

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. Ю. Митюнина, И. В. Огородова

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

*Допущено методическим советом
Пермского государственного национального
исследовательского университета в качестве
учебно-методического пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров
«Геология»*



Пермь 2022

УДК 550.3: 004.9(075.8)
ББК 28.2: 32.973.26я73
М66

Митюнина И. Ю.

М66 Геофизические информационные системы : учебно-методическое пособие / И. Ю. Митюнина, И. В. Огородова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2022. – 116 с.

ISBN 978-5-7944-3914-4

Рассматриваются теоретические основы создания геофизических и геоинформационных систем и технологий, а также исследуется применение пространственного анализа для решения геолого-геофизических задач. Содержатся пошаговые инструкции выполнения практических заданий с использованием программного обеспечения ArcGIS 10*.

Учебное пособие предназначено для проведения лабораторных работ по курсу «Геофизические информационные системы» для студентов бакалавриата геологического факультета, обучающихся по направлению «Геология» 05.03.01, направленности «Геофизика». Пособие может использоваться бакалаврами других направленностей при изучении курса «Геоинформационные системы в геологии» и студентами специальности «Технология геологической разведки» 21.05.03, профиль «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» в процессе изучения курса «Геоинформационные системы в геофизике».

УДК 550.3: 004.9(075.8)
ББК 28.2: 32.973.26я73

*Издается по решению ученого совета геологического факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Рецензенты: ведущий научный сотрудник АО «ВНИИ Галургии», канд. техн. наук **А. М. Пригара**;

ООО «Геосейс Групп» (директор **Р. С. Новиков**)

ISBN 978-5-7944-3914-4

© Митюнина И. Ю., Огородова И. В., 2022
© ПГНИУ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ 1. Основы геоинформационных систем и технологий	5
Лабораторная работа 1. Начало работы в ARCGIS. Приложение ARCMAP	5
Лабораторная работа 2. Просмотр пространственных данных. Создание новой карты	17
Лабораторная работа 3. Работа с табличными данными	29
Лабораторная работа 4. Работа с системами координат	45
Лабораторная работа 5. Пространственная привязка раstra. Векторизация	53
Лабораторная работа 6. Построение геологического маршрута	66
РАЗДЕЛ 2. Пространственный анализ геолого-геофизических данных	75
Лабораторная работа 7. Пространственный анализ векторных данных	75
Лабораторная работа 8. Анализ пространственного распределения объектов	82
Лабораторная работа 9. Создание и анализ растровых моделей поверхностей	89
Лабораторная работа 10. Построение трехмерной геологической модели	101
Лабораторная работа 11. Создание и использование моделей геообработки	109
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	115

ВВЕДЕНИЕ

Геоинформационные системы и технологии являются важнейшим инструментом исследования в науках о Земле [1, 2, 4, 9] и в геофизике, в частности. Большая часть географической информации об изучаемых территориях хранится в настоящее время не в форме аналоговых карт, а в цифровом виде в базах пространственных данных, управляемых средствами ГИС-технологий. Постоянно увеличивается объем пространственной информации, находящейся в свободном доступе в сети Интернет. Это и базовые пространственные данные (проекты OpenStreetMap, VMap0, VMap1), космические снимки с разрешением 10-30 м (LANDSAT, SENTINEL), цифровые модели рельефа (SRTM, ASTER GDEM), а также наборы тематических данных, в том числе и геолого-геофизических. Исходя из этого, возникает необходимость освоения ГИС-технологий студентами геофизических специальностей.

Данное учебное пособие предназначено для проведения лабораторных работ по курсу «Геофизические информационные системы» для студентов бакалавриата геологического факультета, обучающихся по направлению «Геофизика». Оно может использоваться также бакалаврами других направлений подготовки при изучении курса «Геоинформационные системы в геологии» и студентами специальности «Технология геологической разведки», профиль «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» в процессе изучения курса «Геоинформационные системы в геофизике».

Пособие содержит два раздела. В первый раздел «Основы геоинформационных систем и технологий» включены лабораторные работы, позволяющие студентам усвоить основные принципы организации данных в ГИС, получить практические навыки ввода разнородной геолого-геофизической информации, создания базы пространственных данных, построения и оформления цифровых карт. Задания второго раздела «Пространственный анализ геолого-геофизических данных» ориентированы на решение конкретных геолого-геофизических задач: оценка характера пространственного распределения объектов, создание цифровых моделей геофизических полей, построение 2D и 3D моделей геологических объектов подсчет запасов.

В описании каждой лабораторной работы приводится краткое изложение теоретических аспектов и содержится пошаговая инструкция выполнения заданий с использованием программного обеспечения ArcGIS 10*. При составлении заданий использовались пространственные данные, находящиеся в свободном доступе в сети INTERNET, материалы Всероссийских студенческих олимпиад «Геоинформационные системы в геологии» (г. Томск), а также наборы пространственных данных, предоставленные авторами безвозмездно кафедре геофизики Пермского государственного университета.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

Лабораторная работа 1.

НАЧАЛО РАБОТЫ В ARCGIS. ПРИЛОЖЕНИЕ ARCMAP

Цель работы:

- Знакомство с **ArcMap**. Интерфейс программы.
- Отображение карты. Слои и фреймы данных.
- Изучение карты. Перемещения по карте и изменение масштаба визуализации.
- Связь описательной информации со слоем.
- Идентификация объектов. Установка подсказки карты.
- Поиск объектов.
- Создание макета карты.
- Сохранение документа карты.

Исходные данные находятся в папке 1:

1.mxd – документ карты.

Геоинформационная система **ArcGIS** состоит из 3 основных приложений: ArcCatalog, ArcMap и ArcToolbox [10]. Начнем знакомство с ArcGIS с приложения **ArcMap**, которое позволяет представлять пространственные данные в виде набора интеллектуальных карт.

Для быстрого запуска **ArcMap** достаточно дважды щелкнуть по иконке  на рабочем столе компьютера или выбрать команду **Пуск > Программы > ArcGIS > ArcMap**. При загрузке пользователю предоставляется возможность создать новую карту или открыть имеющуюся.

Приложение **ArcMap** имеет интерфейс (рис. 1.1), типичный для программ, функционирующих под управлением операционной системы Windows. Основными элементами интерфейса являются главное меню программы и панели инструментов.

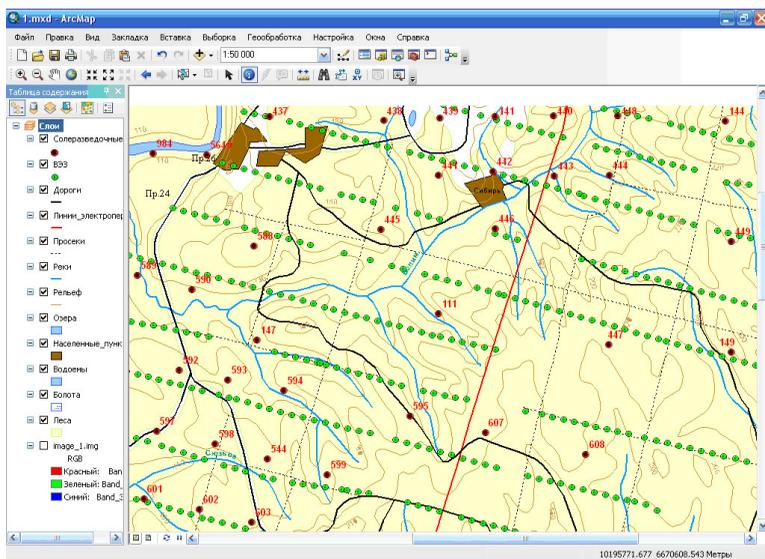


Рис. 1.1

По умолчанию, как правило, загружаются 2 основных панели инструментов (рис. 1.2):



Рис. 1.2

Инструменты панели **Стандартные** позволяют осуществить операции загрузки, редактирования, печати и сохранения данных, а также открытия встроенных окон других приложений **ArcGIS: ArcToolbox, ArcCatalog** и т.д. Кнопки панели **Инструменты** используются для изменения масштаба отображения карты и выполнения операций поиска, выделения, идентификации и измерения объектов в интерактивном режиме.

Добавление (удаление) панелей инструментов осуществляется через пункт меню **Настройка > Панели инструментов**.

Цифровые карты отображаются в графическом окне программы. Карты имеют многослойную структуру. Каждый слой содержит векторные объекты только одного геометрического типа: точки, линии, полигоны или растровые изображения. При этом разные географические объекты (населенные пункты, реки, дороги, скважины, пикеты ВЭЗ и т. д.) организуются в слой содержания согласно тематической информации.

Для удобства работы и доступа к любому элементу цифровой карты в интерфейсе **ArcMap** включена **Таблица содержания**. В ней представлен перечень слоев карты и показаны символы, используемые для визуализации объектов каждого слоя. Слои, отмеченные в списке галочкой, отображаются на карте. Удалить (добавить) таблицу содержания можно в пункте меню **Окно** (Window).

Таблица содержания имеет несколько вкладывшей, которые позволяют группировать слои карты различным образом. На вкладке **Отображение**  порядок расположения слоев соответствует последовательности их расположения на карте: верхний слой в таблице содержания является верхним на электронной карте и т.д. Порядок расположения слоев на карте очень важен, поскольку отдельные слои карты (например, растровые изображения) являются непрозрачными и закрывают нижележащие слои. Изменить порядок расположения слоев можно простым перетаскиванием с помощью мыши.

На других вкладывшах таблицы содержания слои карты группируются по источникам пространственных данных , по видимости  и по их доступности для интерактивного выбора .

Каждый слой карты имеет контекстное меню, которое можно вызвать нажатием правой клавиши мыши. С помощью контекстного меню выполняются различные операции над слоями: удаление, копирование, соединение и т.д., устанавливаются свойства отображения слоя (опция Свойства), а также открывается таблица атрибутов слоя.

Как известно, наборы данных ГИС, помимо географических представлений, включают информацию о свойствах объектов [1, 6]. Эта описательная информация называется атрибутами объектов и хранится в специальных таблицах атрибутов. Каждому объекту слоя соответствует определенная строка (запись) в таблице атрибутов. Геоинформационная система обеспечивает динамическую связь между пространственным элементом на карте и его атрибутами. Благодаря связи объектов карты и атрибутов открывается доступ к свойствам любого объекта карты, и, наоборот, появляется возможность определять местоположение объекта по его атрибутам. Более того, вид символа (отображение) объекта на карте (его форма или цвет) может определяться значением атрибута.

Слои карты по своему положению в географическом пространстве объединяются во фреймы. По умолчанию фрейм данных носит название Слои. Набор пространственных данных ArcMap может быть представлен в одном или более фреймах данных. Слои внутри фрейма данных отображаются в одной и той же системе координат. Для определения свойств фрейма (системы координат, экстенента, базового масштаба и т.д.), а также выполнения операций над слоями фрейма существует контекстное меню фрейма данных, которое вызывается аналогично вызову меню любого слоя карты.

ArcMap предоставляет 2 способа просмотра карты: *Вид данных* и *Вид компоновки*. Выбор вида представления карты проводится в пункте меню *Вид*.

Вид данных отображает пространственные данные в реальной системе координат и предназначен для изучения, редактирования и пространственного анализа данных. В виде данных одновременно может быть визуализирован только один фрейм данных.

В виде компоновки осуществляются оформление карты и подготовка ее к печати. **Компоновка** (макет) представляет собой набор элементов карты, расположенных на виртуальной странице [10]. Обычно компоновка содержит один или несколько фреймов данных, а также различные элементы оформления карты: заголовки, легенду, координатные сетки, масштабную линейку, стрелку севера, описательный текст и т.д.

Результат работы с пространственными данными в **ArcMap** сохраняется в документе карты, который содержит информацию о наборах пространственных данных, используемых при создании карты, и способах их представления (размер, цвет символов и т.д.). Документ карты имеет файловое расширение **.mxd**.

Порядок выполнения работы

Знакомство с ArcMap

1. Загрузите **ArcMap**, используя иконку  на рабочем столе компьютера или команду *Пуск > Программы > ArcGIS > ArcMap*. В открывшемся окне (рис. 1.3) выберите режим *Найти*, перейдите в каталог 1 и выберите документ карты **1.mxd**.

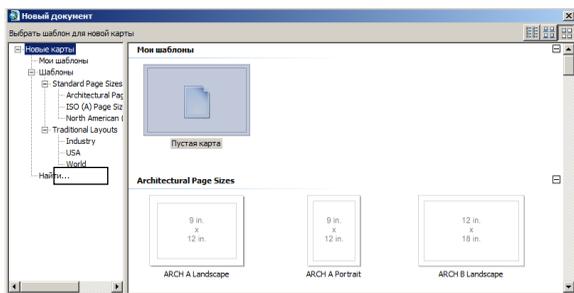


Рис. 1.3

2. Откроется карта одного из участков геолого-геофизических работ (рис. 1.4).
3. Используя вкладку *Отображение*, внимательно изучите *Таблицу содержания* и определите:
 - сколько слоев представлено в настоящий момент в таблице содержания;

- сколько слоев из списка таблицы содержания видны в области отображения;
 - какие слои содержат точечные объекты, какие линейные и полигональные объекты.
4. Сделайте слой *Леса* невидимым на карте и активизируйте слой космического снимка *image_1.img*. Вы видите, что космоснимок охватывает большую часть территории, чем другие слои карты.
 5. Переместите в таблице содержания слой *image_1.img* на самый верх и убедитесь, что он закроет все остальные слои карты и они станут не видны. Затем отключите слой *image_1.img* и активизируйте слой *Леса*.

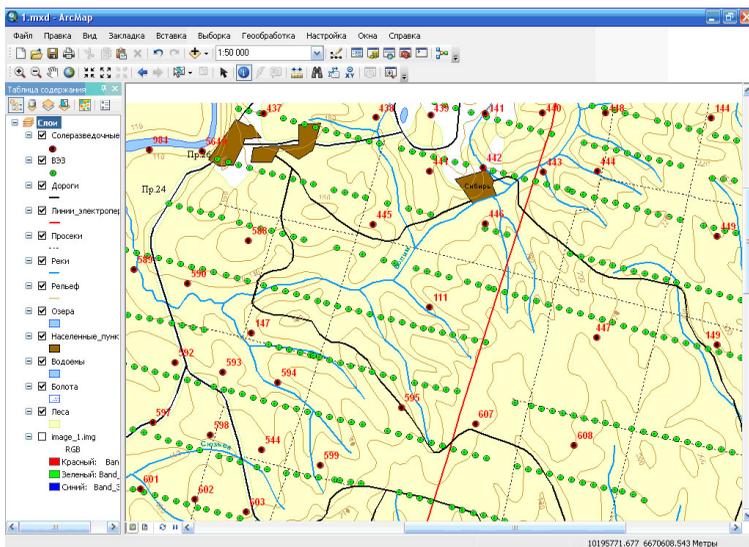


Рис. 1.4

6. Затем, используя инструмент , визуализируйте карту целиком. Установите:
 - как изменился масштаб отображения карты;
 - в какой части территории находятся профили ВЭЗ.
7. Выберите инструмент , обведите с помощью него участок одного из профилей ВЭЗ. Откроется новое окно *Просмотр*, в котором этот участок отобразится в более крупном масштабе. Определите масштаб карты в окне просмотра.
8. Перейдите к точке с координатами $X=10183000$ м и $Y=6670000$ м. Для этого воспользуйтесь инструментом быстрого перемещения по карте . В открывшемся окне (рис. 1.5) укажите единицы измерения и численные значения координат, затем выберите кнопку *Приблизить к*. Найдите, какие объекты находятся вблизи этой точки.

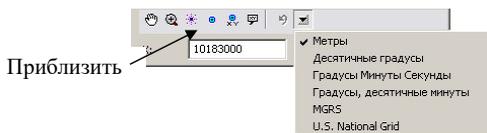


Рис. 1.5

Связь описательной информации со слоем. Выбор и идентификация объектов

1. Используя контекстное меню слоя *Солеразведочные_скв*, откройте атрибутивную таблицу слоя (рис. 1.6). Каждая запись (строка) в таблице атрибутов представляет собой отдельный объект в слое *Солеразведочные_скв*.
2. Выделите одну из строк таблицы, нажав мышью на левый край строки. Количество выделенных объектов сразу отобразится в строке состояния, расположенной в нижней части таблицы. Одновременно на карте выделится скважина, соответствующая данной записи (рис. 1.6).

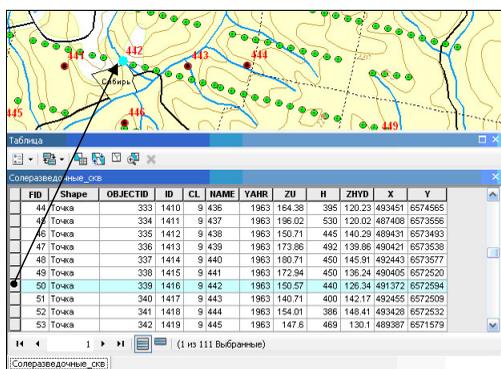


Рис. 1.6

3. Если выбранная скважина не видна на карте, переместитесь по карте в ее направлении. Для этого перейдите во вкладку *По выбору Таблицы содержания*, откройте контекстное меню выбранного объекта и активизируйте опцию *Приблизить к выбранным объектам* (рис. 1.7).
4. Затем снимите выделение, используя команду контекстного меню *Очистить выбранные объекты* (рис. 1.7).
5. После этого, наоборот, осуществите выбор одного из объектов слоя *Солеразведочные_скв*. на карте. Для этого сначала сделайте данный слой доступным для графического выбора, пометив его на вкладку *По выбору* (рис. 1.8), а затем воспользуйтесь кнопкой *Выбрать объекты* панели *Инструменты*.

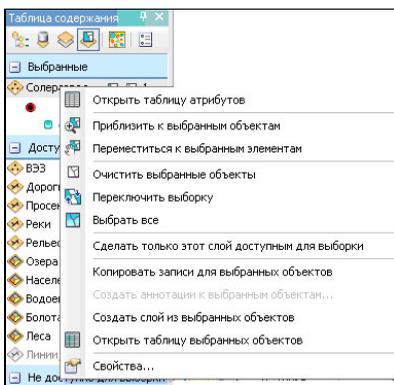


Рис. 1.7

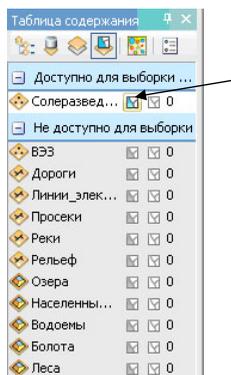


Рис. 1.8

6. В таблице атрибутов выделится запись, соответствующая объекту, выбранному на карты. Изучите свойства выбранного объекта, а затем снимите выделение, используя кнопку  панели **Инструменты**, и закройте атрибутивную таблицу.
7. Вы можете также идентифицировать объекты непосредственно на карте, не открывая таблицу атрибутов слоя. Для этого активизируйте кнопку  на панели **Инструменты** и выделите курсором (изменившим свою форму) один из пикетов ВЭЗ. Откроется диалоговое окно *Идентифицировать* (рис. 1.9), в котором появится вся информация о свойствах объекта (номер профиля, номер пикета, координаты и т.д.).

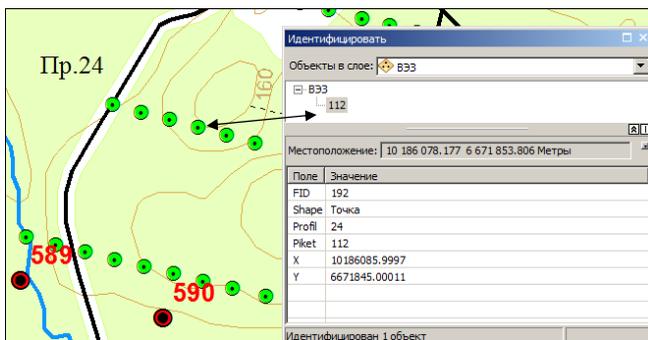


Рис. 1.9

8. Не закрывая диалогового окна, переместите курсор на другой пикет, выделите его и получите о нем атрибутивную информацию. Повторите операцию идентификации объектов, удерживая клавишу *Shift* и одновременно выбирая пикеты. В окне *Идентифицировать* отобразится информация о всех выбранных пикетах.

9. В завершение установите для выбора объектов слой **Реки** и повторите операции идентификации объектов.
10. Для идентификации объектов на карте можно также использовать подсказки. Установите для слоя *Населенные пункты* подсказки в виде названия населенных пунктов. Для этого откройте контекстное меню слоя *Населенные пункты* и выберите опцию **Свойства** (Properties).
11. Выберите закладку **Отображение** и отметьте флажок *Показать Подсказки Карты, используя отображаемое выражение*. В качестве *Отображаемого выражения* укажите поле *Name* таблицы атрибутов слоя, содержащее названия населенных пунктов (рис. 1.10). Закройте с сохранением окно *Свойства слоя*.

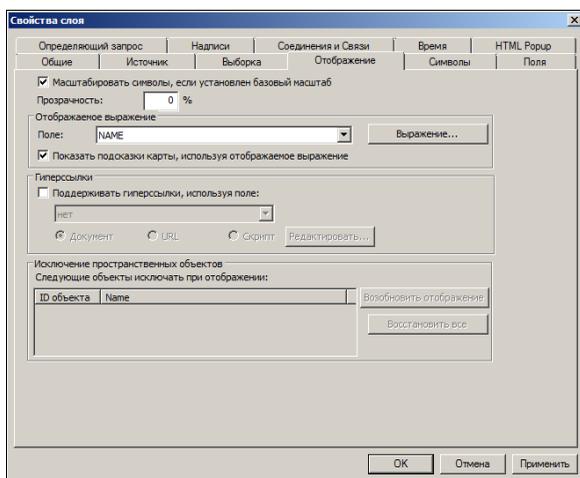


Рис. 1.10

12. После этого активизируйте инструмент  и установите указатель над любым населенным пунктом. Название населенного пункта должно появиться в подсказке карты.
13. Аналогично установите в качестве подсказки для слоя *ВЭЗ* номер пикета (поле *Piket*). Определите начальный и конечный пикеты *Пр.22*. После этого отключите инструмент *Идентифицировать*.

Измерение расстояний, длин и площадей объектов

1. Активизируйте на панели **Инструменты** инструмент **Измерить** . В открывшемся диалоговом окне (рис. 1.11) установите режим измерения длин  и выберите единицы измерения расстояний. Нарисуйте линию, соединяющую скважины **409** и **606**. Результат измерения отобразится в окне *Измерить*.

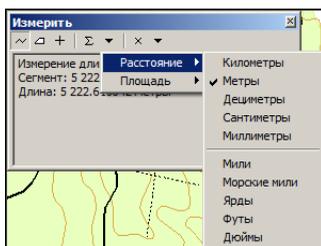


Рис. 1.11

2. Затем проведите измерение длины электроразведочного профиля **8**, отмечая нажатием левой клавиши мыши положение каждой точки излома профиля. Окончание измерений отметьте двойным щелчком мыши. В окне *Измерить* будут показаны длина каждого сегмента и суммарная длина профиля.
3. После этого оцените приблизительно площадь участка электроразведочных работ ВЭЗ. Для этого в диалоговом окне *Измерить* установите режим измерения площадей  и выберите в качестве единиц измерения *квадратные километры* (рис. 1.11). Затем оконтурьте участок съемки, отмечая с помощью левой клавиши мыши последовательно сначала начальные, а потом конечные пикеты профилей ВЭЗ.
4. Аналогичным образом определите площади населенных пунктов **Сибирь** и **Палашер**, а также длину реки **Ситовка**.

Создание макета карты

1. Для создания макета карты геофизической изученности территории с помощью пункта меню **Вид** перейдите в **Вид компоновки**. Теперь карта, которую Вы видели в **Виде данных**, отобразится на виртуальной странице (рис. 1.12). Все слои карты находятся на странице во *фрейме данных*. Для работы со слоями внутри *фрейма данных* (изменения экстента, масштаба визуализации), как и в **Виде данных**, используются инструменты панели **Инструменты**.
2. При переходе в **Вид компоновки** в интерфейс **ArcMap** добавляется панель инструментов *Компоновка* (рис. 1.13), с помощью которой регулируются размер, масштаб визуализации и положение страницы на экране.



