

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Кафедра цифровых технологий,  
математики и экономики

## Основы обработки геоинформации

Методические указания к выполнению  
лабораторных работ  
для обучающихся по направлению  
09.03.02 Информационные системы и технологии  
(уровень бакалавриата)  
профиль Геоинформационные системы

Мурманск  
2021

УДК 004.9(076.5)  
ББК 32.97  
О75

Составитель – Кузнецова Ольга  
Борисовна, канд. экон. наук, доцент  
кафедры цифровых технологий,  
математики и экономики Мурманского  
государственного технического  
университета

Методические указания рассмотрены и  
одобрены кафедрой математики,  
информационных систем и программного  
обеспечения 21 декабря 2021 г., протокол  
№ 4

Рецензент – Ромахова Ольга  
Андреевна, старший преподаватель  
кафедры информационных систем и  
прикладной математики Мурманского  
государственного технического  
университета

*Электронное издание подготовлено в  
авторской редакции*

Мурманский государственный технический университет  
183010, Мурманск, ул. Спортивная д. 13 тел. (8152) 40-35-00  
Уч.-изд. л. 2.91 Заказ 2738

© Мурманский государственный  
технический университет, 2021  
© Кузнецова О.Б., 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В EASY TRACE .....	5
1.1. Технологии ввода геоданных.....	5
1.2. Методы и средства визуализации .....	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ОСНОВЫ РАБОТЫ В ARCGIS .....	30
2.1. Работа с ArcCatalog .....	32
2.2. Работа с ArcMap .....	36
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	62

## ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторные работы по дисциплине «Основы обработки геоинформации» проводятся в 5 семестре (очная форма обучения)/3 курсе (заочная форма обучения).

Тематический план лабораторных работ представлен в табл. 1.

Таблица 1

Тематический план

№ п/п	Наименование практических работ	Кол-во часов	
		очная	заочная
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Основы работы в Easy Trace	12	4
2	Основы работы в ArcGIS	20	6
	<b>Всего:</b>	<b>32</b>	<b>2</b>

### Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. Шошина, К.В. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование : учебное пособие / К.В. Шошина, Р.А. Алешко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : ИД САФУ, 2014. – Ч. 1. – 76 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312310>.

2. Жуковский, О.И. Геоинформационные системы / О.И. Жуковский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : Эль Контент, 2014. – 130 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480499>.

#### Дополнительная литература

3. Карманов, А.Г. Геоинформационные системы территориального управления : учебное пособие / А.Г. Карманов, А.И. Кнышев, В.В. Елисева. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – 128 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/68650.html>.

В результате освоения материала у обучающегося должны быть сформированы следующие индикаторы достижения компетенции:

Владеть:

– навыками сбора и обработки исходных данных для ИС (ГИС).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В EASY TRACE

### 1.1. Технологии ввода геоданных

#### **Теоретические сведения**

Векторизация – замена совокупностей растровых точек на векторные примитивы, являющиеся их геометрическими аналогами.

Кроме этой замены при векторизации решаются следующие задачи:

- минимизация числа векторных примитивов;
- восстановление информации;
- формирование набора слоев;
- введение атрибутивной информации для графического объекта;
- построение корректной топологической структуры информации.

Растровое изображение – изображение, представленное двумерным массивом точек, каждая из которых имеет свой цвет. В основе векторного изображения лежат элементарные графические объекты: линия, дуга, окружность и т.п.

Easy Trace – пакет программ, предназначенный для переноса графической информации с бумажных носителей в компьютер и ориентированный прежде всего на обработку картографических материалов.

Схема процесса векторизации:

1. Подготовка растров
  - 1.1. Сканирование исходного материала
  - 1.2. Коррекция растров
  - 1.3. Редактирование растров
2. Создание нового проекта
3. Управление слоями
4. Трассировка
5. Базы данных
6. Экспорт векторного материала

Трассировка – процесс полуавтоматического или ручного прослеживания линии по ее изображению на растре.

Помимо замены растровых изображений на векторные примитивы с последующей передачей их в ГИС (САПР), программа Easy Trace позволяет в процессе векторизации решать следующие задачи:

1) минимизация числа векторных примитивов (две пересекающиеся линии разных слоев должны остаться двумя, а не четырьмя линиями, сошедшимися в одной точке);

2) восстановление информации, частично утраченной или искаженной из-за износа бумажного носителя, дефектов чертежных инструментов, дефектов исполнения, погрешностей сканирования;

3) «расслоение» изображения по его смысловому содержанию (например, карта может содержать слои рельефа, автодорог, коммуникаций, границ земельных участков и т.д.);

4) введение атрибутивной информации для графического объекта (например, напряжение линии электропередач, диаметра трубопровода, площадь земельного участка, его собственник и т.п.);

5) построение корректной топологической структуры информации, соответствующей требованиям конечной ГИС или САПР.

Таким образом, с помощью программы-векторизатора можно создавать файлы векторных и атрибутивных данных, несущие в себе гораздо больше информации, чем исходный бумажный материал, и превышающие его по точности.

Топология – это математическая дисциплина, занимающаяся определением пространственных связей. Применительно к картам топология определяет связи между объектами, устанавливает соседство полигонов и представляет один объект (например, участок) в виде набора других объектов (например, линий).

Создание и хранение топологических связей имеет ряд преимуществ. При использовании топологии данные хранятся более эффективно, поэтому обработка данных ускоряется, и становится возможной обработка наборов данных больших размеров.

Основные виды ошибок оцифровки представлены в табл. 1.

### Пометки ошибок, используемые при верификации

	- самопересечение;
	- удвоение вершины;
	- пересечение «крест»;
	- частичное перекрытие;
	- пересечение «вершина»;
	- висячий узел;
	- псевдо-узел;
	- незамкнутый полигон;

Во время построения топологии каждому объекту присваивается внутренний номер. Затем эти номера используются для определения связанности дуг и смежности полигонов. Эти значения хранятся в таблице атрибутов. Таблицы атрибутов объектов являются, по сути, файлами данных, связанных с каждым типом объектов. Каждая таблица атрибутов объектов создается из шаблона со стандартными атрибутами. Несмотря на то, что существует три типа объектов (дуги, точки и полигоны), имеется два типа таблиц – ААТ (дуги) и РАТ (точки и полигоны), поскольку точки и полигоны используют один шаблон.

Easy Trace позволяет создавать дуго-узловую модель векторного материала непосредственно в процессе оцифровки.

В соответствии с требованиями конечной ГИС можно создавать (и выбирать из имеющихся) стратегии проверки топологии.

Стратегия проверки – это именованный постоянный набор выбранных Вами тестов, который будет применяться к постоянному набору выбранных Вами слоев. Продумав наборы тестов и сохранив их как стратегии, Вы значительно ускорите свою работу с серией однотипных материалов, тем более, что раз созданные стратегии наследуются всеми последующими проектами при создании их по шаблону.

## Ход работы

Необходимо векторизовать изображенную на рис.1 учебную карту.

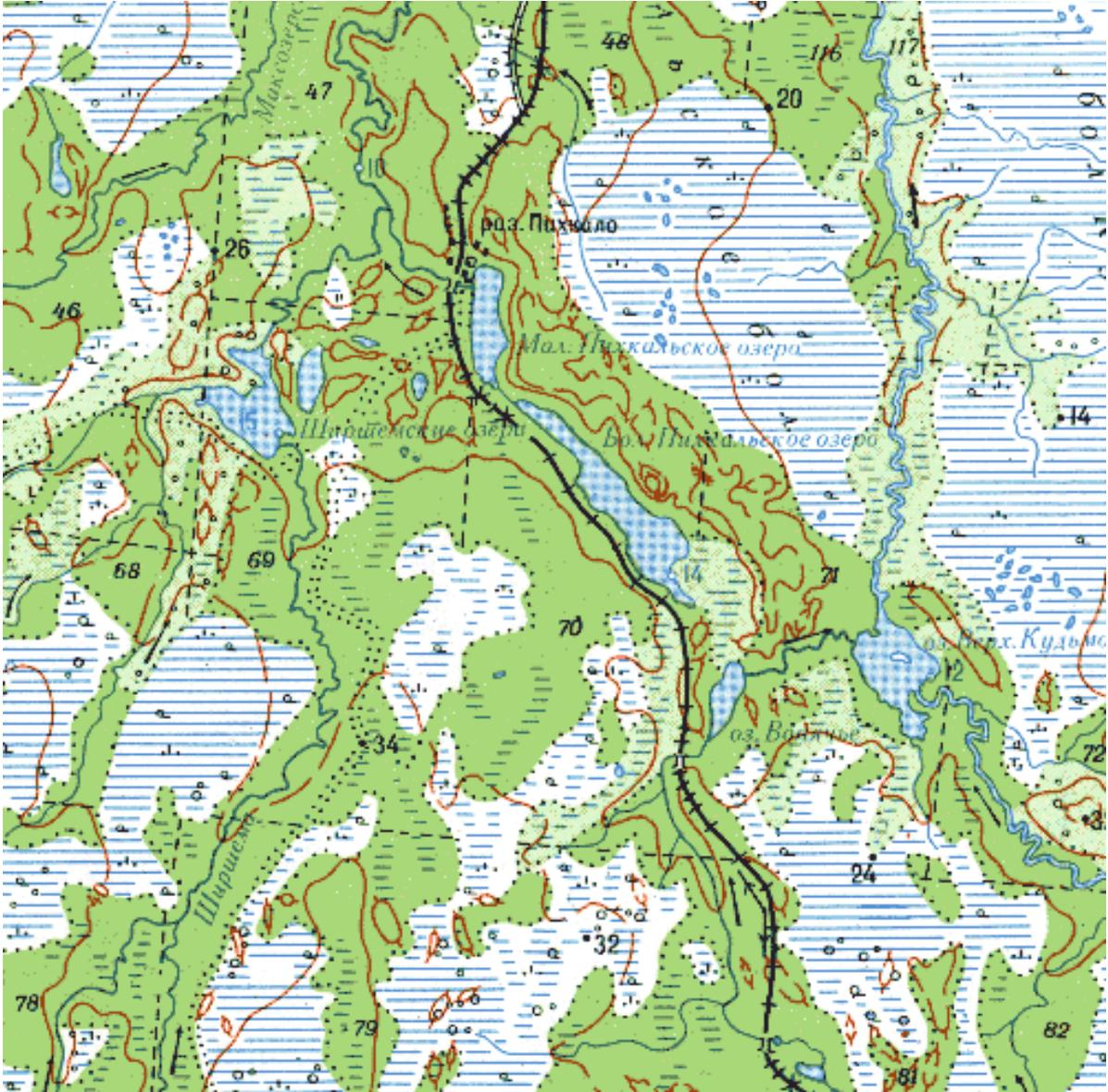


Рис. 1. Учебная карта, подлежащая векторизации

### 1. Сохранение карты

Сохраните полученное изображение с именем **Example** в формате BMP или TIFF с помощью любого графического редактора в папку **Example** на Рабочем столе.

## 2. Создание проекта

Создайте проект на основе имеющегося у нас растрового файла. Для этого вызовете мастер создания нового проекта – «**Файл/Новый проект...**» (рис. 2). После чего появляется окно, в которое необходимо ввести Имя проекта (например, **Example**) и определить его местоположение (папка на Рабочем столе – **Example**).

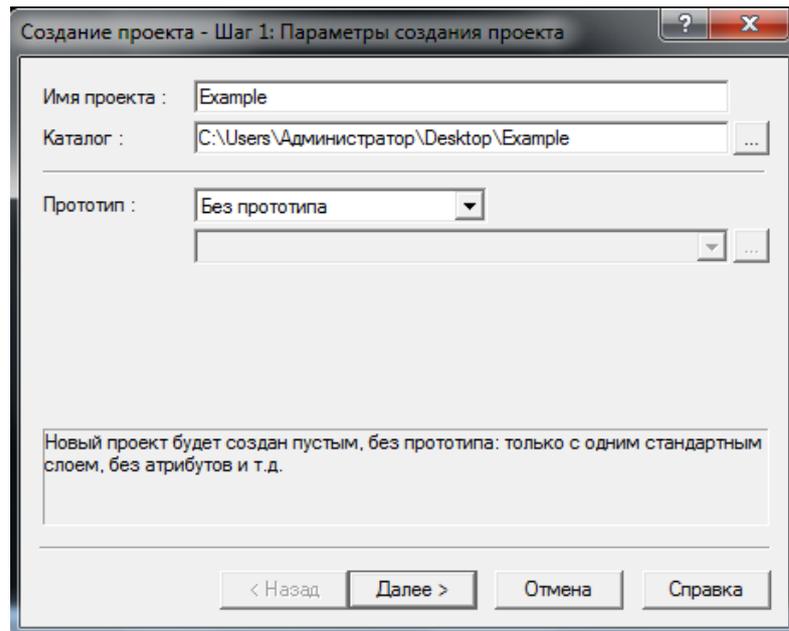


Рис. 2. Мастер создания нового проекта. Шаг 1

Нажимаем кнопку «**Далее**».

На втором шаге отмечаем галочкой пункт «**Создать проект на основе растрового файла**» (рис. 3). Именно такой способ показался мне наиболее практичным с точки зрения его дальнейшей привязки. Задаем путь к сохраненному файлу **Example**.

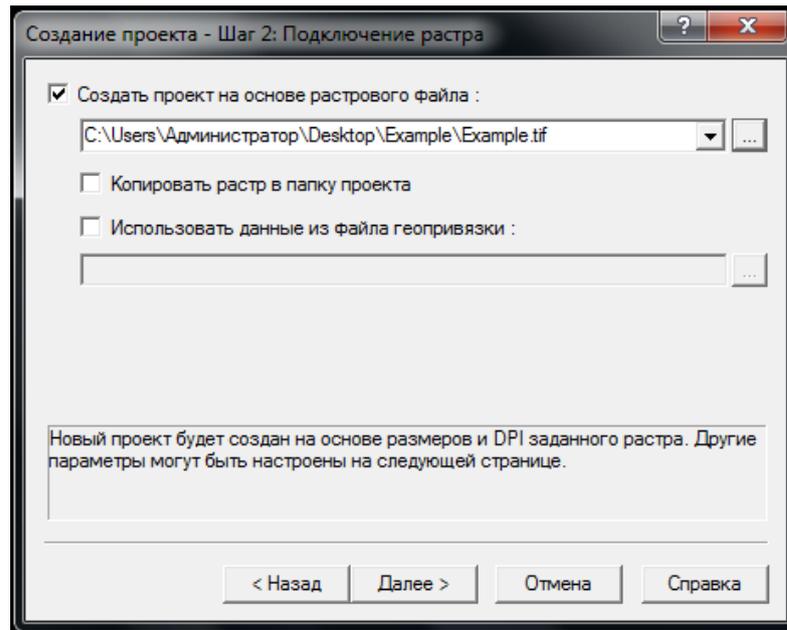


Рис. 3. Мастер создания нового проекта. Шаг 2

Нажимаем кнопку «Далее».

На третьем шаге остановимся подробнее (рис. 4).

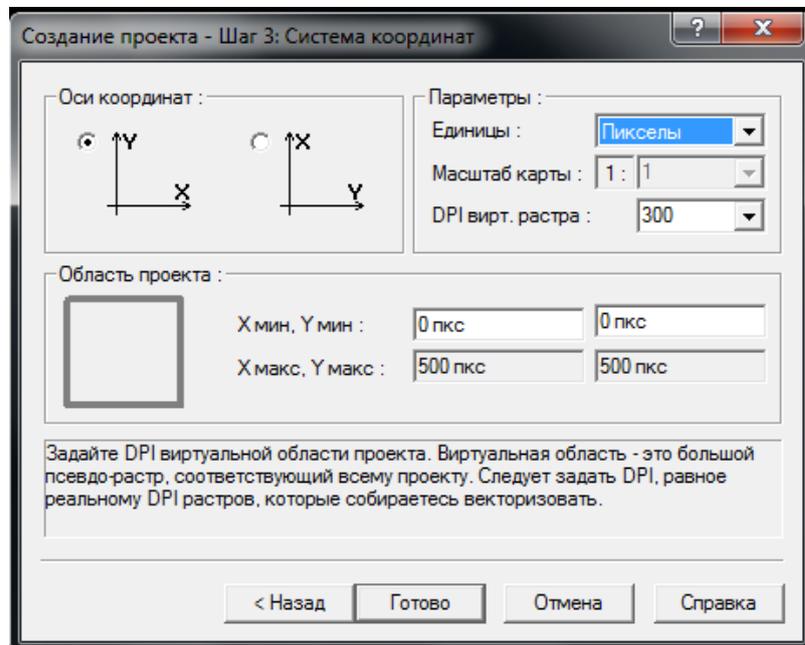


Рис. 4. Мастер создания нового проекта. Шаг 3

Для удобства дальнейшего ввода координат для точек привязки, будет лучше использовать показанную на рисунке ориентацию осей координат.

Масштаб можно поставить, исходя из масштаба, указанного в бумажной карте. Единицы измерения – пиксели. Разрешение изображения нужно поставить в соответствии с параметрами. Координаты углов остаются как есть. Они соответствуют размеру учебной растровой карты.

Нажимаем кнопку «Готово».

На этом процесс создания проекта заканчивается.

В окне проекта сразу будет виден результирующий растр (рис. 5).

