

**Д. М. Курлович    Н. В. Жуковская  
О. М. Ковалевская**

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано*

*Учебно-методическим объединением  
по естественнонаучному образованию в качестве  
учебно-методического пособия для студентов,  
обучающихся по специальности  
1-31 02 01 «География (по направлениям)»,  
направление специальности 1-31 02 01-02  
«География (научно-педагогическая деятельность)»*

УДК 91:004(075.8)(076.5)  
ББК 26.8с51я73-5  
К93

Рецензенты:

кафедра физической географии Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка (заведующий кафедрой кандидат географических наук, доцент *А. В. Таранчук*);  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. Л. Андреева*;  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент *В. Э. Кутырло*

**Курлович, Д. М.**

К93 Геоинформационные технологии. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович, Н. В. Жуковская, О. М. Ковалевская. — Минск : БГУ, 2015. — 160 с. : ил.  
ISBN 978-985-566-225-0.

В учебно-методическом пособии рассматриваются интерфейс и основные возможности ГИС ArcGIS: геопривязка растровых изображений, создание и наполнение баз геоданных, векторизация и редактирование векторов, построение GRID- и TIN-поверхностей, трехмерных моделей, проведение векторного и растрового ГИС-анализа, создание и компоновка карт средствами ГИС.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-31 02 01 «География (по направлениям)», направление специальности 1-31 02 01-02 «География (научно-педагогическая деятельность)».

УДК 91:004(075.8)(076.5)  
ББК 26.8с51я73-5

---

Учебное издание

**Курлович** Дмитрий Мирославович, **Жуковская** Наталья Викторовна,  
**Ковалевская** Ольга Михайловна

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
Учебно-методическое пособие**

Редактор *С. А. Бондаренко*. Художник обложки *Т. Ю. Таран*.

Технический редактор *Т. К. Раманович*. Компьютерная верстка *С. Н. Егоровой*.

Корректоры *Е. В. Гордейко, А. В. Лебедев*

Подписано в печать 30.11.2015. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 100 экз. Заказ 815.

Белорусский государственный университет. Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/270 от 03.04.2014. Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Республиканское унитарное предприятие «Издательский центр Белорусского государственного университета». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/63 от 19.03.2014. Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.

© Курлович Д. М., Жуковская Н. В.,  
Ковалевская О. М., 2015

© БГУ, 2015

ISBN 978-985-566-225-0



## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время в Республике Беларусь географические информационные системы (ГИС) широко применяются во многих отраслях наук о Земле (геология и геоморфология, гидрометеорология, земельный кадастр, лесное хозяйство, экология, социально-экономическая и политическая география, туризм и др.). Специалисты по ГИС участвуют в принятии решений при управлении недвижимостью, в транспортной отрасли, торговле, логистике, муниципальном хозяйстве, вооруженных силах и т. д. Они должны уметь создавать базы геоданных, оперировать основными моделями представления пространственных данных в геоинформационной среде, проводить векторный и растровый ГИС-анализ, выполнять компоновку и дизайн карт, геоинформационных проектов, картографических веб-приложений, формируемых в среде ГИС.

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с учебной программой по специальности 1-31 02 01 «География (по направлениям)», направление специальности 1-31 02 01-02 «География (научно-педагогическая деятельность)». Лабораторные работы, содержащиеся в издании, позволяют студентам изучить интерфейс и основные возможности ГИС ArcGIS, получить навыки геопривязки растровых изображений, создания и наполнения баз геоданных, векторизации и редактирования векторов, построения GRID- и TIN-поверхностей, трехмерных моделей, проведения векторного и растрового ГИС-анализа, создания и компоновки карт средствами ГИС.

Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой физической географии Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка А. В. Таранчук, доценту вышеупомянутой кафедры В. Л. Андреевой и заведующему лабораторией прикладных геологических проблем научно-исследовательского геолого-экологического отдела ОАО «Белгорхимпром» В. Э. Кутырло за ценные рекомендации по улучшению учебно-методического пособия, а также управлению редакционно-издательской работы БГУ за подготовку рукописи к изданию.

## Лабораторная работа 1


### ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГИС ARCGIS

**Цель лабораторной работы:** знакомство с интерфейсом приложения ArcMap ГИС ArcGIS, визуализация и изучение пространственных данных в ArcMap.

#### Исходные данные:

- шейп-файл, содержащий границу Брестской области (Brest\_region.shp);
- шейп-файл, содержащий границы административных районов Брестской области (Brest\_district.shp);
- шейп-файл, содержащий гидрографические объекты Брестской области (Brest\_river.shp);
- шейп-файл, содержащий населенные пункты Брестской области (Brest\_settlement.shp);
- шейп-файл, содержащий информацию о растительности Брестской области (Brest\_vegetation.shp).

#### Ход выполнения лабораторной работы

**Шаг 1.** Запустите программу, дважды щелкнув по иконке  на рабочем столе или выбрав пункт меню *Пуск* → *Программы* → *ArcGIS* → *ArcMap*. При первом запуске ArcMap появится диалоговое окно запуска, которое предложит несколько вариантов начала работы. Выберите *Начать работу с новой пустой картой*. В интерфейсе ArcMap отобразится документ карты «Без имени» и предлагаемый по умолчанию фрейм данных под названием «Слои». Окно программы (рис. 1.1) состоит из двух частей: таблицы содержания и области отображения карты.

В верхней части окна находятся главное меню программы и набор стандартных инструментов для управления проектом (рис. 1.2). Панели инструментов в ArcMap являются динамическими, т. е. их можно перемещать.

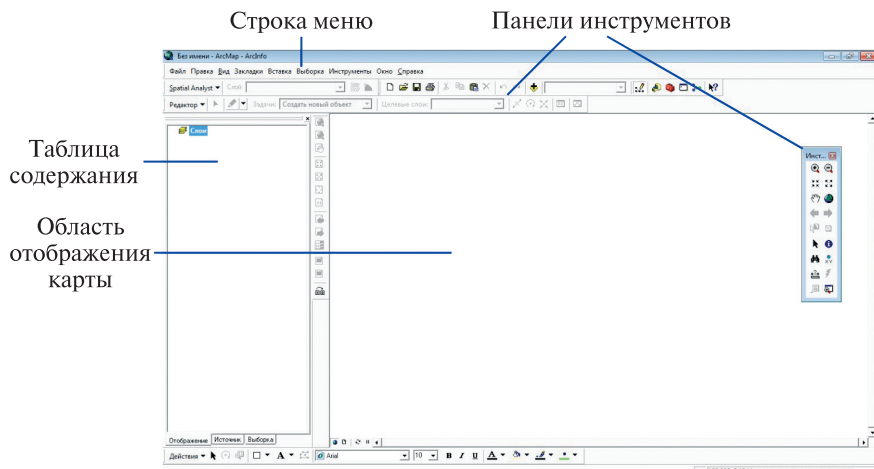


Рис. 1.1

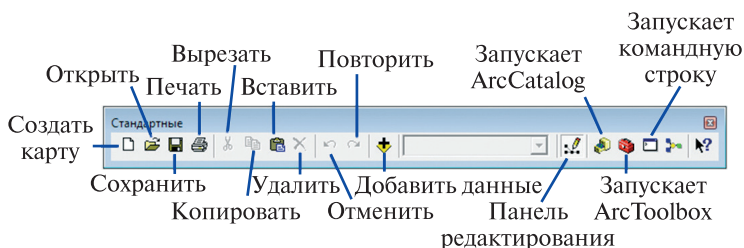



Рис. 1.2

**Шаг 2.** Создайте проект «Brest region». Для этого используйте опцию *Сохранить как...* в меню **Файл**. Воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* , добавьте в проект следующие векторные слои из папки исходных данных: «Brest\_region», «Brest\_district», «Brest\_river», «Brest\_vegetation», «Brest\_settlement». Данные загружаются во фрейм данных и отображаются в таблице содержания. Каждому слою соответствуют имя и легенда, которая показывает символы и цвета, используемые для отображения объектов слоя. Слева от имени слоя в таблице содержания имеется флажок, указывающий, виден ли слой в настоящее время на карте.

**Шаг 3.** Расположите добавленные слои, как показано на рис. 1.3. Для этого в таблице содержания необходимо выделить и перетащить слой вверх или вниз. Черная линия указывает положение, где будет размещен слой. Порядок расположения слоев в таблице содержания определяет

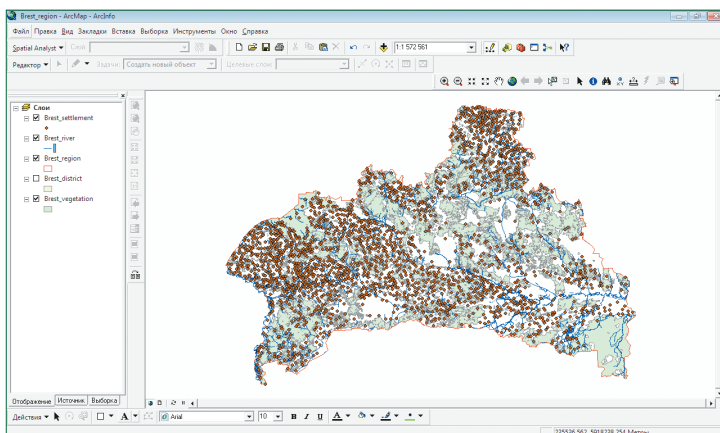


Рис. 1.3

порядок отображения слоев на карте. В пределах фрейма данных слои, расположенные в начале списка, будут отображаться поверх слоев, расположенных в конце. Полигональные объекты рекомендуется устанавливать в списке последними, для того чтобы они не перекрывали точечные и линейные темы.

В таблице содержания уберите галочку возле слоя «Brest\_district», чтобы он не отображался.

**Шаг 4.** Измените названия слоев. Название добавляемого слоя наследует имя источника данных. Вы можете дать слою более осмысленное имя, не меняя имени источника. Для этого в таблице содержания правой кнопкой мыши щелкните по названию слоя. В появившемся контекстном меню выберите *Свойства*. Во вкладке *Общие* диалогового окна *Свойства слоя* в поле *Имя слоя* измените название векторного слоя «Brest\_region» на «Граница», «Brest\_district» — на «Районы», «Brest\_river» — на «Реки», «Brest\_vegetation» — на «Растительность», «Brest\_settlement» — на «Населенные пункты» (рис. 1.4). Нажмите *ОК*.

**Шаг 5.** По умолчанию слои отображаются случайным одиночным символом. Правой кнопкой мыши щелкните по названию слоя «Граница» в таблице содержания и откройте окно *Свойства слоя*. Выберите вкладку *Символы*, установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него следующие параметры: *Цвет заливки* — нет цвета, *Ширина контура* — 1, *Цвет контура* — красный (Mars Red) (рис. 1.5).

Методом отображения объектов *Единый символ* символизируйте слои «Реки», «Растительность» и «Населенные пункты». Для слоя «Реки» вы-

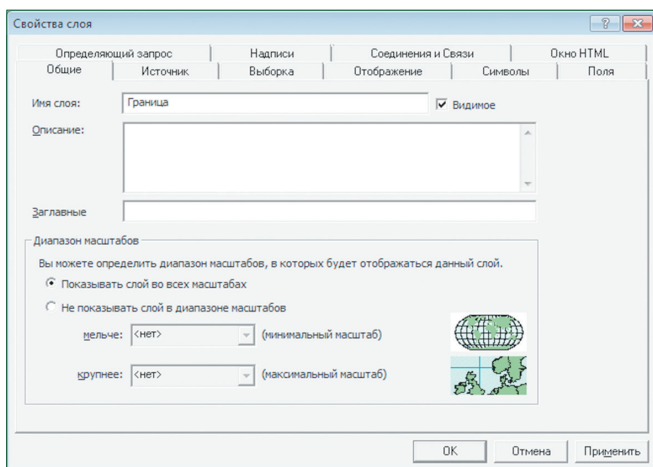


Рис. 1.4

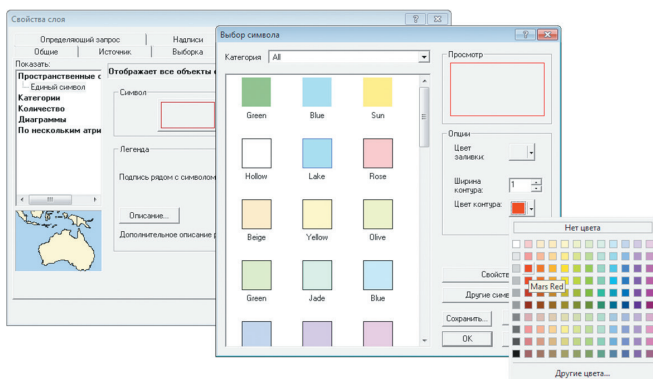


Рис. 1.5

берите шаблон «River» из категории *All*. Слой «Растительность» символизируйте следующим образом: *Цвет* – Medium Olivine, *Цвет контура* – нет цвета. Для отображения слоя «Населенные пункты» выберите простой маркер, параметры: *Цвет* – серый, *Размер* – 4.

**Шаг 6.** Каждый объект на карте связан с определенной строкой в атрибутивной таблице. Исследуйте атрибутивную таблицу слоя «Реки». Для этого нажмите правой клавишей мыши по имени слоя в таблице содержания и выберите команду *Открыть таблицу атрибутов*. После этого появится атрибутивная таблица данного слоя (рис. 1.6).



Рис. 1.6

Панель в нижней части окна таблицы атрибутов показывает количество выбранных записей и общее число записей в таблице. С помощью стрелок на этой панели можно перемещаться по записям таблицы. Доступ к большинству опций меню для обычных действий с таблицами, таких как *Найти*, *Заменить*, *Добавить поле* и др., обеспечивается щелчком по кнопке *Опции* в нижней правой части окна таблицы.

Таблица атрибутов динамически связана с объектами слоя. Объекты, выделенные на карте, в таблице подсвечиваются голубым цветом. Закройте атрибутивную таблицу слоя «Реки».

**Шаг 7.** Навигация в проекте осуществляется с помощью панели *Инструменты* (рис. 1.7). Если она не отображена в окне проекта, то следует ее включить с помощью команды *Вид → Панели инструментов → Инструменты*. С ее помощью можно уменьшать либо укрупнять масштаб пространственных данных, загруженных во фрейм; передвигать изображение; измерять расстояния; получать информацию об объектах, представленных на карте; осуществлять поиск по атрибутивной информации объектов. Поэкспериментируйте с инструментами перемещения и масштабирования.

Используйте инструмент *Идентифицировать*  для изучения атрибутов пространственных объектов. Активировав инструмент, в окне отобра-



Рис. 1.7

жения карты щелкните по любому объекту слоя «Населенные пункты». Атрибутивная информация объекта появится в окне *Идентифицировать*. Обратите внимание, что идентифицируются объекты только самого верхнего слоя. Можно выполнить идентификацию объектов из других слоев, но для этого необходимо выбрать интересующий слой из ниспадающего списка в строке *Объекты в слое* диалогового окна *Идентифицировать*.



Используя инструмент *Увеличить* , нарисуйте прямоугольник вокруг Барановичского района, чтобы увеличить изображение данной территории. Сдвиньте вид вправо и вниз с помощью инструмента *Переместить*  (переводите объекты, держа нажатой кнопку мыши). На стандартной панели инструментов задайте масштаб, равный 1:300 000 (рис. 1.8).



Рис. 1.8

Включите окно *Слой: Обзор*, выбрав *Обзор* в меню *Окно* (рис. 1.9).

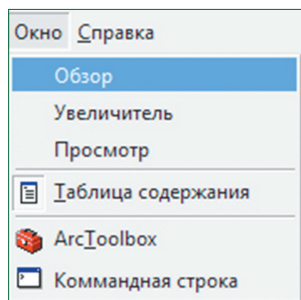



Рис. 1.9

Окно *Слой: Обзор* позволяет увидеть полный географический охват активного набора данных и определить увеличенный участок (заштрихованный прямоугольник) (рис. 1.10). Вы можете перемещать границу увеличенного участка, а также уменьшать или увеличивать ее размер. Вернитесь к первоначальному виду, нажав пиктограмму *Полный экстенд* . Закройте окно *Слой: Обзор*.

**Шаг 8.** Преобразуйте слой «Населенные пункты» в шейп-файл *towns.shp*. Для этого в *Таблице содержания* щелкните правой кноп-



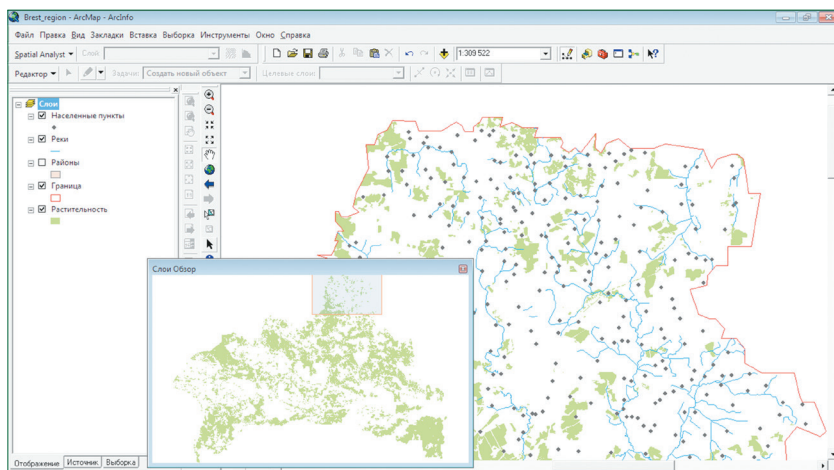


Рис. 1.10

кой мыши по названию слоя. В появившемся меню выберите *Данные* → *Экспорт данных*. Сохраните в свою рабочую папку под именем `towns.shp` (рис. 1.11). Добавьте экспортированные данные на карту как слой.

Переименуйте слой «towns» в «Города» (*Свойства слоя* → *Общие*). В нем отобразите только населенные пункты, имеющие статус города. Для этого задайте выражение запроса, которое выберет поднабор объектов слоя. Щелкните правой кнопкой мыши по слою «Города» и откройте окно *Свойства слоя*.

Во вкладке *Определяющий запрос* нажмите кнопку *Конструктор запросов...* (рис. 1.12). Диалог *Конструктор запросов* помогает построить запрос с использованием SQL-выражения, которое определяет, какие объекты слоя будут отображаться. Выражение должно состоять из имени поля (выбирается из списка в верхней части окна), оператора (выбирается с помощью кнопок в центре окна) и значения. Для того чтобы появились значения, необходимо при выбранном поле нажать кнопку *Получить значения*.

В окне *Конструктор запросов* выполните следующую последовательность действий: двойной клик мышью по полю атрибутивной таблицы «Status», затем по оператору отношений «=» и по значению «town». Далее

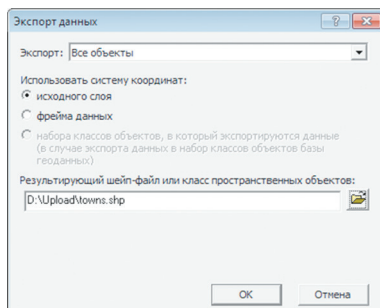


Рис. 1.11

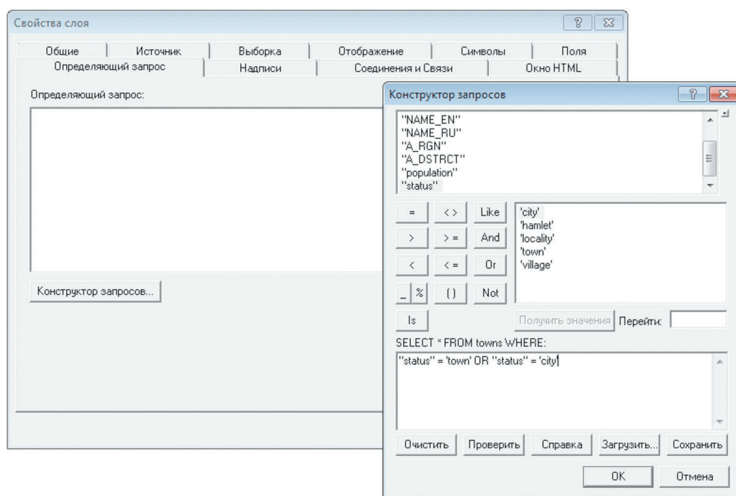


Рис. 1.12

нажмите кнопку логического оператора «Or», повторно выберите «Status», затем «=» и дважды щелкните по значению «city». После этого нажмите **OK**. В результате в слое «Города» будут отображаться только населенные пункты, имеющие статус города.

Если будет необходимо восстановить полный исходный набор данных, следует удалить запрос из вкладки *Определяющий запрос* диалогового окна *Свойства слоя*.

**Шаг 9.** Отобразите слой «Города», классифицируя их по численности населения. Во вкладке *Символы* окна *Свойства слоя* выберите *Показать* → *Количество* → *Градуированные символы*. Щелкните по стрелке вниз в строке *Значение* и выберите поле «population». Нажмите кнопку *Классифицировать* для исправления предложенных автоматически границ интервалов на авторские. В окне *Классификация* задайте параметры: *Число классов* – 5, *Метод* – *вручную*. В правом окне *Граничные значения* показаны верхние границы пяти интервалов. Исправьте первые четыре значения на 10 000, 20 000, 50 000, 100 000 (рис. 1.13).

Цвет градуированных символов измените на красный. Для этого нажмите кнопку *Шаблон* и установите соответствующий цвет.

Щелкните на заголовке столбца *Подпись* и выберите в появившемся меню *Формат подписей*. Откроется диалоговое окно *Числовые форматы*, здесь можно задать свойства чисел при отображении их в легенде. Поставьте ноль в опции *Число десятичных знаков* и галочку напротив *Показывать разделитель разрядов* (рис. 1.14).

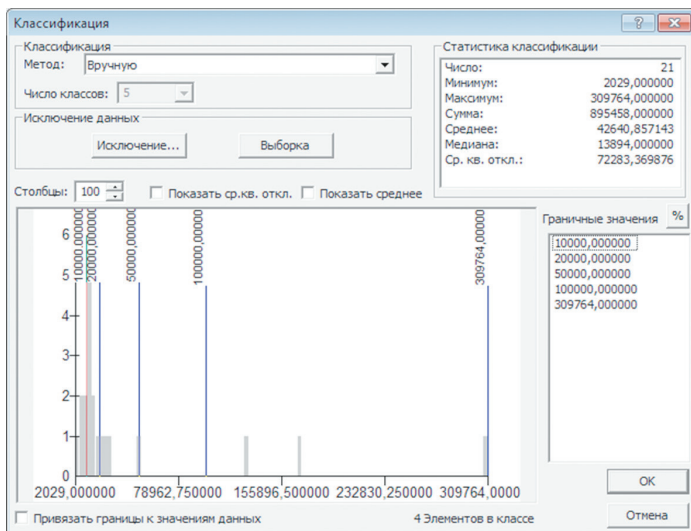


Рис. 1.13

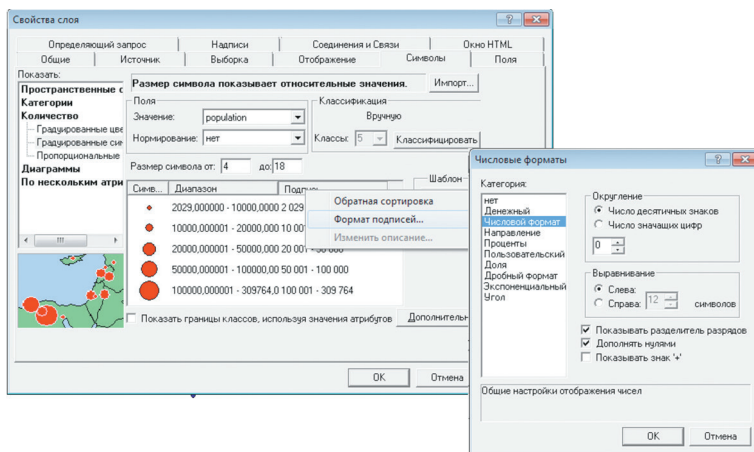


Рис. 1.14

**Шаг 10.** Подпишите объекты слоя «Города». Зайдите в *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). В закладке *Надписи* отметьте галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «NAME\_RU». Все остальные параметры оставьте по умолчанию, нажмите *OK*.

**Шаг 11.** Установите для слоев «Города» и «Населенные пункты» диапазон видимых масштабов таким образом, чтобы при полном экстенсте был виден слой «Города», а при увеличении карты в несколько раз — слой «Населенные пункты». Дважды щелкните по слою «Города», чтобы открыть диалоговое окно *Свойства слоя*. Во вкладке *Общие* отметьте опцию *Не показывать слой в диапазоне масштабов*. Щелкните по стрелке вниз в строке *Крупнее* и выберите масштаб 1:1 000 000 (рис. 1.15).

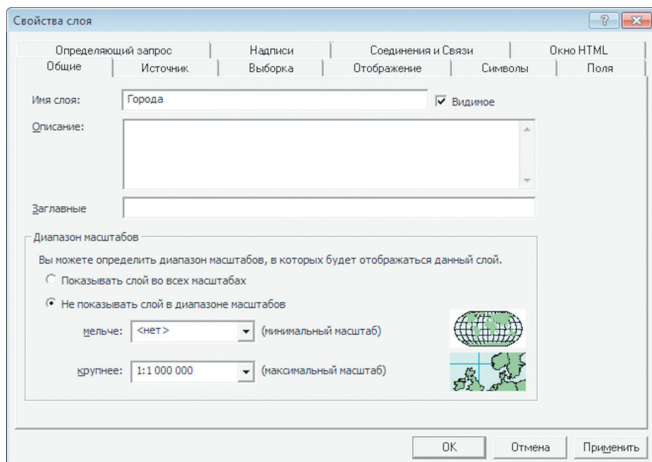




Рис. 1.15

После того как вы задали диапазон видимых масштабов, слой не будет отображаться, если масштаб фрейма данных выходит за рамки диапазона. В таблице содержания будет отображен недоступный для выбора флажок .

Для слоя «Населенные пункты» во вкладке *Общие* диалогового окна *Свойства слоя* отметьте опцию *Не показывать слой в диапазоне масштабов*. Щелкните по стрелке вниз в строке *Мельче* и выберите 1:1 000 000.

**Шаг 12.** С использованием ресурсов сети Интернет найдите адреса следующих статей в Википедии: «Брест», «Береза», «Пинск». Активируйте инструмент *Идентифицировать*  и щелкните на точечном объекте «Брест». В левой части диалогового окна *Идентифицировать* нажмите правой кнопкой мыши на объекте «Brest». В открывшемся контекстном меню выберите *Добавить гиперссылку...*. В диалоговом окне *Добавить гиперссылку* подключите опцию *Ссылка на URL*. Вставьте в соответствующее поле адрес нужного сайта, введя его с клавиатуры или скопировав из окна браузера (рис. 1.16).

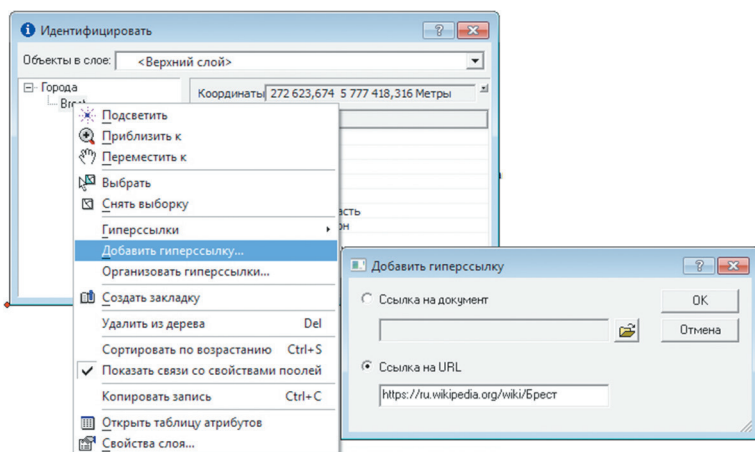




Рис. 1.16

Чтобы перейти по гиперссылке, на панели *Инструменты* щелкните по кнопке *Гиперссылка* , а затем нажмите на объекте «Брест». Будет запущен заданный по умолчанию веб-браузер, и в нем откроется веб-страница. Аналогичным образом установите связь между объектами «Береза» и «Пинск» и соответствующими им статьями в Википедии.

**Шаг 13.** Добавьте всплывающие подсказки к карте. Щелчком правой кнопкой мыши по слою «Реки» в таблице содержания вызовите контекстное меню, выберите *Свойства*. Во вкладке *Отображение* отметьте опцию *Показывать подсказки карты*. Для подсказок используется поле, отображаемое первым. Во вкладке *Поля* в строке *Показывать поле первым* из выпадающего списка полей выберите «Name». Щелкните *OK* в диалоговом окне *Свойства слоя*. Наведите курсор на любую реку. Название должно появиться в подсказке карты.

**Шаг 14.** Добавьте в проект шейп-файл *Brest\_railroad.shp* из папки исходных данных. Символизируйте слой железных дорог. В свойствах слоя «Brest\_railway» (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*) выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него шаблон «Railroad» из категории *All*.

Измерьте расстояние по железной дороге между городами Иваново и Ивацевичи. Для этого нажмите кнопку *Измерить*  панели *Инструменты*. На экране появится «плавающее» окно инструмента с кнопками установки параметров измерения (рис. 1.17).

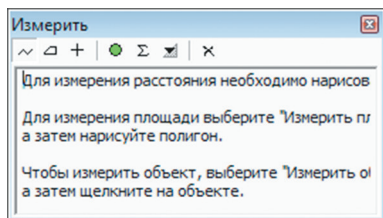






Рис. 1.17

вершить линию. Расстояние отдельных сегментов и всей линии в целом можно наблюдать в окне инструмента.

Самостоятельно поработайте с другими режимами измерений: *Измерить площадь*  и *Измерить объект* .

Щелкните по кнопке *Выбрать единицы*  и установите *Расстояние* → *Километры*. По умолчанию включен режим измерения длины линий . С помощью указателя мыши нарисуйте линию, указывающую расстояние, которое измеряете. Линия может состоять из нескольких сегментов. Дважды щелкните левой кнопкой мыши, чтобы за-

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что из себя представляет таблица содержания ArcMap ГИС ArcGIS? Какую функцию она выполняет?
2. Перечислите стандартные методы классификации числовых полей, предоставляемые ArcMap ГИС ArcGIS.
3. Каким образом в ArcMap ГИС ArcGIS можно открыть таблицу атрибутов слоя?
4. Перечислите основную последовательность шагов по настройке отображения слоя в определенном диапазоне масштабов.
5. Для чего применяется определяющий запрос слоя?
6. Перечислите основную последовательность шагов при создании динамических гиперссылок для объектов слоя.
7. Какие функции выполняют подсказки карты?

## Лабораторная работа 2

### ГЕОПРИВЯЗКА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Цель лабораторной работы:** усвоить основные алгоритмы выполнения географической привязки растровых изображений в ArcGIS.

#### Исходные данные:

- шейп-файл страны.shp;
- растровое изображение лингвистическая карта.jpg;
- растровое изображение страны Европы.jpg.

#### Ход выполнения лабораторной работы

##### 1. Геопривязка растра космоснимка по списку координат

**Шаг 1.** Откройте программу Google Earth (Google Планета Земля). Найдите космическое изображение любого участка земной поверхности (рис. 2.1). Сохраните выбранный снимок (Файл → Сохранить → Сохранить изображение) в свою папку под именем Космоснимок.jpg.

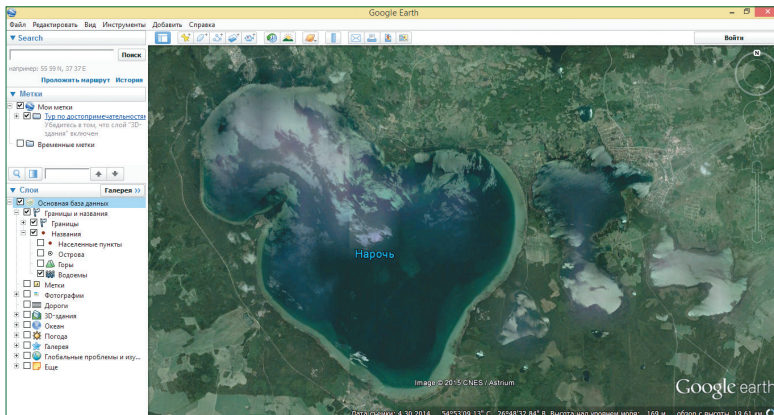



Рис. 2.1



**Шаг 2.** С помощью инструмента *Добавить метку*  определите координаты одного из четырех углов выбранного участка. Для этого поместите центр метки в один из углов изображения и скопируйте его координаты из окна *Создать: Метка* (рис. 2.2) в Microsoft Office Excel. Повторите данную последовательность операций для определения координат оставшихся углов изображения.

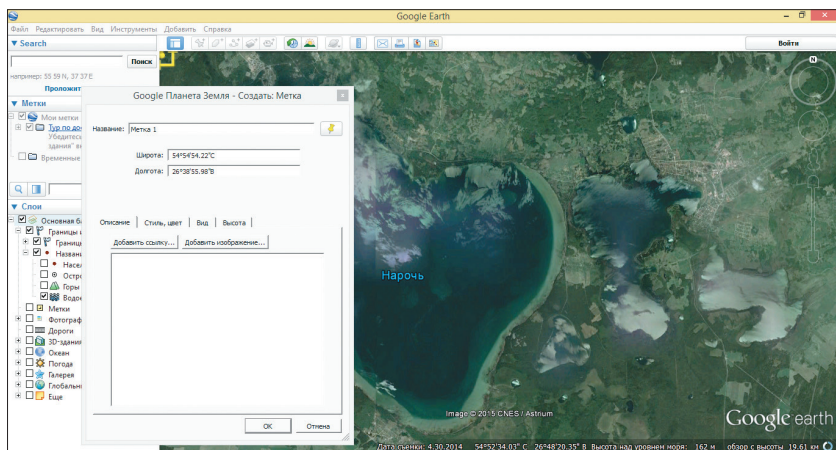


Рис. 2.2

Определенные с помощью программы Google Earth координаты отражены в формате «градусы, минуты, секунды». Для геопривязки снимка в ГИС необходимо пересчитать их в формат «десятичные градусы». Учитывая то, что в минуте содержится 60 секунд, а в градусе – 60 минут, десятичные градусы могут быть вычислены по формуле:

десятичные градусы = градусы + минуты/60 + секунды/3600.

Используя программу Microsoft Office Excel, сделайте перерасчет координат (рис. 2.3).

**Шаг 3.** Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Начните работу с новой пустой картой. Загрузите сохраненное в программе Google Earth изображение Космоснимок. jpg без построения пирамидных слоев, воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* .

Подключите панель пространственной привязки (*Вид → Панели инструментов → Пространственная привязка*) (рис. 2.4).

**Шаг 4.** В свойствах фрейма данных (*Вид → Свойства фрейма данных*) во вкладке *Системы координат* установите для фрейма данных географи-



Книга1 - Microsoft Excel									
Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Настройки									
Вставить			Шрифт			Выравнивание		Число	
Буфер обмена			Сумм			Число		Условно форматировать	
=B3+C3/60+D3/3600									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Углы космоснимка	Долгота				Широта			
2		Градусы	Минуты	Секунды	Десятичные градусы	Градусы	Минуты	Секунды	Десятичные градусы
3	Верхний левый	26	38	55,98	=B3+C3/60+D3/3600	54	54	54,22	54,91506111
4	Нижний левый	26	38	55,98	26,64888333	54	47	46,39	54,79621944
5	Верхний правый	26	59	53,88	26,9983	54	54	54,22	54,91506111
6	Нижний правый	26	59	53,88	26,9983	54	47	46,39	54,79621944

Рис. 2.3

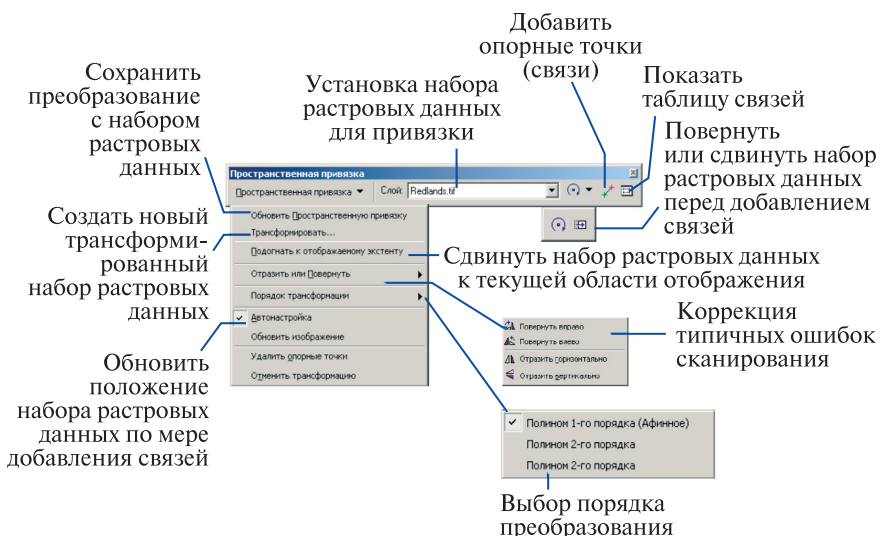



Рис. 2.4

ческую систему координат *GCS\_WGS\_1984* (находится в папке *Предопределенные/Geographic Coordinate Systems/World*). Если перед геопривязкой не задать систему координат для фрейма данных, то после ее выполнения растровое изображение не будет иметь пространственной привязки (система его координат останется неизвестной).

В разделе *Слой* панели инструментов *Пространственная привязка* убедитесь, что для привязки установлен слой *Космоснимок.jpg*. Нажмите на кнопку *Показать таблицу связей*. После этого появится пустая таблица. Уберите галочку в разделе *Автонастройка*. Отключение автонастройки означает, что растр не будет автоматически трансформироваться (пе-

ремещаться в область привязки) после задания каждой новой опорной точки. Закройте таблицу связей.

**Шаг 5.** Осуществите геопривязку следующим образом. Укрупните экстент карты к району верхнего левого угла космоснимка. На панели инструментов *Пространственная привязка* щелкните по пиктограмме *Добавить опорные точки* . Курсор превратится в перекрестье. Поместите его в левый верхний угол космоснимка и сделайте щелчок левой кнопкой мыши — останется перекрестье зеленого цвета. Тут же сделайте клик правой кнопкой мыши и выберите *Входные X и Y*.

В появившемся окне *Введите координаты* заполните поля *X* и *Y* путем копирования значений из подготовленного во время шага 2 данной работы документа Microsoft Office Excel. Обратите внимание, что в поле *X* заносится *долгота*, а в поле *Y* — *широта* угла космоснимка в формате десятичных градусов (рис. 2.5). Для западного полушария *X* со знаком «-», для восточного — «+»; для северного полушария *Y* со знаком «+», южного — «-».

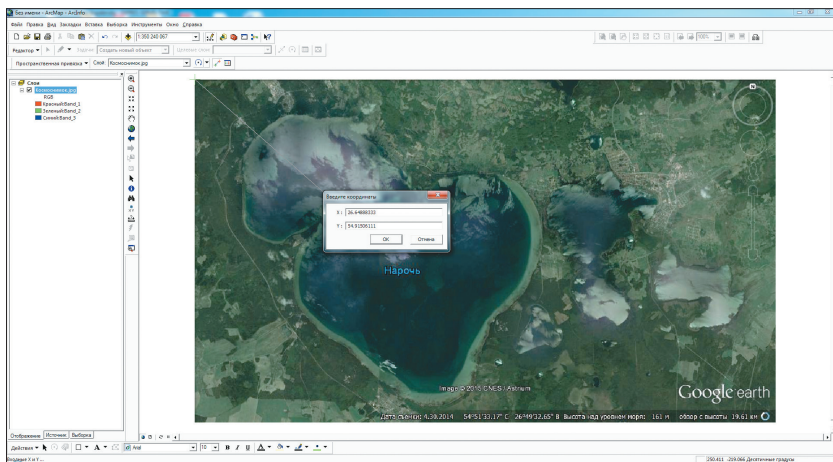



Рис. 2.5

Повторите данный шаг для остальных трех углов космоснимка.

**Шаг 6.** После ввода координат всех четырех углов снимка щелкните на пиктограмме *Показать таблицу связей*  на панели инструментов *Пространственная привязка*. В ней отражены все созданные в процессе геопривязки связи. Здесь также отражается смещение для каждой пары связей и общая среднеквадратическая ошибка сеанса геопривязки. В настоящем окне можно проверить правильность введенных координат и исправить ошибки.

Включите функцию *Автонастройка* в таблице связей (поставьте галочку в соответствующем поле). Выберите методом трансформации *Подгон границ* (рис. 2.6). При этом растр изменит размеры и положение, т. е. переместится в область привязки. Для приближения к геопривязанному растру выполните правый щелчок мышью по слою *Космоснимок .jprg* в таблице содержания и выберите *Приблизить к слою* (рис. 2.7).

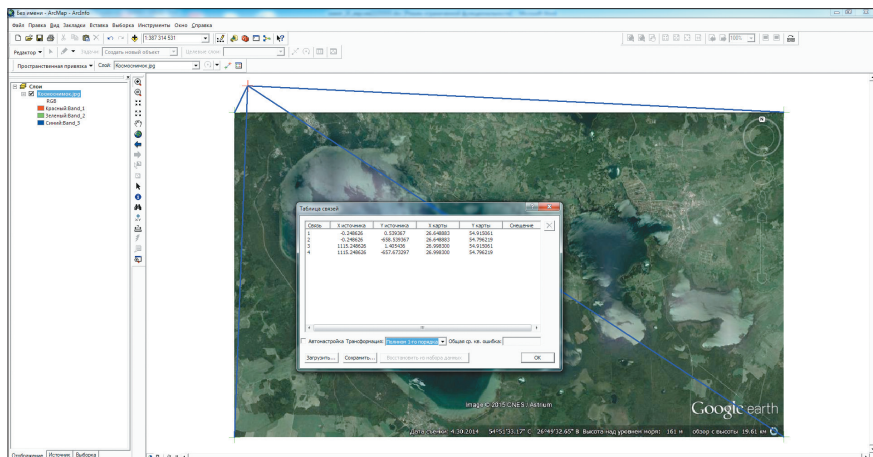


Рис. 2.6

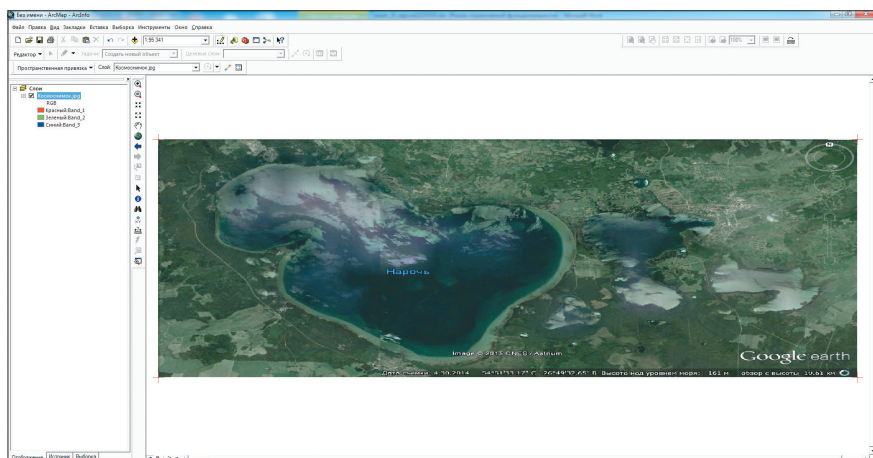


Рис. 2.7

**Шаг 7.** Для проверки точности геопривязки загрузите в проект шейп-файл страны .shp. Переместите в таблице содержания растр Космоснимок .jpg выше слоя «страны» и сделайте масштаб карты мельче (рис. 2.8).

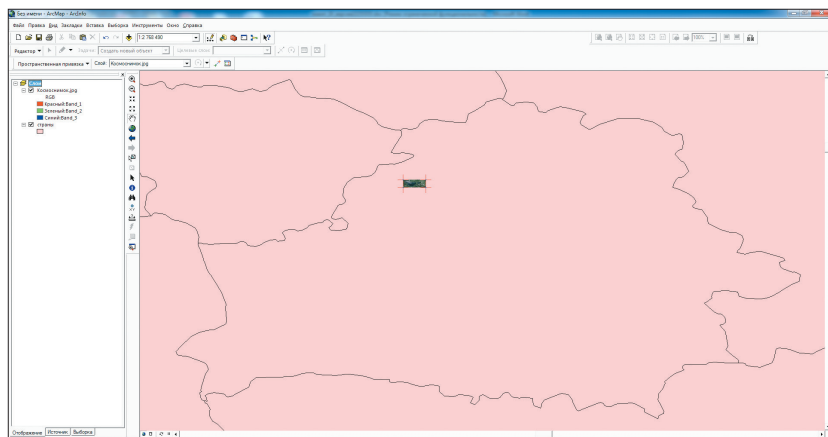


Рис. 2.8

Для сохранения результатов геопривязки выполните команду *Пространственная привязка* → *Обновить пространственную привязку*. Информация о географической привязке сохраняется в файле геопривязки.

## II. Геопривязка растрового изображения по векторному слою


**Шаг 1.** Откройте ArcMap. Начните работу с новой пустой картой. Загрузите во фрейм данных шейп-файл страны .shp (*Файл* → *Добавить данные*). Щелкните правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания и выберите *Свойства*. В окне *Свойства слоя* перейдите в закладку *Символы*. Выберите метод символизации — *Единый символ*, щелкните по нему и установите следующие опции: *Цвет заливки* — нет цвета, *Ширина контура* — 1,5, *Цвет контура* — красный.

**Шаг 2.** Включите панель пространственной привязки (*Вид* → *Панели инструментов* → *Пространственная привязка*). В *Свойствах фрейма данных* (*Вид* → *Свойства фрейма данных*) в разделе *Системы координат* убедитесь, что у фрейма данных установлена система координат *GCS\_WGS\_1984*. Она устанавливается автоматически при добавлении первого спроецированного слоя во фрейм данных (в нашем случае — слоя «страны»).

Загрузите во фрейм данных растровый слой лингвистическая карта .jpg из папки исходных данных (*Файл* → *Добавить данные*) без построения пирамидных слоев. В разделе *Слой* панели инструментов *Пространственная привязка* убедитесь, что для привязки установлен слой

лингвистическая карта.jpg. Нажмите кнопку *Показать таблицу связей*. При этом появится пустая таблица. Поставьте галочку в разделе *Автонастройка*. Это означает, что растр будет автоматически трансформироваться после задания каждой новой опорной точки. Закройте таблицу связей.