Рис. 1.13

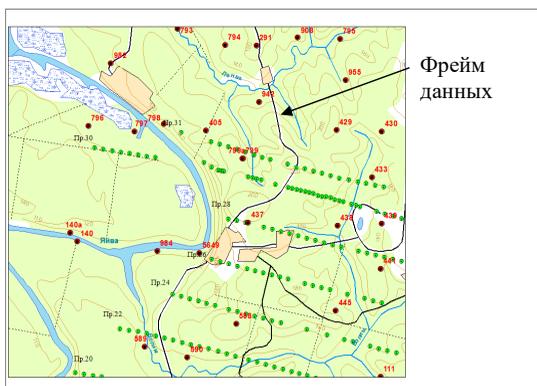


Рис. 1.12

3. Определите параметры страницы. Для этого щелкните правой клавишей мыши на пустом месте виртуальной страницы. В контекстном меню выберите опцию *Параметры страницы и печати*. В открывшемся окне (рис. 1.14) установите размер страницы *A3* и ее ориентацию – *Альбомная*. Убедитесь, что отключена опция *Использовать страницу принтера*.

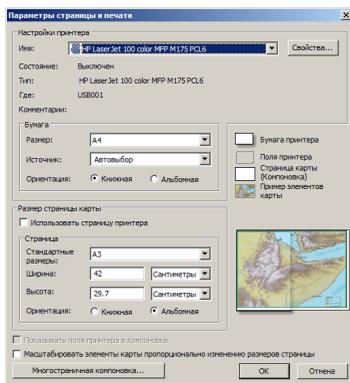


Рис. 1.14

4. Используя кнопку *Выбрать элементы* панели *Инструменты*, выделите *фрейм данных* и переместите его в левый нижний угол страницы. Растяните мышью границы фрейма так, чтобы он занимал примерно 2/3 страницы.
5. Посмотрите на панели *Стандартная* масштаб карты. Если масштаб изображения нестандартный, измените его. Для этого выделите на компоновке окно фрейма и с помощью правой кнопки мыши откройте контекстное меню. Выберите опцию *Свойства* и на закладке *Фрейм данных* установите режим *Фиксированный масштаб* (рис. 1.15). Укажите масштаб *1:75 000*, выберите его из вложенного списка или создав заново.

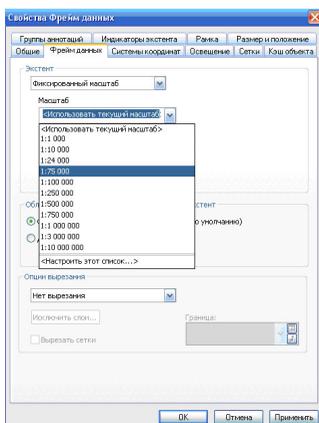


Рис. 1.15

6. После этого займитесь оформлением карты.
7. Сначала введите заголовок карты, используя пункт меню **Вставка > Заголовок**. По умолчанию в центр компоновки добавляется последний заголовок, созданный в программе. Двойным щелчком левой клавиши мыши откройте окно свойств заголовка (рис. 1.16). В окне **Текст** напишите название карты «**Геофизическая изученность территории**». Затем с помощью кнопки **Изменить символ** установите стиль заголовка и нажмите **ОК**.
8. В завершение переместите полученную надпись из центра страницы наверх.

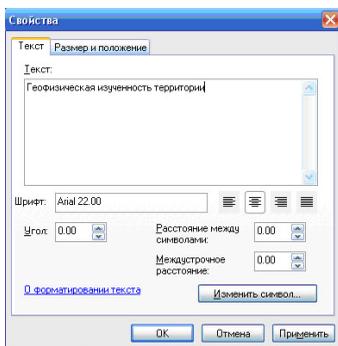


Рис. 1.16

9. Затем добавьте легенду для всех видимых слоев карты. Для этого воспользуйтесь командой **Вставка > Легенда**. Откроется окно мастера создания легенды карты. Выполните шаги, которые Вам предложат, устанавливая приемлемые параметры визуализации каждого элемента. Перетащите легенду из центра макета карты в нижний правый угол.

- После этого с помощью опции **Вставка > Текст масштаба** отобразите масштаб карты, представленной в окне фрейма, а также добавьте слово «**Масштаб**», используя команду **Вставка > Текст**. Поместите информацию о масштабе в правый нижний угол страницы.
- В заключение визуализируйте на макете стрелку севера (пункт меню **Вставка > Стрелка севера**). В результате получите компоновку, как показано на рис. 1.17.

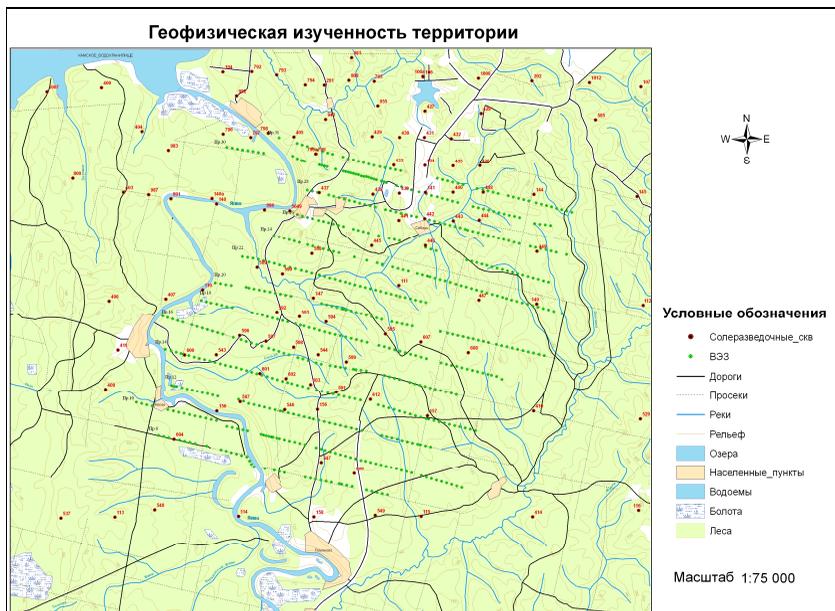


Рис. 1.17

Сохранение документа карты

- Сохраните сделанные изменения в новом документе карты. Для этого выберите пункт меню **Файл > Сохранить как**. Сохраните карту в своей папке под именем **map_1.mxd**.
- Экспортируйте подготовленную для печати компоновку карты с помощью пункта меню **Файл > Экспорт карты**. Сохраните результат в своей папке, как **map_1.jpg**.

Лабораторная работа 2. ПРОСМОТР ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ. СОЗДАНИЕ НОВОЙ КАРТЫ

Цель работы:

- Знакомство с интерфейсом ArcCatalog.
- Просмотр пространственных данных. Изучение Метаданных.
- Особенности файловой структуры пространственных данных: шейп-файлы, базы геоданных, растровые изображения.
- Быстрый переход в ArcMap.
- Создание новой карты. Добавление слоев.
- Оформление карты. Выбор символов. Работа с надписями. Создание файла слоя.

Исходные данные находятся в папке 2:

City.shp – положение населенных пунктов;

площадь.shp – район работ;

сейсморазведка.shp – данные сейсморазведки;

скважины.shp – положение скважин;

topo.mdb – база топографических данных;

colorgif.tif – космический снимок.

Для создания картографических приложений в геоинформационных системах используется разнообразная информация об объектах окружающего мира, сохраняемая в растровых и векторных моделях пространственных данных [1, 4].

Процесс создания карты включает в себя ряд этапов:

- просмотр пространственных данных;
- создание отдельных слоев карты;
- оформление карты.

Для просмотра пространственных данных в *ArcGIS* используется приложение **ArcCatalog**. Приложение напоминает программу *Проводник*, только осуществляет работу не с отдельными файлами данных, а с целыми наборами пространственных данных [10]. Для запуска **ArcCatalog** можно использовать пиктограмму  на рабочем столе компьютера или команду *Пуск > Программы > ArcGIS > ArcCatalog*.

В левой части окна программы (рис. 2.1) находится *дерево Каталога*, в котором можно просмотреть, как пространственные данные организованы в файловых структурах хранения данных. Для удобства различные типы пространственных данных (покрытие, база геоданных, шейп-файлы, таблицы, TIN, растровые данные и т.д.) отображаются разными иконками. Кроме того, внешний

вид пиктограмм векторных наборов данных указывает на геометрический тип содержащихся объектов (точки, линии, полигоны).

В *дереве Каталога* показаны текущие соединения к отдельным папкам, обеспечивающие быстрый доступ для обращения к данным, которые содержатся в этих папках. Для добавления нового соединения можно использовать кнопку *Подключиться к папке* или соответствующую команду меню *Файл*. Соседняя кнопка дает возможность *отключиться от соединения*. С помощью контекстного меню папки можно создавать новые наборы пространственных данных различных форматов.

Каждый объект в *дереве ArcCatalog* представляет собой один набор пространственных данных. Он имеет контекстное меню, которое вызывается нажатием правой клавиши мыши. Контекстное меню включает команды, которые можно выполнить с набором данных в *ArcCatalog*, а также служит для просмотра и редактирования свойств набора.

Детальное изучение выделенного в Каталоге объекта осуществляется в правой части окна *ArcCatalog* в 3 режимах: *Содержание*, *Просмотр*, *Описание*.

Закладка *Содержание* позволяет получить список всех наборов пространственных данных, содержащихся в папке, с описанием форматов пространственных данных.

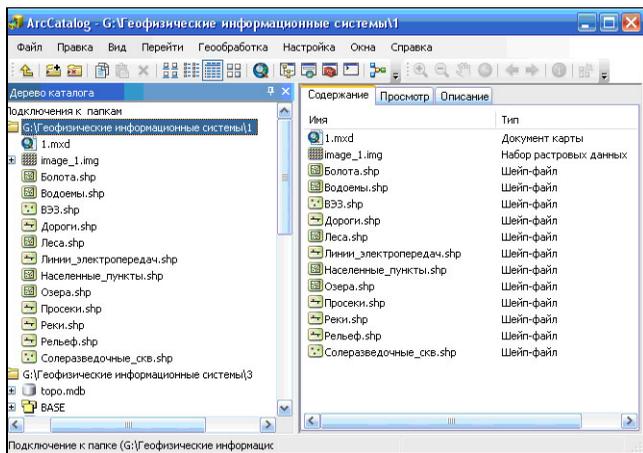


Рис. 2.1

В закладке *Просмотр* осуществляется визуализация содержимого набора пространственных данных в двух режимах: *География* и *Таблица*. В режиме *География* отображается пространственное положение объектов на карте, а режим *Таблица* позволяет просмотреть атрибутивную информацию и отредактировать структуру таблицы (добавить или удалить поля, выполнить сортировку и т.д.).

Закладка **Описание** дает возможность изучить метаданные (данные о данных), которые создаются разработчиком или поставщиком пространственной информации. Они содержат разнообразную информацию, которая может пригодиться при работе с данными в ГИС: дату создания, систему координат, сведения о создателе и другую документацию.

Создание и оформление карты проводятся в приложении **ArcMap**. Для быстрого перехода в **ArcMap** достаточно активизировать инструмент  на **Стандартной** панели **ArcCatalog**.

При создании новой карты необходимо, прежде всего, определить в **Свойствах фрейма данных** ее основные характеристики: систему координат, в которой будут отображаться объекты, и базовый масштаб карты, в котором будет осуществляться ее распечатка.

Загрузку пространственных данных и создание слоев карты можно осуществлять несколькими способами:

- простым перетаскиванием иконки набора данных из дерева **ArcCatalog** в **Таблицу содержания ArcMap**;
- с помощью кнопки **Добавить данные** (Add Data)  на панели инструментов **ArcMap** или соответствующей команды пункта меню **Файл**;
- использовать опцию **Добавить данные** в контекстном меню фрейма данных.

При добавлении к карте объекты слоев отображаются с помощью символов, заданных по умолчанию. Задачей оформления карты является выбор вида и оптимальных размеров символов, а также создание необходимых надписей объектов. Следует учитывать, что размеры надписей и символов устанавливаются для текущего масштаба визуализации карты и при изменении масштаба происходит их автоматическое масштабирование. Поэтому при оформлении целесообразно осуществлять подбор символов и надписей, ориентируясь на **базовый масштаб карты**.

Выбор символов для отображения объектов осуществляется в окне **Свойства слоя**, в закладке **Символы** (рис. 2.2). Объекты векторного слоя могут быть отображены с помощью одинаковых символов (режим **Единый символ**) или различными условными знаками в зависимости от значений атрибутов объектов. При этом классифицировать объекты можно, используя как количественные (режим **Количество**), так и качественные (режим **Категории**) характеристики объектов. Кроме того, в режимах **Диаграмма** и **По нескольким атрибутам** можно классифицировать объекты, используя одновременно значения нескольких атрибутов.

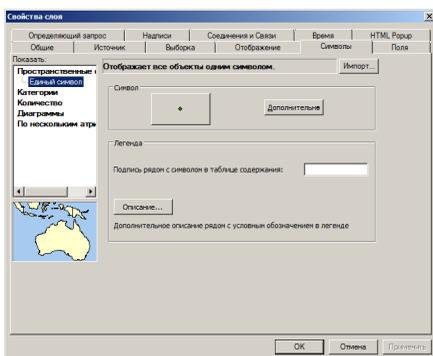


Рис. 2.2

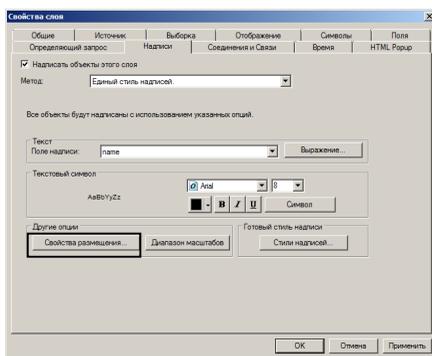


Рис. 2.3

Карта не считается завершенной, если не подписаны изображенные на ней объекты. Для подписи объектов слоя чаще всего используется информация, хранящаяся в одном из полей таблицы атрибутов. Чтобы создать подписи объектов, достаточно открыть *Свойства слоя* и в закладке *Надписи* (рис. 2.3) активизировать опцию *Надписывать объекты этого слоя*, а также выбрать метод и параметры подписей: поле надписей, размер и стиль текстового символа и т.д.

Пользователь может также с помощью опции *Свойства размещения* (рис. 2.3) закрепить некоторые особенности размещения надписей объектов слоя:

- определить положение надписей относительно объектов слоя: параллельно, над, под объектом и т.д., а также выбрать режим визуализации повторяющихся надписей;
- установить размер *Буфера* – минимального расстояния между соседними надписями, что дает возможность сократить количество надписей, размещенных на карте, и исключить появление перекрывающихся надписей.

Надписи объектов слоя можно также конвертировать в отдельные наборы данных – **аннотации**, которые сохраняются в документе карты или в базе геоданных. Удобство представления надписей в виде аннотаций заключается в возможности их повторного использования при создании других карт.

Результаты выбора способов отображения и надписей объектов отдельного слоя можно сохранять в формате **файла слоя**. Для его создания необходимо выбрать из контекстного меню слоя команду *Сохранить как файл слоя*. Файлы слоев указывают на данные и содержат свойства их отображения. Они могут успешно использоваться для обмена данными между разными пользователями.

Порядок выполнения работы

Просмотр пространственных данных

1. Загрузите приложение **ArcCatalog** с помощью пиктограммы  на рабочем столе компьютера или команды **Пуск > Программы > ArcGIS > ArcCatalog**.
2. Для быстрого доступа к данным выполните подключение к папке 2.
3. Выделите папку **2** и внимательно просмотрите ее содержимое в закладке **Содержание** (рис. 2.4). Для получения наиболее полных сведений выберите на панели инструментов способ представления **Детали** .

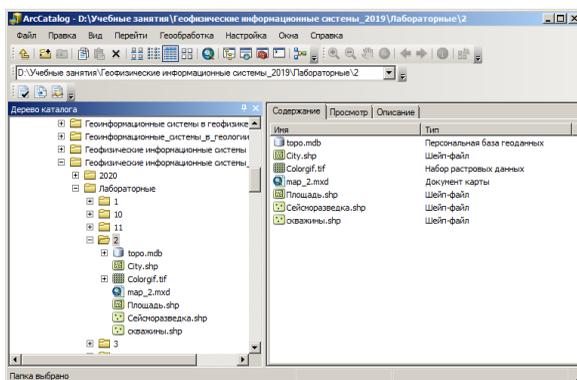


Рис. 2.4

4. Установите:
 - сколько наборов пространственных данных содержится в папке 2;
 - какие форматы пространственных данных представлены в папке;
 - сколько в базе геоданных содержится наборов классов пространственных объектов и классов пространственных объектов.
5. Не закрывая окна **ArcCatalog**, откройте программу **Мой компьютер** и посмотрите содержимое папки 2. Сравните способ представления наборов пространственных данных в этих программах и ответьте на вопрос, почему различные действия с наборами пространственных данных удобнее проводить в программе **ArcCatalog**.
6. Закройте программу **Мой компьютер**.
7. В **ArcCatalog** откройте закладку **Просмотр** и, поочередно выделяя каждый из наборов данных папки 2, посмотрите их в режимах **География** (рис. 2.5) и **Таблица** (рис. 2.6).

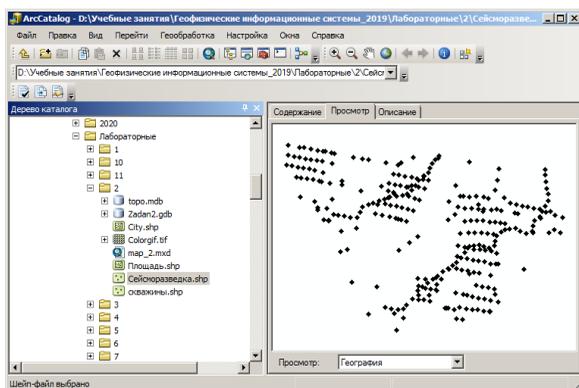


Рис. 2.5

8. В заключение откройте закладку Описание и посмотрите метаданные каждого из набора данных. Если метаданные не отображаются в окне, это означает, что они были созданы в предыдущих версиях программы ArcGIS. Для отображения метаданных с помощью пункта меню **Настройка** откройте окно *Опции ArcCatalog* и на вкладке *Метаданные* измените стиль метаданных, как показано на рис. 2.7, а.

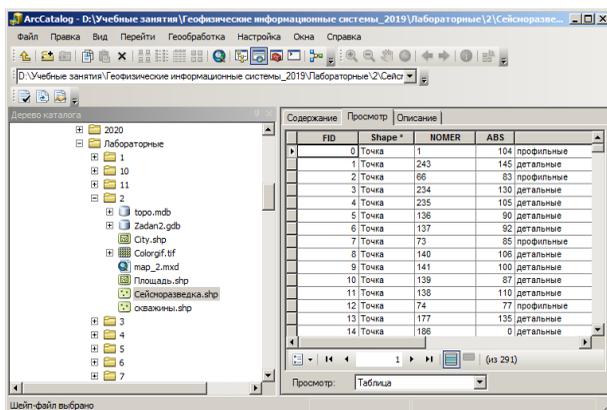
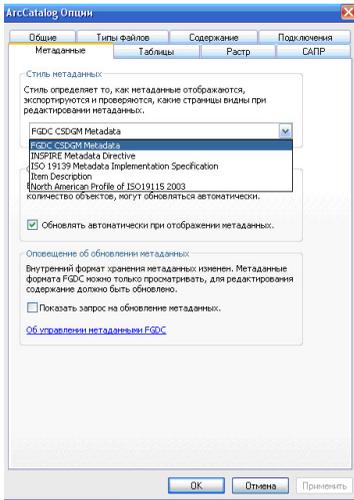
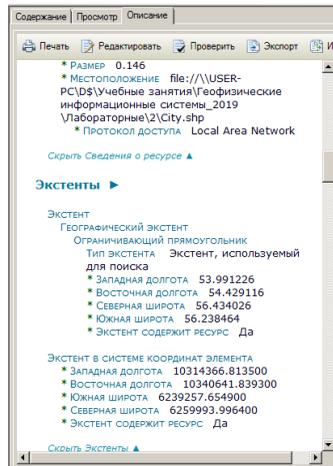


Рис. 2.6

9. Внимательно изучите метаданные наборов пространственных данных (рис. 2.7, б). Установите систему координат каждого из наборов данных и определите, в какой системе координат целесообразно создавать карту.



а



б

Рис. 2.7

10. В заключение создайте в папке 2 новую *Файловую базу геоданных* (рис. 2.8), назовите ее **Zadan2.gdb**. Файловая база данных представляет собой папку, которую Вы будете использовать в качестве рабочей при выполнении проекта в ArcMap.

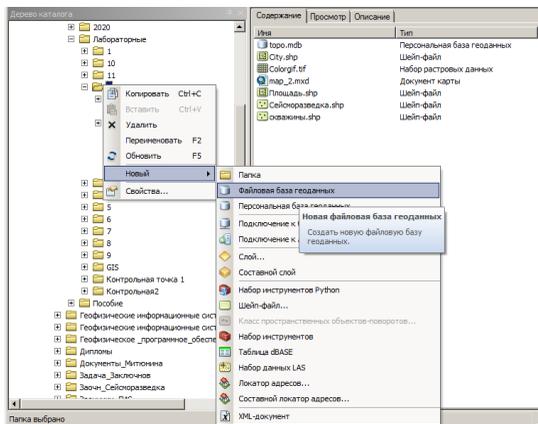


Рис. 2.8

Переход в ArcMap. Создание новой карты

1. С помощью инструмента  на *Стандартной панели ArcCatalog* откройте ArcMap в режиме *Новой пустой карты*.

2. В *Свойствах фрейма данных* на закладке *Системы координат* (рис. 2.9) установите систему координат, соответствующую пространственной привязке наборов данных, содержащихся в папке **2**.

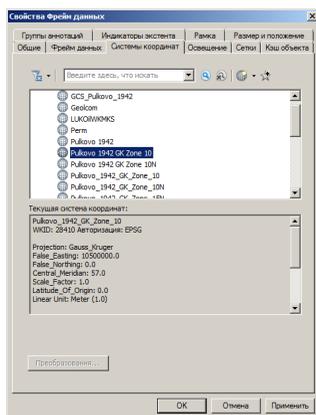


Рис. 2.9

3. Затем перейдите к созданию новых слоев карты.
4. Сначала визуализируйте пространственные данные, содержащиеся в шейп-файлах. Для этого просто перетащите мышью иконку каждого набора данных из *дерева ArcCatalog* в *Таблицу содержания ArcMap*. Для удобства выполнения этой операции закройте программу *ArcCatalog* и откройте окно *ArcCatalog* в приложении *ArcMap*, активизировав кнопку  на панели *Стандартная*. Убедитесь, что содержимое каждого шейп-файла отображается на карте в виде отдельного слоя.
5. После этого, используя кнопку *Добавить данные*  на панели инструментов, загрузите в *ArcMap* информацию, содержащуюся в персональной базе геоданных **topo.mdb**. Обратите внимание, что нельзя одновременно загрузить все содержимое базы геоданных. Необходимо последовательно добавлять данные каждого класса пространственных данных, а при загрузке набора классов образуется сразу несколько слоев карты, каждый из которых отображает объекты одного из классов набора данных.
6. В заключение с помощью опции *Добавить данные* контекстного меню фрейма данных создайте растровый слой **Colorgif.tif**.
7. Установите порядок расположения слоев в таблице содержания таким образом, чтобы на карте были видны объекты всех слоев карты (рис. 2.10), и сохраните карту в своей папке под именем **map_2.mxd**.

