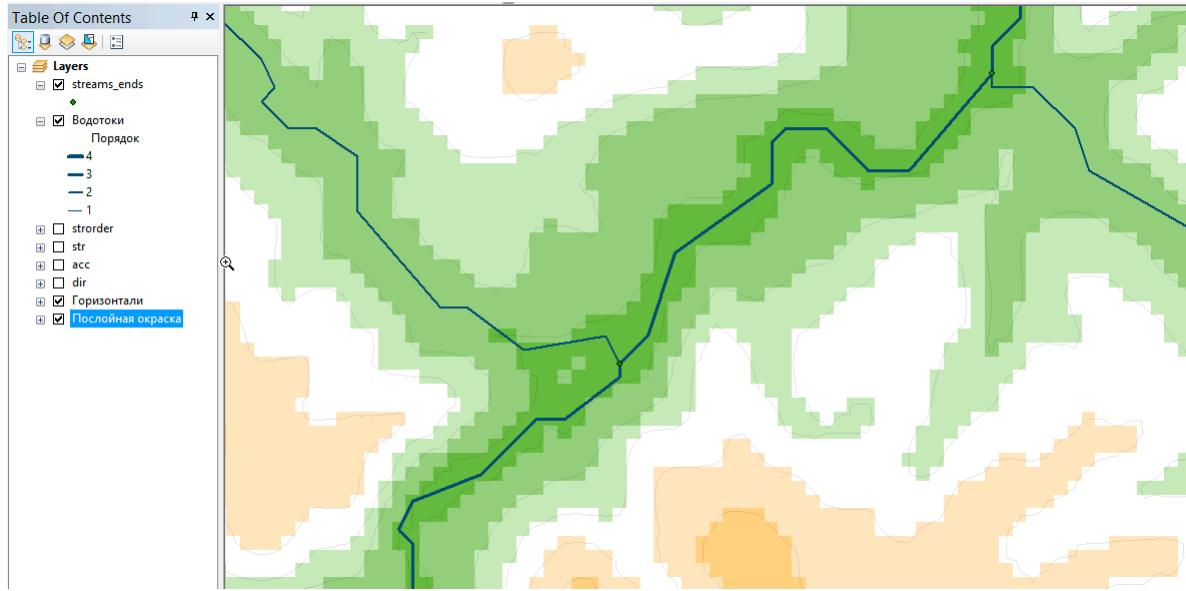
- Получить конечные точки водотоков (устья)
- Построить вокруг точек небольшие буферные зоны радиусом в  $2R$ , где  $R$  — размер ячейки растра ЦМР (*разрешение ЦМР*)
- Полученными зонами обрезать исходные линии водотоков, таким образом их несколько укоротив
- Получить обновленные конечные точки водотоков, которые не совпадают для каждой пары сливающихся притоков.

Приведенная последовательность действий является классическим примером интерпретации задачи в терминах инструментов ГИС-анализа.

1. Запустите инструмент **Data Management Tools > Features > Feature Vertices to Points** со следующими параметрами:

Параметр	Значение
<i>Input Features</i>	Водотоки
<i>Output Feature Class</i>	...\Ex17\Ex17.gdb\streams_ends
<i>Point Type</i>	END (конечные точки)

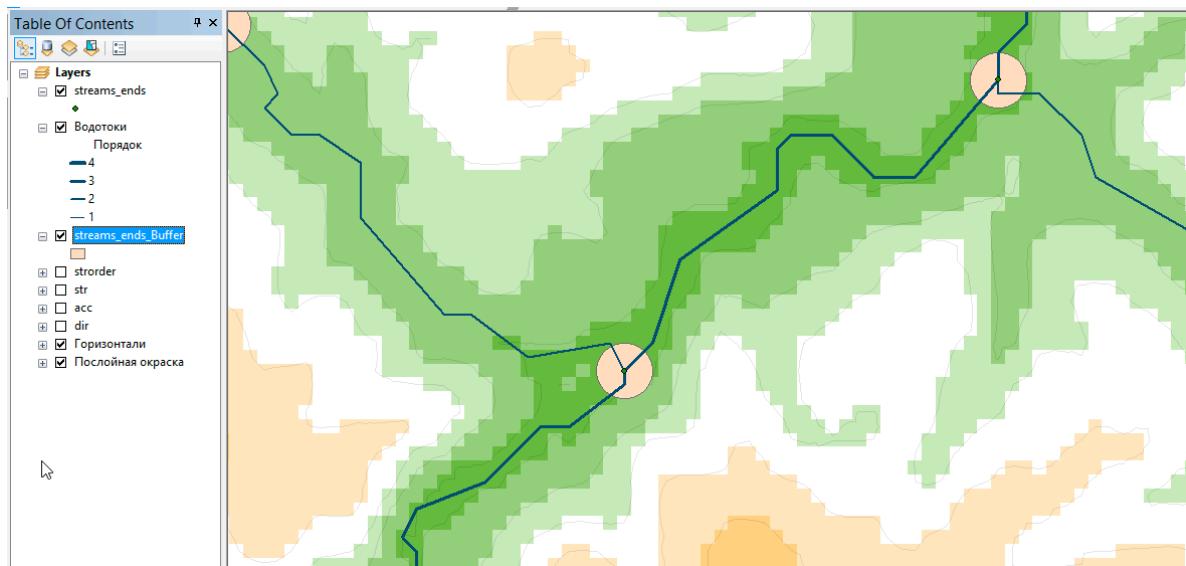
2. Приблизьтесь к одной из точек слияния водотоков, пока не станут видны отдельные пиксели, чтобы внимательно наблюдать за тем, что будет происходить дальше.



3. Запустите инструмент **Analysis Tools > Proximity > Buffer**, который отвечает за построение буферных зон. Заполните его параметры следующим образом:

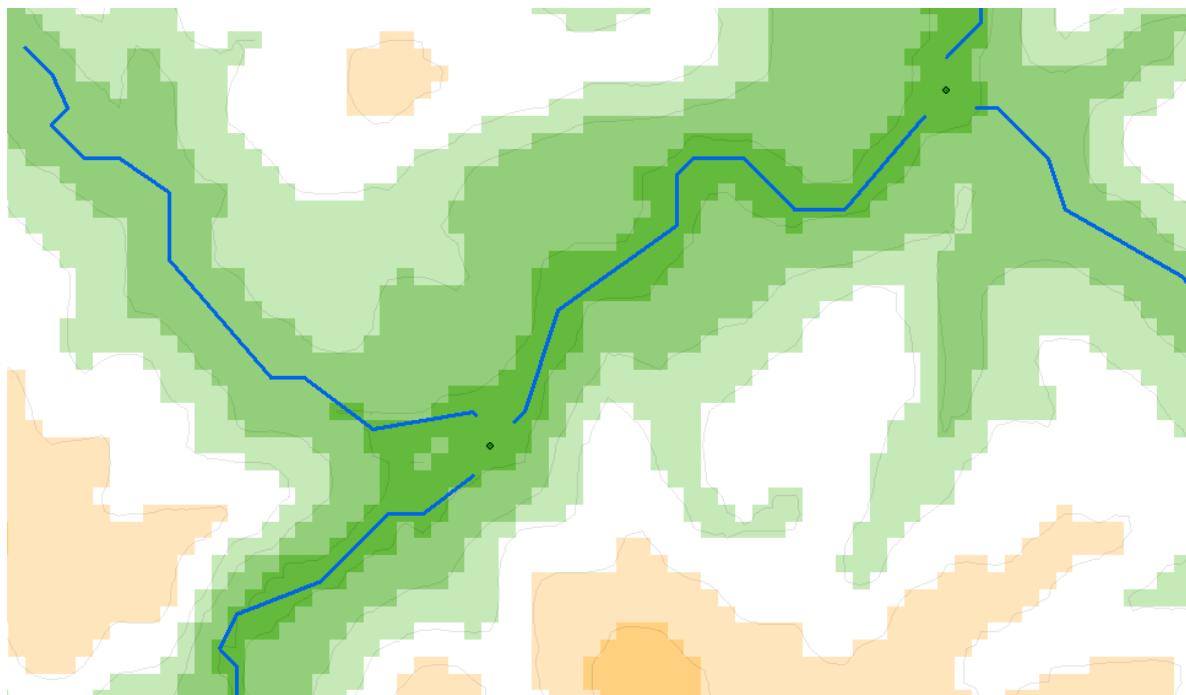
Параметр	Значение
<i>Input Features</i>	streams_ends
<i>Output Feature Class</i>	...\Ex17\Ex17.gdb\streams_ends_Buffer
<i>Distance (Linear Unit)</i>	200

В таблицу содержания будут добавлены буферные зоны вокруг устьев водотоков:



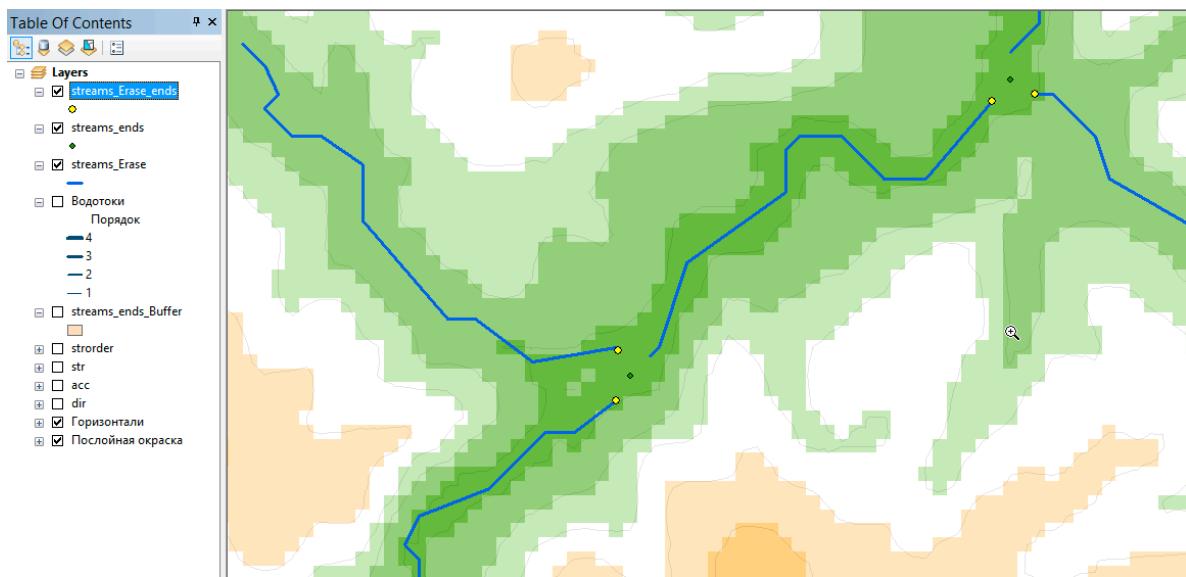
4. Обрежьте водотоки с помощью инструмента **Analysis Tools > Overlay > Erase**. Разберитесь самостоятельно, какие слои следует подставить в параметры **Input Features** и **Erase Features**. Назовите выходной слой *streams\_Erase*.

Отключите временно слои *Водотоки* и *streams\_ends\_Buffer*, результат будет выглядеть следующим образом:



5. Воспользовавшись снова инструментом **Data Management Tools > Features > Feature Vertices to Points**, постройте конечные точки для обрезанных водотоков. Будьте внимательны при выборе типа точек (параметр **Point type**). Назовите выходной класс *streams\_Erase\_ends*.

Результат должен выглядеть примерно следующим образом:



**Снимок экрана №7.** Точки слияния, смещенные выше по течению

6. Сохраните документ карты.

## 17.8 Построение водосборных бассейнов

В начало упражнения □

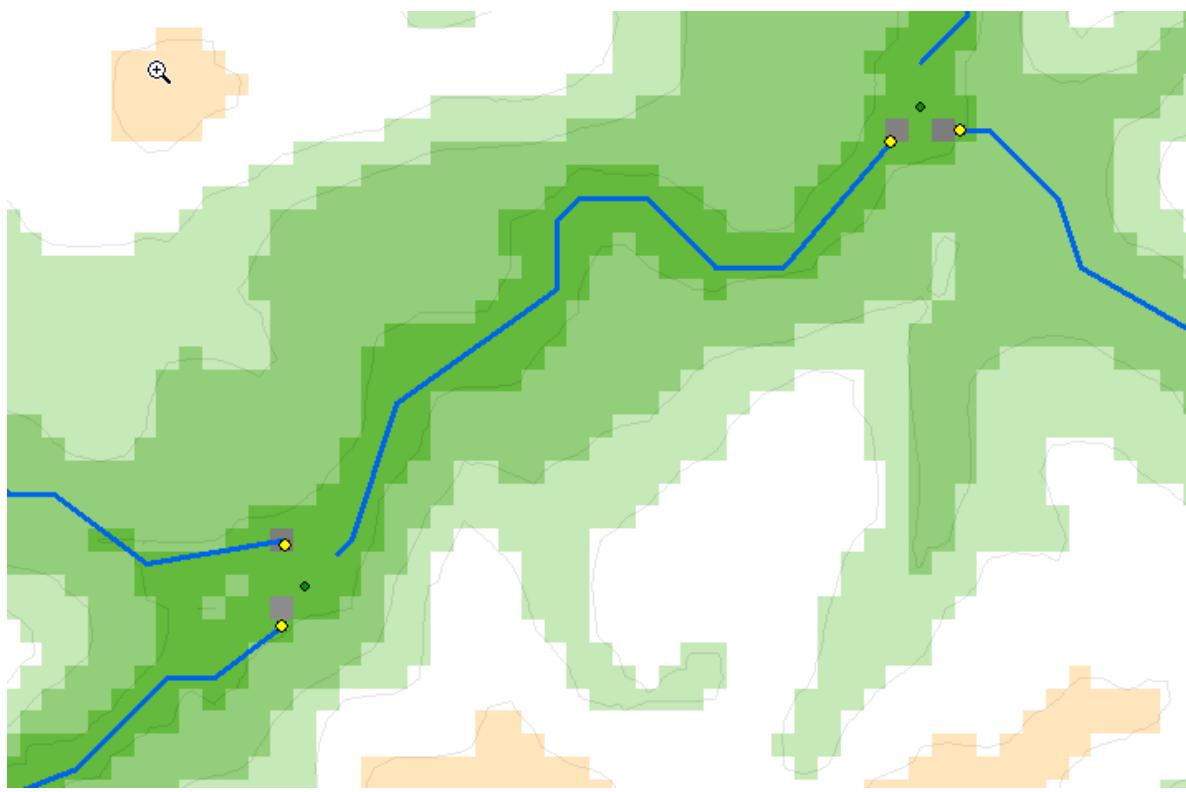
Построение водосборных бассейнов состоит из трех операций: \* привязка точек устья к раству аккумуляции тока, \* проведение границ водосборов в растровом режиме, \* векторизация бассейнов.

1. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Hydrology > Snap Pour Point** и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input raster</i>	streams_Erase_ends
<i>Input accumulation raster</i>	acc
<i>Output raster</i>	...\\Ex17\\Ex17.gdb\\pour
<i>Snap Distance</i>	100

Остальные параметры оставьте по умолчанию. Параметр **Snap distance** указывает радиус поиска, в пределах которого вокруг каждой заданной точки устья будет искаться ячейка с максимальной аккумуляцией тока. В данном случае он равен 100 метрам — разрешению ЦМР.

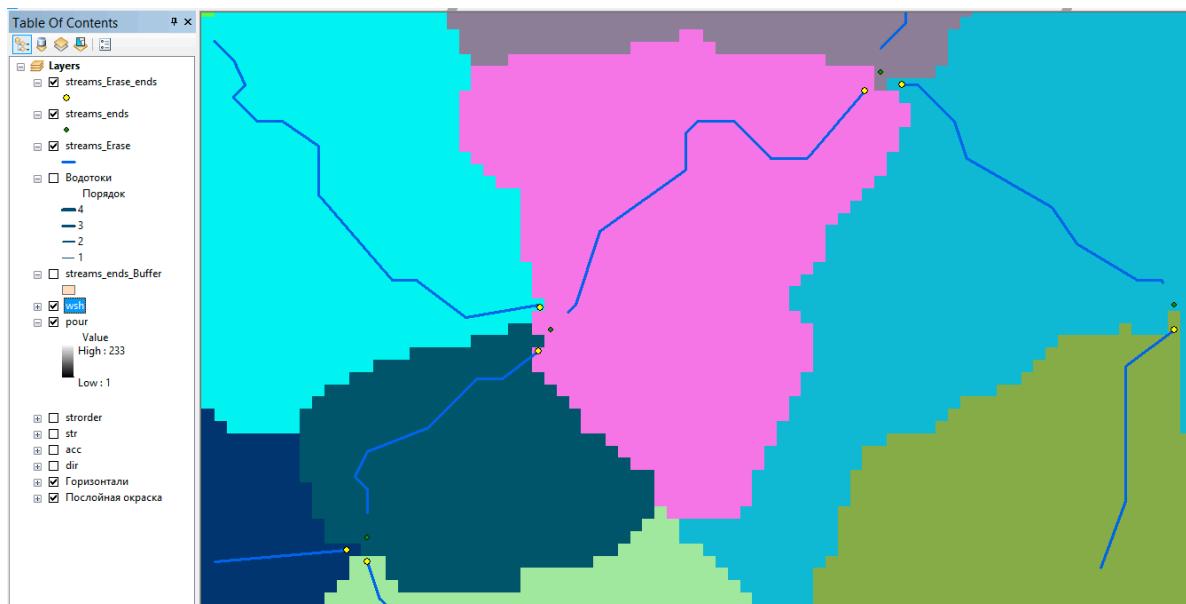
После выполнения инструмента в окрестности каждой точки появится привязанный пиксель:



2. Для построения границ водосборных бассейнов запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Hydrology > Watershed** и заполните его параметры следующим образом:

Параметр	Значение
<i>Input flow direction raster</i>	dir
<i>Input raster or feature pour point data</i>	pour
<i>Pour point field</i>	Value
<i>Output raster</i>	...\\Ex17\\Ex17.gdb\\wsh

Полученный растр будет добавлен на экран, вы можете его расцветить в уникальных цветах, чтобы границы бассейнов хорошо читались:



**Снимок экрана №8.** Растворный слой водосборных бассейнов

3. Конвертируйте полученные бассейны в векторные полигоны. Для этого запустите инструмент **Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon** со следующими параметрами:

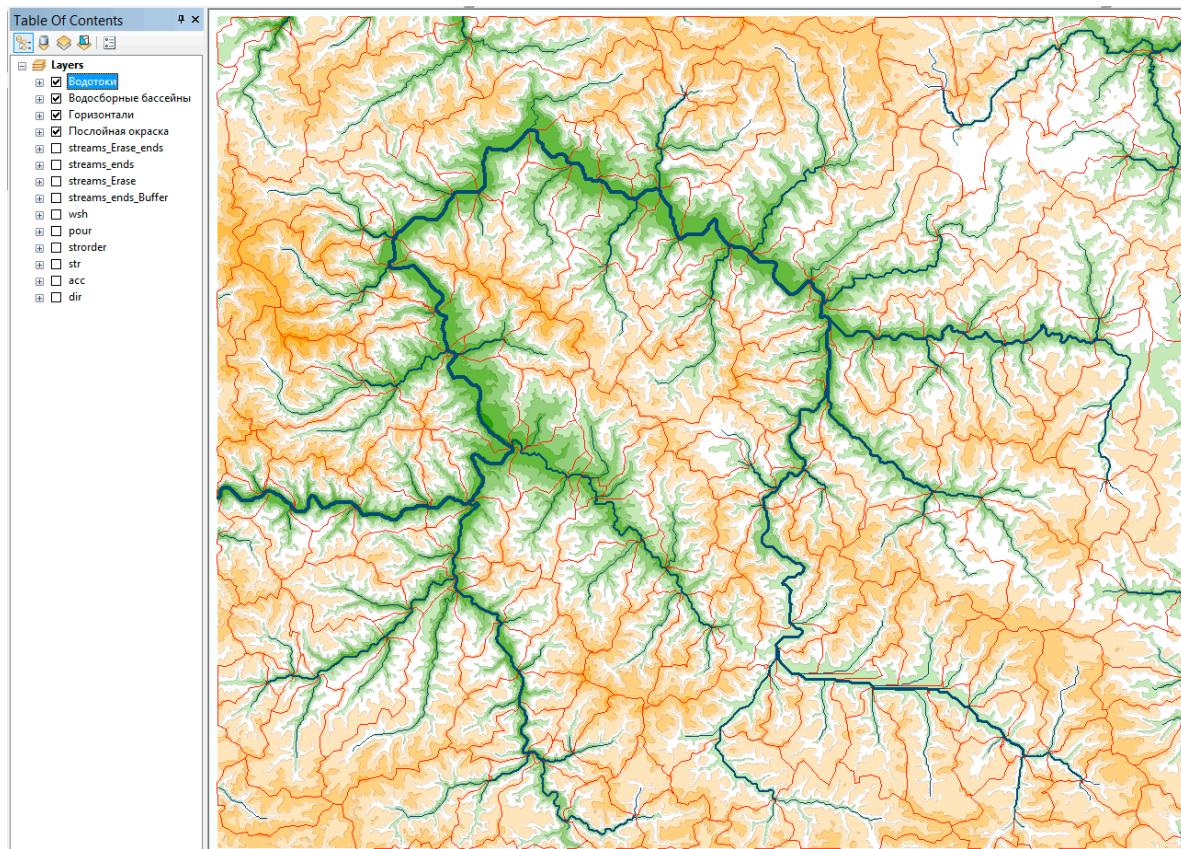
Параметр	Значение
<i>Input raster</i>	wsh
<i>Field</i>	Value
<i>Output polygon features</i>	...\\Ex17\\Ex17.gdb\\watersheds
<i>Simplify polygons</i>	Да

4. Переименуйте полученный слой в «Водосборные бассейны» и измените его символ на тонкую красную линию *без заливки*.

5. Оставьте включенными следующие слои:

- Водотоки
- Водосборные бассейны
- Горизонтали
- Послойная окраска

6. Установите масштаб равным 1:400 000. Картографическое изображение примет следующий вид:



**Снимок экрана №9.** Векторный слой водосборных бассейнов

## 17.9 Расчет, привязка и визуализация статистики по водосборным бассейнам

В начало упражнения □

В пределах границ водосборных бассейнов возможно рассчитать различную статистику по данным ЦМР. Вам предлагается рассчитать статистику по высотам. Далее эту статистику необходимо присоединить к исходному слою бассейнов.

1. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Zonal > Zonal Statistics as Table** со следующими параметрами:

Параметр	Значение
<i>Input raster or feature zone data</i>	Водосборные бассейны
<i>Zone Field</i>	Id
<i>Input Value Raster</i>	Послойная окраска
<i>Output Table</i>	...\\Ex17\\Ex17.gdb\\stats
<i>Statistics Type</i>	ALL

2. Откройте полученную таблицу, чтобы ознакомиться с ее содержимым:

The screenshot shows the ArcGIS interface with two windows open. On the left is the 'Table Of Contents' window, which lists various layers including 'Wодотоки' (Waterways), 'Водосборные бассейны' (Drainage basins), 'Горизонтали' (Horizontals), 'Послойная окраска' (Layered coloring), 'streams\_Erase\_ends', 'streams\_ends', 'streams\_Erase', 'streams\_ends\_Buffer', 'wsh', 'pour', 'strorder', 'str', 'acc', 'dir', and 'stats'. The 'stats' layer is selected and highlighted in blue. On the right is the 'Table' window, titled 'stats', which displays a table with 20 rows of data. The columns are labeled: OBJECTID\*, ID, COUNT, AREA, MIN, MAX, RANGE, MEAN, STD, and SUM. The data includes values such as 10000, 220.3973, 222.6155, etc.

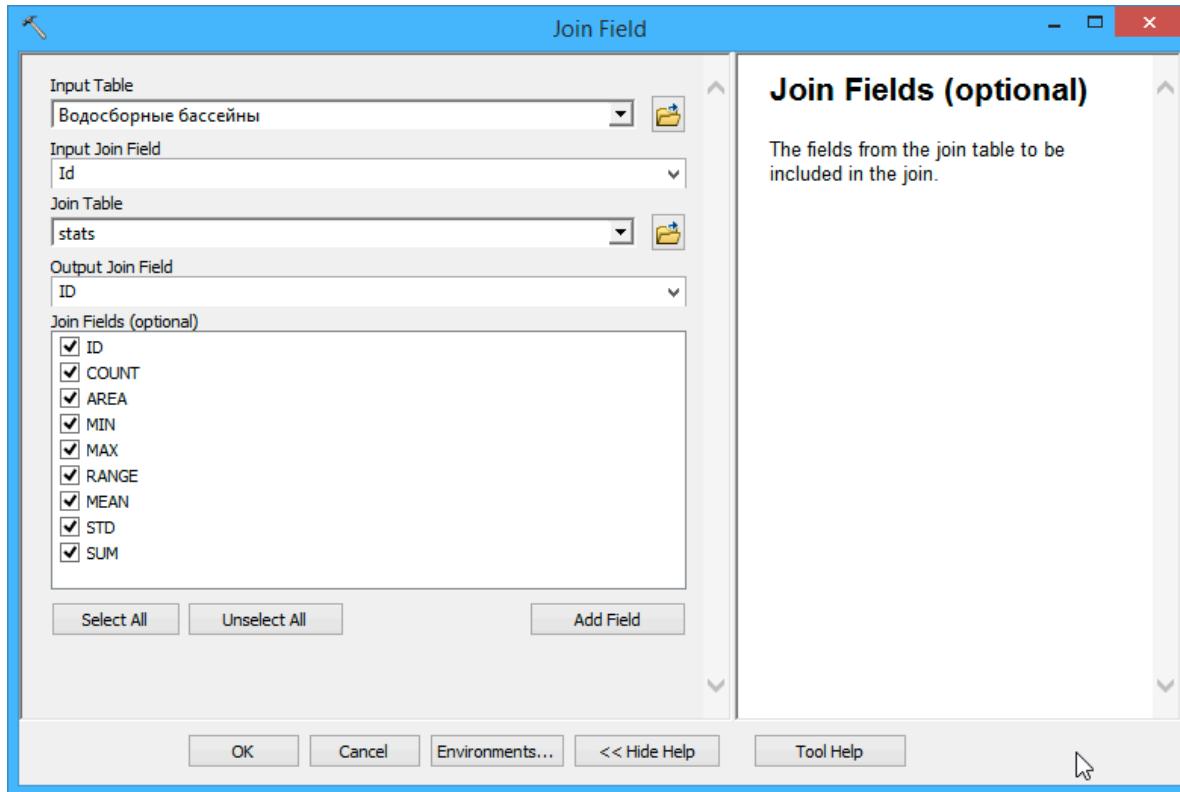
OBJECTID*	ID	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	1	1	10000	220.3973	220.3973	0	220.3973	0	220.3973
2	2	1	10000	222.6155	222.6155	0	222.6155	0	222.6155
3	3	1	10000	241.1273	241.1273	0	241.1273	0	241.1273
4	4	850	8500000	145.4833	222.8799	77.39661	184.5493	23.09977	156866.9
5	5	1	10000	260.4547	260.4547	0	260.4547	0	260.4547
6	6	1	10000	244.5152	244.5152	0	244.5152	0	244.5152
7	7	2198	21980000	195.7846	261.7631	65.97845	240.3712	14.64094	528335.9
8	8	1	10000	241.6034	241.6034	0	241.6034	0	241.6034
9	9	2	20000	142.9754	150.9643	7.988922	146.9699	3.994461	293.9398
10	10	4	40000	160.6833	188.5732	27.88995	174.1799	9.957454	696.7195
11	11	1	10000	195.6826	195.6826	0	195.6826	0	195.6826
12	12	2164	21640000	124.9571	220.0333	95.07621	192.3886	17.46154	416328.9
13	13	5754	57540000	140.0826	223.0824	82.99973	184.8574	19.06441	1063669
14	14	2193	21930000	187.991	261.956	73.96495	238.3093	13.8947	522612.3
15	15	3	30000	188.2518	198.1561	9.904282	192.2685	4.254304	576.8055
16	16	4948	49480000	174.5771	260.5574	85.98032	220.4731	15.47697	1090901
17	17	4583	45830000	201.0031	244.6497	43.64661	229.2684	9.123389	1050737
18	18	9800	98000000	149.3031	261.1561	111.8531	212.5401	22.67742	2082893
19	19	3784	37840000	160.5399	252.5933	92.05331	229.2196	18.16866	867367.1
20	20	2208	22080000	187.3759	261.8065	74.4306	234.981	13.9175	518838.1