**Шаг 3.** Осуществите геопривязку следующим образом. Укрупните экстенд карты таким образом, чтобы в нее попадали Беларусь, Украина и Молдова (рис. 2.9). Выполните команду *Пространственная привязка* → *Подогнать к отображаемому экстенду*. После этого растр переместится в область привязки.

На панели инструментов *Пространственная привязка* щелкните по пиктограмме *Добавить опорные точки* . Курсор превратится в перекрестье. Разместите его на пересечении границ Беларуси, Украины и России на растре (границы государств обозначены черным цветом) и сделайте щелчок левой кнопкой мыши. На растре останется перекрестье зеленого цвета. Найдите эквивалентное пересечение границ данных государств в векторном слое «страны» (границы символизируются красным цветом). Переместите курсор на соответствующую опорную точку векторного слоя и щелкните по ней. Растровое изображение сместится – произойдет соединение опорных точек на растре и в векторном слое.

Этот сдвиг изображения представляет собой трансформацию по одной точке, основанную на комбинировании одной контрольной точки на растре и соответствующей опорной точки в целевых данных (в нашем случае это векторный слой «страны»), и называется связью. Прodelайте аналогичные действия с другими опорными точками, представляющими собой

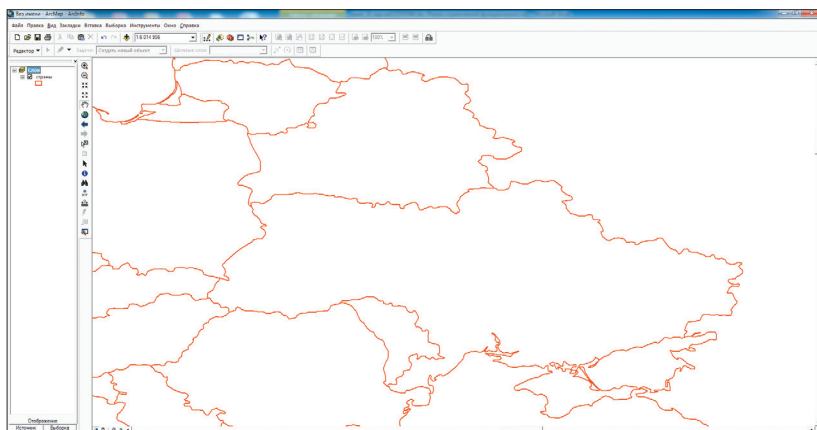


Рис. 2.9

пересечения границ на растре, и свяжите их с соответствующими пересечениями в векторном слое. Кроме пересечений можно использовать характерные изгибы береговой линии и границ государств. Создайте как можно больше связей во всех частях растрового изображения (рис. 2.10).

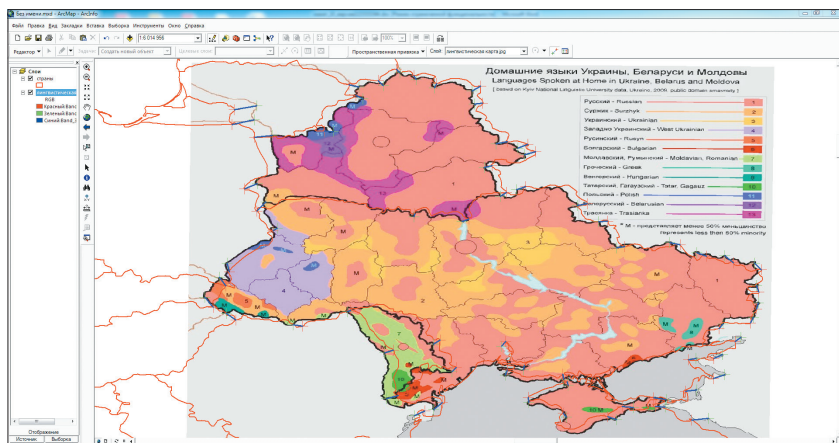


Рис. 2.10

После расстановки всех связей щелкните по пиктограмме *Показать таблицу связей* на панели инструментов *Пространственная привязка* (рис. 2.11). В окне *Таблица связей* показаны созданные связи. В нем также отражается смещение для каждой пары связей и общая среднеквадратическая ошибка.

Связь	X источника	Y источника	X карты	Y карты	Смещение
50	837.179592	-466.212956	38.336466	50.044499	0.33127
51	883.153688	-473.913094	39.223832	49.829814	0.36435
52	936.586980	-547.389556	40.053949	48.870886	0.22941
53	939.312669	-591.822437	39.982387	48.312704	0.20603
54	881.385403	-644.814812	38.751524	47.668648	0.20679
55	623.988840	-882.704983	33.642015	44.905364	0.16914
56	619.077613	-787.265432	33.627702	46.180164	0.16786
57	170.725024	-655.827480	25.097540	47.754522	0.31552
58	143.100545	-413.145997	24.124300	50.874615	0.16745
59	881.522406	-721.602146	38.579776	46.695408	0.32291
60	448.220432	-393.311875	30.550547	51.261049	0.24504
61	372.992687	-881.822069	29.104999	44.977926	0.37273
62	516.122800	-705.913551	31.752784	47.253590	0.20524
63	107.394942	-105.704937	22.850501	54.839137	0.76116

☒ Автонастройка Трансформация: Полином 1-го порядка    Общая ср. кв. ошибка: 0.33054  
 Загрузить...    Сохранить...    Восстановить из набора данных    OK

Рис. 2.11



Создав достаточное число связей, вы можете *трансформировать* (преобразовать) набор растровых данных в систему координат карты, соответствующую целевым данным. При этом используется полиномиальная трансформация, которая для каждой ячейки растра определяет ее координаты в целевой системе координат.

Для того чтобы сдвинуть, масштабировать или повернуть набор растровых данных, достаточно полиномиального преобразования *первого порядка*, которое называется аффинным. В результате такого преобразования прямые линии в наборе растровых данных останутся прямыми и в преобразованном растре. Прямоугольники и квадраты могут превратиться в параллелограммы с произвольным масштабированием и угловой ориентацией. Используемое в преобразовании математическое уравнение может быть решено всего лишь по трем связям, и все точки растра будут расставлены в соответствующие местоположения. Однако если хоть одна из связей окажется неверной, это повлияет на точность всей трансформации. Поэтому всегда рекомендуется создавать больше трех связей. Использование большего числа связей приводит к увеличению математической ошибки преобразования, которая распределяется равномерно между всеми связями, но общая точность привязки при этом повысится.

В окне *Таблица связей* щелкните на ниспадающем списке *Трансформация* и выберите *Полином 2-го порядка*. Посмотрите, что произойдет с общей среднеквадратической ошибкой и самой картой (рис. 2.12).

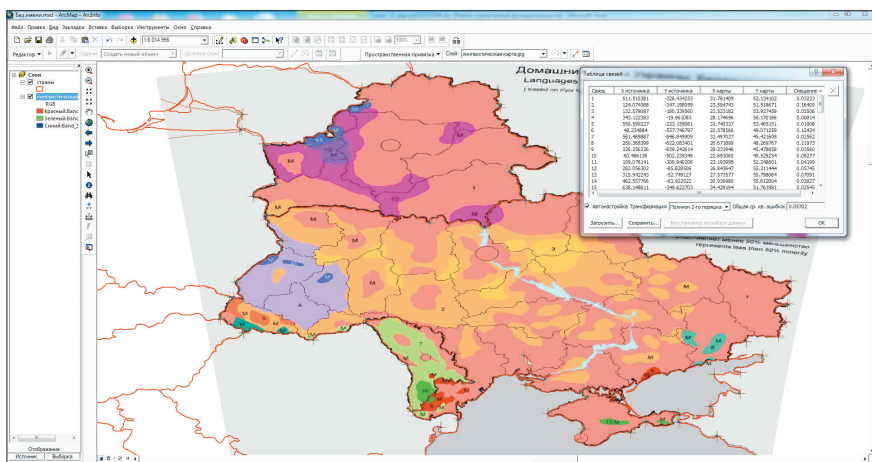


Рис. 2.12

Трансформируйте карту методами *Полином 3-го порядка*, *Подгонка границ* и *Сплайн*. Создайте и заполните следующую таблицу.

**Трансформация раstra**


Метод трансформации	Общая среднеквадратическая ошибка	Принтскрин карты
Полином 1-го порядка		
Полином 2-го порядка		
Полином 3-го порядка		
Подгонка границ		
Сплайн		

Остановитесь на лучшем, по вашему мнению, методе трансформации и сохраните результаты (*Пространственная привязка* → *Обновить пространственную привязку*). Информация о географической привязке сохраняется в файле геопривязки.

### III. Геопривязка растрового изображения по координатной сетке

**Шаг 1.** Откройте ArcMap. Начните работу с новой пустой картой. Загрузите во фрейм данных шейп-файл страны. *shp* (*Файл* → *Добавить данные*). Щелчком правой кнопки мыши выберите *Свойства*. В окне *Свойства слоя* перейдите в закладку *Символы*. Выберите метод символизации *Единый символ*, щелкните по нему и выберите следующие опции: *Цвет заливки* — нет цвета, *Ширина контура* — 1,0, *Цвет контура* — красный. Подключите панель пространственной привязки (*Вид* → *Панели инструментов* → *Пространственная привязка*), если она не подключена.

**Шаг 2.** Укрупните экстенд карты таким образом, чтобы в нее попадали страны Европы. В свойствах фрейма данных (*Вид* → *Свойства фрейма данных*) во вкладке *Системы координат* установите для фрейма данных такую же систему координат, как на рис. 2.13. Нажмите кнопку *Изменить*. Модифицируйте параметры проекции, как показано на рис. 2.14.

**Шаг 3.** Перейдите в режим *Вид компоновки* (*Вид* → *Вид компоновки*). В разделе *Файл* → *Параметры страницы* выберите альбомную ориентацию для листа карты. С помощью инструмента *Выбрать элементы*  выделите картографическое изображение и масштабируйте его в рамках листа аналогично рис. 2.15.

В свойствах фрейма данных (*Вид* → *Свойства фрейма данных*) во вкладке *Сетки* создайте новую градусную сетку с интервалом 5° (рис. 2.16).



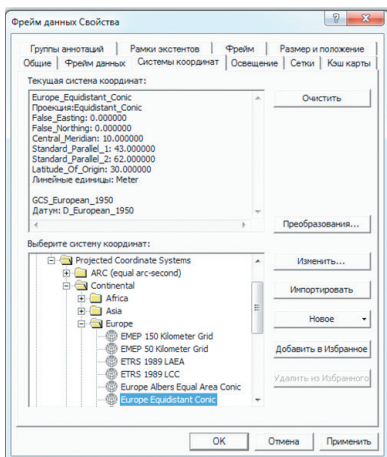


Рис. 2.13

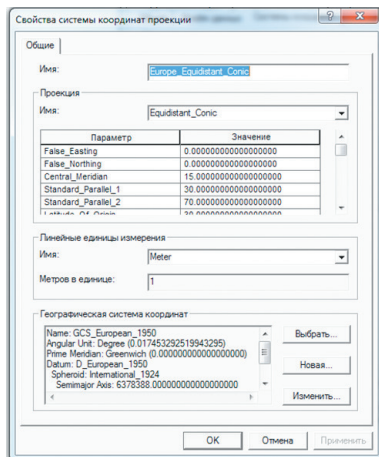


Рис. 2.14

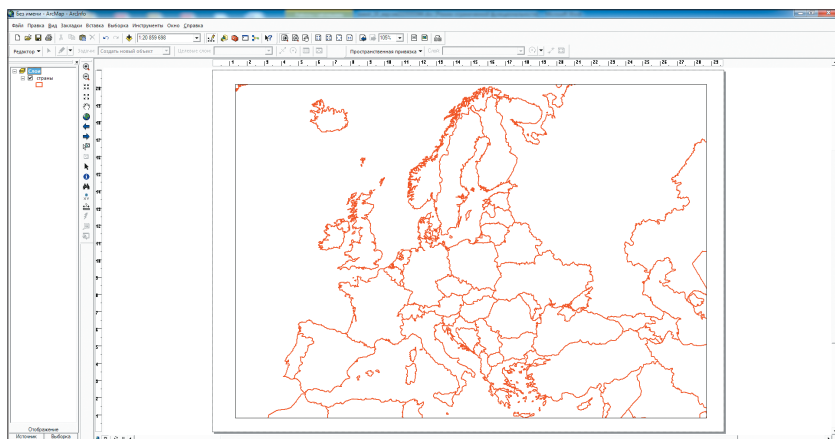


Рис. 2.15

В свойствах созданной сетки в разделе *Линии* укажите параметры согласно рис. 2.17–2.19, в разделе *Надписи* — согласно рис. 2.20–2.22. В итоге в режиме *Вид компоновки* карта будет выглядеть так, как на рис. 2.23.

**Шаг 4.** Загрузите во фрейм данных растр страны Европы. jpg из папки исходных данных без построения пирамидных слоев. В разделе *Слой панели инструментов Пространственная привязка* убедитесь, что для привязки установлен загруженный слой. Нажмите на кнопку *Показать таблицу связей*. Поставьте галочку в разделе *Автонастройка*.

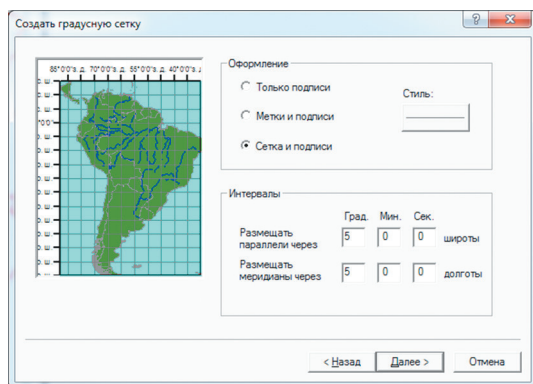


Рис. 2.16

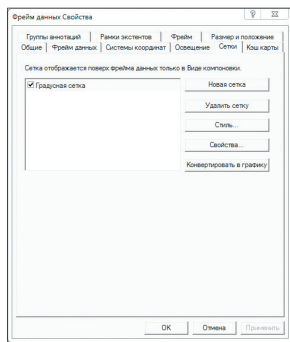


Рис. 2.17

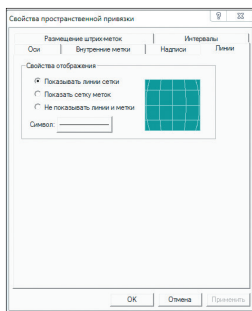


Рис. 2.18

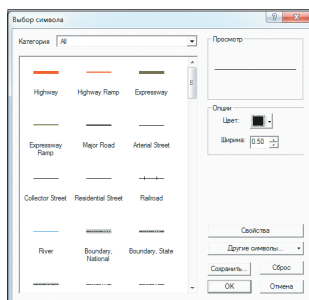


Рис. 2.19

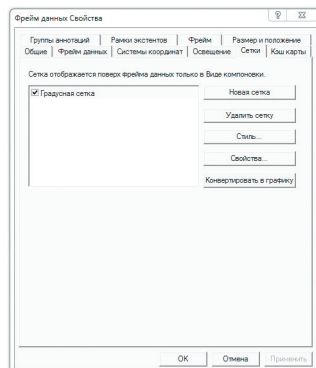


Рис. 2.20

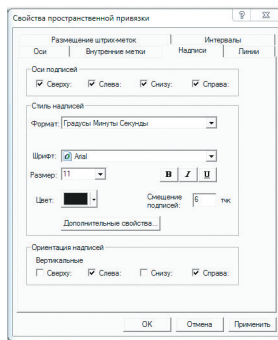


Рис. 2.21

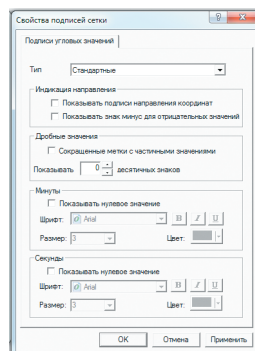


Рис. 2.22

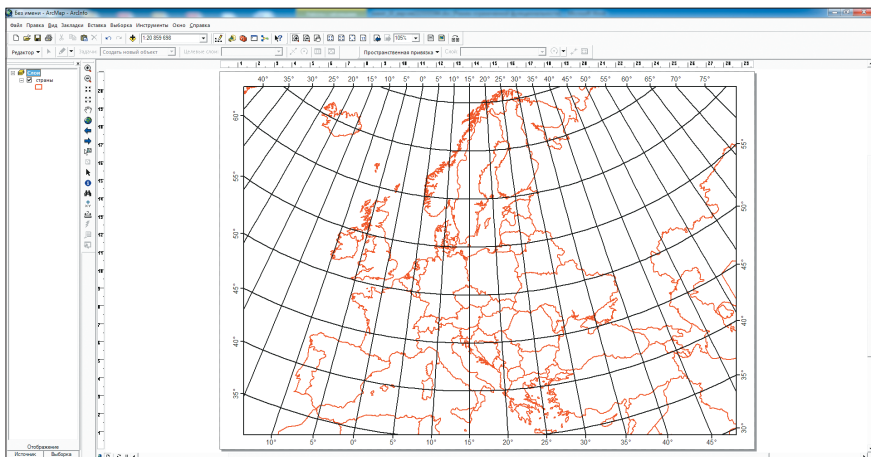




Рис. 2.23

**Шаг 5.** Выполните команду *Пространственная привязка* → *Подогнать к отображаемому экстенду*. В результате растр переместится к предполагаемой области привязки. Укрупните фрагмент карты с помощью инструментов панели *Компоновка* (рис. 2.24).



Рис. 2.24

На панели *Пространственная привязка* щелкните на пиктограмме *Добавить опорные точки* . Курсор превратится в перекрестье. Разместите его на пересечении параллелей и меридианов, например, 50° с. ш., 0° д. на растре и сделайте щелчок левой кнопкой мыши. Останется перекрестье зеленого цвета. Найдите эквивалентное пересечение градусной сетки, построенное в режиме *Вид компоновки*, переместите на него курсор и щелкните левой кнопкой мыши. Растровое изображение сместится: произойдет соединение опорных точек на растре и в векторном слое. Прodelайте аналогичные действия с другими опорными точками, представляющими собой пересечения градусной сетки на растре, и свяжите их с соответствующими пересечениями на сетке в режиме *Вид компоновки* (рис. 2.25).

После создания всех связей щелкните по пиктограмме *Показать таблицу связей*  на панели инструментов *Пространственная привязка*. В выпадающем списке *Трансформация окна Таблица связей* выберите

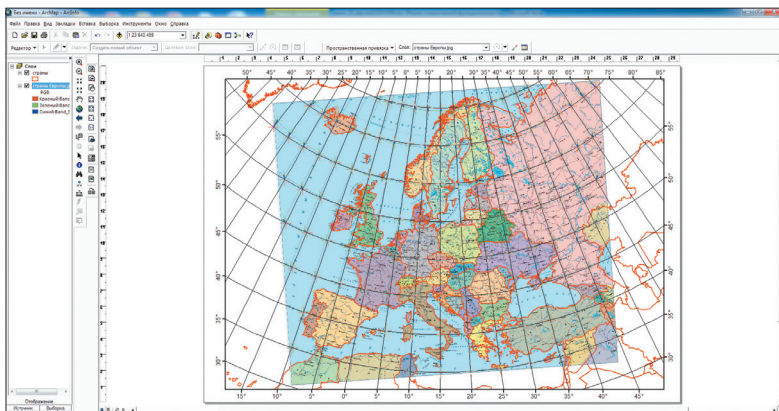


Рис. 2.25

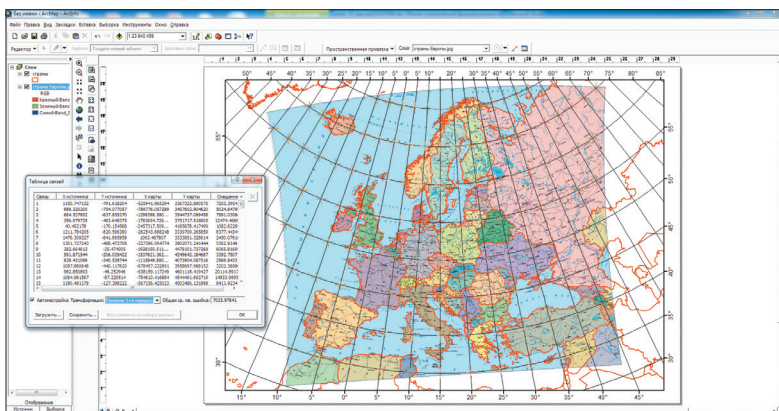


Рис. 2.26

Сохранить как

Размер чейков: 1777.070871

Отображать NoData: ☐

Тип передискретизации: Ближайшего соседа (для дискретных дан...

Выходное местоположение: K:\

Имя: страны Европы.2 формат: TIFF

Тип сжатия: NONE Качество сжатия (1-100): 75

Сохранить Отмена

Рис. 2.27

те оптимальный, по вашему мнению, метод трансформации (рис. 2.26). Для сохранения результатов геопривязки выполните команду *Пространственная привязка* → *Трансформировать*. Введите параметры трансформации аналогично рис. 2.27. После этого добавьте трансформированный растр во фрейм данных, растр страны Европы. *.jrg* удалите.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. С помощью какой формулы можно перевести координаты из формата «градусы, минуты, секунды» в формат «десятичные градусы»?
2. Каковы особенности формирования системы координат геопривязываемого раstra в ГИС ArcGIS?
3. Дайте сравнительный анализ методов трансформации растровых изображений в ГИС ArcGIS.
4. К чему приведет включение функции «Автонастройка» в таблице связей при геопривязке раstra в ГИС ArcGIS?
5. Каковы особенности формирования файла геопривязки в ГИС ArcGIS и его структуры?

## Лабораторная работа 3

### СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ

**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритмы создания персональной базы геоданных в среде ArcCatalog ГИС ArcGIS, научиться создавать векторные полигональные, линейные и точечные объекты и их атрибуты.

**Исходные данные:** геопривязанное растровое изображение *Полезные ископаемые.tif*.

#### Ход выполнения лабораторной работы

*База геоданных (БГД)* — это набор пространственных данных различных типов, хранящихся в папке файловой системы, либо в базе данных Microsoft Access, либо в многопользовательской реляционной базе данных. БГД включает в себя три основных типа наборов пространственных данных: классы пространственных объектов, растровые наборы данных и непространственные таблицы.

*Классы пространственных объектов* хранят географические объекты, представленные с помощью точек, линий, полигонов, аннотаций, объектов-размеров, составных объектов и их атрибутов. Классы пространственных объектов могут быть собраны в набор классов, но могут существовать и по отдельности внутри БГД. Все классы объектов в наборе классов имеют общую систему координат. Таблицы могут содержать дополнительные атрибуты для класса пространственных объектов или пространственную информацию, такую как адреса или координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

#### I. Создание новой персональной базы геоданных с набором классов и классами пространственных объектов

**Шаг 1.** Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Создайте в своей папке новую персональную базу геоданных под названием «Полезные ископаемые». Для этого сделайте клик правой кнопкой мыши по папке, в которой собираетесь создать БГД → *Новый* → *Персональная база геоданных*

(рис. 3.1). В БГД «Полезные ископаемые» создайте набор классов объектов «Все слои». Для этого сделайте клик правой кнопкой мыши по БГД, в которой собираетесь создать набор классов объектов → *Новый* → *Набор классов объектов* (рис. 3.2).

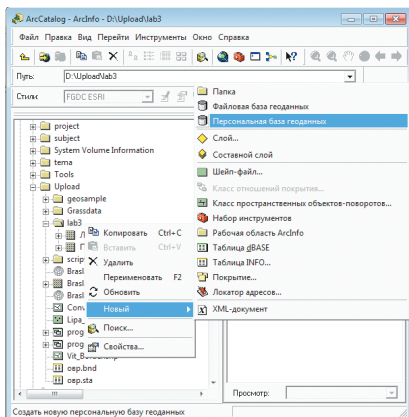


Рис. 3.1

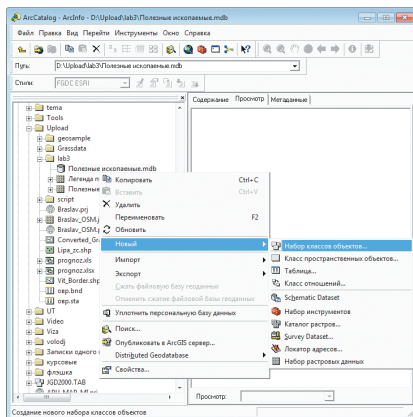


Рис. 3.2

Выберите для создаваемого набора классов систему координат *WGS\_1984\_UTM\_Zone\_35N*. Система координат находится в разделе *ProjectedCoordinateSystems* → *UTM* → *WGS 1984* → *WGS\_1984\_UTM\_Zone\_35N* (рис. 3.3, 3.4). Систему координат для Z-координат данных не выбирайте. Примите значения допуска *XY* по умолчанию.

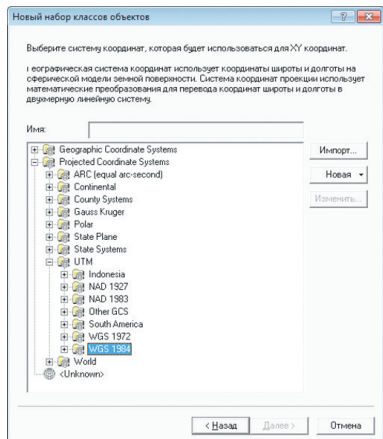


Рис. 3.3

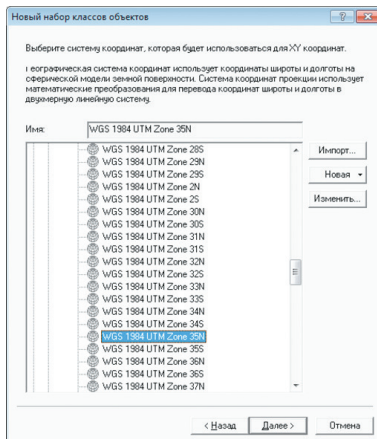


Рис. 3.4



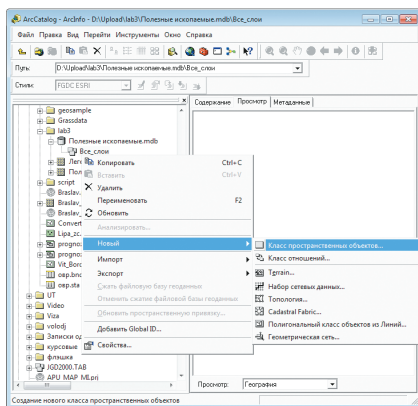


Рис. 3.5

поля – 25). В пустую строку введите имя поля, выберите тип данных, если поле текстовое – отредактируйте его длину.

Аналогичным образом в наборе классов «Все слои» создайте классы пространственных объектов «Реки», «Озера», «Города» и «Месторождения» (рис. 3.6–3.10). Атрибутивные поля, которые должны содержаться в данных классах пространственных объектов, представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Тип геометрии и атрибутивные поля  
классов пространственных объектов

Класс объектов	Тип геометрии	Атрибутивные поля и их параметры
Реки	Линия	Название_реки (тип данных – текст, длина поля – 25)
Озера	Полигон	Название_озера (тип данных – текст, длина поля – 25)
Города	Точка	Название_города (тип данных – текст, длина поля – 25)
Место- рождения	Точка	Название_месторождения (тип данных – текст, длина поля – 50)
		Вид (тип данных – короткое целое (short integer))
		Размер (тип данных – короткое целое (short integer))
		Состояние (тип данных – короткое целое (short integer))

**Шаг 2.** В наборе классов объектов «Все слои» создайте *классы пространственных объектов*: клик правой кнопкой мыши по набору классов объектов, в котором собираетесь создать класс пространственных объектов → *Новый* → *Класс пространственных объектов* (рис. 3.5). Создайте класс пространственных объектов «Граница\_области», *тип геометрии* – полигон. В следующем окне создайте для класса пространственных объектов «Граница\_области» дополнительное поле «Название» (*тип данных* – текст, *длина*



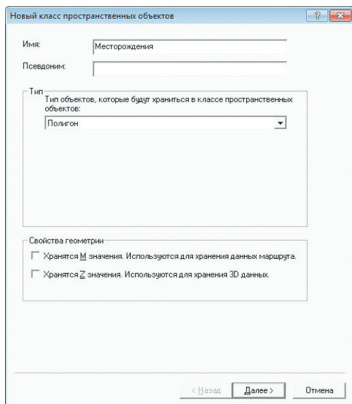


Рис. 3.6

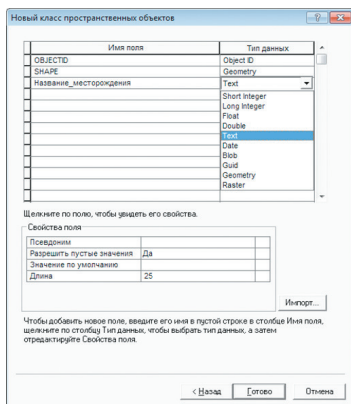


Рис. 3.7

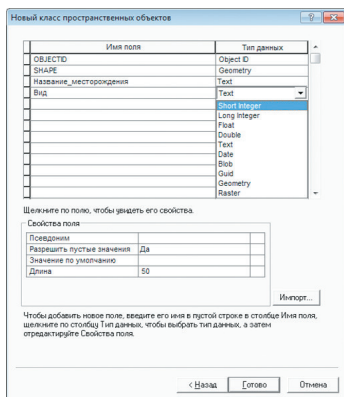


Рис. 3.8

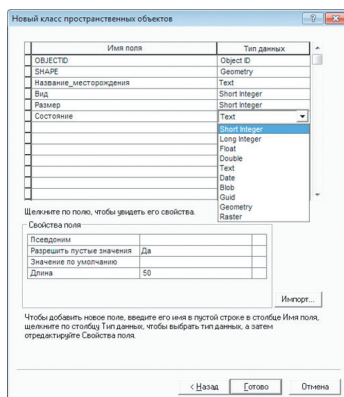


Рис. 3.9

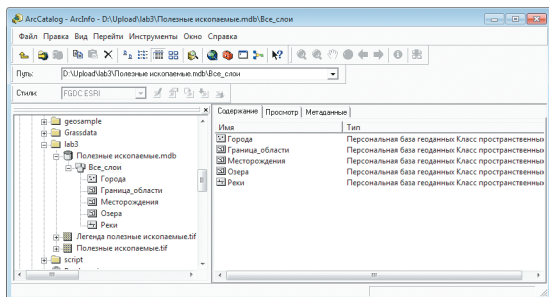


Рис. 3.10

**Шаг 3.** Создайте атрибутивные домены для класса пространственных объектов «Месторождения» в БГД «Полезные ископаемые». (*Атрибутивные домены* — это правила, которые описывают допустимые значения поля таблицы атрибутов.) Для этого сделайте клик правой кнопкой мыши по базе геоданных → *Свойства* → *Домены*. Последовательно создайте домены «Dom\_вид», «Dom\_размер», «Dom\_состояние» (рис. 3.11–3.13). Для каждого из них установите свойства: *Тип поля* — short integer, *Тип домена* — кодированные значения, *Правила разбиения* — дублировать, *Правила слияния* — значение по умолчанию. Кодированные значения доменов указаны в табл. 3.2.

Свойства базы данных

Общие | Домены

Имя домена	Описание
Dom_вид	

Свойства домена:

Тип поля: Short Integer

Тип домена: Кодированные значения

Правила разбиения: Дублировать

Правила слияния: Значение по умолчанию

Кодированные значения:

Код	Описание
1	Мел
2	Глина
3	Песок
4	Торф

OK Отмена Применить

Рис. 3.11

Свойства базы данных

Общие | Домены

Имя домена	Описание
Dom_вид	
Dom_размер	

Свойства домена:

Тип поля: Short Integer

Тип домена: Кодированные значения

Правила разбиения: Дублировать

Правила слияния: Значение по умолчанию

Кодированные значения:

Код	Описание
1	Крупные
2	Средние
3	Мелкие

OK Отмена Применить

Рис. 3.12

Свойства базы данных

Общие | Домены

Имя домена	Описание
Dom_вид	
Dom_размер	
Dom_состояние	

Свойства домена:

Тип поля: Short Integer

Тип домена: Кодированные значения

Правила разбиения: Дублировать

Правила слияния: Значение по умолчанию

Кодированные значения:

Код	Описание
1	Разрабатывается
2	Разведано
3	Не разрабатывается

OK Отмена Применить

Рис. 3.13

Таблица 3.2

## Кодированные значения атрибутивных доменов

Код	Dom_вид	Dom_размер	Dom_состояние
1	Мел	Крупные	Разрабатывается
2	Глина	Средние	Резервное
3	Песок	Мелкие	Не разрабатывается
4	Торф		

**Шаг 4.** Установите домен «Dom\_вид» для поля «Вид» в свойствах класса «Месторождения»: клик правой кнопкой мыши по классу пространственных объектов → *Свойства класса пространственных объектов* → *Поля* (рис. 3.14). Аналогичным образом установите домен «Dom\_размер» для поля «Размер», «Dom\_состояние» – для поля «Состояние» (рис. 3.15).

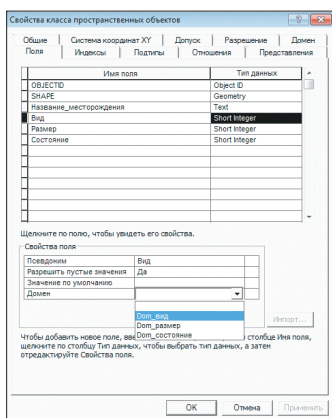


Рис. 3.14

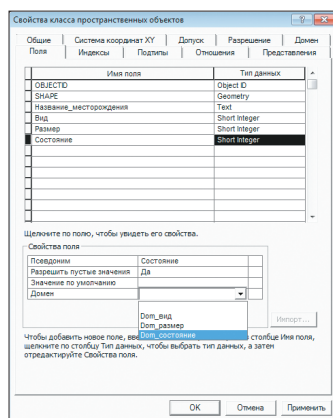
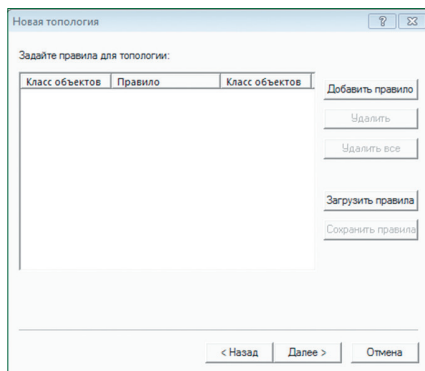
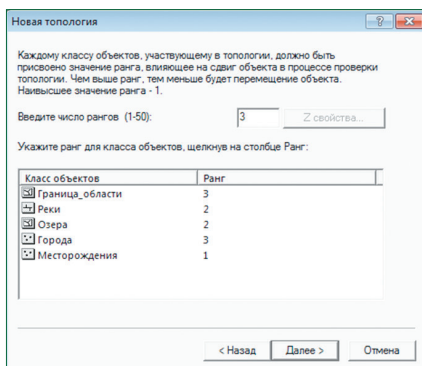
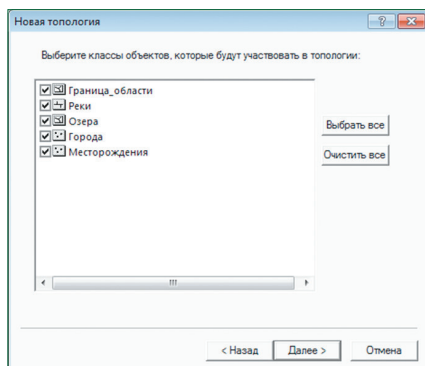
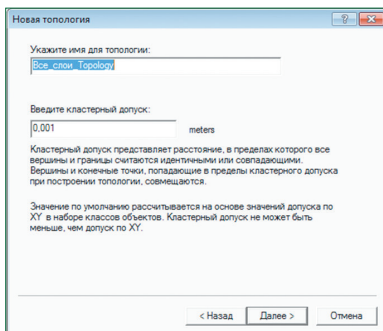
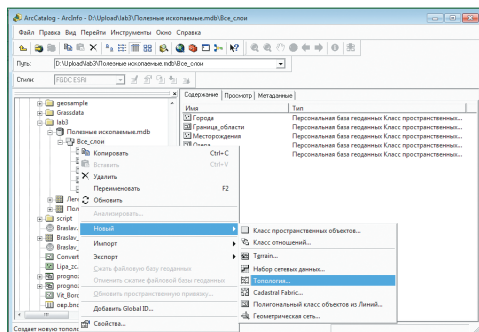


Рис. 3.15

**Шаг 5.** Создайте топологию. *Топология* – набор правил и отношений, которые в совокупности с инструментами и технологиями редактирования позволяют более точно моделировать в БГД реальные пространственные отношения. Щелкните правой кнопкой по набору классов объектов «Все слои», созданному в БГД «Полезные ископаемые», укажите *Новый* и выберите *Топология* (рис. 3.16). Укажите имя топологии и кластерный допуск (рис. 3.17), выберите классы, которые будут участвовать в топологии (рис. 3.18), и задайте ранги классам объектов (рис. 3.19).



**Шаг 6.** Создайте правила топологии следующим образом. Нажмите *Добавить правило* (рис. 3.20), в ниспадающем списке *Объекты класса* выберите нужный класс, в списке *Правило* – нужное правило (рис. 3.21). При необходимости в ниспадающем списке *Класс объектов* установите нужный пространственный класс (рис. 3.22, 3.23). Задайте правила топологии согласно табл. 3.3.

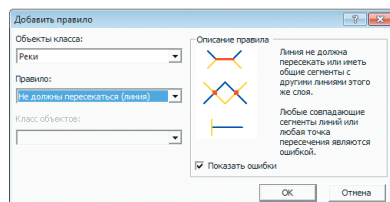


Рис. 3.21

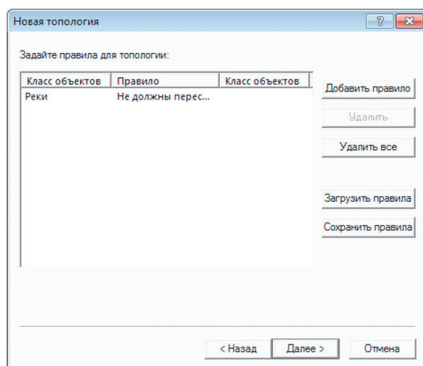


Рис. 3.22

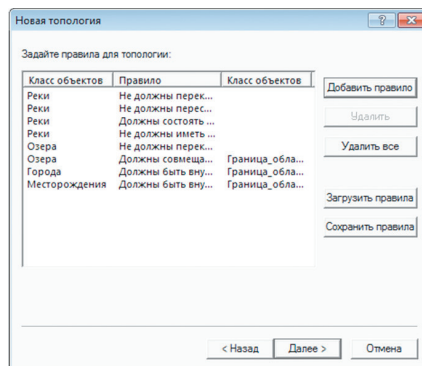


Рис. 3.23

Таблица 3.3

### Правила топологии для классов объектов

Класс объектов	Класс топологически связанных объектов
Реки	Не должны перекрывать сами себя (линия). Не должны пересекать сами себя (линия). Должны состоять из одной части (линия). Не должны иметь псевдоузлов (линия)
Озера	Не должны перекрываться (полигон). Должны совмещаться с (полигон, полигон) – Граница_области
Города	Должны быть внутри (точка, полигон) – Граница_области
Месторождения	Должны быть внутри (точка, полигон) – Граница_области

После создания всех правил нажмите *Далее*. В следующем окне – *Заключить*. После этого программа начнет создание топологии. Как только этот процесс завершится, появится предложение проверить топологию. Откажитесь, так как классы пространственных объектов пока не содержат объектов.

## II. Создание точечных, линейных и полигональных объектов по геопривязанному растру в ArcGIS 9

Данный блок лабораторной работы выполняется по вариантам. Номер варианта и соответствующую ему область Республики Беларусь уточняйте у преподавателя.

**Шаг 1.** Откройте ArcMap. Начните работу с новой пустой картой. Создайте проект «Полезные ископаемые». Для этого используйте опцию *Сохранить как...* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке. Загрузите в проект геопривязанный растр *Полезные ископаемые.tif* из папки исходных данных без построения пирамидных слоев, выполнив команды *Файл* → *Добавить данные*. Системой координат фрейма данных станет проекционная система координат *WGS\_1984\_UTM\_Zone\_35N*, такая же, как и у геопривязанного растра *Полезные ископаемые.tif* – первого слоя, добавленного во фрейм данных. Это необходимо проверить (*Вид* → *Свойства фрейма данных* → *Системы координат*). Добавьте в проект векторные классы пространственных объектов из набора классов «Все слои» базы геоданных «Полезные ископаемые», воспользовавшись опцией *Добавить данные* в меню *Файл*. В проект будут добавлены классы пространственных объектов «Граница\_области», «Озера», «Реки», «Города», «Месторождения» и топология «Все\_слои\_Topology».

**Шаг 2.** Отключите визуализацию слоя «Все\_слои\_Topology» и спрячьте его легенду. Также скройте легенду растра *Полезные ископаемые.tif*. Разместите слои в таблице содержания согласно рис. 3.24.

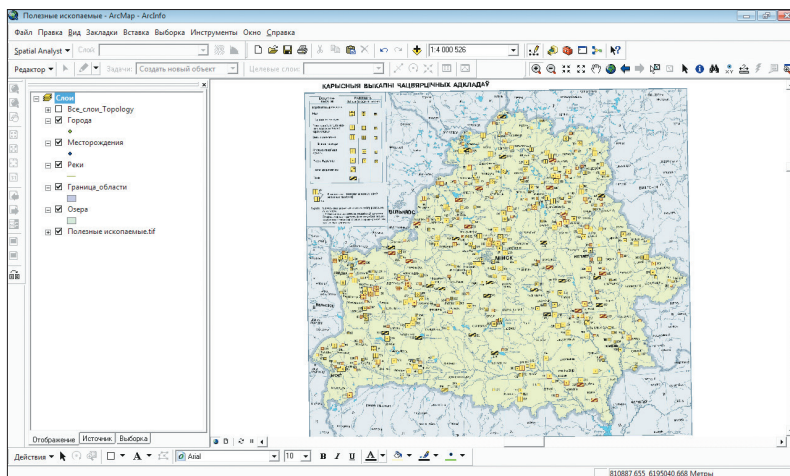


Рис. 3.24

Символизируйте векторные данные. Правой кнопкой мыши щелкните на названии слоя «Граница\_области» в таблице содержания и откройте окно *Свойства слоя*. Выберите вкладку *Символы*, установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него следующие параметры: *Цвет заливки* – нет цвета, *Ширина контура* – 3, *Цвет контура* – красный (рис. 3.25).

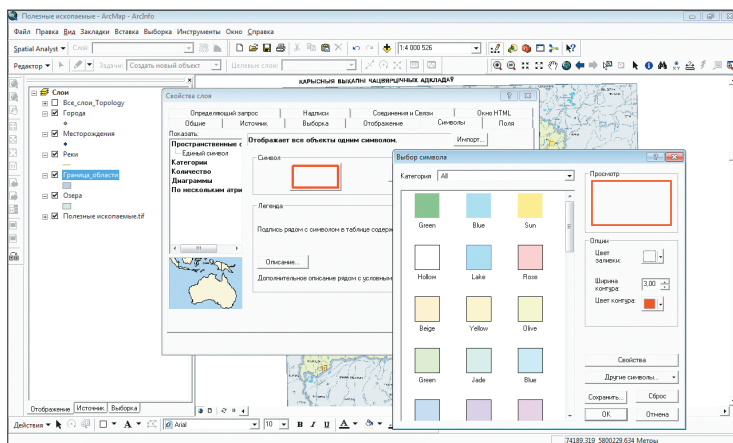


Рис. 3.25

Аналогичным образом (*Пространственные объекты: Единый символ*) символизируйте слои «Реки», «Озера», «Города» и «Месторождения» согласно табл. 3.4 и рис. 3.26.

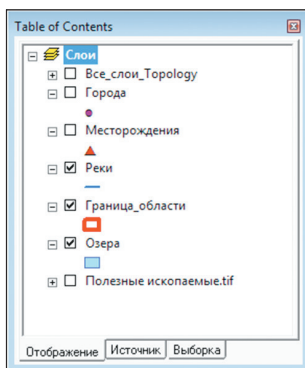


Рис. 3.26

Таблица 3.4

## Символизация слоев

Слой	Свойства символов
Реки	Цвет – синий, ширина – 1,5
Озера	Цвет заливки – синий, ширина контура – 0,4, цвет контура – синий
Города	Шаблон Circle 2 из категории <i>All</i> , цвет – фиолетовый, размер – 7, угол – 0
Месторождения	Шаблон Triangle 2 из категории <i>All</i> , цвет – красный, размер – 12, угол – 0

**Шаг 3.** Создайте векторный полигональный объект в слое «Граница\_области». Для этого используйте инструменты панели *Редактор* (рис. 3.27). Начните сеанс редактирования (*Редактор* → *Начать редактирование*). Выберите для редактирования персональную БГД «Полезные ископаемые». Определите целевой слой, которому будут принадлежать новые объекты. Им будет слой «Граница\_области». В строке *Задачи* выберите *Создать новый объект*.

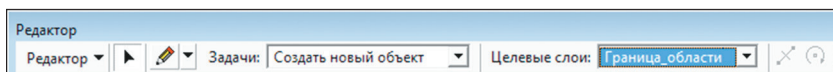









Рис. 3.27

Для создания нового объекта используйте инструмент *Скетч* . С помощью инструмента *Увеличить*  увеличьте экстенд раstra в районе части границы области вашего варианта. Создайте полигональный объект, произведя один клик левой кнопкой мыши по каждому изгибу границы области на растре (рис. 3.28).

Экстенд карты можно изменить, используя инструменты *Увеличить* , *Уменьшить* , *Фиксированное увеличение* , *Фиксированное уменьшение* , *Переместить* . Если вы поставили вершину скетча в неправильном месте, ее можно удалить, сделав клик правой кнопкой мыши возле данной вершины и выбрав в открывшемся контекстном меню пункт *Удалить вершину*. На последней точке скетча необходимо сделать двойной клик левой кнопкой мыши или нажать *F2* на клавиатуре.