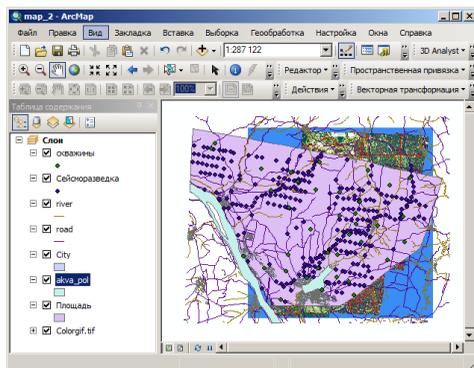


Рис. 2.10

- Затем выберите опцию **Файл < Свойства документа карты** и укажите в качестве базы геоданных по умолчанию созданную Вами файловую базу **Zadan2.gdb**, а также активизируйте опцию **Хранить относительные пути к источникам данных** (рис. 2.11).

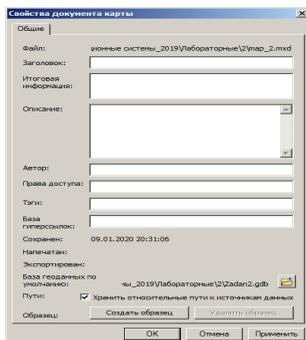


Рис. 2.11

Оформление карты

- С помощью контекстного меню откройте окно **Свойств** фрейма данных. Установите на закладке **Общие** базовый масштаб карты 1:100000 и фиксированный масштаб визуализации карты, соответствующий базовому.
- Используя контекстное меню каждого слоя, откройте окно **Свойства слоя** и на вкладке **Символы** определите символы для отображения объектов.
- Установите для объектов слоев **скважины**, **river**, **road**, **akva_pol**, **City**, **Площадь** режим отображения всех объектов **единым символом** (рис. 2.12). При выборе стиля символов учитывайте характер представления данных объектов на топографических картах. Для объектов полигонального слоя **Площадь** установите способ отображения **контур без заливки** (рис. 2.13).

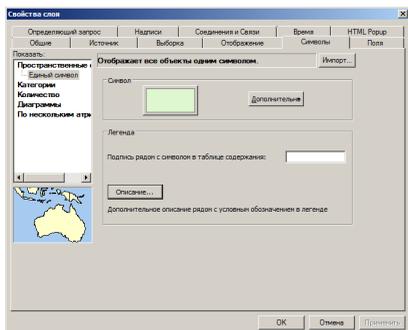


Рис. 2.12

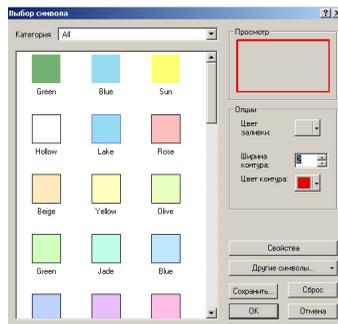


Рис. 2.13

- Классифицируйте объекты слоя **сейсморазведка** по категориям, заданным в поле *Туре* таблицы атрибутов. Для этого на закладке **Символы** окна **Свойства слоя** выберите режим *Категории < Уникальные значения* (рис. 2.14), в качестве поля значений установите *Туре* и нажмите кнопку *Добавить все*.

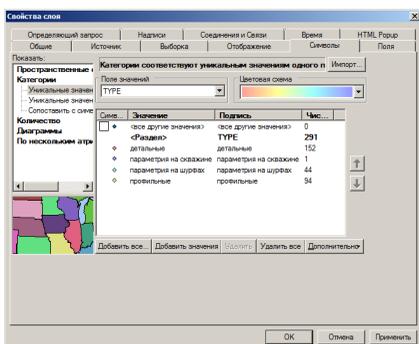


Рис. 2.14

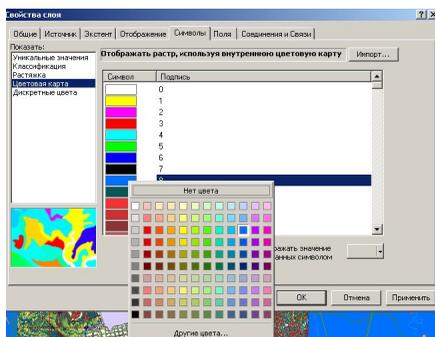


Рис. 2.15

- В результате в диалоговом окне визуализируются список всех выделенных классов объектов и символы для отображения каждого класса. Отредактируйте по своему усмотрению стиль символов и отключите визуализацию класса *<все другие значения>*. После нажатия кнопки **ОК** выбранный способ классификации объектов отобразится в **Таблице содержания**.
- Для растрового слоя **Colorgif.tif** установите режим отображения *Цветовая карта* (рис. 2.15). Затем отключите визуализацию цвета фона космоснимка. Для этого выберите в списке символ, отображающий фон, и установите для него опцию *Нет цвета*.
- Сохраните карту **map_2.mxd**.
- После этого создайте надписи объектов карты. Для этого, с помощью контекстного меню каждого слоя, откройте окно **Свойства слоя**, вкладка

Надписи (рис. 2.16) и определите параметры надписей. Используйте для всех слоев один и тот же метод *Единый стиль надписей* и контролируйте, чтобы был активизирован режим *Надписать объекты этого слоя*.

- Для слоя **river** выберите в качестве *Поля надписи name* и подпишите названия рек. В *Свойствах размещения* (рис. 2.17) выберите положение надписей *Вдоль линии* и включите режим *Удалять повторяющиеся надписи*.

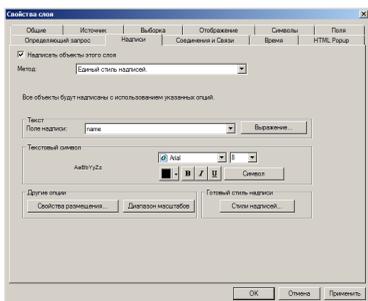


Рис. 2.16

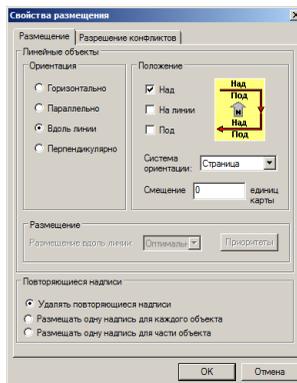


Рис. 2.17

- В слое полигональных водных объектов **akva_pol** также визуализируйте названия объектов (поле *name*) и разместите надписи внутри объектов (рис. 2.18), выбрав соответствующий размер текстовых символов.
- Затем подпишите названия населенных пунктов (слой **City**), используя поле *Name* таблицы атрибутов. Отключите режим размещения надписей внутри полигонов и активизируйте опцию удаления повторяющихся надписей (рис. 2.18).
- В слое **Сейсморазведка** выберите для надписи пикетов наблюдений поле *NOMER*. Чтобы предотвратить наложение соседних надписей, в *Свойствах размещения* (рис. 2.19) установите размер буфера вокруг каждой надписи, в пределах которого не могут располагаться другие надписи. Имейте в виду, что буфер, равный 1, соответствует высоте надписи.
- В заключение создайте надписи для объектов слоя **скважины**, используя номера скважин (поле *NOMER*), а затем конвертируйте надписи в аннотации.
- Для конвертации надписей откройте контекстное меню слоя **скважины** и выберите опцию *Конвертировать надписи в аннотации*. В открывшемся окне диалога (рис. 2.20) отметьте опцию *Сохранить аннотации в документе карты* и выполните команду *Конвертировать*. После этого откройте

окно *Свойства фрейма данных* и убедитесь, что созданная Вами аннотация появилась в списке на закладке *Аннотации*.

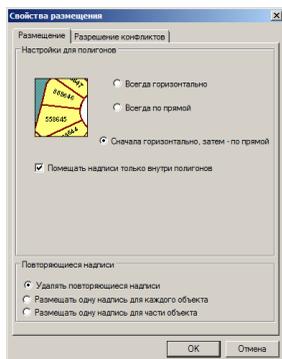


Рис. 2.18

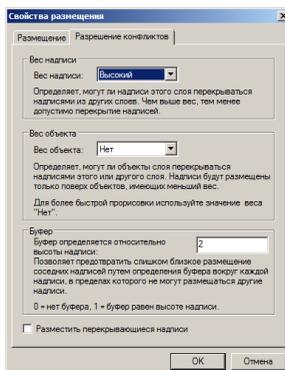


Рис. 2.19

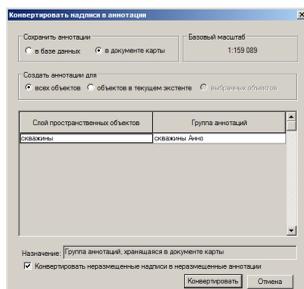


Рис. 2.20

- В заключение сохраните результаты классификации объектов слоя **Сейсморазведка** в формате **файла слоя**, чтобы его можно было использовать при создании других карт. Для этого откройте контекстное меню слоя **Сейсморазведка** и выберите команду **Сохранить как файл слоя**. Назовите его **Сейсморазведка.lyr**.
- После этого удалите слой **Сейсморазведка** и добавьте к карте файл слоя **Сейсморазведка.lyr**. Убедитесь, что выбранные Вами свойства отображения объектов сохранились в файле слоя.
- Сохраните документ карты **map_2.mxd**.

Задания для самостоятельной работы

- Создайте компоновку карты, включив все слои карты, кроме космоснимка. Назовите **«Участок сейсмической съемки»**.
- Сохраните карту и экспортируйте компоновку в файл **map_2.jpg**.

Лабораторная работа 3

РАБОТА С ТАБЛИЧНЫМИ ДАННЫМИ

Цель работы:

- Атрибутивные данные. Структура таблиц атрибутов.
- Выбор объектов по атрибутам. Простые и сложные запросы.
- Экспорт выбранных данных в новую таблицу.
- Изучение таблиц атрибутов. Сортировка. Получение статистики по полю.
- Резюмирование таблиц.
- Добавление полей и вычисление геометрии.
- Создание слоев карты по табличным данным.
- Соединение и связывание таблиц.
- Построение диаграмм.
- Использование инструмента Гиперссылка.

Исходные данные находятся в папке **3**:

vez.dbf – положение пикетов ВЭЗ

Кривые_ВЭЗ.dbf – данные ВЭЗ.

Как известно, основной особенностью организации данных в ГИС является неразрывная связь координатных данных (местоположения объектов на карте) и атрибутивной информации [1, 2, 5]. В векторных моделях пространственных данных свойства объектов хранятся в таблицах атрибутов. Для открытия таблицы атрибутов объектов слоя используется контекстное меню слоя.

Окно таблицы (рис. 3.1) состоит из рабочего поля, где содержатся атрибутивные данные. Каждый объект на карте представлен в таблице одной строкой, называемой **записью**. Каждой характеристике объекта (количественной и качественной) соответствует один столбец, или **поле** таблицы. Все поля таблицы атрибутов подразделяются на **предопределенные**, создаваемые ГИС, и **пользовательские**.

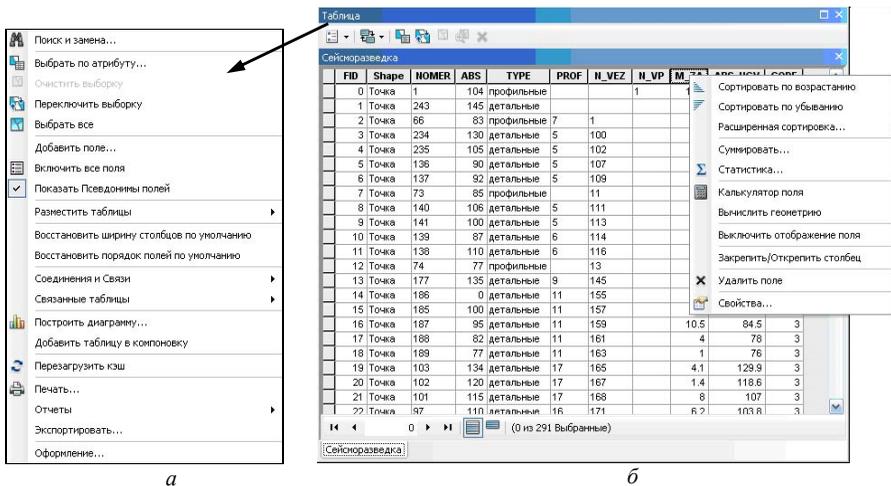


Рис. 3.1

Количество predeterminedных полей зависит от формата пространственных данных. Атрибутивные таблицы шейп-файлов имеют 2 predeterminedных поля: *идентификатор объектов (FID или ID)* и *геометрия (Shape)* объектов. Атрибутивные таблицы классов пространственных объектов базы геоданных содержат дополнительно поля, контролирующие *топологию объектов* – длины линейных объектов (*Shape_Length*) или площадь (*Shape_Area*) и периметр (*Shape_Perimeter*) полигональных объектов.

Поле **FID** называется **ключевым**, содержит уникальные значения идентификаторов, по которым можно однозначно определить объект.

Пользователь может создавать поля и вносить в них сведения о любых характеристиках объектов. Такие поля называются **пользовательскими** и могут содержать данные разного типа: числовые, текстовые, даты и т.д.

Информация о каждом поле таблицы хранится в свойствах поля, просмотр которых осуществляется через контекстное меню поля (опция **Свойства**). Используя контекстное меню поля можно также осуществлять различные операции над атрибутивными данными (рис. 3.1, б):

- проводить сортировку атрибутивной информации в зависимости от значений поля;
- получать статистические характеристики значений поля;
- осуществлять резюмирование записей (получать сводку по таблице) на основании значений в определенном поле;
- вычислять различные геометрические свойства объектов слоя (координаты, длины, площади и т.д.);

- проводить простые математические вычисления с помощью *Калькулятора поля*.

В верхнем левом углу окна таблицы расположена кнопка *Опции*  для вызова команд работы с таблицей (рис. 3.1, а). Табличный редактор ГИС предоставляет пользователю возможность осуществлять различные операции обработки и анализа атрибутивной информации. Вы можете изменять структуру таблиц атрибутов, добавляя новые поля и регулируя их ширину и порядок расположения, проводить поиск и замену отдельных значений полей, осуществлять выборку объектов слоя по значениям одного или нескольких атрибутов, визуализировать содержимое таблиц с помощью диаграмм различного типа, проводить распечатку и экспорт табличных данных и т.д.

Наиболее часто используемые опции работы с таблицей: выбор по атрибуту , переключить выборку  и т.д. Наверху таблицы также расположены кнопки, дублирующие

В нижней части окна таблицы содержится справочная информация (количество записей, количество выбранных записей) и осуществляется выбор режима отображения табличных данных: все записи , выбранные записи .

Геоинформационная система **ArcGIS** позволяет также поддерживать отношения между таблицами слоев или независимыми таблицами с помощью соединения или связывания таблиц [10]. Единственным необходимым условием для выполнения операций является наличие в обеих таблицах общего поля, значения которого в одной таблице строго соответствуют значениям в другой. Переход в режим соединения и связывания таблиц можно осуществлять в окне таблицы, используя соответствующие команды кнопки *Опции* (рис. 3.1, а), или с помощью контекстного меню слоя (рис. 3.2).

Соединение таблиц осуществляется в том случае, если отношения между записями в исходной таблице и присоединяемой характеризуются как **1:1** (один к одному) или **N:1** (много к одному). В результате соединения к исходной таблице атрибутов слоя добавляются поля атрибутов присоединяемой таблицы, открывая доступ к дополнительной атрибутивной информации об объектах слоя. Образовавшаяся таблица является виртуальной и для ее сохранения на жестком диске необходимо осуществить экспорт данных в формат DBF.

При отношении между записями в таблицах **1:N** или **N:N** проводится связывание таблиц. В отличие от соединения связывание не приводит к объединению таблиц, а только устанавливает определенные взаимоотношения между двумя таблицами: одна таблица становится основной, другая – связанной. Связывание обеспечивает доступ из основной таблицы к атрибутам в связанной.

Выделение записи в основной таблице сопровождается выделением соответствующей записи (записей) в связанной таблице.

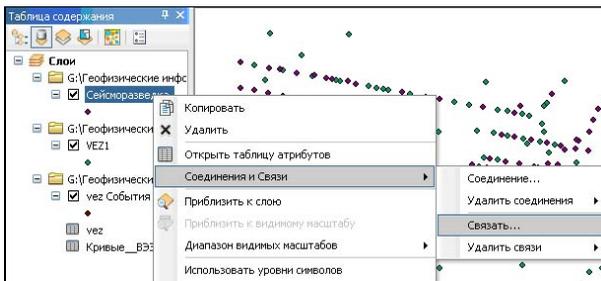


Рис. 3.2

Расширения атрибутивных характеристик объектов слоя можно также добиться за счет создания **гиперссылки**. Гиперссылка позволяет, выделив объект на карте с помощью инструмента *Гиперссылка* , расположенного на панели **Инструменты**, отобразить дополнительную информацию, связанную с данным объектом. Это могут быть растровые изображения объекта, текстовые документы, таблицы Excel, презентации, видеоролики, web-страницы и т.д. Для создания гиперссылки атрибутивная таблица слоя должна иметь поле, в котором указан путь для перехода к файлам данных. Определение гиперссылок осуществляет в окне **Свойства слоя** на закладке **Отображение**.

Таблицы в ГИС используются не только для хранения информации о свойствах пространственных объектов. Таблицы, содержащие информацию о координатах объектов, сами являются источником пространственной информации и могут быть использованы для создания слоев карты.

Порядок выполнения работы

Изучение таблицы атрибутов и выбор объектов

1. Откройте карту **map_2.mxd**, созданную при выполнении лабораторной работы 2.
2. Используя контекстное меню слоя **river**, откройте таблицу атрибутов. Изучите таблицу и определите, какие поля в таблице являются предопределенными, какие пользовательскими.
3. Затем откройте таблицу атрибутов слоя **Сейсморазведка**, определите предопределенные и пользовательские поля. Установите, почему структура таблицы отлична от атрибутивной таблицы слоя **river**.
4. Выберите в слое **Сейсморазведка** все пункты наблюдения, относящиеся к категории *детальные*. Сначала изучите таблицу атрибутов слоя и определите

те, в каком поле содержится информация о категории точек наблюдения. После этого с помощью кнопки **Опции**  откройте меню работы с таблицей и выберите команду **Выбор по атрибуту**.

5. В открывшемся диалоговом окне (рис. 3.3, а) укажите в качестве метода *Создать новую выборку*, а в окне запроса напишите условие выбора объектов: **"TYPE" = 'детальные'**. При записи запроса нужно строго соблюдать синтаксис логического выражения, поэтому используйте для его создания интерфейс диалогового окна **Выбор по атрибуту**.
6. Сначала из списка полей, расположенного в верхней части диалогового окна, выберите поле **TYPE** и, дважды щелкнув левой клавишей мыши, поместите его в окно запроса.
7. Затем, нажав соответствующую кнопку, загрузите в окно запроса оператор **=**.
8. Наконец, активизируйте режим *Получить значения*, что приведет к открытию списка уникальных значений поля **TYPE**. Выберите из списка название **'детальные'**, двойным щелчком мыши перенесите в окно запроса и нажмите кнопку **Применить**.

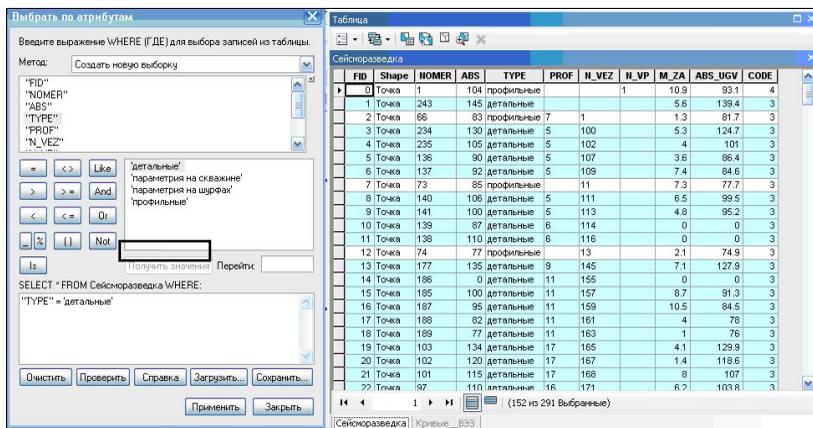
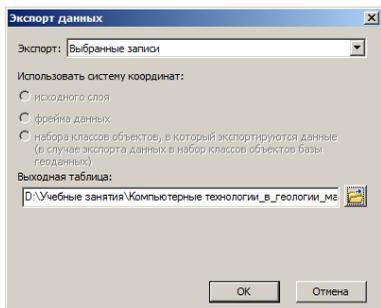
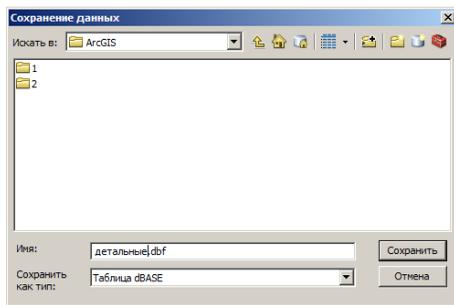


Рис. 3.3

9. В результате в таблице атрибутов слоя (рис. 3.3, б) будут выделены все записи, удовлетворяющие запросу, а в нижней части таблицы отражено количество выбранных объектов.
10. Сохраните выбранные точки наблюдения в отдельной таблице **детальные.dbf**. Для этого в меню **Опции** активизируйте команду **Экспортировать**. В открывшем диалоговом окне (рис. 3.4, а) определите в качестве объекта экспорта *Выбранные записи* и укажите местоположение и тип результирующей таблицы **Таблица DBASE** (рис. 3.4, б).



а



б

Рис. 3.4

11. По окончании снимите выделение объектов, используя команду *Очистить выборку* меню **Опции** или активизировав кнопку  окна таблицы атрибутов.
12. После этого создайте более сложный запрос к объектам слоя **Сейсморазведка** и выберите точки наблюдения, находящиеся на профилях **5** и **6**.
13. Поскольку информация о номере профиля наблюдений находится в поле *PROF* таблицы атрибутов, то при выборе пикетов должно выполняться одно из двух условий: **“PROF” = ‘5’** или **“PROF” = ‘6’**. Запишите эти условия в окне запроса диалогового окна *Выбрать по атрибуту* (рис. 3.5), используя для соединения оператором **OR (ИЛИ)**.



Рис. 3.5

14. Применение запроса к объектам слоя **Сейсморазведка** приведет к выделению точек наблюдения, расположенных на профилях **5** и **6**. Сохраните атрибуты выбранных пикетов в своей папке в отдельной таблице **проф5_6.dbf**. После этого очистите выборку.

Анализ табличных данных

1. Откройте таблицу атрибутов слоя водоемов **akva_pol** и изучите размеры объектов слоя, используя контекстное меню поля *Shape_Area*, в котором хранятся значения площади водоемов.
2. Сначала с помощью опции **Сортировать по возрастанию** отсортируйте записи по возрастанию площади водоемов и определите, какой водоем является самым большим по площади, какой самым маленьким.
3. Затем активизируйте команду **Статистика** контекстного меню поля *Shape_Area*. В открывшемся окне (рис. 3.6) отобразится гистограмма плотности распределения площадей и основные статистические параметры объектов слоя. Установите суммарную и среднюю площади водоемов.

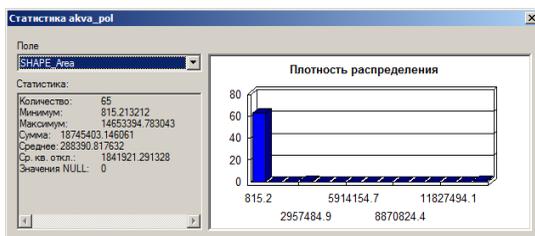
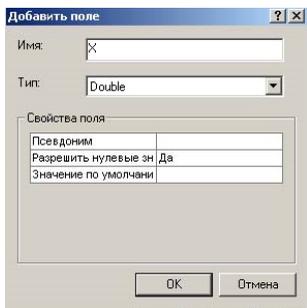
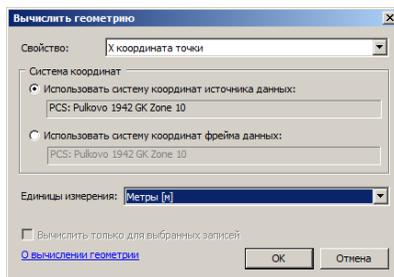


Рис. 3.6

4. После этого вычислите координаты пикетов сейсмической съемки. Для этого откройте таблицу атрибутов слоя **Сейсморазведка** и, используя кнопку **Опции**, выберите команду **Добавить поле**. Назовите новое поле **X** и укажите формат поля **Double**, позволяющий записывать действительные числа большой разрядности (рис. 3.7, а).