Снимок экрана №10. Таблица статистики высот по водосборным бассейнам

1. Присоедините статистические данные к исходному слою с помощью инструмента **Data Management Tools > Joins > Join Field** со следующими параметрами:

Параметр	Значение
<i>Input table</i>	Водосборные бассейны
<i>Input join field</i>	Id
<i>Join table</i>	stats
<i>Output join field</i>	ID
<i>Join fields</i>	Выделите все поля (кнопка <b>Select All</b> )

Диалог инструмента примет следующий вид:



Нажмите **OK**, чтобы запустить соединение таблиц. После выполнения инструмента, откройте атрибутивную таблицу слоя Водосборные бассейны, чтобы убедиться, что расчетные столбцы были добавлены:

OBJECTID *	Shape *	Id	grid_code	Shape_Length	Shape_Area	ID	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	Polygon	1	7	400	10000.000001	1	1	10000	220.3973	220.3973	0	220.3973	0	220.3973
2	Polygon	2	3	400	10000	2	1	10000	222.6155	222.6155	0	222.6155	0	222.6155
3	Polygon	3	28	377.287413	6846.641722	3	1	10000	241.1273	241.1273	0	241.1273	0	241.1273
4	Polygon	4	5	13578.480115	8516198.53757	4	850	850000	145.4833	228.8799	77.39661	184.5493	23.09977	156868.9
5	Polygon	5	14	400	10000	5	1	10000	260.4547	260.4547	0	260.4547	0	260.4547
6	Polygon	6	52	377.287329	6846.638457	6	1	10000	244.5152	244.5152	0	244.5152	0	244.5152
7	Polygon	7	1	20414.025505	21953104.127002	7	2198	21980000	195.7846	261.7631	65.97645	240.3712	14.64094	528355.9
8	Polygon	8	14	374.982884	6403.848488	8	1	10000	241.6034	241.6034	0	241.6034	0	241.6034
9	Polygon	9	10	600	20000	9	2	20000	142.9754	150.9643	7.988922	146.9699	3.994461	293.9398
10	Polygon	10	10	799.887297	30876.998902	10	4	40000	160.6833	188.5732	27.88995	174.1799	9.957454	696.7195
11	Polygon	11	10	374.980041	6403.808594	11	1	10000	195.6826	195.6826	0	195.6826	0	195.6826
12	Polygon	12	3	24480.531175	21647219.366024	12	2164	21640000	124.9571	220.0333	95.07621	192.3886	17.46154	416328.9
13	Polygon	13	7	41009.951043	57576501.823099	13	5754	57540000	140.0826	223.0824	82.99973	184.8574	19.06441	1036369
14	Polygon	14	14	25051.485066	21978709.52127	14	2193	21930000	187.991	261.956	73.96496	238.3093	13.8947	522612.3
15	Polygon	15	23	800	29999.999999	15	3	30000	188.2518	198.1561	9.904282	192.2685	4.254304	576.8055
16	Polygon	16	4	37609.457012	49210596.68994	16	4948	49480000	174.5771	260.5574	85.98032	220.4731	15.47697	1050901
17	Polygon	17	13	33142.325758	45668767.199676	17	4583	45830000	201.0031	244.6497	43.64661	229.2684	9.123389	1050737

2. Включите подписи слоя *Водосборные бассейны* по полю *MEAN* (средняя высота в пределах бассейна)
  
  
  
  
  
  
3. Чтобы избавиться от лишних значащих цифр, откройте таблицу слоя *Водосборные бассейны* и выберите в контекстном меню заголовка столбца *MEAN* команду **Properties** (свойства поля):

The screenshot shows a table with columns: N, MAX, RANGE, MEAN, STD, SUM. A context menu is open over the 'MEAN' column, listing options: Sort Ascending, Sort Descending, Advanced Sorting..., Summarize..., Statistics..., Field Calculator..., Calculate Geometry..., Turn Field Off, Freeze/Unfreeze Column, Delete Field, and Properties... (highlighted with a blue border). A tooltip for 'Properties...' says: 'View or edit the field properties of the current column.' The 'MEAN' column contains values like 220.3973, 222.6155, 241.1273, etc.

N	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
973	220.3973	0	220.3973	0.0000	220.3973
155	222.6155	0	222.6155	0.0000	222.6155
273	241.1273	0	241.1273	0.0000	241.1273
833	222.8799	77.39661	222.8799	1.0000	222.8799
547	260.4547	0	260.4547	0.0000	260.4547
152	244.5152	0	244.5152	0.0000	244.5152
846	261.7631	65.97845	261.7631	2.0000	261.7631
034	241.6034	0	241.6034	0.0000	241.6034
754	150.9643	7.988922	150.9643	1.0000	150.9643
833	188.5732	27.88995	188.5732	1.0000	188.5732
826	195.6826	0	195.6826	1.0000	195.6826
571	220.0333	95.07621	220.0333	1.0000	220.0333
826	223.0824	82.99973	223.0824	1.0000	223.0824
991	261.956	73.96495	261.956	2.0000	261.956
518	198.1561	9.904282	198.1561	1.0000	198.1561
771	260.5574	85.98032	260.5574	2.0000	260.5574
031	244.6497	43.64661	229.2684	9.123	229.2684
031	261.1561	111.8531	212.5401	22.67	212.5401
399	252.5933	92.05331	229.2196	18.16	229.2196
759	261.8065	74.4306	234.981	13.9	234.981
079	242.4161	40.40819	231.4428	8.994	231.4428
897	198.8897	0	198.8897	0	198.8897
897	251.0406	52.15085	223.258	12.58285	438255.4

4. В открывшемся диалоге нажмите кнопку **Numeric...** и установите в окне **Number Format** округление до 1 знака после запятой:

700104.127002	1	2150	21500000	150.7040	201.7031	03.57043	240.5712	14.04054	3203
6402.994000	2	1	10000	241.6034	241.6034	0	241.6034	0	241.6
308									
64									
3472									
5765									
1978									
299									
9210									
6687									
9775									
7859									
10689									
2910									
64									
3265									
5492									
1033									
68									
136									
3645									
1029									
7860									
7541									
71620.101920	32	0							
138859.150677	33	5146							
143220.785149	34	16							
10000	35	1							
106216.334332	36	2343							
210819.305834	37	11415							
196221.224379	38	5248							
361002.914443	39	2738	27380000	148.9994	240.8302	91.83072	193.8442	22.96871	5307

Number Format

Category: **Numeric**

Rounding:

- Number of decimal places
- Number of significant digits

12

Alignment:

- Left
- Right 12 characters

Show thousands separators

Pad with zeros

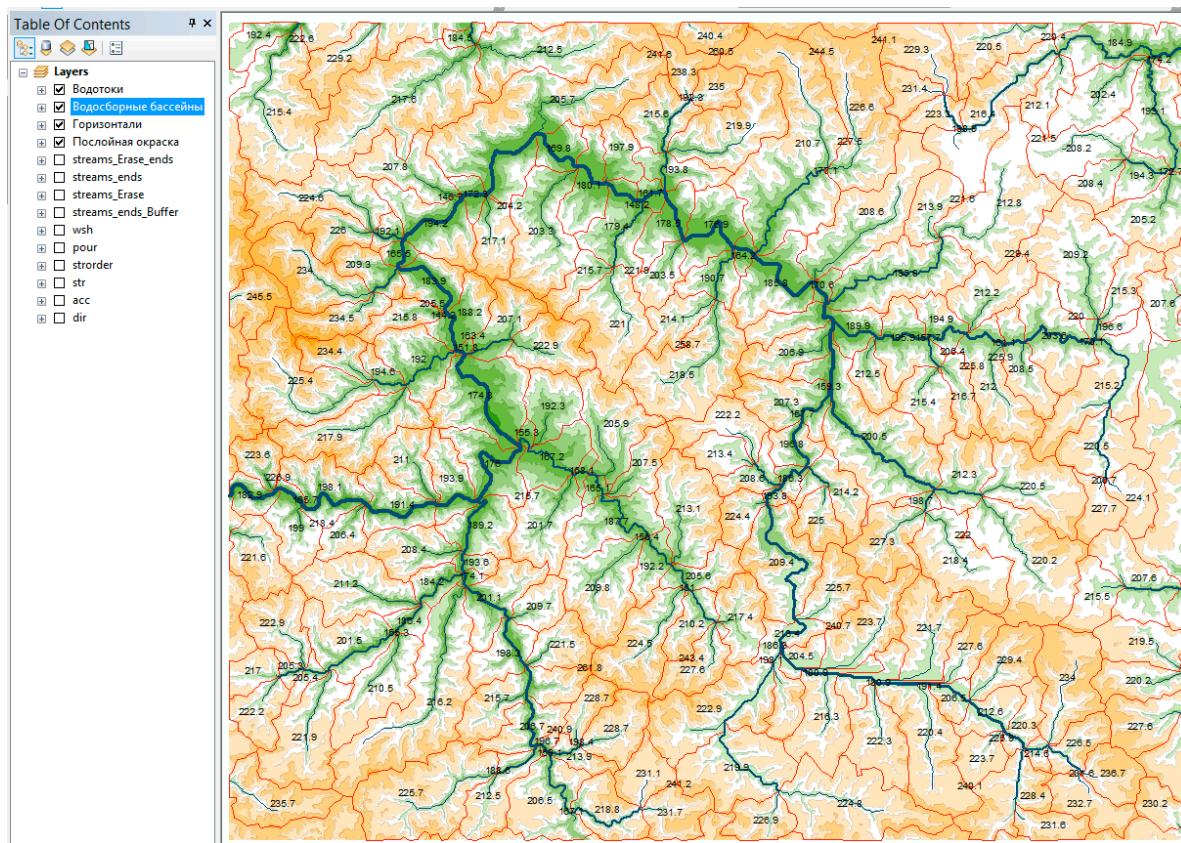
Show plus sign

General options for the display of numbers

OK Cancel

OK Cancel Apply

Если все выполнено верно, на карте должны быть подписаны средние высоты по каждому бассейну:



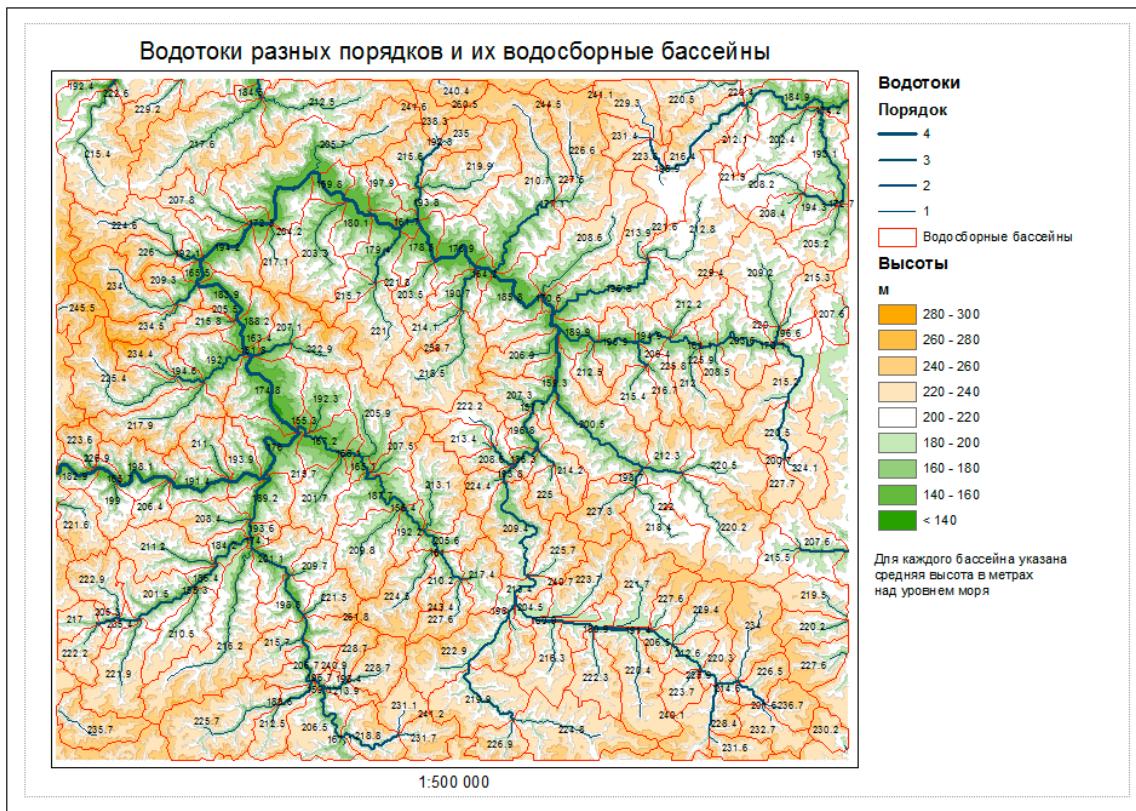
**Снимок экрана №11.** Средние высоты водосборных бассейнов

5. Сохраните документ карты.

## 17.10 Оформление итоговой карты

В начало упражнения □

1. Установите масштаб карты равным 1:500 000
2. Переключитесь в режим компоновки
3. Измените ориентировку листа на альбомную
4. Добавьте на карту численный масштаб и заголовок «Водотоки разных порядков и их водосборные бассейны».
5. Добавьте легенду со следующими слоями: Водотоки, Водосборные бассейны и Постойная окраска.
6. Добавьте пометку «Для каждого бассейна указана средняя высота в метрах над уровнем моря»
7. Приведите внешний вид карты в соответствии с рисунком:



8. Полученную карту вставьте в отчет.

9. Сохраните документ карты.

## 17.11 Ответы на вопросы

В начало упражнения □

Заполните отчетный файл и положите его в сетевую папку для проверки преподавателем.