Таким образом, полигон административной области вашего варианта в слое «Граница\_области» создан. Сохраните изменения (*Редактор* → *Сохранить изменения*). В разделе *Выборка* (находится ниже таблицы со-



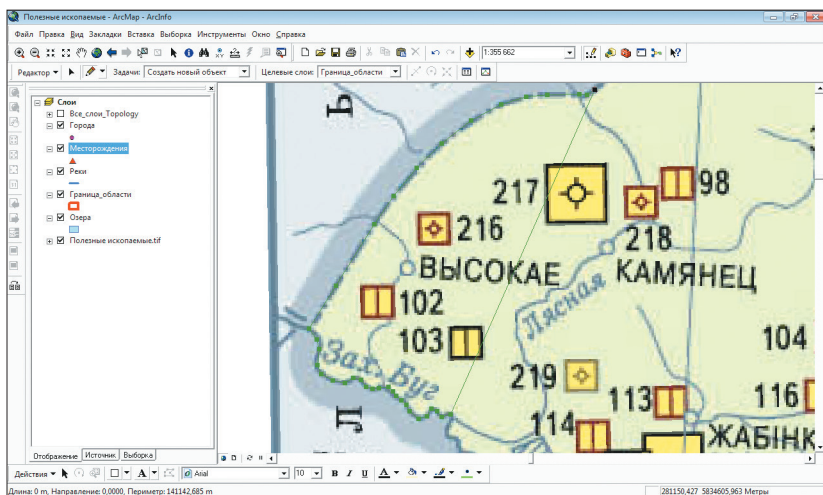


Рис. 3.28

держания) установите доступным для выборки слой «Граница\_области». Инструментом *Выбрать объекты* выберите только что созданный полигональный объект. Используя инструмент *Атрибуты* на панели инструментов *Редактор*, в поле «Название» введите название области вашего варианта (рис. 3.29).

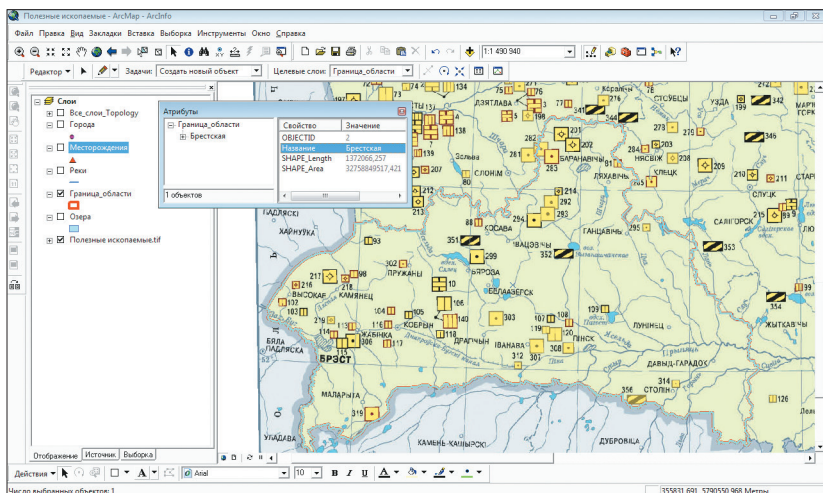


Рис. 3.29

**Шаг 4.** Создайте векторные полигональные объекты всех озер и водохранилищ области вашего варианта в слое «Озера». Увеличьте экстенд растра в районе отдельного озера или водохранилища.

С помощью соответствующей кнопки на панели инструментов *Редактор* определите целевой слой, которому будут принадлежать новые объекты, — «Озера». Для создания векторов используйте инструмент *Скетч*. Создайте полигональный объект, совершая один клик левой кнопкой мыши по каждому изгибу границы озера или водохранилища. На последней точке необходимо сделать двойной клик левой кнопкой мыши. В разделе *Выборка* (находится ниже таблицы содержания) установите доступным для выборки слой «Озера». Инструментом *Выбрать объекты* выберите только что созданный объект. Используя инструмент *Атрибуты*, в поле «Название\_озера» введите название озера или водохранилища, если оно отражено на растре (рис. 3.30).

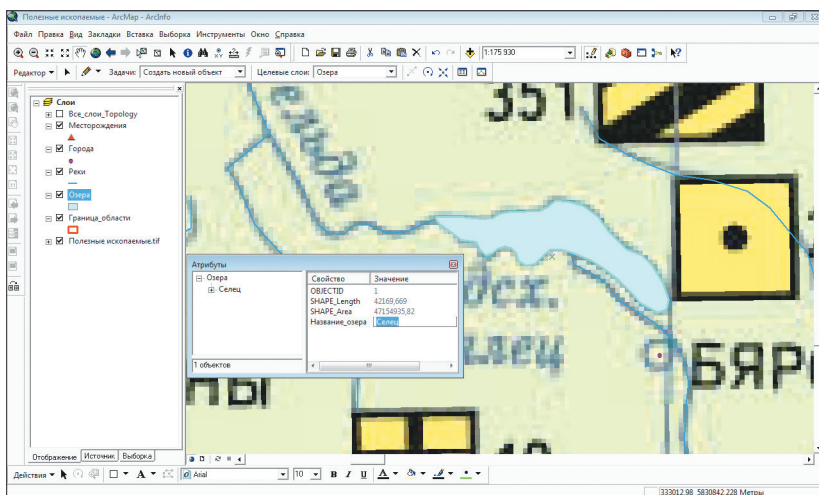


Рис. 3.30

После создания всех векторов озер и водохранилищ подпишите объекты слоя «Озера». Зайдите в окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). В меню *Надписи* отметьте галочкой опцию *Надписать объекты этого слоя* и выберите полем надписи «Название\_озера». Символизируйте объекты удобным для вас шрифтом и размером (рис. 3.31).

**Шаг 5.** Создайте векторные линейные объекты всех рек области вашего варианта в слое «Реки». На панели *Редактор* определите целевой слой, которому будут принадлежать новые объекты, — «Реки».

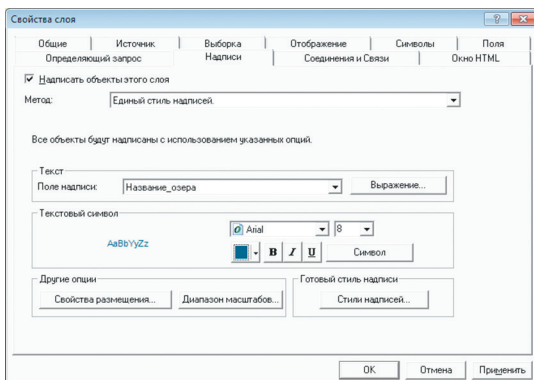


Рис. 3.31

Перед созданием новых линейных векторных объектов необходимо настроить функцию *Замыкание* (*Редактор* → *Замыкание...*) (рис. 3.32). Для того чтобы вершины скетча замыкались на ребрах полигональных слоев «Озера» и «Граница\_области», а также ребрах и конечных точках линейного слоя «Реки», поставьте галочки в графах согласно рис. 3.33.

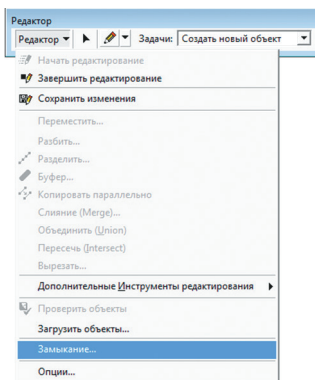


Рис. 3.32

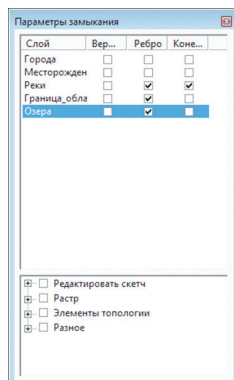



Рис. 3.33

В разделе *Задачи* выберите *Создать новый объект*. Для создания векторов используйте инструмент *Скетч* . Увеличьте экстенст растра в районе отдельной реки или ее части. Создайте линейный объект, производя один клик левой кнопкой мыши по каждому изгибу. На последней точке необходимо сделать двойной клик левой кнопкой мыши. В разделе *Выборка* установите доступным для выборки слой «Реки». Инструментом *Выбрать обь-*

екты выберите только что созданный вектор. Используя инструмент *Атрибуты*, в поле «Название\_реки» введите название, если на растре оно присутствует. После создания всех векторов подпишите объекты слоя «Реки» (рис. 3.34, 3.35).

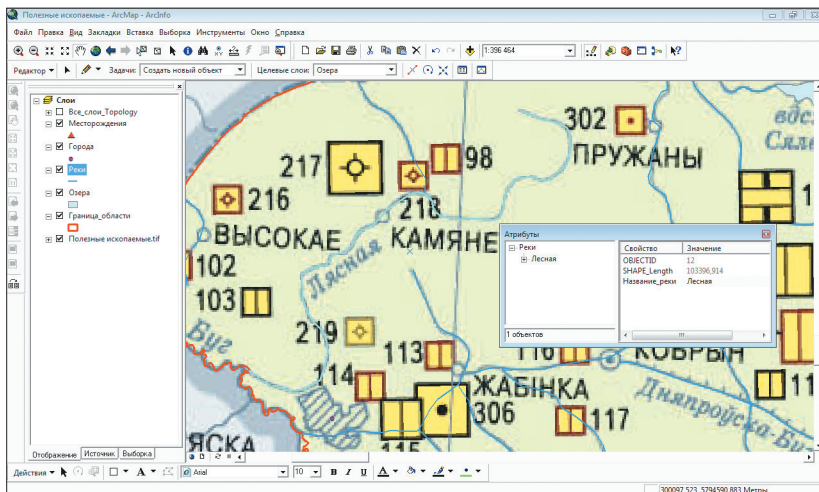


Рис. 3.34

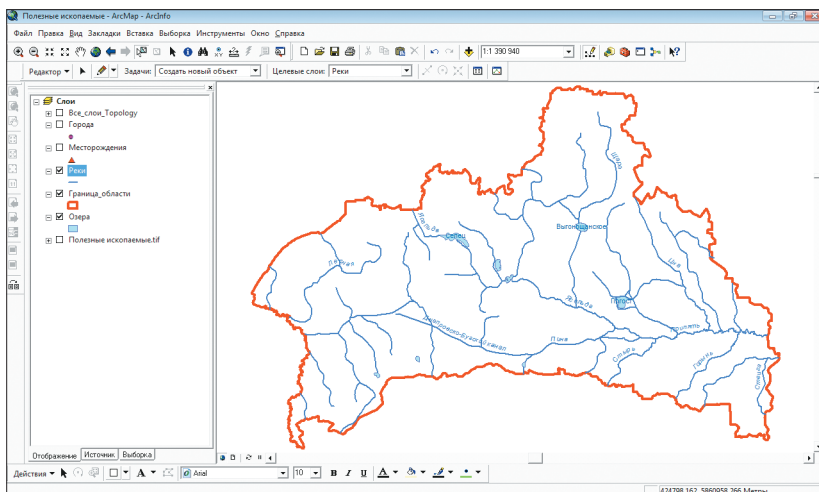





Рис. 3.35

**Шаг 6.** Создайте точечные объекты всех городов области вашего варианта в слое «Города». На панели *Редактор* определите целевой слой, которому будут принадлежать новые объекты, — «Города». Для создания векторов используйте инструмент *Скетч* . Увеличьте экстенд растра в районе одного города. Создайте точечный объект, произведя один клик левой кнопкой мыши по центру пунсона на растре. В разделе *Выборка* установите доступным для выборки слой «Города».

Инструментом *Выбрать объекты*  выберите только что созданный точечный объект города. Используя инструмент *Атрибуты*  на панели инструментов *Редактор*, введите соответствующее наименование в поле «Название\_города» (рис. 3.36). После создания всех векторов подпишите объекты слоя «Города». Зайдите в окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Во вкладке *Надписи* отметьте галочкой опцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «Название\_города» и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и размером (рис. 3.37).

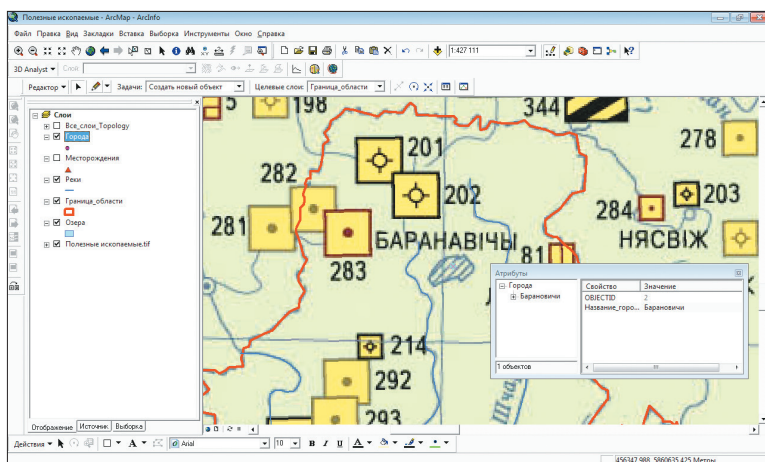


Рис. 3.36

**Шаг 7.** Создайте векторные точечные объекты всех месторождений полезных ископаемых области вашего варианта в слое «Месторождения». В атрибутах слоя заполните поля «Название\_месторождения», «Вид», «Размер» и «Состояние».

На панели *Редактор* определите целевой слой, которому будут принадлежать новые объекты, — «Месторождения». В разделе *Задачи* выберите *Создать новый объект*.

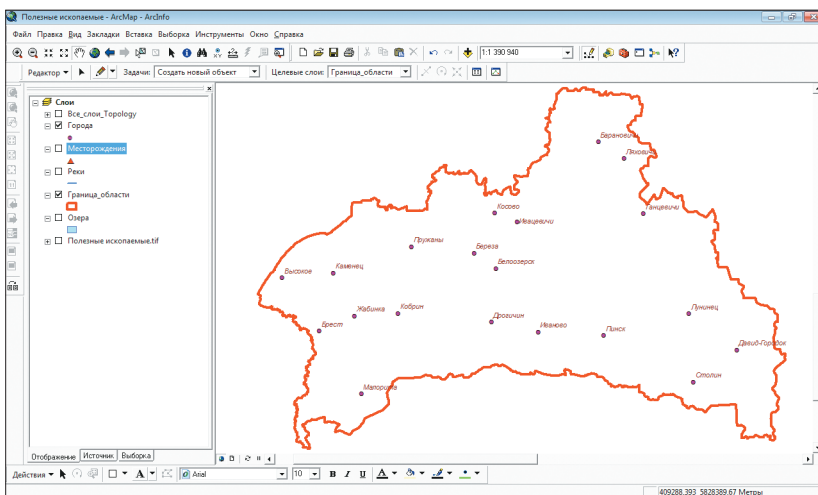





Рис. 3.37

Для создания векторов используйте инструмент *Скетч* . Увеличьте экстенд растра. Создайте точечный объект, произведя один клик левой кнопкой мыши по условному обозначению месторождения на растре. В разделе *Выборка* установите доступным для выборки слой «Месторождения». Инструментом *Выбрать объекты*  выберите только что созданный точечный объект. Используя инструмент *Атрибуты*  на панели инструментов *Редактор*, в поле «Название\_месторождения» введите название месторождения. В полях «Вид», «Размер» и «Состояние» выберите вариант атрибутивного домена, соответствующий виду, размеру и состоянию месторождения (рис. 3.38, 3.39). Название месторождения и значения его атрибутивных полей следует задать, воспользовавшись легендой раstra *Полезные\_ископаемые.tif*, расположенной в папке исходных данных.

После создания всех векторов подпишите объекты слоя «Месторождения». Зайдите в окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). В меню *Надписи* отметьте галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «Название\_месторождения» и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и размером. Сохраните изменения (*Редактор* → *Сохранить изменения*).

**Шаг 8.** Проверьте топологию и исправьте все топологические ошибки векторных слоев фрейма данных. Для этого откройте панель инструментов *Топология* (*Редактор* → *Дополнительные инструменты редактирования* → *Топология*) (рис. 3.40).



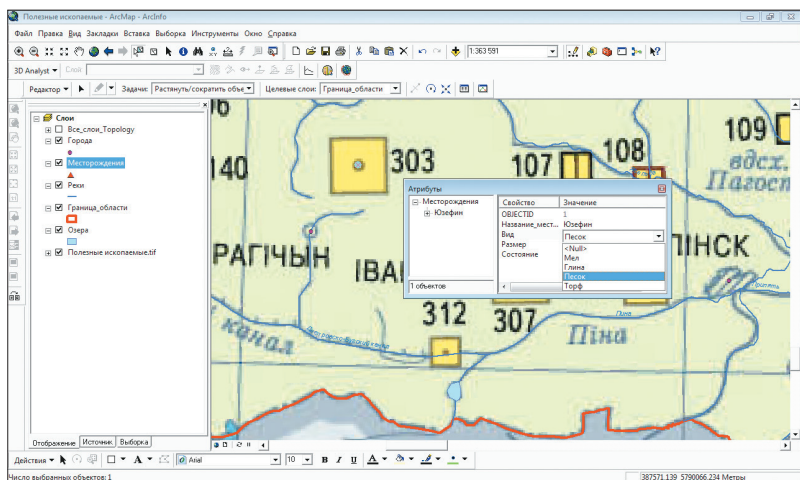


Рис. 3.38

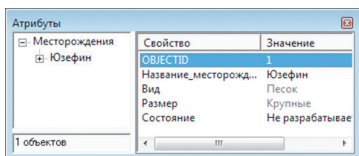


Рис. 3.39



Рис. 3.40

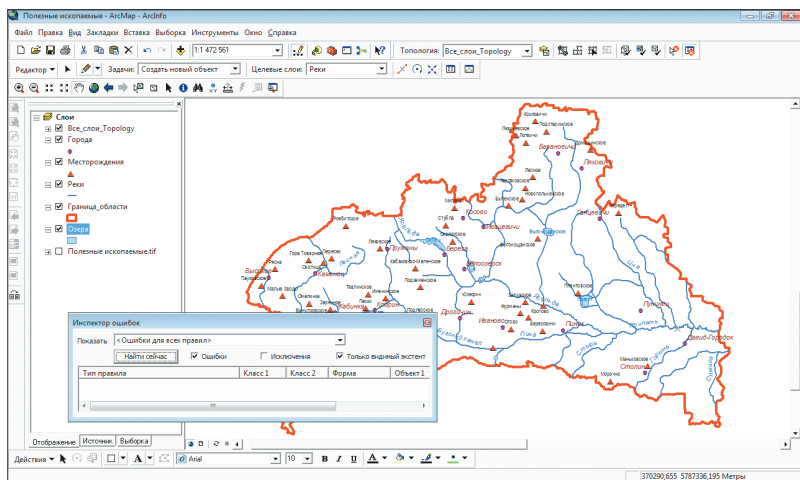





Рис. 3.41



С помощью инструмента *Проверить всю топологию*  проверьте топологию набора классов «Все слои». Вызовите инструмент *Инспектор ошибок* . С помощью инструмента *Исправить ошибки топологии*  выделите экстенд всех слоев. В окне *Инспектор ошибок* появятся ошибки топологии, если они есть (рис. 3.41). Исправьте все ошибки. После исправления завершите редактирование, сохранив все изменения (*Редактор* → *Завершить редактирование*).

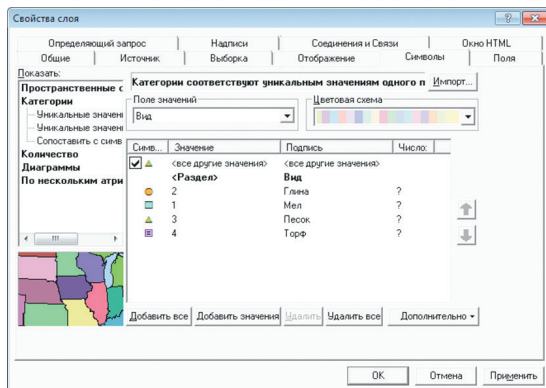


Рис. 3.42

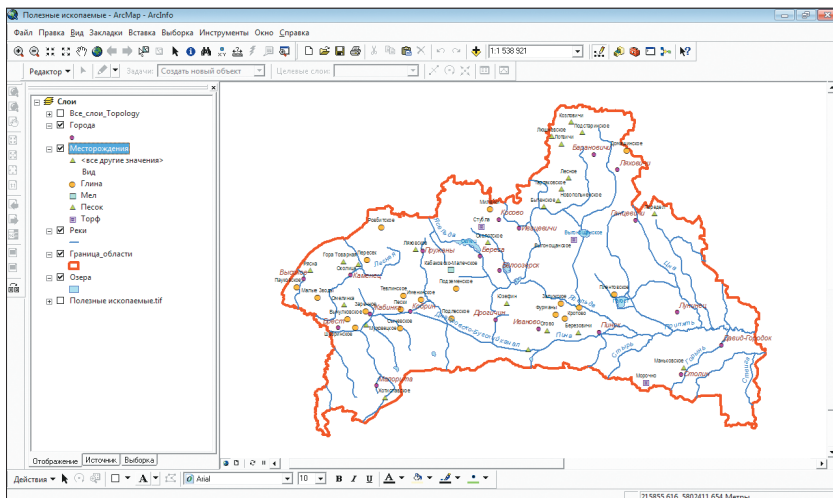


Рис. 3.43

**Шаг 9.** Символизируйте слой «Месторождения» по уникальному значению поля «Вид» (щелчок правой кнопкой мыши по слою в таблице содержания → *Свойства* → *Символы* → *Показать* → *Категории* → *Уникальные значения* → *Поле значений* → *Вид*) и нажмите кнопку *Добавить все*. Появятся все уникальные значения выбранного поля. Сделайте двойной щелчок левой кнопкой мыши по каждому символу и символизируйте их, как показано на рис. 3.42.

Если операция выполнена верно, фрейм данных будет выглядеть так, как показано на рис. 3.43.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Каковы особенности формирования системы координат класса пространственных объектов в базе геоданных?
2. Перечислите возможные типы атрибутивных полей классов пространственных объектов, дайте их сравнительный анализ.
3. Какие типы атрибутивных доменов можно создавать в базе геоданных? Приведите примеры.
4. Перечислите основные алгоритмы проверки топологии в ГИС ArcGIS.
5. Охарактеризуйте основные методы символизации векторных слоев в ГИС ArcGIS.

## Лабораторная работа 4

### АВТОМАТИЧЕСКАЯ ВЕКТОРИЗАЦИЯ РЕЛЬЕФА

**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритмы автоматической векторизации растровых изображений (на примере растра рельефа) и создания трехмерной модели рельефа.

#### Исходные данные:

- шейп-файл, содержащий границу участка на территории Клецкого района (*granica.shp*);
- отсканированный, трансформированный и геопривязанный фрагмент расчлененного издательского оригинала топографической карты, содержащий горизонтали в пределах участка на территории Клецкого района (*gorizontali.tif*);
- отсканированный, трансформированный и геопривязанный фрагмент топоосновы (отметки высот и урезов воды, горизонтали и гидрография) участка на территории Клецкого района (*topoosnova.tif*);
- шейп-файл, содержащий гидрографию участка (*реки.shp*).

#### Ход выполнения лабораторной работы

**Шаг 1.** Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Создайте в своей папке базу геоданных «Рельеф\_Клецк». Для этого сделайте клик правой кнопкой мыши по папке, в которой собираетесь создать базу геоданных → *Новый* → *Персональная БГД*. В БГД «Рельеф\_Клецк» создайте набор классов объектов «Рельеф». Для этого сделайте клик правой кнопкой мыши по БГД → *Новый* → *Набор классов объектов*. Выберите для создаваемого набора классов систему координат *WGS\_1984\_UTM\_Zone\_35N* (находится в разделе *Projected Coordinate Systems* → *UTM* → *WGS 1984* → *WGS\_1984\_UTM\_Zone\_35N*). Систему координат для Z-координат данных не выбирайте. Примите значения допуска XY по умолчанию.

В наборе классов «Рельеф» создайте *классы пространственных объектов* и задайте для них атрибуты (табл. 4.1). Для создания нового класса выполните клик правой кнопкой мыши по набору классов объектов, в котором собираетесь создать класс пространственных объектов → *Новый* → *Класс пространственных объектов*. Для создания атрибутивного поля выполните *двойной* клик мышью по классу пространственных объектов → *Свойства* → *Поля*.

**Шаг 2.** Щелкните правой кнопкой по набору классов объектов «Рельеф» БГД «Рельеф\_Клецк», укажите *Новый* и выберите *Топология*.

В окне *Новая топология* укажите *Имя топологии* – «Рельеф\_Topology», а также задайте *кластерный допуск* – 0,001 м. Установите *слоем*, который будет участвовать в топологии, слой «Горизонтالي», его *ранг* – 1.

Таблица 4.1

**Тип геометрии и атрибутивные поля  
классов пространственных объектов**

Класс	Тип геометрии	Имя атрибутивного поля	Тип атрибутивного поля
Бровки	Линия	Н	Double
Горизонтали	Линия	Н	Double
Отметки	Точка	Н	Double

Создайте правила топологии. Для создания каждого правила необходимо нажать кнопку *Добавить правило*. В окне *Добавить правило* в закладке *Объект класса* необходимо выбрать требуемый класс пространственных объектов, в закладке *Правило* – создаваемое правило топологии. Задайте правила топологии согласно табл. 4.2.


Таблица 4.2

**Правила топологии**

Класс	Правило
Горизонтали	Не должны иметь псевдоузлов (линия)
Горизонтали	Не должны перекрывать сами себя (линия)
Горизонтали	Не должны пересекать сами себя (линия)
Горизонтали	Должны состоять из одной части (линия)
Горизонтали	Не должны пересекаться или касаться (линия)

После создания всех правил нажмите кнопку *Закончить*. Программа начнет создание топологии. Как только этот процесс завершится, программа предложит проверить топологию. Откажитесь, так как классы пространственных объектов пока не содержат векторных объектов.

**Шаг 3.** Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект «Рельеф\_Клецк». Для этого используйте опцию *Сохранить как...* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

Добавьте в проект набор классов пространственных объектов «Рельеф» из только что созданной БГД «Рельеф\_Клецк», воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* . В проект будут добавлены три слоя («Бровки», «Горизонтالي», «Отметки») и топология «Рельеф\_Topology». Кроме того, добавьте исходные растровые данные без построения пирамидных слоев (topoosnova.tif, gorizontali.tif), а также шейп-файл granica.shp.

Снимите визуализацию со слоев «Бровки» и «Рельеф\_Topology», а также растра gorizontali.tif, спрячьте их легенды в таблице содержания.

**Шаг 4.** Символизируйте векторные слои проекта. Сделайте клик правой кнопкой мыши по слою «Горизонтали», откройте *Свойства слоя*. Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него следующие параметры: *Цвет* — коричневый, *Ширина* — 2 (рис. 4.1).

Методом отображения объектов *Единый символ* символизируйте слои «Отметки» и «granica». Для слоя «Отметки» выберите шаблон *Circle 2* из ка-

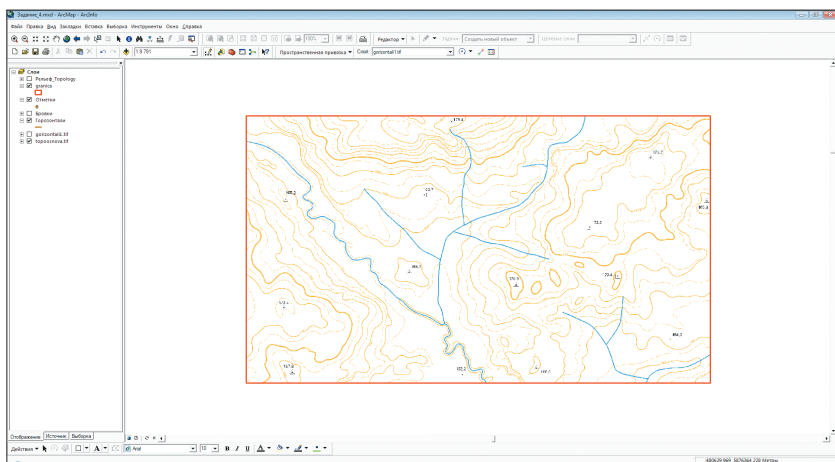




Рис. 4.1

тегории *All*, откорректируйте параметры: *Цвет* — коричневый, *Размер* — 7, *Угол* — 0. Слой «*граница*» символизируйте следующим образом: *Цвет заливки* — нет символа, *Ширина контура* — 2, *Цвет контура* — красный.

**Шаг 5.** Подпишите объекты слоя «Отметки» по полю «Н». Зайдите в *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). В закладке *Надписи* отметьте галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «Н» и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и размером.

В режиме ручной оцифровки отвекторизируйте по растру *topoosnova.tif* все отметки высот в пределах участка Клецкого района. Для этого начните сеанс редактирования (*Редактор* → *Начать редактирование*). Выберите для редактирования персональную БГД «Рельеф\_Клецк». Определите целевой слой, которому будут принадлежать новые объекты, — «Отметки». В разделе *Задачи* выберите *Создать новый объект*. Для создания отметок используйте инструмент *Скетч* , для создания атрибутов — *Атрибуты*  (рис. 4.2).

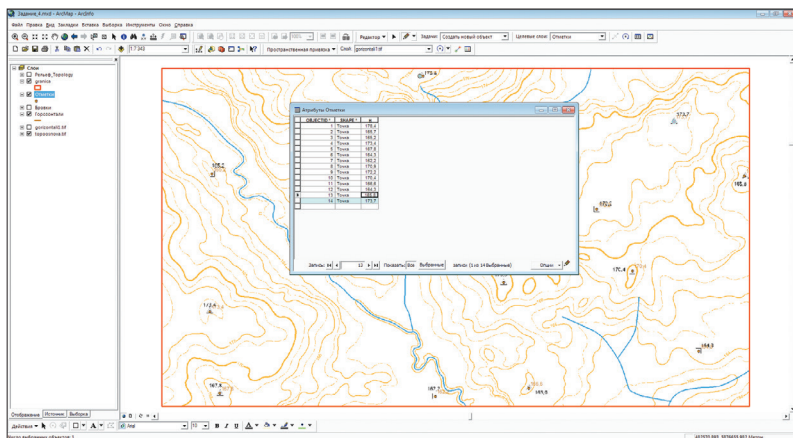


Рис. 4.2

После оцифровки завершите сеанс редактирования (*Редактор* → *Завершить редактирование*), сохранив изменения. Сохраните изменения в проекте (*Файл* → *Сохранить*).

**Шаг 6.** Зайдите в меню *Инструменты* → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль *ArcScan*, чтобы в дальнейшем использовать его (рис. 4.3, 4.4). Затем зайдите в меню *Вид* → *Панели инструментов* и выберите *ArcScan* (рис. 4.5). Будет добавлена панель модуля следующего вида (рис. 4.6).

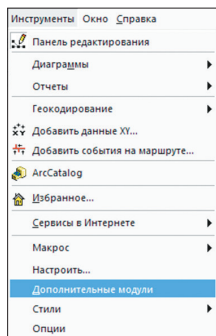


Рис. 4.3

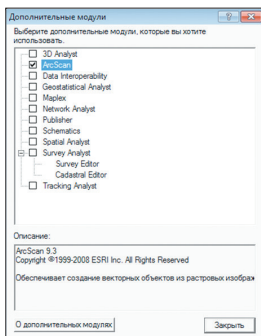


Рис. 4.4

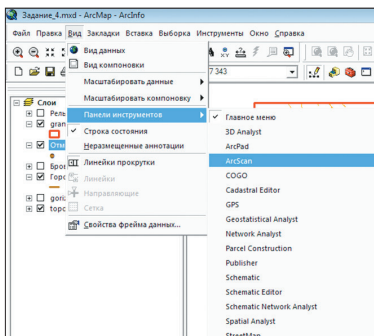


Рис. 4.5

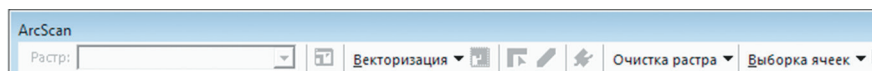


Рис. 4.6

**Шаг 7.** В таблице содержания оставьте на визуализации только слои «Горизонтالي», «grpnica», а также растр gorizontali.tif.

Зайдите в *Свойства растра* gorizontali.tif. В закладке *Символы* выберите *Показать* → *Уникальные значения*. Программа произведет классификацию растрового изображения. Так как он битовый, то классов окажется только два: 0 и 1 (рис. 4.7).

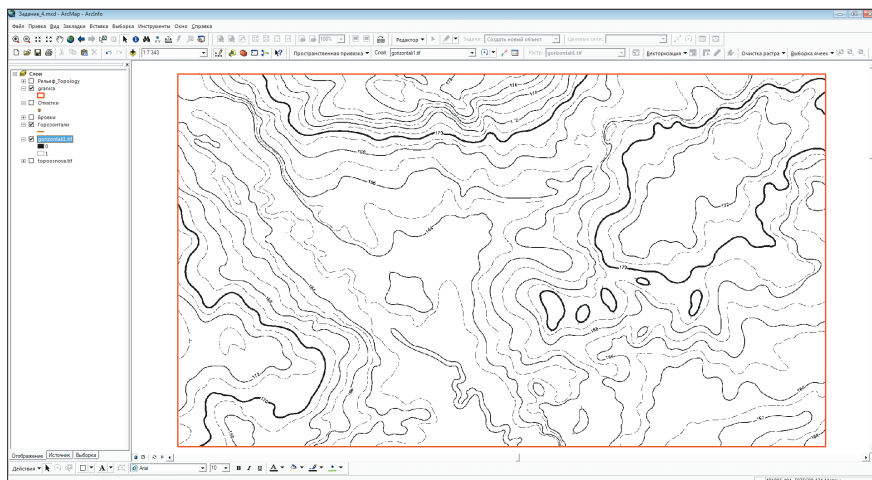


Рис. 4.7



Начните сеанс редактирования слоев БГД «Рельеф\_Клецк» (*Редактор* → *Начать редактирование*). Только после этого инструменты панели *ArcScan* будут активны. В меню *Очистка растра* панели инструментов *ArcScan* выберите *Начать очистку*. В том же меню откройте панель инструментов *Рисование растра* (рис. 4.8). Она выглядит, как показано на рис. 4.9.

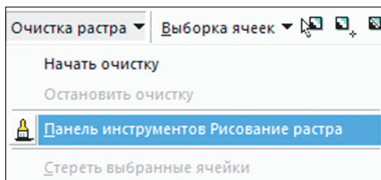


Рис. 4.8

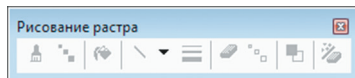



Рис. 4.9

Установите рабочим растром на панели инструментов *ArcScan* растр *gorizontali.tif*.

С помощью инструмента *Ластик*  на панели *Рисование растра* удалите все подписи горизонталей из растра *gorizontali.tif* (рис. 4.10). Выберите подходящий размер ластика с помощью инструмента *Размер ластика*.

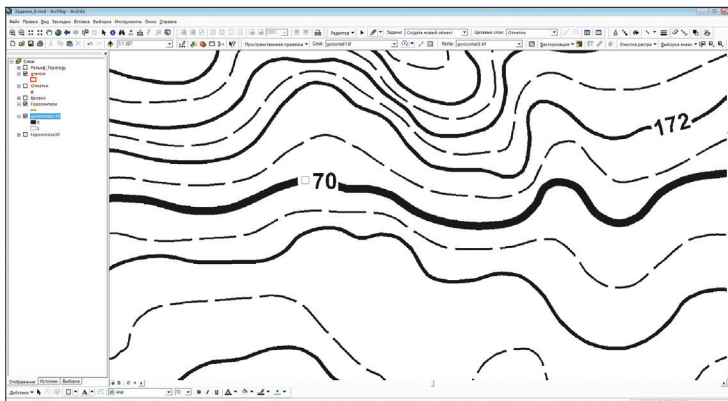


Рис. 4.10

После удаления всех надписей выполните сохранение изменений (*Очистка растра* → *Сохранить*) и остановите очистку растра (*Очистка растра* → *Остановить очистку*).

**Шаг 8.** В меню *Очистка растра* панели инструментов *ArcScan* снова выберите *Начать очистку*. Удалите мусор на растре, который появился

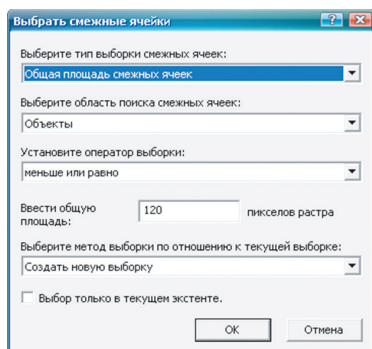


Рис. 4.11

при сканировании, а также бергштрихи. Для этого используйте опцию *Выборка ячеек* → *Выбрать смежные ячейки* на панели инструментов *ArcScan*. Данная опция позволяет выбрать из раstra пиксели, площадь которых меньше или больше заданной. Используйте параметры выборки, как показано на рис. 4.11.

После установки параметров запустите процедуру выборки. В результате будут выбраны все бергштрихи и мусор (рис. 4.12).

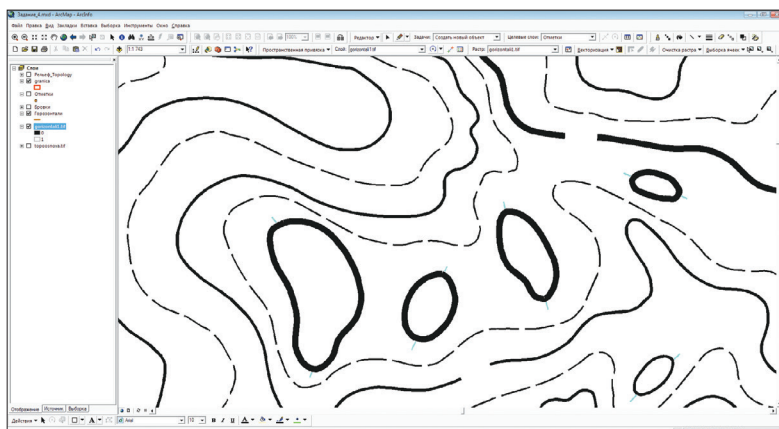


Рис. 4.12

Теперь можно удалить их из раstra с помощью опции *Очистка раstra* → *Стереть выбранные ячейки* на панели инструментов *ArcScan*. После удаления сохраните изменения (*Очистка раstra* → *Сохранить*) и остановите очистку раstra (*Очистка раstra* → *Остановить очистку*).

**Шаг 9.** Для автоматической векторизации выделите в отдельный растр основные горизонталы из расчлененного издательского оригинала топографической карты. Для этого используйте опцию *Выборка ячеек* → *Выбрать смежные ячейки* на панели инструментов *ArcScan*. Используйте параметры выборки, как показано на рис. 4.13.

После установки параметров запустите процедуру выборки. В результате будут выбраны все основные горизонталы (рис. 4.14).

Сохраните выборку в отдельный растр. Для этого используйте опцию *Выборка ячеек* → *Сохранить выборку как...* на панели инструментов *ArcScan*. Сохраните растр основных горизонталей под именем «Основные\_горизонталей» (формат TIFF) в свою папку. Согласитесь с добавлением нового растра в проект.

**Шаг 10.** Используя автоматическую векторизацию модуля *ArcScan*, создайте векторы основных горизонталей. Для этого отключите в таблице содержания визуализацию всех слоев, кроме «granica», «Горизонталей» и «Основные\_горизонталей». На панели инструментов *Редактор* выберите целевым слоем слой «Горизонталей». На панели инструментов *ArcScan* выберите рабочим растром «Основные\_горизонталей». Создайте настройки автоматической векторизации (*Векторизация* → *Настройки векторизации* на панели *ArcScan*), как показано на рис. 4.13.

После установки настроек примените их и закройте панель *Настройки векторизации*. Включите предварительный просмотр векторизации (*Векторизация* → *Предварительный просмотр*). Убедитесь, что все основные горизонталей будут отвекторизированы. Заметьте, что пробелы меж-

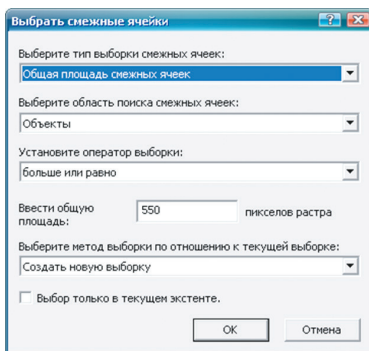


Рис. 4.13

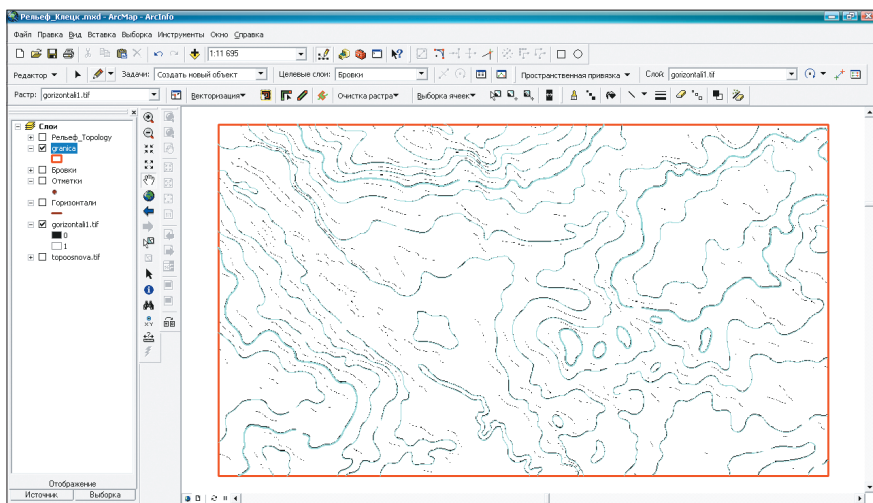


Рис. 4.14

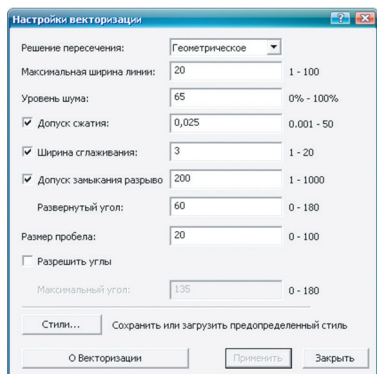


Рис. 4.15

**Шаг 11.** Отредактируйте и создайте атрибуты основных горизонталей в слое «Горизонтالي». Для этого отключите визуализацию всех слоев, кроме «Горизонтали» и раstra *topoosnova.tif*. В разделе *Выборка* (находится ниже таблицы содержания) установите доступным для выборки слой «Горизонтали». Настройте опцию *Замыкание* (*Редактор* → *Замыкание*) на вершинах и конечных точках слоя горизонталей, а также на опции *Редактировать вершины скетча* (рис. 4.17, 4.18).

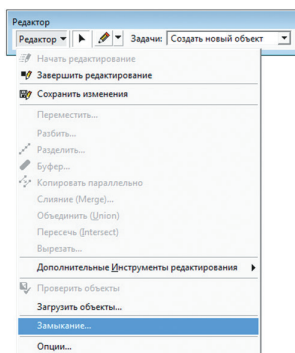


Рис. 4.17

ду горизонталями в тех местах, где были подписи горизонталей, не являются помехой для векторизации. Это стало возможным из-за того, что в параметрах векторизации был настроен *допуск замыкания разрывов* (200), достаточный для того, чтобы горизонтали «перескакивали» через разрывы, если угол между двумя концами одной горизонтали с разрывом составлял менее 60°.

Сохраните векторы основных горизонталей в слой «Горизонтали». Для этого используйте опцию *Векторизация* → *Создание объектов* (рис. 4.16).

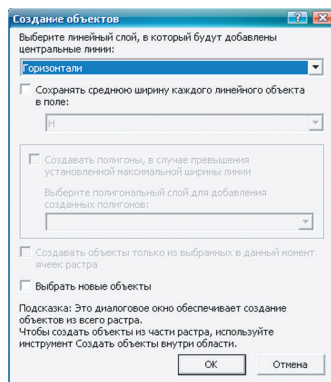


Рис. 4.16

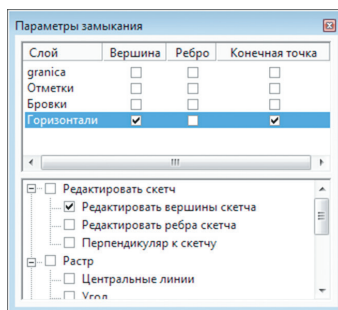




Рис. 4.18

Отредактируйте ошибки геометрии основных горизонталей. В случае недорисованной до конца горизонтали выберите ее кнопкой *Редактировать*  на панели инструментов *Редактор* (двойной клик левой кнопкой мыши по горизонтали). После этого появятся все вершины данного векторного объекта (рис. 4.19). Если конечная точка (отмечается красным цветом) находится на редактируемой стороне, то следует инструментом *Скетч*  продолжить горизонталь (рис. 4.20) или замкнуться на конечной точке смежной горизонтали.

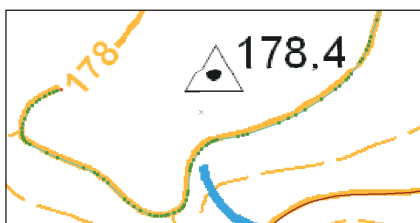


Рис. 4.19

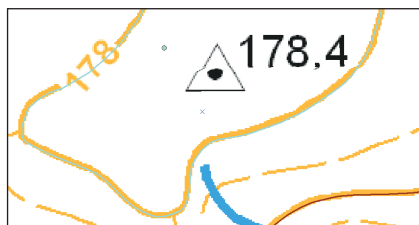




Рис. 4.20

Если же конечная точка находится у противоположной стороны, то необходимо, замкнувшись на последней вершине горизонтали, сделать клик правой кнопкой мыши и выбрать пункт *Перевернуть* (рис. 4.21). Начальная точка переместится к противоположному, нужному краю. Затем инструментом *Скетч*  необходимо продолжить горизонталь или замкнуть ее на конечной точке смежной горизонтали.

Если по ошибке векторизации среди основных горизонталей оказался участок лишней линии, выделите его с помощью инструмента *Редактировать*  (рис. 4.22) и удалите нажатием клавиши *Del* на клавиатуре.

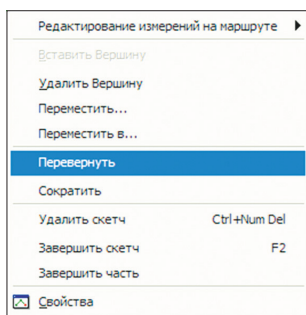



Рис. 4.21



Рис. 4.22

Надпишите объекты слоя «Горизонтالي» (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). В закладке *Надписи* отметьте галочкой функцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «Н» и символизируйте надписи удобным для вас шрифтом и размером.