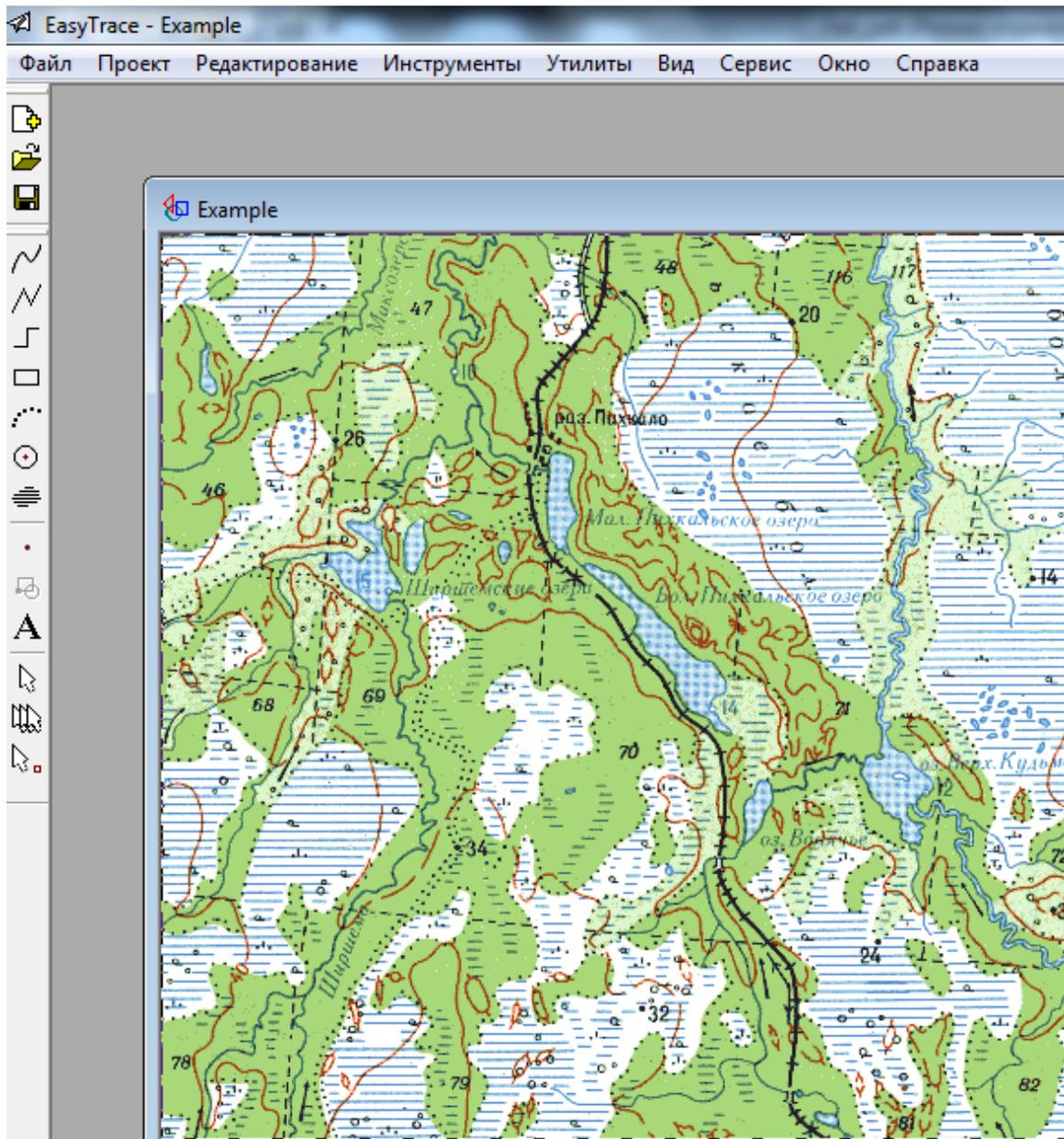


Рис. 5. Результат создания нового проекта

### 3. Управление слоями

Вызовите окно настройки слоёв – «Проект/Слой...». Появится окно, показанное ниже (рис. 6).

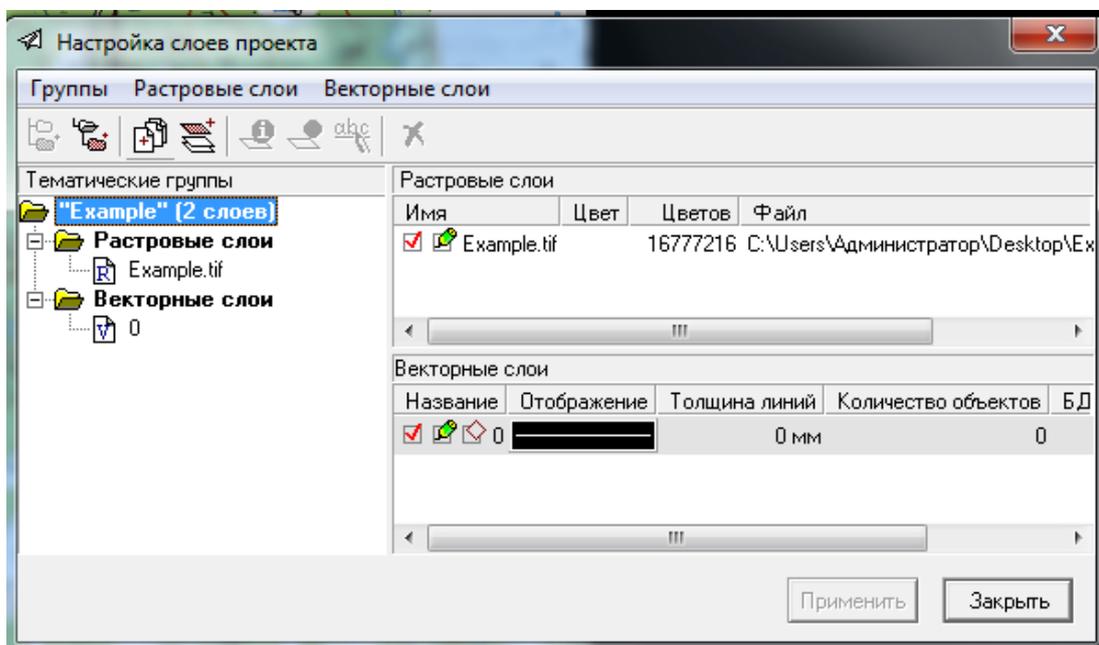


Рис. 6. Настройка слоев проекта

В окне можно увидеть все имеющиеся слои. Как видно, они разбиты на две группы – растровые и векторные. По умолчанию имеется по одному слою в каждой группе. Но, помимо информационной, основная функция этого окна, это управление слоями. Именно тут можно добавлять, удалять, переименовывать, настраивать, скрывать слои и т.д.

Текущие настройки можно наблюдать и изменять с помощью специального поля с символами, расположенными в слева каждого слоя в окнах растровых и векторных слоёв.

Для растровых слоёв можно задать видимость или невидимость слоя – галочка поставлена или отсутствует, активность или неактивность данного растра при трассировке – карандашик или снежинка и задать имя слоя. Так же здесь указан текущий цвет для бинаризованных слоёв. Его можно менять, исходя из собственных предпочтений.

Для векторных слоёв настроек немного больше. Функции и обозначения видимости и активности для этих слоёв остались такими же, как и для растровых слоёв. Далее виден маленький ромбик на фоне квадрата. Это

установка типа объекта. В программе Easy Trace возможно создание объектов всех необходимых типов – точек, линий и полигонов. Рассмотрим только создание линий и полигонов, как самых сложных объектов. Соответственно, для первого типа ромбик будет пустым, а для полигонов – закрашенным. Далее можно задать имя слоя. А вот далее идёт поле, определяющее способ отображения объектов обоого типа в окне проекта. Вариантов достаточно, чтобы достаточно комфортно работать со всеми данными. Для линий возможно изменять только цвет, а вот для полигонов настроек больше. Помимо выбора цвета, можно применять несколько вариантов заливки.

Есть ещё один вариант оперативного управления видимостью и активностью слоёв. Это, появившееся рядом с панелями инструментов, небольшое окно с указанием текущего слоя. Если нажать на раскрывающееся поле, то можно видеть все существующие в данное время слои. Но, в отличие от окна настройки слоёв, здесь можно только включать или выключать видимость слоя. Это делается простым снятием или постановкой галочки в нужном слое. Или делать нужный слой активным. Для этого нужно просто выбрать пункт нужного слоя.

Теперь рассмотрим на доступные инструменты. Они совершенно разные для двух групп слоёв.

Для векторных слоёв набор выглядит так (рис. 7):



Рис. 7. Набор инструментов для векторных слоёв

А для растровых совершенно иначе (рис. 8):



Рис. 8. Набор инструментов для растровых слоёв

Не приводится полный перечень всех инструментов. Большинство из них достаточно привычны, а остальные снабжены хорошими подсказками.

Целью работы будет получение векторных лесов, озёр и горизонталей, изображённых на растре. Сначала необходимо заняться горизонталями. Очень не многие наносят на свои карты линии горизонталей. Вместе с тем, горизонтали несут достаточно важную информацию о высотах и рельефе. Поэтому давайте сначала отработаем технологию векторизации именно на них.

Создайте три векторных слоя **Горизонтали**, **Лес** и **Озёра**.

Перейдите на растровый слой. Свидетельством этого будут инструменты для обработки растра (рис. 8).

#### 4. Трассировка

Рассмотрите, как выглядят горизонтали (рис. 9).



Рис. 9. Вид горизонталей

Подготовьте растр к трассировке. Залогом успешной трассировки всегда является максимально возможная чистка растра от лишних данных. В

нашем случае лишним является всё, что не является горизонталями. Соответственно, надо удалить ненужные, и оставить все цвета, которые относятся к горизонталям.

Как видно из рисунка, это коричневые оттенки. Для этого существует специальный инструмент. Он называется «**Бинаризация**». Вызвать его можно или через меню – «**Редактирование/Бинаризация...**» или выбрав в поле инструментов соответствующую иконку. В панели инструментов для растров она вторая слева.

Суть этого инструмента очень проста – с его помощью можно выделять нужные цвета. Увеличим изображение так, чтобы были видны отдельные пиксели. Примерно так, как показано на рисунке. И последовательно выделяем только те цвета, из которых состоят наши линии горизонталей. Те цвета, которые были указаны, меняют цвет. Последовательное выделение нескольких оттенков коричнево должно дать в результате примерно следующее (рис. 10):

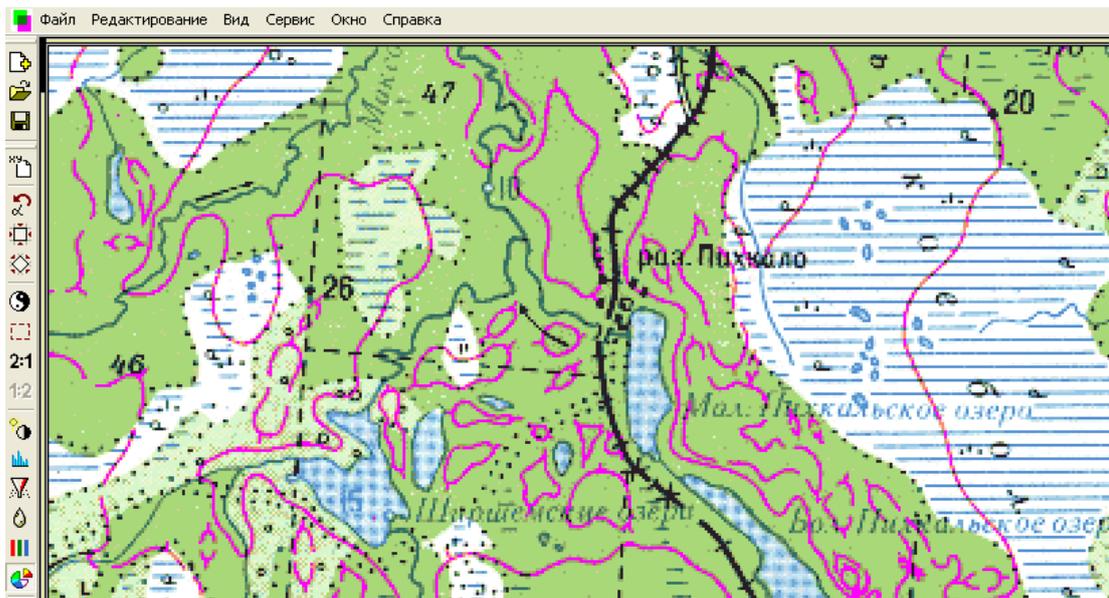


Рис. 10. Результат инструмента «Бинаризация». Шаг 1

Теперь перенесите выделенные цвета, как отдельную растровую подложку в проект. Но перед этим необходимо выполнить последнюю операцию для растра. Это команда «**Бинаризовать**». Вызывается она в окне настроек инструмента.

После этого всё, что было выделено, осталось в виде белых областей на чёрном фоне, а прочее исчезло (рис. 11).

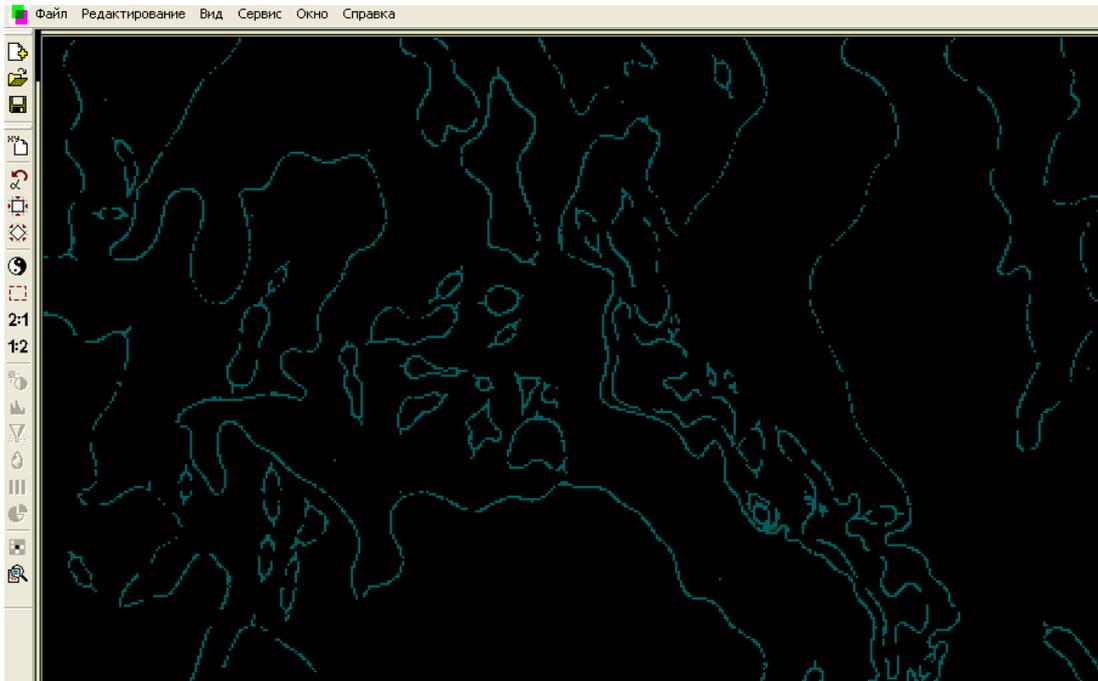


Рис. 11. Результат инструмента «Бинаризация». Шаг 2

После этого необходимо избавиться от небольшой «грязи» на изображении. Она выражается в наличии одно- двухпиксельных точек хаотично разбросанных по полю. Для их удаления есть особый инструмент. Он вызывается командой «Редактирование/Чистка растра...».

Однако в нашем случае лучше применить другой способ редактирования полученного растра. Выберите инструмент – «**Редактирование/Масочная фильтрация...**». В появившемся окне выберите пункт «**Тонкие изолинии**» и начните обработку.

Теперь нажмите правой кнопкой мыши на полученном изображении и выберите пункт «**Редактирование/Привязать к проекту...**». После этого возникнет окно с вариантами привязки растра. Но в нашем случае ничего привязывать пока не надо. Поэтому выберите «**Без коррекции (в заданную точку проекта)**». В следующем окне укажите, что данный растр будет использовать параметры основного растра. После этого снова открывается окно проекта.

Созданный слой отображается вместе с нашим первым слоем и не очень хорошо заметен на его фоне. Раскройте меню текущего слоя и снимите видимость первого слоя. После закрытия этого окна, останется видимым только новый слой с горизонталями. Правда можно и не убирать основной растр. Однако необходимо исключить его из процесса векторизации. Для этого вызовите окно настройки слоёв и в нужном растре вместо карандашика поставьте снежинку. Это «заморозит» данный растр.

Перейдите на слой **Горизонтали**. Трассировать будете в полуавтоматическом режиме. Это позволит контролировать и управлять всем процессом.