# Chapter 18

## Трехмерное моделирование

### 18.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с трехмерными моделями данных, трехмерной визуализацией и анализом в ГИС

Параметр	Значение
Теоретическая подготовка	Трехмерные модели данных, виртуальное моделирование, анализ цифровых моделей рельефа, построение линий небосвода.
Практическая подготовка	Знание основных компонент интерфейса ArcGIS Desktop (каталог, таблица содержания, карта). Настройка сценария.
Исходные данные	База данных ГИС “Сатино”, аэрофотоснимок сверхвысокого разрешения.
Результат	Трехмерная модель Сатинского учебного полигона, зоны видимости и линии небосвода для двух обзорных точек.
Ключевые слова	Трехмерный анализ и моделирование, цифровые модели рельефа (ЦМР), драпировка снимка

#### 18.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту ЦМР и отобразить ее методом горизонталей с послойной окраской.
- Подготовить вспомогательные объекты для учета препятствий.
- Преобразовать растровые данные в триангуляционные.
- Визуализировать данные в трехмерной среде (приложение ArcScene).
- Выполнить анализ зоны видимости наблюдательного пункта при разных положениях его высоты.

#### 18.1.2 Аннотация

Трехмерные модели играют важную роль в географических исследованиях. Изучение рельефа и его морфометрических характеристик; моделирование полей распределения физических и химических показателей в океане, атмосфере и почвах; моделирование городской среды и транспортных коммуникаций; моделирование поверхностей небесных тел; имитация чрезвычайных ситуаций и военных действий — это лишь краткий список тех задач, которые решаются с помощью анализа и визуализации 3D-моделей.

Задание посвящено знакомству с трехмерным ГИС-моделированием. Географическая задача, которую вам предстоит решить — это определение зоны видимости в точке с учетом рельефа и физических препятствий, таких как дома и лесные массивы. Анализ зон видимости позволяет определить охват территории доступный для визуального наблюдения.

Зона видимости ограничивается трехмерной линией небосвода (skyline). Чем круче угол направления между точкой наблюдателя и линией небосвода, тем меньше будет открытость небосвода по данному направлению. Общая открытость небосвода характеризует долю видимой части небесной полусферы. Это важный топоклиматический

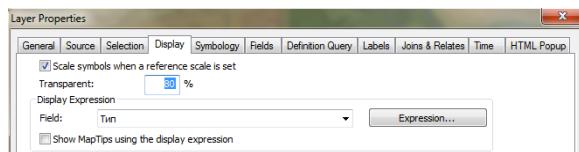


Figure 18.1: Рис. 1. Установка прозрачности слоя

параметр, накладывающий ограничение на объем поступающей прямой солнечной радиации. Как следствие, открытость небосвода учитывается при расчетах таяния снега, моделировании городского климата, оценке пригодности земель для сельского хозяйства.

В процессе занятия вы научитесь работать с растровыми и триангуляционными моделями рельефа, управлять отображением слоев в виртуальной 3D-среде и использовать снимки в качестве текстуры трехмерных моделей, определять зону видимости и визуализировать ее.

## 18.2 Организация рабочего пространства

В начало упражнения ▾

1. Скопируйте данные упражнения в свой рабочий каталог *Ex18* с помощью **Проводника**.
2. Откройте **ArcMap** и в нем — окно **Catalog (Каталог)**.
3. Сохраните документ карты в свой каталог *Ex18* под именем *Ex18\_ЦМР.mxd*.
4. Создайте в домашнем каталоге новую базу геоданных *Ex18*.
5. Щелкните по *Ex18.gdb* правой кнопкой мыши и выберите пункт **Make Default Geodatabase** чтобы назначить ее базой геоданных по умолчанию.

## 18.3 Визуализация цифровой модели рельефа

В начало упражнения ▾

Для того чтобы полноценно моделировать видимость в трехмерном пространстве, необходимо иметь в наличии цифровую модель рельефа, а также и объекты, расположенные на поверхности.

1. Раскройте в домашнем каталоге базу геоданных *Satino.gdb* и перенесите на карту следующие слои из группы *General*:
  - *WaterPolygon* (площадная гидрография);
  - *WaterLine* (линейная гидрография);
  - *Contours* (горизонтали);
  - *DEM* (цифровая модель рельефа);
2. Разместите слои именно в том порядке, в котором они указаны выше.
3. Дважды щелкните на слое *Горизонтали*. Перейдите на вкладку **Display** и установите значение прозрачности равным 80% (Рис. 1).
4. Перейдите на вкладку **Symbology** и поменяйте цвет горизонталей на черный. Нажмите **OK**.
5. Смените символ слоя *Гидрография (линии)* на ярко-голубую линию толщиной 1.5 пикселя.
6. Смените цвет объектов слоя *Гидрография (полигоны)* на ярко-голубой.
7. Переименуйте слой *DEM* в таблице содержания в *ЦМР*.

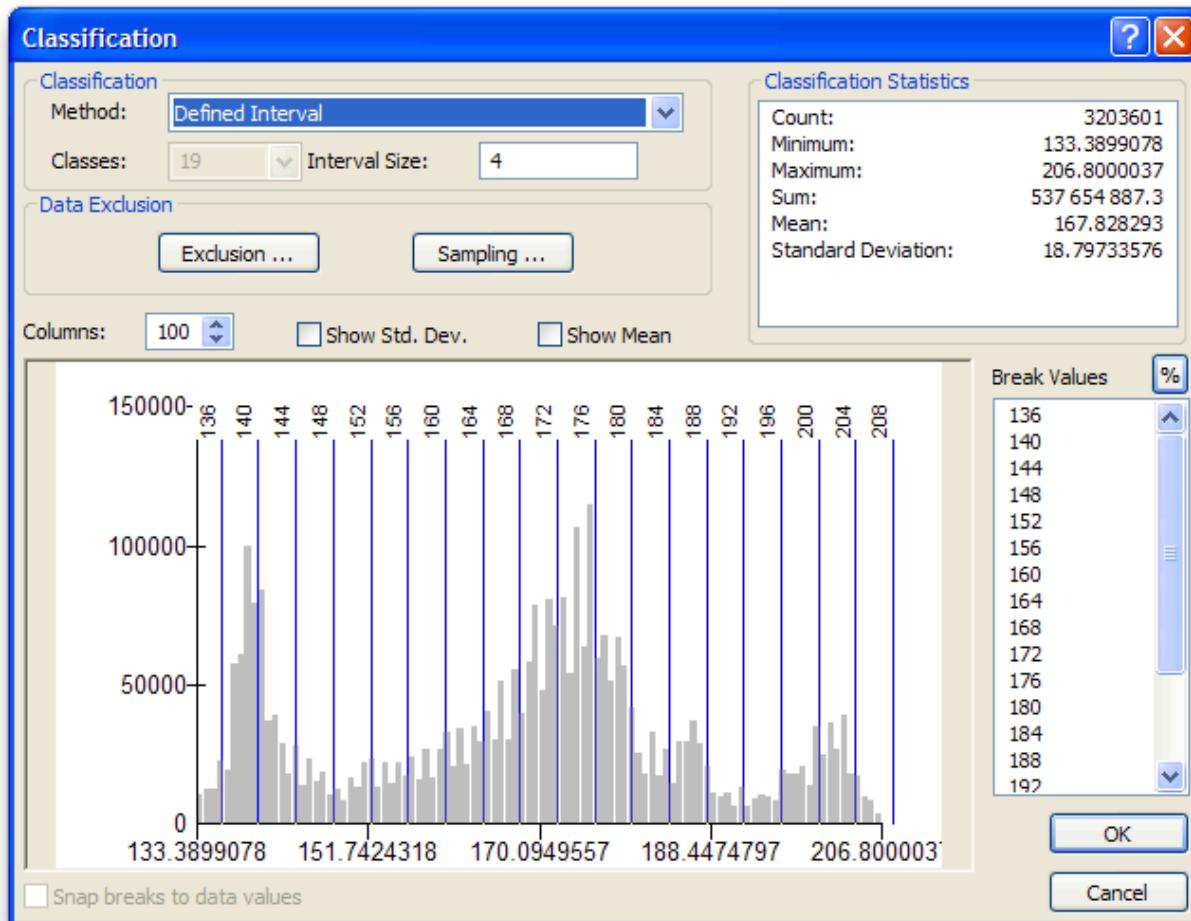


Figure 18.2: Рис. 2. Классификация высот для послойной окраски методом заданного интервала

8. Дважды щелкните на слое ЦМР, перейдите на вкладку **Symbology** и нажмите **Classify...**, чтобы сменить метод классификации.
9. В появившемся диалоге выберите режим *Defined Interval* (заданный вручную интервал) и установите величину интервала равной 4 метрам. Окно классификации примет вид, аналогичный Рис. 2.
10. Нажмите **OK** чтобы закрыть диалог классификации высот.
11. Выберите цветовую шкалу, близкую по гамме к гипсометрической. Окно карты примет вид, аналогичный представленному на Рис. 3.

**Снимок экрана №1.** Цифровая модель рельефа долины реки Протвы

## 18.4 Подготовка вспомогательных цифровых моделей для учета препятствий

В начало упражнения □

При расчете зоны видимости важно учитывать, что на поверхности расположены разные объекты, в том числе здания и растительность. Чтобы учесть объект в качестве препятствия, есть два пути: представить его в виде трехмерного тела, либо внедрить в качестве неровности в цифровую модель рельефа. Для растительности вам предлагается воспользоваться вторым вариантом. Алгоритм состоит из двух шагов:

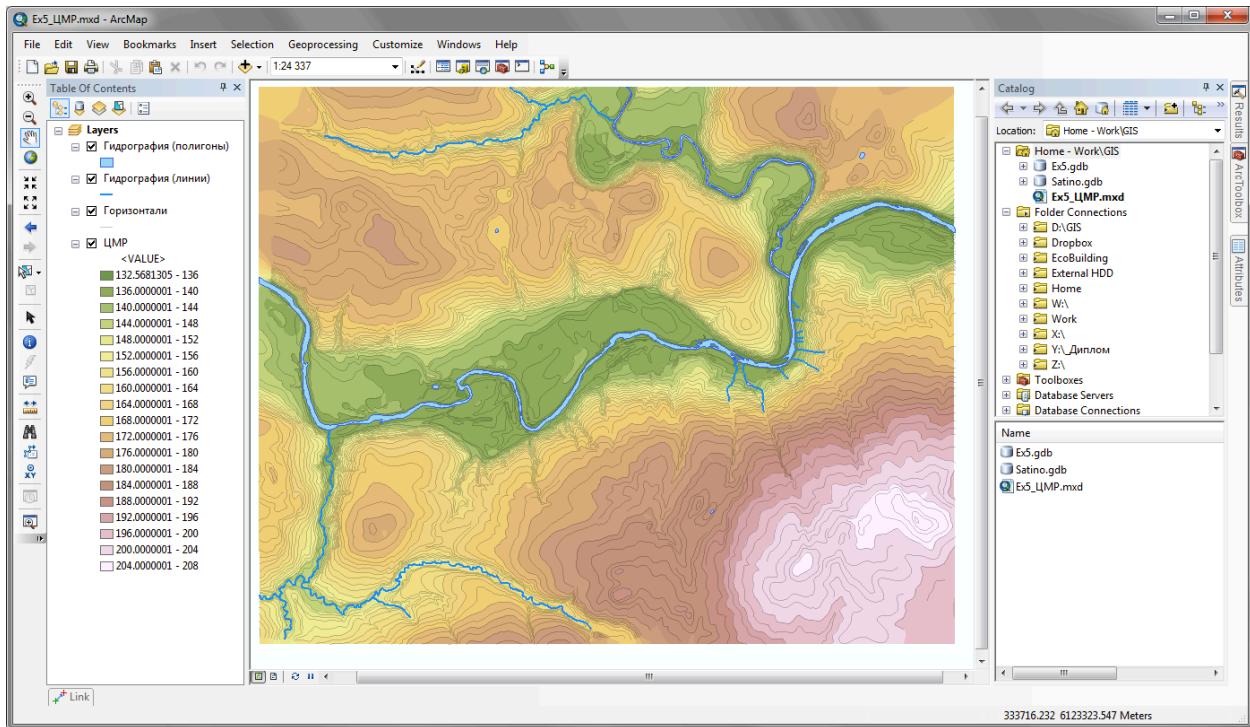


Figure 18.3: Рис. 3. Цифровая модель рельефа долины реки Протвы

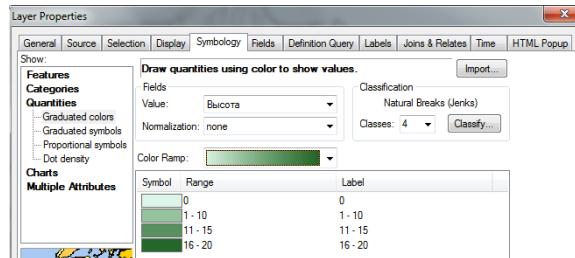


Figure 18.4: Рис. 4. Визуализация слоя по численному показателю методом количественного фона

- преобразовать слой растительности в растр, каждый пиксель которого хранит значение высоты растительности;
  - прибавить полученный растр к растрю ЦМР; там, где леса нет, высота ЦМР сохранится; на залесенных участках к ней прибавится высота растительного покрова.
1. Найдите слой *VegTypes* в базе данных *Satino.gdb* и добавьте его на карту.
  2. Дважды щелкните на слое *Растительность* и перейдите на вкладку **Symbology**.
  3. Выберите тип отображение **Quantities > Graduated Colors**. В качестве поля отображения укажите поле *Высота*. Выберите шкалу от светло-зеленого к темно-зеленому. Диалог примет вид, аналогичный представленному на Рис. 4:
  4. Нажмите **OK**. Окно карты примет следующий вид (Рис. 5):
  5. Откройте **ArcToolbox** и запустите инструмент **Conversion Tools > To Raster > Polygon to Raster**.
  6. Выберите в качестве входных данных **Input Features** слой *Растительность*.
  7. В списке **Field** выберите поле *Height* — значение, хранящееся в нем, будет присвоено каждой ячейке растра.