Создайте атрибуты слоя «Горизонтали» (рис. 4.23, 4.24). Для этого используйте растр *toroosnova.tif*, чтобы определить отметку горизонтали, а также инструмент *Атрибуты*  на панели *Редактор*.

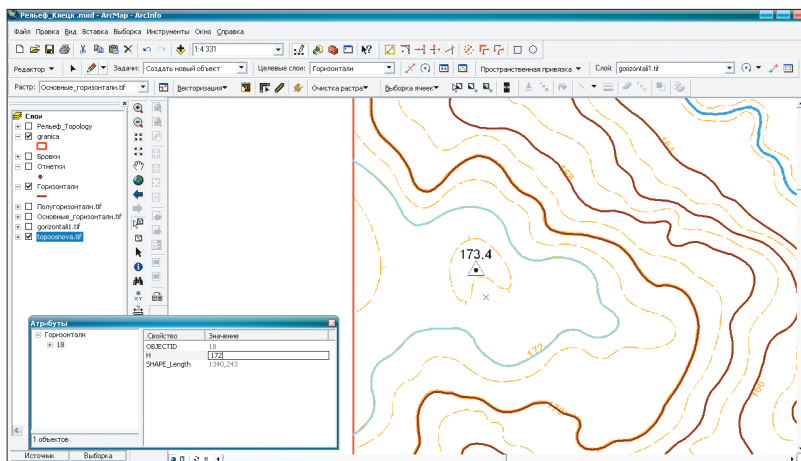


Рис. 4.23

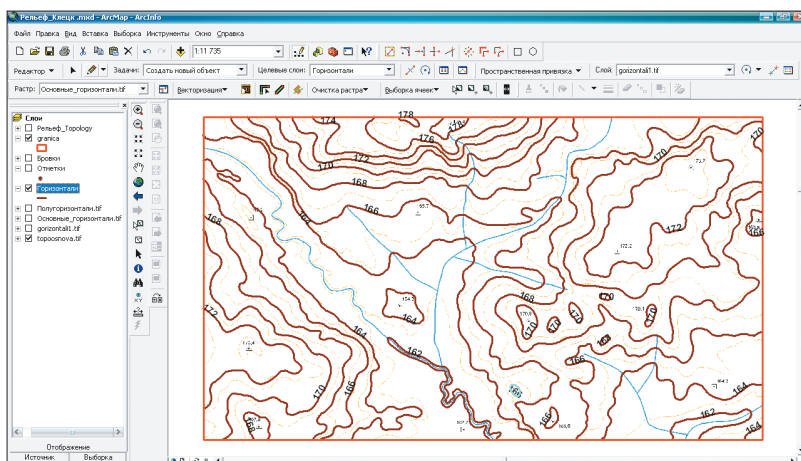






Рис. 4.24

**Шаг 12.** Проверьте топологию и исправьте все топологические ошибки слоя «Горизонтали». Для этого откройте панель инструментов *Топология* (*Редактор* → *Дополнительные инструменты редактирования* → *Топология*). Отключите визуализацию всех слоев, кроме «Горизонтали» и «Рельеф\_Topology».

С помощью инструмента *Проверить всю топологию*  проверьте топологию набора классов «Рельеф» БГД «Рельеф\_Клецк». Откройте инструмент *Инспектор ошибок* . С помощью инструмента *Исправить ошибки топологии*  выделите весь экстенд слоя «Горизонтали». В окне *Инспектор ошибок* появятся ошибки топологии. Исправьте их, после чего завершите редактирование, сохранив все изменения (*Редактор* → *Завершить редактирование*). Сохраните проект и закройте ArcMap.

**Шаг 13.** Постройте трехмерную модель рельефа следующим образом. Откройте ArcCatalog ГИС ArcGIS. Откройте окно *ArcToolbox* , найдите инструмент *Вершины объекта в точки* (*Управление данными* → *Пространственные объекты* → *Вершины объекта в точки*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* следует выбрать класс объектов «Горизонтали» БГД «Рельеф\_Клецк». *Выходной класс объектов* сохраните как класс «Точки» в БГД «Рельеф\_Клецк».

Загрузите все объекты точечного класса «Отметки» БГД «Рельеф\_Клецк» в класс «Точки». Для этого кликните правой кнопкой мыши по классу «Точки» и выберите *Загрузить* → *Загрузить данные*. *Входными данными* определите класс «Отметки» и нажмите кнопку *Добавить*. Установите согласования целевого поля и поля источника, как показано на рис. 4.25. После этого закройте ArcCatalog.

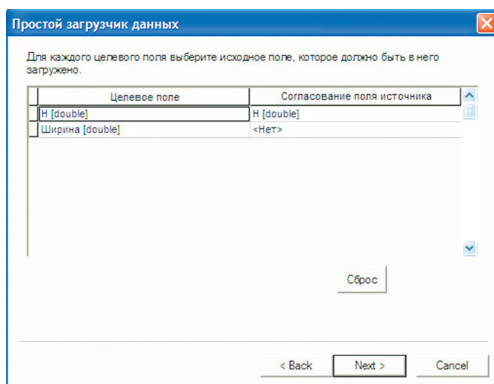



Рис. 4.25



**Шаг 14.** Откройте ArcMap, проект «Рельеф\_Клецк». Добавьте в проект слой «Точки» из БГД «Рельеф\_Клецк», воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* . Отключите визуализацию всех слоев, кроме «Точки» и «granica».

Откройте модуль *Spatial Analyst* ГИС ArcGIS. Для этого зайдите в меню *Инструменты* → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль *Spatial Analyst*, чтобы использовать его. Затем зайдите в меню *Вид* → *Панели инструментов* и выберите пункт *Spatial Analyst*. Панель инструментов модуля будет добавлена к текущим.

На основе темы «Точки» создайте GRID-модель рельефа. Для этого на панели инструментов *Spatial Analyst* выберите *Интерполировать в растр* → *Обратные взвешенные расстояния* (рис. 4.26).

В окне интерполяции установите параметры, как представлено на рис. 4.27.

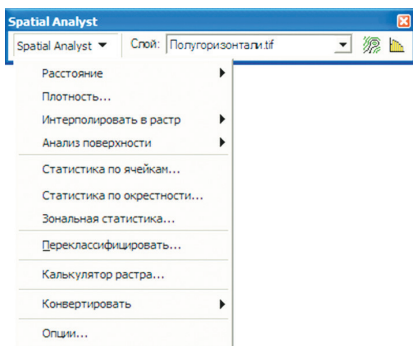


Рис. 4.26

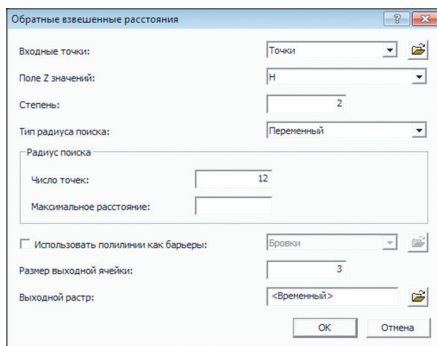


Рис. 4.27

После необходимых расчетов GRID-модель («ОВР\_Точки») будет создана (рис. 4.28).

Теперь необходимо вырезать ее по слою «granica». Для этого откройте окно *Arc Toolbox*, зайдите в блок инструментов *Spatial Analyst Tools* → *Извлечение*. Там находится инструмент *Извлечь по маске*, который следует выбрать. В появившемся окне инструмента в разделе *Входной растр* следует кликнуть GRID «ОВР\_Точки», в разделе *Входные векторные или растровые маски* – слой «granica». Выходной растр сохраните под именем «3D» в своей папке. После необходимых расчетов программа создаст GRID (рис. 4.29).

Теперь GRID «3D» необходимо *классифицировать*. Зайдите в свойства слоя «3D» (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите *Показать* → *Классификация*. Классифицируйте GRID по методу *Заданный интервал* через 1 м (рис. 4.30, 4.31).

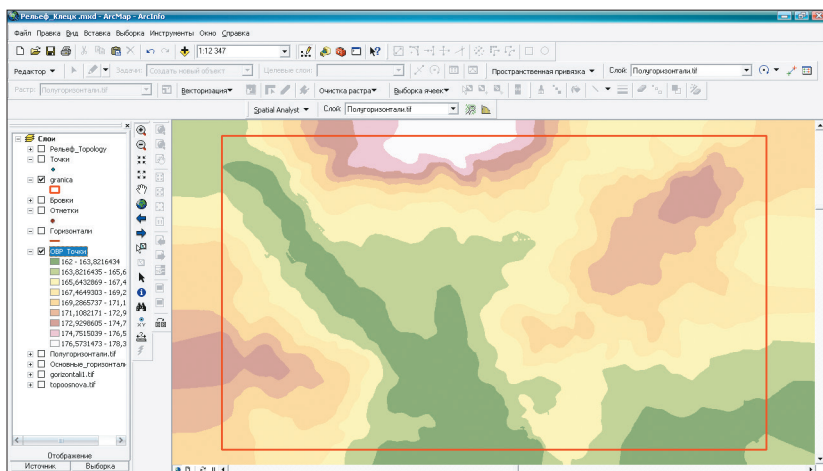


Рис. 4.28

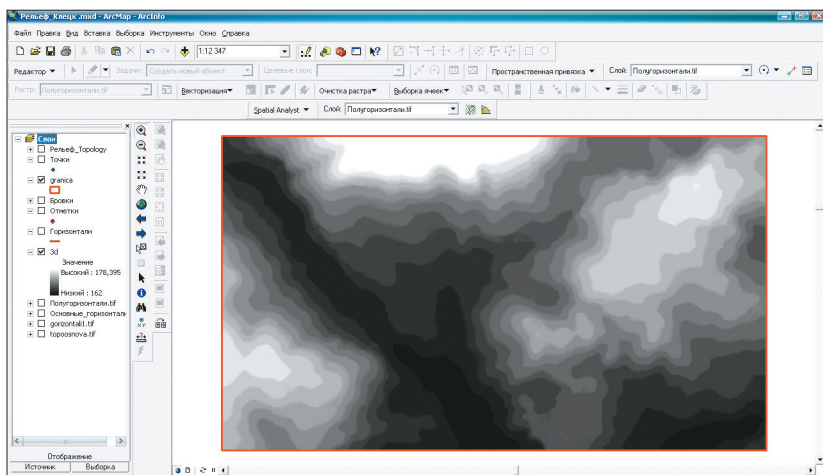


Рис. 4.29

Выберите для GRID-модели «3D» цветовую схему перехода от зеленых тонов к желтым и коричневым, как показано на рис. 4.32.

Сохраните файл слоя GRID под именем 3D.lyr в свою папку. Для этого выберите *Сохранить файл слоя* (правый клик мышью по слою) (рис. 4.33).

Сохраните проект. Закройте ArcMap.

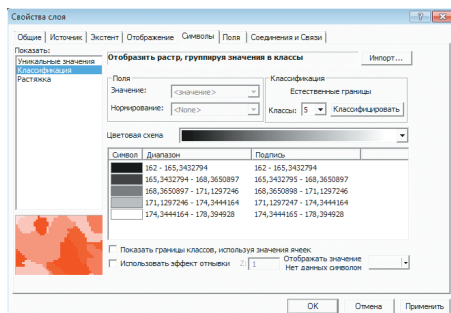


Рис. 4.30

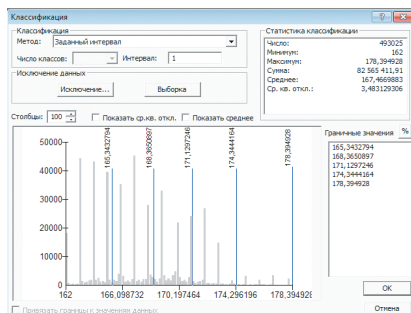


Рис. 4.31

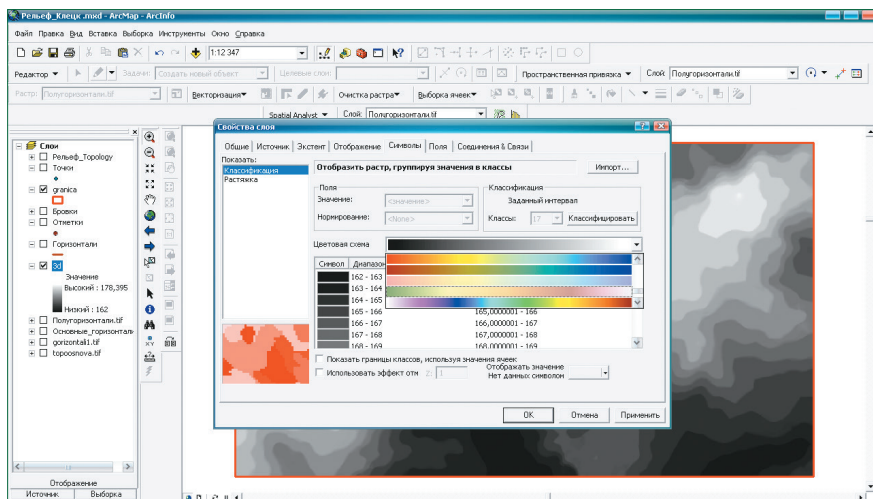


Рис. 4.32

**Шаг 15.** Откройте ArcScene ГИС ArcGIS. Добавьте в проект сохраненный слой 3D.lyr, воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные*. Также добавьте в проект и слой «рекi» из папки исходных данных. Выберите для него следующую символизацию (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства* → *Символы*): *Цвет* – синий, *Ширина линии* – 2.

С помощью инструмента *Управление* на панели инструментов *Инструменты* поверните верхнюю часть GRID-модели строго на север (рис. 4.34). Зайдите в свойства слоя «3D» (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). В закладке *Базовые высоты* отметьте пункт *Полу-*

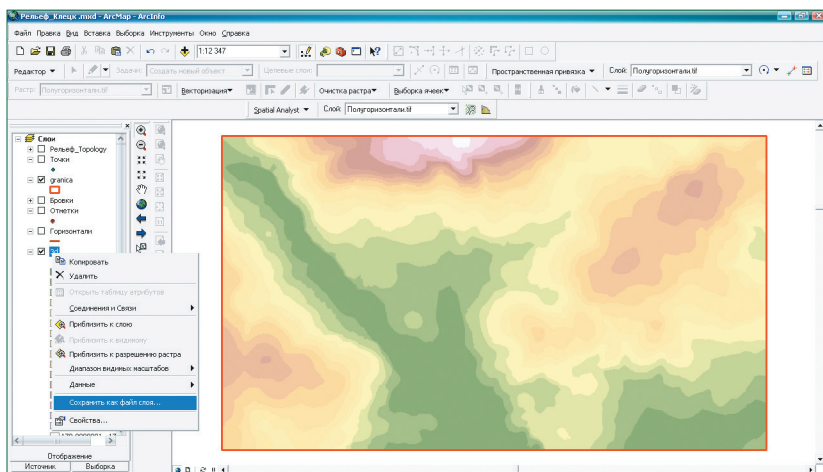


Рис. 4.33

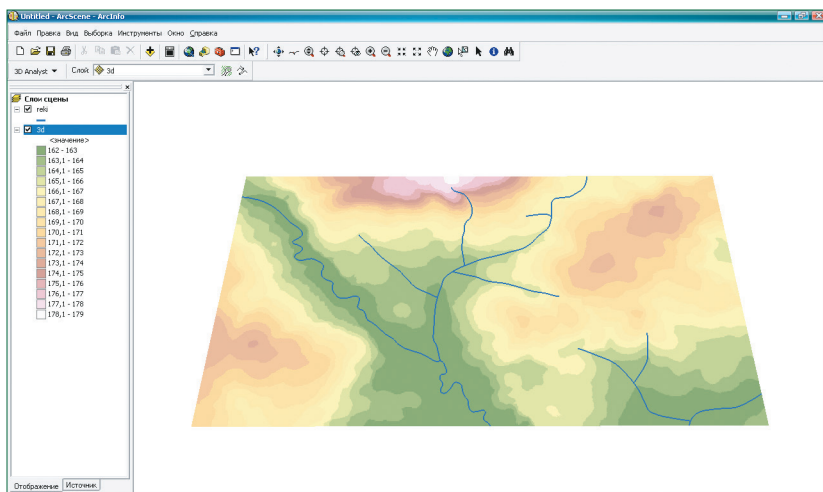


Рис. 4.34

чить высоты для слоя из поверхности и выберите в списке поверхность «3D». Измените параметр Конвертация Z-единиц на значение 25 (рис. 4.35).

Аналогичным образом в закладке Базовые высоты свойств слоя «рекi» отметьте пункт Получить высоты для слоя из поверхности и выберите в списке поверхность «3D». Измените параметр Конвертация Z-единиц на значение 25.



## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Перечислите основные операции по автоматической векторизации плано-во-картографических материалов.
2. Обозначьте алгоритм создания цифровой модели рельефа.
3. Назовите методы интерполяции GRID-моделей. В чем их сходство и различие?
4. Приведите примеры прикладного использования цифровой модели рельефа.

## Лабораторная работа 5

### СОЗДАНИЕ И АНАЛИЗ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ GRID-МОДЕЛИ

**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритмы интерполяции и анализа поверхностей при создании гипсометрической GRID-модели участка Логойского района Минской области.

**Исходные данные:**

- шейп-файл, содержащий границу района исследования (граница.shp);
- шейп-файл, содержащий горизонтали района исследования (горизонтали.shp);
- шейп-файлы, содержащие речную сеть (реки.shp) и озера района исследования (озера.shp);
- шейп-файл, содержащий отметки урезов воды (урезы\_воды.shp);
- шейп-файл, содержащий отметки высот (отметки\_высот.shp).

**Ход выполнения лабораторной работы**

**Шаг 1.** Создайте гипсометрическую GRID-модель следующим образом. Откройте ArcMap. В пустой проект добавьте все векторные шейп-файлы из папки *Исходные данные\Relief*. Символизируйте слои, как показано на рис. 5.1.

**Шаг 2.** Для создания GRID-модели необходимо иметь точечный слой, в атрибутах которого есть поле со значением абсолютной высоты. Необходимо преобразовать линейный слой «горизонтали» в точечный, где каждая вершина горизонтали будет представлена точкой.

Для выполнения данной операции воспользуйтесь инструментом *Вершины объекта в точки (ArcToolBox → Управление данными → Пространственные объекты)*. В поле «Входные объекты» выберите слой «горизонтали». В качестве выходного объекта укажите класс пространственных

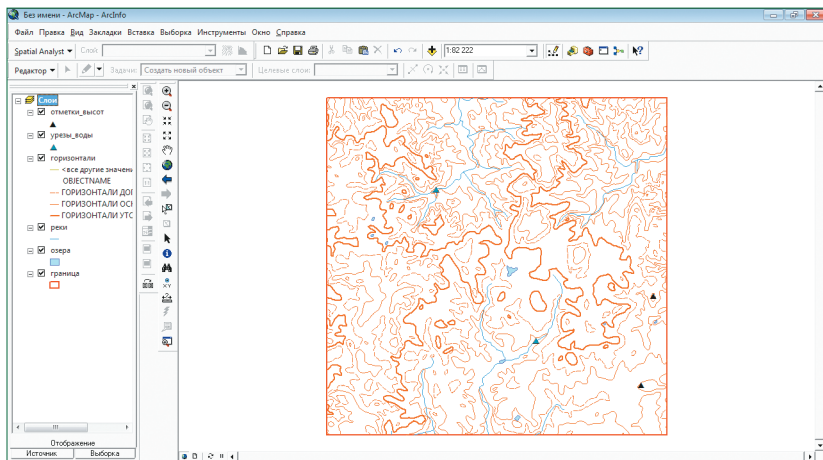


Рис. 5.1

объектов «Tochki» (сохраните его в базе геоданных *Исходные данные\Relief\Исходные данные для модели\Слои*).

Сохраните проект, воспользовавшись опцией *Сохранить как...* в меню *Файл*. Сохраните его в своей папке под именем «GRID-модель». Закройте ArcMap ГИС ArcGIS.

**Шаг 3.** Откройте ArcCatalog. В приложении найдите класс пространственных объектов «Tochki» (база данных *Исходные данные для модели\Слои\Tochki*). Выполните загрузку в него шейп-файлов *урезы\_воды.shp* и *отметки\_высот.shp* (находятся в папке *Исходные данные\Relief*). При загрузке выполняйте согласование полей (рис. 5.2). После загрузки данных закройте ArcCatalog.

**Шаг 4.** Откройте проект «GRID-модель» в среде ArcMap ГИС ArcGIS. Активируйте модуль *Spatial Analyst*. Для этого зайдите в меню *Инструменты* → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль *Spatial Analyst*. В меню *Вид* → *Панели инструментов* выберите пункт *Spatial Analyst*. Панель инструментов модуля будет добавлена к текущим.

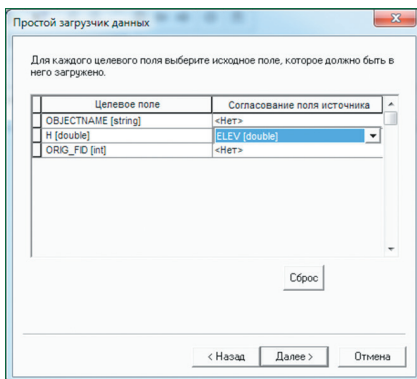


Рис. 5.2



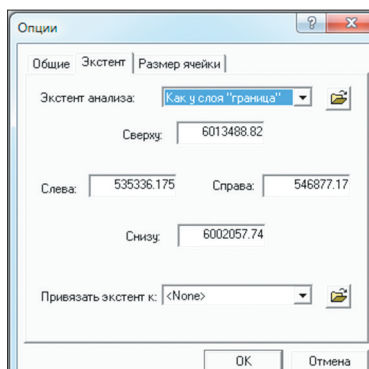


Рис. 5.3

Щелкните по кнопке *Spatial Analyst* одноименной панели инструментов и выберите *Опции*. В закладке *Экстент* окна *Опции* выберите из списка *Экстент анализа* вариант *Как у слоя «граница»* (рис. 5.3).

Используя инструмент *Интерполировать в растр* панели инструментов *Spatial Analyst*, создайте по слою «Точки» три гипсометрические GRID-модели разными методами интерполяции: обратно взвешенных расстояний (ОВР), сплайн (с методом натяжения) и кригинг (ординарный, модель вариограммы — сферическая).

В качестве поля Z-значений используйте поле «Н» слоя «Точки», радиус поиска — 25 точек, размер выходной ячейки — 10.

Выполните вырезание трех интерполяционных моделей по теме «граница». Для этого в окне *ArcToolbox* из набора инструментов *Spatial Analyst* выберите *Извлечение* → *Извлечь по маске*. Входным растром следует указать одну из полученных GRID-моделей, например «ОВР Точки». В раскрывающемся списке *Входные векторные или растровые маски* выберите тему «граница». Выходной растр сохраните под именем «ОВР». Этот же алгоритм примените для вырезания по теме «граница» моделей «Сплайн Точки» и «Кригинг Точки». Сохраните модели под именами «Сплайн» и «Кригинг» соответственно.

Удалите из проекта слои «ОВР Точки», «Сплайн Точки» и «Кригинг Точки».

**Шаг 5.** Выполните классификацию GRID-моделей «ОВР», «Сплайн» и «Кригинг». В окне *Свойства слоя* каждого растра из списка *Показать* выберите *Классификация*. Классифицируйте GRIDы по методу *Заданный интервал* через 10 м. Для отображения используйте общепринятую для подобных моделей цветовую схему перехода от зеленых тонов к желтым и коричневым (рис. 5.4).

Выполните сравнительный анализ полученных моделей. Отметьте достоинства и недостатки методов интерполяции. Выберите модель, которая, по вашему мнению, наиболее точно отражает реальную гипсометрию участка исследований.

Дайте выбранной модели название «Гипсометрическая GRID-модель». Остальные GRID-модели удалите.

**Шаг 6.** Создайте отмывку рельефа. Щелкните по кнопке *Spatial Analyst* одноименной панели инструментов, перейдите к разделу *Анализ поверхно-*

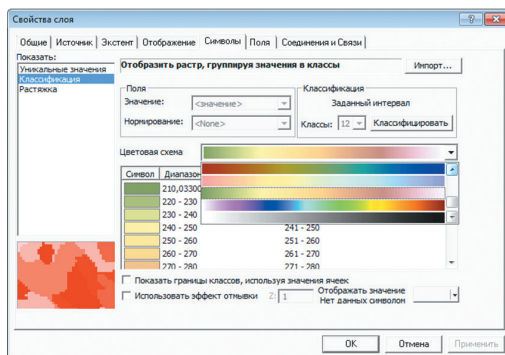


Рис. 5.4

сти и нажмите *Отмывка*. В открывшемся окне в качестве входной поверхности укажите «Гипсометрическая GRID-модель», остальные параметры установите аналогичными показанным на рис. 5.5.

Созданную модель отмывки рельефа поместите в таблице содержания ниже слоя «Гипсометрическая GRID-модель» (рис. 5.6). В окне *Свойства слоя* последней в разделе *Отображение* задайте *Прозрачность*, равную 30 %.

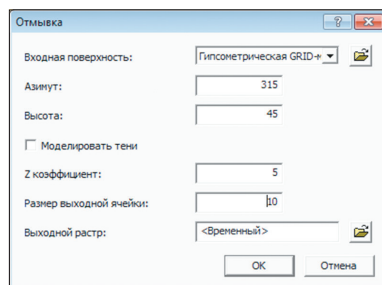


Рис. 5.5

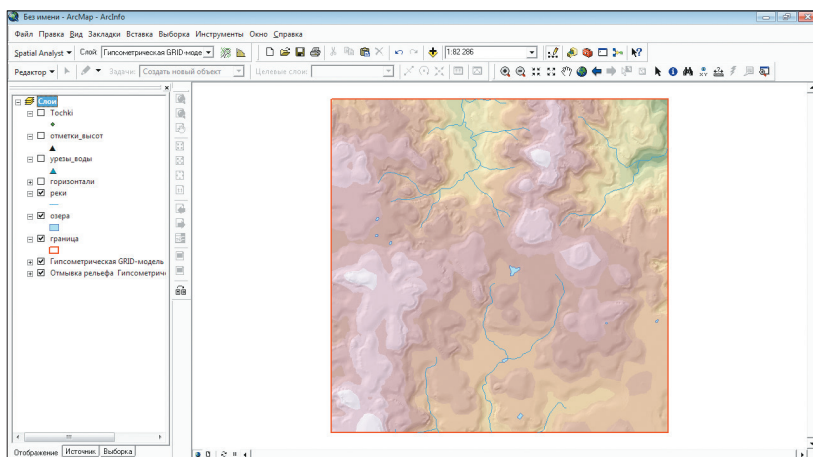


Рис. 5.6

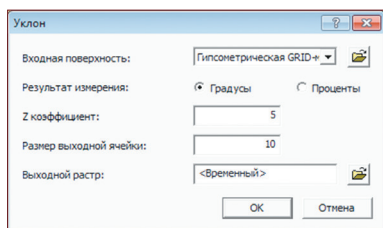


Рис. 5.7

Классифицируйте GRID методом *Заданный интервал* через 30°. Выберите цветовую схему. Итог этих операций представлен на рис. 5.8.

**Шаг 7.** Рассчитайте уклоны в пределах участка исследований. На панели инструментов *Spatial Analyst* выберите инструмент *Уклон* (раздел *Анализ поверхности*). Создайте модель с параметрами, указанными на рис. 5.7.

В свойствах полученной модели уклона во вкладке *Символы* в поле *Показать* выберите *Классификация*. Клас-

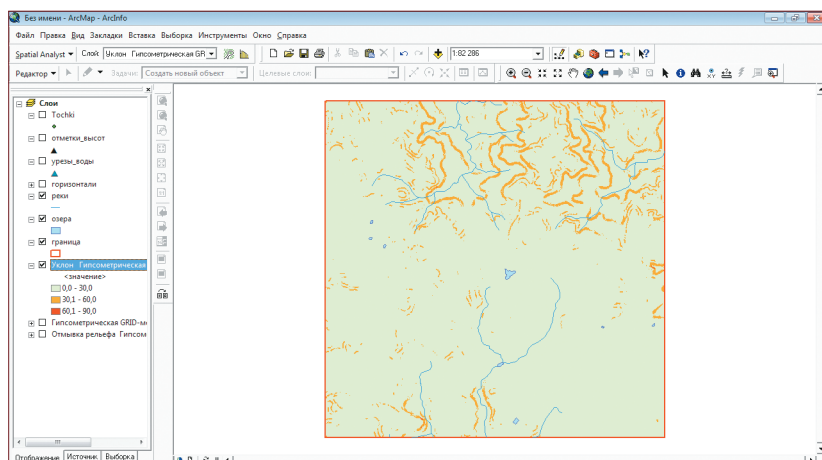


Рис. 5.8

**Шаг 8.** Рассчитайте зоны видимости. Добавьте в проект два шейп-файла из папки *Исходные данные/ Vidimost*. Начните редактирование слоев «Пункты» и «Маршруты» (*Редактор* → *Начать редактирование*). Выбрав в качестве целевого слой «Пункты», с помощью инструмента *Скетч* в любом месте создайте точку расположения наблюдателя. Аналогичным образом (выбрав целевым слоем «Маршруты») произвольно сформируйте линию маршрута. После этого завершите сеанс редактирования (*Редактор* → *Завершить редактирование*), согласившись с сохранением изменений.

На панели инструментов *Spatial Analyst* в разделе *Анализ поверхности* выберите инструмент *Видимость*. В открывшемся диалоговом окне

в качестве входной поверхности укажите «Гипсометрическая GRID-модель», остальные параметры установите аналогичными показанным на рис. 5.9.

В результате анализа видимости программа создаст GRID, в ячейках которого будет содержаться код, указывающий, видны ли они из пункта наблюдения или скрыты (рис. 5.10).

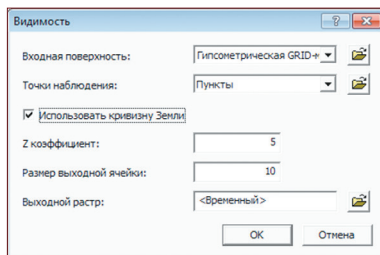


Рис. 5.9

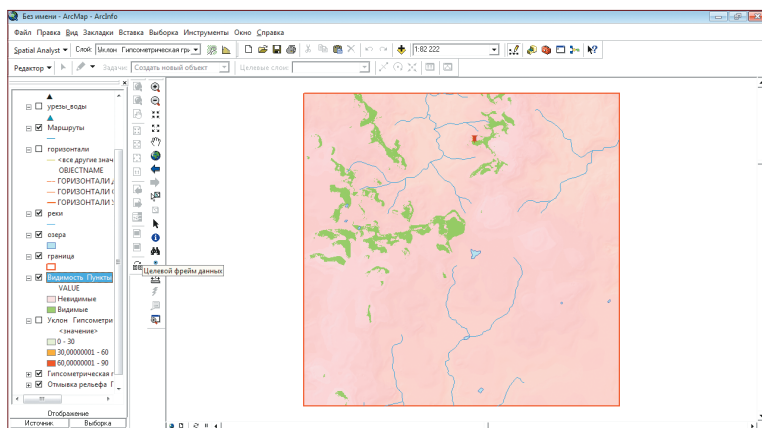


Рис. 5.10

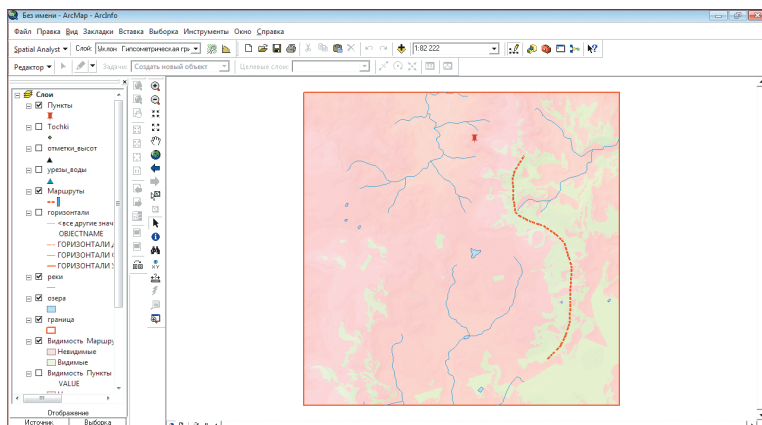


Рис. 5.11

Аналогично рассчитайте зону видимости объектов местности по маршруту. Возможный результат представлен на рис. 5.11.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Какие методы интерполяции GRID-моделей применяются в ГИС ArcGIS? Отметьте достоинства и недостатки этих методов.
2. Перечислите инструменты анализа рельефа в ГИС ArcGIS.
3. Укажите основную последовательность шагов при выполнении анализа видимости.
4. Приведите примеры практического использования цифровых моделей рельефа.

## Лабораторная работа 6

### АНАЛИЗ РАССТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ GRID-МОДЕЛЕЙ

**Цель лабораторной работы:** усвоить операции растрового ГИС-анализа на примере поиска наилучшего места для отдыха и расчета оптимального пути.

#### Исходные данные:

- цифровая модель рельефа района исследований в формате ESRI GRID «*relef*»;
- растровые данные типов землепользования района исследований «*landshafty*»;
- шейп-файл, содержащий информацию о местах обитания диких животных (места\_обитания\_диких\_животных.shp);
- шейп-файл дорог района исследований (дороги.shp).

#### Ход выполнения лабораторной работы

**Шаг 1.** Основная задача ГИС-анализа – выбрать в пределах района исследований место для ночевки с палаткой и рассчитать до него кратчайший путь от дороги с учетом ряда особенностей местности.

Изучение исходных данных для выполнения проекта. Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Добавьте в проект GRID-модель «*relef*» из папки исходных данных. Классифицируйте GRID через 2 м (метод *Заданный интервал*) и выберите для него цветовую схему перехода от зеленых оттенков к желтым и коричневым (рис. 6.1).

Добавьте в проект GRID-модель «*landshafty*» из папки исходных данных. Символизируйте GRID по методу уникальных значений по полю «*TYPE*» (рис. 6.2).

Добавьте в проект GRID-модель «*uklon*» из папки исходных данных. Классифицируйте GRID методом *Заданный интервал* через 2°. Выберите для него цветовую схему, как показано на рис. 6.3.

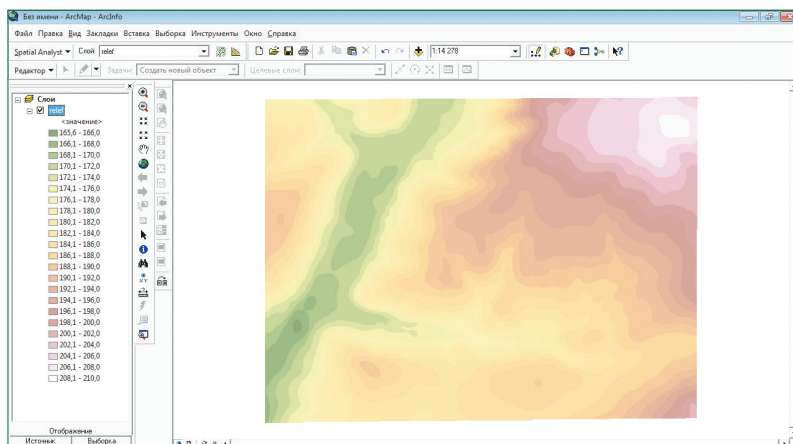


Рис. 6.1

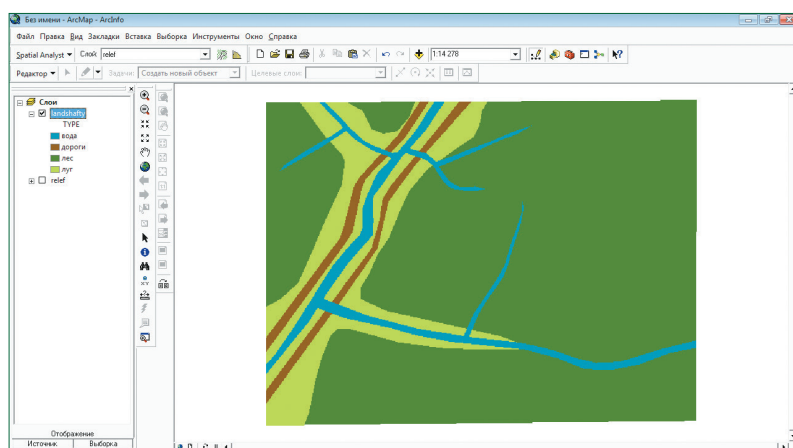


Рис. 6.2

Добавьте в проект из папки исходных данных шейп-файл места обитания диких животных. shp. Для его отображения выберите метод *Единый символ* и подберите символ, как показано на рис. 6.4.

**Шаг 2.** Создайте GRID-модель расстояний по прямой. Вычислите поверхность расстояний по прямой от мест обитания диких животных. Предварительно установите экстен анализ. Нажмите на кнопку *Spatial Analyst* одноименной панели инструментов и выберите *Опции*. *Экстен анализ* определите *Как у слоя «landshafy»* (рис. 6.5).

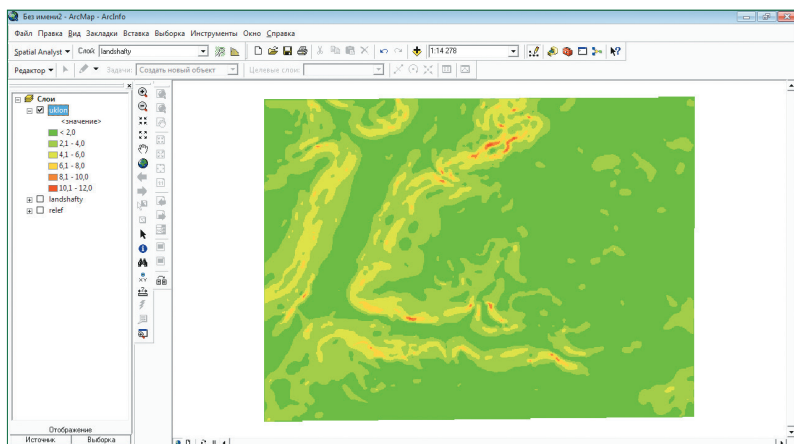


Рис. 6.3

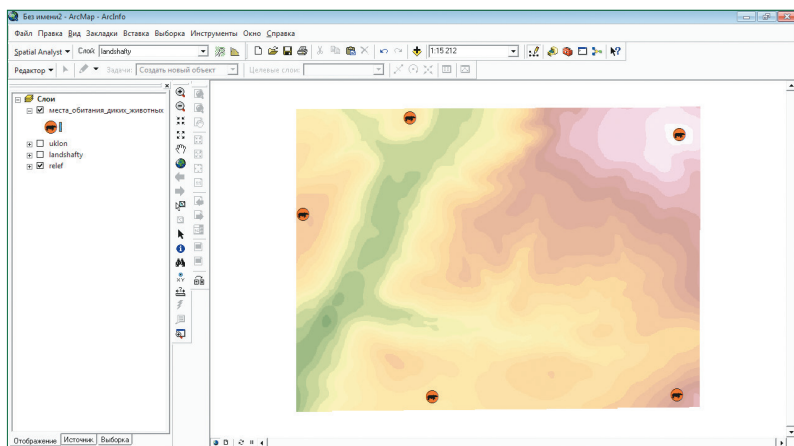


Рис. 6.4

Из выпадающего меню *Spatial Analyst* запустите диалоговое окно инструмента *Расстояние* → *Расстояние по прямой* (рис. 6.6). В списке *Расстояние до* выберите слой «места\_обитания\_диких\_животных». Размер выходной ячейки измените на 5 (рис. 6.7). Нажмите *OK*. После необходимых расчетов GRID «Расстояние до места\_обитания\_диких\_животных» будет добавлен во фрейм данных.

Классифицируйте полученный набор данных по методу *Заданный интервал* через 200 м (рис. 6.8).



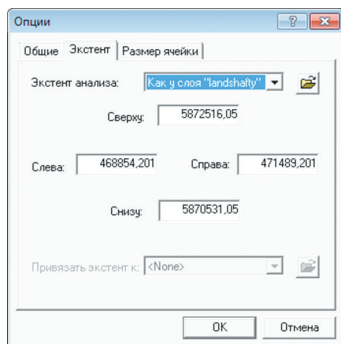


Рис. 6.5

**Шаг 3.** Приведите исходные данные к единой шкале для оптимального выбора места отдыха. Для этого используйте шесть ступеней градации, задавая более высокие значения атрибутам каждого набора, соответствующие большей пригодности для размещения места отдыха (площадка на ровном участке, в лесу, вдали от мест обитания диких животных).

Щелкните по кнопке *Spatial Analyst* одноименной панели инструментов и выберите *Переклассифицировать* (рис. 6.9).

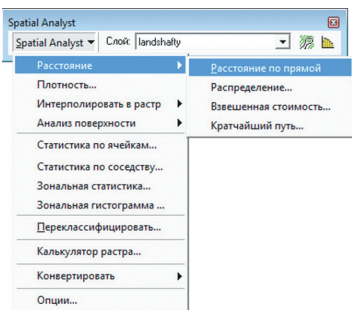


Рис. 6.6

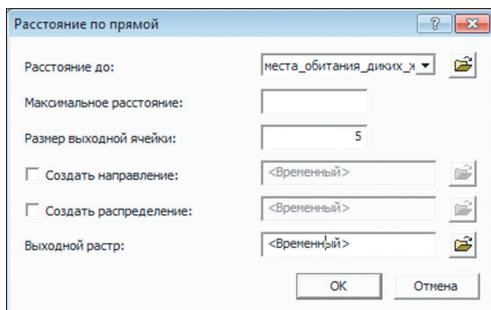


Рис. 6.7

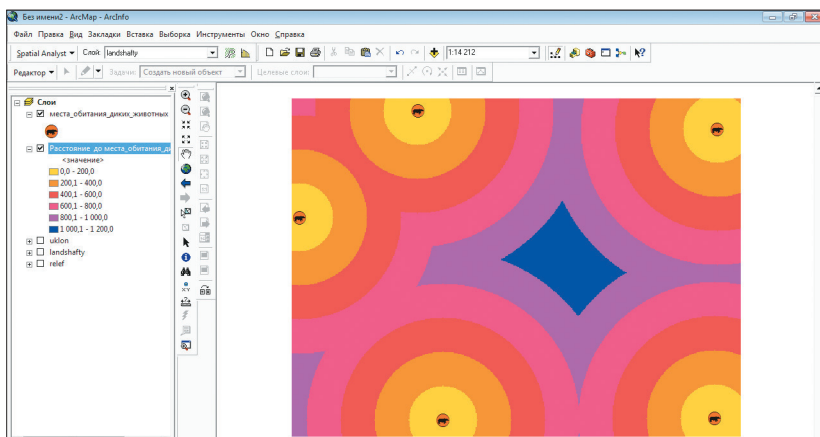


Рис. 6.8

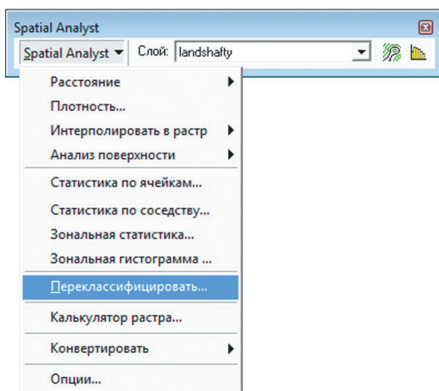


Рис. 6.9

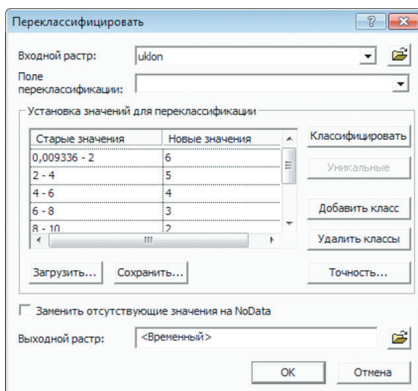


Рис. 6.10

В открывшемся окне в качестве входного растра укажите «uklon». В поле *Установка значений для переклассификации* задайте значение 6 наиболее пригодным ячейкам (с уклоном до 2°), значение 1 — наименее пригодным (с уклоном более 10°) (рис. 6.10). После этого нажмите *ОК*.

Выходной переклассифицированный набор уклонов («Переклассификация uклон») будет добавлен во фрейм данных как новый слой (рис. 6.11). Для отображения слоя выберите цветовую схему перехода от светло-коричневого к темно-коричневому.

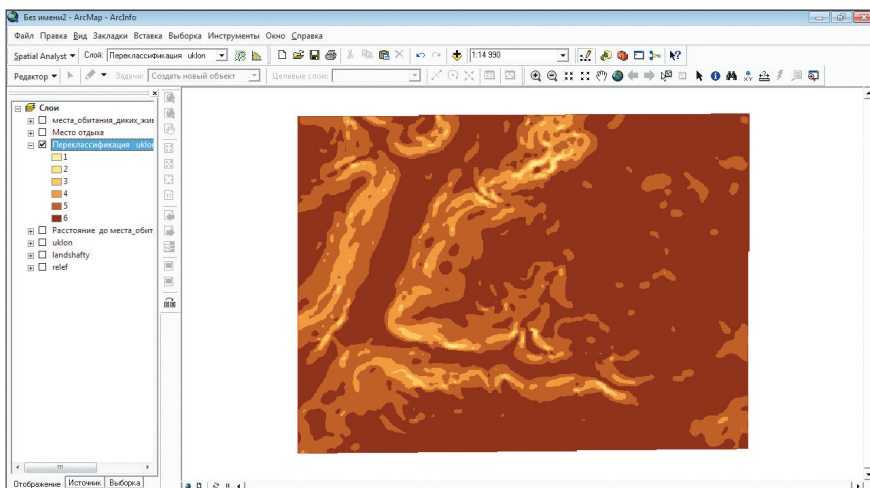


Рис. 6.11

Переклассифицируйте GRID-модель «Расстояние до места\_обитания\_диких\_животных», задав значение 6 наиболее удаленным (более 1000 м) от мест обитания диких животных ячейкам, а 1 — наименее удаленным (до 200 м). Выходной переклассифицированный набор данных («Переклассификация Расстояние до места\_обитания\_диких\_животных») будет добавлен в документ ArcMap (рис. 6.12).