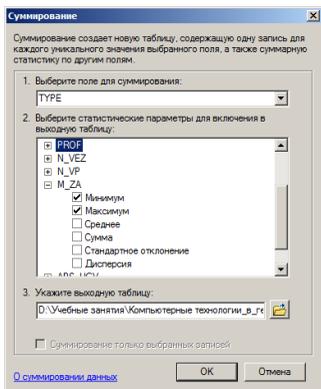
а



б

Рис. 3.7

- Откройте контекстное меню поля **X** и выберите опцию **Вычислить геометрию**. В открывшемся окне определите свойство геометрии *X* *Coordinate of Point* (рис. 3.7, б). Обратите внимание, что при вычислении можно выбрать единицы измерения координат.
- Аналогичным образом добавьте поле **Y** и вычислите координату **Y** точек наблюдения.
- Затем составьте резюмирующую таблицу по полю *TYPE*, содержащем информацию о категории точек наблюдения. Для этого откройте контекстное меню поля и выберите команду **Суммировать**. В диалоговом окне (рис. 3.8, а) укажите, в качестве дополнительных сведений, данные о минимальной и максимальной мощности ВЧР (поле *M_ZA*) и сохраните таблицу в своей папке под именем **Sum_seis.dbf**.
- Добавьте результирующую таблицу к карте и откройте ее (рис. 3.8, б). Таблица содержит сводную информацию о каждой из категорий точек наблюдений: количество пикетов (поле *Count_TYPE*), минимальная (*Minimum_M_ZA*) и максимальная (*Maximum_M_ZA*) мощность ВЧР.



а

OID	TYPE	Count_TYPE	Minimum_M_ZA	Maximum_M_ZA
0	детальные	152	0	14.5
1	параметрия на скважине	1	0	0
2	параметрия на шурфах	44	0	15
3	профильные	94	0	16

б

Рис. 3.8

Создание слоев карты по табличным данным

- Загрузите в **ArcMap** таблицу **vez.dbf**. Она отобразится в **Таблице содержания** на вкладыше .
- Откройте таблицу и определите, в каких полях записана информация о координатах пикетов ВЭЗ.
- Откройте контекстное меню таблицы и выберите опцию **Отобразить данные XY** (рис. 3.9, а). В открывшемся окне (рис. 3.9, б) укажите поля табли-

цы, в которых содержатся координаты объектов, и с помощью кнопки *Редактировать* задайте для набора электроразведочных данных систему координат, соответствующую системе координат карты (фрейма данных).

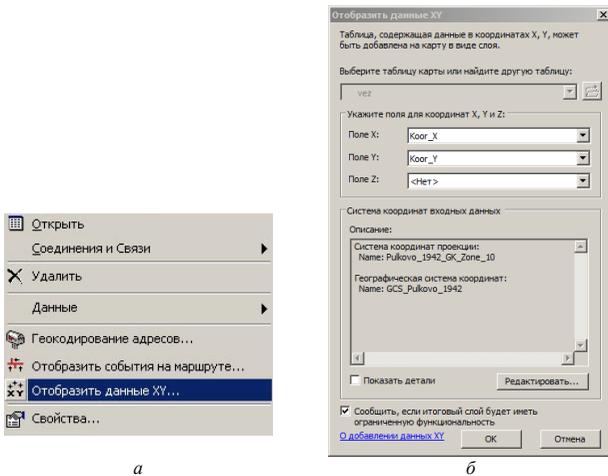


Рис. 3.9

4. В таблице содержания ArcMap появится новый слой точечных объектов **vez Событие**, а положение точек ВЭЗ отобразится на карте.
5. Слой **Событие** является виртуальным, поэтому для его сохранения в виде набора пространственных данных необходимо осуществить экспорт слоя в формат шейп-файла или класса пространственных объектов. Для экспорта откройте контекстное меню слоя **vez Событие** и выберите команду *Данные > Экспорт*. Сохраните данные как шейп-файл под названием **ВЭЗ.shp**.
6. Удалите слой **vez Событие** и таблицу **vez.dbf**.
7. Сохраните документ карты **map_3.mxd**.

Соединение и связывание таблиц

1. Добавьте к карте таблицу **Кривые_ВЭЗ.dbf**, содержащую результаты полевых измерений ВЭЗ.
2. Откройте одновременно таблицу атрибутов слоя **ВЭЗ** и таблицу **Кривые_ВЭЗ.dbf** и сопоставьте содержимое таблиц.
3. Вы видите (рис. 3.10), что таблица атрибутов слоя **ВЭЗ** содержит только информацию о координатах точек наблюдения, а таблица **Кривые_ВЭЗ.dbf** – значения кажущихся сопротивлений, измеренные в этих пикетах. Причем в той и другой таблицах имеется поле *NOMER*, в котором хранится одинаковая информация о пикетах – их номера.

общее поле

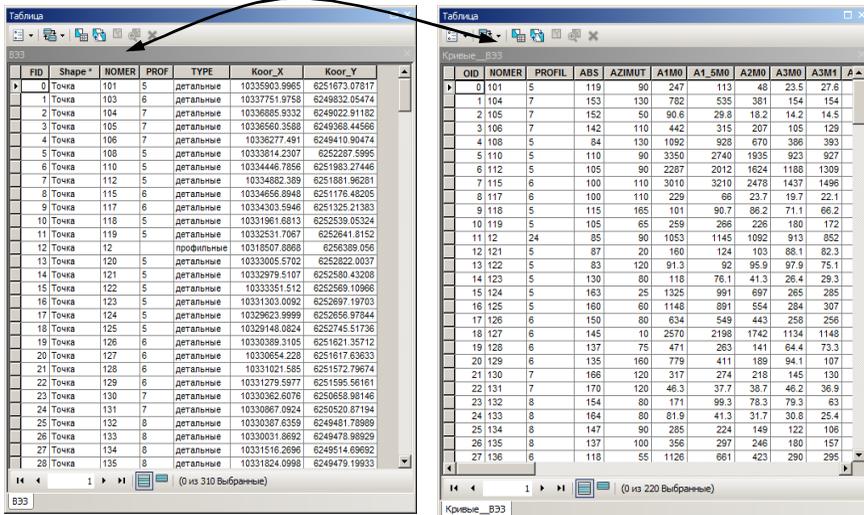
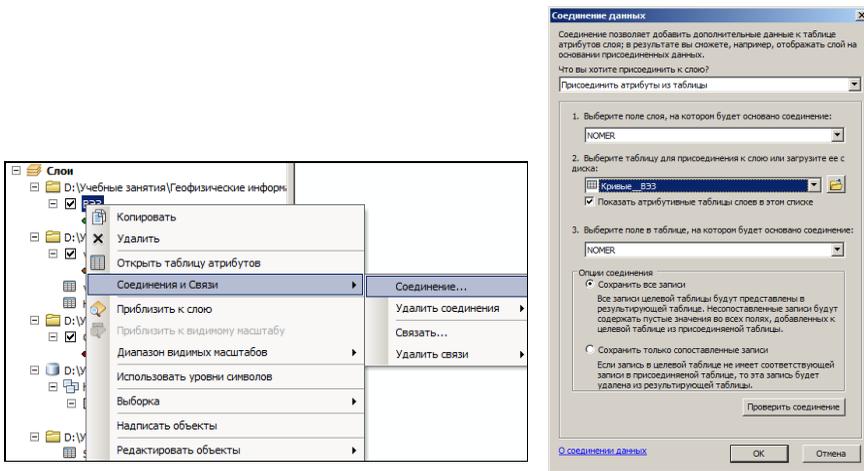


Рис. 3.10

4. Откройте контекстное меню слоя **ВЭЗ** и выберите опцию **Соединения и связи** > **Соединение** (рис. 3.11, а). Выполните соединение табличных данных по общему полю **NOMER**, используя в качестве основной – таблицу атрибутов слоя, а присоединяемой – **Кривые_ВЭЗ.dbf** (рис. 3.11, б).



а

б

Рис. 3.11

5. При соединении таблиц может появиться предупреждение, что поля таблиц не индексированы. Разрешите программе провести индексацию полей.
6. После соединения информации из таблицы Кривые_ВЭЗ.dbf добавится к атрибутам слоя ВЭЗ. Однако соединение таблиц является виртуальным, поэтому для сохранения результатов в наборе пространственных данных откройте контекстное меню слоя **ВЭЗ** и с помощью команды **Данные > Экспорт данных** экспортируйте все данные слоя **ВЭЗ** в слой **ВЭЗ_1**.
7. Откройте таблицу атрибутов слоя **ВЭЗ_1** и убедитесь, что она содержит результаты измерений (рис. 3.12). После этого удалите слой **ВЭЗ**.

ID	Shape*	NOMER	PROF	TYPE	Koog_X	Koog_Y	OID	NOMER_1	PROFIL	ABS	AZIMUT	A1M0	A1_5M0	A2M0	A3M0	A3M1	A4M0	A4M1	A5
0	Точка	101	5	детальные	10335903.9965	6251673.07817	0	101	5	119	90	247	113	48	23.5	27.8	16.9	18.8	
1	Точка	103	6	детальные	10337751.9758	6249832.05474	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Точка	104	7	детальные	10336885.9332	6249022.91182	1	104	7	153	130	782	535	381	154	154	61.9	62	
3	Точка	105	7	детальные	10336560.3588	6249368.44566	2	105	7	152	50	90.6	29.8	18.2	14.2	14.5	12.8	12.9	
4	Точка	106	7	детальные	10336277.491	6249410.90474	3	106	7	142	110	442	315	207	105	129	79.8	94.1	
5	Точка	108	5	детальные	10333814.2307	6252267.5955	4	108	5	84	130	1092	928	670	396	393	275	281	
6	Точка	110	5	детальные	10334446.7856	6251983.27446	5	110	5	110	90	3350	2740	1935	923	927	470	472	
7	Точка	112	5	детальные	10334882.389	6251881.96281	6	112	5	105	90	2287	2012	1624	1188	1309	652	720	
8	Точка	115	6	детальные	10334656.8948	6251176.48205	7	115	6	100	110	3010	3210	2478	1437	1496	797	837	
9	Точка	117	6	детальные	10334303.8946	6251325.21383	8	117	6	100	110	229	66	23.7	19.7	22.1	19.5	21.2	
10	Точка	118	5	детальные	10331961.8813	6252539.05324	9	118	5	115	165	101	90.7	86.2	71.1	66.2	55.9	49.5	
11	Точка	119	5	детальные	10332531.7867	6252641.8152	10	119	5	105	65	259	286	228	180	172	144	132	
12	Точка	12		профильные	10318507.8866	6256389.056	11	12	24	85	90	1053	1145	1092	913	852	760	708	
13	Точка	120	5	детальные	10333005.5702	6252822.0037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Точка	121	5	детальные	10332979.5107	6252580.43208	12	121	5	87	20	160	124	103	88.1	82.3	75	67.3	
15	Точка	122	5	детальные	10333351.512	6252569.10966	13	122	5	83	120	91.3	92	95.9	97.9	75.1	97.9	93.3	
16	Точка	123	5	детальные	10331303.0092	6252697.19703	14	123	5	130	80	118	76.1	41.3	26.4	29.3	16.5	18	
17	Точка	124	5	детальные	10329623.8999	6252856.97844	15	124	5	163	25	1325	991	697	295	285	120	130	
18	Точка	125	5	детальные	10329148.9824	6252745.51798	16	125	5	160	80	1148	891	554	284	307	137	153	
19	Точка	126	6	детальные	10330389.3105	6251621.35712	17	126	6	150	80	634	549	443	256	256	150	150	
20	Точка	127	6	детальные	10330654.228	6251617.63633	18	127	6	145	10	2570	2198	1742	1134	1148	518	522	

Рис. 3.12

8. В завершение подберите подходящие символы для отображения объектов слоя **ВЭЗ_1** и подпишите номера электроразведочных пикетов.
9. Сохраните документ карты **map_3.mxd**.
10. После этого установите связь между таблицей атрибутов слоя **Сейсморазведка** и таблицей **Кривые_ВЭЗ.dbf**.
11. Откройте таблицу атрибутов слоя **Сейсморазведка**. Вы видите (рис. 3.13, а), что в поле **N_VEZ** записаны номера точек ВЭЗ, совпадающих с пикетами сейсмической съемки. Аналогичная информация (номера пикетов ВЭЗ) содержится в поле **NOMER** таблицы **Кривые_ВЭЗ.dbf**.

ID	Shape	NOMER	ABS	TYPE	PROF	N_VEZ	N_VP	M_ZA	ABS_UGV	CODE
0	Точка	1	104	профильные		1	10.9		93.1	4
1	Точка	243	145	детальные			5.6		139.4	3
2	Точка	68	83	профильные	7	1	1.3		81.7	3
3	Точка	234	130	детальные	5	100	5.3		124.7	3
4	Точка	235	105	детальные	5	102	4		101.3	3
5	Точка	136	90	детальные	5	107	3.6		86.4	3
6	Точка	137	92	детальные	5	109	7.4		84.6	3
7	Точка	73	85	профильные	5	111	7.3		77.7	3
8	Точка	140	106	детальные	5	111	6.5		99.5	3
9	Точка	141	100	детальные	5	113	4.8		95.2	3
10	Точка	139	87	детальные	6	114	0		0	3
11	Точка	138	110	детальные	5	116	0		0	3
12	Точка	74	77	профильные	13	2.1	74.9		3	3
13	Точка	177	135	детальные	9	145	7.1		127.9	3
14	Точка	186	0	детальные	11	155	0		0	3
15	Точка	185	100	детальные	11	157	8.7		91.3	3
16	Точка	187	95	детальные	11	159	10.5		84.5	3
17	Точка	188	82	детальные	11	161	4		76.3	3
18	Точка	189	77	детальные	11	163	1		76.3	3
19	Точка	103	134	детальные	17	165	4.1		129.9	3
20	Точка	102	120	детальные	17	167	1.4		118.6	3
21	Точка	101	115	детальные	17	168	8		107.3	3

а

Связать

Связь позволяет вам связать данные со слоем. Связанные данные не добавляются в таблицу атрибутов так, как это происходит при использовании Соединения. Вы просто получаете доступ к связанным данным при работе с атрибутами данного слоя.

Установление Связи очень полезно, когда между слоем и связанными данными нужно установить отношение:

1. Выберите поле в данном слое, на котором будет основана связь:
N_VEZ
2. Выберите таблицу или слой, чтобы связать их с данным слоем:
Кривые_ВЭЗ
3. Выберите в связываемой таблице или слое поле, на котором основана связь:
NOMER
4. Задайте имя для связи:
Связь1

связанных данных

OK Отмена

б

Рис. 3.13

N_VEZ	N_VP	M_ZA	ABS_UGV	CODE
1	10.9		93.1	4
2	5.6		139.4	3
3	1.3		81.7	3
4	5.3		124.7	3
5	4		101.3	3
6	3.6		86.4	3
7	7.4		84.6	3
8	7.3		77.7	3
9	6.5		99.5	3
10	4.8		95.2	3
11	0		0	3
12	0		0	3
13	2.1	74.9	3	3
14	7.1	127.9	3	3
15	0	0	3	3
16	8.7	91.3	3	3
17	10.5	84.5	3	3
18	4	76.3	3	3
19	4.1	129.9	3	3
20	1.4	118.6	3	3
21	8	107.3	3	3

а

ID	NOMER	PROFIL	ABS	AZIMUT	A1M0	A1_5M0	A2M0	A3M0	A3M1	A4M0	A4M1	A5
140	102	5	105	90	51.5	49.9	51.1	52.1	46.8	52	47	

б

Рис. 3.14

12. После этого удалите установленную связь, используя контекстное меню слоя Сейсморазведка, и сохраните изменения в документе карты map_3.mxd.

Построение диаграмм

1. Для построения диаграмм используется **Мастер построения диаграмм**, который можно загрузить из окна таблицы выбором команды **Опции > Построить диаграмму** (рис. 3.15).

	A10M1	A13M1	A18M1	A18M5	A25M1	A25M
	102	68.5	38.4	54.8	24.9	29
	15	14.3	13.8	14.6	12.8	13
	91.8	80.6	58.5	57.1	44.8	44
	94.5	75	67.8	69	59	€
	193	103	68.7	74.8	57.3	63
	127	62	54.8	57.7	56.8	62
	135.6	113	113	127	107.8	11
	30.8	21.1	16.1	14.8	14.5	13
	116	86	63.3	65.4	56	59

Рис. 3.15

2. Постройте графики изменения кажущегося электрического сопротивления по профилю **12** на разносах питающей линии $AB/2=25$ и 100 м.
3. Откройте таблицу атрибутов слоя **ВЭЗ1** и с помощью команды **Выбор по атрибуту** выделите точки ВЭЗ, которые находятся на профиле **12**. После этого загрузите **Мастер построения диаграмм**.
4. В открывшемся окне (рис. 3.16) установите **Тип диаграммы** – *Вертикальный график*, укажите поля таблицы, используемые при построении: **Поле Y** – *A25M5*, содержащее значения кажущегося электрического сопротивления на разносе $AB/2=25$ м; **Поле надписи оси X** – *NOMER* – и активизируйте режим **Добавить к легенде** надписи. Результат построения отобразится в правой части окна **Мастера построения диаграмм**. Нажмите **Далее**.

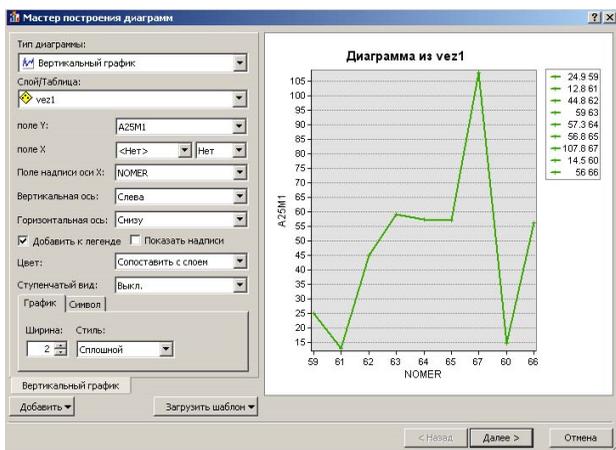


Рис. 3.16

- В открывшемся окне (рис. 3.17) выберите опцию *Показать только выбранные объекты*, напишите заголовок диаграммы, включите режим отображения легенды и определите параметры осей координат (заголовок, тип масштаба и т.д.).

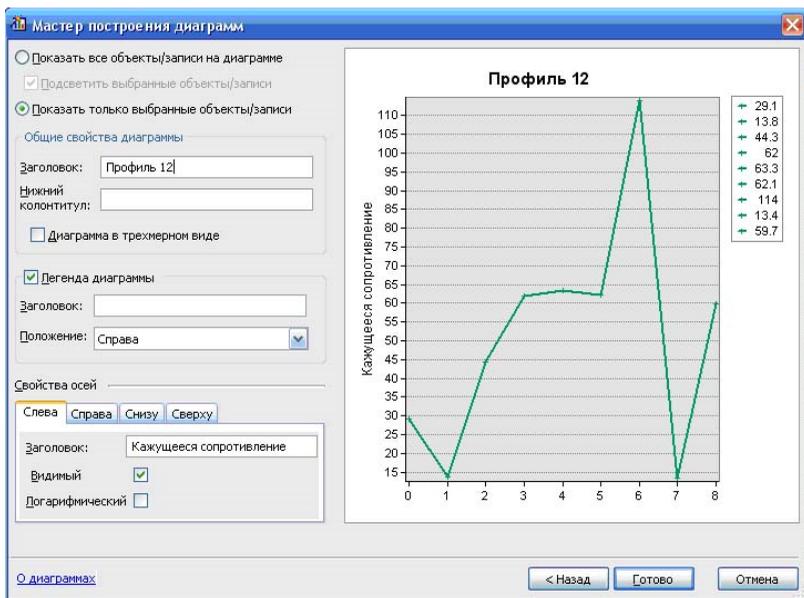


Рис. 3.17

- Затем вернитесь *Назад* и перейдите к построению графика изменения кажущегося электрического сопротивления на разносе $AB/2=100$ м. Нажмите кнопку *Добавить*, расположенную в нижнем левом углу окна (рис. 3.18), и создайте *Новую серию диаграмм*.
- Сделайте вкладку новой серии активным и, используя те же параметры, что при создании диаграммы для разноса $AB/2=25$ м, постройте график изменения кажущегося сопротивления на разносе $AB/2=100$ м.
- Затем измените на вкладках названия построенных графиков, как показано на рис. 3.18, а также установите опцию цвета *Пользовательская* и подберите цвета для отображения каждого из графиков, завершите построение диаграммы.

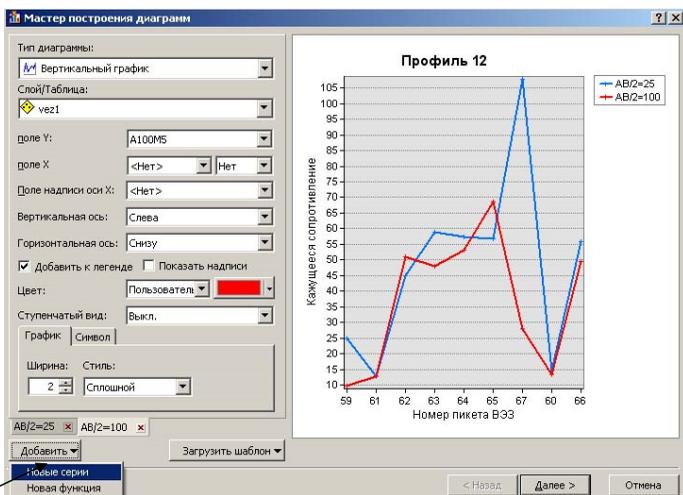


Рис. 3.18

9. Построенная диаграмма отображается в **ArcMap** в отдельном окне. Выделите диаграмму, вызовите контекстное меню и экспортируйте диаграмму в растровое изображение **Diagram1.jpg**. Обратите внимание, что через контекстное меню можно добавить построенную диаграмму к компоновке.
10. Сохраните изменения в документе карты **map_3.mxd**.

Использование инструмента *Гиперссылка*

1. Откройте таблицу атрибутов слоя **vez1** и внимательно изучите ее содержание. В поле *Text* указаны полные пути до растровых изображений кривых в некоторых точках ВЭЗ, которые можно использовать для перехода по гиперссылке.
2. Для определения гиперссылки откройте в диалоговом окне **Свойства** слоя **vez1** закладку **Отображение** и установите режим отображения: *Поддерживать гиперссылки, используя поле Text* (рис. 3.19).
3. Затем активизируйте на панели **Инструменты** кнопку **Гиперссылка** , курсор примет форму молнии, а все точки ВЭЗ, для которых определена гиперссылка, будут отмечены точкой синего цвета.
4. Установите острие молнии на один из пунктов наблюдения, отмеченных синим цветом, и щелкните кнопкой мыши. Программа запустит приложение для показа растрового изображения кривой ВЭЗ. Затем выберите другой пункт наблюдения и визуализируйте кривую ВЭЗ в этой точке.

5. Последовательно посмотрите все кривые и установите, какие типы кривых ВЭЗ получены на изучаемой площади.