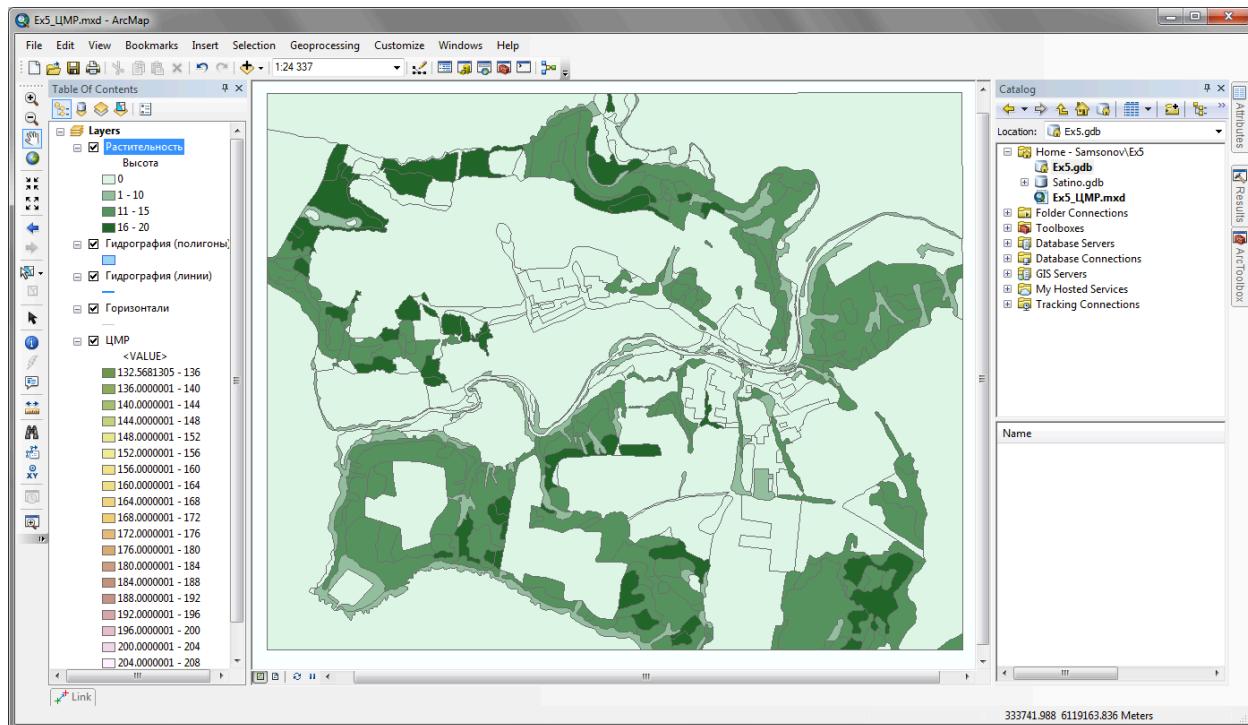


Figure 18.5: Рис. 5. Количество́нный фон по высоте́ растите́льности

8. Установите параметр **Cell size** равным 2,5 метра. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Диалог инструмента примет вид, аналогичный представленному на Рис. 6:
9. Нажмите **OK**, чтобы запустить выполнение инструмента.
10. Полученный слой переименуйте в *Высота растительности*.
11. Запустите инструмент **Spatial Analyst Tools > Math > Plus**, осуществляющий сложение растров.
12. Выберите в качестве первого растра *ЦМР*, в качестве второго — *Высота растительности*.
13. Назовите выходной класс *DEM\_Veg*. Диалог примет следующий вид (Рис. 7).
14. Нажмите **OK**.
15. После того, как полученный слой добавится на карту, назовите его *ЦМР+*.
16. Перенесите слой *ЦМР+* под гидрографию. Обратите внимание на резкие перепады яркости изображения, обусловленные внедрением объектов растительности.

## 18.5 Преобразование растровых моделей в триангуляционные

В начало упражнения □

До этого момента вы использовали растровые модели, которые удобны для вычислений. Их также можно использовать и в трехмерной среде. Однако, чтобы обеспечить максимальную производительность и качество визуализации, растровые модели желательно преобразовать в триангуляционные, поскольку именно на них основаны методы трехмерной визуализации.

1. Запустите инструмент геообработки **3D Analyst Tools > Conversion > From Raster > Raster to TIN**.

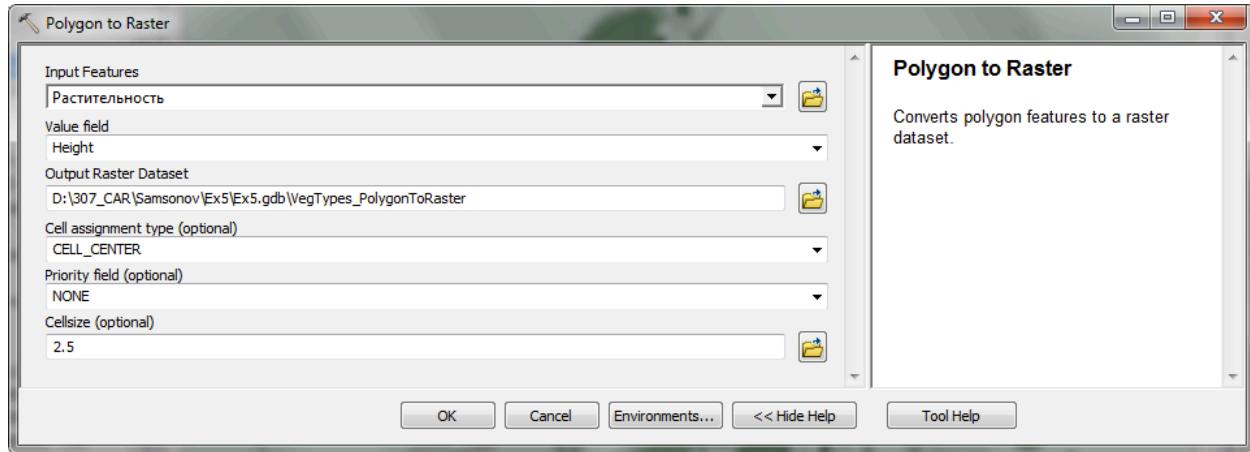


Figure 18.6: Рис. 6. Преобразование полигона лесного массива в растровое представление с помощью инструмента *Polygon to Raster*

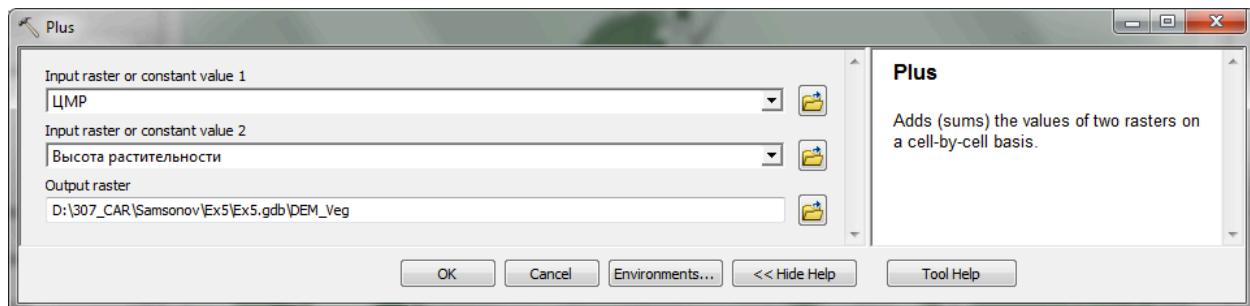


Figure 18.7: Рис. 7. Инструмент *Plus*, осуществляющий сложение растров

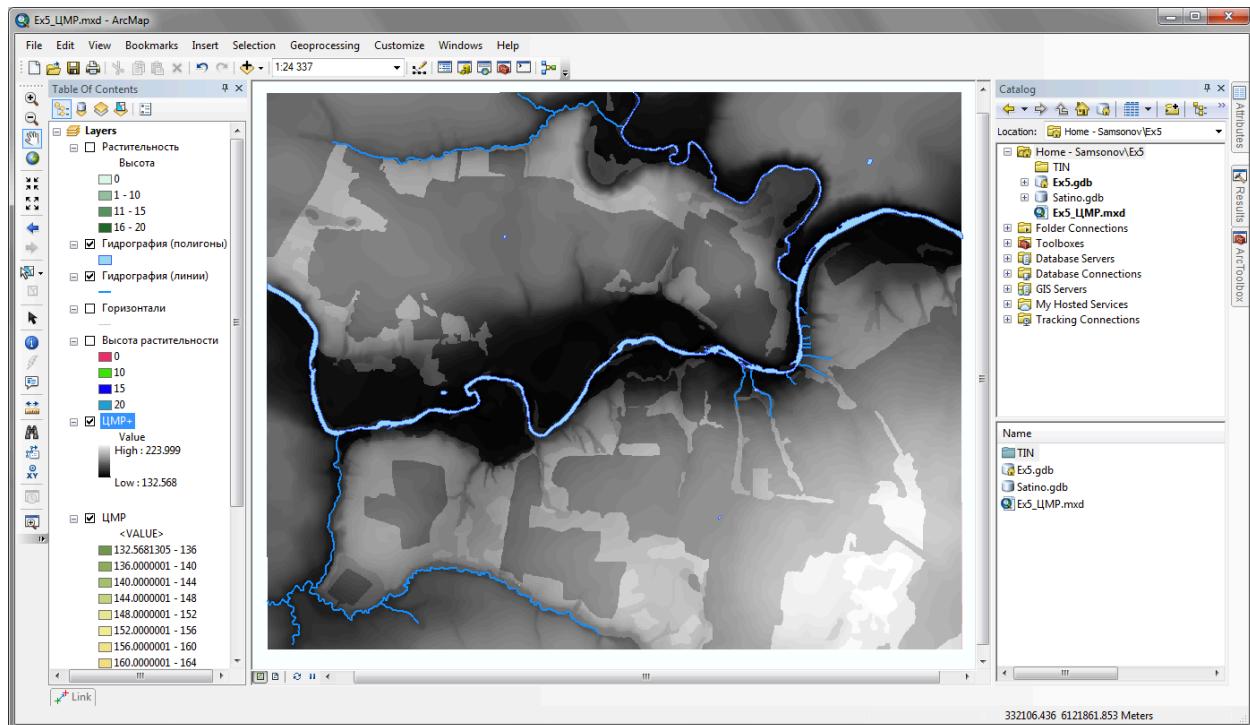


Figure 18.8: Рис. 8. Поле высот с внедренными объектами растительности

2. В качестве **Input Raster** выберите ЦМР.
3. В поле **Output TIN** назовите выходной слой *tin*.
4. Параметр допуска по высоте **Z Tolerance** установите равным 0,25 метров.

Параметр **Z Tolerance** управляет чувствительностью триангуляционной модели к неровностям поверхности. Если величина неровности больше, чем указанный порог, она будет выражена в виде набора треугольников. В нашем случае сечение исходных горизонталей было 2 метра, а вспомогательных горизонталей — 1 м. Точность положения горизонталей —  $\frac{1}{4}$  сечения. Следовательно, значение порога, равное 0,25 метра позволит сохранить все нюансы поверхности.

5. Максимальное количество точек **Maximum Number Of Points** увеличьте до 3 000 000 (три миллиона). Это значение подобрано для вас эмпирически.
6. Множитель по высоте **Z factor** оставьте равным 1. Окно инструмента примет вид, аналогичный представленному на Рис. 9.
7. Нажмите **OK**, чтобы запустить преобразование.
8. Повторите процедуру преобразования для слоя ЦМР+. В диалоге инструмента назовите выходной слой *tin+*.
9. Полученный слой *tin+* поместите в таблице содержания так, чтобы он был под слоями гидрографии. Все слои, кроме *tin+* и гидрографии отключите.
10. Дважды щелкните на слое *tin+* и перейдите на вкладку **Symbology**.
11. Выберите в списке слева метод отображения *Edge Types* — он отвечает за показ ребер триангуляции.
12. Щелкните внизу на кнопку **Add All Values**, чтобы добавить к отображению все типы ребер.
13. Исправьте цвет стандартного ребра *Regular Edge* на черный и нажмите **OK**.

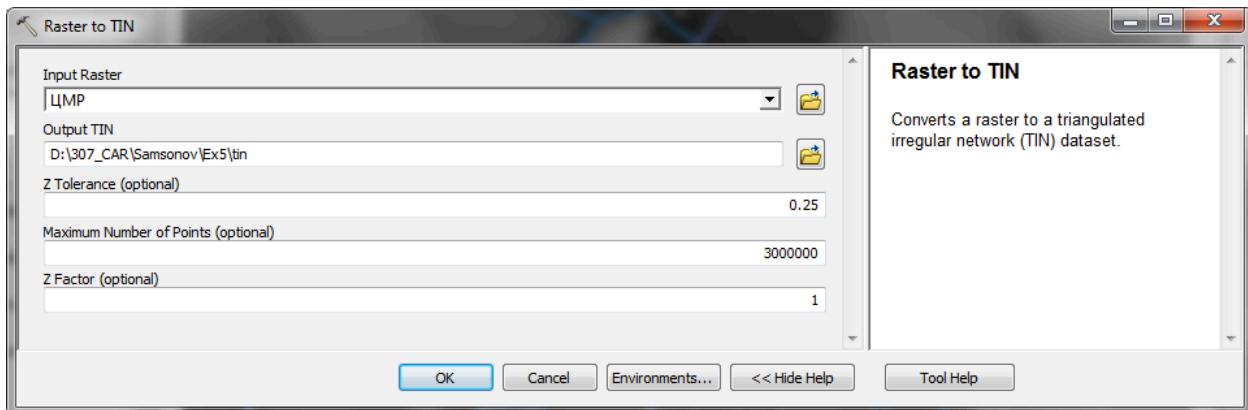


Figure 18.9: Рис. 9. Инструмент *Raster to TIN* для преобразования растровых моделей в триангуляционные

14. Приблизьтесь к лесному массиву в центральной части карты к северу от Протвы. Окно карты примет вид, аналогичный представленному на (Рис. 10).

Проанализируйте свойства триангуляционной модели. Является ли плотность треугольников и их размеры постоянными? Обратите внимание, как сгущается сетка на участках с большой кривизной поверхности.