Выберите нужный инструмент трассировки. Чаще всего, как и в этом случае, будет необходим инструмент «**Кривая**». Он стоит самым крайним слева на меню инструментов для векторных слоёв (рис. 7). Выберите инструмент и укажите курсором на произвольное место нужной горизонтали. От этого места сразу пойдёт линия. Это уже нужный вектор. В местах, вызывающих затруднения для распознавания направления движения, прокладка будет останавливаться и ждать Ваших подсказок. Помогайте ей, переводя курсор к месту продолжения кривой. Если вдруг что-то пошло не так, можно остановить процесс автоматической трассировки, щелкнув правой кнопкой мыши. После этого все действия прекращаются и появляется дополнительное меню инструмента (рис. 12).

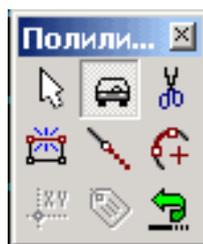


Рис. 12. Дополнительное меню инструмента «Кривая»

В этом окне выберите режим «Откат». Он позволяет, щёлкая левой кнопкой мыши, последовательно убирать ненужные участки кривой. Уберите всё необходимое и, выбрав в этом же меню режим «Автоматическая трассировка», продолжите создание кривой. Если линия замкнутая, как например в центральной части моего примера, то трассировщик сам за-

мкнёт её. Если линия не закончена, то дойдя до её конца, надо просто два раза нажать правой кнопкой мыши и процесс трассировки продолжится уже с другой стороны. Закончить создание можно также дважды щёлкнув правой кнопкой мыши или нажав кнопку Esc. Здесь не описаны все операции, доступные в показанном меню работы с инструментом, но все подсказки на русском языке и достаточно понятны. В результате должно получиться примерно следующее (рис. 13):



Рис. 13. Результат инструмента «Кривая»

Перейдите на слой **Лес** и аналогичным образом обработайте его.

Перейдите на основную растровую картинку, она в цвете.

Выберите инструмент «Бинаризация» и отметьте все зелёные оттенки, соответствующие обозначению лесистых участков. Должно получиться примерно так (рис. 14):

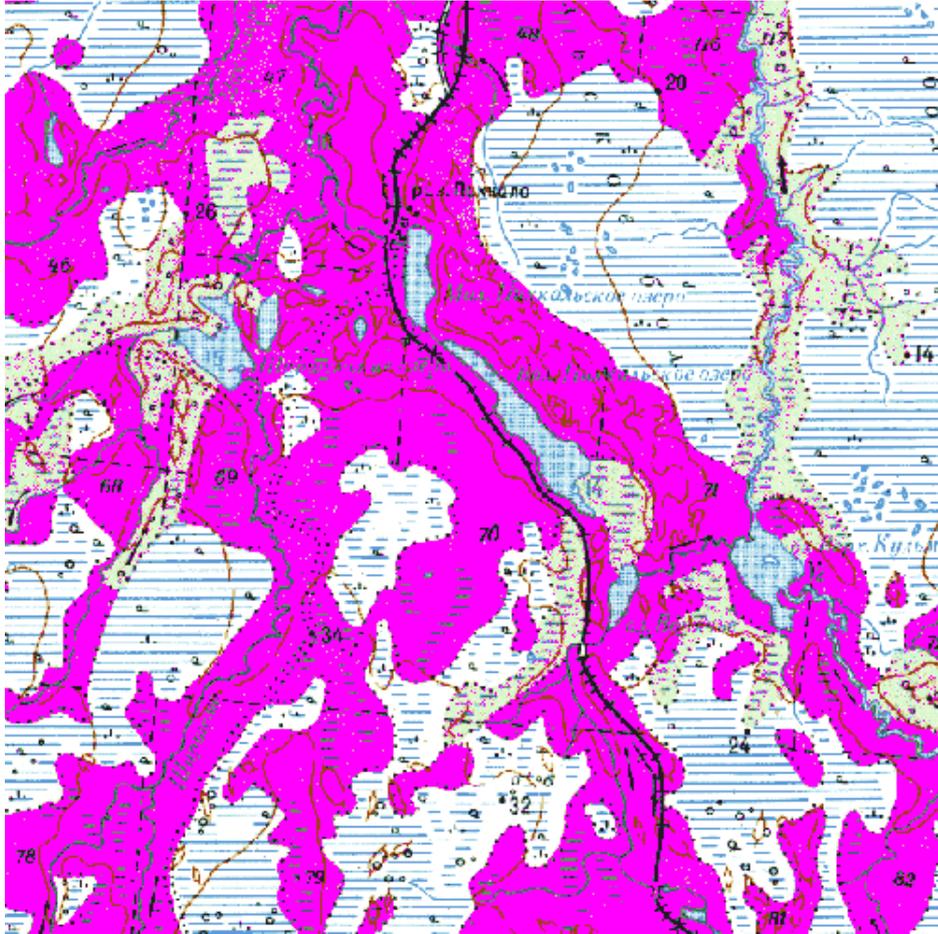


Рис. 14. Результат инструмента «Бинаризация» для слоя Лес. Шаг 1

После бинаризации не будет одной полностью залитой области (рис. 15).

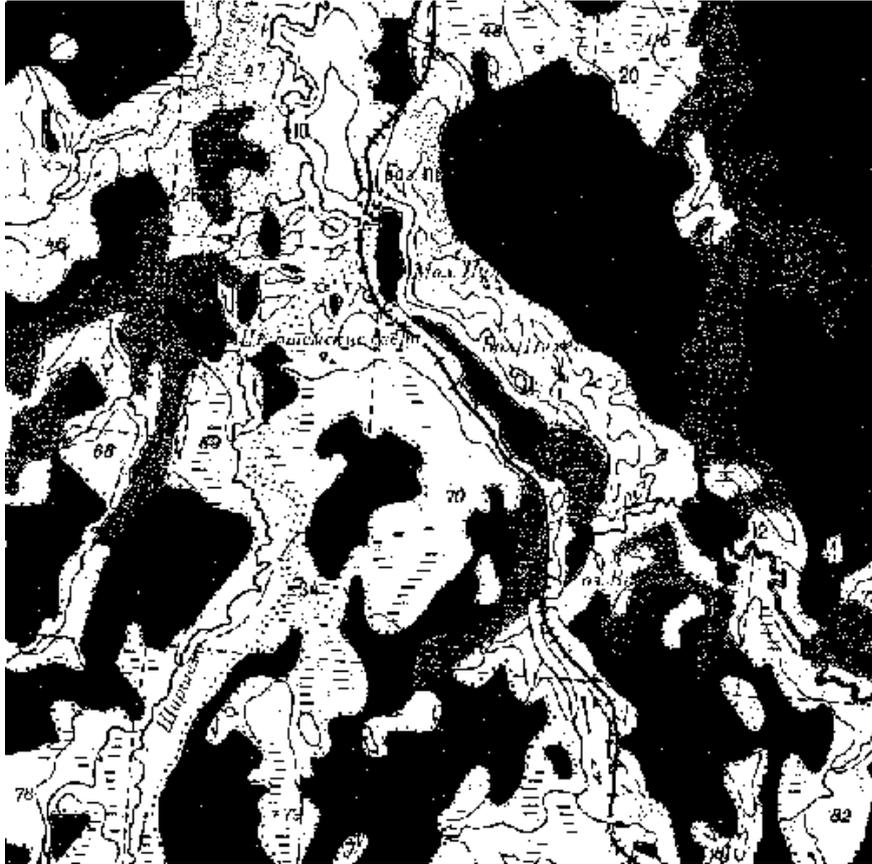


Рис. 15. Результат инструмента «Бинаризация» для слоя Лес. Шаг 2

Выберите инструмент **«Редактирование/Чистка растра...»** и, настроив этот инструмент, пробуйте очистить рисунок от ненужной грязи. После выбора значений для данного инструмента равными 4 для удаления и 6 для заполнения и применения данного инструмента 3-4 раза, должно получиться примерно следующее (рис. 16):



Рис. 16. Результат инструмента «Чистка растра» для слоя Лес

Этого вполне достаточно для текущей задачи. Но, если вдруг некоторые ненужные участки черного или белого цвета остались, то выберите инструмент «Редактирование/Редактирование растра». В нижней части окна программы появится окно с настройками этого инструмента. Что бы понять, как работает этот инструмент, попробуйте использовать его в окне изображения с нажатой левой, а затем правой кнопкой мыши. Посмотрите, что при этом меняется. Не забывайте, что нужны только границы области, поэтому закрашивать все внутренние участки нет никакого смысла. Однако, если в нашем проекте есть вложенные участки – озёра, болота и т.п., то рекомендуется сразу сделать контуры и для них. Это очень пригодится в будущем. В результате получается изображение с которым уже можно работать дальше. Сохраните его под каким-либо именем и присоедините к проекту. Таким образом, векторный слой с названием «Лес» уже есть.

Теперь опять пришла пора трассировки. Выбор инструмента прежний – Кривая. Но если мы сейчас начать векторизацию, то ничего не получится. В случае с горизонталями, для векторизации нужна была середина растровой линии, а в данном случае нам нужно обводить край растрового

участка. Поэтому смените стратегию растеризации – **«Сервис/Параметры трассировки...»**. Выставьте режим **«Трассировать по контуру»**. После этого приступайте к процессу.

Отдельно надо сказать про настройки стратегий растеризации. Обязательно используйте настройки параметров трассировки. Посмотрите на параметры и попытайтесь найти наилучшие значения для необходимых параметров. Обычно немного уменьшают допустимый разрыв контура и увеличивают угол поиска продолжения. После трассировки и оптимизации формы векторных линий – **«Утилиты/Автоматическая трассировка/Оптимизация формы линий...»** (рис. 17):

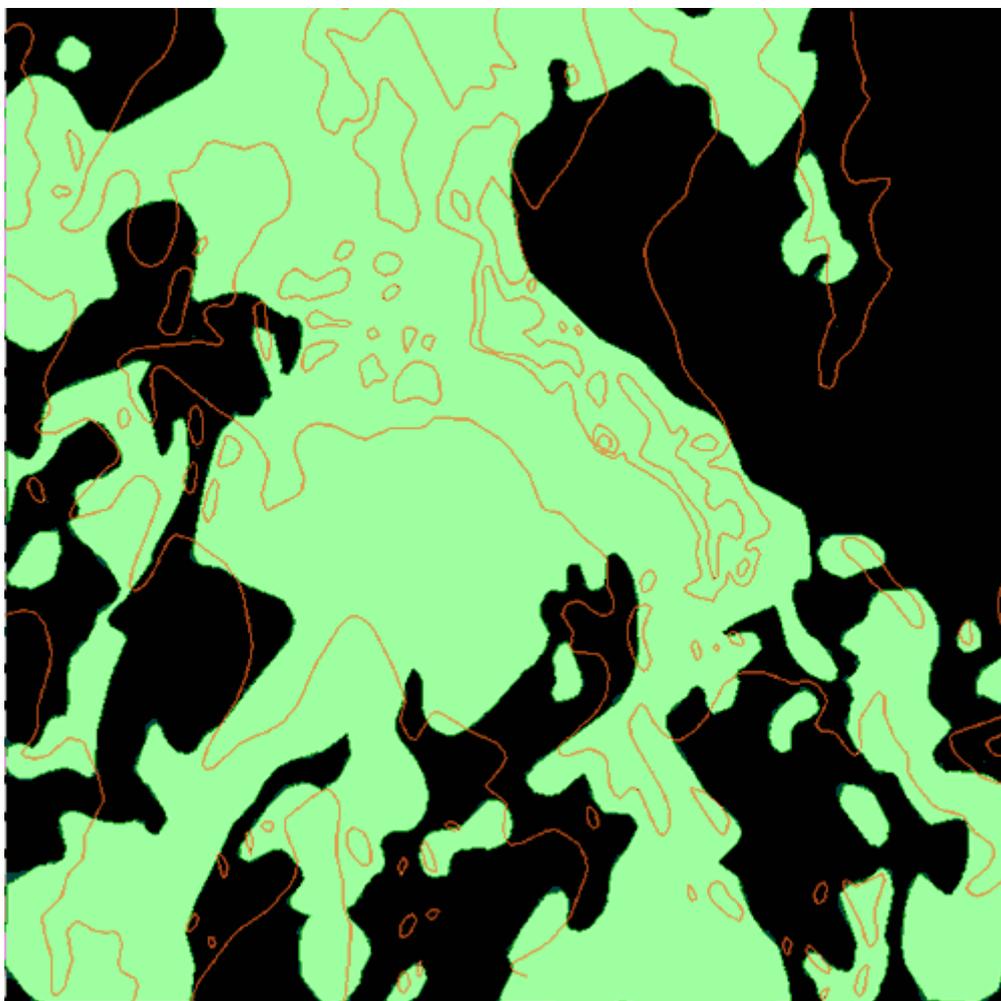


Рис. 17. Результат трассировки для слоя Лес

Аналогичным образом векторизуйте слой **Озера**.

## 5. Экспорт данных

Выберите операцию экспортирования объектов – «Файл/Экспорт...». Появится первое окно мастера экспорта (рис. 18).

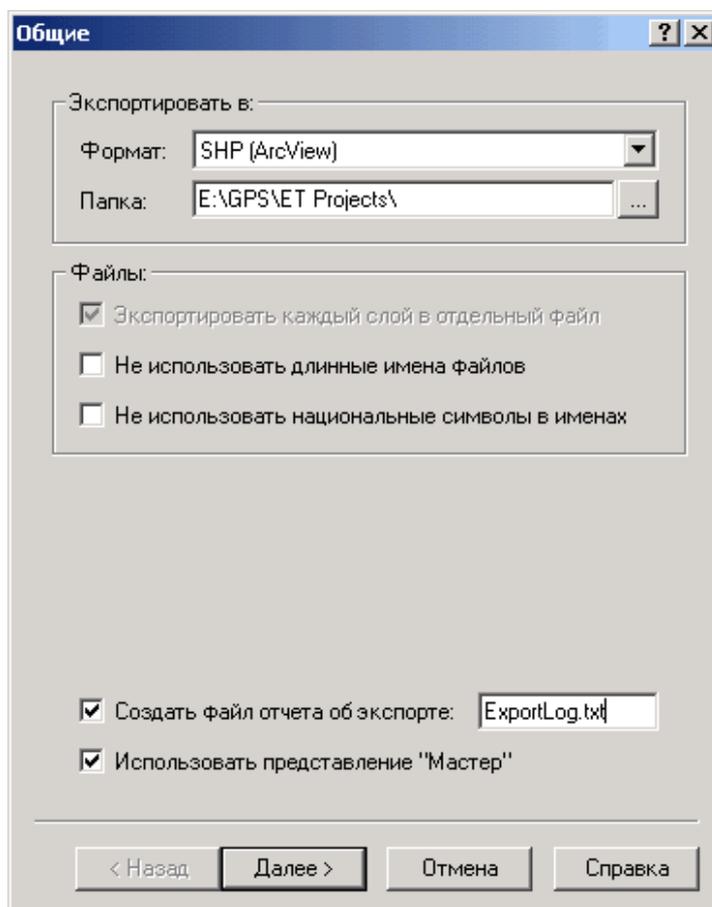


Рис. 18. Окно мастера экспорта. Общие

Здесь указываете нужный формат и путь для сохранения готовых данных. Далее идёт окно «**Объекты**», там ничего не меняете. А вот за ним идёт окно, в котором предлагается указать векторные слои, которые необходимо экспортировать (рис. 19).

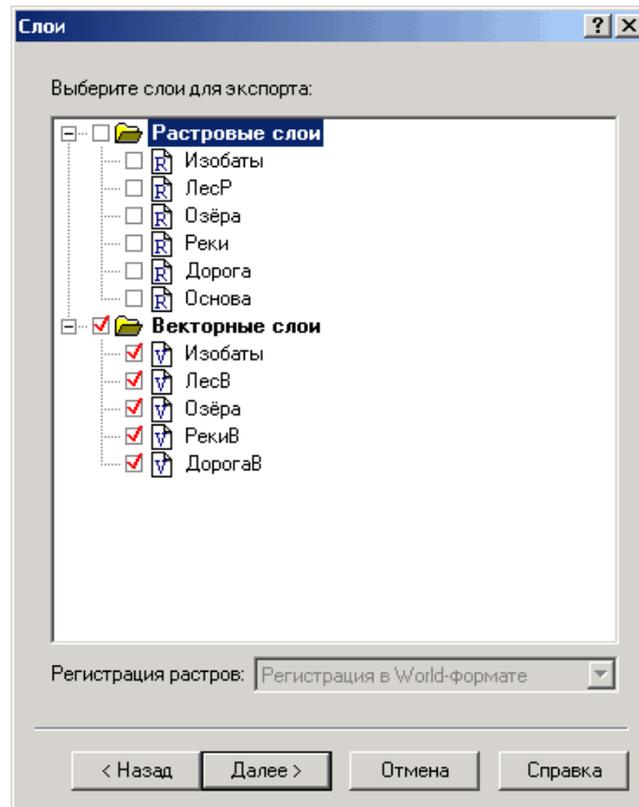


Рис. 19. Окно мастера экспорта. Слои

Отметьте все необходимые слои. После сохранения в целевом формате они будут храниться в файлах с именами, соответствующими названию слоя и идентификаторами типа объекта – линия или полигон. Далее идёт окно «**Опции слоёв**» (рис. 20).