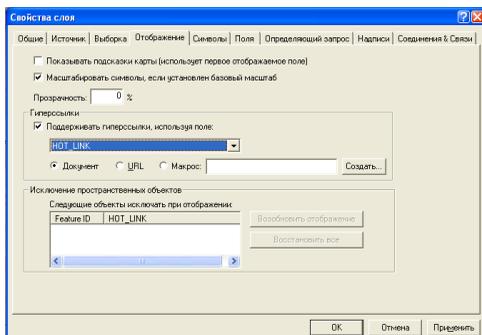


Рис. 3.19

6. Сохраните изменения в документе карты **map_3.mxd**.

Задания для самостоятельной работы

1. Постройте по сейсмическому профилю **5** геологический разрез, отобразив на графике изменения рельефа поверхности наблюдений (поле *ABS*) и положение уровня грунтовых вод (поле *ABS_UGV*).
2. Экспортируйте диаграмму в растровое изображение **RAZREZ5.jpg**. Добавьте построенную диаграмму к компановке.
3. Для слоя **vez1** составьте резюмирующую таблицу по полю *TYPE*, добавив статистическую информацию о минимальном и максимальном значениях кажущегося сопротивления на разносе $AB/2 = 50$ м (поле *A50M5*) в каждой категории точек наблюдения. Сохраните таблицу в своей папке под именем **Sum_vez1.dbf**.
4. Вычислите суммарную протяженность речной сети и сохраните результат в таблице **Sum_river.dbf**.
5. Вычислите координаты скважин в метрах и десятичных градусах.

Лабораторная работа 4. РАБОТА С СИСТЕМАМИ КООРДИНАТ

Цель занятия:

- Система координат фрейма.
- Система координат набора данных.
- Перепроецирование набора данных. Инструмент Проецировать.
- Перепроецирование «на лету».
- Векторная трансформация пространственных данных.

Исходные данные находятся в папке 4.

Area.shp – район работ;

hyp.shp – высотные отметки, поле *HYP_ABS* – значения абсолютных отметок в м;

relief_isoline.shp – изолинии рельефа, поле *PHLR_ABS* – отметки изолиний в м;

rivers.shp – речная сеть, поле *WIN_TEXT* – название реки;

lit_X_Y.dbf – координаты точек опробования.

Для определения местоположения объектов относительно тела Земли используются горизонтальные и вертикальные системы координат (системы высот). Горизонтальные системы координат фиксируют местоположение объекта на поверхности эллипсоида (сфероида), аппроксимирующего фигуру Земли, а вертикальные системы определяют смещение объекта относительно поверхности эллипсоида (или квазигеоида) [1, 9].

В геоинформационных системах используют 2 вида горизонтальных систем координат:

- общегеографические (геодезические);
- системы координат проекций.

Географические системы координат (ГСК) используют для определения местоположения объектов сферических координат широты и долготы, единицей измерения которых является градус. ГСК включает в себя угловые единицы измерения координат, нулевой меридиан и датум, основанный на сфероиде. Сфероид аппроксимирует форму Земли, а датум определяет положение сфероиды относительно центра масс Земли и предоставляет систему отсчета для определения местоположения объектов на поверхности Земли.

Система координат проекций является производной от географической системы координат и определяет правила проецирования координат с поверхности сфероиды на плоскую двумерную поверхность карты. Картографические

проекции используют прямоугольную систему координат и линейные единицы их измерения (метры, километры, ярды).

При создании ряда проекций в качестве вспомогательных поверхностей используются геометрические фигуры (конусы, цилиндры), которые разворачиваются на плоскость без растяжения, поэтому картографические проекции классифицируются в соответствии с используемой для них проекционной поверхностью: конические, цилиндрические или азимутальные (проекция на плоскость).

Проецирование пространственных данных приводит к искажению, по меньшей мере, одного из пространственных свойств: площади, формы, расстояния или направления. Различные проекции имеют разные типы искажений, поэтому одни из них могут использоваться для отображения крупномасштабных объектов на ограниченной площади, другие – для составления мелкомасштабных карт мира.

Наибольшее применение в России при создании средне- и крупномасштабных карт получила проекция Гаусса-Крюгера, аналогом которой за рубежом является универсальная Поперечная проекция Меркатора (UTM). Проекция Гаусса-Крюгера и UTM являются поперечно цилиндрическими, зональными. Земная поверхность делится на 60 пронумерованных зон шириной по 6 градусов долготы. Проецирование каждой зоны проводится отдельно, поэтому каждая зона имеет свою прямоугольную систему координат.

Геоинформационная система ArcGIS поддерживает более 50 картографических проекций [10].

При работе с проекциями в ArcGIS различают **системы координат фрейма данных** и **системы координат слоев карты** (наборов пространственных данных).

Системы координат фрейма данных указывают, в какой координатной системе представляются пространственные объекты на карте (экране монитора). Системы координат фрейма устанавливаются в одноименной закладке **Свойств** фрейма.

Системы координат наборов пространственных данных показывают, в какой системе координат определено положение объектов при создании данных. Всю информацию о пространственной привязке набора данных можно посмотреть в свойствах слоя. **Система координат набора данных не может быть изменена произвольно в свойствах слоя!!!**

Для модификации системы координат набора данных нужно выполнить операцию перепроецирования. В ArcGIS для этого используется инструмент **Проецировать** приложения **ArcToolbox**, с помощью которого создается новый набор данных, координаты которого являются результатом преобразования из

старых единиц измерения в новую систему координат. Для этого необходимо совершенно точно знать все параметры входной и выходной проекции.

Система координат фрейма может не соответствовать системе координат исходных данных. В этом случае при загрузке набора данных осуществляется автоматическое перепроецирование слоя в систему координат фрейма. При этом не происходит изменения координат исходных данных, осуществляется только их визуализация в системе координат карты. Подобная процедура получила название «**проецирование на лету**». Для всех наборов данных, имеющих определенную систему координат, проецирование на лету происходит также в том случае, если пользователь изменяет проекцию фрейма данных.

Если пространственные данные были получены в результате оцифровки бумажных карт с помощью дигитайзера или являются результатом сканирования бумажных карт, то такие пространственные данные, как правило, не имеют географической привязки. Для совмещения в едином координатном пространстве данных, система координат которых не известна (не определена), проводится трансформация – геометрическое преобразование координат.

Для преобразования необходимо знать истинные координаты объектов в нескольких точках, называемых **опорными**. Процесс трансформации основан на сравнении координат исходных и целевых точек через специальные графические элементы, называемые связями (или векторами смещения). Качество трансформации оценивается по величине среднеквадратического расхождения (RMS) между расчетным положением опорных точек и их фактическим положением. Если RMS не превышает точность входных данных, то трансформация выполнена идеально.

Для трансформации векторных данных в **ArcGIS** используется панель инструментов *Векторной Трансформации*, позволяющая в режиме редактирования осуществлять три типа преобразований координат пространственных объектов: аффинное, проективное и преобразование подобия, а также проводить геометрическую коррекцию отдельных участков карты методом «резинового листа» и выполнять подгонку смежных листов карты.

Порядок выполнения работы

1. В **ArcCatalog** внимательно ознакомьтесь с исходными данными. Определите системы координат входных данных.
2. Убедитесь, что для ряда наборов данных не определена пространственная привязка.
3. Особое внимание уделите изучению таблицы с координатами точек опробования **lit_X_Y.dbf**. Известно, что координаты заданы в проекции Гаусса–

Крюгера, датум Pulkovo 1942. Установите, в какой зоне проекции Гаусса – Крюгера заданы координаты точек.

4. Перейдите в **ArcMap** и создайте новую карту. Установите для фрейма данных систему координат, соответствующую пространственной привязке табличных данных.
5. Добавьте к карте таблицу **lit_X_Y.dbf** и, используя значения координат **X,Y**, отобразите положение точек опробования. Выберите наиболее подходящие символы для отображения объектов слоя и подпишите номера точек.
6. Осуществите перепроецирование данных **river1.shp**. Для этого активизируйте инструмент **ArcToolbox Управление данными < Проекция и преобразования < Объекты < Проецировать** (рис. 4.1).
7. В открывшемся диалоговом окне (рис. 4.2) укажите в качестве выходной – систему координат фрейма данных и дайте название выходному набору данных, например **river1.shp**.

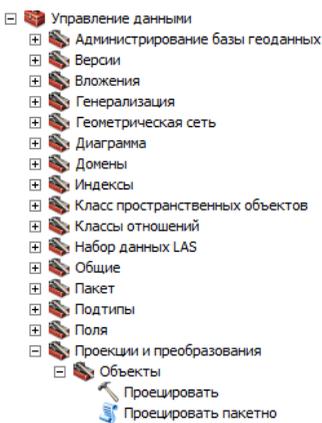


Рис. 4.1

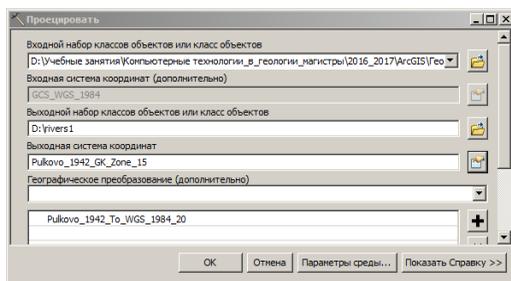


Рис. 4.2

8. Добавьте созданный слой к карте и убедитесь, что данные совместились в координатном пространстве.
9. Выполните перепроецирование набора данных **relief_isoline.shp** «на лету». Для этого загрузите данные в **ArcMap**.
10. Может появиться предупреждение (рис. 4.3), что системы координат набора данных и фрейма используют различные географические системы координат, поэтому необходимо выполнить географическое преобразование координат. Нажмите кнопку **Преобразование** и выберите нужный вариант преобразования географической системы координат (рис. 4.4).

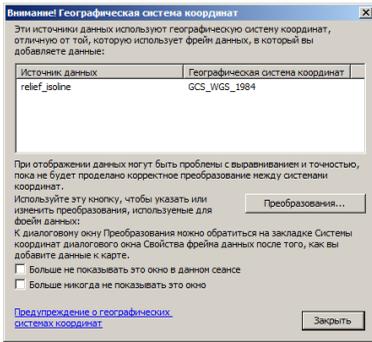


Рис. 4.3

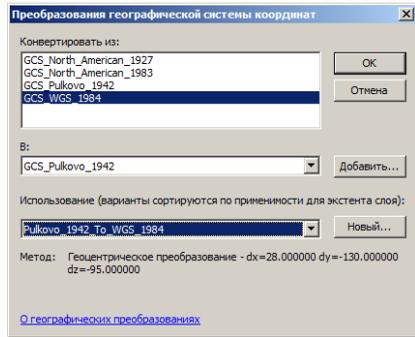


Рис. 4.4

11. После этого данные слоя **relief_isoline.shp** отобразятся на карте в системе координат фрейма, однако пространственная привязка набора не изменится. Убедитесь в этом, открыв *Свойства* слоя.
12. Для пересчета координат объектов выполните экспорт данных **relief_isoline.shp** (рис. 4.5) в новый набор данных **relief_isoline1.shp**, используя систему координат фрейма (рис. 4.6).

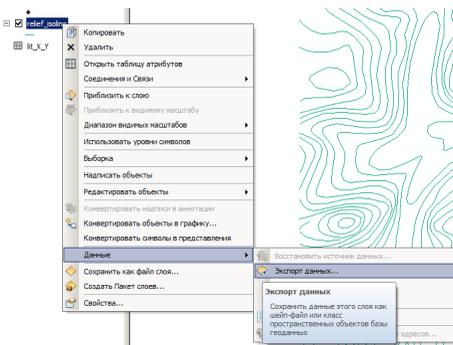


Рис. 4.5

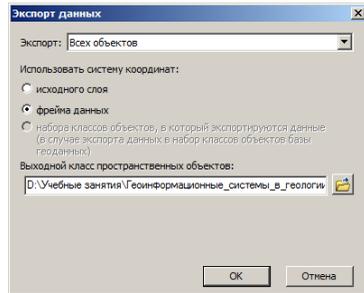


Рис. 4.6

13. После этого загрузите в **ArcMap** наборы данных **hyp.shp** и **Area.shp**, в свойствах которых не определена пространственная привязка.
14. При загрузке появится предупреждение (рис. 7), нажмите OK.

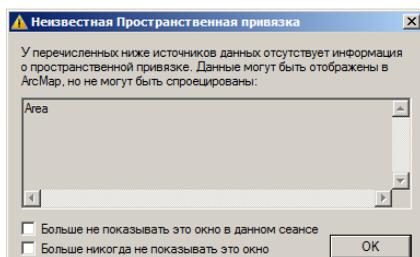


Рис. 4.7

15. Выделите в *Таблице содержания* слой **Area.shp**, откройте контекстное меню слоя, выберите опцию *Приблизить к слою* и убедитесь, что слои добавлены к карте, но данные не совместились с другими слоями карты.
16. Выполните векторную трансформацию данных **hyp.shp** и **Area.shp**.
17. Для этого в меню панели *Редактор* активизируйте режим редактирования
18. Затем, используя опцию главного меню программы **Настройка < Панели инструментов**, загрузите панель инструментов *Векторная трансформация* (рис. 4.8).

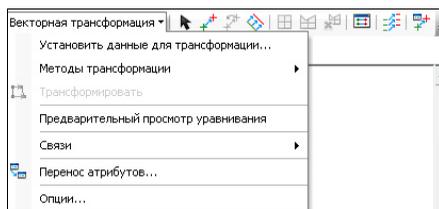


Рис. 4.8

19. На панели *Векторная трансформация* активизируйте инструмент  и постройте связи смещения, выбрав опорные точки на границах полигона **Area.shp** и слоя изолиний рельефа **relief_isoline1.shp**. При этом сначала указывайте положение опорной точки в трансформируемом слое (рис. 4.9 а), а затем положение этой же точки в целевом слое (рис. 4.9,б). Для удобства перемещения по карте можно использовать опции контекстного меню слоев *Приблизить к слою* или инструменты перемещения на панели *Инструменты*.

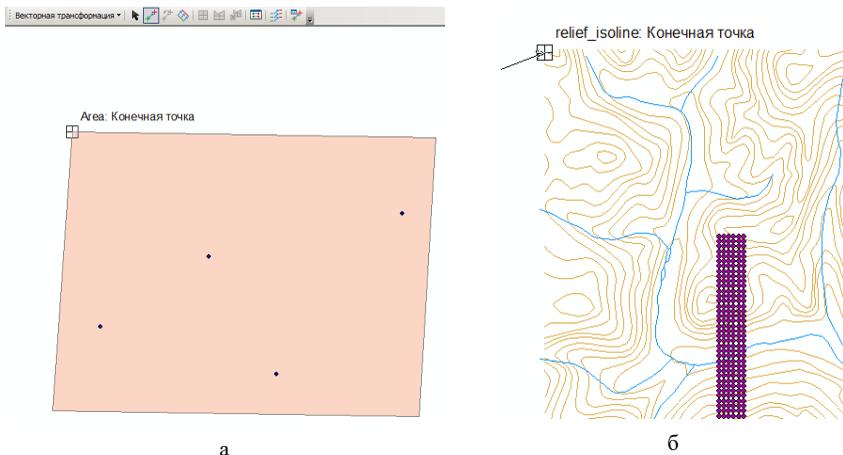


Рис. 4.9

20. В результате будут построены 4 связи смещения (рис. 4.10).

21. Затем в меню панели инструментов **Векторная трансформация** (рис. 4.8):

- откройте опцию *Установить данные для трансформации* в меню панели **Векторная трансформация** и выберите для трансформации из списка слой **hyp.shp** и **Area.shp**;
- выберите в качестве метода трансформации *Аффинное преобразование*;
- оцените погрешность трансформации. Для этого с помощью кнопки  на панели инструментов **Векторная трансформация** откройте таблицу связей. Среднеквадратическая погрешность не должна превышать 100 м;
- В завершение активизируйте опцию *Трансформировать*. В результате все слои карты совместятся.

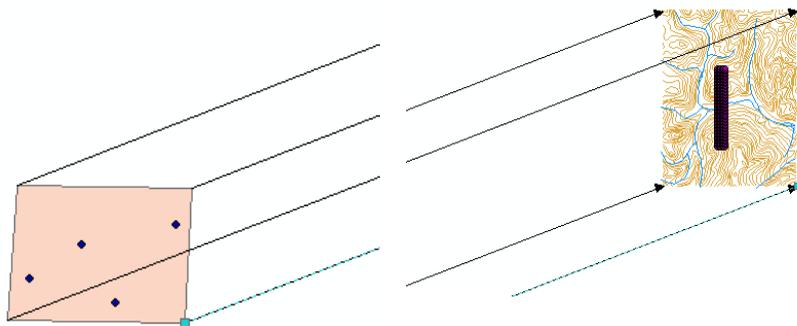


Рис. 4.10

22. После этого выйдите из режима редактирования.
23. Оформите карту: подберите символы для отображения объектов каждого из слоев, подпишите названия рек, отметки изолиний рельефа, высотные отметки характерных точек рельефа.
24. Сохраните карту в своей папке под именем **map_4.mxd**.

Лабораторная работа 5. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ПРИВЯЗКА РАСТРА. ВЕКТОРИЗАЦИЯ

Цель занятия:

- Пространственная привязка растра.
- Создание персональной базы геоданных.
- Векторизация растров.
- Конвертация растров.

Исходные данные находятся в папке 5:

z-4.jpg – растровое изображение фрагмента геологической карты

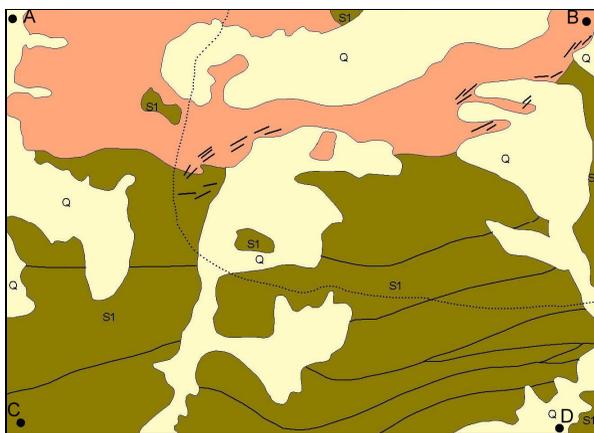


Рис. 5.1

Задание: Создайте цифровую модель фрагмента геологической карты (рис. 5.1), если известны координаты опорных точек растра:

Опорные точки	X, м	Y, м
A	388409.473	6655876.040
B	444200.489	6654610.813
C	387288.593	6618750.127
D	443640.093	6617476.503

В настоящее время многие карты геологического назначения существуют только в бумажном варианте. Для их использования в геоинформационных системах необходимо осуществить аналого-цифровое преобразование данных [1, 2].

Как правило, при создании цифровых моделей карт проводится сканирование бумажных копий, в результате которого получаем растровое изображение (скан-образ) карты. Пространственные данные, полученные с помощью сканирования, создаются в координатах планшета сканера, поэтому после сканирования выполняется географическая привязка растра.

Методы трансформации растров аналогичны методам геометрического преобразования векторных типов данных. Для выполнения трансформации необходимо задать опорные точки и построить на их основе вектора смещения. Можно осуществлять линейное и нелинейное преобразования координат. Основная особенность работы с растровыми данными заключается в том, что после выполнения геометрического преобразования центры полученных ячеек редко совпадают с центрами исходных, поэтому необходимо проводить перекодировку ячеек выходного растра.

В геоинформационной системе ArcGIS трансформация растров осуществляется с помощью панели инструментов *Пространственная привязка* [10].

Если для хранения цифровой модели карты выбирается векторный формат пространственных данных, то после сканирования растровое изображение должно быть векторизовано. Задачей векторизации является перевод пространственных данных из растрового формата в векторный. Векторизация включает в себя следующие основные операции:

- выделение объектов;
- их идентификация;
- позиционирование (присвоение истинных координат).

В большинство геоинформационных систем, в том числе и в ArcGIS, векторизация выполняется с помощью оцифровки по растровой подложке в ручном режиме. В качестве подложки используется растровое изображение карты после географической привязки.

Перед тем, как создавать пространственные объекты, необходимо в ArcCatalog создать новый (пустой) класс пространственных объектов, в котором они будут храниться. Поскольку графические ошибки, которые неизбежно возникают при векторизации, легко обнаруживаются и исправляются в топологических векторных системах, для хранения объектов целесообразно использовать набор классов пространственных объектов базы геоданных [3].

Оцифровка векторных объектов осуществляется в ArcMap в сеансе редактирования созданного класса пространственных объектов. Для этого используются команды панели инструментов *Редактор*, которые позволяют начать и завершить сеанс редактирования, перейти к созданию новых объектов или изменению существующих, а также сохранить внесенные изменения.

Среда редактирования **ArcGIS** предоставляет множество функций для эффективного построения и редактирования векторных объектов [6, 10]. Так, создание геометрии линейных и полигональных объектов выполняется посредством рисования так называемого скетча редактирования. Скетч содержит все элементы геометрии пространственного объекта, отображается на карте в режиме предварительного просмотра, позволяя контролировать качество оцифровки. При этом геометрия создается только после завершения скетча.

При построении пространственных объектов можно также учитывать положение объектов, созданных ранее, включив режим замыкания. Замыкание позволяет создавать объекты, которые соединены друг с другом, и делает векторизацию более точной.

Все изменения, внесенные в ходе сеанса редактирования, являются временными. Простое сохранение документа карты не сохраняет созданных пространственных объектов. Для их записи необходимо завершить сеанс редактирования с сохранением результатов.

Для выявления и исправления ошибок геометрии пространственных объектов, допущенных при их оцифровке, создается класс **Топология**. В классе **Топология** определяется набор правил пространственного взаимоотношения между соседними и близлежащими пространственными объектами набора классов базы геоданных. Правила могут устанавливаться для пространственных объектов одного класса или для управления пространственными отношениями между двумя различными классами объектов.

Проверка геометрии объектов на соответствие правилам, которые были заданы для топологии, осуществляется в приложении **ArcMap** в режиме редактирования. Для этого используются инструменты панели **Топология**, которые обеспечивают полную или частичную (для ограниченной области) проверку топологии и исправление выявленных ошибок с помощью различных способов редактирования объектов с общей геометрией.

Порядок выполнения работы

1. Откройте **ArcMap**. В свойствах фрейма, закладка *Общие*, определите единицы измерения координат, как показано на рис. 5.2.

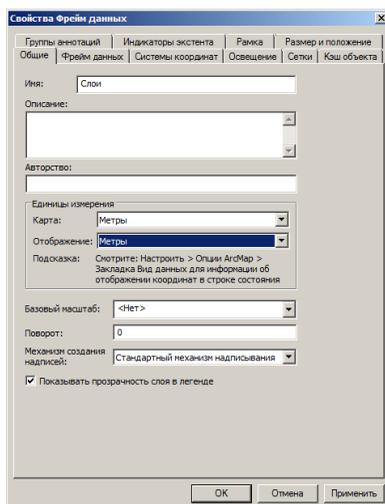


Рис. 5.2

2. Загрузите растровое изображение **z-4.jpg**. Перемещая курсор мыши по карте, убедитесь, что растровое изображение получено в координатах сканера.

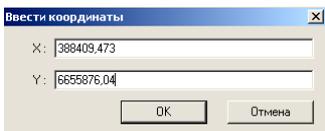
Пространственная привязка растра

1. Выполните пространственную привязку растра по координатам опорных точек, используя панель инструментов *Пространственная привязка* (рис. 5.3). Если панель отсутствует, добавьте ее к **ArcMap** с помощью пункта меню *Настройка > Панели инструментов*.



Рис. 5.3

2. В меню панели *Пространственная привязка* отключите, если она активна, опцию *Автонастройка* и выберите в качестве редактируемого слоя растровый слой **z-4.jpg**.
3. Создайте связи смещения, используя опорные точки. Для этого на панели **Пространственная привязка** активизируйте инструмент *Добавить опорные точки* , установите курсор мыши в опорной точке, отметьте ее положение и вызовите контекстное меню. Выберите опцию **Входные X и Y** и



в открывшемся окне введите истинные координаты опорной точки.