Сохраните документ карты и сверните окно.

**Снимок экрана №2.** Триангуляционная модель рельефа долины реки Протвы с лесным массивом

## 18.6 Визуализация данных в трехмерной среде и знакомство с приложением ArcScene

В начало упражнения □

Несмотря на то, что анализ зон видимости можно проводить и в традиционной двумерной среде, более наглядно результат выглядит в трехмерной сцене, особенно когда есть несколько местоположений наблюдателя с разными высотами.

Для работы в трехмерной среде в **ArcGIS** используется приложение **ArcScene**. Это инструмент визуализации, анализа и редактирования трехмерных данных.

1. Откройте приложение **Пуск—Программы > ArcGIS > ArcScene**.
2. Сохраните сразу же документ сцены в свой каталог *Ex18* под названием *Ex18\_3D.sxd*.
3. Раскройте домашнюю директорию в окне **Каталога**, щелкните правой кнопкой мыши на базе геоданных *Ex18.gdb* и выберите пункт **Make Default Geodatabase**, чтобы назначить ее базой геоданных по умолчанию, если это еще не сделано.
4. Откройте панель инструментов **Tools** и обратите внимание на то, что она несколько отличается от привычной вам панели инструментов в **Аркмапе**. Самый первый инструмент используется для вращения сцены.
5. Добавьте на карту слой *PhotoPlan* из базы геоданных *Satino*.

Обратите внимание на то, что снимок отображается плоским. Системе известна лишь информация о цвете каждого пикселя, но не о его высоте.

6. Откройте свойства слоя и перейдите на вкладку **Base Heights** (базовые высоты).
7. Установите параметр **Elevation from surfaces** в положение *Floating on a custom surface*.

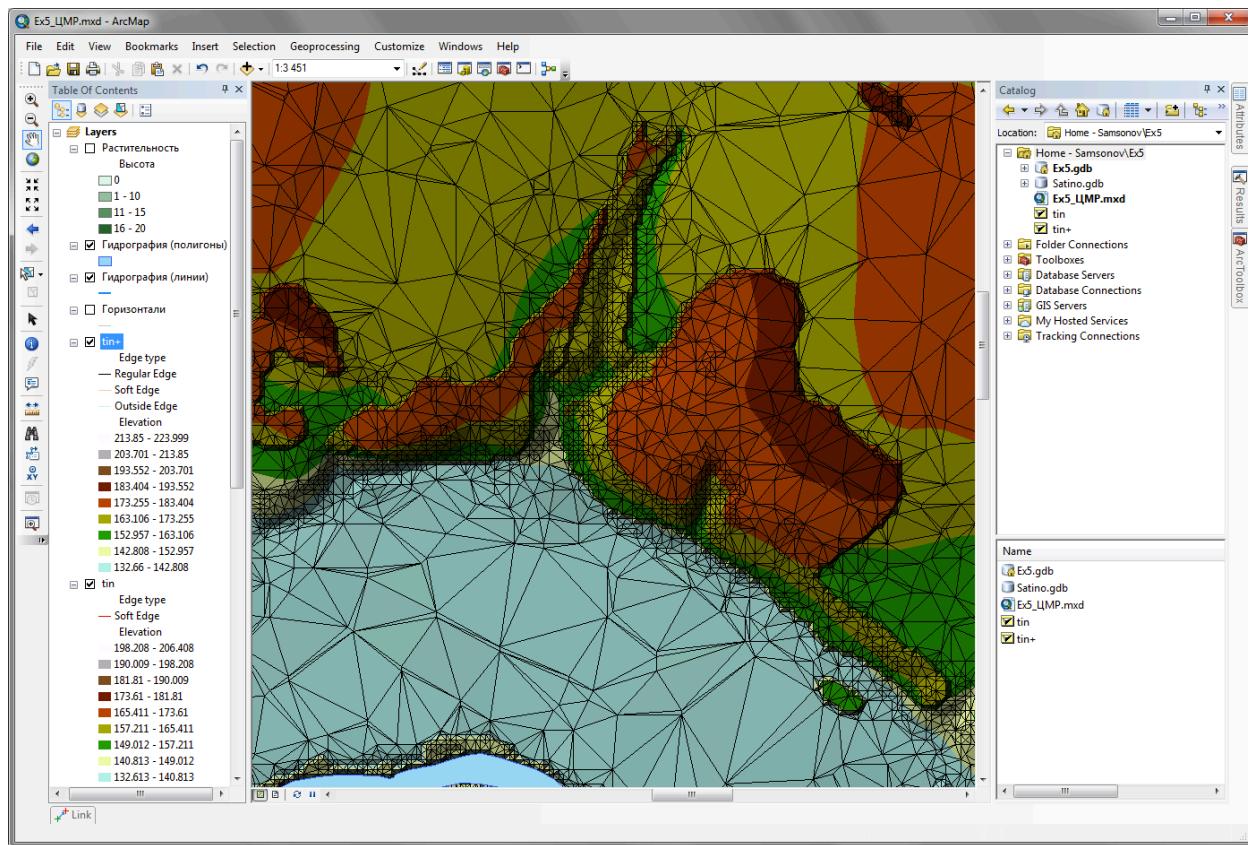


Figure 18.10: Рис. 10. Триангуляционная модель рельефа с лесным массивом

Figure 18.11: Рис. 11. Панель инструментов **Tools** в *ArcScene*

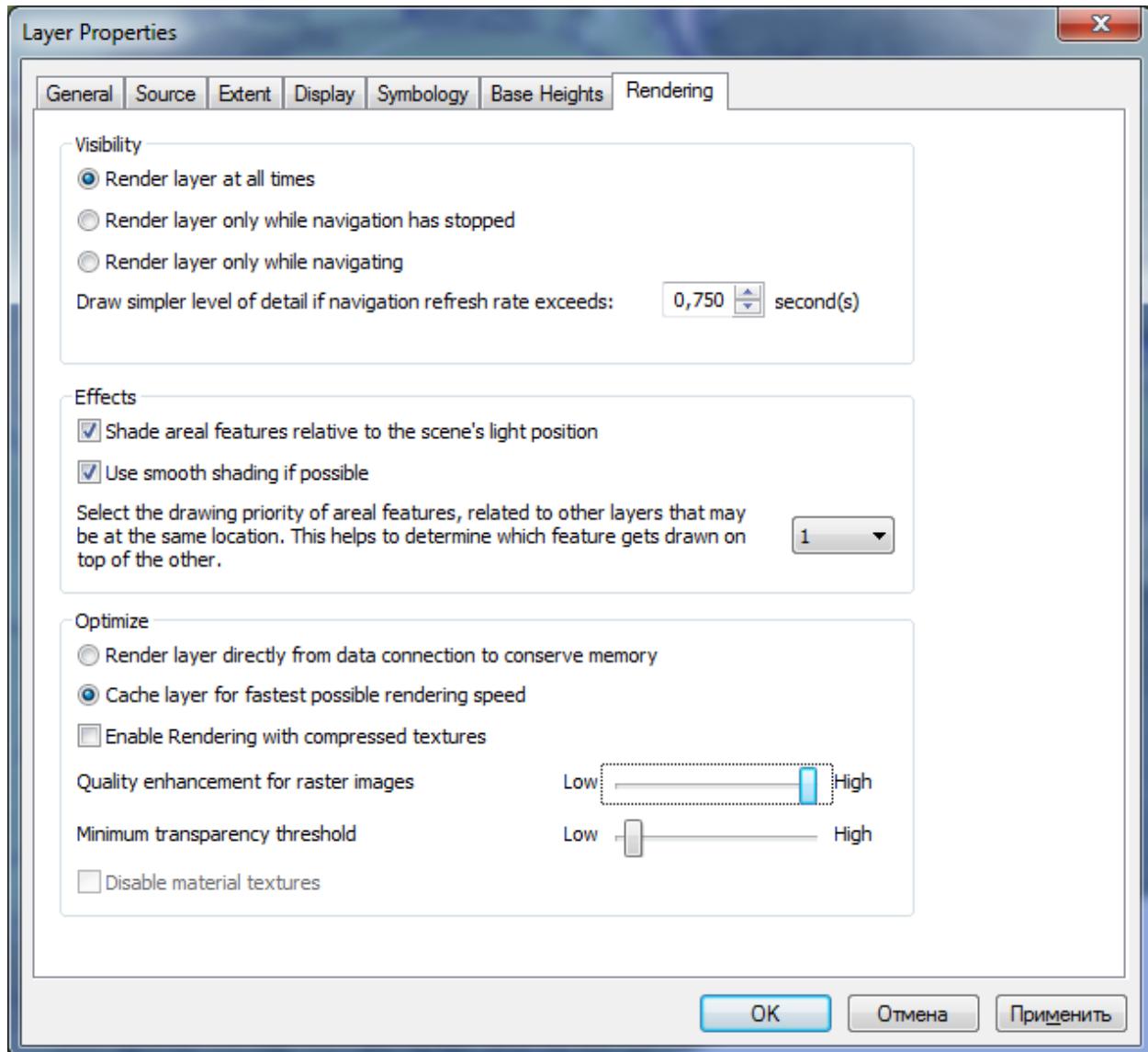


Figure 18.12: Рис. 12. Настройка параметров рендеринга для аэрофотоснимка

8. Нажмите кнопку обзора каталогов и укажите модель *tin+* в качестве источника высот.
9. На вкладке **Symbology** в группе **Stretch** установите параметр **Type** равным *None*. Этот параметр отвечает за растяжку гистограммы, которая в случае фотоснимка не нужна.
10. Перейдите на вкладку **Display** и установите параметр **Resample during display using** равным *Cubic Convolution* (кубическая свертка). В этом режиме изображение будет всегда сглаживаться независимо от масштаба сцены.
11. Перейдите на вкладку **Rendering** поставьте галочку **Shade areal features relative to the scene's light position**. В этом режиме снимок на снимок будет накладываться тень в соответствии с параметрами освещения сцены.
12. На той же вкладке в группе настроек **Optimize** переместите ползунок **Quality enhancement for raster images** в крайнее правое положение для того чтобы снимок отображался в максимальном качестве. Диалог настройки слоя примет вид, аналогичный представленному на Рис. 12.
13. Нажмите **OK** в настройках слоя. Вам придется подождать некоторое время, пока снимок драпируется на поверхность модели.

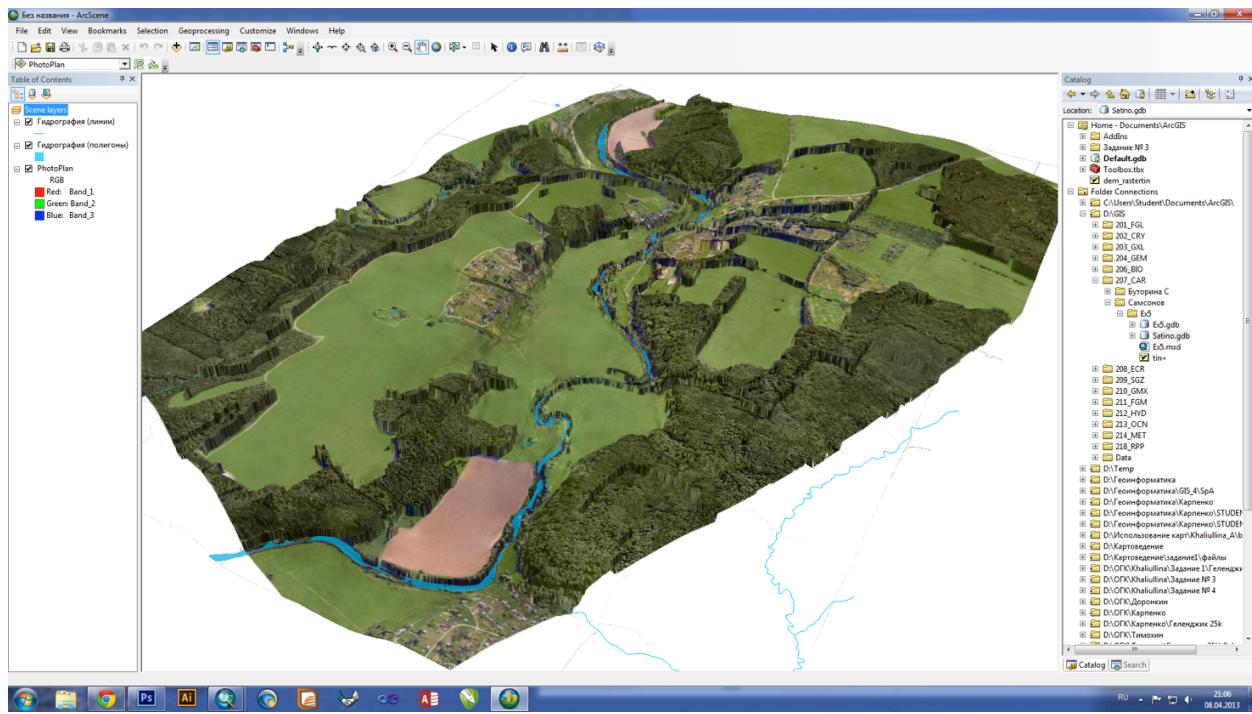


Figure 18.13: Рис. 13. Снимок, драпированный поверх ЦМР с высотами растительности

14. Добавьте на карту слои *WaterLine* и *WaterPolygon* из базы геоданных *Satino* и переместите их наверх таблицы содержания.
  15. Откройте свойства слоя *Гидрография (полигоны)* двойным щелчком.
  16. Перейдите на вкладку **Symbology** и смените цвет заливки на ярко-голубой, и уберите обводку (поставьте *No Color*).
  17. Перейдите на вкладку **Display** и установите прозрачность слоя (**Transparency**) равной 30%.
  18. Перейдите на вкладку **Base Heights** и установите параметр **Elevation from surfaces** в положение *Floating on a custom surface*. Нажмите кнопку обзора каталогов и укажите в качестве источника модель *tin*.
  19. Нажмите **OK** в свойствах слоя.
  20. Настройте аналогичным образом слой *Гидрография (линии)*, сменив цвет линии на голубой и включив опцию **Floating on a custom surface**.
- Полученная сцена имеет один недостаток: необходимо увеличить масштаб по высоте, чтобы изображение стало более наглядным.
21. Дважды щелкните в таблице содержания на заголовок **Scene Layers** и установите параметр **Vertical Exaggeration** равным 3. Нажмите **OK**.
  22. Окно приложения примет вид, аналогичный представленному на Рис. 13.