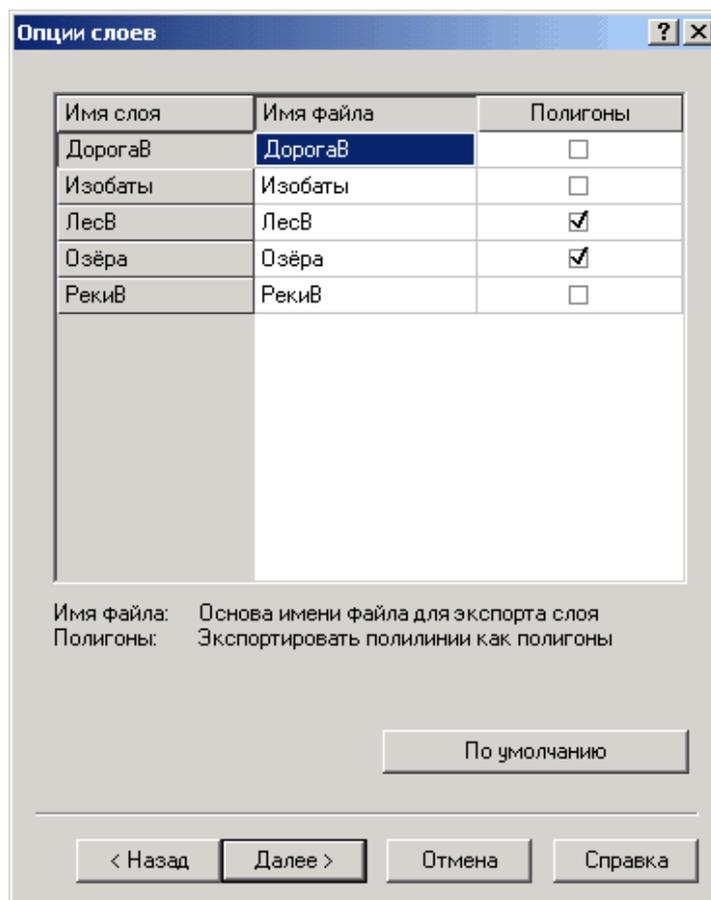


Рис. 20. Окно мастера экспорта. Опции слоев

В этом окне можно посмотреть и задать тип объектов, содержащихся в каждом из выбранных слоёв. Если раньше устанавливали соответствующий тип в менеджере слоёв, то теперь нужный тип будет выставлен автоматически. В следующем окне, будут привязываться наши данные. Это окно «Трансформация».

В сущности, ничего делать не нужно, т.к. уже всё готово. Поэтому выберите пункт **«Нет трансформации координат»**. Исходными пусть считаются координаты текущего растра. Здесь ещё раз можно посмотреть координаты контрольных точек и проверить всё ли правильно введено.

Далее идёт окно настройки файлов типа SHP. Там ничего менять не требуется.

На этом процесс экспорта заканчивается. В результате должно получиться несколько файлов с расширением SHP и именами слоёв вместе с атрибутами типа объектов, содержащихся в каждом из них.

## 1.2. Методы и средства визуализации

Необходимо векторизовать изображенную на рис. 21 схему продольного разреза товарно-пассажирского парохода «Совет».

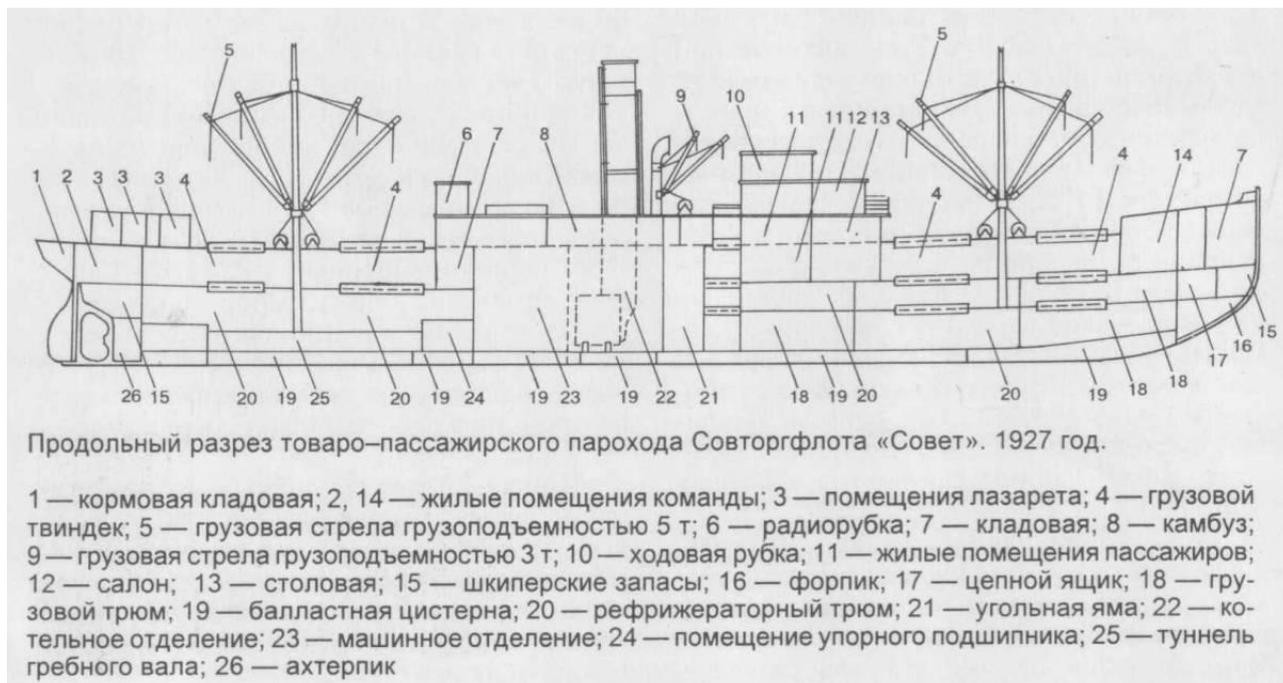


Рис. 21. Схема продольного разреза товарно-пассажирского парохода «Совет», 1927 год

1. Подготовьте схему к работе (уберите подложку и подписи).

2. Создайте проект под именем Пароход Совет.

3. Добавьте следующие векторные слои:

- кладовые (1, 7);
- жилые помещения команды;
- помещения лазарета;
- грузовой твиндек;
- грузовые стрелы (5, 9);
- радиорубка;
- камбуз;
- ходовая рубка;

- жилые помещения пассажиров;
- салон;
- столовая;
- шкиперские запасы;
- форпик;
- цепной ящик;
- грузовой трюм;
- балластная цистерна;
- рефрижераторный трюм;
- машинное отделение (21-25);
- ахтерпик.

4. Выполните трассировку всех объектов.

5. Далее необходимо проверить введенные пространственные данные на наличие ошибок, исправить ошибки и построить топологию.

5.1. Создание стратегии проверки топологии.

Вызовите команду – **«Утилиты/Проверка топологии...»**. В открывшемся диалоговом окне **«Проверка топологии»** сделайте текущим желаемый набор тестов (кроме Пересечения «Крест») и слоев (все слои). Нажмите кнопку **«Добавить»**.

Укажите имя созданной стратегии в открывшемся окне (например, Стратегия) и нажмите кнопку **«ОК»**.

В программе предусмотрено 6 видов тестов, из которых можно составлять любые наборы:

1) Самопересечение – выявление ошибок самопересечения одной полилинии.

2) Пересечение «Крест» – выявления случаев взаимного пересечения двух полилиний.

3) Пересечение «Вершина» – выявление Т-образных примыканий полилиний без образования узла.

4) Висячий узел – узел, принадлежащий одной полилинии, у которой начальная и конечная вершины не совпадают.

5) Незамкнутые полигоны – проверка на замкнутость площадных объектов (совпадения начальной и конечной вершин полилинии).

б) Псевдо-узлы – выявление сходимости в одной точке двух полилиний одного слоя.

Для тестов «Крест», «Вершина» и «Незамкнутые полигоны» при необходимости может быть установлена опция «В пределах своего слоя», позволяющая избежать обнаружения фиктивных ошибок. Например, дорога, начинающаяся от границы города, может образовывать с ней T-образное примыкание, и это не будет ошибкой. Для теста «Висячие узлы» доступна дополнительная опция «Пропускать одиночные...», которую активизируют, если наличие одного висячего узла допустимо для линий проверяемого слоя (пример – притоки рек).

## 5.2. Проверка топологии и редактирование ошибок.

По окончании проверки открывается окно, содержащее информацию об ошибках, а все ошибки дуго-узловой модели помечены специальными значками. Оцените количество ошибок и, закрыв окно, перейдите к их редактированию (рис. 22).

Для навигации по найденным ошибкам используйте редактор ошибок, для исправления их – команды индивидуального редактора. При проверке топологии возможно и желательно создание и применение постоянных именованных стратегий проверки, которым рекомендуем давать понятные названия («Дороги», «Реки»).

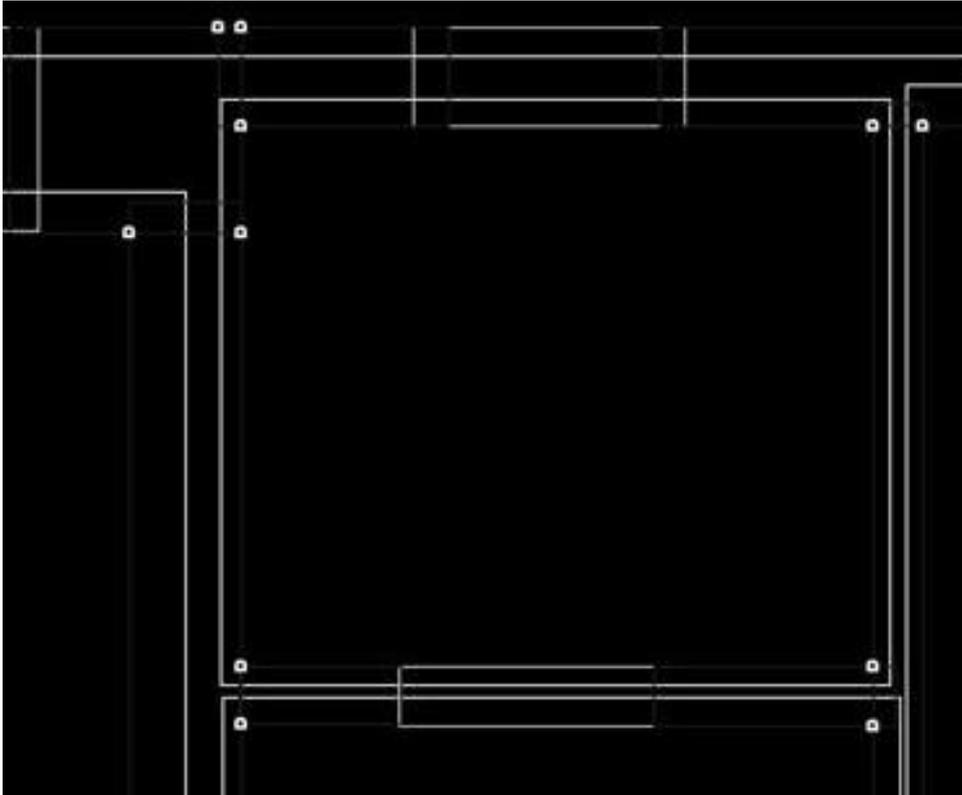


Рис. 22. Ошибки, обнаруженные при проверке топологии

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ОСНОВЫ РАБОТЫ В ARCGIS

При работе с ArcGIS можно использовать три настольных приложения: ArcCatalog, ArcMap и ArcToolbox.

ArcCatalog управляет хранением пространственных данных, структурой баз данных, а также записью и просмотром метаданных (рис. 23). Приложение позволяет найти, просмотреть, задокументировать и организовать географические данные, а также создавать сложные базы геоданных для хранения этих данных. ArcCatalog предоставляет структуру для организации хранения больших объемов разнотипных данных ГИС.

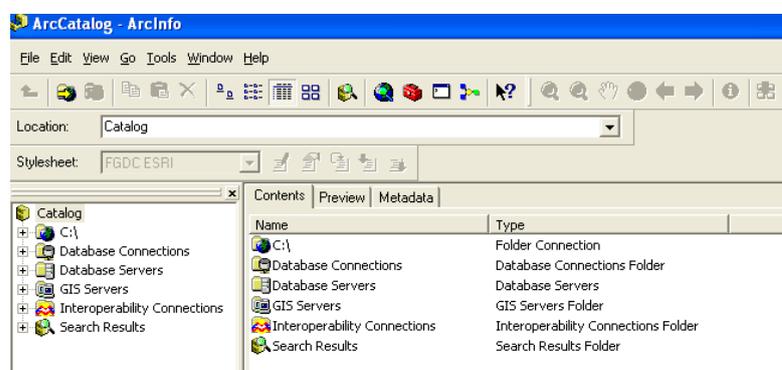


Рис. 23. Приложение ArcCatalog

ArcMap используется для всех задач создания карт и редактирования, а также для картографического анализа (рис. 24). Приложение позволяет создавать карты и работать с ними. В ArcMap можно просмотреть, отредактировать и проанализировать географические данные.

ArcToolbox используется для преобразования данных и геообработки (рис. 25). Приложение, содержит множество инструментов ГИС для геообработки.

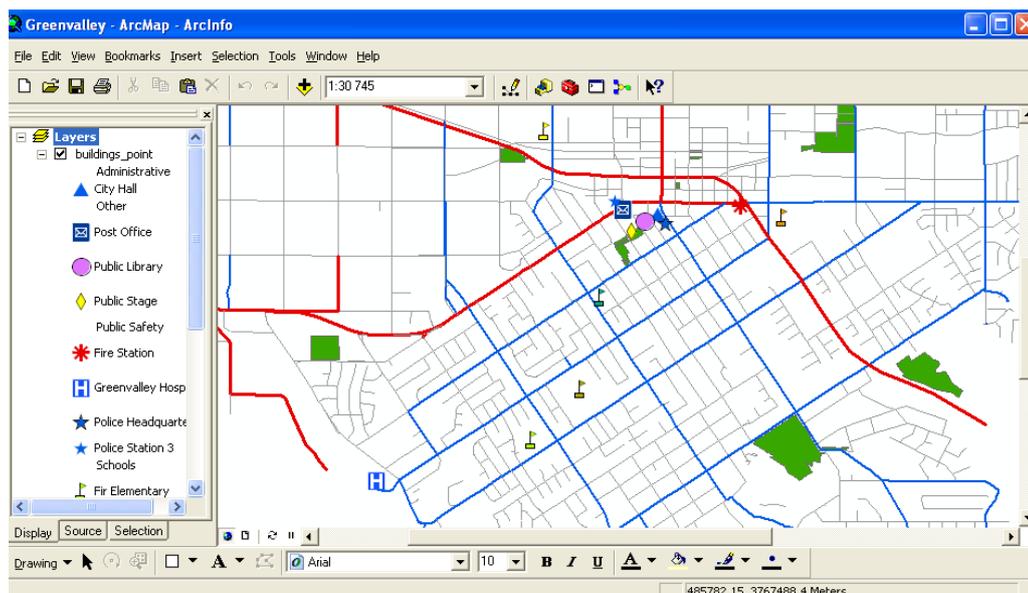


Рис. 24. Приложение ArcMap

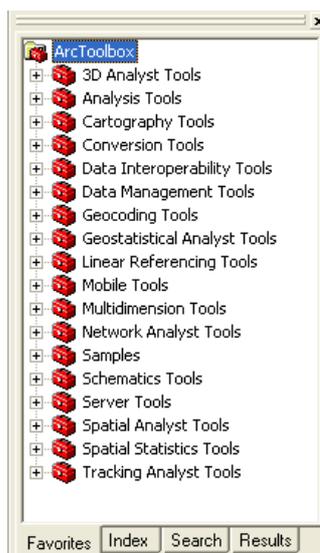


Рис. 25. Приложение ArcToolbox

С помощью этих трех приложений можно решить любую задачу ГИС, простую или сложную, включая создание карты, управление данными, географический анализ, редактирование данных и геообработку.

## 2.1. Работа с ArcCatalog

1. Запустите ArcCatalog – Пуск/Все программы/AcrGIS/ArcCatalog (рис. 26).

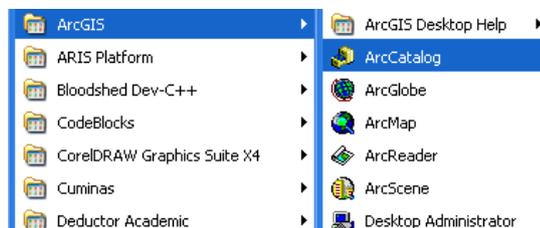


Рис. 26. Запуск ArcCatalog

ArcCatalog содержит две панели окна. Дерево каталога в левой части окна ArcCatalog предназначено для просмотра и организации данных ГИС. Содержимое текущей ветви каталога отражается в правой части окна каталога (рис. 23).

### 2. Подключение к учебным материалам

Добавьте подключение к папке, в которой лежат учебные данные. Эта новая папка останется в дереве каталога, пока вы ее не удалите. Для этого щелкните на значок Connect To Folder (Подключиться к папке) (рис. 27).