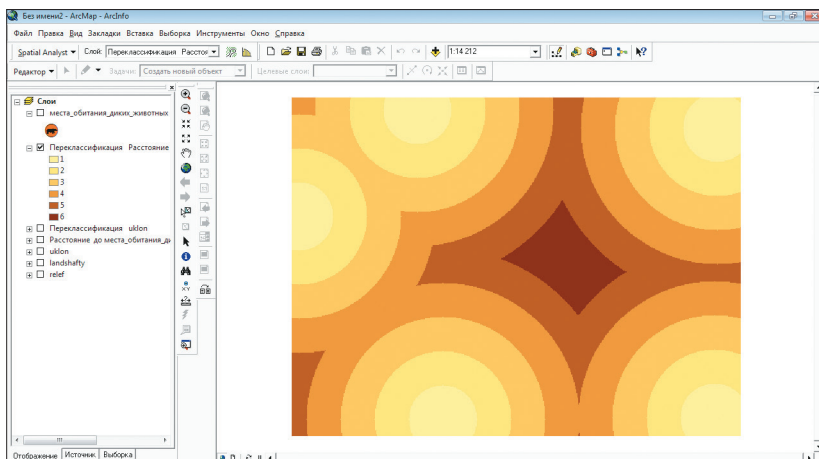


Рис. 6.12

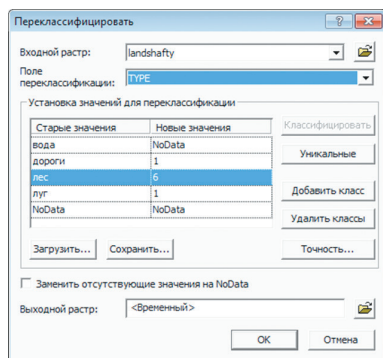


Рис. 6.13

Переклассифицируйте GRID-модель «landshafty», задав значение 6 ячейкам лесов, 1 — ячейкам лугов и дорог. Ячейки водных объектов следует перевести в категорию «нет данных» (NoData) (рис. 6.13).

**Шаг 4.** Выполните комбинирование переклассифицированных наборов данных, задав им следующие весовые коэффициенты: «Переклассификация Расстояние до места\_обитания\_диких\_животных» и «Переклассификация landschafty» — 0,4 (по 40 %); «Переклассификация uклон» — 0,2 (20 %). Для

этого в меню *Spatial Analyst* выберите *Калькулятор растра* (рис. 6.14). В открывшемся диалоге, используя названия слоев и арифметические операторы, сформируйте выражение, как показано на рис. 6.15.

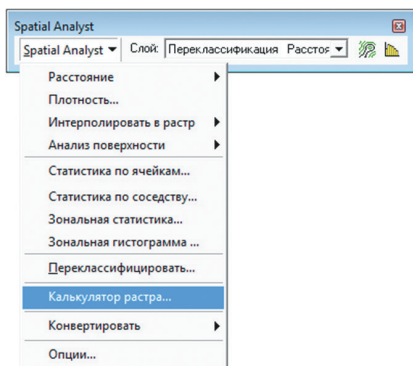


Рис. 6.14

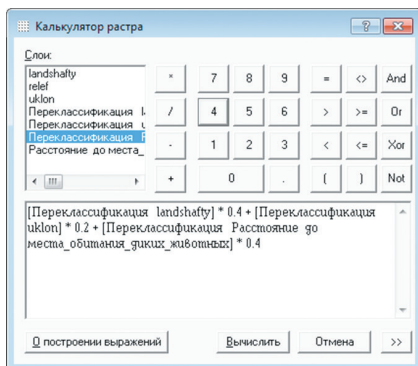


Рис. 6.15

Классифицируйте полученную GRID-модель пригодности («Вычисление») через интервал 0,5 (метод *Заданный интервал*) и выберите для него цветовую схему перехода от зеленых к красным оттенкам (рис. 6.16).

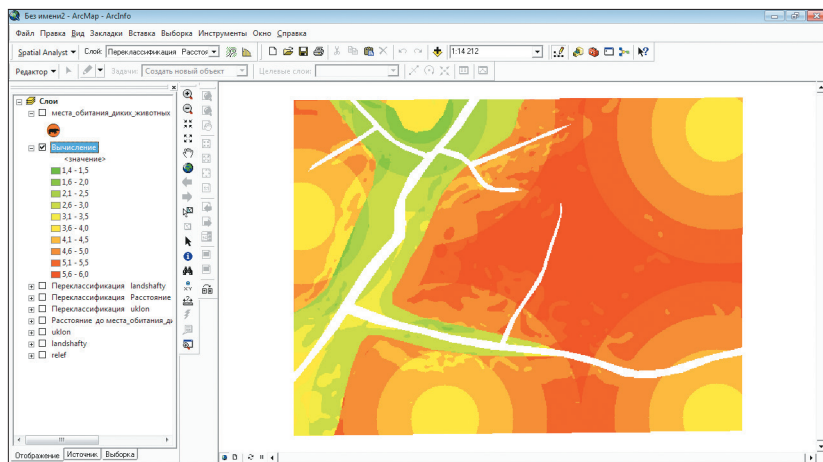


Рис. 6.16

**Шаг 5.** Используя GRID-пригодности («Вычисление»), выберите место для ночевки с палаткой. Участки с наибольшей пригодностью (стоимостью более 5,5 балла) наиболее безопасны и удобны.

Добавьте из папки исходных данных в проект шейп-файл *место отдыха.shp*. Начните редактирование (*Редактор* → *Начать редактирование*). С помощью инструмента *Скетч* создайте точку места отдыха

в пределах любой из областей пригодности стоимостью свыше 5,5 балла (рис. 6.17). После этого завершите сеанс редактирования (*Редактор* → *Завершить редактирование*), согласившись с сохранением изменений.

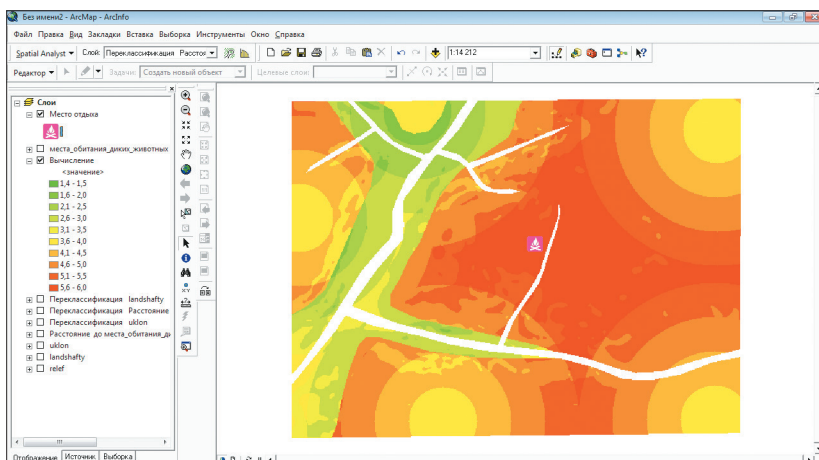


Рис. 6.17

**Шаг 6.** Рассчитайте с помощью ГИС кратчайший путь от существующих дорог к выбранному месту отдыха. Для этого предварительно необходимо создать набор данных стоимости перемещения, учитывая, что она уменьшается от водных объектов к лесам, лугам и дорогам. Также необходимо принять во внимание, что стоимость перемещения по крутым склонам выше, чем по пологим.

Добавьте в проект шейп-файл дорог из папки исходных данных (Дороги.shp).

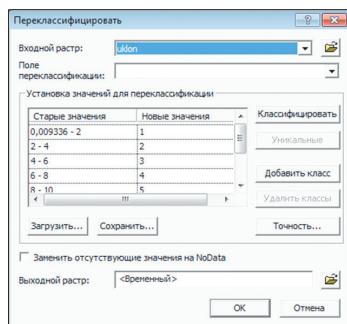


Рис. 6.18

Выполните переклассификацию уклона (*Spatial Analyst* → *Переклассификация*). Классифицируйте GRID-модель по методу равного интервала на 10 классов, нажав кнопку *Классифицировать*. Поскольку по умолчанию большие значения присваиваются более крутым склонам, вам не нужно менять новые значения (рис. 6.18).

Переклассифицируйте GRID-модель «landshafty». Задайте стоимость передвижения: водным объектам — 10, лесам — 6, лугам — 3, дорогам — 1 (рис. 6.19).

С помощью *Калькулятора растров* (*Spatial Analyst* → *Калькулятор растров*) создайте *суммарный GRID стоимости*. В диалоговом окне инструмента задайте выражение, назначив GRID-модели «Переклассификация 2 ukлон» коэффициент 0,6, «Переклассификация 2 landshafty» – 0,4 (рис. 6.20).

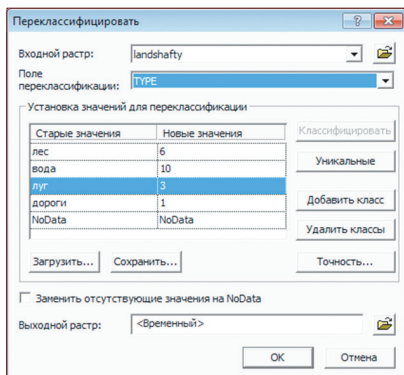


Рис. 6.19

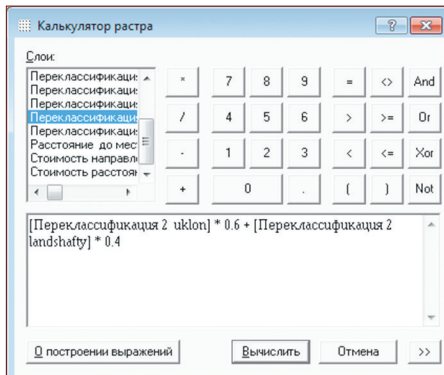


Рис. 6.20

Классифицируйте полученный набор данных («Вычисление 2») методом *Заданный интервал* через 1. Покажите результат оттенками одного цвета (рис. 6.21). Ячейки с низкими значениями соответствуют местности, где стоимость перемещения минимальна.

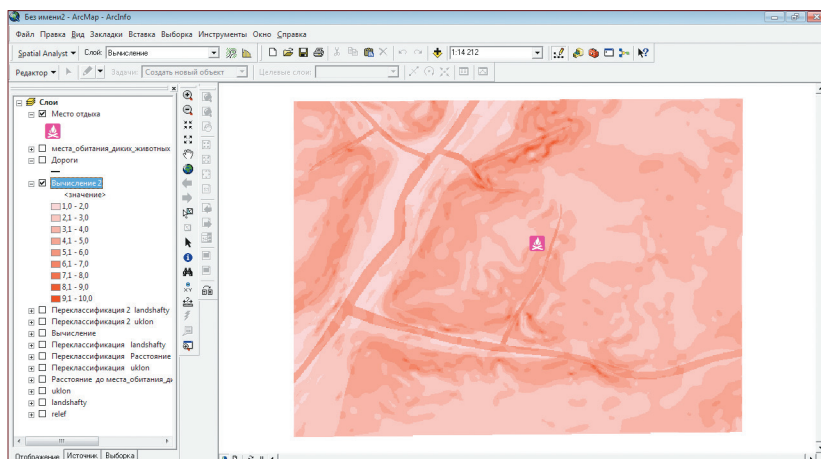


Рис. 6.21

**Шаг 7.** Вычислите расстояние с взвешенной стоимостью, используя созданный набор данных стоимости («Вычисление 2») и слой «Место отдыха». В меню *Spatial Analyst* из группы инструментов *Расстояние* выберите *Взвешенная стоимость* (рис. 6.22). В диалоговом окне инструмента укажите параметры: *Расстояние до* – «Место отдыха», *Растр стоимости* – «Вычисление 2». Поставьте галочку напротив опции *Создать направление* (рис. 6.23). Набор данных «Направление» нужен для поиска кратчайшего пути.

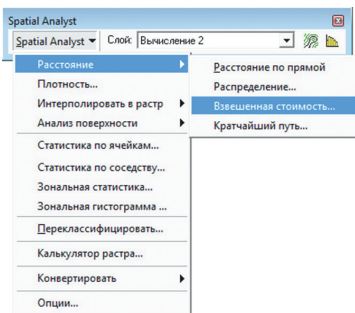


Рис. 6.22

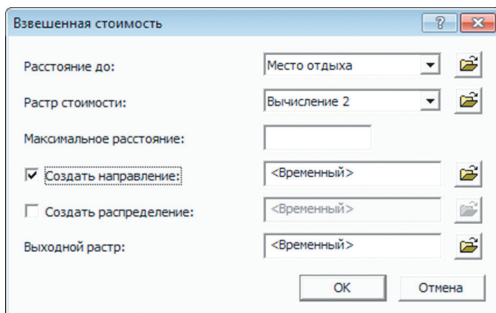


Рис. 6.23

В результате во фрейм данных будут добавлены наборы данных «Стоимость расстояния до Место отдыха» и «Стоимость направления до Место отдыха» (рис. 6.24).

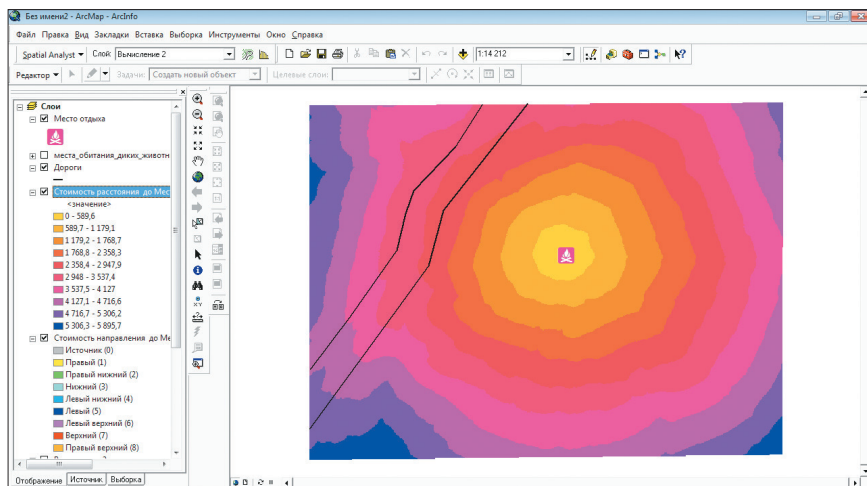


Рис. 6.24



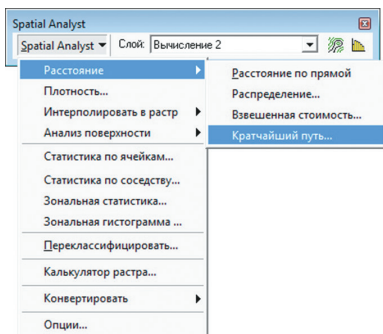


Рис. 6.25

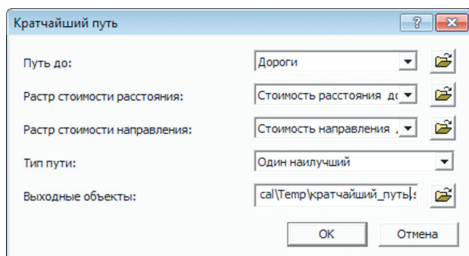


Рис. 6.26

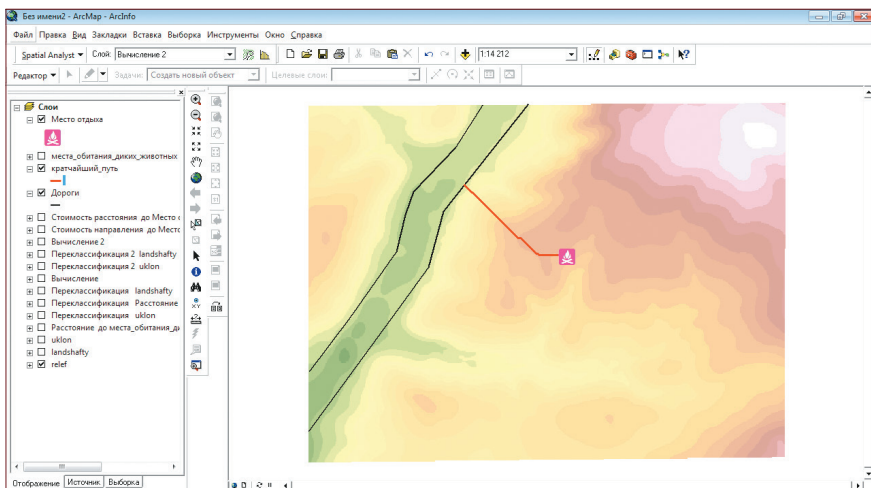


Рис. 6.27

**Шаг 8.** На основе полученных GRID-моделей расстояния со взвешенной стоимостью и направления постройте *кратчайший путь* от существующих дорог к месту отдыха. Из группы инструментов *Расстояние* меню *Spatial Analyst* вызовите диалоговое окно инструмента *Кратчайший путь* (рис. 6.25). Задайте параметры, как показано на рис. 6.26. Нажмите *ОК*. Кратчайший путь будет вычислен, результат добавлен во фрейм данных (рис. 6.27).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Назовите инструменты растрового ГИС-анализа, которыми вы пользовались в ходе работы.
2. Что такое переклассификация раstra и для чего она используется?
3. Перечислите основные шаги при поиске оптимального места для отдыха.
4. Что такое стоимостное расстояние и чем оно отличается от евклидова?
5. Какие исходные данные необходимы для вычисления оптимального пути?

## Лабораторная работа 7

### СОЗДАНИЕ TIN-МОДЕЛЕЙ И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритм создания 3D-моделей местности с помощью модуля 3D Analyst ГИС ArcGIS.

#### **Исходные данные:**

- шейп-файл, содержащий границу участка Ошмянского района (Boundary.shp);
- шейп-файл, содержащий набор высотных отметок участка Ошмянского района (Mass\_points.shp);
- шейп-файл железных дорог участка Ошмянского района (Railway.shp);
- шейп-файл насыпей и выемок, образованных при строительстве железной дороги (Brclines.shp);
- шейп-файл автомобильных дорог участка Ошмянского района (Road.shp);
- синтезированный космический снимок Landsat 7 ETM+ (satellite\_image.jpg).

#### **Ход выполнения лабораторной работы**

**Шаг 1.** Откройте ArcScene – специальное приложение программного комплекса ГИС ArcGIS, позволяющее выполнять 3D-моделирование (Пуск → ArcGIS → ArcScene). Добавьте в проект все данные из папки *Исходные данные/TIN*.

Активируйте модуль *3D Analyst*. Для этого зайдите в меню *Инструменты* → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль *3D Analyst*. В меню *Вид* → *Панели инструментов* выберите пункт *3D Analyst*. Панель инструментов модуля будет добавлена к текущим.

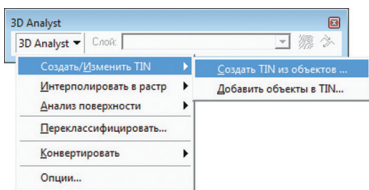


Рис. 7.1

На панели инструментов *3D Analyst* выберите команду *Создать/Изменить TIN* → *Создать TIN из объектов...* (рис. 7.1).

В окне *Создание TIN из пространственных объектов* (рис. 7.2) выберите входными данными слой «Mass\_points» и определите для него следующие параметры: *Источник высот* — атрибутивное поле «Высота», *Триангулировать как* — «3D точки». Выходной TIN сохраните в своей папке под именем «tin1».

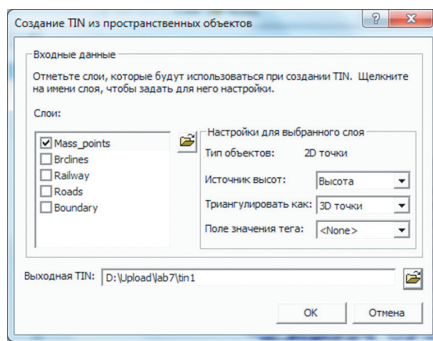


Рис. 7.2

После нажатия *OK* TIN-модель будет создана и добавлена во фрейм данных (рис. 7.3).

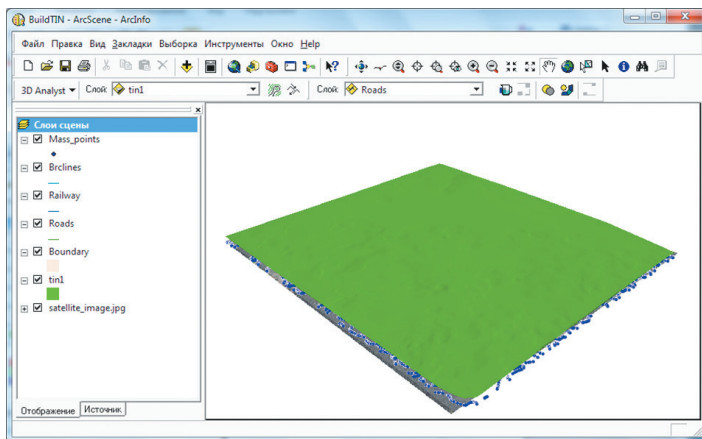


Рис. 7.3

**Шаг 2.** Добавьте к созданной TIN-модели ряд дополнительных элементов. Для этого выберите на панели инструментов *3D Analyst* команду *Создать/Изменить TIN* → *Добавить объекты к TIN...* (рис. 7.4).

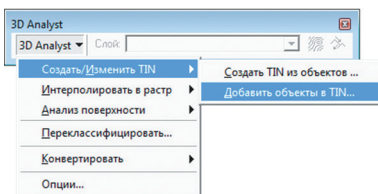


Рис. 7.4

В окне *Добавление пространственных объектов в TIN* в списке *Входная TIN* укажите «tin1». В разделе *Слои* поставьте галочку напротив слоя «Railway» (железные дороги) (рис. 7.5). В поле *Источник высот* из ниспадающего списка выберите «None», в поле *Триангулировать как* укажите «нерезкий перегиб». Отметьте флажком опцию *Сохраните изменения во входной TIN, указанной выше*.

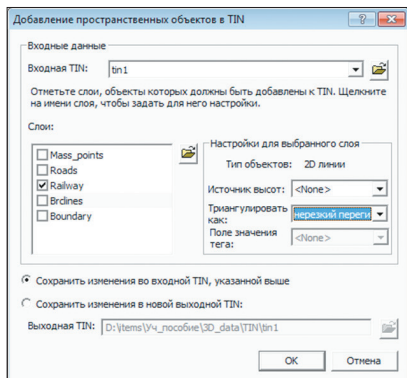


Рис. 7.5

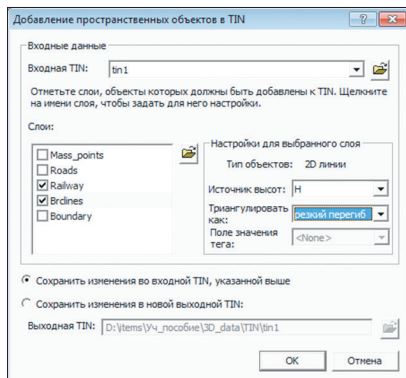


Рис. 7.6

В списке *Слои* поставьте галочку напротив слоя «Brcines» (насыпи и выемки, образованные при строительстве железной дороги). В поле *Источник высот* из ниспадающего списка выберите атрибутивное поле «Н», в поле *Триангулировать как* отметьте «резкий перегиб» (рис. 7.6).

В списке *Слои* поставьте галочку напротив слоя «Boundary» (граница района исследования). В поле *Источник высот* из ниспадающего списка выберите «None», в поле *Триангулировать как* укажите «нерезкое отсечение» (рис. 7.7). Нажмите *ОК*. К TIN-модели будут добавлены новые пространственные объекты.

Отключите визуализацию слоев «Mass\_points», «Boundary» и «Brcines». Символизируйте слой «Railway» следующим образом: *Цвет* — Black, *Ширина* — 2. Для слоя «Roads» установите параметры: *Цвет* — Poinsettia Red, *Ширина* — 1.

**Шаг 3.** Символизируйте TIN-модель. По умолчанию TIN отображается единым символом для каждой грани. Для изменения символизации зайдите в свойства слоя «tin1» (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Во вкладке *Символы* в разделе *Показывать* уберите галочку напротив пункта *Грани TIN-модели* (рис. 7.8).

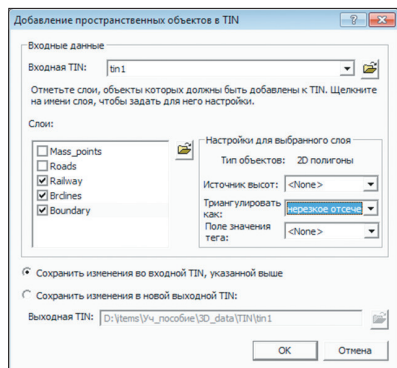


Рис. 7.7

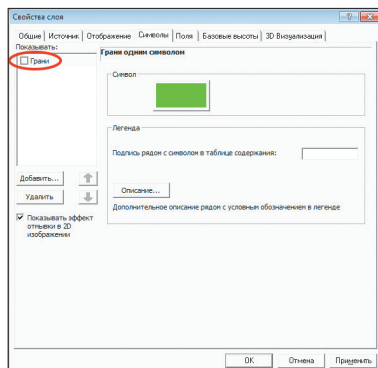


Рис. 7.8

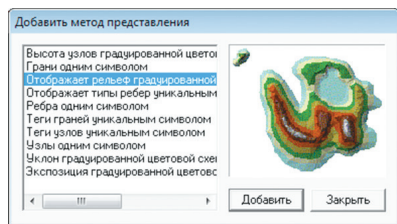


Рис. 7.9

Нажмите кнопку *Добавить*, что-бы открыть диалоговое окно *Добавить метод представления*. Выберите метод *Отображает рельеф градуированной цветовой схемой* (рис. 7.9).

Классифицируйте модель методом *Заданный интервал* через 5 м (рис. 7.10, 7.11). Подберите для TIN-модели по-

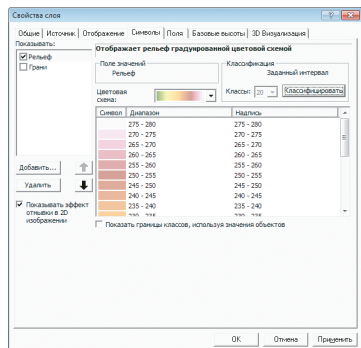


Рис. 7.10

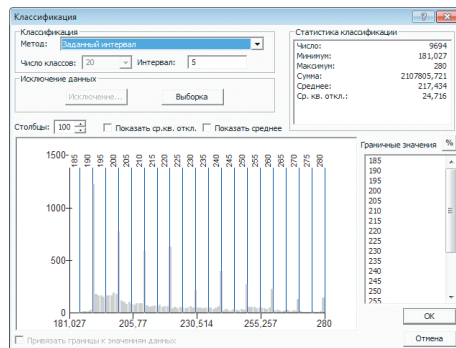


Рис. 7.11

направившуюся цветовую схему. Цвета всегда можно обратить, сделав клик правой кнопкой мыши по полю «Символ» и выбрав *Обратить символы*.

Из-за небольших перепадов высот трехмерность модели видна плохо. Для того чтобы увеличить рельефность изображения, необходимо изменить коэффициент вертикального масштабирования. В таблице содержания правой кнопкой мыши щелкните по строке *Слой сцены* и выберите пункт *Свойства сцены*. В открывшемся диалоговом окне напротив опции *Вертикальное преувеличение* наберите 7 (рис 7.12). Нажмите *ОК*.

Как видно, остальные слои оказались под «tin1» (рис. 7.13), но в то же время TIN-модель стала более рельефной (для уменьшения рельефности можно снова зайти в свойства сцены и изменить коэффициент вертикального преувеличения).

**Шаг 4.** Определите в качестве базовой высоты для векторных слоев сцены поверхность TIN-модели. Зайдите в свойства слоя «Roads»

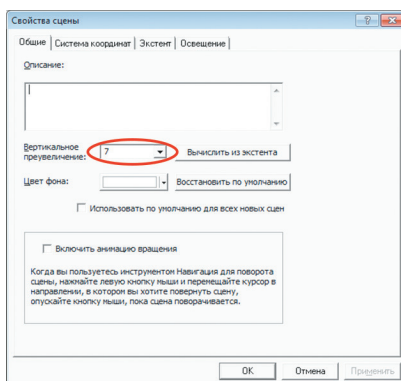


Рис. 7.12

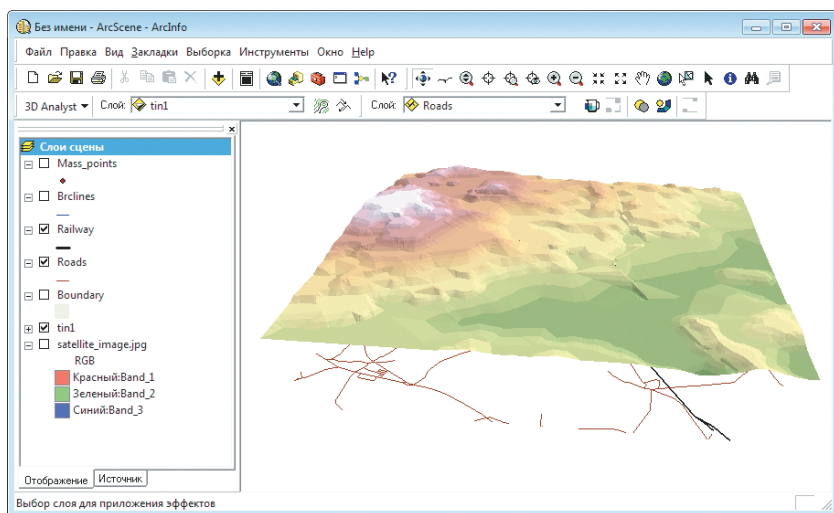


Рис. 7.13



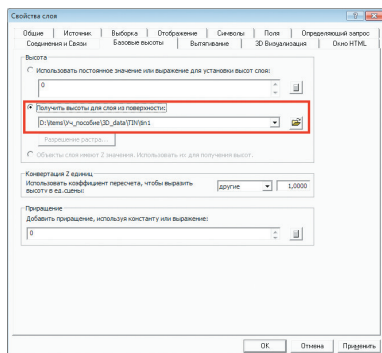


Рис. 7.14

(клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Во вкладке *Базовые высоты* включите опцию *Получить высоты для слоя из поверхности* (рис. 7.14). В качестве поверхности должна выступать созданная вами модель «tin1».

Такие же параметры базовых высот установите для слоя «Railway» (железные дороги) (рис. 7.15).

**Шаг 5.** Определите в качестве базовой высоты космоснимка `satellite_image.jpg` поверхность TIN-модели.

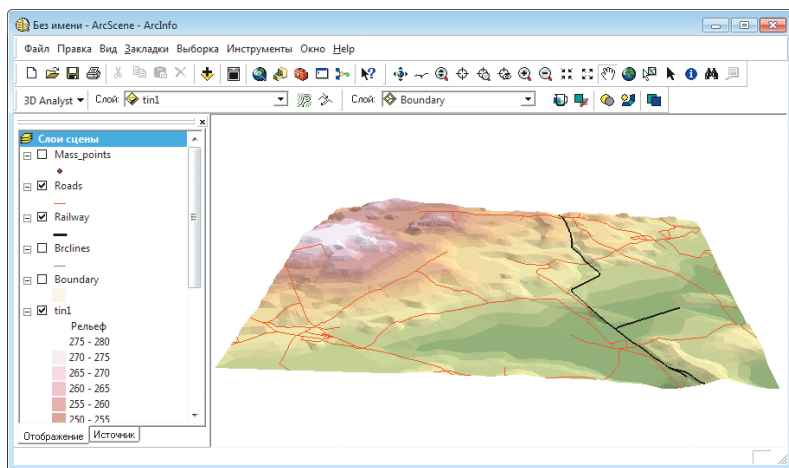


Рис. 7.15

Правой кнопкой мыши кликните по названию снимка и выберите *Свойства*. Во вкладке *Базовые высоты* включите опцию *Получить высоты для слоя из поверхности*. В качестве поверхности должна быть указана «tin1». Во вкладке *Отображение* наберите 30 в поле *Прозрачность* (рис. 7.16). Нажмите *ОК*.

Уменьшите приоритет отображения TIN-модели. Зайдите в *Свойства* слоя «tin1» (клик правой кнопкой мыши → *Свойства*). Во вкладке *3D Визуализация* напротив опции *Выбрать приоритет прорисовки объектов относительно других слоев* выберите максимальное значение — 10 (рис. 7.17). Нажмите *Применить*, затем *ОК* (рис. 7.18).

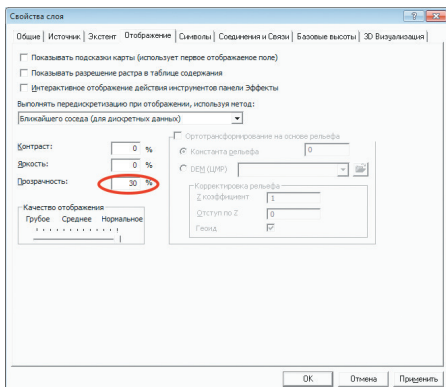


Рис. 7.16

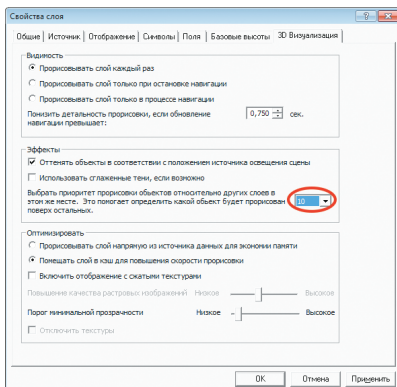


Рис. 7.17

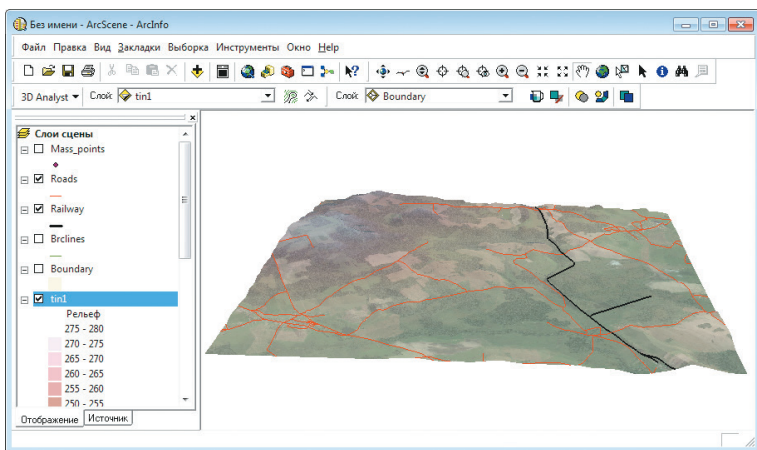


Рис. 7.18

**Шаг 6.** Контрольное задание. Создайте новый проект в ArcScene, сохраните его под именем «Геостанция» (Файл → Сохранить как...). Добавьте в проект все слои из папки Исходные данные\additional\_task. GRID-модель геостанции «Западная Березина» TopotoRaster.img классифицируйте по методу Заданный интервал через 1 м. Подберите подходящую цветовую схему. Во вкладке Базовые высоты свойств данного слоя включите опцию Получить высоты для слоя из поверхности. Напротив опции Использовать коэффициент пересчета, чтобы выразить высоту в единицах сцены наберите 10 (рис. 7.19). Данный параметр позволяет применить вертикальное масштабирование одного слоя.

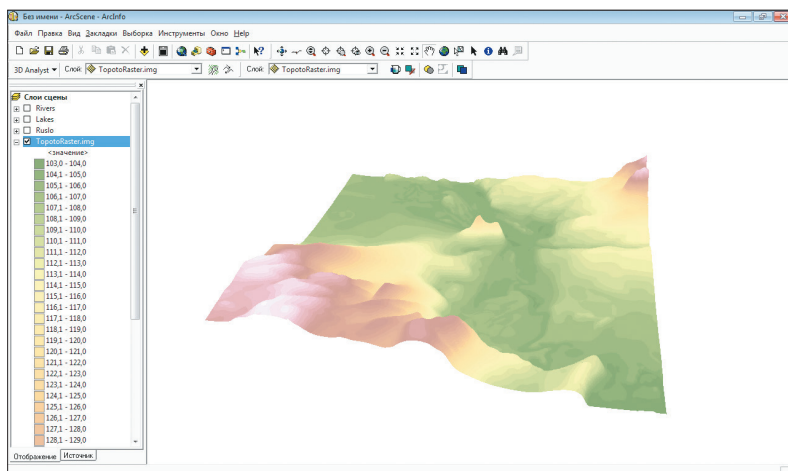


Рис. 7.19

Выполните символизацию и наложение слоев «Ruslo», «Lakes» и «Rivers» на GRID-модель TopotoRaster.img (рис. 7.20). Не забудьте изменить Z-коэффициент (*Свойства слоя* → *Базовые высоты*) на 10 для каждого слоя и включить опцию *Получить высоты для слоя из поверхности*. В качестве поверхности должна быть указана GRID-модель TopotoRaster.img.

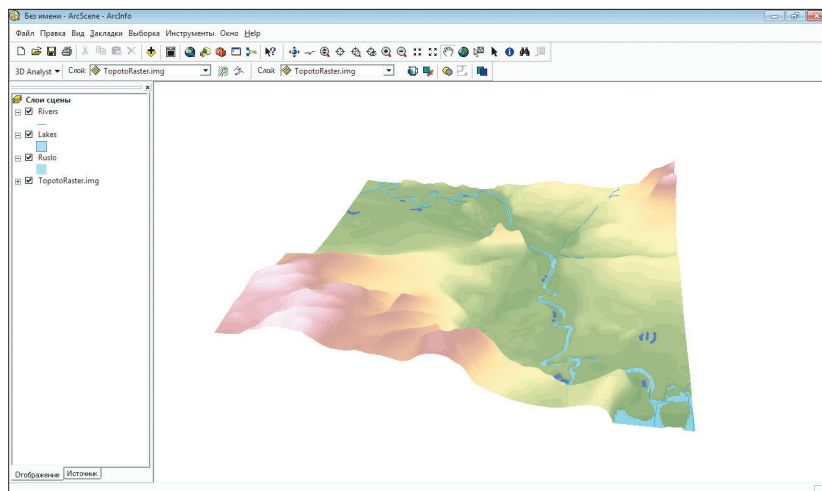


Рис. 7.20

Сохраните проект «Геостанция» (*Файл → Сохранить*). Закройте приложение ArcScene.


Откройте приложение ArcCatalog. В папке *Исходные данные\additional\_task\Топокарта* создайте новый шейп-файл *Building.shp* (клик правой кнопкой мыши по папке → *Новый → Шейп-файл*). Выберите для него в качестве типа геометрии точку, импортируйте систему координат, как у растра *topomap.jpg*. Создайте дополнительные поля «Тип» (текстовое) и «Этажность» (short integer).

Также создайте шейп-файл *Vegetation.shp* (тип геометрии – точка). Импортируйте для него систему координат, как у растра *topomap.jpg*. Создайте дополнительное поле «Тип» (текстовое).

Сформируйте шейп-файл *Roads.shp* (тип геометрии – линия). Импортируйте для него систему координат, как у растра *topomap.jpg*.

Закройте приложение ArcCatalog.

Откройте приложение ArcMap. Добавьте во фрейм данных растр *topomap.jpg* и шейп-файлы *Building.shp*, *Vegetation.shp* и *Roads.shp* из папки *Исходные данные\additional\_task\Топокарта*.

Начните сеанс редактирования (*Редактор → Начать редактирование*). Выбрав в качестве целевого на панели инструментов *Редактор* слой «Building» с помощью инструмента *Скетч* , создайте местоположения (центральные точки) всех строений в районе геостанции «Западная Березина» (рис. 7.21).

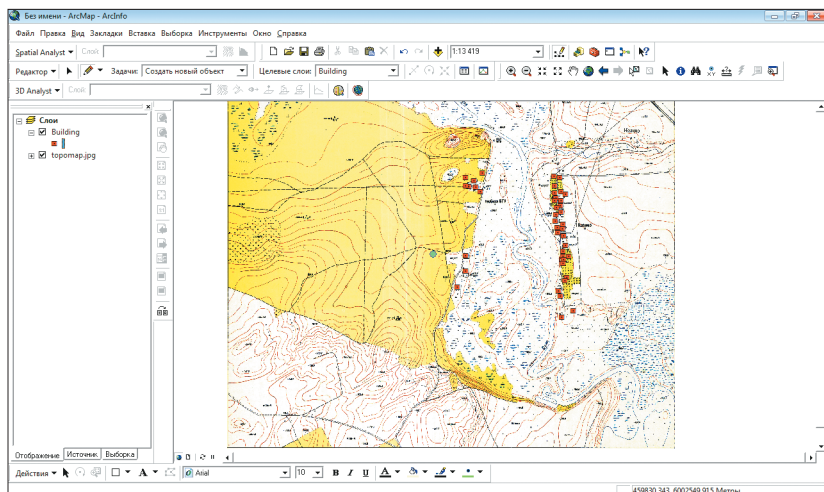




Рис. 7.21

В разделе *Выборка* (находится ниже таблицы содержания) установите «Building» слоем, доступным для выборки. Инструментом *Выбрать объекты*  выберите любой созданный точечный объект. Используя инструмент *Атрибуты*  на панели инструментов *Редактор*, в поле «Тип» укажите характер строения (например, столовая геостанции, общежитие геостанции, домики преподавателей, хутор, жилой дом в деревне и т. д.), а в поле «Этажность» — количество этажей здания. Для уточнения типа строения и этажности (будут в последующем использованы для подбора трехмерных символов) используйте сервис GoogleEarth (рис. 7.22, 7.23).

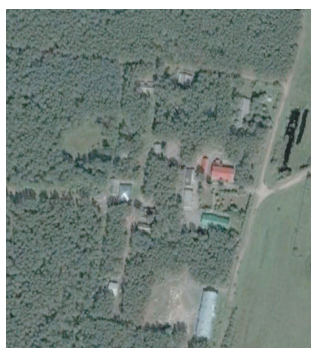


Рис. 7.22

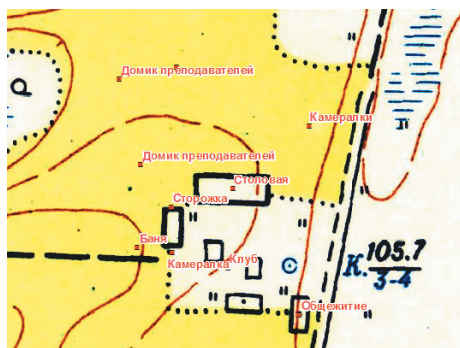






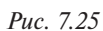
Рис. 7.23

На панели инструментов *Редактор* выберите целевым слой «Vegetation». С помощью инструмента *Скетч*  создайте местоположения (точки) отдельно стоящих деревьев, кустарников, а также растительности в пределах садов и лесных массивов.

В разделе *Выборка* (находится ниже таблицы содержания) установите доступным для выборки слой «Vegetation». Инструментом *Выбрать объекты*  выберите любой созданный точечный объект. Используя инструмент *Атрибуты*  на панели инструментов *Редактор*, в поле «Тип» определите характер растительности (кустарник, хвойное или широколистное растение и т. д.). Для уточнения характера растительности используйте сервис GoogleEarth.

На панели инструментов *Редактор* в качестве целевого выберите слой «Roads». С помощью инструмента *Скетч*  оцифруйте дорожную сеть района геостанции. После создания объектов завершите сеанс редактирования (*Редактор* → *Завершить редактирование*), согласившись с сохранением изменений. Закройте приложение ArcMap.

Для каждого слоя в его свойствах (*Свойства слоя* → *Базовые высоты*) измените Z-коэффициент на 10 и включите опцию *Получить высоты для*



слоя из поверхности. В качестве поверхности должно быть указано изображение *TopoToRaster.img*.

Символизируйте слой «Building» методом *Уникальные значения* по полю «Тип». Откройте выбор символа для строений любого типа. Используя кнопку *Другие символы*, добавьте дополнительные 3D-символы (рис. 7.24).

Для зданий каждого типа подберите соответствующий 3D-символ. При подборе символа используйте GoogleEarth, фотографии и собственные воспоминания о зданиях на геостанции (рис. 7.25).

Отобразите слой «Vegetation» методом *Уникальные значения* по полю «Тип». Для отдельно стоящих деревьев, кустарников, садов, деревьев в пределах лесных массивов подберите соответствующие 3D-символы.

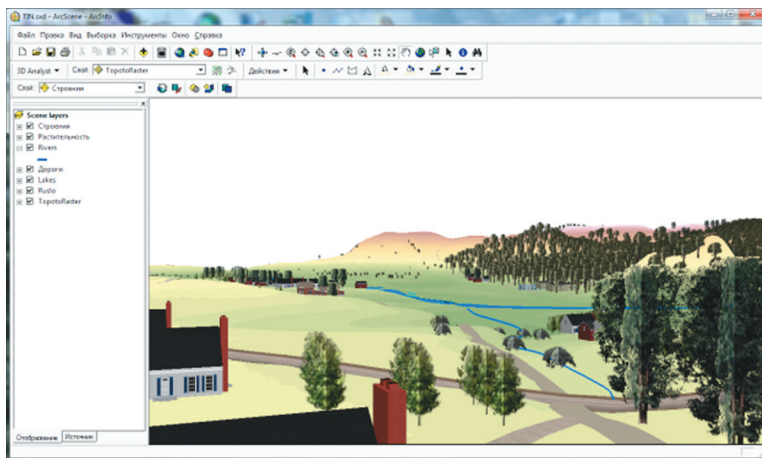


Рис. 7.26

Символизируйте слой дорог «Roads» по методу *Единый символ* (рис. 7.26).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что может быть источником данных для построения TIN-модели?
2. Определите основные сходства и различия TIN- и GRID-моделей представления пространственных данных в ГИС.
3. Перечислите основную последовательность шагов при создании 3D-модели местности в ArcGIS.
4. Приведите примеры практического использования трехмерных моделей местности.



## Лабораторная работа 8

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО ГИС-АНАЛИЗА ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ФОРМАНТОВ ОЙКОНИМОВ


**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритмы выполнения операций элементарного и расширенного пространственного ГИС-анализа при проведении формантного анализа ойконимов.

**Исходные данные:** БГД «Формантный анализ», содержащая в себе следующие классы пространственных объектов:

- «Населенные\_пункты» — точечный класс населенных пунктов Беларуси;
- «Районы» — полигональный класс районов Беларуси.