- После ввода координат всех опорных точек обновите изображение, выбрав одноименную команду из меню *Пространственная привязка*, оцените результат трансформации. Для этого откройте таблицу связей  и определите среднеквадратическую погрешность трансформации. Если трансформация выполнена некорректно, удалите информацию об опорных точках, создайте новые связи и вновь обновите изображение.
- Если трансформация удачная, выберите из меню *Пространственная привязка* команду *Трансформировать*. В диалоговом окне *Сохранить как* укажите свою папку в качестве рабочей области и название нового файла, например, **z-4_pr**, для сохранения отредактированных растровых данных.
- Удалите из фрейма данных первичное изображение **z-4.jpg** и загрузите трансформированное. Сохраните карту в своем каталоге под именем **map_4.mxd**.
- После этого перейдите к векторизации фрагмента геологической карты. Векторизация растровых данных осуществляется в несколько этапов:
 - создание структуры персональной базы геоданных;
 - оцифровка данных по подложке.

Создание структуры персональной базы геоданных

- Перейдите в окно **ArcCatalog** и с помощью контекстного меню папки создайте в своем рабочем каталоге персональную базу геоданных (рис. 5.3). По умолчанию новая база геоданных именуется «Новая персональная база геоданных». Введите собственное имя базы геоданных – **Geol**.
- В базе геоданных **Geol** создайте новый набор классов пространственных объектов (рис. 5.4). Назовите его **Data** и не указывайте его пространственную привязку.
- В текущем наборе классов *Data*, используя контекстное меню набора классов, создайте новый класс пространственных объектов, который будет содержать линейные объекты, разграничивающие геологические подразделения. Задайте имя класса – *Границы*, а в строке *Тип* выберите из списка геометрический тип пространственных объектов, которые будут храниться в создаваемом классе – *линия* (рис. 5.5).

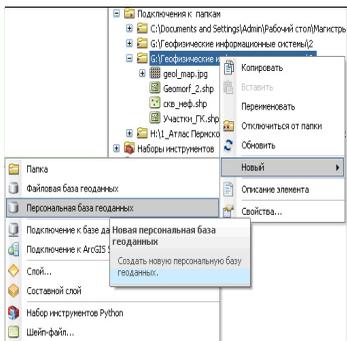


Рис. 5.3

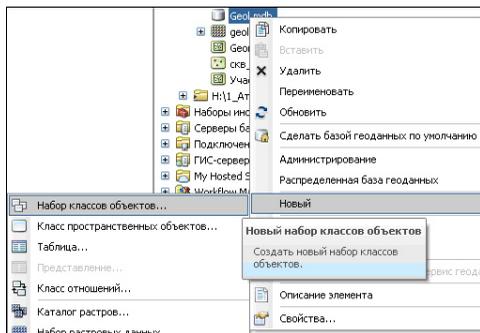


Рис. 5.4

4. Аналогичным образом создайте в наборе классов **Data** еще 1 класс линейных пространственных объектов *Рамка* для оцифровки рамки карты. После этого база данных **Geol** будет иметь структуру, как показано на рис. 5.6.

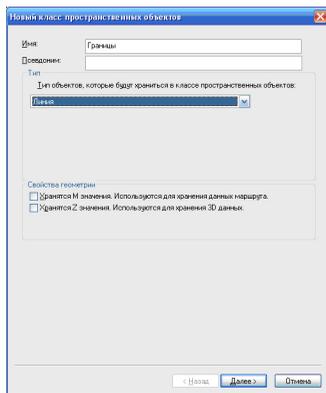


Рис. 5.5



Рис. 5.6

5. В **ArcMap** добавьте созданный набор классов **Data** к карте. Все классы объектов являются пустыми. Для их заполнения соответствующими векторными элементами необходимо провести их оцифровку по растровой подложке.

Цифрование по подложке

1. Если панель инструментов *Редактор* отсутствует, добавьте ее к интерфейсу **ArcMap** через пункт меню *Настройка > Панели инструментов*.
2. Откройте сеанс редактирования, выбрав в меню панели инструментов *Редактор* опцию *Начать редактировать* (рис. 5.7). В открывшемся диалоговом окне установите в качестве объектов редактирования набор классов **Data**. Это приведет к активизации инструмента .

3. Затем на панели *Редактор* нажмите кнопку *Создать объекты*  и выберите в качестве целевого слой – *Рамка*, а инструмент построения – *Линия* (рис. 5.8).

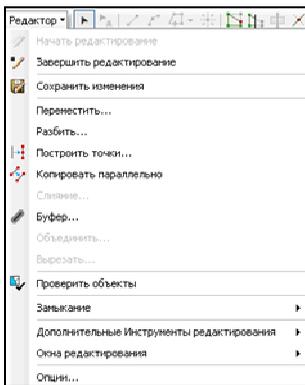


Рис. 5.7

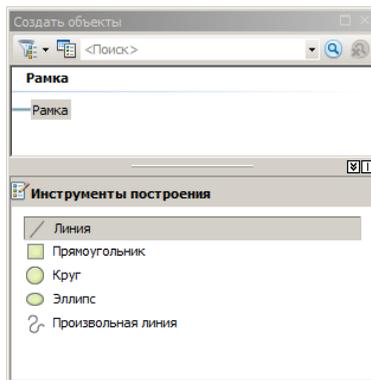


Рис. 5.8

4. Перед началом оцифровки установите опции замыканий линий. Для этого с помощью меню панели *Редактор* откройте панель *Замыкание* (рис. 5.9) и определите параметры замыкания, как показано на рис. 5.10.

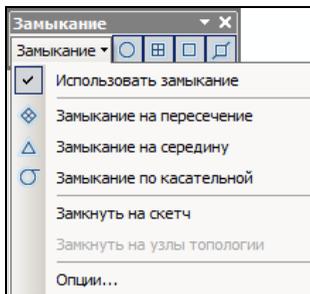


Рис. 5.9

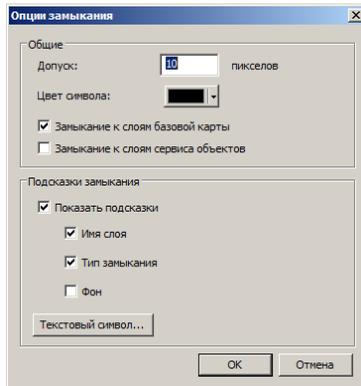


Рис. 5.10

5. Выберите удобный масштаб визуализации и последовательно отметьте левой клавишей мыши все вершины рамки карты, используя режим замыкания на конечную точку . Завершите скетч рамки, дважды щелкнув левой клавишей мыши или используя соответствующую опцию контекстного меню скетча (рис. 5.11). Сохраните изменения в слое *Рамка*, активизировав соответствующую опцию меню *Редактор*.

6. Затем перейдите к редактированию слоя *Границы*. Обратите внимание, что рамка карты является границей распространения геологических подразделений. Поэтому скопируйте рамку в слой *Границы*. Для этого выделите объекты слоя *Рамка* и выберите в пункте *Правка* основного меню **ArcMap** команду *Копировать*, а затем команду *Вставить*. В открывшемся окне (рис. 5.12) укажите для вставки объекта слой *Границы*.
7. После этого в окне *Создать объекты*  выберите для редактирования слой *Границы* и оцифруйте все границы геологических подразделений, используя различные режимы замыкания объектов, представленные на панели *Замыкание* (рис. 5.9).

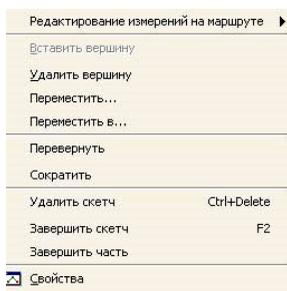


Рис. 5.11

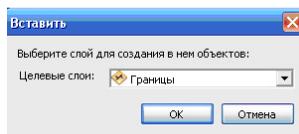


Рис. 5.12

8. Сохраните изменения и завершите редактирование.
9. Сохраните документ карты **map_5.mxd**.

Построение и проверка топологии

1. В окне **ArcCatalog** создайте класс *Топология*, используя контекстное меню набора классов **Data** (рис. 5.13). Это приведет к запуску *Мастера построения новой топологии*.
2. Дайте имя классу топологии (рис. 5.14). Для используемых данных программой уже подсчитан *Кластерный допуск*. Это значение должно быть минимально возможным, чтобы ограничить перемещение вертексов (вершин объектов). Поэтому для *Кластерного допуска* примите значение, выбранное по умолчанию.
3. Определите классы объектов, участвующих в топологических отношениях (рис. 5.15). Выберите линейные классы пространственных объектов **Рамка** и **Границы**.

- Установите ранги пространственной точности для каждого класса объектов, участвующих в топологии (рис. 5.16). Классы могут иметь одинаковую точность (ранг 1) или разные ранги.
- Определите правила топологии для каждого класса объектов (рис. 5.17, а). Правила топологии выбираются из списка, открывающегося при нажатии кнопки *Добавить правило*.

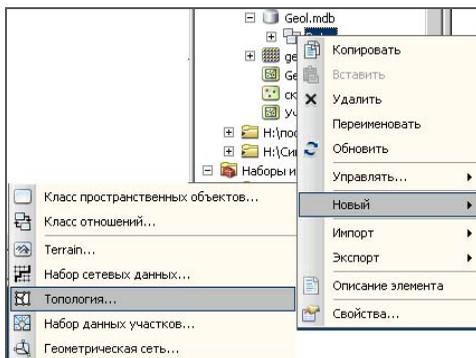


Рис. 5.13

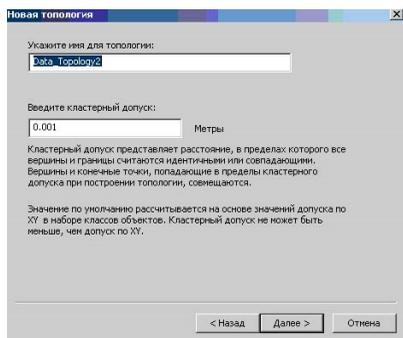


Рис. 5.14

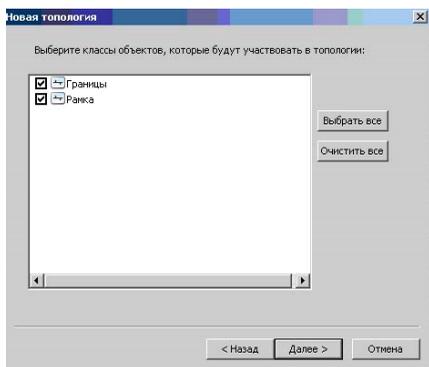


Рис. 5.15

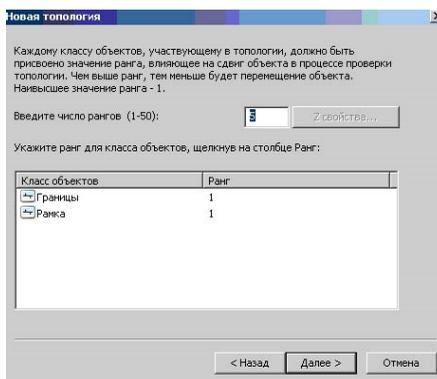
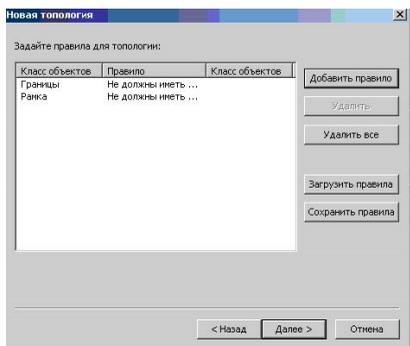
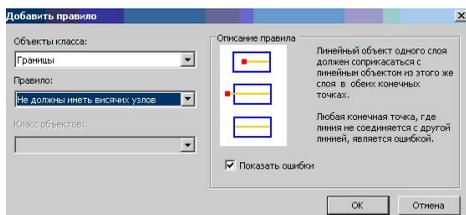


Рис. 5.16

- Поскольку линейные объекты слоев *Рамка* и *Границы* оконтуривают полигональные объекты, то они не должны иметь разрывов, поэтому установите для слоев правило *«Не должны иметь висячих узлов»* (рис. 5.17, б).



а



б

Рис. 5.17

7. Сохраните созданный класс топологии и добавьте его к карте без добавления слоев, участвующих в топологии (они уже визуализированы в окне ArcMap).
8. Загрузите панель *Топология* (рис. 5.18). Это можно сделать через пункт меню *Настройка < Панели инструментов >* или воспользоваться командой меню панели *Редактор > Дополнительные инструменты Редактирования < Топология >*.

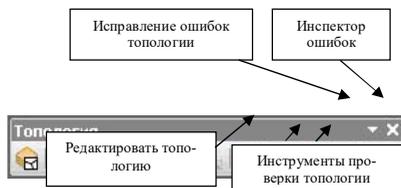


Рис. 5.18

9. Откройте сеанс редактирования и проверьте всю топологию, используя кнопку  панели инструментов *Топология*. Ошибки топологии отобразятся на карте (рис. 5.19). Кроме того, в *Свойствах* слоя топологии Вы можете получить информацию о результатах проверки топологии. Выберите закладку *Ошибки* (рис. 5.20) и нажмите кнопку *Итоговая информация*. Определив характер встречающихся ошибок, вы можете выбрать тип их отображения и способ дальнейшей работы с ними.

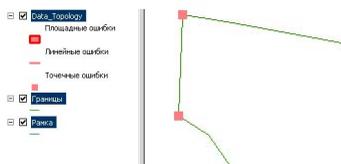


Рис. 5.19

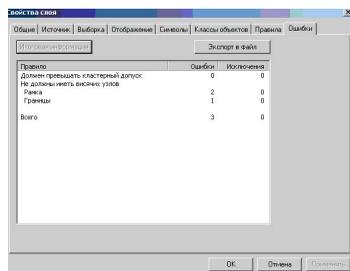


Рис. 5.20

10. Для начала с помощью инструмента *Инспектор ошибок* создайте список ошибок топологии, выявленных при проверке (рис. 5.21). При использовании нескольких правил контроля топологии слоя лучше ограничить отображение ошибками одного типа. Для этого предварительно выберите интересующий Вас тип ошибок в ниспадающем списке строки *Показать* и нажмите кнопку *Искать сейчас*.
11. Выделите одну из ошибок в списке – она отобразится на карте квадратом черного цвета. Нажмите правую кнопку мыши, что приведет к визуализации контекстного меню, содержащего ряд возможных опций для работы с ошибкой (рис. 5.22). Как Вы знаете, ошибки нельзя удалить, их можно признать исключением или исправить.

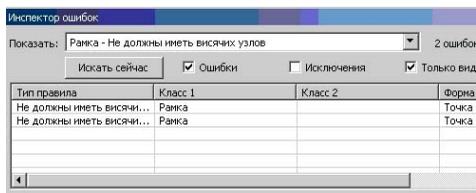


Рис. 5.21

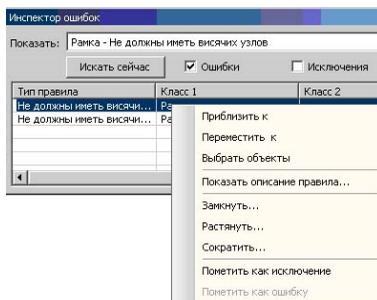


Рис. 5.22

12. Сначала посмотрите, не является ли выбранная ошибка исключением из правила. Если да, обозначьте ее как исключение, выбрав опцию контекстного меню *Пометить как исключение*.
13. Если ошибка не является исключением, как показано на рис. 5.23, нужно постараться ее исправить. Прежде всего, необходимо увеличить масштаб

визуализации, чтобы детально проанализировать причину ее возникновения. Для этого выберите в контекстном меню ошибки режим *Приблизить к*. При увеличении области ошибки становится ясным, что выявленная ошибка связана с разрывом линии.

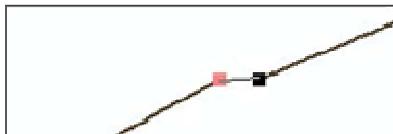


Рис. 5.23

14. Исправление ошибок топологии можно осуществлять с использованием инструмента *Редактировать* панели *Редактор*. Если дважды щелкнуть мышью на редактируемом объекте, то видны вершины объекта, которые можно перемещать, удалять, добавлять новые вершины и т.д. Так, для устранения разрыва линии на рис. 4.23 достаточно переместить последнюю вершину редактируемого объекта в первую точку соседнего объекта.
15. После исправления всех ошибок топологии сохраните изменения. Затем для контроля выполните повторную проверку топологии.
16. Выйдите из режима редактирования, сохранив изменения. Сохраните документ карты.

Создание полигонального слоя

1. В заключение создайте полигональный слой геологической карты. Для сохранения пространственной целостности данных и соблюдения межслойной топологии проще всего сгенерировать полигоны из линейных объектов слоя *Границы*.
2. Для этого с помощью кнопки панели инструментов *Стандартная* откройте окно **ArcToolbox** (рис. 5.24) и загрузите из набора *Управление данными > Пространственные объекты* инструмент *Объект в полигон*.
3. В открывшемся диалоговом окне (рис. 5.25) укажите в качестве целевого слой *Границы*, а выходного – *Полигон*.

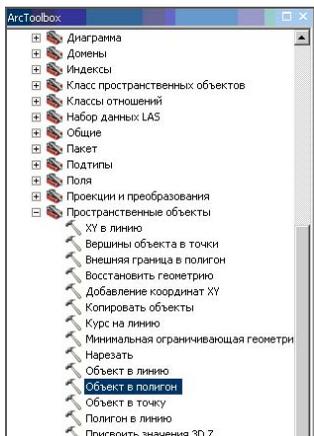


Рис. 5.24

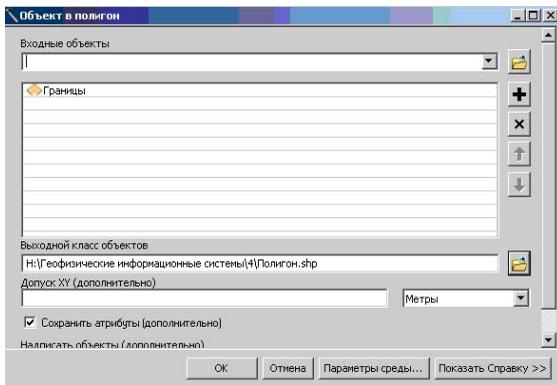


Рис. 5.25

4. Добавьте слой *Полигон* к карте и с помощью контекстного меню слоя откройте *Таблицу атрибутов*.
5. Используя опцию *Добавить поле* меню таблицы атрибутов, создайте текстовое поле для записи возраста геологических подразделений.
6. Откройте режим редактирования, выберите в качестве целевого слоя *Полигон* и, последовательно выделяя каждый объект слоя, запишите в таблице возраст отложений. По окончании выйдите из режима редактирования, сохранив изменения.
7. Отобразите объекты слоя *Полигон* согласно возрасту отложений и сделайте соответствующие надписи.
8. Затем удалите растровый слой геологической карты и сохраните документ карты **map_5.mxd**.

Лабораторная работа 6. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА

Цель занятия:

- Пространственная привязка растрового изображения топографической карты.
- Дополнительные инструменты редактирования **COGO**.
- Задание теодолитного хода.
- Построение 2-точечных линий.
- Получение **COGO** описания объектов.

При проведении полевых геолого-геофизических наблюдений местоположение пространственных объектов нередко определяется на основе измерений, выполняемых с помощью компаса, теодолита и других геодезических инструментов. Полученные таким образом геодезические данные описывают положение объектов относительно друг друга. Так, прямая линия задается относительно точки с известными координатами расстоянием и направлением, кривая – радиусом, углом, длиной дуги, направлением и т.д. Эти измерения называются описаниями координатной геометрии (**COGO**).

Описания **COGO** можно использовать в геоинформационной системе **ArcGIS** для создания пространственных объектов, зафиксированных при съемке [10]. Команды ввода **COGO** расширяют возможности обычных команд создания объектов, позволяя применять координатную геометрию для задания точек объекта. Все инструменты создания объектов по описаниям координатной геометрии интегрированы в общий процесс редактирования **ArcMap** и расположены на панели дополнительных инструментов редактирования **COGO**.

Одна из наиболее распространенных задач координатной геометрии, решаемых в **ArcGIS**, – это создание линий (ребер полигона) по набору геодезических измерений. Данные могут представлять направления и расстояния, углы и расстояния, кривые или параметрические кривые. Они имеют собирательное название теодолитного хода.

Создание набора линейных объектов проводится в режиме редактирования с помощью инструмента *Теодолитный ход*, который позволяет создавать скетч редактирования по данным **COGO**, вводимым вручную или загружаемым из полилинии. Теодолитные ходы можно также сохранять для последующего использования.

Кроме этого, редактор координатной геометрии **ArcGIS** обеспечивает быстрое создание объекта *2-точечная линия* по одному **COGO** описанию, а также определение точных геометрических данных (**COGO**) для существующих на карте объектов.

Исходные данные находятся в каталоге **6**:

N-46-XIII-2.tif – фрагмент топографической карты N-46-XIII, полученный в результате сканирования бумажной копии;

Маршрут.doc – краткое текстовое описание геологического маршрута.

Задание:

На изучаемом участке была проведена маршрутная геологическая съемка. Начальная точка маршрута находилась в лагере геологов (**X**=16361788.15 м; **Y**=6030706.32 м), расположенном в Пропоевом логу, северо-западнее населенного пункта Знаменка. Привязка точек наблюдения осуществлялась с помощью геодезических измерений, снятых на местности.

Требуется:

- вынести на карту линию геологического маршрута;
- отобразить точки наблюдения в соответствии с типом коренного выхода пород;
- определить азимут с конечной на начальную точку маршрута.

Порядок выполнения работы

1. Откройте **ArcMap** и загрузите растровую карту **N-46-XIII-2.tif**. Перемещая курсор мыши по карте, убедитесь, что растровое изображение получено в координатах сканера. Поэтому перед нанесением на карту информации о маршруте съемки необходимо зарегистрировать растровые данные в географическом пространстве.
2. Сначала определите систему координат, в которой была составлена карта (теоретическую систему координат карты).
3. Судя по маркировке, растровое изображение представляет собой фрагмент топографической карты масштаба 1:200000. Как известно, отечественные топографические карты (масштаба 1:1000000 и крупнее) составлялись в географической системе координат Pulkovo 1942 в проекции Гаусса–Крюгера, определенной в пределах специальных пронумерованных зон шириной по 6 градусов долготы. Из маркировки карты следует, что она относится к 16-й зоне проекции Гаусса–Крюгера (46-й зоне проекции UTM).
4. Исходя из этого, установите в *Свойствах* фрейма данных систему координат *Pulkovo_1942_GK_Zone_16*.
5. Затем выберите опорные точки для привязки растра и определите их координаты в системе координат карты. В качестве опорных точек целесообразно взять 4 узла координатной сетки, расположенные вблизи углов карты.

Для определения координат опорных точек используйте шкалу, расположенную вдоль внутренней рамки карты и указывающую координаты линий сетки в километрах. Для примера на рис. 6.1 показаны координаты в метрах для одного из узлов сетки.



Рис. 6.1

- После ввода координат всех опорных точек обновите изображение, выбрав одноименную команду из меню **Пространственная привязка**, оцените результат трансформации. Для этого откройте таблицу связей (рис. 6.2) и сопоставьте среднеквадратическую погрешность трансформации с точностью входных данных (20 м при масштабе карты 1:200000).

Связь	X источника	Y источника	X карты	Y карты	Снежение
1	0.242702	7.196887	420000.000000	5816500.000000	32.39398
2	0.255568	0.789564	420000.000000	5800000.000000	32.57751
3	9.377640	7.184021	443000.000000	5816500.000000	32.39361
4	9.339042	0.776698	443000.000000	5800000.000000	32.57714

Автоматика Трансформация: Полный 1-го порядка Общая ср. кв. ошибка: 32,48569

Загрузить... Сохранить... Восстановить из набора данных. ОК

Рис. 6.2

- Если трансформация выполнена некорректно, удалите информацию об опорных точках, создайте новые связи и вновь обновите изображение.