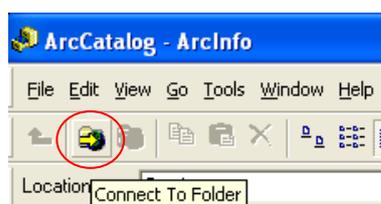


Рис. 27. Панель инструментов ArcCatalog

Перейдите в папку C:\Мои документы\Getting\_Started\Greenvalley и нажмите ОК (рис. 28).

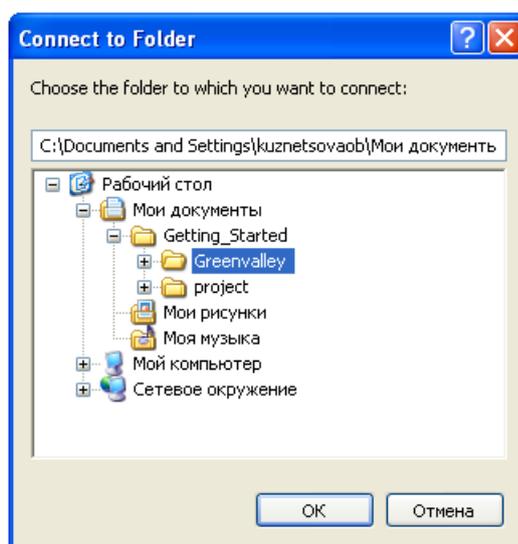


Рис. 28. Окно подключения учебных материалов

Новое подключение будет показано в дереве каталога (рис. 29).

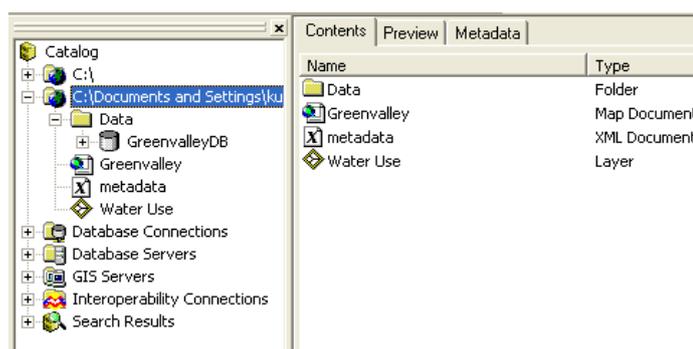


Рис. 29. Окно каталога нового подключения

Щелкая на знак плюс, можно раскрыть папки в дереве каталога. Это подключение содержит папку, документы карты и слой. Документ карты Greenvalley – это карта общая города. Слой Water Use содержит набор участков в Гринвелли, где цветом показано относительное потребление воды на каждом участке.

#### 4. Просмотр образца карты Гринвелли

Правая панель ArcCatalog отображает наборы данных разными способами. Вы можете щелкнуть на объект на левой панели и просмотреть его на правой панели. Для просмотра данных можно использовать три заклад-

ки Contents (Содержание), Preview (Просмотр) и Metadata (Метаданные). С каждой закладкой связана строка инструментов, позволяющая изменить вид данных.

Один из удобных вариантов просмотра карт для их выбора просмотр их в виде образцов на закладке Contents (Содержание) (рис. 30).



Рис. 30. Представления данных при закладке Contents (Содержание)

Представления данных при закладке Preview (Просмотр) (рис. 31).

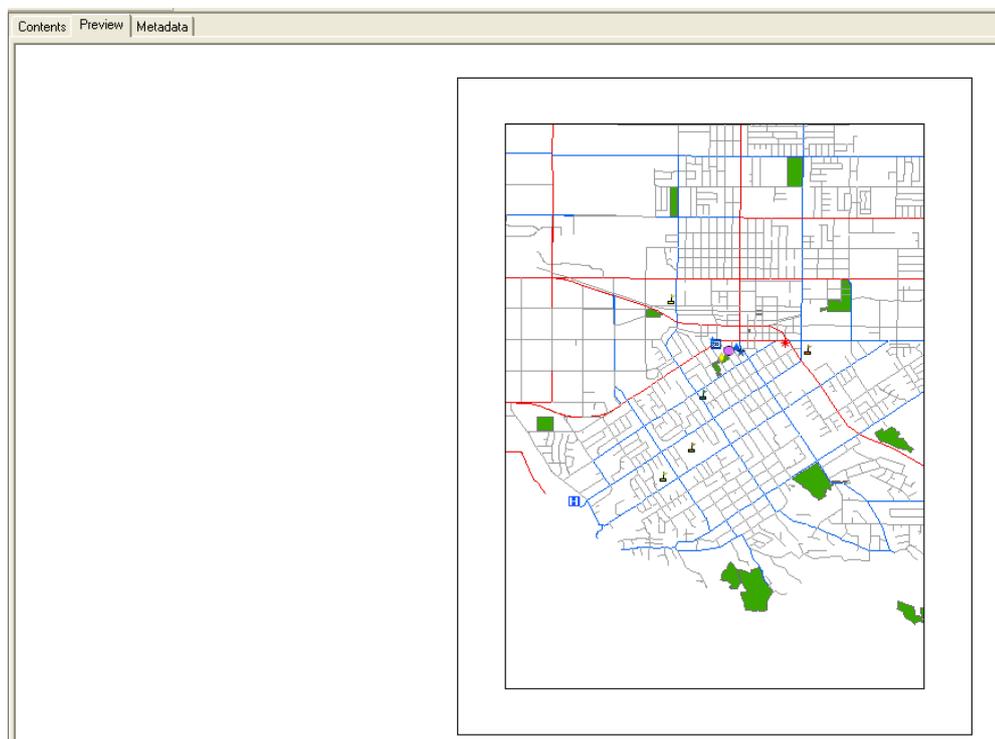


Рис. 31. Представления данных при закладке Preview (Просмотр)

Представления данных при закладке Metadata (Метаданные) (рис. 32).

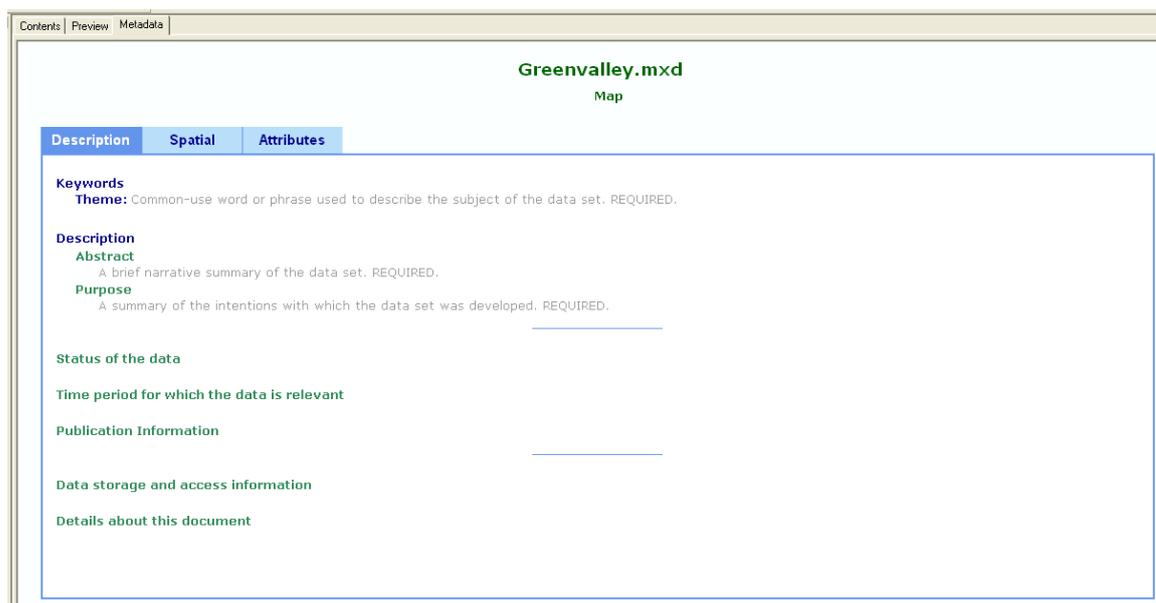


Рис. 32. Представления данных при закладке Metadata (Метаданные)

Карта Гринвелли будет использоваться как основа для информации, которая требуется городскому совету. Для открытия карты дважды щелкните на Greenvalley в дереве каталога (рис. 33).

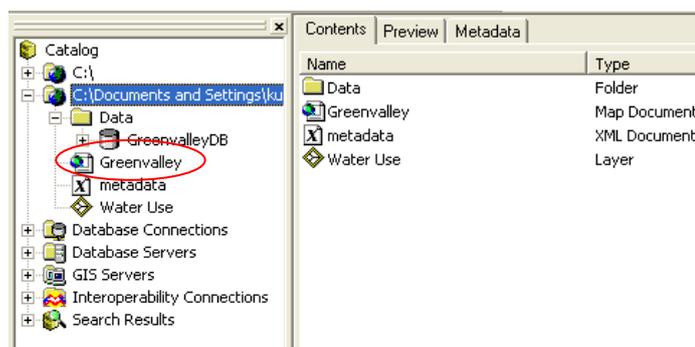


Рис. 33. Окно каталога для открытия Greenvalley

Двойной щелчок на имени карты в дереве каталога открывает карту в ArcMap (рис. 34).

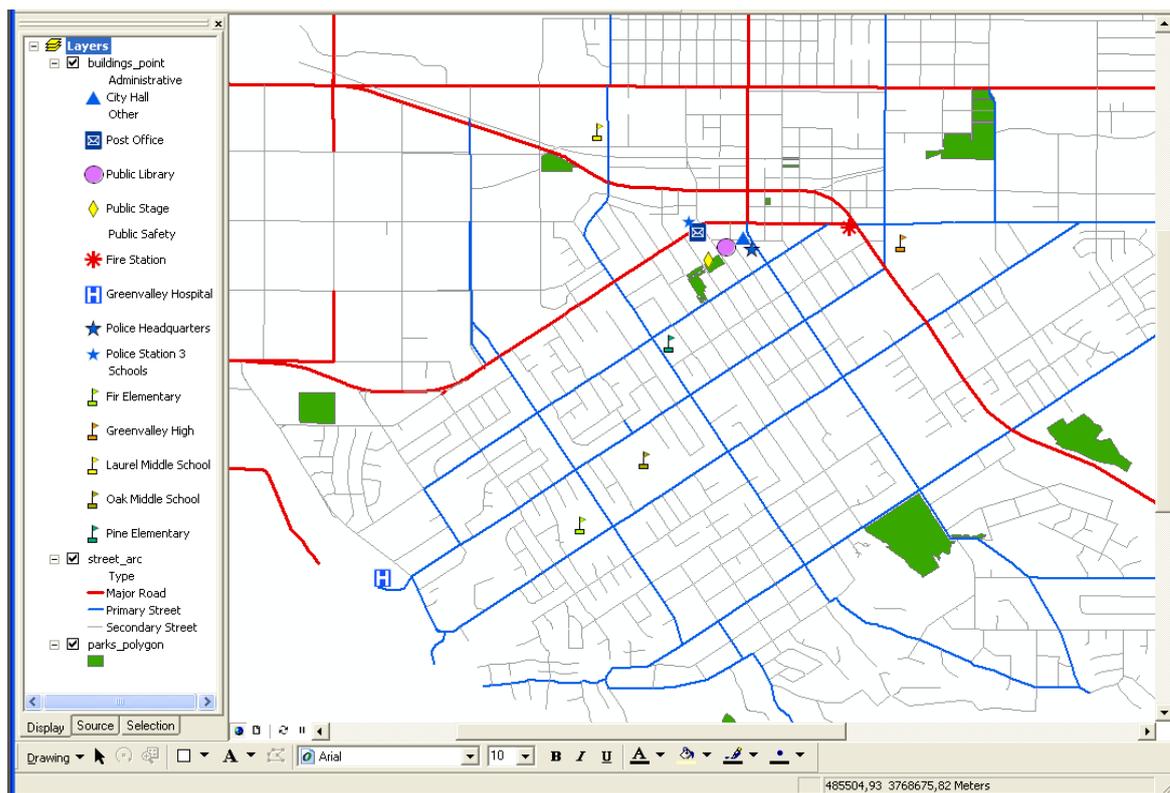


Рис. 34. Карта Greenvally, открытая в ArcMap

## 2.2. Работа с ArcMap

ArcMap – это инструмент для создания, просмотра, запроса, редактирования, компоновки и издания карт. Большинство карт содержат несколько типов данных об одном районе. Данная карта Гринвелли содержит три слоя данных – здания, улицы и парки. Эти слои перечислены в таблице содержания. Возле каждого слоя находится переключатель, позволяющий отключить его отображение (рис. 35).

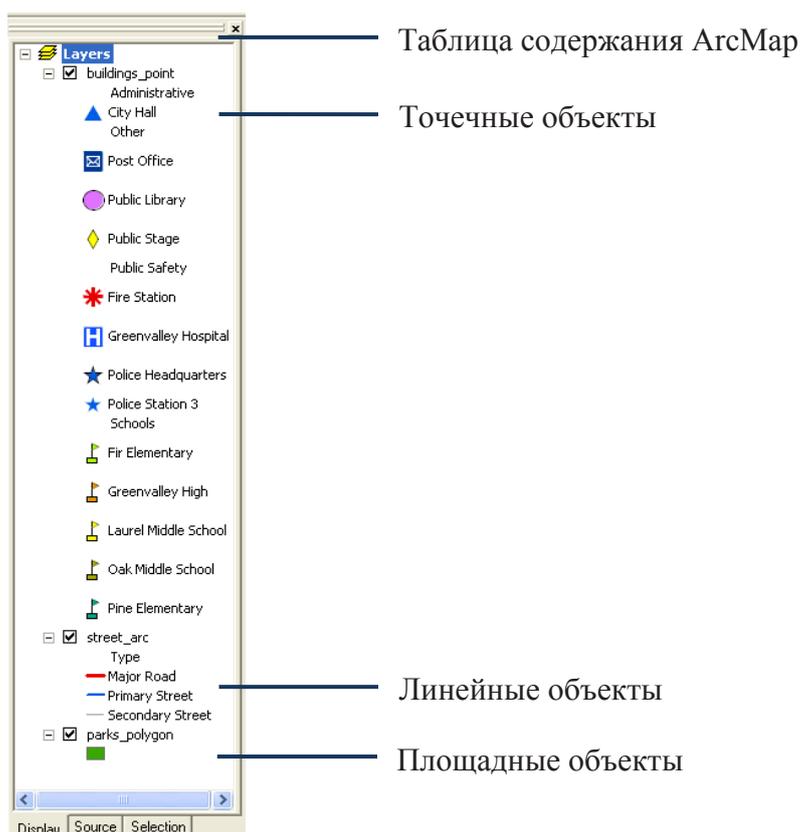


Рис. 35. Таблица содержания ArcMap

В каждом слое для изображения объектов используются символы. В данном случае здания представлены точками, улицы – линиями, парки – площадными символами. Каждый слой содержит данные двух типов. Пространственные данные описывают расположение и форму географических объектов. Атрибутивные данные информируют о других характеристиках объектов.

В слое парков все объекты отображаются одним зеленым символом. Этот символ позволяет вам увидеть участки, занятые парками, но ничего не говорит о разнице между парками.

В слое улиц объекты отображаются разными линейными символами в зависимости от того, какого типа улицу они представляют. Такая схема позволяет отличить улицы от других объектов и одновременно сообщает о различиях между улицами.

В слое зданий объекты отображаются различными точечными символами. Их форма и цвет позволяет различать типы зданий, которые они представляют. Например, все школы отображаются одинаковыми символами, так что их легко отличить от больниц или от здания Городского со-

вета. Символ каждой школы имеет свой цвет, так что легко отличить Начальную школу Пайн от Средней школы Гринвелли.

### 1. Добавление слоя на карте.

Необходимо подготовить карту, показывающую данные по потреблению воды в центре города, а также расположение и размер водопроводных линий. Добавим к карте слой данных потребления воды – Water Use.

#### 1.1. Разместите на экране оба окна ArcMap и ArcCatalog.

1.2. Щелкните на слое Water Use в ArcCatalog и перетащите его на карту. Можно перетащить любой слой из ArcCatalog в открытую карту ArcMap (рис. 36).



Рис. 36. Результат добавления слоя Water Use на карту Greenvalley

Участки на слое закрашены по схеме градуированных цветов. Как и здания и улицы на карте Гринвелли, в этом слое объекты отображаются с помощью уже заданного набора символов.

## 2. Добавление объектов из базы данных

При добавлении данных они все отображаются одним символом. Добавим к карте объекты-водопроводы.

2.1. Разместите на экране оба окна ArcMap и ArcCatalog.

2.2. Щелкните на плюсе возле папки Data в дереве каталога, чтобы просмотреть содержимое этой папки.

2.3. Щелкните на плюсе возле GreenvalleyDB. Это база геоданных, в которой находятся недостающие данные для вашей карты. Данные в ней разделены на пять наборов (рис. 37):

- 1) Hydrology (Гидрология).
- 2) Parks (Парки).
- 3) Public Buildings (Общественные здания).
- 4) Public Utility (Городские коммуникации).
- 5) Transportation (Транспорт).