#### Ход выполнения лабораторной работы

**Шаг 1.** Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект «Топонимика». Для этого используйте опцию *Сохранить как...* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

**Шаг 2.** Добавьте в проект все классы пространственных объектов БГД «Формантный анализ» («Населенные\_пункты», «Районы»), воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* .

**Шаг 3.** Откройте атрибутивную таблицу слоя «Районы» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Открыть таблицу атрибутов*). Нажмите кнопку *Опции* и выберите инструмент *Выбрать по атрибуту...* (рис. 8.1). В открывшемся окне *Выбрать по атрибутам* сформируйте SQL-запрос: [Район] = 'Вороновский'. Для этого выполните следующую последовательность: двойной клик мышью по полю атрибутивной таблицы «Район», затем по оператору «=» и значению «Вороновский» (используйте кнопку *Получить значения*) (рис. 8.2). После этого нажмите кнопку *Применить*. В результате SQL-запроса полигон Вороновского района Гродненской области будет выбран.



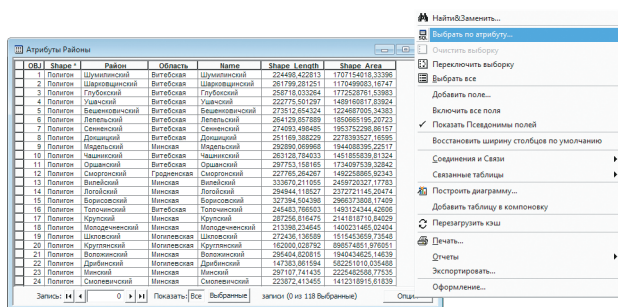


Рис. 8.1

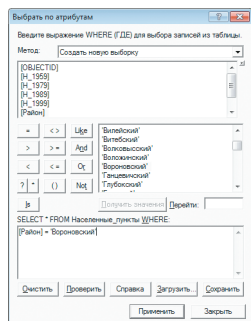



Рис. 8.2

**Шаг 4.** Экспортируйте полигон Вороновского района из слоя «Районы» в отдельный класс пространственных объектов БГД «Формантный анализ». Для этого закройте атрибутивную таблицу слоя (обратите внимание, что выбранный по атрибутам объект остается выделенным). Осуществите экспорт выбранных данных путем клика правой кнопкой мыши по слою «Районы», затем выберите *Данные* → *Экспорт данных*. Сохраните новый класс пространственных объектов под именем «Вороновский район» в набор классов пространственных объектов «Слои» БГД «Формантный анализ». Согласитесь добавить экспортированные данные в проект. Также снимите выборку объектов слоя «Районы» в меню *Выборка* → *Очистить выбранные объекты*.

Отключите визуализацию слоя «Районы» (уберите галочку для этого слоя в таблице содержания).

**Шаг 4.** Выполните вырезание населенных пунктов Беларуси по границе Вороновского района. Для этого откройте окно *Arc Toolbox* , найдите инструмент *Вырезание (Анализ* → *Извлечение* → *Вырезание*). В окне инструмента (рис. 8.3) в разделе *Входные объекты* выберите слой «Населенные пункты», в разделе *Вырезающие объекты* – слой «Вороновский район». Выходной класс объектов сохраните под именем «Поселения Вороновский район» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Формантный анализ». После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой.

Отключите визуализацию слоя «Населенные пункты» (уберите галочку для этого слоя в таблице содержания).

Приблизьте экстенд проекта к слою «Вороновский район» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Приблизить к слою*).

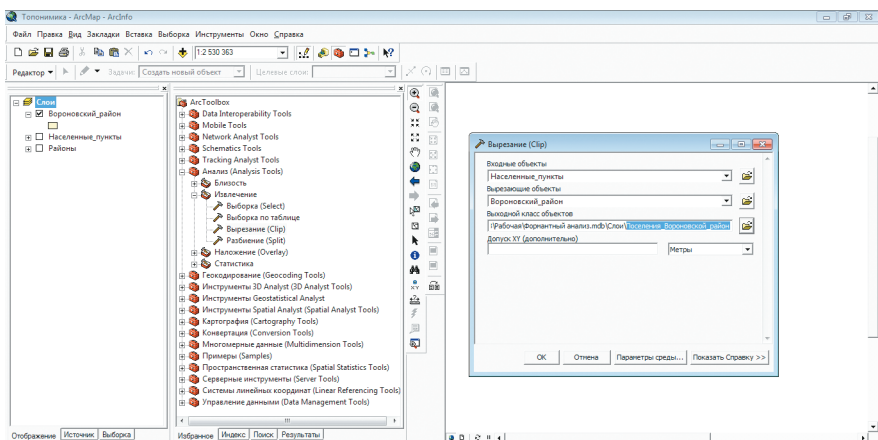


Рис. 8.3

**Шаг 5.** Выполните символизацию слоя «Вороновский\_район». Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него следующие параметры: *Цвет заливки* — светло-желтый, *Цвет контура* — черный, *Ширина контура* — 1.

Аналогично подберите символизацию по методу *Единый символ* для слоя «Поселения\_Вороновский\_район». Выберите для него следующие параметры: *Символ* «Circle 2», *Цвет* — красный, *Размер* — 5.

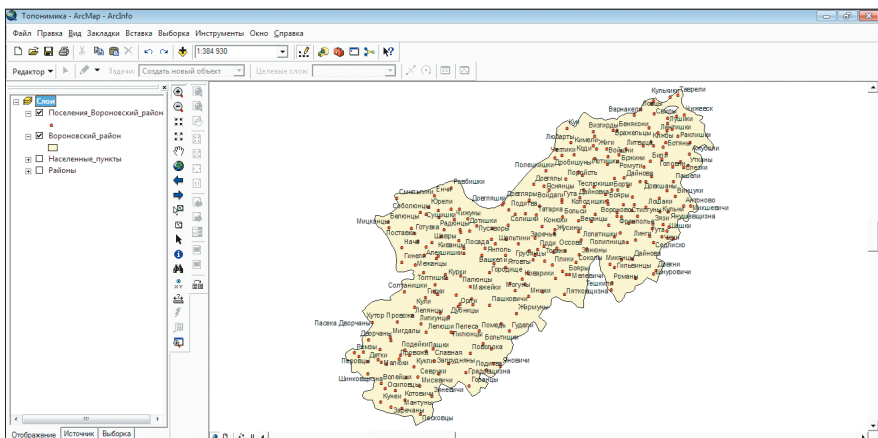


Рис. 8.4

Создайте надписи объектов слоя «Поселения\_Вороновский\_район». В *Свойствах* слоя в закладке *Надписи* отметьте галочкой опцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «Название» и символизируйте надписи: *Шрифт* – Arial, *Размер* – 8, *Цвет* – черный (рис. 8.4).

**Шаг 6.** Выполните формантный анализ ойконимов Вороновского района. Следует напомнить, что ойконимы являются одним из топонимических классов, который объединяет в себе названия населенных пунктов. Формантный анализ представляет собой один из лингвистических методов топонимических исследований, базирующийся на изучении массово повторяющихся конечных элементов названий (суффиксов, окончаний), и позволяет с определенной степенью достоверности судить о времени появления топонимов, их лингвистической и этнической принадлежности. В таблице представлены наиболее характерные форманты ойконимов Беларуси. В результате ГИС-анализа необходимо сгруппировать все ойконимы Вороновского района по формантным группам и их происхождению.

#### Характерные группы формантов ойконимов Беларуси

Форманты славянского происхождения		
-ичи, -ычи, -чи	-ка, -вка, -вки	-ск, -цк
-еж	-ль, -вль, -ля	-ско, -цко, -ское, -цкое
-ец	-ов, -ев, -ова, -ева, -ово, -ево, -овы, -евы	-ха
-ея	-омль, -мль	-щина, -щизна
-ин, -ина, -ино, -ины	-ры	-ье
-ицы, -ица, -цы	-ский	-яне, -ане
-ище	-сады, -сяды	
Форманты балтийского происхождения		
-ава	-еке	-ники*
-аны*, -яны*, -ены	-ите	-ти
-ата, -ята, -ета	-ишки, -шки*	-уны, -юны
-ать, -еть, -оть*	-ли	-упе
-ауна	-ло, -ля, -лы*	-шикис
-ги	-ненты	
-ель, -ели, -эли, -оля	-ни*, -ини	

*\*Возможно смешанное либо чисто славянское происхождение ойконимов.*

Откройте атрибутивную таблицу слоя «Поселения\_Вороновский\_район» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Открыть таблицу атрибутов*). Нажмите кнопку *Опции* и выберите инструмент *Добавить поле*. В окне *Добавить поле* задайте опции: *Имя* – «Формант», *Тип* – Text. Аналогичным образом создайте новое поле «Происхождение» (тип – Text).

Начните сеанс редактирования (*Редактор* → *Начать редактирование*). В таблице атрибутов слоя «Поселения\_Вороновский\_район» нажмите кнопку *Опции* и выберите инструмент *Выбрать по атрибуту*. В открывшемся окне *Выбрать по атрибутам* сформируйте SQL-запрос [Название] LIKE «\*ичи». Для этого выполните следующие действия: двойной клик мышью по полю атрибутивной таблицы «Название», затем по оператору «Like» и с использованием клавиатуры набрать «\*ичи» (первый формант группы «-ичи, -ычи, -чи» в таблице). Символ «\*» здесь означает любое количество произвольных букв перед формантом (рис. 8.5). После формирования SQL-запроса нажмите кнопку *Применить*. В результате населенные пункты, содержащие обозначенный формант, будут выбраны. Для их просмотра нажмите кнопку *Выбранные*, расположенную в нижней части таблицы атрибутов.

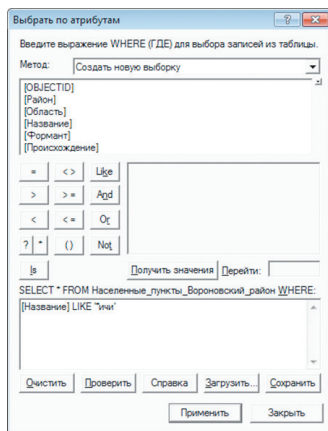



Рис. 8.5

Откройте инструмент *Атрибуты*  на панели инструментов *Редактор*. В появившемся окне нажмите на группу значений «Поселения\_Вороновский\_район» (расположена в левой части окна), затем – на пустую строку, расположенную в столбце «Значения» напротив поля «Формант» в правой части окна. Введите название группы формантов «-ичи, -ычи, -чи», к которой относится данная выборка (рис. 8.6).

В пустой строке, расположенной в столбце «Значения», напротив поля «Происхождение» введите происхождение группы формантов – «славянское». После этого нажмите кнопку *Все*, расположенную в нижней части таблицы атрибутов.

Аналогичным образом сформируйте SQL-запросы по выборке формантов «-ычи» и «-чи», входящих в данную группу. В случае их обнаружения с помощью окна *Атрибуты* задайте для данных векторов название формантной группы и их происхождение.

По обозначенному алгоритму проверьте в атрибутах слоя «Поселения\_Вороновский\_район» наличие всех формантов согласно таблице.

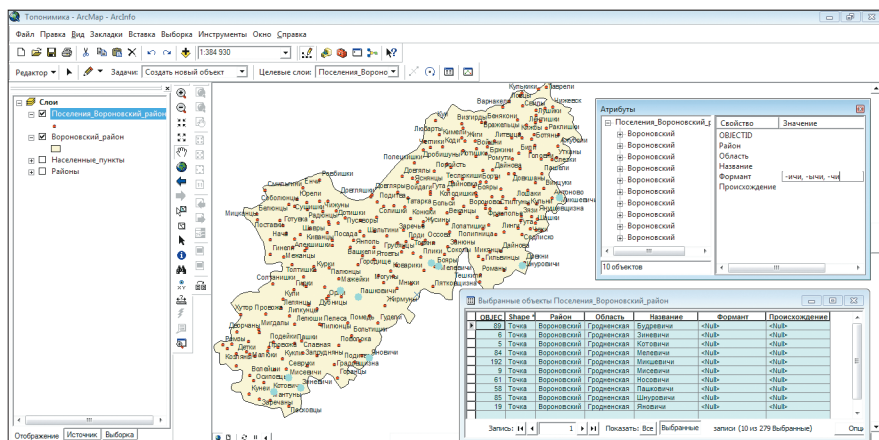



Рис. 8.6

В случае их нахождения заполните поля «Формант» и «Происхождение». При вероятности смешанного либо чисто славянского происхождения формантов, отнесенных к классу балтийского происхождения, следует выполнить ручной контроль каждого названия выборки в окне *Атрибуты*.

Ойконимы, в которых формант не выявлен, следует закодировать значением «нет форманта» в поле «Формант». В поле «Происхождение» данных населенных пунктов следует самостоятельно экспертным путем установить их происхождение.

**Шаг 7.** Выполните символизацию слоя «Поселения\_Вороновский\_район» по методу уникальных значений. Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Категории: Уникальные значения*. В качестве поля значений обозначьте «Формант». После этого нажмите кнопку *Добавить все*. В результате символизации по методу уникальных значений будут добавлены все группы формантов. Подберите символы разных цветов, но одной формы: треугольник — для групп славянского происхождения, круг — для групп балтийского происхождения, квадрат — для названий, формант которых не установлен (рис. 8.7).

**Шаг 8.** Создайте формантные ареалы Вороновского района путем построения полигонов Тиссена. Для этого откройте окно *ArcToolbox* , найдите инструмент *Создать полигоны Тиссена* (*Анализ* → *Близость* → *Создать полигоны Тиссена*). В окне инструмента (рис. 8.8) в списке *Входные объекты* выберите слой «Поселения\_Вороновский\_район», *Выходной*

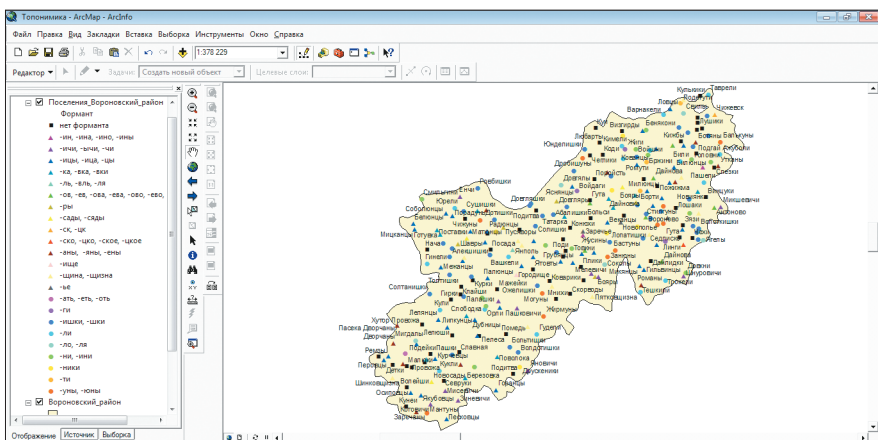


Рис. 8.7

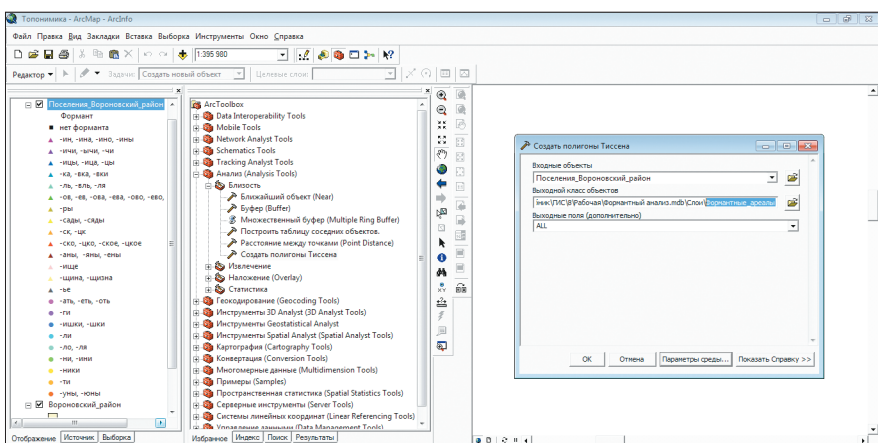



Рис. 8.8

класс объектов сохраните под именем «Формантные\_ареалы» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Формантный анализ», в качестве выходных полей установите опцию *All*. После этого нажмите кнопку *Параметры среды*. В окне *Параметры среды* в разделе *Общие параметры* выберите в подразделе *Экстенит* опцию *Как у слоя Вороновский\_район*. После необходимых расчетов программа добавит в проект слой формантных ареалов.

**Шаг 9.** Выполните вырезание формантных ареалов по границе Вороновского района. Для этого откройте окно *ArcToolbox* , найдите инструмент *Вырезание* (*Анализ* → *Извлечение* → *Вырезание*). В окне инструмента в поле «Входные объекты» выберите слой «Формантные\_ареалы», в поле «Вырезающие объекты» — слой «Вороновский\_район». Выходной класс объектов сохраните под именем «Формантные\_ареалы\_вырезание» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Формантный анализ». После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой.

Удалите слой «Формантные\_ареалы» из проекта (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Удалить*).

**Шаг 10.** Выполните символизацию слоя «Формантные\_ареалы\_вырезание» по методу уникальных значений. Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Категории: Уникальные значения*. В качестве поля значений обозначьте «Происхождение». После этого нажмите кнопку *Добавить все*. В результате символизации по методу уникальных значений будут добавлены все варианты происхождения ойконимов. Подберите для ареалов славянского происхождения светло-зеленую заливку без контура, для ареалов балтийского происхождения — голубую заливку без контура, для ареалов смешанного происхождения — комплексную двухцветную заливку без контура (рис. 8.9).

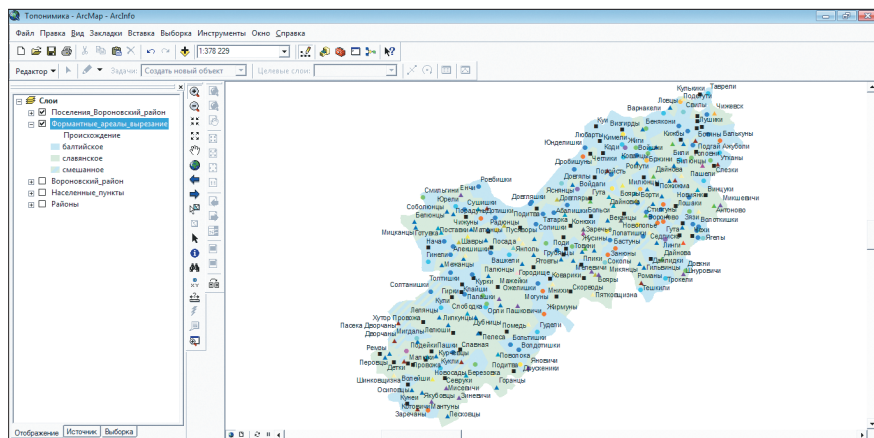


Рис. 8.9

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Перечислите основную последовательность шагов по выполнению формантного ГИС-анализа ойконимов в среде ArcGIS.
2. Какие операции элементарного пространственного ГИС-анализа были применены при выполнении задания?
3. Перечислите операции расширенного пространственного ГИС-анализа, использованные при выполнении задания.
4. В каких отраслях наук о Земле и для каких целей применим способ построения полигонов Тиссена?
5. Какие типы оверлейных операций были использованы при выполнении задания?



## **Лабораторная работа 9**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО ГИС-АНАЛИЗА ПРИ ПОИСКЕ МЕСТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СТАНЦИИ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритмы выполнения операций элементарного и расширенного пространственного ГИС-анализа, пространственной статистики при поиске места для строительства в городской среде станции очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

**Исходные данные:** БГД «Воложин», содержащая в себе следующие классы пространственных объектов: «Граница\_города», «Земельные\_участки», «ЛЭП», «Реки», «Рекреационно\_ландшафтные\_зоны», «Узлы\_сети\_сброса\_сточных\_вод», «Улично\_дорожная\_сеть».

#### **Ход выполнения лабораторной работы**

При выполнении лабораторной работы в качестве критериев для выбора местоположения земельного участка под новое строительство предлагается использовать следующие:


- 1) в зоне не более 250 м от объектов гидрографии (для оптимизации стоимости трубопровода для сброса очищенных вод);
- 2) в зоне не более 50 м от линий электропередач (для оптимизации стоимости подключения станции к электрической сети);
- 3) не менее 10 м от жилой застройки, общественных центров и рекреационно-ландшафтной зоны (для минимизации неудобств для юридических и физических лиц);
- 4) на свободном, не имеющем землевладельца участке (для оптимизации стоимости его покупки);

5) в зоне до 10 м от существующей дороги (для оптимизации транспортности станции);

6) в зоне до 250 м от узлов сети сброса сточных вод (для оптимизации стоимости трубопровода для подвода хозяйственно-бытовых сточных вод);

7) площадь должна составлять не менее 2500 м<sup>2</sup> (для обеспечения пространственным базисом технологического процесса функционирования станции).

**Шаг 1.** Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект «Станция очистки сточных вод». Для этого используйте опцию *Сохранить как...* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

**Шаг 2.** Добавьте в проект все классы пространственных объектов БГД «Воложин» («Граница\_города», «Земельные\_участки», «ЛЭП», «Реки», «Рекреационно\_ландшафтные\_зоны», «Узлы\_сети\_сброса\_сточных\_вод», «Улично\_дорожная\_сеть»), воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* .

**Шаг 3.** Выполните символизацию слоя «Граница\_города». Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него следующие параметры: *Цвет заполнения* — нет, *Цвет контура* — черный, *Ширина контура* — 1,5.

Аналогично подберите символизацию по методу *Единый символ* для остальных слоев: для слоя «ЛЭП» линию коричневого цвета шириной 0,5; для слоя «Реки» — линию синего цвета шириной 1,5; для слоя «Рекреационно\_ландшафтные\_зоны» — полигон с зеленым цветом заполнения и шириной контура 0; для слоя «Узлы\_сети\_сброса\_сточных\_вод» — точку типа Circle 2 красного цвета с размером 6; для слоя «Улично\_дорожная\_сеть» — полигон с оранжевым цветом заполнения и шириной контура 0.

Для слоя «Земельные участки» выберите символизацию по методу *Категории: Уникальные значения*. В качестве поля значений обозначьте «Тип». После этого нажмите кнопку *Добавить все*. Подберите для участков, входящих в зону жилой застройки, светло-желтый цвет, для участков зоны общественных центров — светло-розовый, для участков, включенных в производственные и коммунально-складские зоны, — светло-коричневый, свободных участков — лиловый (рис. 9.1).

**Шаг 4.** Выявите территории, отвечающие первому и второму наменным критериям (расположение участка нового строительства в зоне не более 250 м от объектов гидрографии и в зоне не более 50 м от линий электропередач).

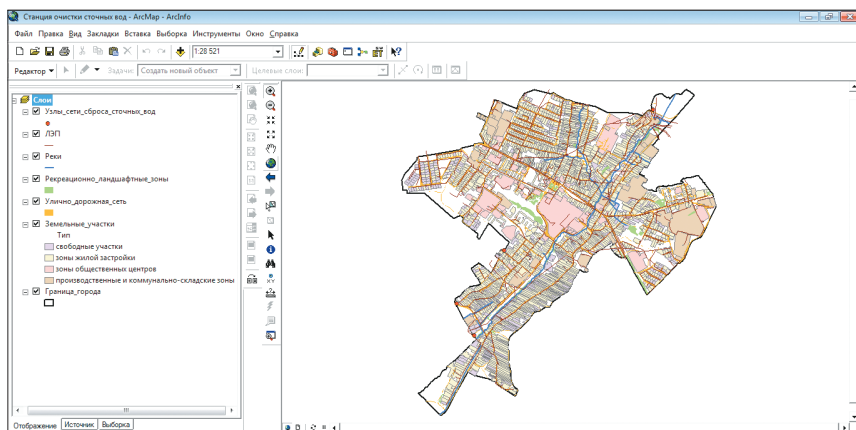


Рис. 9.1

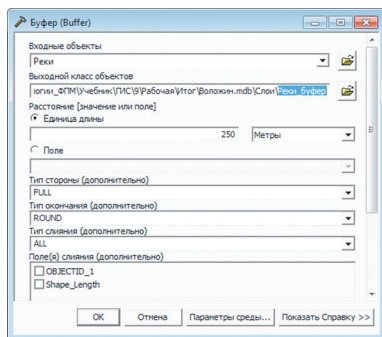




Рис. 9.2

Откройте окно *ArcToolbox* , найдите инструмент *Буфер* (*Анализ* → *Близость* → *Буфер*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите слой «Реки», выходной класс объектов сохраните под именем «Реки\_буфер» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Воложин». Остальные параметры обозначьте аналогично рис. 9.2. После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой.

Вырежьте созданный слой «Реки\_буфер» по границе города. Для этого в окне *ArcToolbox* , найдите инструмент *Вырезание* (*Анализ* → *Извлечение* → *Вырезание*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите слой «Реки\_буфер», в разделе *Вырезающие объекты* – слой «Граница города». Выходной класс объектов сохраните под именем «Реки\_буфер\_вырезание» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Воложин». После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой (рис. 9.3). Слой «Реки\_буфер» следует удалить из проекта (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Удалить*).

Аналогичным образом постройте буферную зону в 50 м от объектов слоя «ЛЭП» (слой «ЛЭП\_буфер»). Произведите вырезание слоя «ЛЭП\_бу-

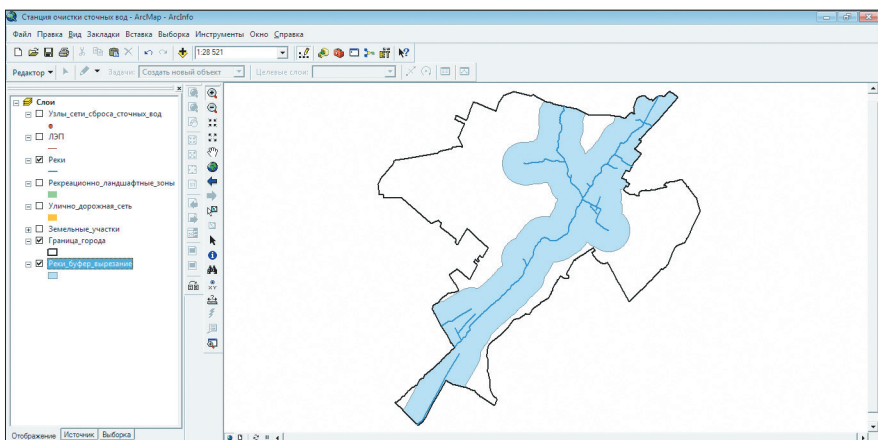


Рис. 9.3

фер» по слою «Границы\_города». Результат сохраните под именем «ЛЭП\_буфер\_вырезание» (рис. 9.4). Слои «ЛЭП\_буфер» удалите из проекта.

Выполните наложение 250-метровой зоны объектов гидрографии и 50-метровой зоны ЛЭП. В окне *ArcToolbox* найдите инструмент *Пересечение* (*Анализ* → *Наложение* → *Пересечение*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите слои «Реки\_буфер\_вырезание» и «ЛЭП\_буфер\_вырезание». Выходной класс объектов сохраните под именем «Реки\_и\_ЛЭП\_буфер» в наборе классов пространственных объектов

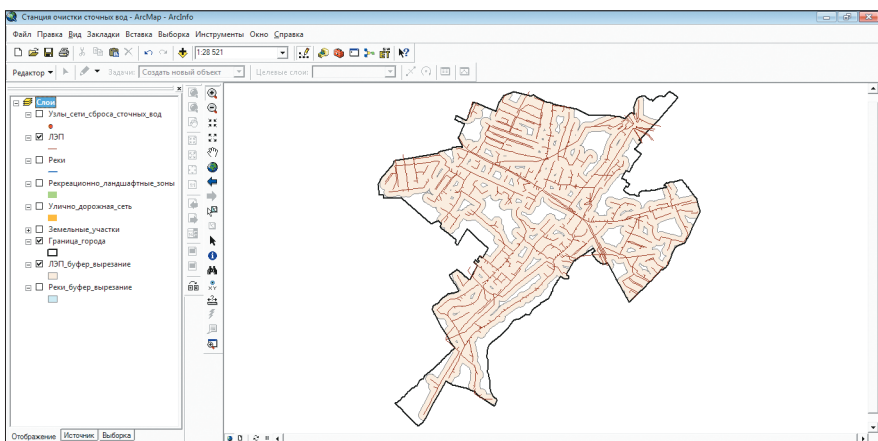


Рис. 9.4

«Слои» БГД «Воложин». После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой (рис. 9.5). Слой «Реки\_буфер\_вырезание» и «ЛЭП\_буфер\_вырезание» удалите из проекта.

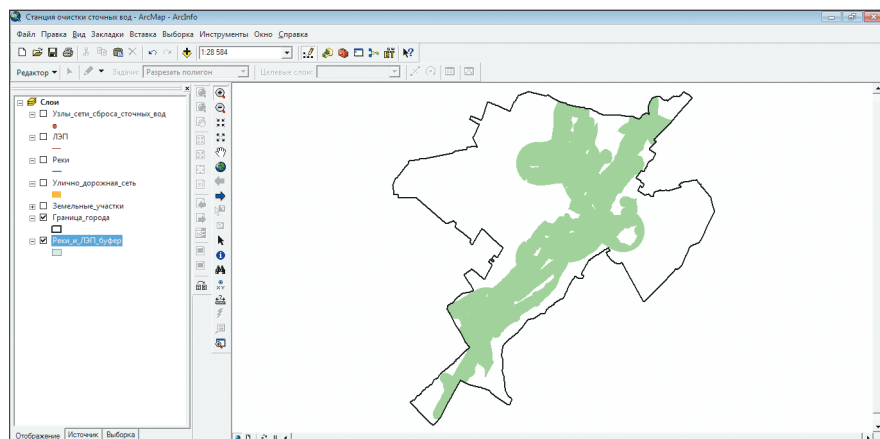




Рис. 9.5

**Шаг 5.** Выявите территории, не отвечающие третьему критерию (расположение участка нового строительства в зоне не менее 10 м от жилой застройки, общественных центров и объектов рекреационно-ландшафтного назначения).

В окне *ArcToolbox*  найдите инструмент *Буфер* (*Анализ* → *Близость* → *Буфер*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите слой «Рекреационно\_ландшафтные\_зоны», выходной класс объектов сохраните под именем «Рекреация\_буфер» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Воложин». Задайте параметры: *Расстояние* – 10 м, *Тип слияния* – *All*. После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой.

Выполните вырезание созданного слоя «Рекреация\_буфер» по границе города. В окне *ArcToolbox*  выберите инструмент *Вырезание* (*Анализ* → *Извлечение* → *Вырезание*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите слой «Рекреация\_буфер», в разделе *Вырезающие объекты* – слой «Граница\_города». Выходной класс объектов сохраните под именем «Рекреация\_буфер\_вырезание» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Воложин». После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой (рис. 9.6). Слой «Рекреация\_буфер» удалите из проекта (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Удалить*).



Закройте таблицу слоя «Земельные\_участки» (обратите внимание, что выбранные объекты остались выделенными). Постройте буферную зону в 10 м от выделенных объектов зоны жилой застройки (слой «Жилая\_застройка\_буфер»). Произведите вырезание слоя «Жилая\_застройка\_буфер» по слою «Границы\_города». Результат сохраните под именем «Жилая\_застройка\_буфер\_вырезание» (рис. 9.9). Слой «Жилая\_застройка\_буфер» удалите из проекта. Снимите выборку объектов в меню *Выборка* → *Очистить выбранные объекты*.

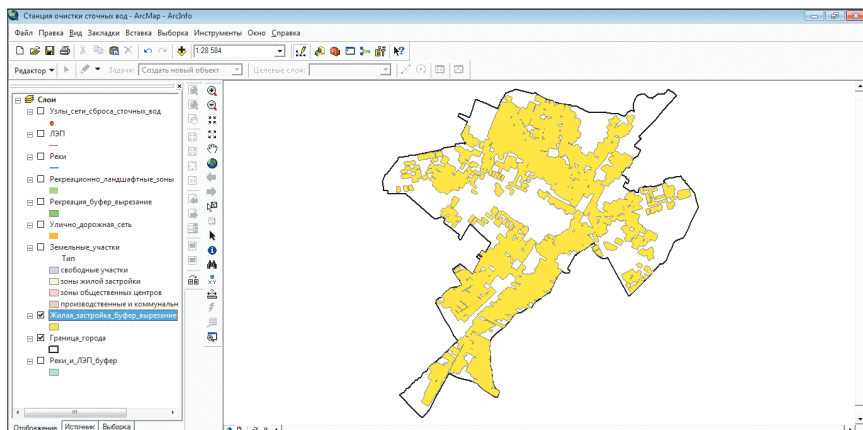



Рис. 9.9

Из таблицы атрибутов слоя «Земельные\_участки» с помощью инструмента *Выбрать по атрибуту...* выберите объекты, относящиеся к зоне общественных центров. Постройте буферную зону в 10 м от выделенных участков (слой «Общественные\_центры\_буфер»). Произведите вырезание слоя «Общественные\_центры\_буфер» по слою «Границы\_города». Результат сохраните под именем «Общественные\_центры\_буфер\_вырезание» в БГД «Воложин» (рис. 9.10). Слой «Общественные\_центры\_буфер» удалите из проекта. Снимите выборку объектов в меню *Выборка* → *Очистить выбранные объекты*.

Произведите объединение 10-метровых буферных зон от жилой застройки, общественных центров и объектов рекреационно-ландшафтного назначения. Для этого откройте окно *Arc Toolbox* , найдите инструмент *Объединение* (*Анализ* → *Наложение* → *Объединение*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите слои «Рекреация\_буфер\_вырезание», «Жилая\_застройка\_буфер\_вырезание» и «Общественные\_центры\_буфер\_вырезание». Выходной класс объектов сохраните под именем «Ре-

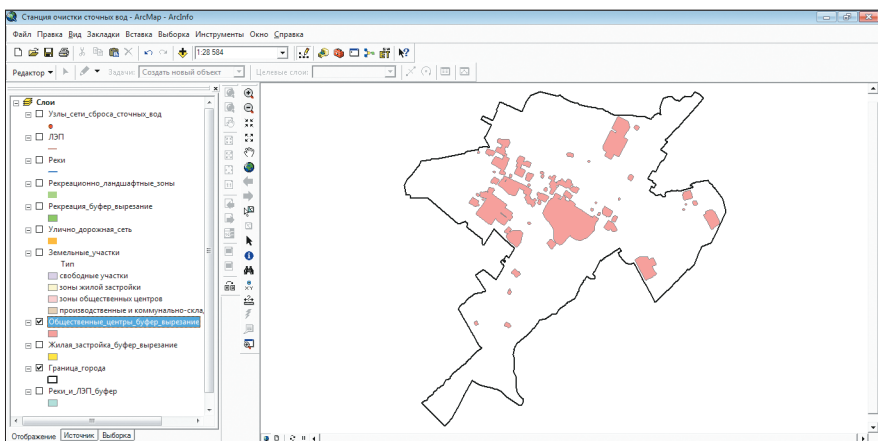


Рис. 9.10

креация\_застройка\_центры\_буфер» в наборе классов пространственных объектов «Слой» БГД «Воложин». После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой (рис. 9.11).

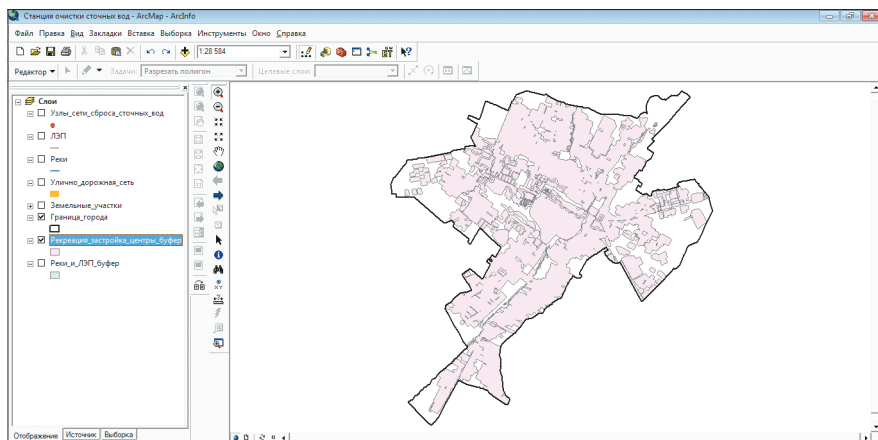



Рис. 9.11

Удалите из проекта слои «Рекреация\_буфер\_вырезание», «Жилая застройка\_буфер\_вырезание» и «Общественные\_центры\_буфер\_вырезание».

**Шаг 6.** Выявите земельные участки, отвечающие четвертому критерию (на свободном, не имеющем землевладельца участке). Для этого



в окне *ArcToolbox*  найдите инструмент *Выборка* (*Анализ* → *Извлечение* → *Выборка*). В окне инструмента в разделе *Входные объекты* выберите слой «Земельные\_участки». Выходной класс объектов сохраните под именем «Свободные\_участки» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Воложин». Нажмите кнопку *SQL* и создайте следующее выражение: [Тип] = 'свободные участки'. После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой (рис. 9.12).

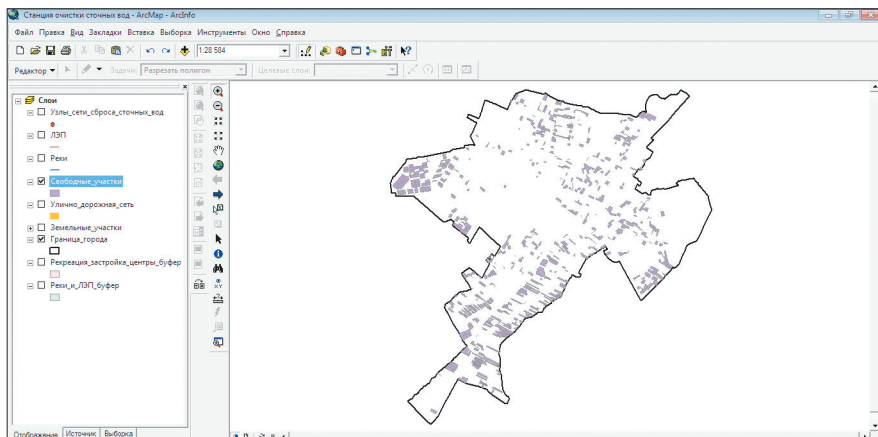


Рис. 9.12

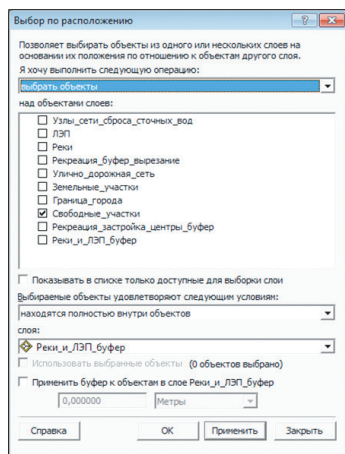


Рис. 9.13

**Шаг 7.** Выявите участки, отвечающие первому и второму критериям (должны полностью находиться в 250-метровой зоне рек и 50-метровой зоне ЛЭП). Для этого используйте опцию *Выборать по расположению* (*Выборка* → *Выборать по расположению*). В диалоговом окне установите параметры, аналогичные рис. 9.13. Нажмите *ОК* (рис. 9.14).

**Шаг 8.** В текущей выборке оставьте только те участки, которые отвечают третьему критерию (должны полностью находиться в зоне не менее 10 м от жилой застройки, общественных центров и объектов рекреационно-ландшафтного назна-

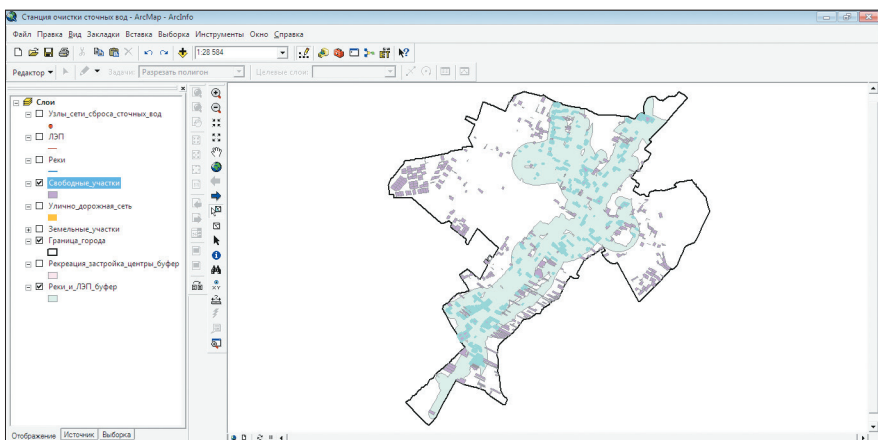


Рис. 9.14

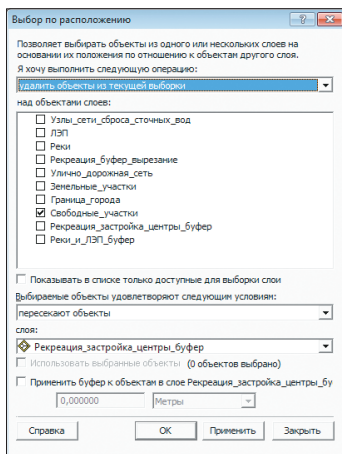


Рис. 9.15

чения). Для этого вновь воспользуйтесь опцией *Выбрать по расположению*. В диалоговом окне установите параметры, аналогичные рис. 9.15. Нажмите *ОК* (рис. 9.16).

**Шаг 9.** Из текущей выборки выберите участки, которые отвечают пятому критерию (должны полностью находиться в зоне до 10 м от существующей улично-дорожной сети). Опять используйте *Выбрать по расположению*. В диалоговом окне установите параметры, аналогичные рис. 9.17. Нажмите *ОК* (рис. 9.18).

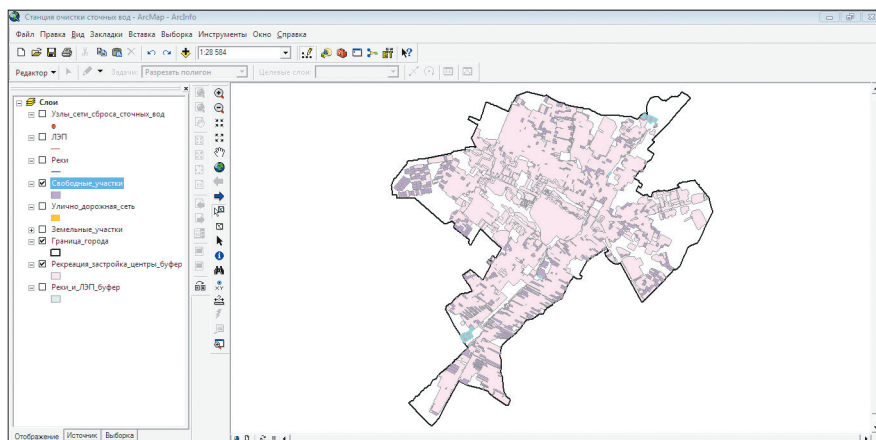


Рис. 9.16

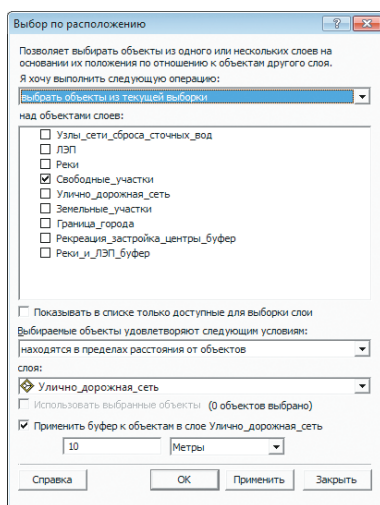


Рис. 9.17

**Шаг 10.** Выявите участки, отвечающие шестому критерию (должны полностью находиться в зоне до 250 м от узлов сети сброса сточных вод). Повторите операцию *Выбрать по расположению*. В диалоговом окне установите параметры, аналогичные рис. 9.19. Нажмите *ОК* (рис. 9.20).

**Шаг 11.** Откройте атрибутивную таблицу слоя «Свободные\_участки» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания →

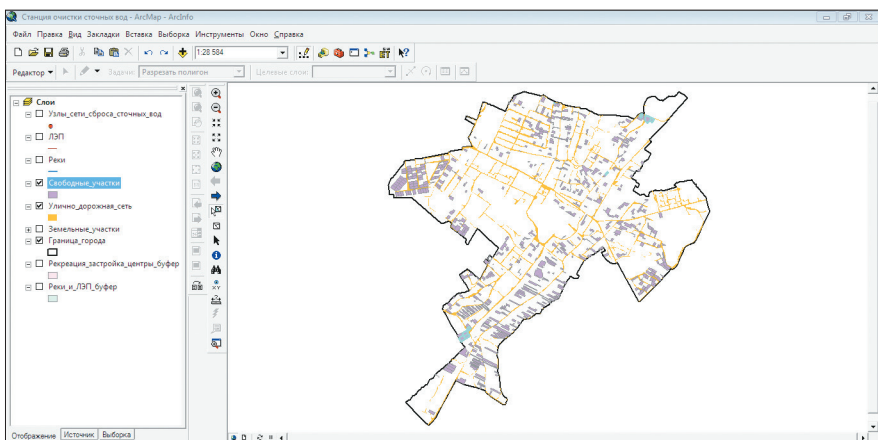


Рис. 9.18

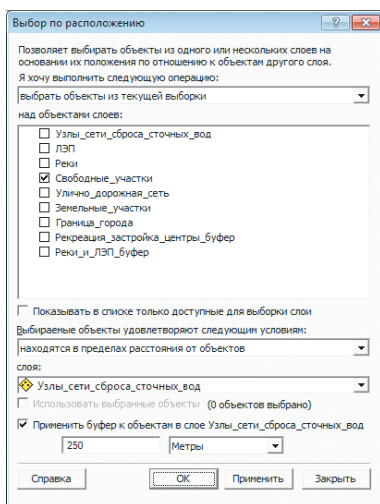


Рис. 9.19

Открыть таблицу атрибутов). Нажмите кнопку *Выбранные* (расположена в нижней части таблицы). В таблице будут отображены участки, отвечающие критериям 1–6.