8. Если трансформация удачная, выберите *Трансформировать* из меню **Пространственная привязка**. В диалоговом окне *Сохранить как* укажите свою папку в качестве рабочей области и название нового файла **N-46-XIII-2priv.tif** для сохранения отредактированных растровых данных.
9. Удалите из фрейма данных первичное изображение **N-46-XIII-2.tif** и загрузите трансформированное **N-46-XIII-2priv.tif**. Сохраните карту в своем каталоге под именем **map_11.mxd** и переходите к нанесению на карту маршрута съемки.
10. Для записи маршрута создайте в **ArcCatalog** новый линейный шейп-файл **Trace.shp**, имеющий пространственную привязку топокарты. Добавьте его во фрейм данных **ArcMap** и откройте режим редактирования.
11. Детально изучите описание маршрута.

Геологический маршрут

Т.н. 1. *Задерновано*. Азимут хода – СВ 50, + 1 км 100 м.

Т.н. 2. *Коренной выход*. Аз. хода – СЗ 345, + 700 м.

Т.н. 3. *Элювий*. Аз. хода – СВ 16, + 500 м.

Т.н.4. *Элювий*. Аз. хода – СВ 39, +750 м.

Т.н. 5. *Коренной выход*. Аз. хода – СЗ 353, + 700 м

Т.н. 6. *Задерновано*. Аз. хода – 321, +800 м.

Т.н. 7. *Элювий*. Аз. хода – СЗ 257, +700 м.

Т.н. 8. *Коренной выход*. Аз.хода – ЮЗ 225, + 1 км

Т.н. 9. *Задерновано*. Аз. хода – ЮЗ 255, +750 м.

Т.н. 10. *Задерновано*. Аз. хода – ЮЗ 250, + 1км 300м

Т.н. 11. *Коренной выход*. Аз. хода –СЗ 353, + 1 км 600м

Т.н. 12. *Коренной выход*. Аз. хода – 3 270, + 650 м.

Т.н. 13. *Коренной выход*. Аз.хода –СЗ 345, + 500 м.

Т.н. 14. *Элювий*. Аз. хода – ЮЗ 225, +1 км 650 м.

Т.н. 15. *Дорога, задерновано*. Аз. хода – ЮЗ 243, + 450 м.

Т.н. 16. *Задерновано*. Аз. хода – ЮЗ 258, + 1 км 450 м.

Т.н. 17. *Элювий*. Аз.хода – ЮЗ 247, +1 км 250 м.

Т.н. 18. *Коренной выход*. Аз. хода – СЗ 282, + 1 км 300.

Т.н. 19. *Коренной выход*. Конец маршрута.

12. Согласно описанию, каждый отрезок маршрута задается по методу *Направление – Расстояние*, поэтому для построения маршрута воспользуйтесь до-

полнительными инструментами редактирования *COGO*. Откройте меню панели инструментов и загрузите *Дополнительные Инструменты редактирования* > *COGO* (рис. 6.3).



Рис. 6.3

13. Затем выберите в меню панели инструментов *Редактор* команду *Опции редактирования* и определите в диалоговом окне вкладыша *Единицы* (рис. 6.4) способ измерения направлений. Тип системы *Северный азимут* означает, что азимут линии измеряется от северного конца меридиана до линии по часовой стрелке в десятичных градусах.

14. Выберите на панели *COGO* инструмент *Теодолитный ход*



15. В открывшемся окне (рис. 6.5) определите положение начальной точки маршрута. Для этого используйте кнопку *Редактировать* справа от окошка *Начало* и введите координаты в открывшемся текстовом окне *Начальная точка*. Нажмите *Enter*.

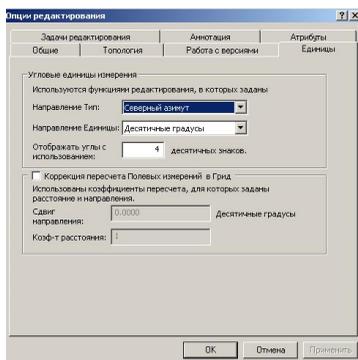


Рис. 6.4

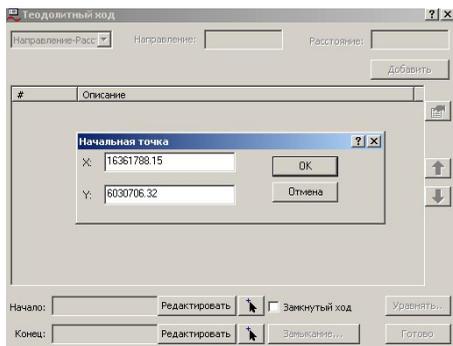


Рис. 6.5

16. Затем выберите метод построения линии *Направление – Расстояние* и введите значения азимута хода и расстояния до **Т.н.2** в соответствующие окна и нажмите кнопку *Добавить* (рис. 6.6). После этого сегмент линии автоматически добавляется к скетчу редактирования.

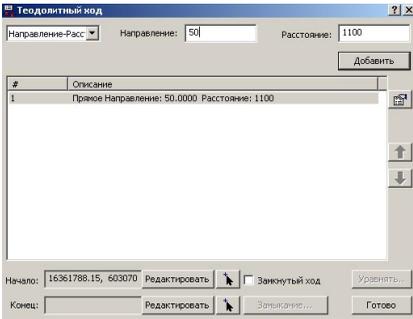


Рис. 6.6

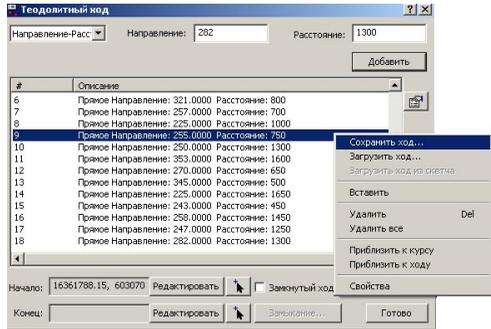


Рис. 6.7

17. Аналогичным образом введите геодезические данные по всем остальным отрезкам маршрута.
18. После окончания проверьте правильность ввода информации. Для сохранения теодолитного хода щелкните правой кнопкой мыши внутри окна *Теодолитный ход* (рис. 6.7), выберите команду *Сохранить ход* и задайте имя текстового файла.
19. После этого завершите работу с инструментом *Теодолитный ход* нажатием кнопки *Готово*.
20. Завершите сеанс редактирования с сохранением данных.
21. Маршрут геологической съемки отобразится на карте в слое **Trace** в виде полилинии (рис. 6.8).
22. Определите местоположения точек наблюдения на маршруте. Для этого выберите в **ArcToolbox** инструмент *Управление данными* > *Пространственные объекты* > *Вершины объекта в точки*. В качестве входных данных укажите слой **Trace** и задайте имя выходного точечного файла.

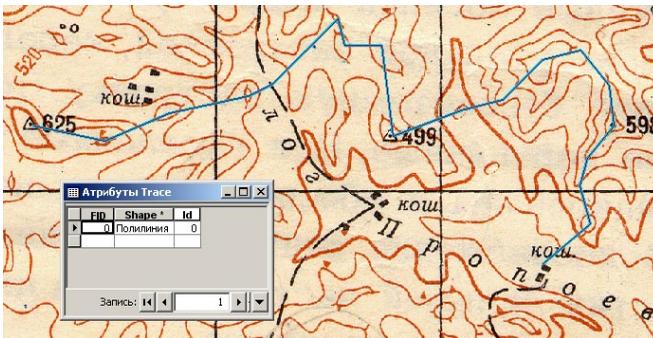


Рис. 6.8

23. Добавьте к таблице атрибутов точечного слоя дополнительные поля для описания характера выхода коренных пород, указания номера точки наблюдения и ее привязки к картографическим объектам. Заполните поля в режиме редактирования.
24. Отобразите точки наблюдения в соответствии с типом выхода коренных пород и подпишите точки наблюдения, как показано на рис. 6.9. В заключение определите координаты точек наблюдения.

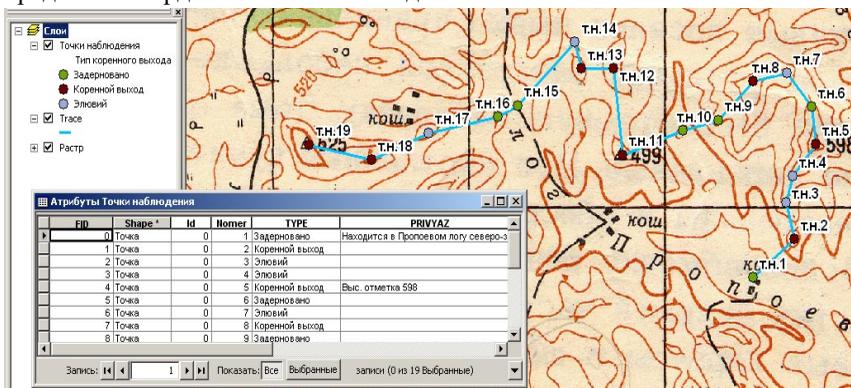


Рис. 6.9

25. Сохраните карту **map6_1.mxd**.
26. Для определения азимута с конечной точки наблюдения на начало маршрута создайте в **ArcCatalog** новый линейный шейп-файл **azimuth.shp**. Загрузите созданный слой в ArcMap и создайте в таблице атрибутов текстовые поля: *Direction*, *Distance*.
27. Откройте сеанс редактирования целевого слоя **azimuth** и постройте линию, соединяющую конечную и начальную точки маршрута.
28. Убедитесь, что линия, соединяющая концы маршрута, выделена и активизируйте на панели *COGO* инструмент *Обновить атрибуты COGO* .
29. В таблицу атрибутов слоя **azimuth** будут добавлены значения азимута (поле *Direction*) и расстояния (поле *Distance*) от конечной до начальной точки маршрута (рис. 6.10).

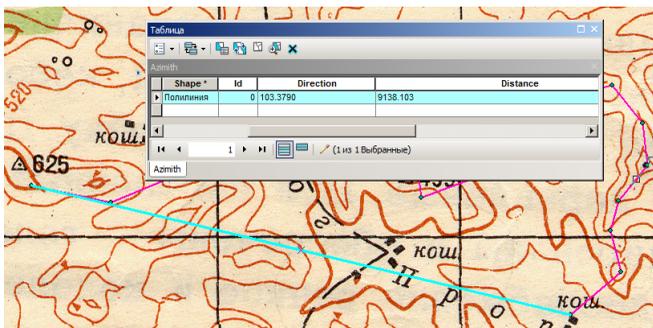


Рис. 6.10

30. Завершите сеанс редактирования.

31. Сохраните карту **map_1.mxd**.

Задания для самостоятельной работы

Исходные данные находятся в папке **6/2**:

gps.xls – таблица точек наблюдения;

X_CCORD и **Y_CCORD** – координаты точек наблюдения;

ROUTE – номер маршрута;

POINT – номер точки наблюдения;

N-45-XXIII.jpg – фрагмент топографической карты масштаба 1:200000.

Задание

В ходе поисково-разведочных работ проводились маршруты с фиксацией координат с помощью приемников GPS. Координаты определялись в географической системе координат WGS-84, проекция UTM для зоны 45N.

Необходимо:

- 1) нанести на топографическую карту точки наблюдения, отобразив в соответствии с номером маршрута. Подписать номера точек наблюдения;
- 2) вычислить координаты точек наблюдения в системе координат топокарты;
- 3) сохраните карту **map_8_2.mxd**.

Исходные данные находятся в папке **6/3**:

izol_relief.shp – изолинии рельефа:

PHLR_ABS – высотные отметки, м.

Задание

1. Установите для карты систему координат слоя **izol_relief.shp**.
2. Нанесите на карту линию геологического маршрута:
 - начало маршрута в точке **X=493144.3868 м, Y=5992321.3095 м**;
 - теодолитный ход:

Направление: 223.8767	Расстояние: 1383.587
Направление: 184.5140	Расстояние: 731.089
Направление: 223.3153	Расстояние: 922.613
Направление: 181.2189	Расстояние: 901.641
Направление: 101.6593	Расстояние: 1233.767
Направление: 223.8265	Расстояние: 1232.332

3. Отобразите положение точек наблюдения.

Раздел 2. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Лабораторная работа 7. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ

Цель занятия:

- Выбор объектов по атрибутам.
- Выбор объектов по расположению.
- Вычисление координат точечных объектов.
- Экспорт табличных данных.
- Построение буферных зон.
- Объединение и стирание слоев.

Современные геоинформационные системы обладают эффективными средствами анализа пространственно-атрибутивной информации, позволяющими осуществлять обработку атрибутивных данных с учетом пространственного положения объектов [1, 5, 8, 9]. Пространственный анализ, или ГИС – анализ, представляет собой процесс поиска пространственных закономерностей в распределении данных и взаимосвязей между пространственными объектами.

Геоинформационные системы имеют средства, предназначенные для выполнения общих функций пространственного анализа (выборки и извлечения данных, анализа близости объектов, геометрического анализа и т.д.), и инструменты для решения специфических задач пользователя, которые во многом зависят от класса моделей пространственных данных, поддерживаемых ГИС.

В геоинформационной системе **ArcGIS** можно проводить пространственный анализ как векторных, так и растровых моделей геоданных [6, 9, 10]. При этом инструменты анализа на основе векторных данных относятся к числу наиболее часто используемых средств геообработки.

Простейшими операциями анализа векторных моделей пространственных данных является выборка объектов по какому-либо признаку. Выборка осуществляется интерактивно и позволяет идентифицировать на карте поднабор объектов и проводить в дальнейшем обработку только выделенных объектов слоя. Выбранные объекты могут быть также экспортированы в новый набор данных. Помимо создания новых выборок можно производить выборки по ряду критериев последовательно, делая выборку из выборки, добавляя в выборку объекты, отвечающие другому критерию, и т.д.

Для выбора объектов используются инструменты **ArcMap**, расположенные в пункте меню **Выборка**.

Инструмент *Выбрать по атрибуту* позволяет осуществлять выделение объектов слоя по значениям одного или нескольких атрибутов. Выборка проводится по запросу, который создается на выделение объектов, значения атрибутов которых отвечают определенному условию или условиям.

Инструмент *Выбрать по расположению*, наоборот, учитывает пространственное положение объектов и позволяет выбирать объекты, основываясь на их положении относительно объектов другого слоя карты или выделенных ранее объектов того же слоя.

Большинство пространственных операций анализа векторных данных проводится с помощью инструментов **ArcToolbox**, сосредоточенных в группе **Анализ**. Стандартный инструмент геообработки осуществляет операции с набором пространственных данных (классом пространственных данных, шейп-файлом) и создает новый набор данных как результат работы инструмента.

Одной из часто используемых операций пространственного анализа является построение **буферных зон**. Буферы обычно создаются вокруг пространственных объектов для отображения охраняемых зон или показывают зоны их влияния.

Буфер – это площадной объект (полигон), границы которого находятся на определенном удалении от выбранного объекта. Буферные зоны могут создаваться вокруг точечных, линейных или полигональных объектов. Их ширина определяется заданным расстоянием. Если размер буфера отличается для различных объектов слоя, то он задается числовым значением в поле атрибутивной таблицы. Возможно также создание множества концентрических буферных зон заданной ширины.

К наиболее мощным возможностям современных ГИС относится их способность комбинировать картографическое представление одного выбранного набора данных с другим (или другими). Этот процесс называется **наложением** (overlay), или оверлейными операциями.

Геоинформационные системы реализуют векторно-топологическое наложение слоев [1, 8]. Ключевыми элементами наложения являются входной слой, слой наложения и выходной слой. Функция наложения разбивает пространственные объекты во входном слое там, где они перекрываются пространственными объектами слоя наложения. Новые пространственные объекты хранятся в выходном слое, исходный входной слой не изменяется. Атрибуты пространственных объектов в слое наложения присваиваются соответственно новым пространственным объектам в выходном слое вместе с исходными атрибутами входного слоя.

Существуют различные способы векторного наложения слоев: объединение, пересечение, стирание, обновление и т.д., которые отличаются по типам пространственных объектов, с которыми они оперируют, по возможности вы-

полнять одновременное наложение нескольких слоев, а также по тому, какие входные и наложенные объекты остаются в выходном слое.

Так, инструмент *Объединение* вычисляет геометрическое объединение любого векторных слоев. Все входные классы объектов (векторные слои) должны быть полигональными. Выходной класс объектов будет содержать полигоны, представляющие собой геометрическое объединение всех слоев, а также всех полей из всех таблиц атрибутов входных классов объектов.

Операция *Стирание* создает класс объектов путем наложения входных объектов на полигоны стирающих объектов. В выходной класс объектов записываются только те части входных объектов, которые оказываются за пределами границ стирающих полигонов. Атрибутивные значения из входных классов объектов копируются в выходной класс.

Задание 1

Исходные данные находятся в папке 7/1:

Skv.shp – скважины;

Seismic_section.shp – сейсмические профили МОГТ.

Задание

Для выполнения региональных геологических работ необходимо сопоставить скважинные и сейсмические данные по ряду профилей МОГТ. Определите скважины, попадающие в километровую зону от сейсмического профиля 10-й партии 15/99–00.

Результаты сохраните в файле **skv_pr10.dbf**.

Порядок выполнения работы

1. Откройте **ArcMap** и добавьте к карте исходные данные. Используя **Свойства** слоя **Skv.shp**, подпишите номера скважин.
2. Выделите в слое **Seismic_section.shp** профиль 10-й партии 15/99–00. Для этого выберите в пункте меню *Выборка > Выбрать по атрибутам*. В окне (рис. 7.1) напишите сложный запрос.
3. Для этого заполните все предлагаемые поля: *Слой* – **Seismic_section**, *Метод* – **Создать новую выборку**. В окне *Поля*, открывшемся в центре, щелкните два раза по *Name*, нажмите знак действия =, в правом окне выберите **'15/99–00'** (если названия объектов в окне отсутствуют, нажмите кнопку *Получить значения*). Затем наберите **And** и напишите второе условие **"s_line" = '10'**. Щелкните *Применить* и закройте окно. На карте профиль 10-й партии 15/99–00 будет выделен голубым цветом.

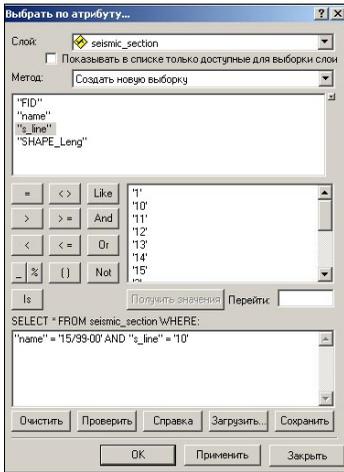


Рис. 7.1

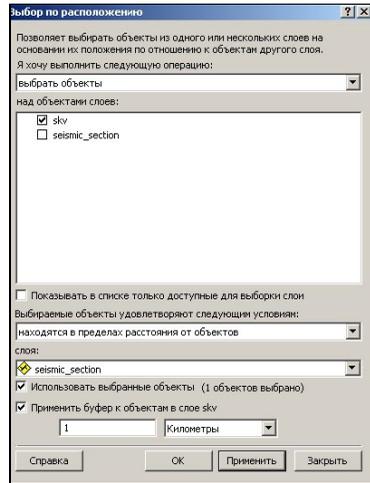


Рис. 7.2

4. Сравните местоположение скважин с положением выделенного профиля. Для этого выберите пункт меню *Выборка > Выбрать по расположению*.
5. В окне диалога укажите условия выбора объектов, как показано на рис. 6.2. Щелкните *Применить* и закройте окно.
6. На карте будут выделены голубым цветом все скважины, удовлетворяющие условию.
7. Откройте таблицу атрибутов слоя **Skv.shp**. Используя кнопку *Опции*, выберите команду *Экспортировать* (рис. 7.3) и сохраните выбранные скважины в таблице **skv_pr10.dbf** (рис. 7.4).

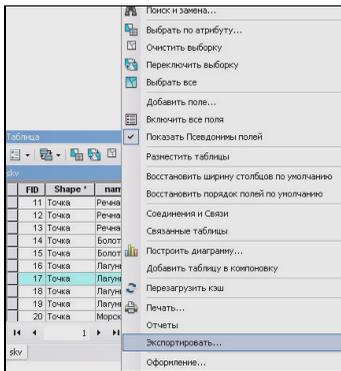


Рис. 7.3

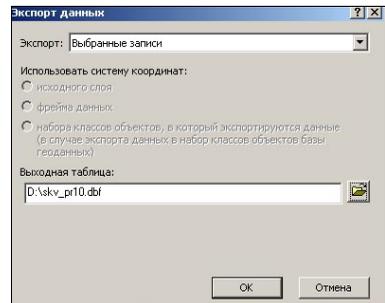


Рис. 7.4

8. Сохраните карту в своей папке под именем **map7_1.mxd**.

Задание 2

Исходные данные находятся в папке 7/2:

Район_работ1.shp – участок работ;

Населенные_пункты.shp – населенные пункты;

Реки1.shp – речная сеть.

Задание

Определите участки территории, доступные для разработки полезных ископаемых, если известно, что разработка запрещена на:

- площади населенных пунктов + 500 м от границы населенного пункта;
- внутри охранных зон гидрографических объектов, которые составляют 500 м вокруг обычных рек и 1000 м – вокруг нерестовых.

Порядок выполнения работы

1. Изучите исходные данные и создайте в **ArcMap** топографическую карту изучаемой территории.
2. Подберите подходящие символы для отображения объектов каждого из слоев. Подпишите объекты. Сохраните карту в своей папке под именем **map7_2.mxd**.
3. Постройте буферные зоны вокруг населенных пунктов. Для этого загрузите приложение **ArcToolbox** и выберите инструмент **Анализ < Близость < Буфер**. В диалоговом окне инструмента (рис. 7.5) укажите размер буфера и **Тип стороны** – **OUTSIDE_ONLY** (вне населенного пункта).

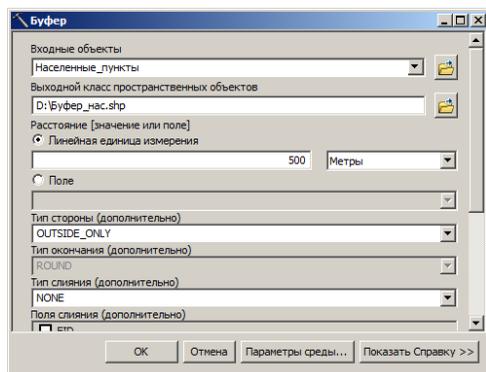


Рис. 7.5

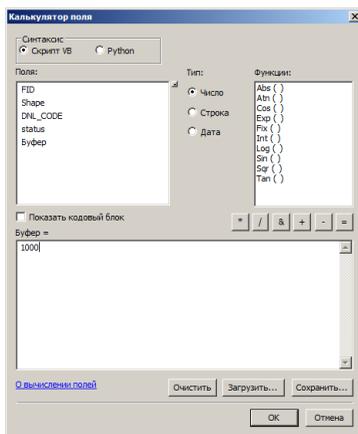


Рис. 7.6

4. Затем постройте водоохранные зоны вокруг рек. Поскольку размер водоохранной зоны зависит от статуса реки (поле *status*), сначала рассчитайте размер буфера для каждого водного объекта.
5. Для этого в таблице атрибутов слоя **Реки1** создайте новое числовое поле **Буфер**, затем выберите все реки статуса **‘Нерестовые’** и, используя калькулятор поля **Буфер**, укажите для выбранных объектов размер 1000 м (рис. 7.6).
6. Затем переключите выбор объектов в слое **Реки1** и задайте для рек статуса **‘Обычные’** буфер размером 500 м.
7. Постройте буферные зоны вокруг рек, определив в качестве размера буфера данные из поля **Буфер** (рис. 7.7).
8. Объедините в одном слое все участки территории, где нельзя проводить разработку полезных ископаемых. Для этого выберите инструмент **Анализ < Наложение < Объединение** (рис. 7.8).
9. В завершение с помощью инструмента **Анализ < Наложение < Стирание** (рис. 7.9) удалите из района работ все участки, где запрещена разработка полезных ископаемых.
10. В результате получите участки, пригодные для разработки (рис. 7.10).