Что изменилось в сцене после установки параметра *Vertical Exaggeration*? Как он влияет на отображение слоев?

## 18.7 Визуализация трехмерных объектов: геодезические пункты и здания

В начало упражнения □

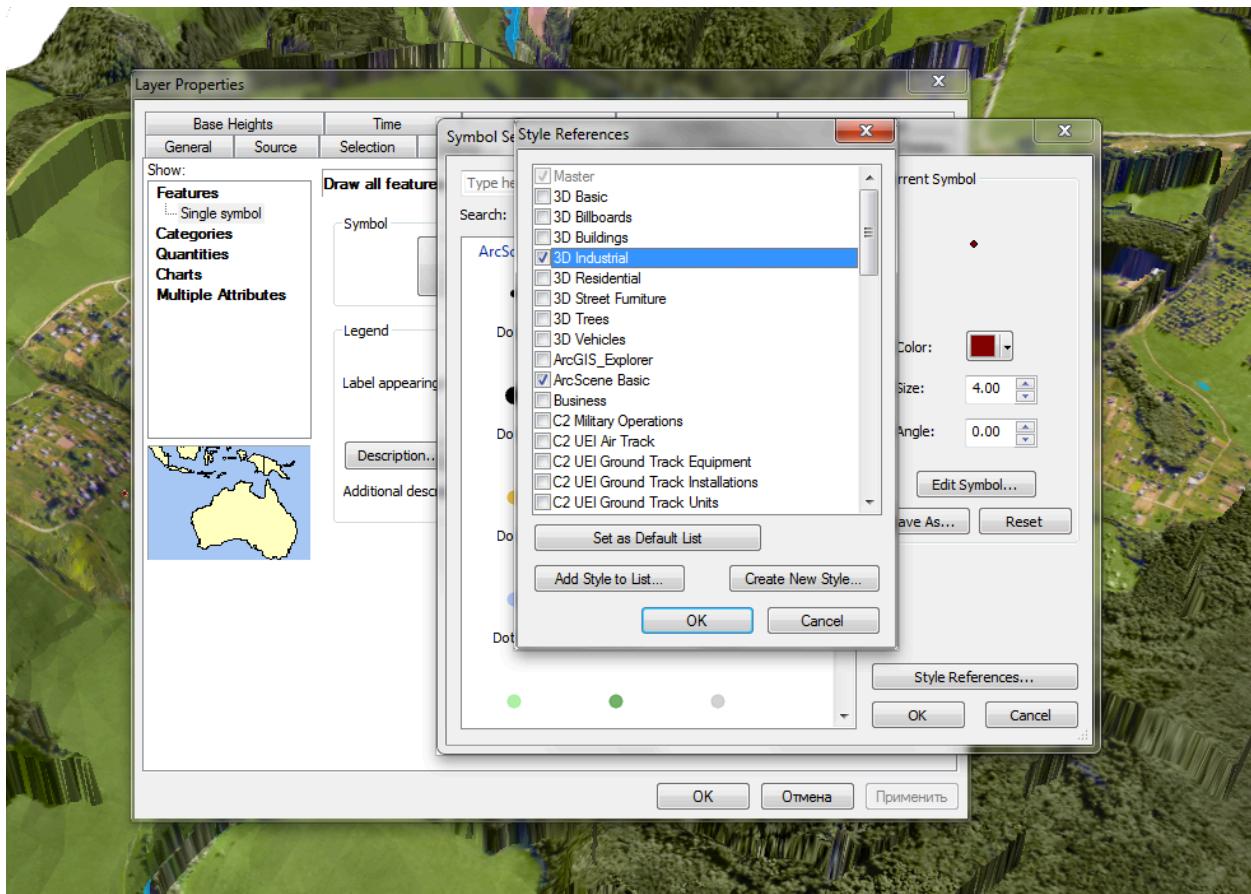


Figure 18.14: Рис. 14. Подключение набора символов через *Symbol Selector*

В сцену необходимо добавить здания, которые играют роль дополнительных препятствий и геодезические пункты, с которых производятся наблюдения. До этого момента вы пользовались функцией драпировки объектов на поверхность. Здания и геодезические пункты, напротив, хранятся в базе данных как трехмерные объекты.

1. Добавьте на карту слой *Geopoints\_3D* из базы данных *Satino*.
  2. Дважды щелкните на слое *Геодезические пункты 3D* в таблице содержания и на вкладке **Symbology** щелкните на кнопку с изображением символа.
  3. В открывшемся диалоге нажмите кнопку **Style References**, чтобы подгрузить дополнительные символы.
  4. Отметьте в списке набор символов *3D Industrial* (Рис. 14) и нажмите **OK**.
  5. Найдите в таблице символ *WatchTower 1*, выберите его и установите размер 40 пикселов. Диалог настройки символа примет вид, аналогичный представленному на Рис. 15.
  6. Нажмите **OK**, чтобы завершить настройку символа для геодезического пункта.
  7. Добавьте на карту слой *Buildings\_3D* из базы данных *Satino*. Это трехмерные объекты типа **Multipatch**, у которых была заранее определена высота.
  8. Приблизьтесь к участку поймы между деревнями *Дедюевка* и *Рыжково*. Окно приложения примет вид, аналогичный представленному на Рис. 16.
- Снимок экрана №3.** Визуализация исходных данных для анализа зон видимости: рельеф, снимок, геодезические пункты и трехмерные здания

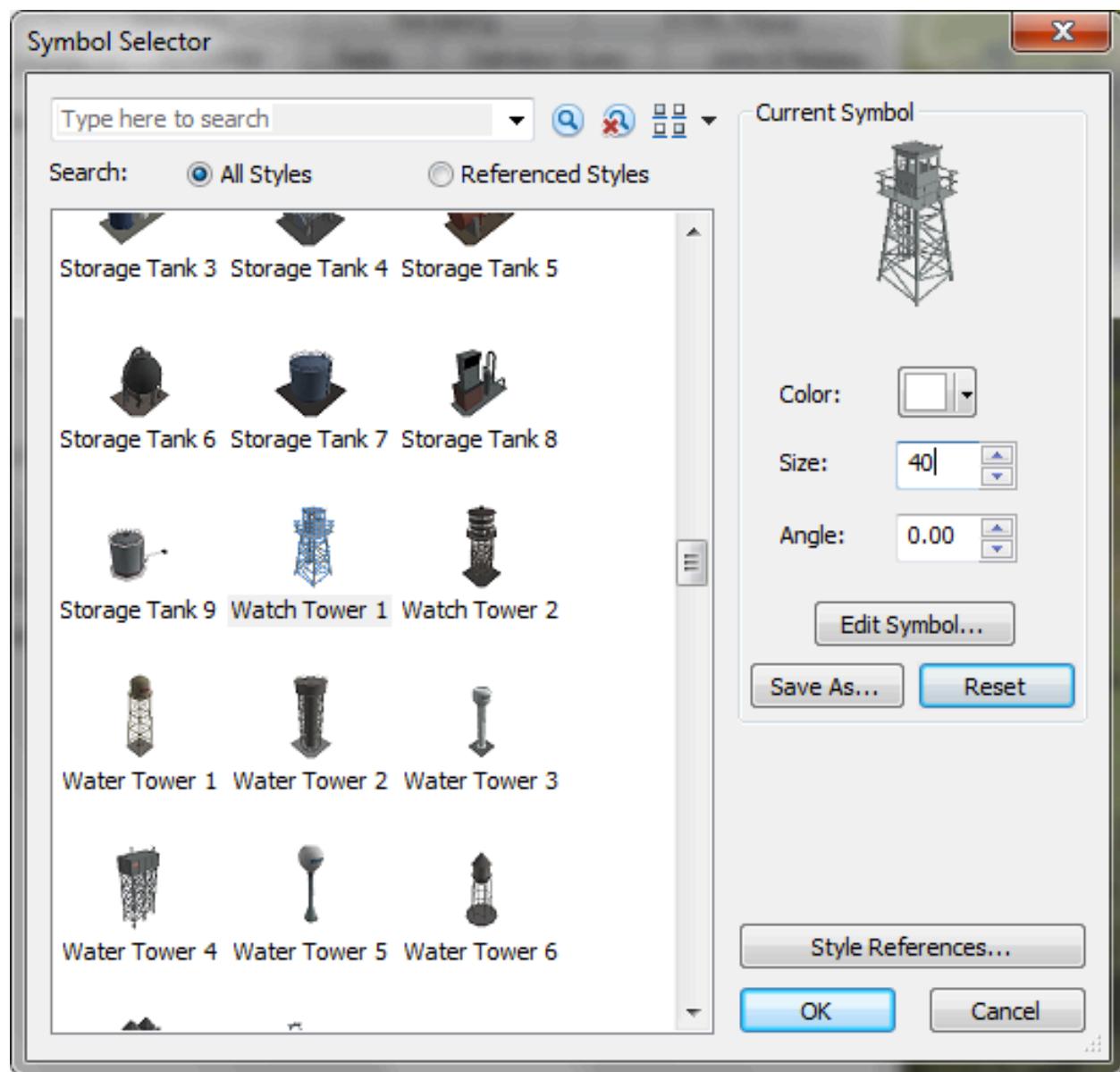


Figure 18.15: Рис. 15. Выбор символа для геодезического пункта (Watch Tower 1)

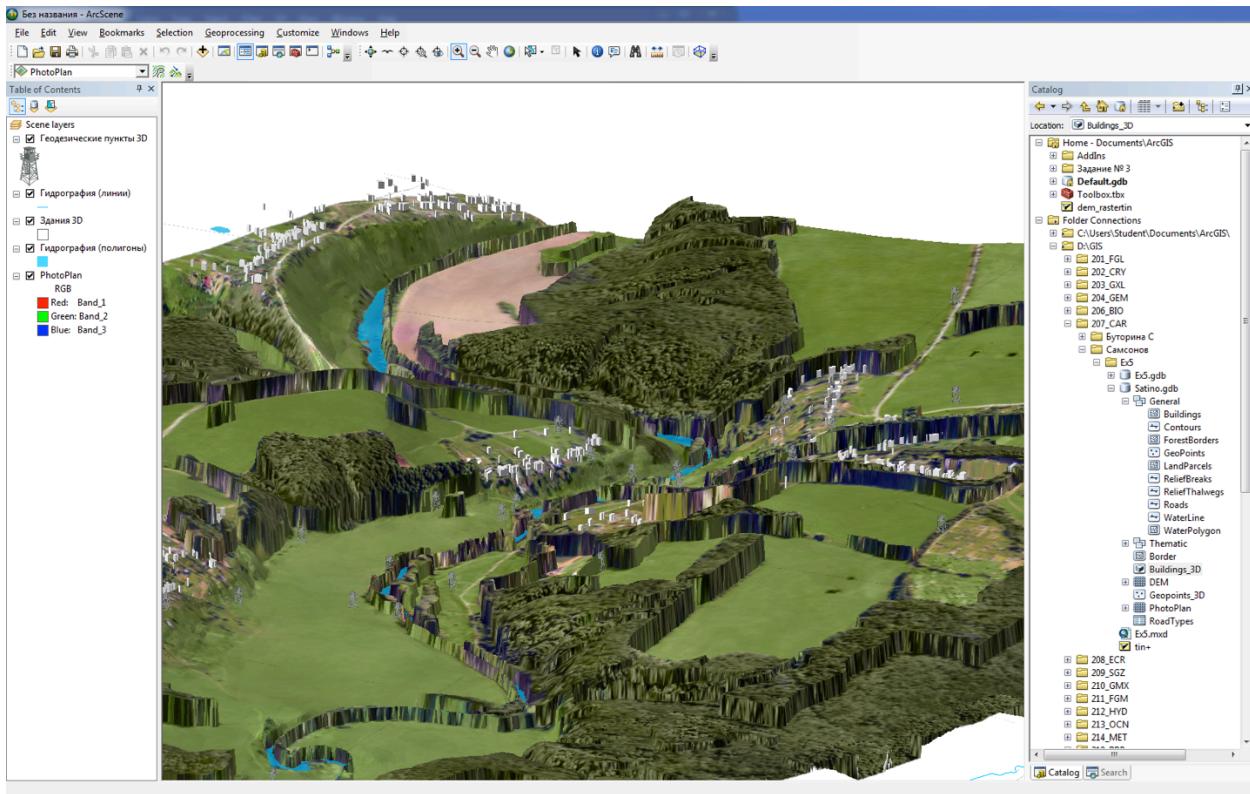


Figure 18.16: Рис. 16. Трехмерные данные для анализа зон видимости и открытости небосвода

## 18.8 Анализ зоны видимости наблюдательного пункта

В начало упражнения ▾

Зона видимости строится для определенной точки в трехмерном пространстве. В качестве наблюдательных точек удобно использовать геодезические пункты. Сначала вы определите зону видимости с точки, расположенной на земле, а затем приподнимете ее на несколько метров, чтобы понять, как изменится зона видимости.

1. Откройте атрибутивную таблицу слоя Геодезические пункты 3D и выделите строку с геодезическим пунктом *Старое русло*. Стока должна выделиться ярко-голубым цветом.
2. Запустите инструмент геообработки **3D Analyst Tools > Visibility > Skyline**, который строит линию небосвода.
3. В качестве слоя точек наблюдений **Input Observer Point Features** выберите *Геодезические пункты 3D*. Поскольку вы выделили объект в таблице этого слоя, линия небосвода будет рассчитана только для него, а не для всех объектов.
4. В поле **Input Surface** выберите поверхность *tin+* с помощью обзора каталогов.
5. Из списка препятствий **Input Features** выберите слой *Здания 3D*. Диалог инструмента и окно приложения примут вид, аналогичный представленному на Рис. 17.
6. Нажмите **OK**, чтобы запустить расчеты.
7. После того, как результат будет добавлен в таблицу содержания, смените его название на *Линия небосвода (Старое русло)* и смените символ на ярко-желтую линию.
8. Запустите инструмент **3D Analyst Tools > Visibility > Skyline Barrier**, который строит трехмерную зону видимости на основе линии небосвода.