Нажмите на кнопку *Опции* и выберите инструмент *Выбрать по атрибуту*. В открывшемся окне *Выбрать по атрибутам* в качестве метода установите *Выбрать из текущей выборки*. Сформируйте SQL-запрос: [Shape\_

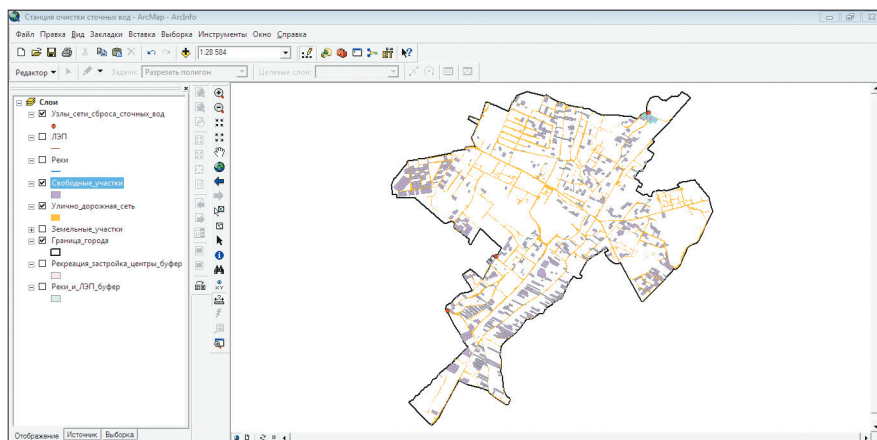


Рис. 9.20

Area]  $\geq 2500$ . После этого нажмите кнопку *Применить*. В результате SQL-запроса будут выбраны полигоны земельных участков, отвечающие в том числе и седьмому критерию (площадь участка станции водоочистки должна составлять не менее  $2500 \text{ м}^2$ ).

Экспортируйте выбранную в результате векторного ГИС-анализа площадку для новой станции очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в г. Воложине из слоя «Свободные\_участки» в отдельный класс пространственных объектов БГД «Воложин». Для этого закройте атрибу-

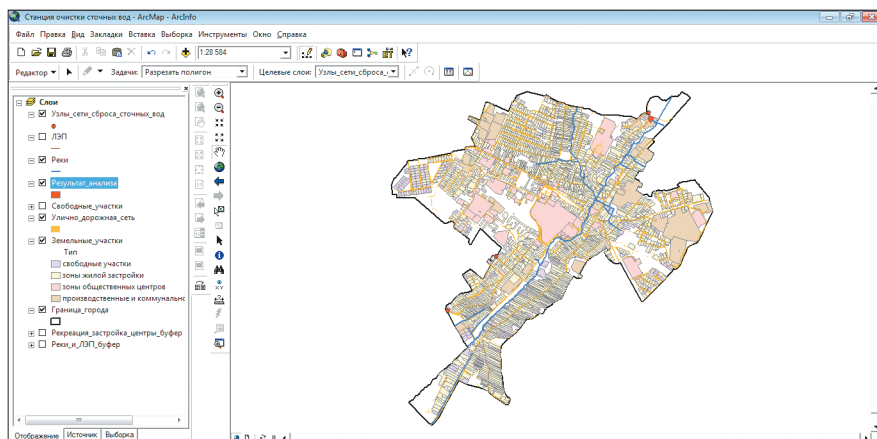


Рис. 9.21

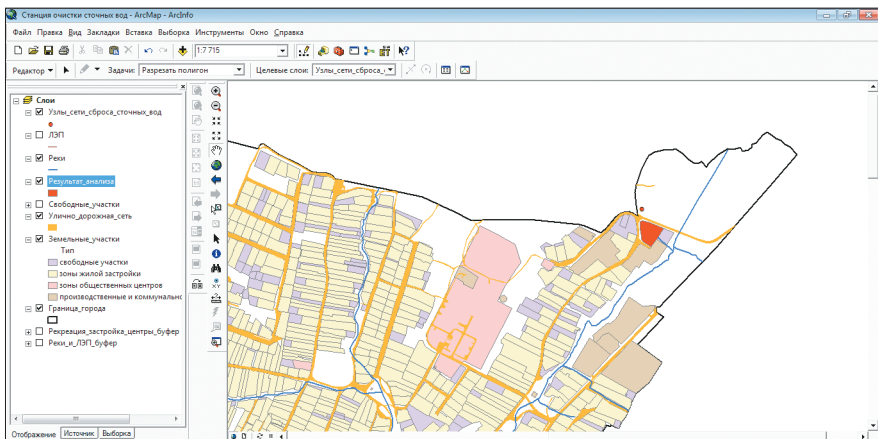


Рис. 9.22

тивную таблицу слоя (обратите внимание, что выбранный по атрибутам объект остается выделенным). Осуществите экспорт выбранных данных, кликнув правой кнопкой мыши по слою «Свободные\_участки», затем *Данные* → *Экспорт данных*. Сохраните новый класс пространственных объектов под именем «Результат\_анализа» в набор классов пространственных объектов «Слой» БГД «Воложин». Согласитесь добавить экспортированные данные в проект.

Символизируйте слой «Результат\_анализа» по методу *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него параметры: *Цвет заполнения* — красный, *Цвет контура* — черный, *Ширина контура* — 1 (рис. 9.21, 9.22).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Перечислите основную последовательность шагов по поиску в среде ArcGIS места для строительства станции очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.
2. Какие операции элементарного пространственного ГИС-анализа были применены при выполнении лабораторной работы?
3. Перечислите операции расширенного пространственного ГИС-анализа, использовавшиеся при выполнении лабораторной работы.
4. Какие типы операций пространственной статистики использовались в рамках выполнения ГИС-анализа?

## Лабораторная работа 10

### РАСТРОВЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ГИС-АНАЛИЗ


**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритмы растрового гидрологического ГИС-анализа.

**Исходные данные:** БГД «Гидрологическое моделирование», содержащая в себе следующие классы пространственных объектов: «Граница\_участка», «Горизонтالي», «Отметки\_высот», «Отметки\_урезов\_воды», «Реки», «Водоемы».

#### Ход выполнения лабораторной работы

*Растровый гидрологический ГИС-анализ* представляет собой комплексную методику, позволяющую в автоматическом режиме по GRID-поверхности рельефа производить расчет основных русловых и бассейновых морфометрических характеристик, влияющих на характер поверхностного стока; автоматически выделять постоянные и временные водные потоки; выполнять бассейновую дифференциацию территории.

**Шаг 1.** Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект «Гидрология». Для этого используйте опцию *Сохранить как...* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

**Шаг 2.** Добавьте в проект все классы пространственных объектов БГД «Гидрологическое моделирование» («Граница\_участка», «Горизонтали», «Отметки\_высот», «Отметки\_урезов\_воды», «Реки», «Водоемы»), воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* .

**Шаг 3.** Выполните символизацию слоя «Граница». Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него следующие параметры: *Цвет заполнения* — нет, *Цвет контура* — красный, *Ширина контура* — 1,5.

Аналогично подберите символизацию по методу *Единый символ* для всех остальных слоев проекта. Для слоя «Отметки\_высот» выберите параметры: *Символ* — Circle 2, *Цвет* — черный, *Размер* — 6; для слоя «Отметки\_урезов\_воды»: *Символ* — Circle 2, *Цвет* — синий, *Размер* — 6; для слоя «Горизонтали»: линию оранжевого цвета, *Ширина* — 1; для слоя «Водоемы»: *Цвет заполнения* — синий, *Ширина контура* — 0; для слоя «Реки»: линию синего цвета, *Ширина* — 1.

Создайте надписи объектов слоя «Горизонтали». В *Свойствах слоя* в закладке *Надписи* отметьте галочкой опцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «Н» и символизируйте надписи: *Шрифт* — Arial, *Размер* — 6, *Цвет* — коричневый. Нажав кнопку *Размещение*, выберите положение *на линии*.

Сформируйте надписи аналогичного шрифта и размера для слоев «Отметки\_высот» (черного цвета) и «Отметки\_урезов\_воды» (синего цвета). Выбирайте полем для надписи у обоих слоев поле «Н» (рис. 10.1).

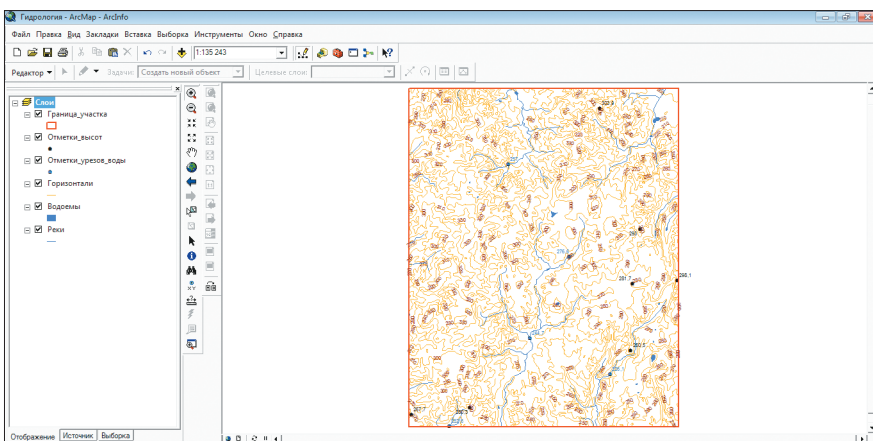


Рис. 10.1

**Шаг 4.** Гидрологическое ГИС-моделирование осуществляется на основе цифровой модели рельефа. Для построения последней в ArcGIS существует функция «Топо в растр», позволяющая рассчитать модель рельефа, качество которой многократно превышает качество моделей, получаемых обычными методами интерполяции (обратно взвешенных расстояний, сплайн, кригинг и др.). Для создания GRID-модели рельефа используются векторные слои горизонталей, отметок высот и урезов воды, естественных и искусственных водоемов, водных потоков.



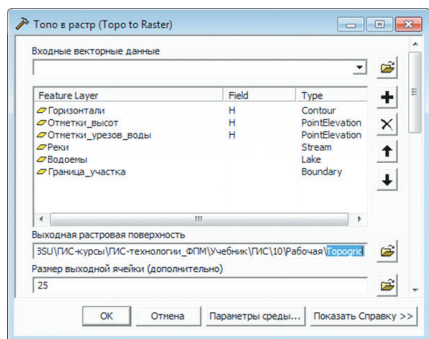


Рис. 10.2

лирование» (Граница\_участка», «Горизонтали», «Отметки\_высот», «Отметки\_урезов\_воды», «Реки», «Водоемы»). Тип данных укажите так же, как на рис. 10.2. Выходной растр сохраните в своей папке под именем «Топогид». После необходимых расчетов GRID-модель рельефа будет создана.

Выполните заполнение локальных понижений рельефа (необходимо для коррекции модели), для чего активируйте инструмент *Заполнение* (Инструменты *Spatial Analyst* → *Гидрология* → *Заполнение*). В качестве входной растровой поверхности установите модель «Топогид». Выходную растровую поверхность сохраните в своей папке под именем «Fill\_Топогид». После необходимых расчетов модель будет создана.


Удалите поверхность «Топогид» из проекта. Для этого сделайте клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Удалить*.

В таблице содержания проекта отключите визуализацию слоев «Горизонтали», «Отметки\_высот», «Отметки\_урезов\_воды» (уберите галочки напротив этих слоев в таблице содержания).

Зайдите в свойства слоя «Fill\_Топогид» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Свойства*). Во вкладке *Символы* выберите *Показать: Классификация*. Нажмите кнопку *Классифицировать*. В окне *Классификация* выберите параметры: *Метод* – «Заданный интервал» и *Интервал* – 10 м (рис. 10.3). Выберите для GRID-модели цветовую схему, сочетающую в себе оттенки зеленого, желтого и коричневого (рис. 10.4).

**Шаг 5.** Расчет основных русловых и бассейновых морфометрических характеристик осуществляется с помощью линейки инструментов *Гидрология* (рис. 10.5) модуля *Spatial Analyst* ГИС ArcGIS на основе модели «Топо в растр». Создание поверхности направления стока позволяет опре-

Для построения модели «Топо в растр» включите модуль *Spatial Analyst*. Зайдите в меню *Инструменты* → *Дополнительные модули* и отметьте галочкой модуль *Spatial Analyst*.

Откройте окно *ArcToolbox* , найдите инструмент *Топо в растр* (Инструменты *Spatial Analyst* → *Интерполяция* → *Топо в растр*). В качестве входных объектов укажите все классы пространственных данных БГД «Гидрологическое моде-

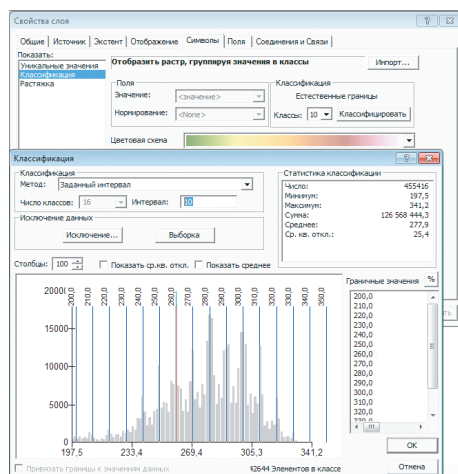


Рис. 10.3

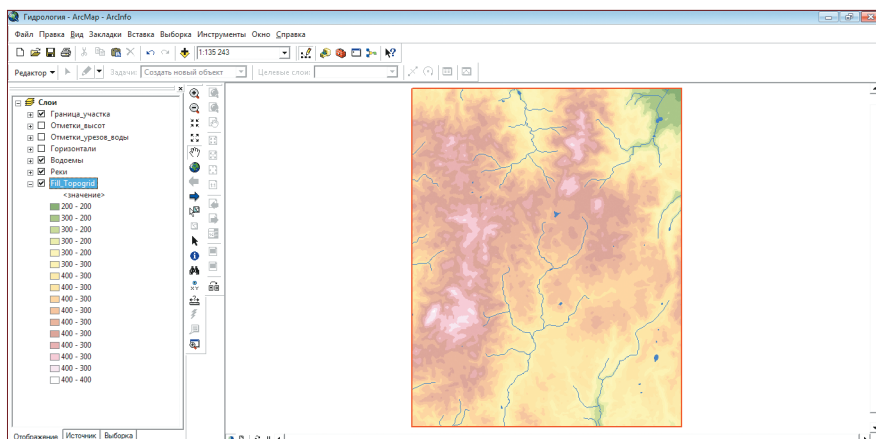


Рис. 10.4

делить в пределах объекта исследований территории разнонаправленного (по сторонам света) стока.

Суть моделирования заключается в том, что каждой ячейке GRID-модели присваивается код направленности из ее поверхностного стока в сторону соседней, являющейся наиболее гипсометрически пониженной (рис 10.6). Если сток из ячейки направлен на восток, ей присваивается значение 1, юг – 4, запад – 16 и север – 64 (рис. 10.7).

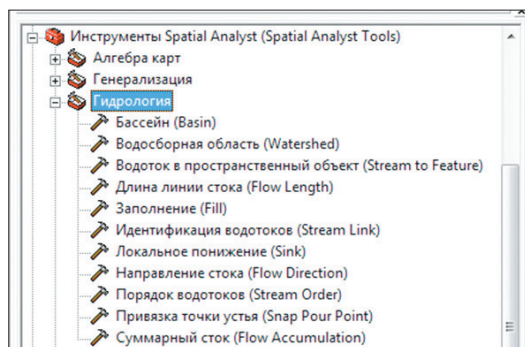


Рис. 10.5

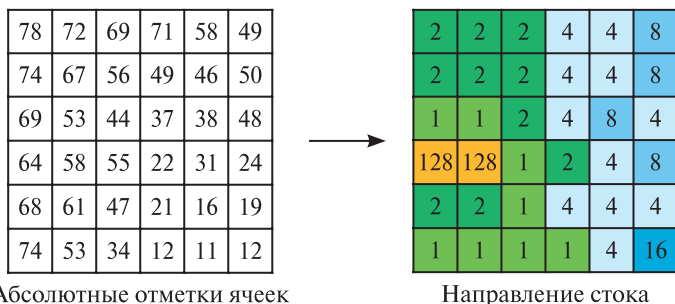


Рис. 10.6

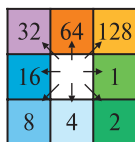


Рис. 10.7

Для расчета GRID-модели направления стока найдите инструмент *Направление стока* (*Инструменты Spatial Analyst* → *Гидрология* → *Направление стока*). В качестве входной растровой поверхности установите модель «Fill\_TopoGrid». Выходную растровую поверхность сохраните в своей папке под именем «FlowDirection». После необходимых расчетов GRID направления стока будет создан.

Зайдите в свойства слоя «FlowDirection». Во вкладке *Символы* выберите *Показать: Уникальные значения*. После этого нажмите кнопку *Импорт*. В окне *Импорт символов* импортируйте легенду FlowDirection.lyr (находится в папке исходных данных по выполнению задания) (рис. 10.8).

**Шаг 6.** Создайте поверхность *суммарного стока*. Она строится на основании модели направления стока и отражает количество ячеек раstra, сток которых направлен в каждую конкретную ячейку модели (рис. 10.9). По ней четко определяются области формирования и развития поверх-

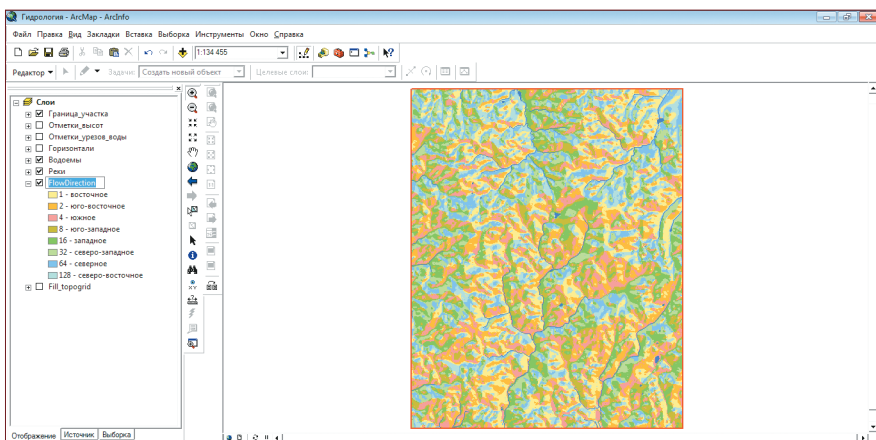


Рис. 10.8

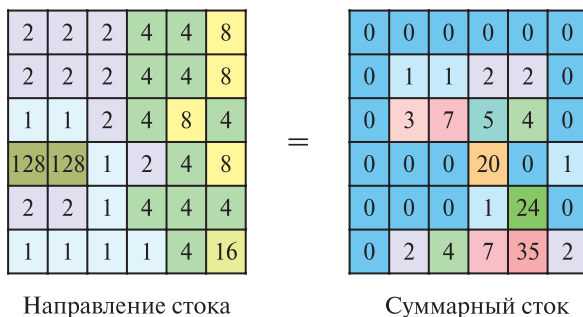


Рис. 10.9

ностного стока, а также характер увеличения размеров русла и водности водотоков по мере продвижения от истоков к устью.

Для расчета GRID-модели найдите инструмент *Суммарный сток* (*Инструменты Spatial Analyst → Гидрология → Суммарный сток*). В качестве входной растровой поверхности установите модель «FlowDirection». Выходную растровую поверхность сохраните в своей папке под именем «FlowAccum». После необходимых расчетов GRID-модель суммарного стока будет создана.

Зайдите в свойства слоя «FlowAccum». Во вкладке *Символы* выберите пункт *Показать: Растяжка*. Выберите цветовую схему оттенков синего (рис. 10.10).

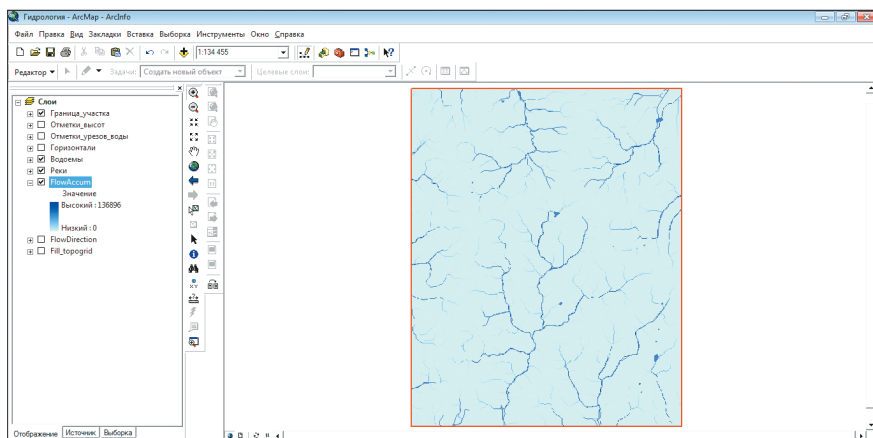





Рис. 10.10

**Шаг 7.** На основании модели суммарного стока в автоматическом режиме выделяются *постоянные* (ручьи, реки) и *временные* (эрозионные борозды, промоины, овраги, балки и овражно-балочные системы) *водотоки*. Активируйте инструмент *Однорезультативная алгебра карт* (Инструменты *Spatial Analyst* → *Алгебра карт* → *Однорезультативная алгебра карт*). В диалоговом окне инструмента сформируйте следующее выражение: `setnull (путь к растру FlowAccum <100, путь к растру FlowAccum)`. Для этого выполните последовательность: с помощью клавиатуры наберите «`setnull ()`», внутри скобок нажмите на кнопку *Открыть*  и найдите путь к растру «FlowAccum», после этого наберите «`<100,`», опять нажмите на кнопку *Открыть*  и повторно обозначьте путь к растру «FlowAccum» (рис. 10.11). Выходной растр сохраните в своей папке под именем «Stream\_raster». После необходимых расчетов растр водотоков будет создан (рис. 10.12).

**Шаг 8.** Конвертируйте растр постоянных и временных водотоков в векторы. Вызовите инструмент *Идентификация водотоков* (Инструменты *Spatial Analyst* → *Гидрология* → *Идентификация водотоков*). В качестве входного растра водотоков установите модель «Stream\_raster», входного растра направления стока – модель «FlowDirection». Выходной растр сохраните в своей папке под именем «Stream\_link».

В окне *Arc Toolbox*  найдите инструмент *Водоток в пространственный объект* (Инструменты *Spatial Analyst* → *Гидрология* → *Водоток в пространственный объект*). В качестве входного растра водотоков устано-

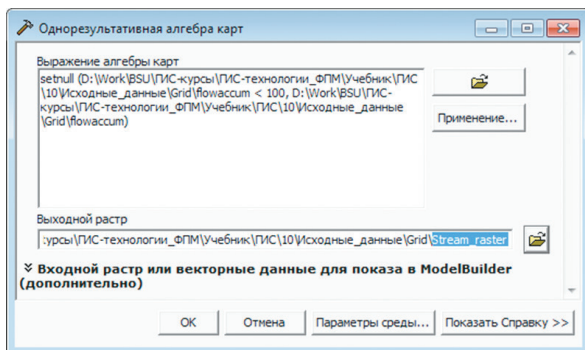


Рис. 10.11

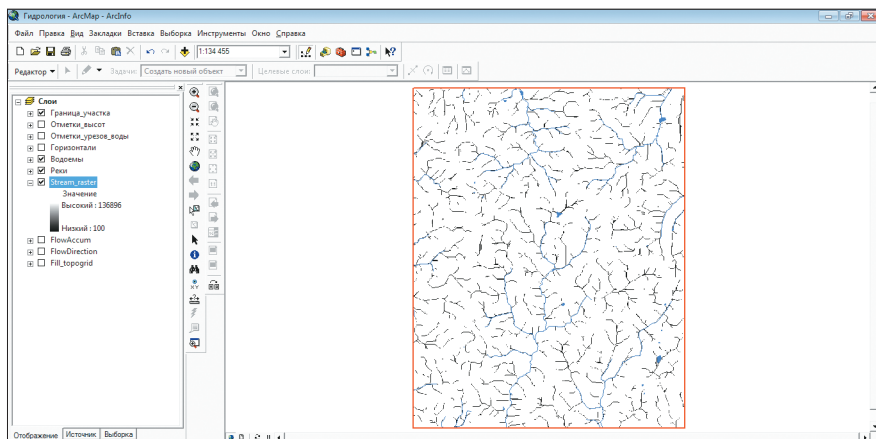


Рис. 10.12

вите модель «Stream\_link», входного растра направления стока – модель «FlowDirection». Выходные линейные объекты сохраните в виде класса пространственных объектов «Водотоки» набора пространственных объектов «Слои» БГД «Гидрологическое моделирование». После необходимых расчетов векторный слой водотоков будет добавлен в проект (рис. 10.13).

**Шаг 9.** Рассчитайте порядки водотоков. С помощью набора инструментов «Гидрология» модуля Spatial Analyst порядки водотоков рассчитываются в зависимости от количества их притоков по методу Страллера или Шрива. По методу Страллера, элементарным водотокам, русла которых не имеют притоков, присваивается первый порядок. Второй порядок

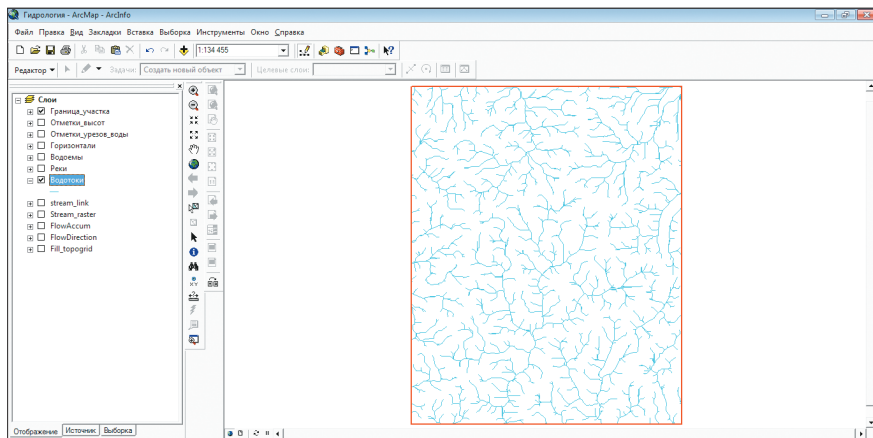


Рис. 10.13

получают водотоки после слияния двух водотоков первого порядка. Два водотока второго порядка, соединяясь, дают начало водотоку третьего порядка и т. д. (рис. 10.14). Метод Шрива предполагает присвоение порядка водотоку в зависимости от количества его притоков (рис. 10.15).

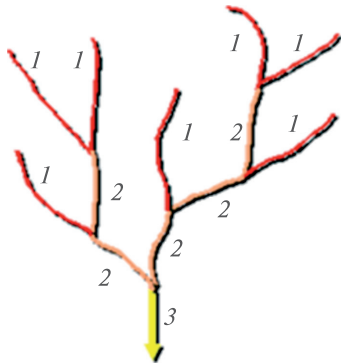


Рис. 10.14

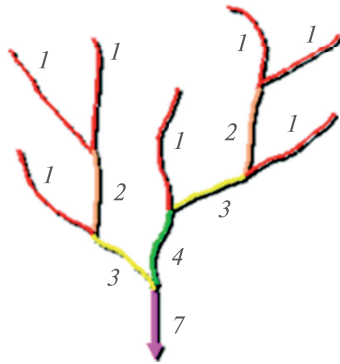


Рис. 10.15

Для создания GRID-модели порядков водотоков в окне *ArcToolbox* выберите инструмент *Порядок водотоков* (*Инструменты Spatial Analyst* → *Гидрология* → *Порядок водотоков*). В качестве входного растра водотоков укажите модель «Stream\_raster», входного растра направления стока – мо-

дель «FlowDirection». Выходной растр сохраните в своей папке под именем «Stream\_order». В качестве метода определения порядков водотоков выберите «Strahler». После необходимых расчетов GRID-модель порядка постоянных и временных водных потоков будет создана. Подберите символы для порядков водотоков, как показано на рис. 10.16.

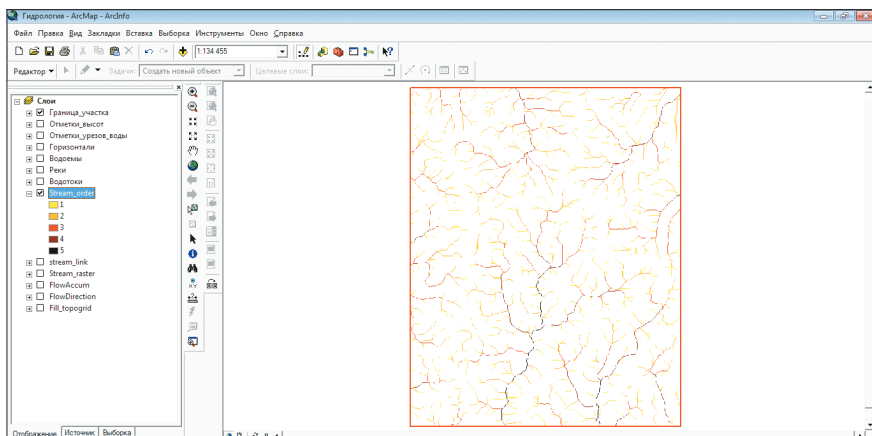


Рис. 10.16

**Шаг 10.** Создайте модель времени прохождения воды по линии стока. Для этого найдите инструмент *Длина линии стока* (*Инструменты Spatial Analyst* → *Гидрология* → *Длина линии стока*). В качестве входного растра направления стока выберите модель «FlowDirection». Выходной растр сохраните в своей папке под именем «Flow\_length». В качестве направления измерений установите «Upstream». После необходимых расчетов GRID-модель длины линии стока будет создана.

По среднемноголетним данным, зафиксированным на гидропостах данной территории, средняя скорость течения водных потоков составляет 0,3 м/с (18 м/мин, 1,08 км/ч). Классифицируйте водные потоки объекта исследований по времени прохождения через них воды за 2,5 часа. Для этого зайдите в свойства слоя «Flow\_length» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Свойства*). Во вкладке *Символы* выберите *Показать: Классификация*. Нажмите кнопку *Классифицировать*. В окне *Классификация* выберите метод – «Заданный интервал», в качестве интервала выберите 2700 м ( $1,08 \text{ км/ч} \cdot 2,5 \text{ ч} = 2,7 \text{ км}$ ). Подберите символы классов и с помощью клавиатуры заполните в поле «Подпись» их интервалы (в часах), как показано на рис. 10.17.



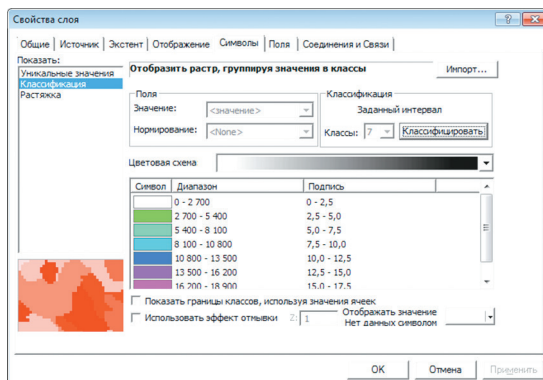


Рис. 10.17

Переименуйте название слоя «Flow\_length» на «Скорость движения воды, ч» (рис. 10.18). Для этого сделайте клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Свойства*. Выберите вкладку *Общие* и внесите изменения в поле «Имя».

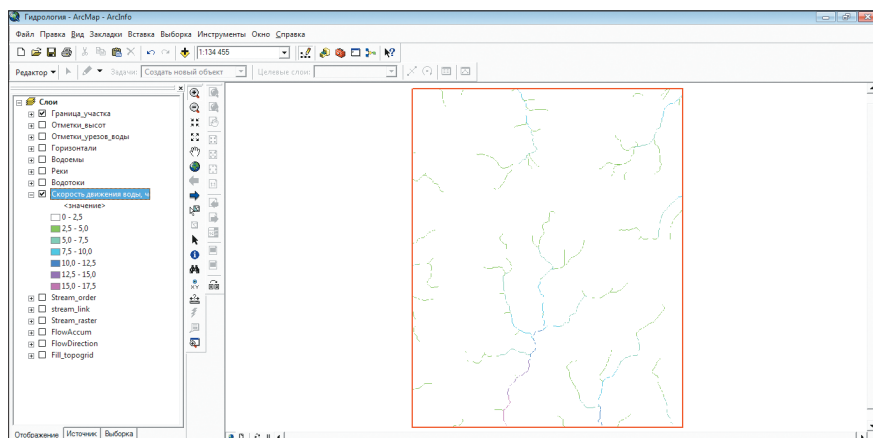


Рис. 10.18

**Шаг 11.** Выберите в автоматическом режиме бассейны рек района исследований. В окне *ArcToolbox* найдите инструмент *Бассейн* (*Инструменты Spatial Analyst* → *Гидрология* → *Бассейн*). В качестве входного раstra направления стока выберите модель «FlowDirection». Выходной растр сохраните в своей папке под именем «Basin». После необходимых расчетов GRID-модель бассейнов рек будет создана.

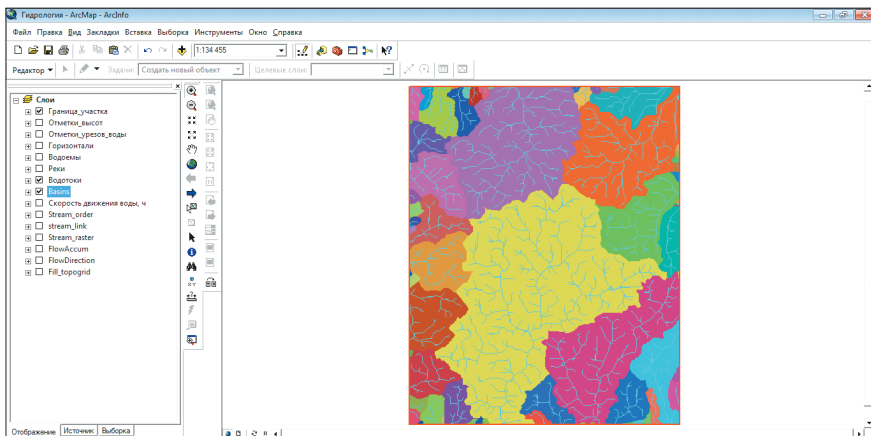


Рис. 10.19

Зайдите в свойства слоя «Basin» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Свойства*). Во вкладке *Символы* выберите *Показать: Уникальные значения*. Задайте уникальным значениям понравившуюся вам цветовую схему (рис. 10.19).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Перечислите основную последовательность шагов по выполнению в среде ArcGIS растрового гидрологического ГИС-анализа.
2. Обозначьте основные отрасли науки и практики, в которых возможно использование растрового гидрологического ГИС-анализа.
3. Для каких задач кроме растрового гидрологического ГИС-анализа можно использовать модель рельефа, построенную по методу «Топо в растр»?

## Лабораторная работа 11


### СОЗДАНИЕ И КОМПОНОВКА КАРТ ДЛЯ АТЛАСА ОБЛАСТИ

**Цель лабораторной работы:** усвоить алгоритмы работы с видом компоновки (создание математической основы карты, элементов вспомогательного оснащения и дополнительных данных).

**Исходные данные:** БГД «Компоновка», содержащая в себе следующие классы пространственных объектов: «Водоемы», «Высоты», «Дороги», «Леса», «Области», «Районы», «Райцентры», «Реки».

#### Ход выполнения лабораторной работы

**Шаг 1.** Откройте ArcMap ГИС ArcGIS. Создайте проект «Атлас области». Для этого используйте опцию *Сохранить как...* в меню *Файл*. Проект сохраните в своей папке.

**Шаг 2.** Добавьте в проект все классы пространственных объектов БГД «Компоновка» («Водоемы», «Высоты», «Дороги», «Леса», «Области», «Районы», «Райцентры», «Реки»), воспользовавшись пиктограммой *Добавить данные* .

**Шаг 3.** Выполните вырезание исходных данных по области из вашего варианта (устанавливается преподавателем). Откройте атрибутивную таблицу слоя «Области» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Открыть таблицу атрибутов*). Нажмите кнопку *Опции* и выберите инструмент *Выбрать по атрибуту*. В открывшемся окне *Выбрать по атрибутам* сформируйте SQL-запрос: [Область] = 'Гродненская' (здесь и далее в качестве примера будет использована данная область). Для этого выполните следующие действия: двойной клик мышью по полю атрибутивной таблицы «Область», затем по оператору «=» и значению «Гродненская» (используйте кнопку *Получить значения*) (рис. 11.1).

После этого нажмите кнопку *Применить*. В результате SQL-запроса полигон Гродненской области будет выбран.

**Шаг 4.** Экпортируйте полигон Гродненской области из слоя «Области» в отдельный класс пространственных объектов БГД «Компоновка». Для этого закройте атрибутивную таблицу слоя (обратите внимание, что выбранный по атрибутам объект остается выделенным). Осуществите экспорт выбранных данных, кликнув правой кнопкой мыши по слою «Области», затем по меню *Данные* → *Экспорт данных*. Сохраните новый класс пространственных объектов под именем «Гродненская\_область» в набор классов пространственных объектов «Слои» БГД «Компоновка». Согласитесь добавить экспортированные данные в проект.

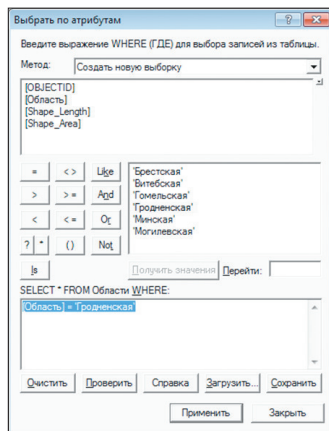



Рис. 11.1

Удалите слой «Области» из проекта (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Удалить*).

**Шаг 5.** Выполните вырезание объектов слоя «Водоемы» по границе Гродненской области. Для этого откройте окно *ArcToolbox* , найдите инструмент *Вырезание (Анализ* → *Извлечение* → *Вырезание*). В окне инструмента (рис. 11.2) в разделе *Входные объекты* выберите слой «Водоемы»,

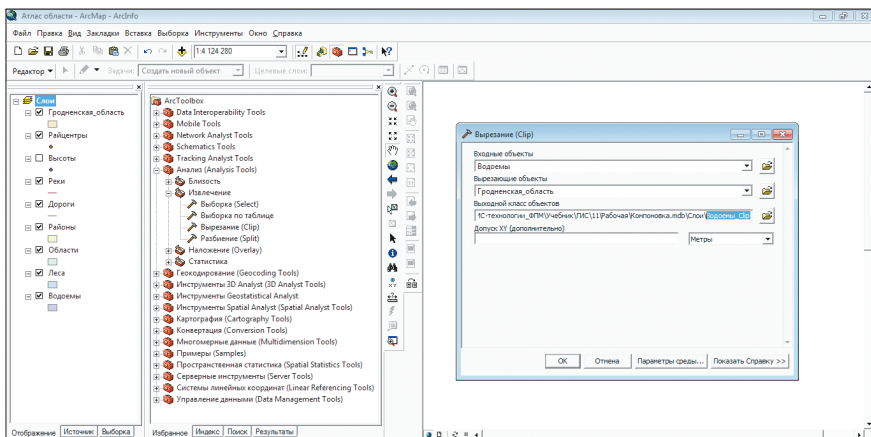


Рис. 11.2

в разделе *Вырезающие объекты* — слой «Гродненская\_область». Выходной класс объектов сохраните под именем «Водоемы\_Slip» в наборе классов пространственных объектов «Слои» БГД «Компоновка». После необходимых расчетов программа добавит в проект созданный слой.

Удалите слой «Водоемы» из проекта (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Удалить*).

Аналогичным образом выполните вырезание объектов из слоев «Высоты», «Дороги», «Леса», «Области», «Районы», «Райцентры», «Реки» по границе Гродненской области. Новые слои называйте «Имя исходного слоя\_Slip». После выполнения вырезания удаляйте исходные слои из проекта.

Приблизьте экстенд проекта к слою «Гродненская\_область» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Приблизить к слою*).

**Шаг 6.** Отключите визуализацию всех слоев, кроме слоя «Гродненская\_область» (уберите галочки напротив названий слоев в таблице содержания).

Выполните символизацию слоя «Гродненская\_область». Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и задайте для него параметры: *Цвет заполнения* — нет, *Цвет контура* — черный, *Ширина контура* — 1,5.

**Шаг 7.** По слою «Высоты» создайте GRID-модель рельефа. Для этого включите модуль *Spatial Analyst*, отметив его галочкой в меню *Инструменты* → *Дополнительные модули*.

Добавьте в проект панель инструментов *Spatial Analyst*. Зайдите в меню *Вид* → *Панели инструментов* и выберите данный модуль.

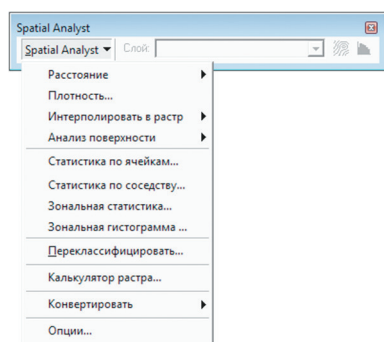


Рис. 11.3

На панели инструментов *Spatial Analyst* выберите *Опции* (рис. 11.3). В окне *Опции* во вкладке *Экстенд* установите экстенд анализа *Как у слоя Гродненская\_область* (рис. 11.4).

Для интерполяции на панели инструментов *Spatial Analyst* выберите *Интерполировать в растр* → *Слайн*. В окне интерполяции *Слайн* установите параметры, как показано на рис. 11.5.

После необходимых расчетов GRID-модель рельефа будет создана.

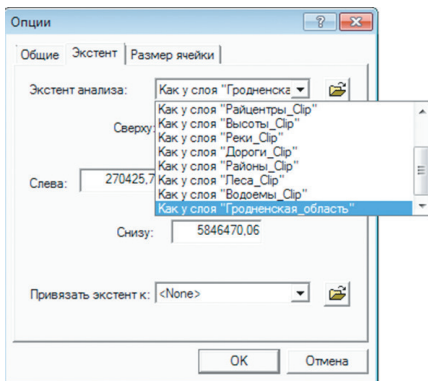


Рис. 11.4

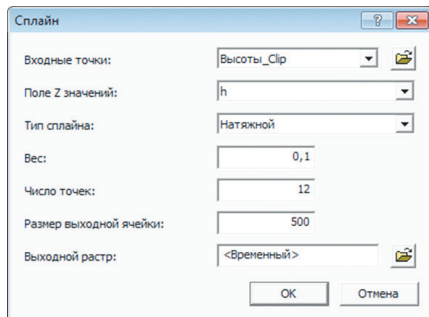


Рис. 11.5

Теперь необходимо вырезать ее по теме «Гродненская\_область». Для этого откройте окно *ArcToolbox*, зайдите в блок инструментов *Spatial Analyst Tools*. В наборе инструментов *Извлечение* выберите *Извлечь по маске*. В появившемся диалоговом окне инструмента в разделе *Входной растр* укажите растр «Сплайн Высоты\_Clip», в разделе *Входные векторные или растровые маски* выберите тему «Гродненская\_область». Выходной растр сохраните под именем «Рельеф» в своей папке. После необходимых расчетов программа создаст GRID-модель.

Удалите слой «Сплайн Высоты\_Clip» из проекта (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Удалить*).

**Шаг 8.** Классифицируйте и симболизируйте GRID-модель «Рельеф». Для этого зайдите в свойства слоя (клик правой кнопкой по названию в таблице содержания → *Свойства*). Установите *Показать: Классификация*. Нажмите кнопку *Классифицировать*. В окне *Классификация* укажите параметры: метод — *Заданный интервал*, *Интервал* — 50 м (рис. 11.6). Выберите для GRID-модели цветовую схему, сочетающую в себе оттенки зеленого, желтого и коричневого.

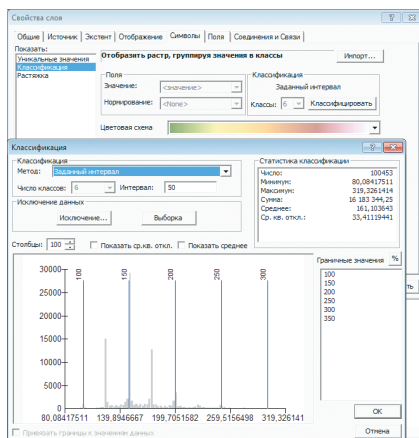


Рис. 11.6

После выбора цветовой схемы нажмите на нее правой кнопкой мыши и выберите *Свойства* (рис. 11.7).

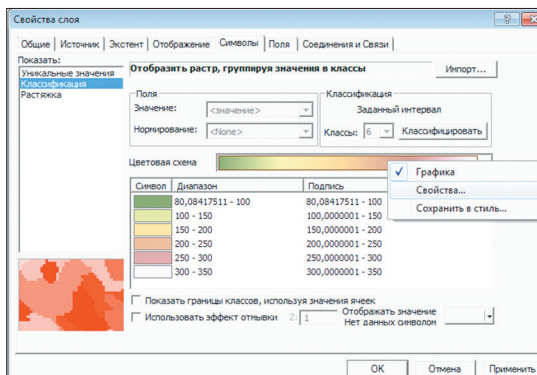


Рис. 11.7

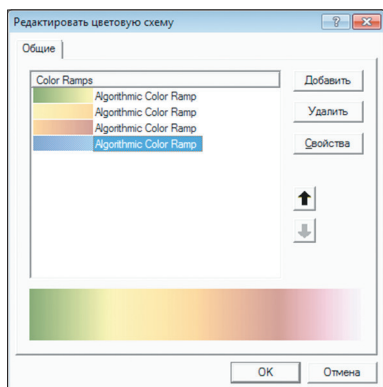


Рис. 11.8

Выделите последний фрагмент оттенков цветовой схемы (рис. 11.8) и нажмите кнопку *Удалить*.

В окне *Свойства слоя* нажмите левой кнопкой мыши на рубрику *Подпись* и выберите *Формат подписей* (рис. 11.9).

В окне *Числовые форматы* установите *Число десятичных знаков* – 1, поставьте галочку напротив опции *Дополнять нулями* (рис. 11.10).

**Шаг 9.** Включите визуализацию слоев «Водоемы\_Clip», «Реки\_Clip» и «Райцентры\_Clip».

Выполните символизацию слоя «Водоемы\_Clip». Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию отображения *Пространственные объекты: Единый символ*. Кликните по пиктограмме символа и выберите для него параметры: *Цвет заполнения* – синий, *Ширина контура* – 0.