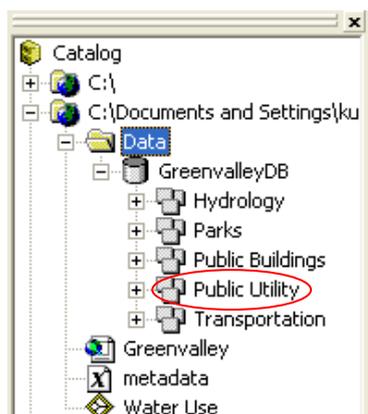


Рис. 37. Наборы данных база геоданных GreenvalleyDB

2.4. Щелкните на плюс возле Public Utility.

2.5. Щелкните на watermains\_арс и перетащите его на карту (рис. 38).



Рис. 38. Результат добавления набора данных watermains\_arc на карту  
Greenvally

### 3. Изменение отображения объектов

Если необходимо знать примерный размер магистральных труб водопровода в центре города, поэтому вы должны установить для них некоторые новые символы.

3.1. Щелкните правой кнопкой на watermains\_arc в ArcMap и выберите Properties (Свойства).



Рис. 39. Вызов окна Properties

Класс пространственных объектов «магистральные линии водопровода» включает несколько атрибутов этих линий. Поскольку необходимо знать размер труб, разделим трубы на пять классов соответственно их диаметру.

3.2. Перейдите на закладку Symbology (Символы) в диалоговом окне Layer Properties (Свойства) (рис. 40).

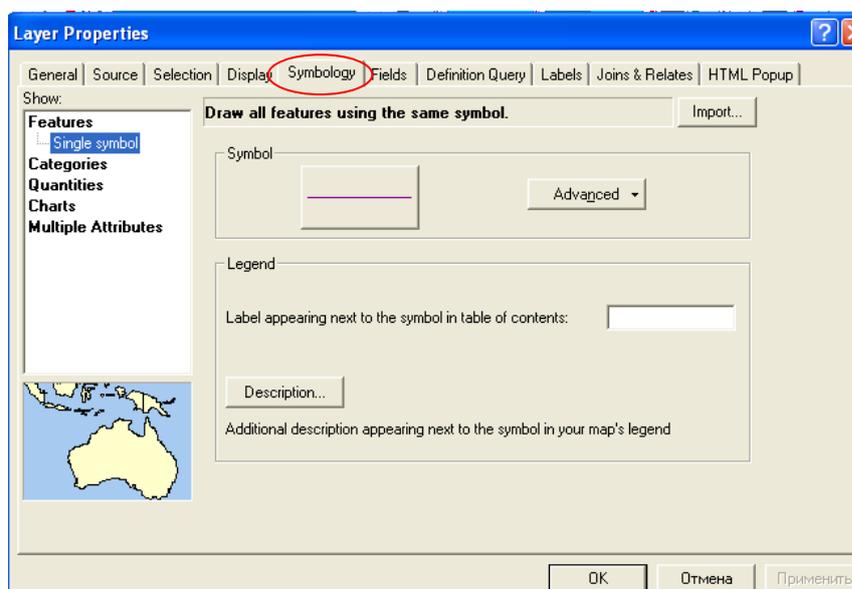


Рис. 40. Закладка Symbology диалогового окна Layer Properties

С помощью этой закладки вы можете изменить схему символов для слоя, а также вид данного слоя в таблице содержания.

3.3. Щелкните Quantities (Количество). Эта панель позволяет определять для символов градуированные цвета (рис. 41).

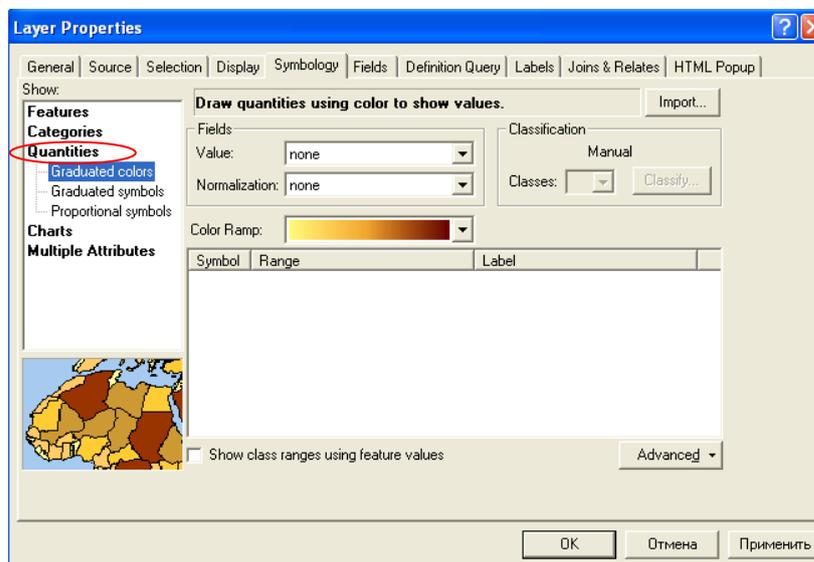


Рис. 41. Панель Graduate colors диалогового окна Layer Properties

3.4. Щелкните Graduate symbols (Градуированный символ). Эта панель позволяет определять градуированные символы (рис. 42).

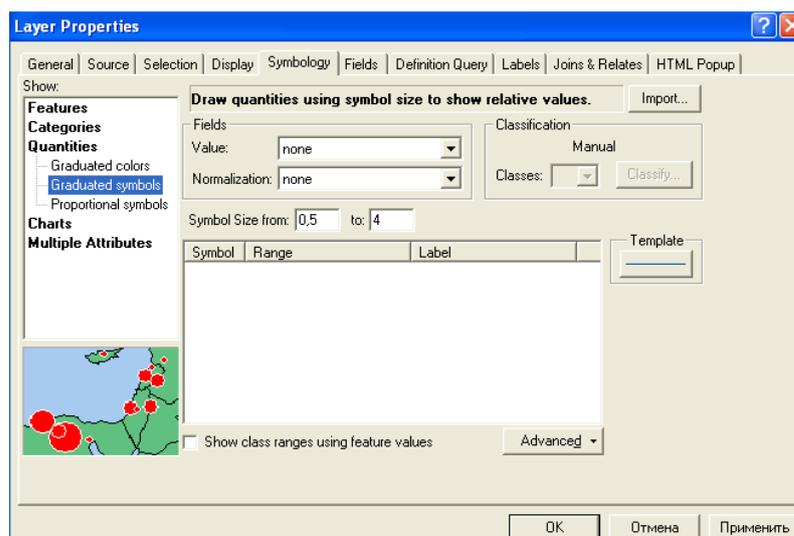


Рис. 42. Панель Graduate symbols диалогового окна Layer Properties

3.4. Щелкните на стрелке вниз около поля Value (Значение) и щелкните DIAMETER. ArcMap делит данные на пять классов по классификации Natural Breaks (Естественных границ) (Jenks) (метод Дженкса) (рис. 43).

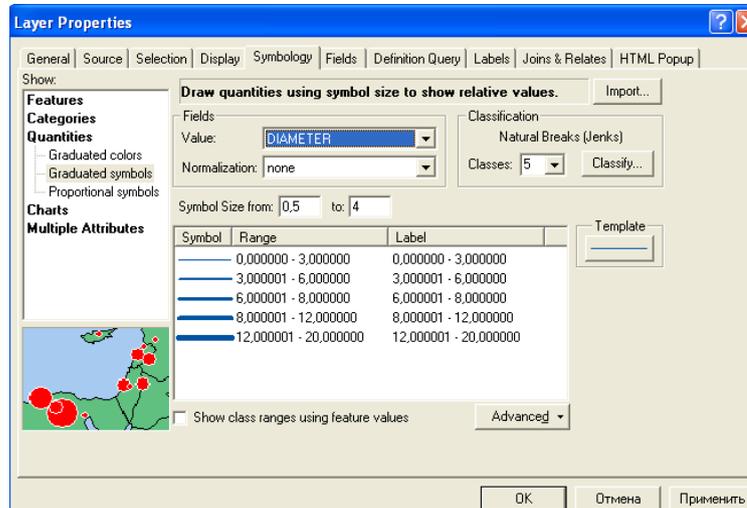


Рис. 43. Панель Graduate symbols диалогового окна Layer Properties. DIAMETER

Теперь толщина линейных символов определяется диаметром труб. Если необходимо, чтобы водопровод отображался другим цветом, нужно изменить основной символ.

3.5. Для этого нажмите на кнопку Template (Шаблон) (рис. 44).

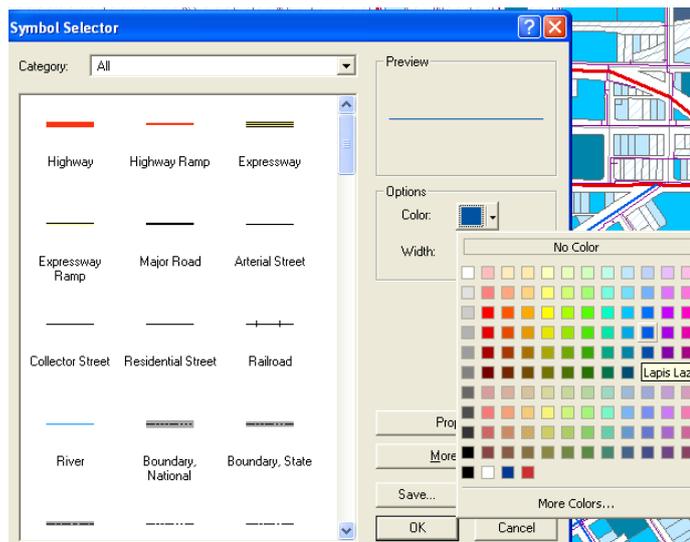


Рис. 44. Окно Symbol Selector

После нажатия на кнопку *Template*, появляется диалоговое окно *Symbol Selector* (Выбор символа). В нем можно выбрать один из уже заданных символов, например, линейный символ отображения магистралей, или создать собственный.

При нажатии опции *Color* (Цвет). Появляется диалоговое окно выбора цвета. Вы можете выбрать один из заданных цветов палитры или щелкнуть на поле *More Colors* (Другие цвета), чтобы задать собственный новый цвет с помощью одной из известных моделей цвета.

Следует выбрать необходимый цвет и нажать *ОК*.

Теперь все линии водопровода будут отображаться выбранным цветом, а толщина линий будет отражать диаметр труб.

3.6. Нажмите *ОК* в диалоговом окне свойств, чтобы увидеть изображение карты с новыми символами (рис. 45).



Рис. 45. Отображение карты Greenvalley с новыми символами

#### 4. Добавление надписей на карте.

Некоторые из центральных линий улиц и линий водопровода показаны на карте похожими знаками. Чтобы их не перепутать, добавим к кар-

те названия улиц и изменим символы отображения центральных линий улиц.

Для этого щелкните правой кнопкой мыши на линиях улиц (street\_arc) в таблице содержания и выберите из контекстного меню Label Feature (Надписать объекты) (рис. 46).

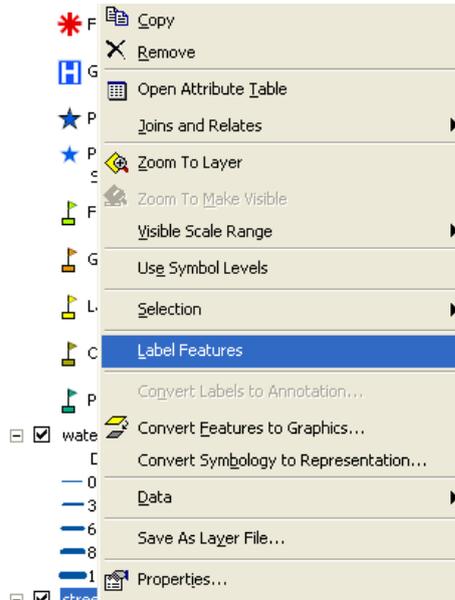


Рис. 46. Окно контекстного меню Label Feature

В результате на карте Гринвелли появятся подписи улиц (рис. 47).



Рис. 47. Результат нанесения улиц на карту Greenvalley

## 5. Изменение символа центральных линий улиц.

5.1. Еще раз щелкните правой кнопкой мыши на линиях улиц (street\_arc) в ArcMap и выберите Properties (Свойства) (рис. 48).

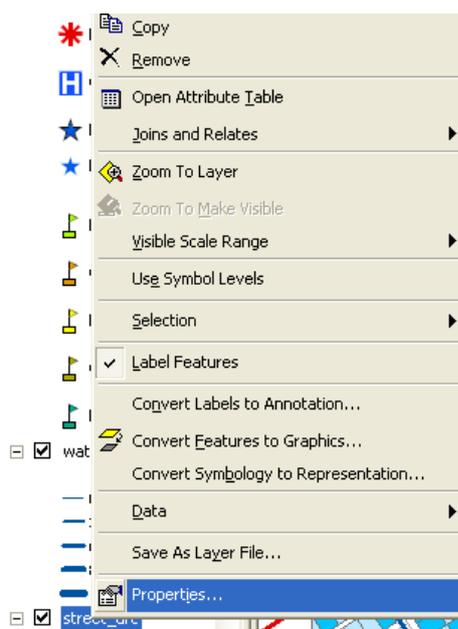


Рис. 48. Вызов окна Properties

5.2. Перейдите на закладку Symbology (Символы).

5.3. Щелкните на Features (Пространственные объекты), а затем на Single symbol (Единый символ) (рис. 49).

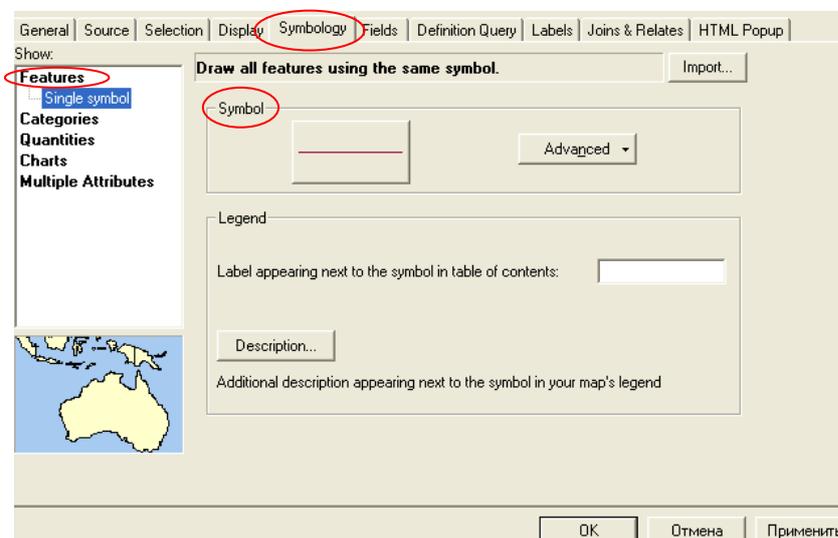


Рис. 49. Панель Single symbol диалогового окна Layer Properties

Теперь центральные линии улиц будут отображаться одним символом. Измените цвет линий на светло-серый, чтобы они были видны, но не слишком ярко.

5.4. Нажмите на кнопку Symbol (Символ) (рис. 50). Появится окно Symbol Selector (Выбор символа). Щелкните Color (Цвет) и выберите Gray 20% (светло-серый) и нажмите ОК.

5.5. Нажмите ОК в диалоговом окне свойств. Теперь центральные линии улиц показаны светло-серым цветом, так что их нельзя будет перепутать с водопроводом (рис. 51).

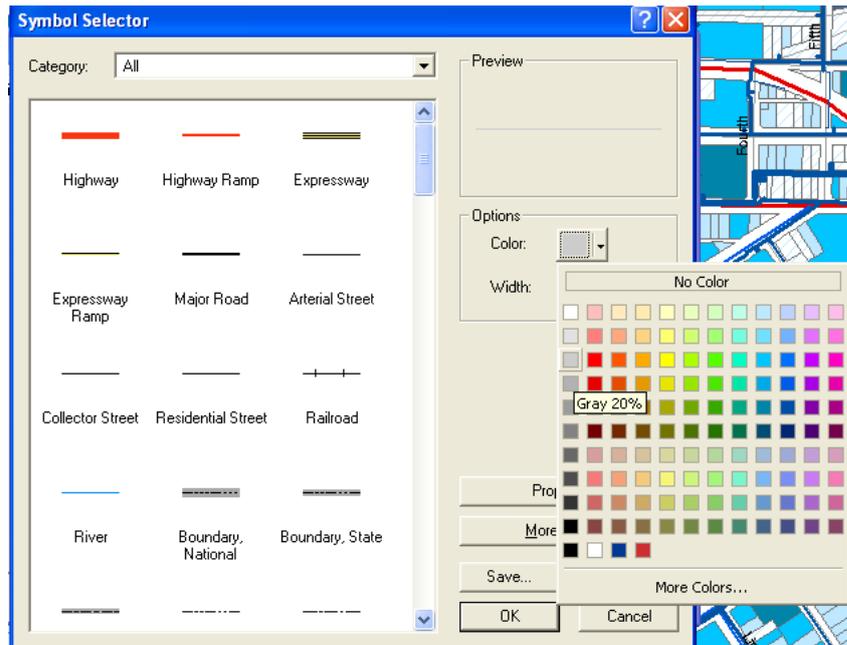


Рис. 50. Окно Symbol Selector



Рис. 51. Результат смены цвета центральных линий

## 6. Компоновка карты.

В результате на карту нанесены все нужные данные и для них заданы символы. Карта должна быть напечатана в цвете на листе формата 8.5x11 дюймов.