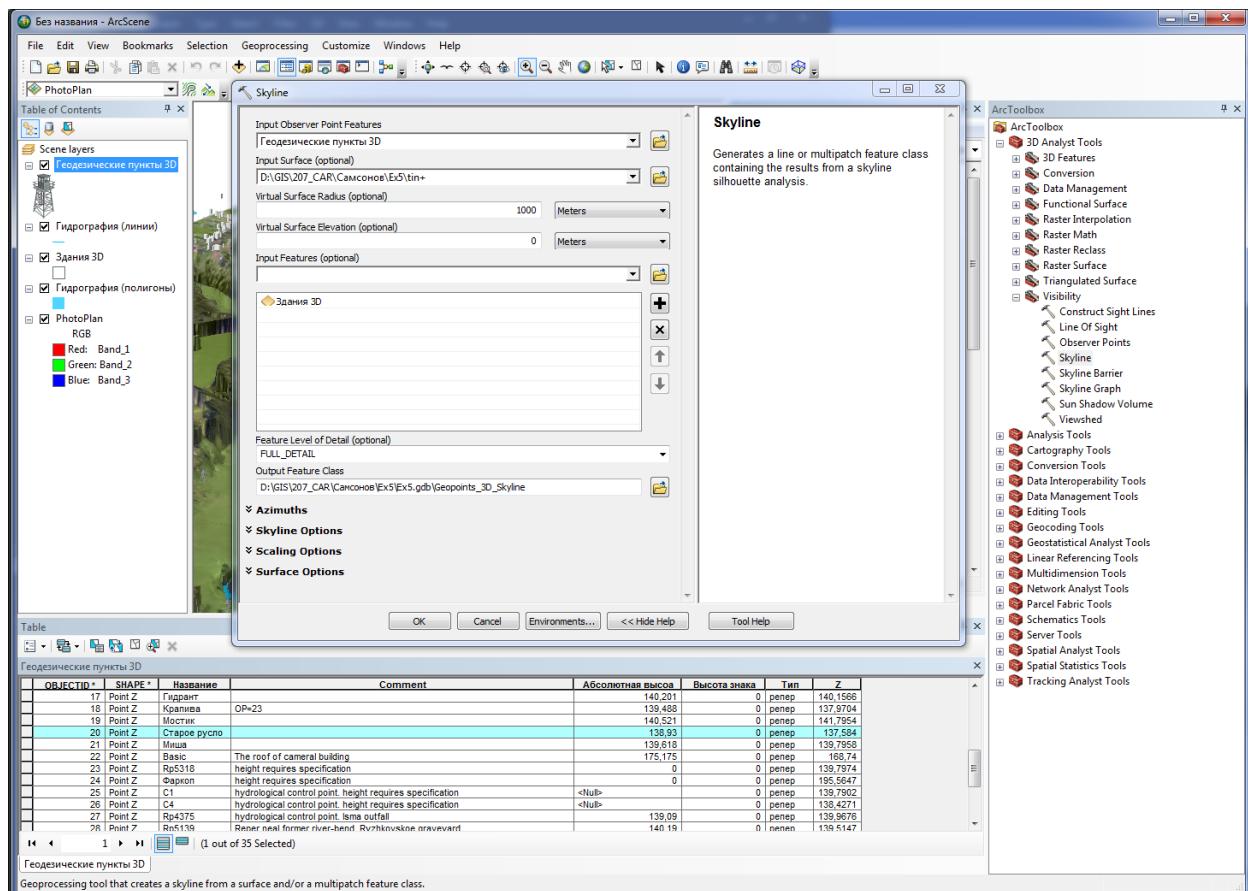


Figure 18.17: Рис. 17. Инструмент Skyline для построения линии небосвода

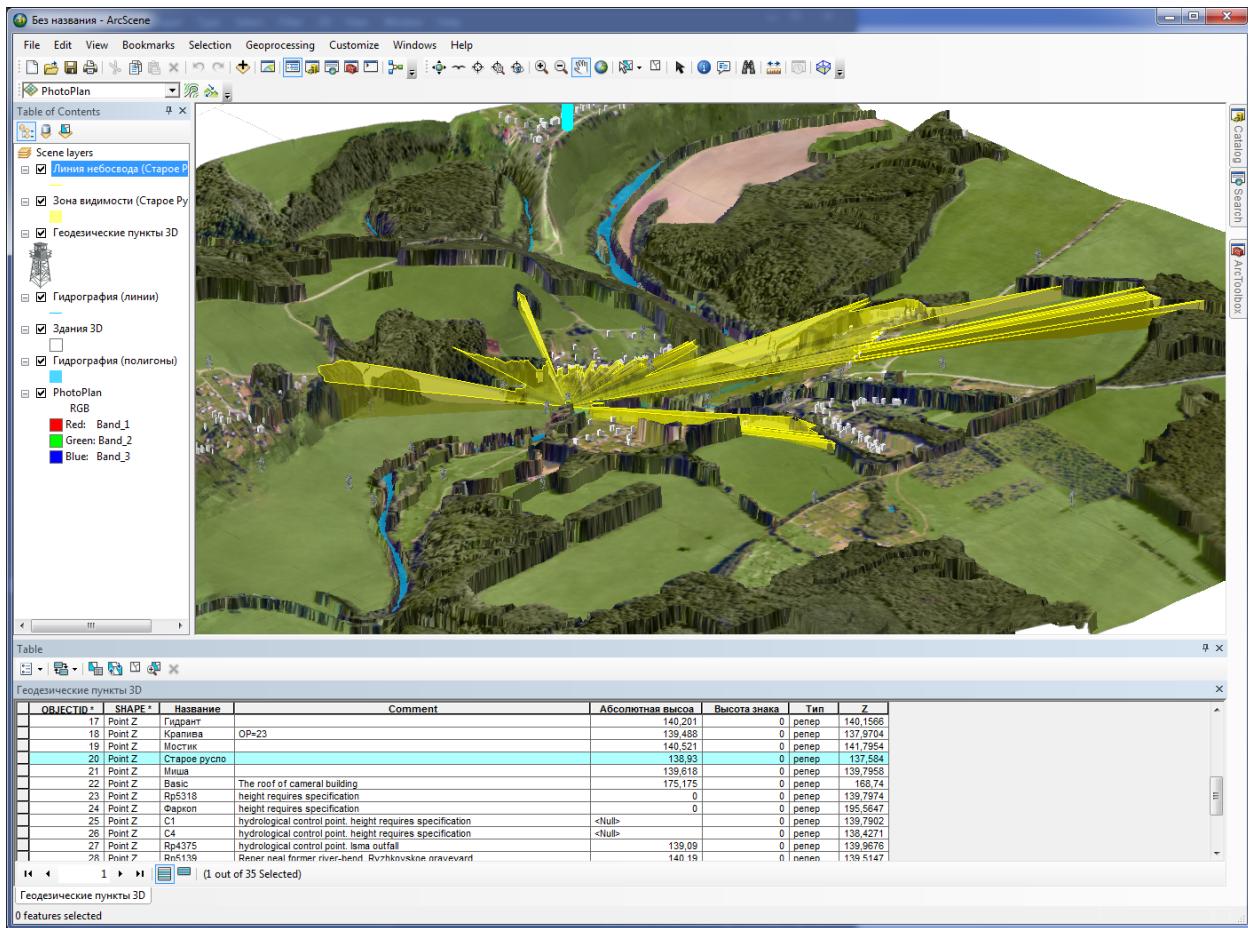


Figure 18.18: Рис. 18. Результат расчета зоны видимости для пункта Старое русло

9. Выберите в качестве **Input Observer Point Features** слой **Геодезические пункты 3D**.
10. В качестве **Input Features** выберите слой **Линия небосвода (Старое русло)**.
11. Установите галочку **Closed**, чтобы сформировать боковые стенки зоны видимости.
12. Остальные параметры оставьте по умолчанию.
13. Нажмите **OK**, чтобы запустить расчеты.
14. После того, как результат добавится в таблицу содержания, переименуйте его в **Зона видимости (Старое русло)**.
15. Смените цвет слоя зоны видимости на ярко-желтый и установите прозрачность слоя равной 50%. Окно приложения примет вид, аналогичный представленному на Рис. 18.

**Снимок экрана №4.** Результат расчета зоны видимости пункта Старое русло

Проанализируйте результат. Приблизьтесь поближе, чтобы рассмотреть полученные границы. Как ведет себя линия горизонта при встрече с препятствиями?

## 18.9 Изменение высоты наблюдения

В начало упражнения □

Рассмотрим теперь, как изменится зона видимости, если переместиться в пункт, расположенный более высоко.

1. Выберите в таблице атрибутов слоя *Геодезические пункты 3D* строку *Дедюевка*. Стока должна выделиться ярко-голубым цветом.
2. Запустите инструмент **Skyline** еще раз для построения линии небосвода.
3. В параметр **Input Observer Point Features** подставьте слой *Геодезические пункты 3D*.
4. В поле **Input Surface** выберите поверхность *tin+* с помощью обзора каталогов.
5. Из списка препятствий **Input Features** выберите слой *Здания 3D*. Остальные параметры оставьте по умолчанию и запустите инструмент.
6. Получившийся слой переименуйте в *Линия небосвода (Дедюевка)* и смените его символ на ярко-красную линию.
7. Запустите снова инструмент **Skyline Barrier** для построения зоны видимости.
8. Выберите в качестве **Input Observer Point Features** слой *Геодезические пункты 3D*.
9. В качестве **Input Features** выберите слой *Линия небосвода (Дедюевка)*.
10. Установите галочку **Closed**, чтобы сформировать боковые стенки зоны видимости.
11. Остальные параметры оставьте по умолчанию и запустите инструмент, нажав **OK**.
12. Переименуйте получившийся слой в *Зона видимости (Дедюевка)*, смените его цвет на розовый и установите прозрачность равной 50%.
13. Отключите слои *Линия небосвода (Старое русло)* и *Зона видимости (Старое русло)*.
14. Нажмите **глобус**, чтобы вся сцена поместилась на в окне просмотра (Рис. 19).

**Снимок экрана №5.** Результат расчета зоны видимости пункта Дедюевка

Проанализируйте, как изменилась зона видимости после выбора более высокой точки.

Сохраните документ сцены еще раз. Положите ваш отчетный файл в сетевую папку преподавателя.

## 18.10 Контрольные вопросы

В начало упражнения □

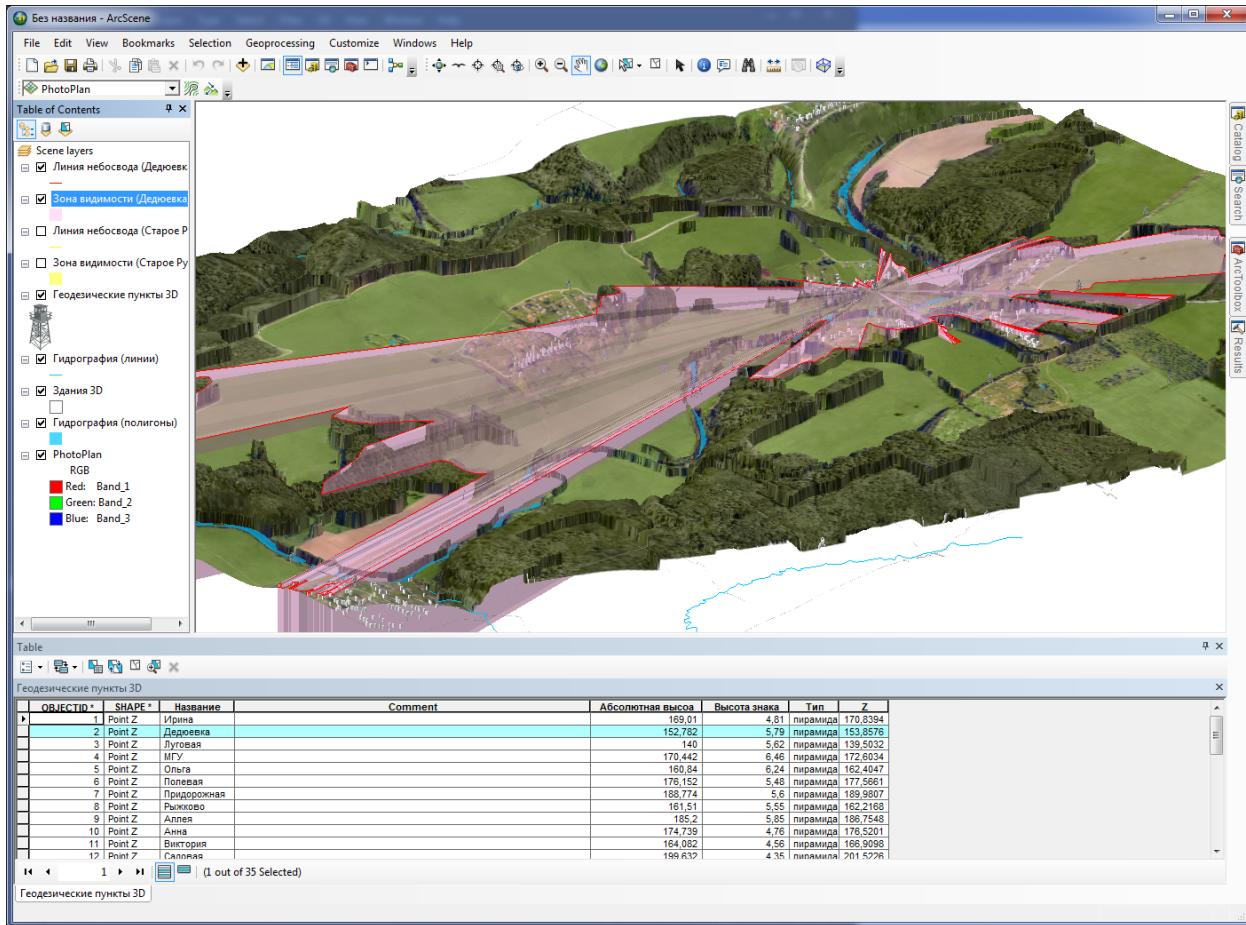


Figure 18.19: Рис. 19. Зона видимости, построенная для пункта Дедюевка