Аналогично подберите символизацию по методу *Единый символ* для слоя «Реки\_Clip». Выберите линию синего цвета шириной 1. Для слоя «Райцентры\_Clip» установите параметры: *Символ* – Circle 2, *Цвет* – коричневый, *Размер* – 6.

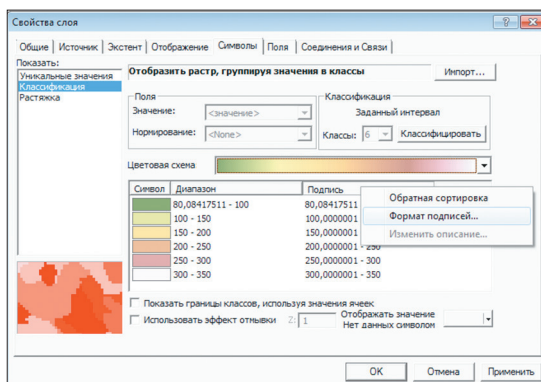


Рис. 11.9

**Шаг 10.** Перейдите в *Вид компоновки (Вид → Вид компоновки)*. Выберите *Файл → Параметры страницы и печати*. В списке *Размер* установите формат листа A4. Ориентацию страницы определите в зависимости от формы области вашего варианта. Выберите опцию *Использовать страницу принтера* в качестве размера страницы карты (рис. 11.11).

**Шаг 11.** Создайте надписи объектов слоя «Райцентры\_Clip». В окне *Свойства слоя* в закладке *Надписи* отметьте галочкой опцию *Надписать объекты этого слоя*, выберите полем надписи «Name», параметры: *Шрифт* — Arial, полужирный, *Размер* — 7, *Цвет* — коричневый.

Аналогично символизировать подписи для слоев «Водоемы\_Clip» (поле надписи — «Name», *Шрифт* — Arial, полужирный, курсив, *Размер* — 6,

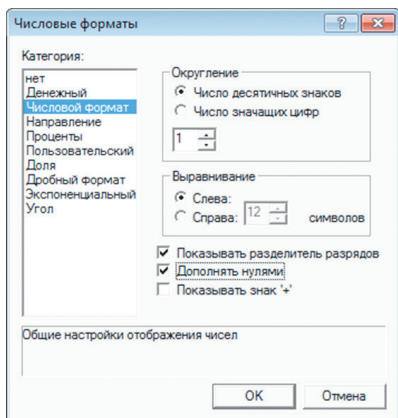


Рис. 11.10

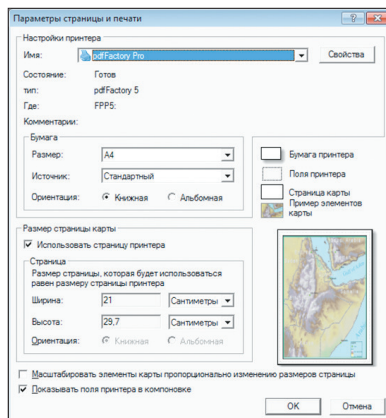


Рис. 11.11



*Цвет* – синий) и «Реки\_Clip» (поле надписи – «Название», *Шрифт* – Arial, полужирный, курсив, *Размер* – 6, *Цвет* – синий).

Конвертируйте надписи слоев «Райцентры\_Clip», «Водоемы\_Clip» и «Реки\_Clip» в аннотации. Для этого необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по слою и выбрать *Конвертировать надписи в аннотации*. Интерактивные надписи будут переведены в стабильный графический вид. Сохраните аннотации в документе карты (рис. 11.12).

В случае появления неразмещенных надписей в одноименном окне щелкните правой кнопкой мыши по названию и выберите *Добавить аннотацию* (рис. 11.13).

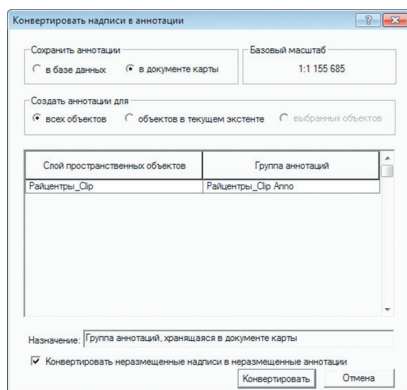


Рис. 11.12

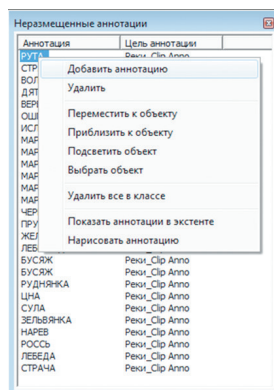





Рис. 11.13

Сделайте двойной щелчок левой кнопкой мыши внутри рамки, ограничивающей картографическое изображение. После этого карта примет вид, аналогичный показанному на рис. 11.14.

С помощью инструментов *Выбрать элементы*  и *Повернуть* , находящихся на панели *Рисование* (расположена в нижней части окна программы), отредактируйте размещение всех надписей таким образом, чтобы они не накладывались друг на друга и на векторные объекты. Навигацию по карте во время редактирования осуществляйте с помощью панели инструментов *Компоновка* (рис. 11.15). Повторяющиеся надписи удаляйте нажатием клавиши *Del* на клавиатуре, предварительно выделив их инструментом *Выбрать элементы*  (рис. 11.16).

**Шаг 12.** Создайте градусную сетку. Для этого зайдите в *Свойства фрейма данных* (*Вид* → *Свойства фрейма данных*), в закладке *Сетки* нажмите кнопку *Новая сетка*. В окне *Мастер сеток* выберите опцию *Градусная*. Из вариантов оформления остановитесь на *Только подписи*, в качестве ин-



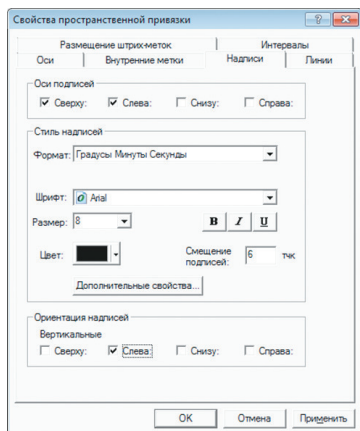






Рис. 11.17

дусную сетку и нажмите кнопку *Свойства*. В закладке *Надписи* нажмите кнопку *Дополнительные свойства* и уберите галочки на показе минут и секунд. Остальные свойства оставьте аналогичными рис. 11.17.

С помощью инструмента *Выбрать элементы*  растяните рамку картографического изображения на размер листа. С помощью инструмента *Переместить*  поместите полигон Гродненской области в центр листа.

Инструментами *Увеличить*  и *Уменьшить*  добейтесь полного заполнения картографическим изображением листа по горизонтали или по вертикали

(в зависимости от конфигурации области вашего варианта) (рис. 11.18). Сохраните текущий экстенд карты с помощью меню *Закладки* → *Создать*. Назовите новую закладку «Гродненская область». В случае смещения экстенда карты к нему можно будет вернуться, воспользовавшись меню *Закладки* → *Гродненская область*.

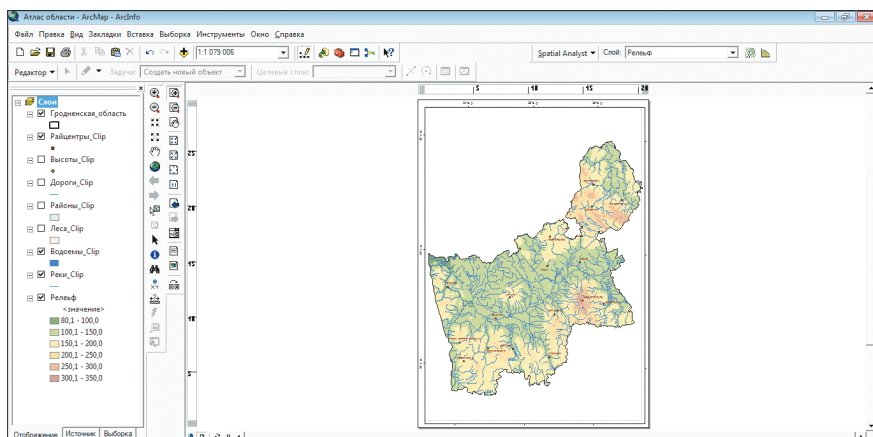



Рис. 11.18

**Шаг 13.** Создайте масштабную линейку. Для этого воспользуйтесь меню *Вставка* → *Масштабная линейка*. В окне *Выборить: Масштабная линейка* остановитесь на стиле *Scale Line 1*, после этого нажмите кнопку

**Свойства.** В окне *Масштабная линейка* выберите вкладку *Масштаб и единицы* и установите параметры, аналогичные рис. 11.19.

После этого перейдите во вкладку *Формат* и выберите для надписей шрифт *Arial*, полужирный, размер 8.

После создания масштабной линейки с помощью инструмента *Выбрать элементы*  переместите ее в нижнюю часть листа карты.

**Шаг 14.** Создайте легенду карты. Для этого выберите *Вставка* → *Легенда*. В окне *Мастер легенды* в качестве элементов легенды оставьте слои «Рельеф», «Реки\_Clip» и «Водоемы\_Clip» (рис. 11.20).

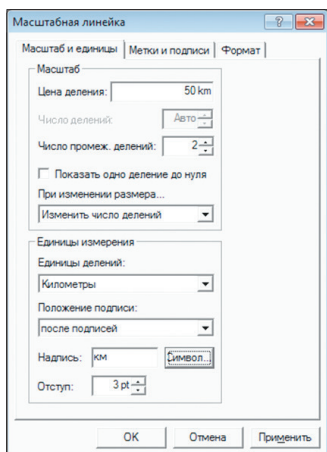


Рис. 11.19

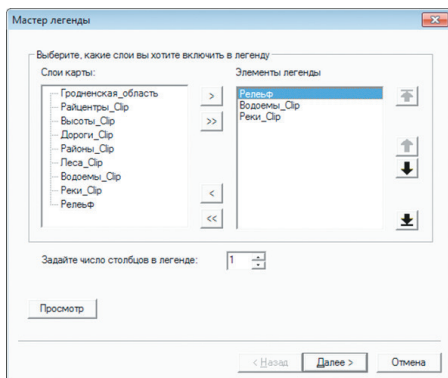


Рис. 11.20

В окне *Мастер легенды* удалите в качестве заголовка легенды словосочетание «Условные обозначения». В остальных разделах оставьте параметры по умолчанию.

В компоновку карты будет добавлена легенда. Щелкните по ней правой клавишей мыши и выберите *Свойства*. Во вкладке *Пункты легенды* щелкните два раза левой кнопкой по пункту легенды «Рельеф» и выберите вариант оформления, отраженный на рис. 11.21. После этого нажмите кнопку *Свойства*. В окне *Пункт легенды* щелкните по кнопке *Символ имени слоя* и выберите для него шрифт *Arial*, размер 9. Аналогичный шрифт и размер определите для символа подписи, щелкнув по одноименной кнопке (рис. 11.22).

Для пунктов легенды «Реки\_Clip» и «Водоемы\_Clip» в качестве варианта оформления выберите *Horizontal Single Symbol Label Only*. В свойствах установите для символа надписи шрифт *Arial*, размер 9.

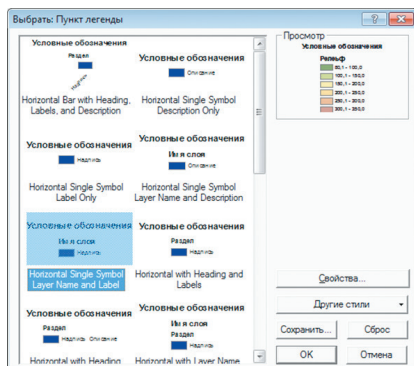


Рис. 11.21

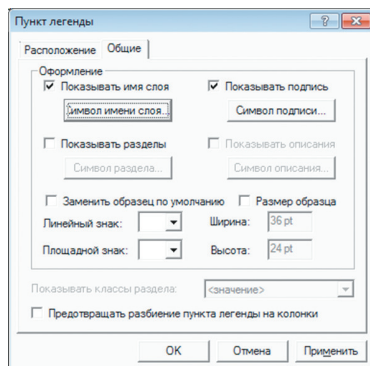



Рис. 11.22

С помощью инструмента *Выбрать элементы*  переместите легенду на свободное от картографического изображения пространство листа карты.

Переименуйте слои карты, задействованные в построении легенды («Рельеф», «Реки\_Clip» и «Водоемы\_Clip»). Для этого в таблице содержания щелкните по слою правой кнопкой мыши и выберите *Свойства*. В разделе *Общие* с помощью клавиатуры введите в поле «Имя слоя» для слоя «Рельеф» — «Абсолютные высоты, м», слоя «Реки\_Clip» — «Реки и ручьи», слоя «Водоемы\_Clip» — «Водоемы». После этого автоматически изменятся и надписи пунктов легенды (рис. 11.23).

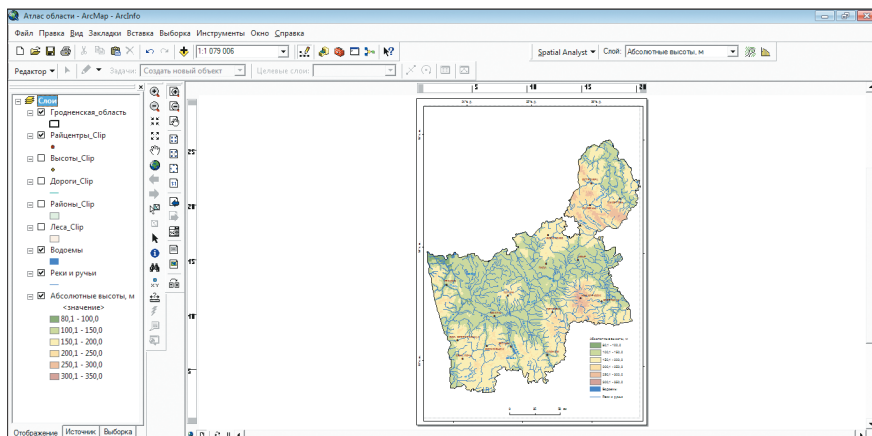




Рис. 11.23

**Шаг 15.** Используя Интернет, скачайте фотографии, отражающие природу области из вашего варианта. Вставьте их в компоновку карты в места, свободные от картографического изображения, с помощью меню *Вставка* → *Рисунок*. Используя инструмент *Выбрать элементы* , отредактируйте их местоположение и размеры.

Создайте подпись карты «Физическая карта Гродненской области», используя инструмент *Новый текст*  на панели инструментов *Рисование*. Изменить шрифт надписи можно, щелкнув по ней правой кнопкой мыши и выбрав *Свойства*. Разместите надпись в верхней части листа карты.

Определите цвет фона. Для этого выберите *Вид* → *Свойства фрейма данных*. Во вкладке *Фрейм* в разделе *Фон* установите цвет Olive.

**Шаг 16.** Сохраните проект под именем «Физическая карта». Для этого используйте опцию *Файл* → *Сохранить как*.

Экспортируйте готовую карту в растровый формат (рис. 11.24). Для этого выберите *Файл* → *Экспорт карты*. Сохраните карту в своей папке

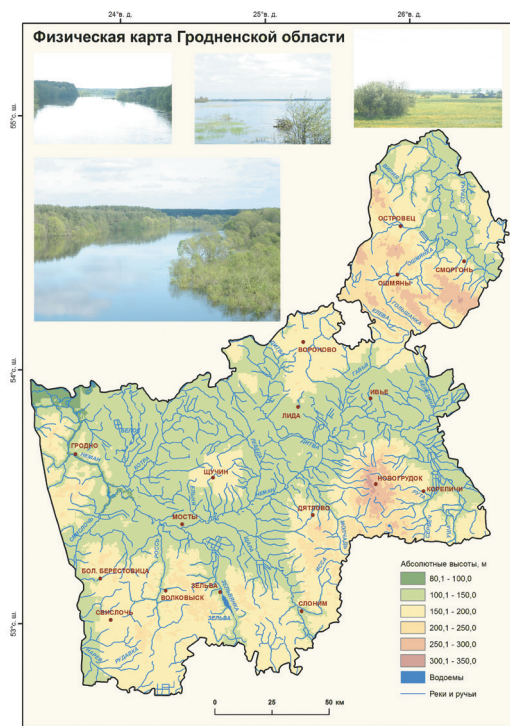


Рис. 11.24

под именем «Физическая карта». В качестве типа карты установите формат JPEG. Откройте режим *Опции*. Во вкладке *Общие* задайте разрешение растра, равное 300 dpi.

**Шаг 17.** Сохраните проект под именем «Административное деление и дорожная сеть». Для этого используйте опцию *Файл → Сохранить как...*

Оставьте на визуализации следующие слои карты: «Гродненская область», «Райцентры\_Clir», «Дороги\_Clir», «Районы\_Clir». Символизируйте векторы и сформируйте компоновку аналогично рис. 11.25. Экспортируйте готовую карту в растровый формат (рис. 11.26). Сохраните проект (*Файл → Сохранить*).

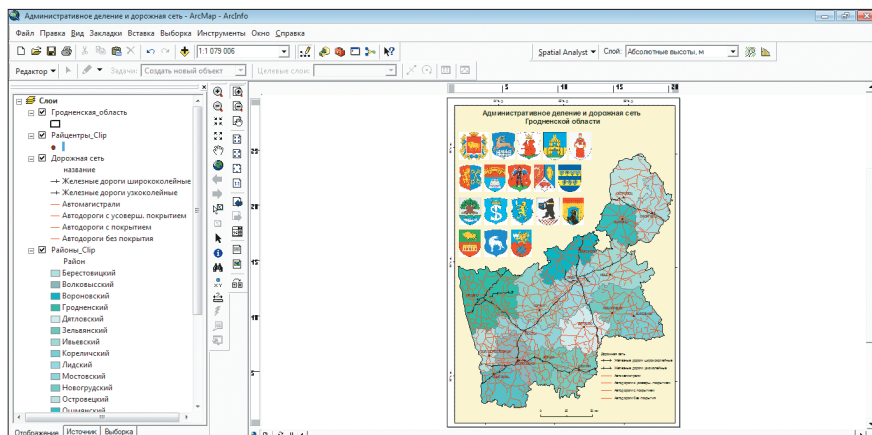


Рис. 11.25

**Шаг 18.** Сохраните проект под именем «Леса». Включите визуализацию следующих слоев карты: «Гродненская область», «Райцентры\_Clir», «Районы\_Clir», «Водоемы», «Реки и ручьи», «Леса\_Clir».

Символизируйте векторы и сформируйте компоновку, как показано на рис. 11.27. Экспортируйте готовую карту в растровый формат (рис. 11.28). Сохраните проект (*Файл → Сохранить*).

**Шаг 19.** Сохраните проект под именем «Население». Оставьте в проекте слои «Гродненская область», «Райцентры\_Clir» и «Районы\_Clir». Включите их визуализацию на карте. Остальные слои удалите из проекта.

**Шаг 20.** Откройте таблицу атрибутов слоя «Районы\_Clir» (клик правой кнопкой мыши по названию слоя в таблице содержания → *Открыть таблицу атрибутов*). Создайте серию новых полей согласно таблице (для создания поля следует нажать кнопку *Опции* и выбрать *Добавить поле*) (рис. 11.29).



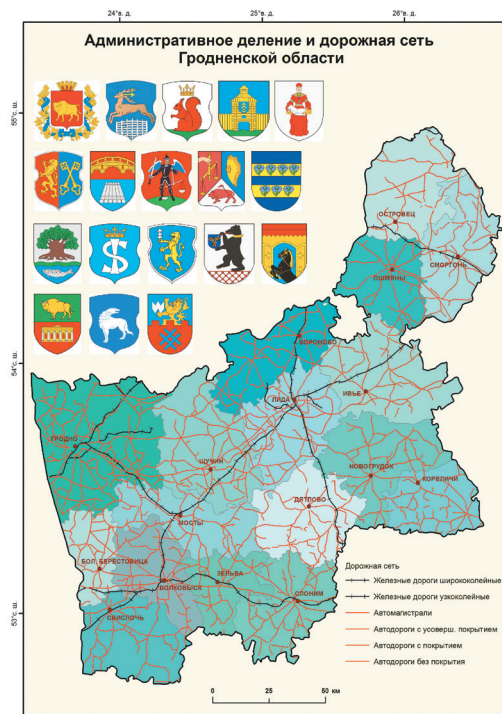


Рис. 11.26

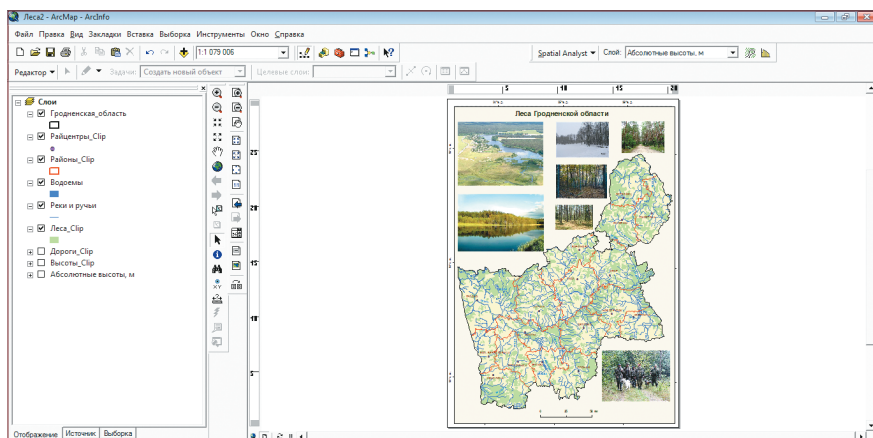


Рис. 11.27



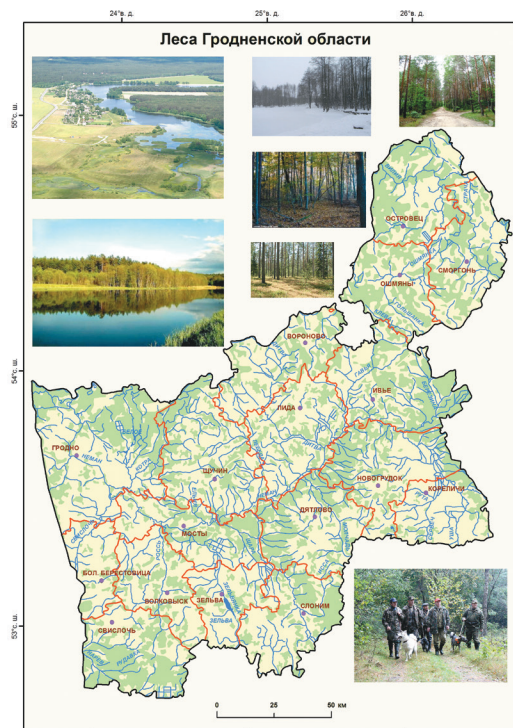


Рис. 11.28

### Новые атрибутивные поля слоя «Районы\_Slip»

Имя поля	Тип поля	Показатель, отражаемый в атрибутивном поле
Население	Double	Численность населения, чел.
Гор_нас	Double	Численность городского населения, чел.
Сел_нас	Double	Численность сельского населения, чел.
Безработица	Double	Уровень зарегистрированной безработицы, процент к экономически активному населению
Зарплата	Double	Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников, тыс. руб.
Промпроизводство	Double	Объем промышленного производства, млрд руб.
Сельхозкультуры	Double	Посевная площадь сельхозкультур, га

Имя поля	Тип поля	Показатель, отражаемый в атрибутивном поле
Зерно	Double	Валовой сбор зерновых и зернобобовых, т
Картофель	Double	Валовой сбор картофеля, т
КРС	Double	Поголовье крупного рогатого скота, тыс. гол.
Торговля	Double	Розничный товарооборот торговли через все каналы реализации на душу населения, тыс. руб.

**Шаг 21.** Начните сеанс редактирования (*Редактор* → *Начать редактирование*). Используя статистические данные ежегодника «Регионы Республики Беларусь» Национального статистического комитета Республики Беларусь (<http://belstat.gov.by> → *Официальная статистика* → *Статистические издания*), заполните все созданные вами атрибутивные поля слоя «Районы\_Clip» данными за последний год статистики (например, данные за 2015 г. берутся из сборника «Регионы Республики Беларусь – 2015. Том 2. Основные социально-экономические показатели городов и районов» (см. рис. 11.29). После заполнения завершите сеанс редактирования (*Редактор* → *Завершить редактирование*), сохранив все изменения.

OBJECTID	Shape	Район	Область	Shape_Length	Shape_Area	Население	Гор. нас	Сел. нас	Безработица	Зарплата	Промышленность	Сельхозусл.	Зерно	Картофель	КРС	Торговля
1	Полития	Сморгонский	Гродненская	227765.26426	1492258965.9	53775	36942	16833	0.7	2000	1798.8	36552	66938	3962	30.4	895.3
2	Полития	Игуменский	Гродненская	239127.84127	1563599865.5	133027	109989	23038	0.6	3088.4	8715.1	45319	83260	18700	39.4	2992.4
3	Полития	Новогрудский	Гродненская	209430.61428	1647741731.2	47012	30191	16821	0.7	2883.1	1589.9	40939	83450	10824	38.8	863
4	Полития	Дятловский	Гродненская	215490.29086	1525137823.9	26947	12179	14775	0.2	2772.4	1067	38174	68029	16838	34.5	340.3
5	Полития	Кореличский	Гродненская	159432.57737	1064262939.4	22043	8950	13093	0.3	2665	262.2	43079	11605	16007	33.9	248
6	Полития	Истоповский	Гродненская	265182.15646	1335864690.8	30522	17271	14801	0.5	2892.2	1211	40566	10919	14445	37.6	434.3
7	Полития	Воловский	Гродненская	202124.72880	1199778430.1	72419	55684	16755	0.6	1000	5114	54472	12153	10284	46.6	1595
8	Полития	Зельвенский	Гродненская	189539.41524	89778381.17	17008	7071	9537	0.4	2628.4	100.4	39731	93889	6390	33.7	211.7
9	Полития	Слонимский	Гродненская	246564.95770	1412422036.5	66718	48977	16741	0.5	3540.8	2355.8	48583	91970	7264	36.2	1209.5
10	Полития	Светлогорский	Гродненская	191849.21704	1474296281.3	17423	7674	9749	0.7	2687.3	118.8	36094	69836	4897	24.7	172.6
11	Полития	Гродненский	Гродненская	306277.10112	2009633485.0	25542	11699	38843	0.6	3310	7703.9	72164	24565	5479	73	768.1
12	Полития	Шумяцкий	Гродненская	287668.18121	1927716249.0	43540	15292	25348	0.7	3064.7	1560.6	95376	19212	21999	86	539.8
13	Полития	Вороневский	Гродненская	263738.17220	1427716863.2	27823	8496	19337	0.5	2704.5	196.2	48792	10643	35010	47.9	476.2
14	Полития	Львовский	Гродненская	260398.80556	1817290504.8	26025	3233	16742	0.5	2659.7	363.5	34699	63825	8025	26.3	300.9
15	Полития	Октябрьский	Гродненская	108216.71434	1219625068.6	31653	15688	15685	0.3	2981.8	967.3	37327	62059	4227	25.1	705
16	Полития	Островский	Гродненская	213179.11727	1557129458.6	23936	8733	15203	0.4	2844.9	216.7	34049	70947	8832	29.6	496.6
17	Полития	Берестовицкий	Гродненская	152273.47718	749624117.25	16517	8577	10940	0.5	3192.3	231.9	32262	98320	12341	32	300.5

Рис. 11.29

**Шаг 22.** Скопируйте слой «Районы\_Clip» (клик правой кнопкой мыши по слою в таблице содержания → *Копировать*). Вставьте его во фрейм данных (*Правка* → *Вставить*) и назовите «Сельское и городское население» (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства* → *Общие* → *Имя слоя*). Слой «Районы\_Clip» переименуйте в «Население».

**Шаг 23.** Символизируйте слой «Население» (рис. 11.30). Для этого откройте окно *Свойства слоя* (клик правой кнопкой мыши по слою → *Свойства*). Выберите закладку *Символы* и установите для слоя функцию

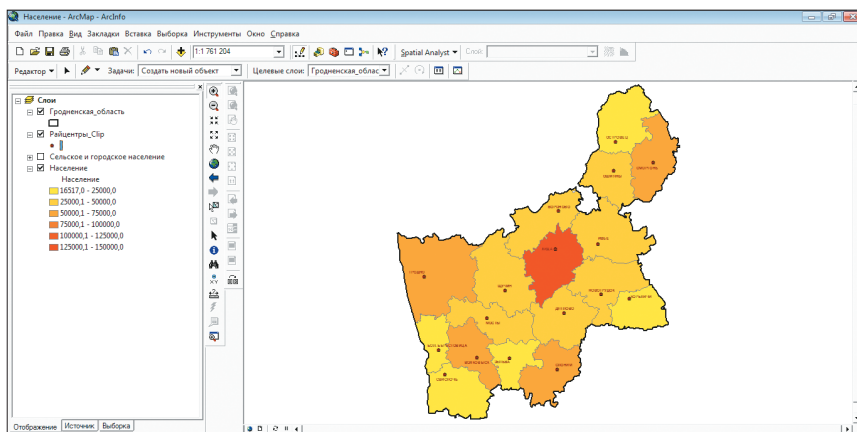


Рис. 11.30

отображения *Количество: Градуированные цвета*. В качестве поля значений установите «Население». После этого нажмите кнопку *Классифицировать*. В окне *Классификация* выберите параметры: *Метод* — «Заданный интервал» и *Интервал* — 25 000. Выберите цветовую схему, сочетающую в себе оттенки желтого, оранжевого и красного. Нажав правой кнопкой мыши на вкладку *Подпись*, выберите *Формат подписей*. В окне *Числовые форматы* установите *Число десятичных знаков* — 1, выберите также опцию *Дополнять нулями*.

**Шаг 24.** Символизируйте слой «Сельское и городское население». Установите для слоя функцию отображения *Диаграмма: Круговая диаграмма*. В качестве полей диаграммы выберите «Гор\_нас» и «Сел\_нас» (рис. 11.31, 11.32).

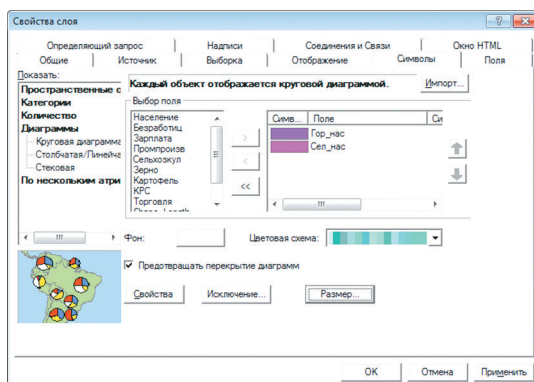


Рис. 11.31

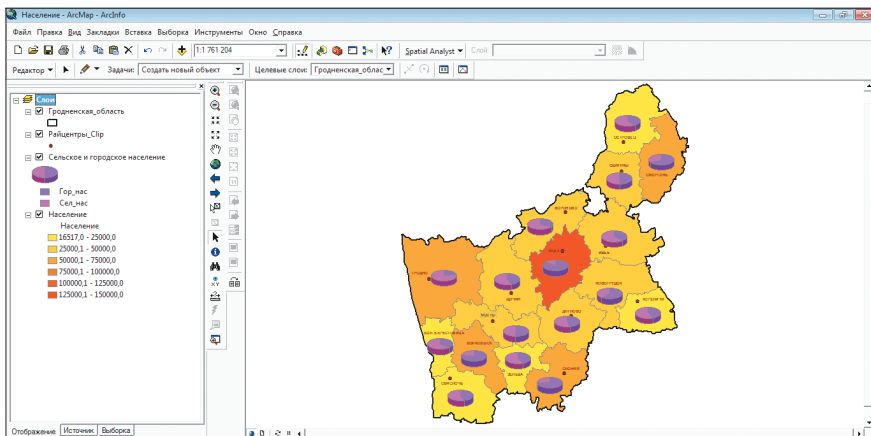


Рис. 11.32

Для фона установите параметры: *Цвет* — нет цвета, *Размер контура* — 0. Определите размер диаграммы — 35 точек.

**Шаг 25.** Сформируйте диаграмму по полю «Безработица». Для этого выберите *Инструменты* → *Диаграмма* → *Создать*. В окне *Мастер построения диаграмм* установите параметры, аналогичные рис. 11.33, 11.34.

После создания диаграммы щелкните по названию окна диаграммы правой кнопкой мыши и выберите опцию *Добавить в компоновку*.

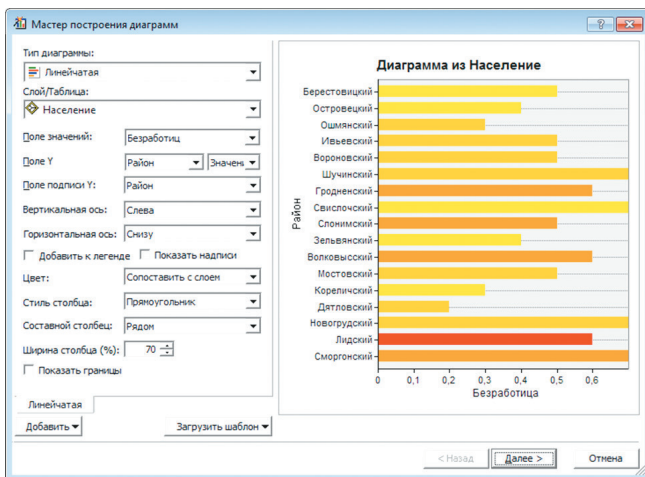


Рис. 11.33

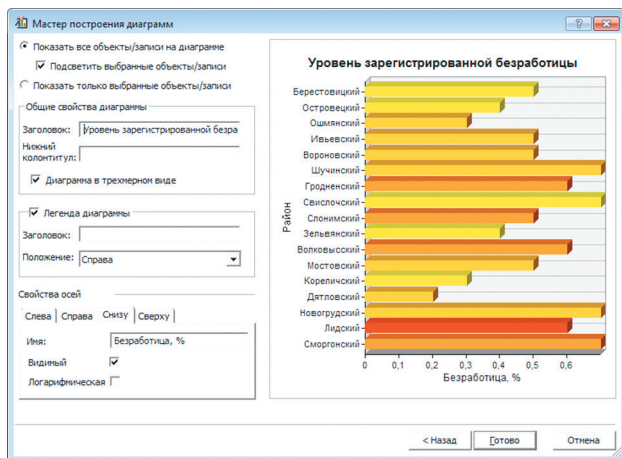


Рис. 11.34

**Шаг 26.** Сформируйте компоновку аналогично рис. 11.35. Экспортируйте готовую карту в растровый формат (рис. 11.36). Сохраните проект (Файл → Сохранить).

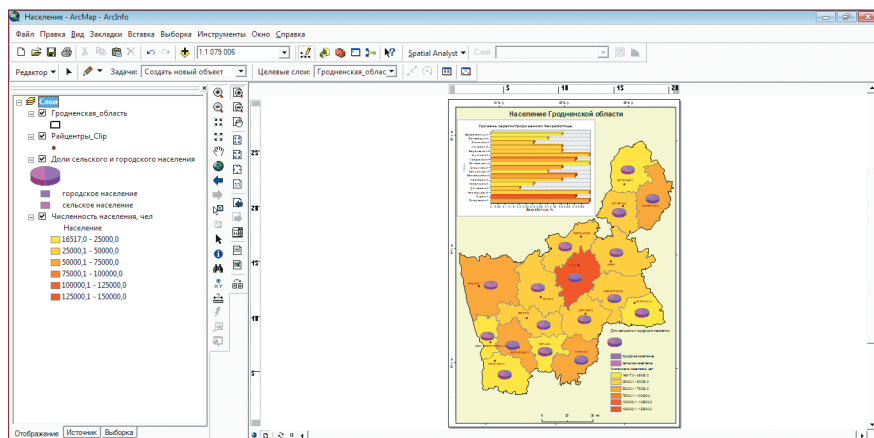


Рис. 11.35

**Шаг 27.** Сохраните проект под именем «Сельское хозяйство». Измените название слоя «Население» на «Посевы», слоя «Сельское и городское население» — на «Культуры».

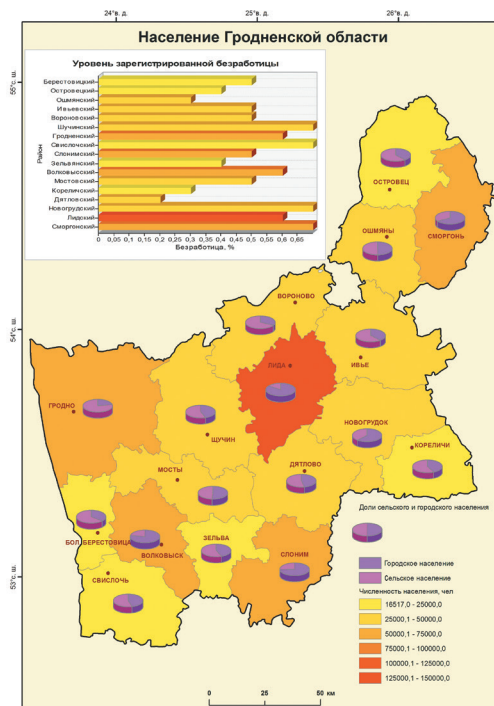


Рис. 11.36

Символизируйте слой «Посевы» по методу *Количество: Градуированные цвета*. В качестве поля значений установите «Сельхозкультуры». Для слоя «Культуры» задайте функцию отображения *Диаграмма: Столбчатая/Линейная*. В качестве полей диаграммы выберите «Зерно» и «Картофель». Сформируйте диаграмму по полю «КРС».

Подготовьте компоновку карты аналогично рис. 11.37. Экспортируйте готовую карту в растровый формат (рис. 11.38). Сохраните проект (*Файл → Сохранить*).

**Шаг 28.** Сохраните проект под именем «Зарплата, промышленное производство и торговля». Измените название слоя «Посевы» на «Зарплата», слоя «Культуры» — на «Промпроизводство».

Символизируйте слой «Зарплата» по методу *Количество: Градуированные цвета*. В качестве поля значений установите «Зарплата». Для слоя «Культуры» задайте функцию отображения *Количество: Пропорциональные символы* (поле «Промпроизводство»). Сформируйте диаграмму по полю «Торговля».

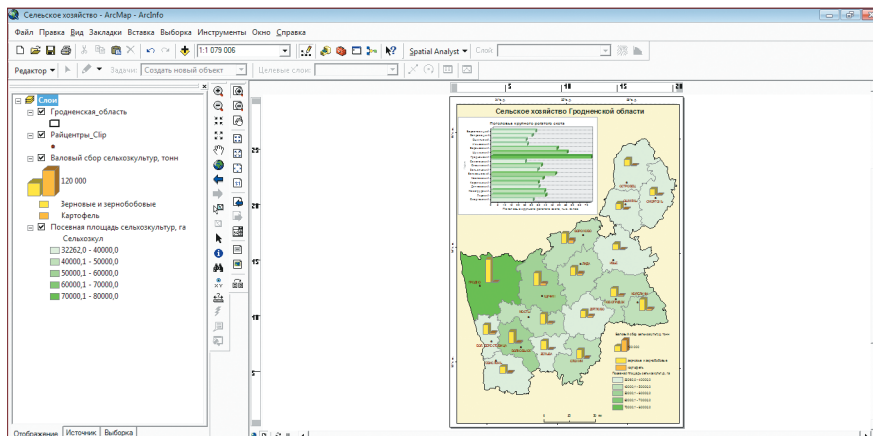


Рис. 11.37

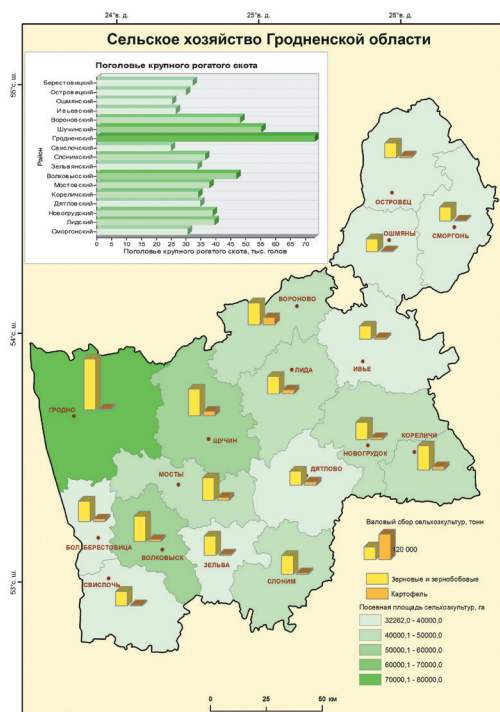


Рис. 11.38

Подготовьте компоновку карты аналогично рис. 11.39. Экспортируйте готовую карту в растровый формат (рис. 11.40). Сохраните проект (Файл → Сохранить).

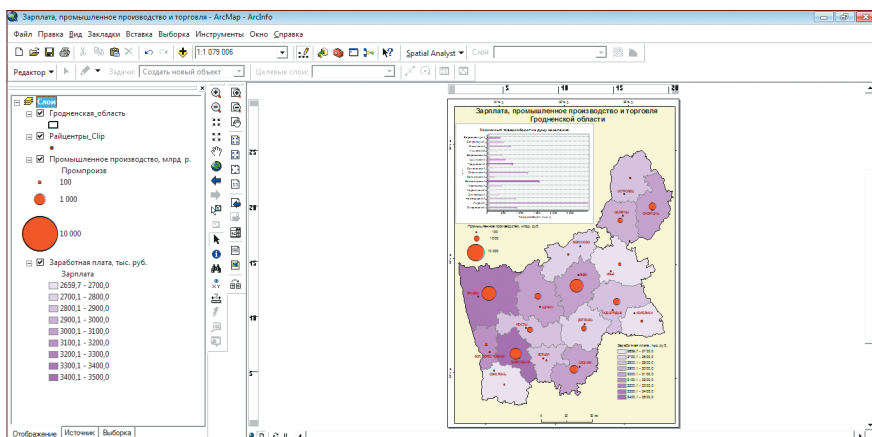


Рис. 11.39

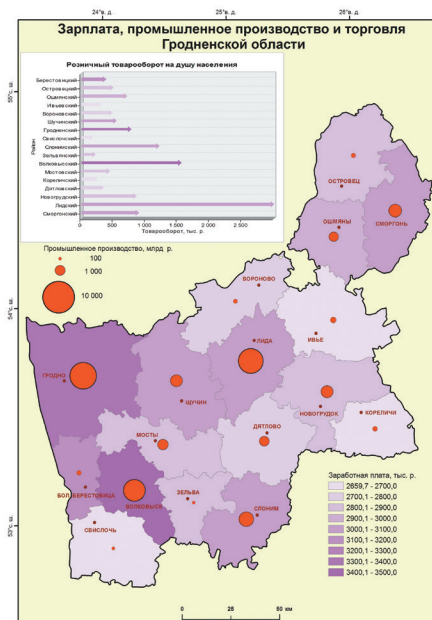


Рис. 11.40



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Перечислите основную последовательность шагов по созданию компоновки карты в среде ArcGIS.
2. Что такое аннотации в ГИС ArcGIS? Каким образом они хранятся?
3. Какие элементы математической основы карт, вспомогательного оснащения и дополнительных данных можно сформировать в среде ArcGIS?
4. Перечислите методы классификации количественных данных. Дайте их краткую характеристику.
5. Какие типы символизации векторных слоев применяются при создании картограмм и картодиаграмм?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Абламейко, С. В.* Географические информационные системы. Создание цифровых карт / С. В. Абламейко, Г. П. Апарин, А. Н. Крючков. — Минск, 2000.

Геоинформатика : учеб. для вузов : в 2 кн. / под ред. В. С. Тикунова. — М., 2010.

Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю. Б. Баранов [и др.]. — М., 1999.

*Гурьянова, Л. В.* Введение в географические информационные системы / Л. В. Гурьянова. — Минск, 2009.

*ДеМерс, М. Н.* Географические информационные системы: основы : пер. с англ. / М. Н. ДеМерс. — М., 1999.

*Красовская, И. А.* ГИС-технологии : курс лекций / И. А. Красовская, Д. М. Курлович, А. Н. Галкин. — Витебск, 2015.

*Курлович, Д. М.* ГИС-картографирование земель : учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. — Минск, 2011.

*Курлович, Д. М.* Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды : учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. — Минск, 2013.

Построение баз геоданных : пер. с англ. / Б. Бут [и др.]. — М., 2004.

*Шипулин, В. Д.* Основные принципы геоинформационных систем : учеб. пособие / В. Д. Шипулин. — Харьков, 2010.

ArcGIS 3D Analyst: руководство пользователя : пер. с англ. / ESRI. — М., 2004.

ArcGIS ArcCatalog: руководство пользователя : пер. с англ. / ESRI. — М., 2004.

ArcGIS ArcMap: руководство пользователя : в 2 ч. : пер. с англ. / ESRI. — М., 2004.

ArcGIS Help 10.1 [Электронный ресурс] / ArcGIS Resources. — Режим доступа: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/> (дата доступа: 10.06.2015).

ArcGIS Spatial Analyst : руководство пользователя : пер. с англ. / ESRI. — М., 2004.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
Лабораторная работа 1. ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГИС ARCGIS .....	5
Лабораторная работа 2. ГЕОПРИВЯЗКА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ...	17
Лабораторная работа 3. СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ.....	32
Лабораторная работа 4. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ВЕКТОРИЗАЦИЯ РЕЛЬЕФА .....	52
Лабораторная работа 5. СОЗДАНИЕ И АНАЛИЗ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ GRID-МОДЕЛИ .....	70
Лабораторная работа 6. АНАЛИЗ РАССТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ GRID-МОДЕЛЕЙ.....	77
Лабораторная работа 7. СОЗДАНИЕ TIN-МОДЕЛЕЙ И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ .....	89
Лабораторная работа 8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО ГИС-АНАЛИЗА ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ФОРМАНТОВ ОЙКОНИМОВ .....	101
Лабораторная работа 9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО ГИС-АНАЛИЗА ПРИ ПОИСКЕ МЕСТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СТАНЦИИ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ....	110
Лабораторная работа 10. РАСТРОВЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ГИС-АНАЛИЗ .....	124
Лабораторная работа 11. СОЗДАНИЕ И КОМПОНОВКА КАРТ ДЛЯ АТЛАСА ОБЛАСТИ .....	136
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	159