6.1. В меню View (Вид) выберите Layout View (Вид компоновки) (рис. 52).

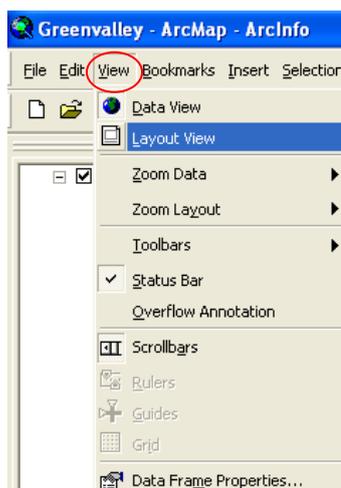


Рис. 52. Переключение в режим Layout View

В результате можно увидеть карту на виртуальной странице (рис. 53). Слои данных находятся во фрейме данных на странице. Фрейм данных – это способ организации слоев, которые вы хотите поместить на одну карту.

На карте всегда есть хотя бы один фрейм данных с названием Layers (Слой). Он показан в начале таблицы содержания ArcMap (рис. 54).

Можно добавить фреймы данных, чтобы на одном листе карты сравнить два вида одного района или вставить обзорную карту или детальный вид участка.

В режиме Layout View (Вид компоновки) показаны все фреймы данных. Если переключиться обратно в режим Data View (Вид данных), то видны слои из активного фрейма данных. Активный фрейм выделен в оглавлении жирным шрифтом.

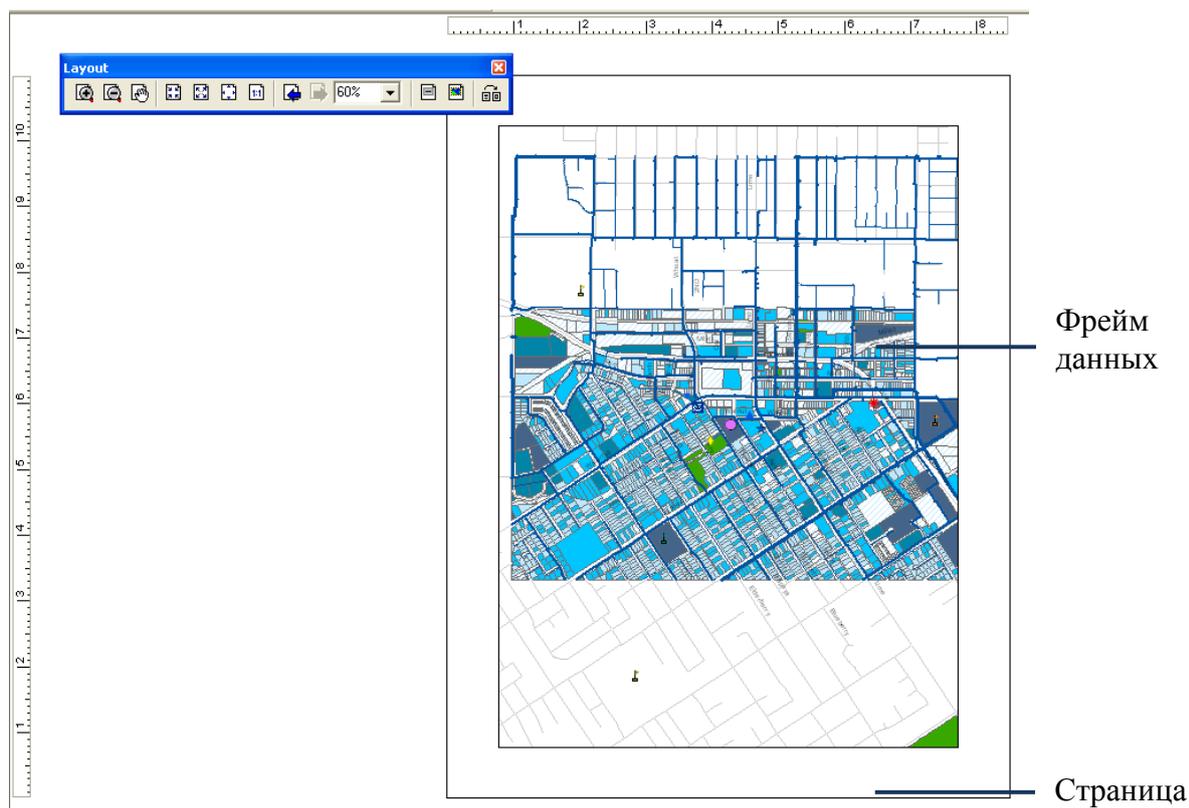


Рис. 53. Окно режима Layout View

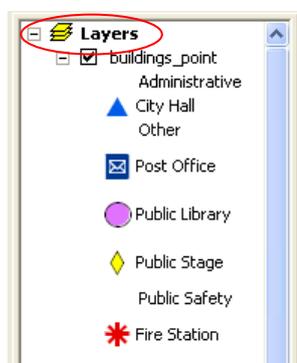


Рис. 54. Таблица содержания ArcMap

В режиме Layout View (Вид компоновки) можно изменять форму и положение фрейма данных на странице, добавлять новые картографические элементы, например, легенды и масштабные линейки, и изменять размер и ориентацию страницы.

Панель инструментов компоновки (Layout) добавляется в интерфейс ArcMap при выборе режима Layout View (Вид компоновки).

В панели инструментов (Layout) режима Layout View (Вид компоновки) можно выбрать инструменты для изменения размера и положения виртуальной страницы на экране или масштабировать изображение (рис. 55).



Рис. 55. Панель инструментов (Layout) режима Layout View

Инструменты (Tools) из панели инструментов (Layout) режима Layout View (Вид компоновки) можно также использовать для изменения экскента слоев, отображенных во фрейме данных (рис. 56).



Рис. 56. Инструменты (Tools) из панели инструментов (Layout) режима Layout View

6.2. Щелкните правой кнопкой мыши на странице и выберите Page and Print Setup (Параметры страницы и печати).

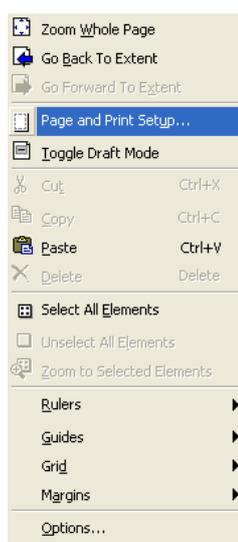


Рис. 57. Окно выбора параметров страницы и печати

6.3. Выберите ориентацию Landscape (Альбомная) под заголовками Paper (Бумага) и Page (Страница), чтобы изменить ориентацию страницы, затем нажмите ОК (рис. 58).

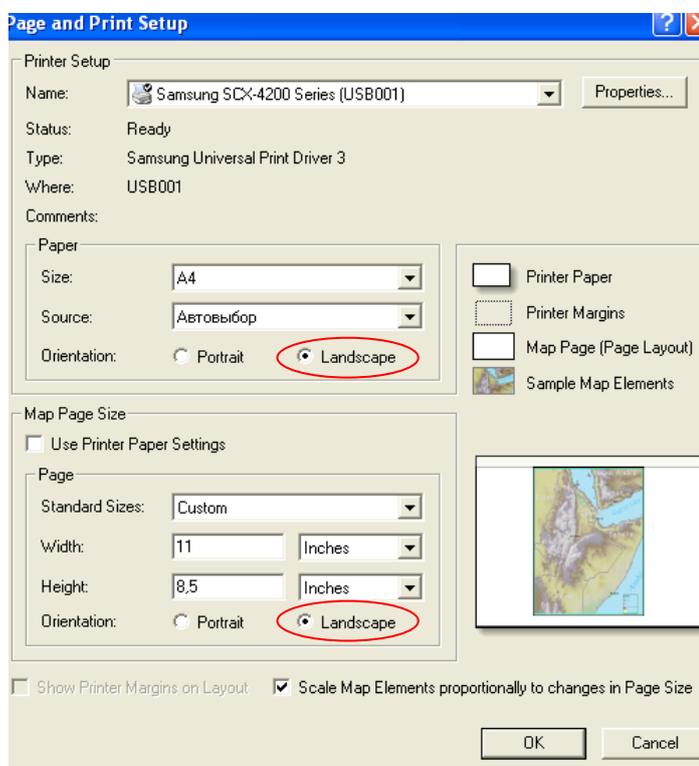


Рис. 58. Окно Page and Print Setup

Теперь страница ориентирована горизонтально (рис. 59).

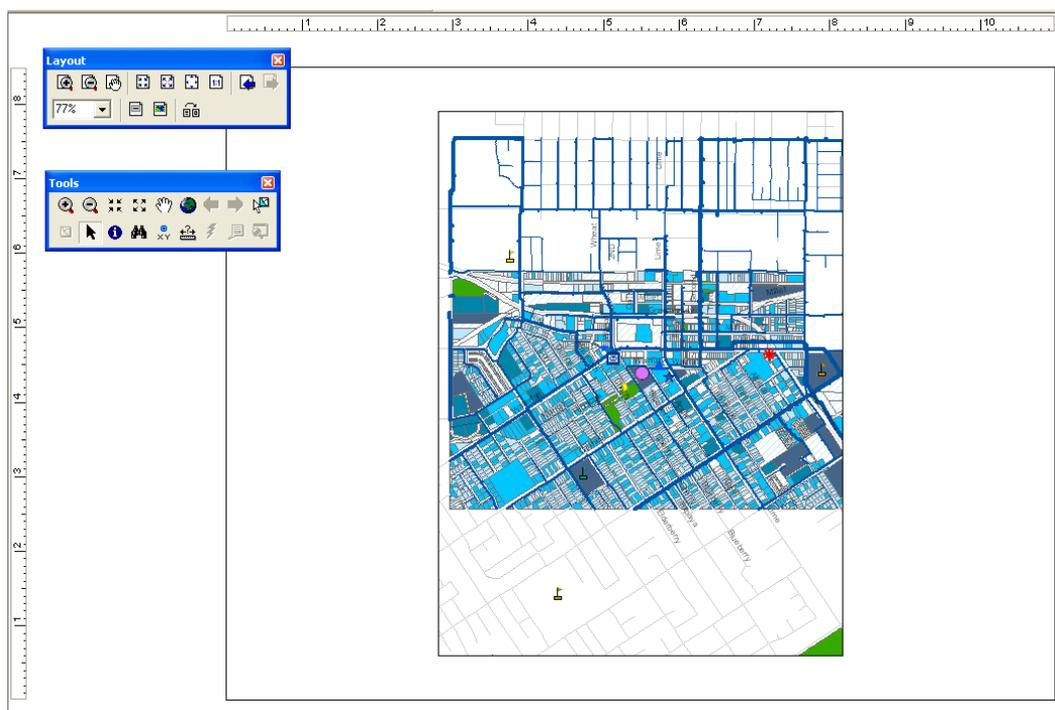


Рис. 59. Результат смены ориентации страницы в режиме Layout View

Для удобства пользования картой, добавим на лист карты масштабную линейку, стрелку севера, легенду и заголовок.

Сначала нужно освободить место для этих элементов за счет уменьшения рамки данных.

6.4. Нажмите кнопку Select Elements (Выбрать элементы) (рис. 60).

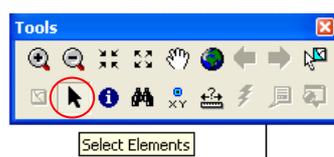


Рис. 60. Кнопка Select Elements

6.5. Выберите фрейм данных, щелкнув на нем. Контур фрейма данных будет выделен штриховой линией с точками якоря на сторонах и углах.

6.6. Щелкните в центре фрейма данных и переместите его в верхний левый угол компоновки (рис. 61).

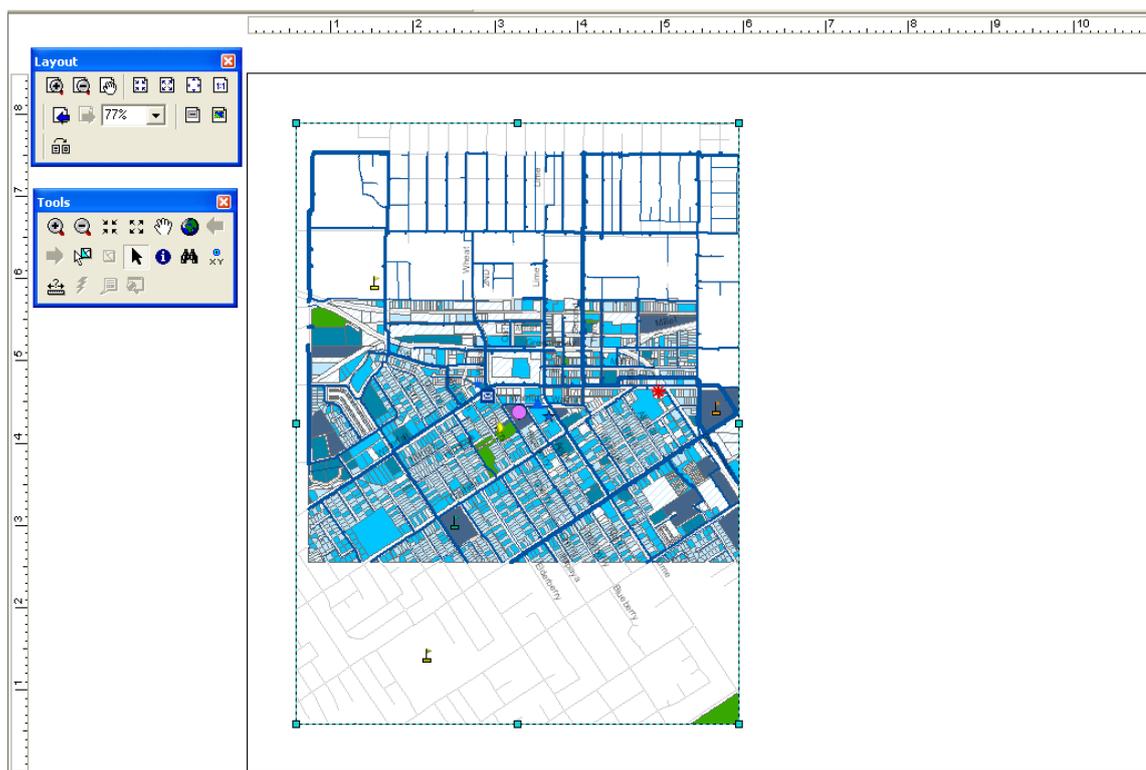


Рис. 61. Результат перемещения фрейма

6.7. Поместите курсор на правую нижнюю метку. Курсор примет форму двунаправленной стрелки. Щелкните на угол и переместите его вверх и влево.

## 7. Добавление масштабной линейки

7.1. В меню Insert (Вставка) щелкните на Scale Bar (Масштабную линейку) (рис. 62).

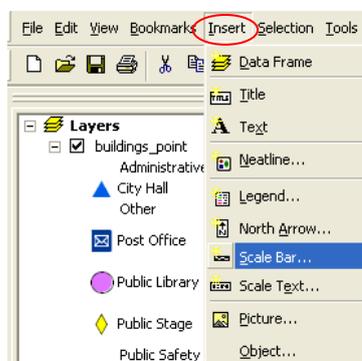


Рис. 62. Выбор Scale Bar

В результате появляется окно выбора масштабной линейки (Scale Bar Selector) (рис. 63).

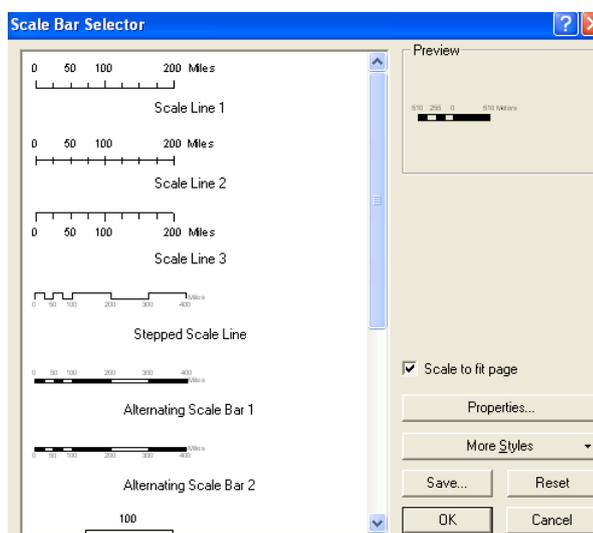


Рис. 63. Окно Scale Bar Selector

7.2. Укажите вариант линейки и затем щелкните ОК.

7.3. Щелкните на масштабной линейке и перетащите ее в левую часть под фреймом данных (рис. 64).

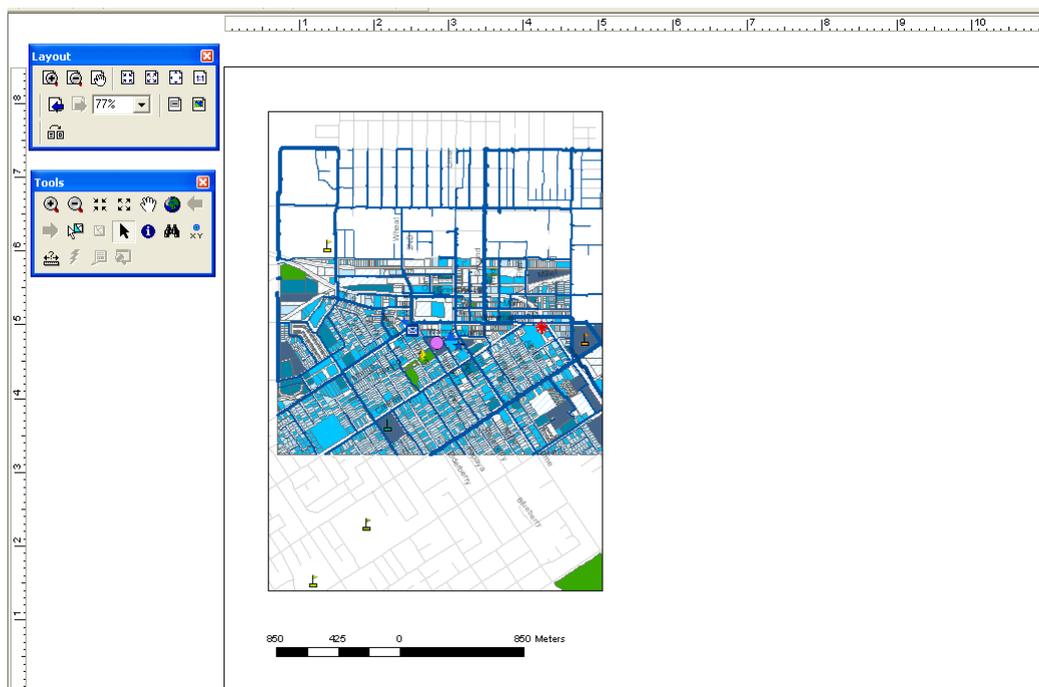


Рис. 64. Результат добавления масштабной линейки

## 8. Добавление стрелки севера.

8.1. В меню Insert (Вставка) щелкните на North Arrow (Стрелка севера) (рис. 65).

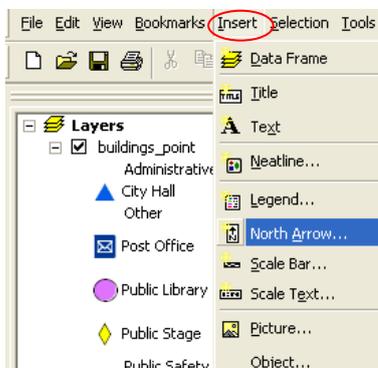


Рис. 65. Выбор North Arrow

Появляется окно выбора стрелки севера.

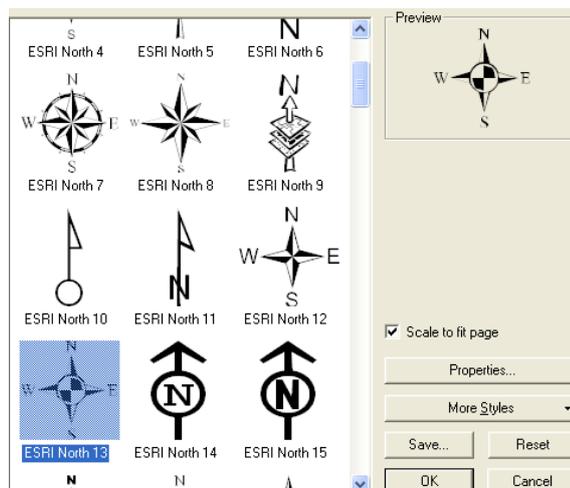


Рис. 66. Окно North Arrow Selector

8.2. Выберите одну из стрелок и затем нажмите на ОК.

8.3. Щелкните на стрелке севера и перетащите ее под фрейм данных справа от масштабной линейки (рис. 67).



Рис. 67. Результат добавления стрелки Севера

## 9. Добавление легенды.

9.1. В меню Insert (Вставка) щелкните на Legend (Легенда) (рис. 68).

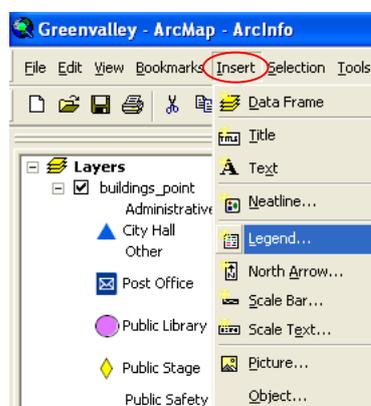


Рис. 68. Выбор Legend

Появляется Мастер легенды. Изменение параметров в Мастере легенды меняет вид легенды на карте. Мастер последовательно проводит через серию диалоговых окон, в которых выбираются слои, включенные в легенду, вид заголовка легенды, размер и форма шаблона линейных и площадных символов и расстояние между элементами легенды. В данном случае установленные по умолчанию параметры легенды подходят для

нашей карты. Однако, в любой момент можно модифицировать параметры легенды, щелкнув правой кнопкой на легенде в режиме Layout View (Вид компоновки) и выбрав в выпадающем меню пункт Properties (Свойства).

9.2. Несколько раз нажмите Далее, чтобы пройти шаги составления легенды, принимая заданные по умолчанию параметры. Когда закончите, нажмите Готово. На карте появляется легенда.

9.3. Щелкните на легенде и перетащите ее справа от фрейма данных (рис. 69). Щелкните на точках якоря, чтобы изменить размер легенды.

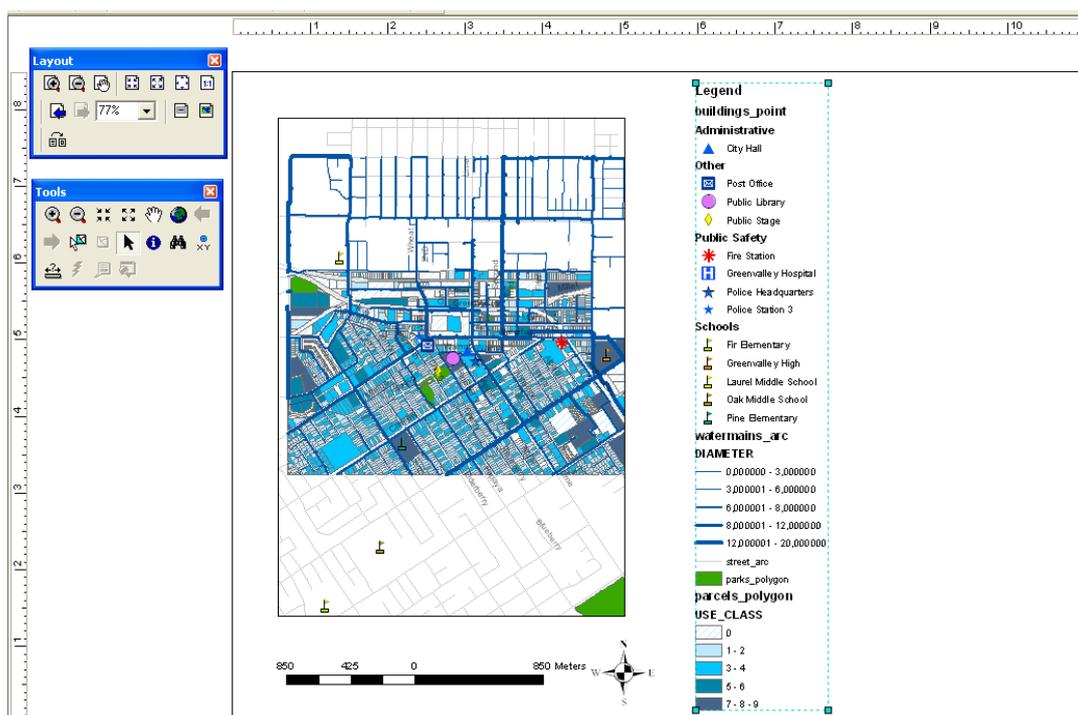


Рис. 69. Результат добавления легенды

10. Добавление заголовка.

10.1. В меню Insert (Вставка) нажмите на Title (Заголовок) (рис. 70).

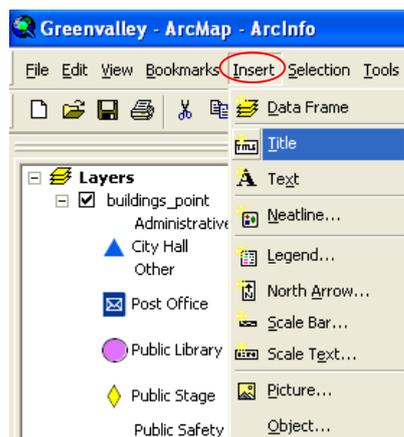


Рис. 70. Выбор Title

В режиме Layout View (Вид компоновки) появится простой заголовок – Greenvalley.mxd. Это имя документа карты, но необходим более информативный заголовок.

10.2. Дважды щелкните на заголовке и в окне Properties (Свойства) наберите «Дороги и водные коммуникации» (рис. 71).

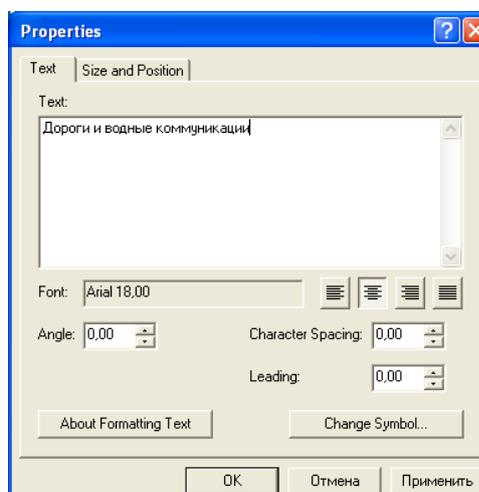


Рис. 71. Окно Properties

Нажмите ОК, затем щелкните на заголовке и перетащите его в центр страницы (рис. 72).

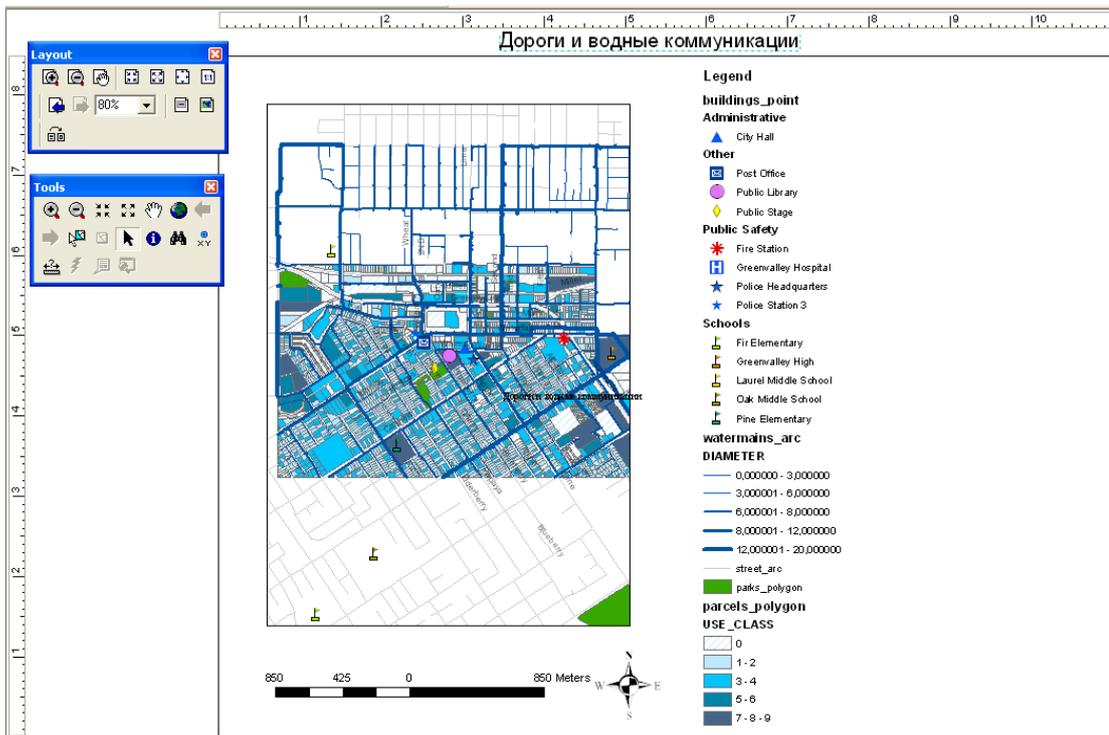


Рис. 72. Результат добавления заголовка

## 11. Сохранение карты.

Поскольку нужна и новая карта, и исходный шаблон, то для сохранения карты используйте команду **Save As** (Сохранить как) и сохраните свою карту под новым именем.

11.1. В меню **File** (Файл) выберите **Save As** (Сохранить как) (рис. 73).

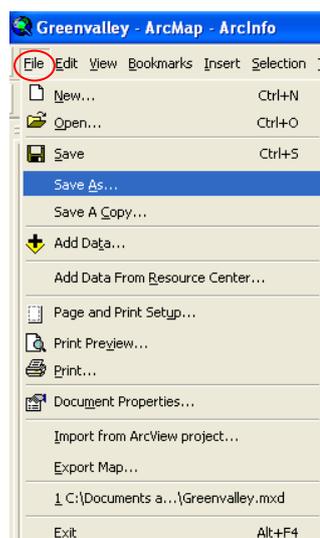


Рис. 73. Выбор Save As

Откроется окно сохранения документа.

11.2. Выберите папку Мои документы/Getting\_Started/Greenvalley.

11.3. В строке Имя файла наберите «Downtown Water» (рис. 74).

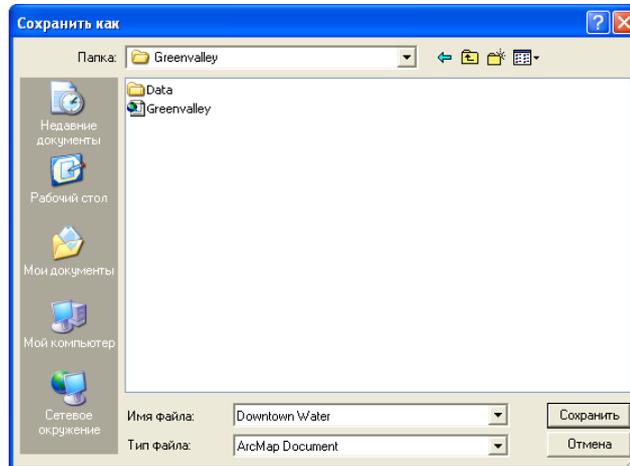


Рис. 74. Окно сохранения документа

11.4. Нажмите Сохранить.

В результате карта сохранится по указанному пути и ее можно просмотреть через ArcCatalog (рис. 75).

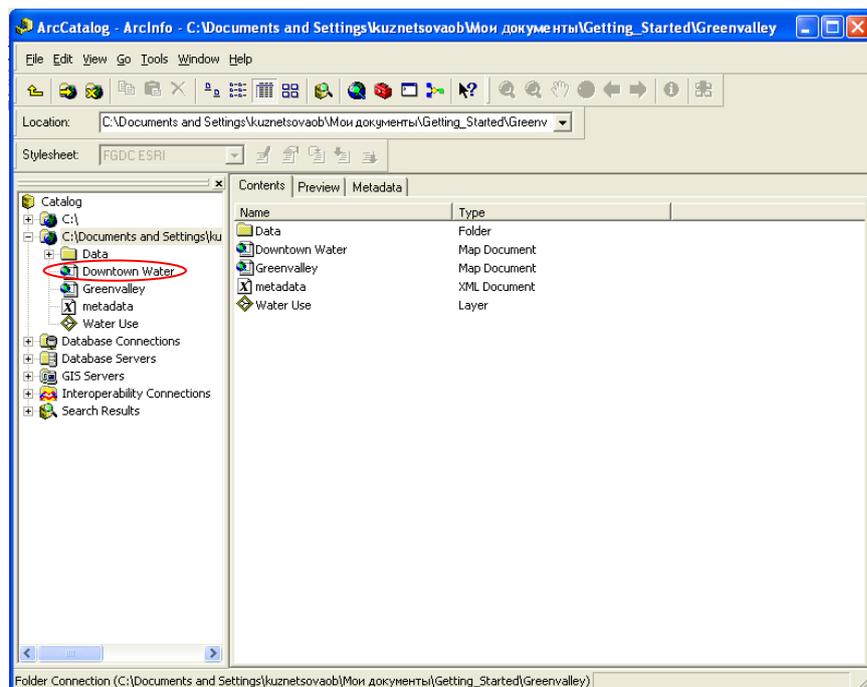


Рис. 75. Просмотр через ArcCatalog

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Crosier, Scott ArcGIS 9. Начало работы в ArcGIS / Scott Crosier, Bob Booth, Katy Dalton, Andy Mitchell, Kristin Clark. – USA : ESRI, 2004. Russian Translation by DATA+, Ltd. – 272 с.

2. Кузнецова О.Б. Основы обработки геоинформации. Методические указания к выполнению лабораторных работ для обучающихся по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата) профиль Геоинформационные системы / О.Б. Кузнецова. – Мурманск : Издательство МГТУ, 2018. – 27 с.