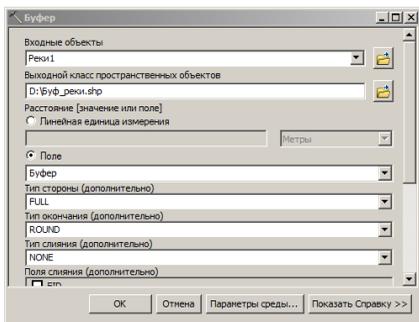


Рис. 7.7

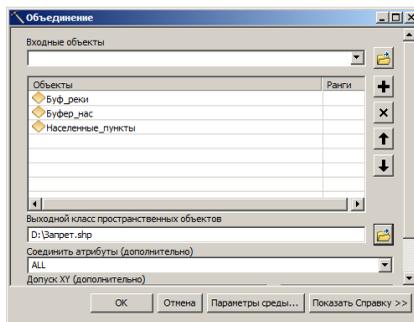


Рис. 7.8

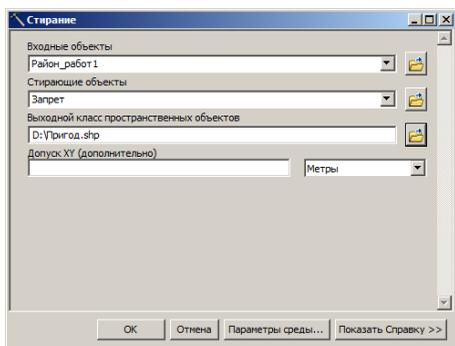


Рис. 7.9



Рис. 7.10

1. Сохраните документ карты **map7_2.mxd**.

Самостоятельная работа

Исходные данные находятся в папке **7/3**:

Asresdd.shp – поле *Contents* – типы полезных ископаемых, *Fips_cntry* – код страны, *Size* – размер месторождения;

Asgeodd.shp – поле *TYPE* – тип отложений

Задание

Выберите крупные (*Large*) месторождения золота (*Au*), расположенные в России (*RS*) в пределах массивов интрузивных пород (*Intrusive rocks*), определите их координаты. Результаты сохраните в таблице **Z16.dbf**.

Сохраните карту в своей папке под именем **map7_3.mxd**.

Лабораторная работа 8.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Цель занятия:

- Оценка плотности распределения точечных объектов.
- Вычисление плотности распределения линейных объектов.
- Определение среднего направления линейных объектов.
- Анализ формы распределения точечных объектов.
- Вычисление расстояний между точками.
- Определение ближайших объектов.
- Создание таблицы соседних объектов.

Пространственное распределение – это расстановка, порядок, концентрация или рассеянность, соединенность или бессвязность объектов в пределах изучаемого участка географического пространства [2, 8]. Методы изучения распределений очень разнообразны. Одни из них – вычислительно просты, другие – очень сложны и требуют много машинного времени.

Простейшей мерой пространственного распределения объектов является **плотность**. Для сопоставления плотности объектов на различных участках территории строятся карты плотности, которые представляют собой растровые модели пространственных данных (гриды). В геоинформационной системе **ArcGIS** построение карт плотности осуществляется с помощью инструментов модуля **Spatial Analyst** [10].

При анализе плотности точек значение в каждой ячейке растра рассчитывается как отношение количества точек в некоторой окрестности ячейки к площади этой окрестности. При построении карты плотности линейных объектов код пикселя вычисляется как отношение суммарной длины линейных объектов в пределах окрестности к ее площади. При этом пользователь может задать различную форму (круг, квадрат, прямоугольник или клин) и размер окрестности, варьируя усреднение числа объектов по площади изучения.

Помимо плотности линейных объектов в **ArcGIS** можно определить преимущественное **направление** объектов. Инструмент *Среднее линейное направление* из набора **Пространственная статистика** позволяет вычислить геометрическую сумму всех векторов, характеризующих линейные объекты. Направление равнодействующего вектора отражает преимущественную ориентацию линейных объектов в географическом пространстве, а нормирование его

длины по величине суммарной длины линий дает возможность оценить пространственный разброс направлений линий вокруг среднего значения.

При анализе пространственного распределения большой интерес представляет также **характер** (форма) **распределения** объектов: равномерное, случайное или кластерное (сгруппированное). Для оценки формы распределения точечных объектов в ArcGIS используется *метод анализа ближайшего соседа*.

Сущность метода состоит в определении расстояния от каждого объекта до его ближайшего соседа (РБС) и вычислении среднего значения РБС. Затем среднее наблюдаемое значение РБС сравнивается с ожидаемым, которое рассчитывается для гипотетического случайного распределения с тем же количеством объектов, покрывающих ту же самую общую область. Если среднее наблюдаемое расстояние меньше среднего для гипотетического случайного распределения, считается, что такое распределение объектов кластеризуется. Если среднее РБС меньше среднего для гипотетического случайного распределения, такое распределение объектов равномерное.

Исходные данные находятся в папке **8/1**:

- **площадь.shp** – участок исследований;
- **скважины.shp** – положение скважин;
- **ВЭЗ.dbf** – таблица положения пикетов ВЭЗ;
- **проф_ВЭЗ.shp** – профили ВЭЗ.

Задание

1. Провести оценку геолого-геофизической изученности территории.
2. Для проведения интерпретации материалов электроразведки ВЭЗ определить скважины, попадающие в 500–метровую зону от каждого профиля.

Порядок выполнения работы

1. Изучите исходные данные и создайте новую карту геофизической изученности территории, отобразив на ней все объекты исследований, в том числе и положение пикетов ВЭЗ.
2. Оформите карту, подобрав подходящие символы и надписи для отображения объектов для базового масштаба 1:100000.
3. Сохраните результат в своей папке в документе карты **map8_1.mxd**.
4. Определите плотность расположения скважин в пределах участка исследований. Для этого в ArcToolbox выберите инструмент *Инструменты Spatial Analyst > Плотность > Плотность точек*. В открывшемся окне (рис. 7.1)

определите в качестве входных данных слой **Скважины**, размер выходной ячейки раstra – 100 м, окрестность в виде круга радиусом 2000 м, единицы вычисления площади – км² (SQUARE_KILOMETERS).

- Затем нажмите кнопку *Параметры среды* и в разделе *Анализ раstra* (рис. 7.2) укажите в качестве Маски анализа слой **Площадь**. Это позволит рассчитать плотность скважин только в пределах участка исследований.

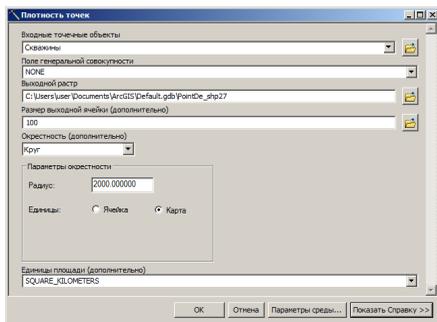


Рис. 8.1

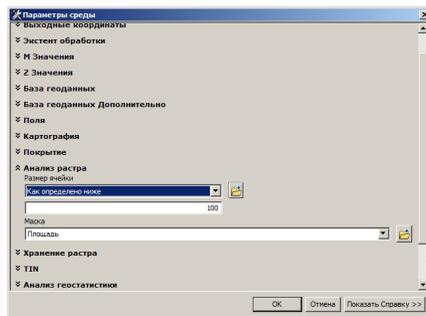
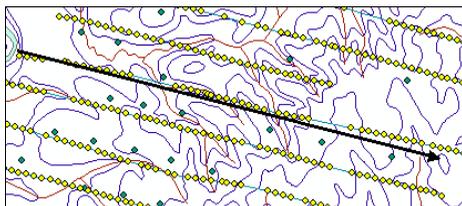


Рис. 8.2

- Аналогично проведите расчет плотности пикетов ВЭЗ, выбрав размер выходной ячейки раstra –100 м, окрестность в виде круга радиусом 2000 м, единицы вычисления площади – км² (SQUARE_KILOMETERS). Не забудьте указать в *Параметрах среды* в качестве *Маски* анализа слой **Площадь**.
- Определите плотность расположения профилей ВЭЗ в пределах участка исследований. Для этого в **ArcToolbox** выберите инструмент **Инструменты Spatial Analyst > Плотность > Плотность линий**. Определите в качестве входных данных слой **Проф_ВЭЗ**, размер выходной ячейки раstra –100 м, окрестность в виде круга радиусом 1000 м, единицы вычисления площади – км² (SQUARE_KILOMETERS), маска анализа раstra – слой **Площадь**.
- Затем оцените ориентацию профилей ВЭЗ в координатном пространстве. Для этого в **ArcToolbox** выберите инструмент **Пространственная статистика > Измерение пространственного распределения > Среднее линейное направление**. В результате вычислений создается новый векторный слой (рис. 8.3, а), в котором отображается равнодействующий вектор, определяющий среднее направление профилей ВЭЗ. В таблице атрибутов слоя (рис. 8.3, б) указывается средняя длина профилей (*Shape_Length*), средний угол ориентации по часовой стрелке от севера (*CompassA*), среднее направ-

ление против часовой стрелки от востока (*DirMean*) и индикатор, показывающий отклонения направлений/ориентаций от среднего (*CirVar*).



а

OBJECTID *	Shape *	Shape_Length	CompassA	DirMean	CirVar
1	Попилиния	11089.92774	104.113564	345.886436	0.000083

б

Рис. 8.3

9. Оцените характер распределения точек ВЭЗ по методу анализа ближайшего соседа. С этой целью выберите в **ArcToolbox** инструмент *Пространственная статистика > Анализ структурных закономерностей > Среднее ближайшее соседство* (рис. 8.4). Укажите в качестве *Метода определения расстояния* – расстояние по прямой (*EUCLIDEAN_DISTANCE*) и активизируйте режим *Отображение результатов графически*.
10. Для просмотра результатов вычисления выберите в пункте **Геообработка** главного меню программы **ArcMap** опцию *Результаты* (рис. 8.5). В *Текущем сеансе* откройте информацию о результатах применения инструмента *AverageNearestNeighbor*. Например, в пункте *NNObserved* содержатся данные о среднем расстоянии между точками, а в *NNExpected* – ожидаемое расстояние между пикетами, если они равномерно распределены по территории.
11. Для просмотра результата графически откройте *Файл отчета*, дважды щелкнув по нему левой клавишей мыши. Проанализируйте полученный результат (рис. 8.6).

12. Аналогичным образом определите вид пространственного распределения скважин.
13. В завершение оцените характер пространственного распределения профилей ВЭЗ.
14. По результатам анализа составьте заключение о геолого-геофизической изученности участка исследований, добавив недостающую информацию в файл **Rez.docx**.
15. Для определения скважин, находящихся от профилей ВЭЗ на расстоянии не более 500 м, выберите в **ArcToolbox** инструмент *Анализ > Близость > Построить таблицу соседних объектов* (рис. 8.7). В качестве *Входных объектов* укажите слой **Проф_ВЭЗ**, а *Ближайших объектов* – слой **Скважины**. Определите *Радиус поиска* – 500 м и отключите опцию *Найти только ближайшие объекты*. Это позволит для каждого профиля определить все скважины, находящиеся на расстоянии не более 500 м от данного профиля ВЭЗ.
16. В результате вычислений создается таблица (рис. 8.8), в которой для каждого профиля ВЭЗ (поле *IN_FID*) указывается идентификационный номер скважины (поле *NEAR_FID*), находящейся в пределах радиуса поиска, и расстояние до нее (поле *NEAR_DIST*).

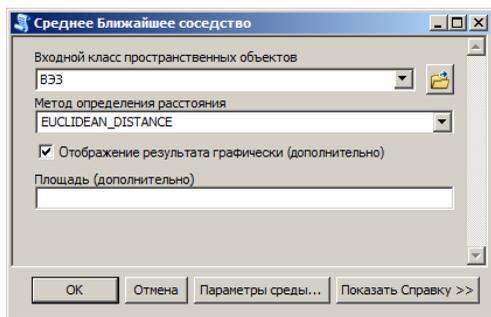


Рис. 8.4

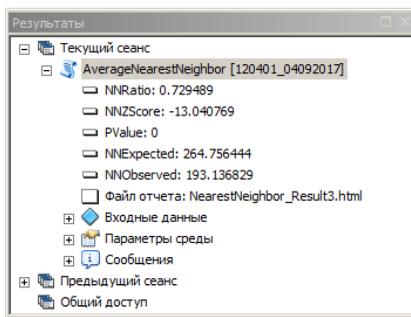


Рис. 8.5

Средняя сводка ближайших соседей

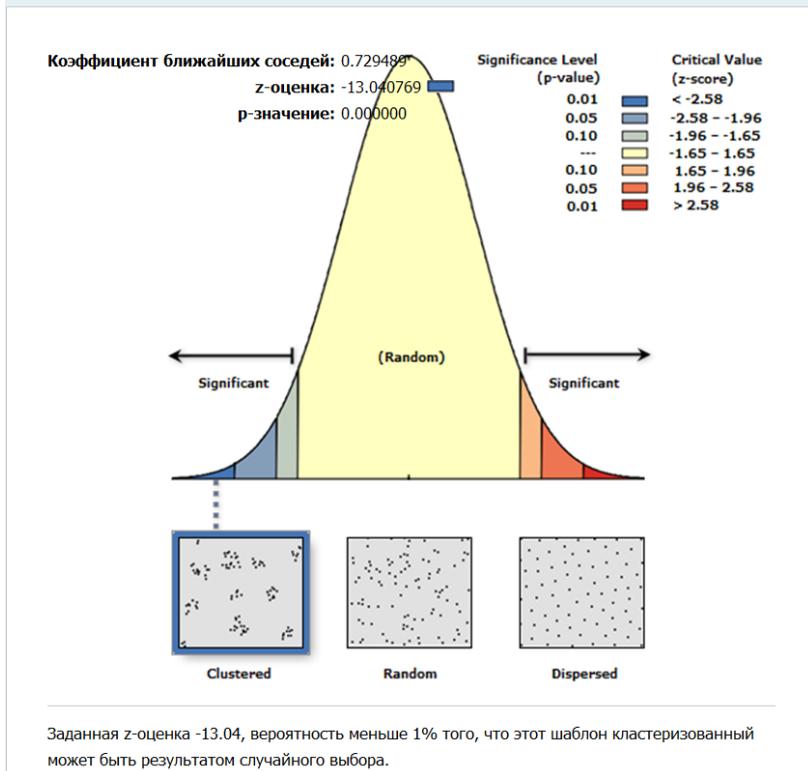


Рис. 8.6

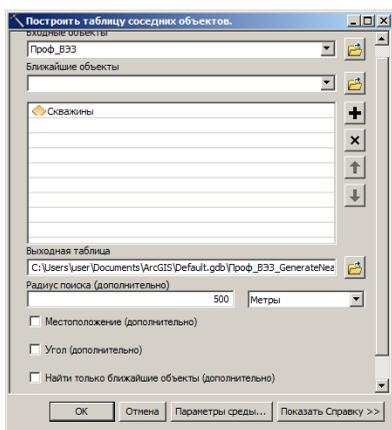


Рис. 8.7

Таблица

Проф_Б33_GenerateNearTable4

OBJECTID *	IN_FID	NEAR_FID	NEAR_DIST
1	0	84	2.529005
2	1	63	457.479955
3	1	18	358.777358
4	2	62	94.714284
5	2	19	388.959885
6	2	67	47.985502
7	3	20	117.738488
8	3	83	147.963318
9	3	71	105.559832
10	3	33	131.702655
11	3	81	46.570621
12	3	82	137.461467
13	3	80	7.577122

(0 из 57 Выбранные)

Проф_Б33_GenerateNearTable4

Рис. 8.8

17. Используя ключевое поле *IN_FID*, соедините полученную таблицу с таблицей атрибутов слоя **Проф_ВЭЗ**, а затем – таблицей атрибутов слоя **Скважины**.
18. Результат соединения таблиц показан на рис. 8.9. В поле *Профиль* указаны номера профилей ВЭЗ, а в поле *Name* – номера скважин.
19. Отредактируйте таблицу, сохранив в ней поля *Профиль*, *Name* и *NEAR_DIST*. Экспортируйте таблицу.

OBJE	IN_FID	NEAR_FID	NEAR_DIST	FID	Id	Profil	FID	OBJECTID	ID	NAME	ZU	H
1	0	84	2 529005	0	0	8	84	501	1212	85	116.21	430
2	1	63	457 479955	1	0	10	63	443	1432	64	142.58	422.2
3	1	19	358 777358	1	0	10	19	148	1184	19	109.47	396
4	2	62	94 714284	2	0	12	62	442	1431	63	171.23	470.6
5	2	19	388 959885	2	0	12	19	153	1360	20	189.22	442
6	2	67	47 985502	2	0	12	67	484	1206	68	131.89	437
7	3	20	117 738488	3	0	14	20	154	1361	21	191.87	381
8	3	83	147 963318	3	0	14	83	500	1452	84	180.57	456.5
9	3	71	105 559832	3	0	14	71	488	1439	72	202.24	447
10	3	33	131 702855	3	0	14	33	309	1397	54	196.39	433
11	3	81	46 570621	3	0	14	81	490	1211	82	134.16	446.6
12	3	82	137 461467	3	0	14	82	499	1451	83	151.25	460
13	3	80	7 522133	3	0	14	80	497	1210	81	114.08	372
14	3	60	296 201385	3	0	14	60	439	1204	61	127.54	399

Рис. 8.9

20. Сохраните документ карты.

Самостоятельная работа

Исходные данные находятся в папке 8/2:

- **plosh.shp** – участок исследований;
- **Almet_skv.dbf** – таблица координат скважин.

Задание

В пределах участка исследований:

- определить плотность расположения скважин;
- вычислить среднее расстояние между скважинами;
- оценить характер распределения скважин на изучаемой территории.

Лабораторная работа 9.

СОЗДАНИЕ И АНАЛИЗ РАСТРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель занятия:

- Создание слоя точечных объектов из табличных данных.
- Модуль Spatial Analyst.
- Построение грид-моделей поверхностей с помощью различных методов интерполяции: обратно-взвешенные расстояния (ОВР), сплайн, тренд.
- Использование маски анализа.
- Построение карты изолиний.
- Вычисление уклона (градиента) поверхности.
- Использование Калькулятора раstra.

Геоинформационные системы широко используются в геологии и геофизике для создания цифровых моделей поверхностей [4, 5, 7].

Поверхность – это непрерывный пространственный объект, определяемый плановыми координатами (X , Y) и аппликатой Z . Параметр Z чаще всего ассоциируется с характеристиками реальных геологических поверхностей (высотными отметками кровли или подошвы залежи, маркирующего горизонта, мощностями слоев и т. д.). На самом деле, любые пространственные переменные, например, параметры геофизических и геохимических полей, измеряемые на определенной территории, могут рассматриваться как образующие поверхность.

Существует два основных типа цифровых моделей поверхностей: триангуляционные и регулярно-ячеистые [1, 6, 7].

Регулярно-ячеистые модели поверхностей состоят из массивов регулярно распределенных ячеек со значениями отметок поверхности Z в узлах сети. Для описания регулярно-ячеистых моделей поверхностей в ArcGIS используется формат **GRID**. Структура *grid*-моделей полностью соответствует структуре непрерывных растров. Ячейки имеют квадратную форму, а размер ячеек определяет пространственное разрешение раstra.

Для создания и анализа *grid*-моделей используется дополнительный модуль **Spatial Analyst** [10].

Поскольку измерение отметок поверхности по регулярной сети осуществляется на практике крайне редко, построение *grid*-моделей проводится на основе интерполяции наборов хаотически расположенных точечных данных с известными отметками поверхности. Наиболее распространенными методами интерполяции являются: *Интерполяция значений с весом, обратно пропорцио-*

нальным расстоянию, *Слайн* и *Тренд*. Каждый из них опирается на определенные предположения о том, как точнее вычислить значения ячеек.

Метод *Обратно взвешенные расстояния* (ОВР) рассчитывает значения отметок поверхности путем усреднения значений в опорных точках, находящихся в окрестности каждой ячейки. Он позволяет выделить локальную составляющую изменения отметок поверхности и широко применяется в геологии, например, при картировании геохимических полей.

Метод *Слайн* определяет значения с использованием математической функции, которая минимизирует общую кривизну поверхности. Метод дает хорошие результаты при моделировании плавно изменяющихся поверхностей по редкой сети опорных точек (наземный рельеф, уровень грунтовых вод и т.д.).

Метод *Тренд* основан на аппроксимации поверхности полиномом определенного порядка. Он опирается на регрессию наименьших квадратов и создает поверхность с наименьшим отклонением от исходных значений. Тренд описывает наиболее общие черты поверхности или общую тенденцию в поведении изучаемой величины Z .

При этом в методах интерполяции *ОВР* и *Слайн* можно учесть положение разрывных нарушений типа сброс/взброс, задавая их с помощью линейных объектов 2D.

Для наилучшего соответствия расчетных значений реальным в разных случаях следует использовать различные методы интерполяции в зависимости от того, какое явление отражают значения и как распределены точки замеров. Однако при любом методе интерполяции качество результата прямо пропорционально количеству исходных данных.

С помощью инструментов дополнительного модуля **Spatial Analyst** можно осуществлять различные операции над *grid*- моделями поверхностей. Это и стандартные операции анализа морфологии поверхности: построение изолиний, расчет уклонов и экспозиции склонов, оценка видимости участков поверхности, расчет площадей и объемов, и различные варианты переклассификации *гридов*, позволяющие выявить низко-, высокочастотные составляющие и другие особенности пространственного распределения отметок поверхности. Кроме того, инструменты растрового наложения слоев (*Растровый калькулятор*, *Взвешенная сумма*, *Статистика по ячейкам* и т.д.) предоставляют возможность одновременной обработки информации из нескольких *гридов*.

Задание 1

Исходные данные находятся в папке 9/1:

- **un_10.dbf** – положение точек опробования;
- **un_10_Cu.dbf** – содержание меди.

При создании таблиц были приняты следующие обозначения полей: **PROFIL** – номер профиля опробования; **X, Y** – координаты точки опробования, м; **N** – номер пробы; **CU** – содержание меди в почве, 10^{-3} %.

Задание

Используя табличные данные, постройте грид-модель поверхности и карту изолиний содержания меди (Cu) в почвах.

Порядок выполнения работы

1. Используя содержимое таблицы **un_10.dbf**, визуализируйте положение точек опробования. Сохраните результата в виде шейп-файла **Пробы_Cu**.
2. Затем соедините слой **Пробы_Cu** с таблицей **un_10_Cu.dbf**. Откройте атрибутивную таблицу слоя и убедитесь, что после соединения в каждой точке опробования известно содержание меди.
3. Создайте грид-модель изменения содержания меди. Для этого в **ArcToolbox** выберите инструмент **Инструменты Spatial Analyst > Интерполяция > ОВР**. В открывшемся окне (рис. 9.1) в качестве входных данных укажите слой **Пробы_Cu**, интерполируемый параметр (**Поле Z значений**) – содержание Cu (**un_10_Cu.Cu**). Остальные параметры оставьте по умолчанию. Выходной растр сохраните в своей папке под именем **Grid_Cu**.

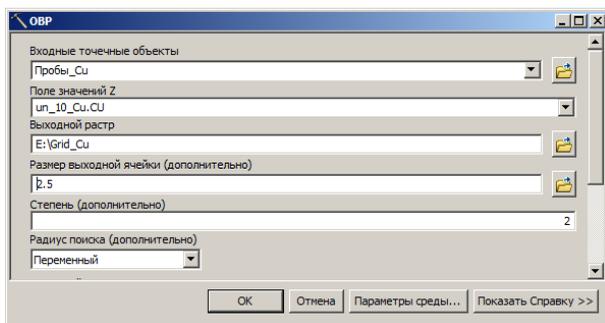


Рис. 9.1

4. Вы получите грид-модель распределения меди, как показано на рис. 9.2.

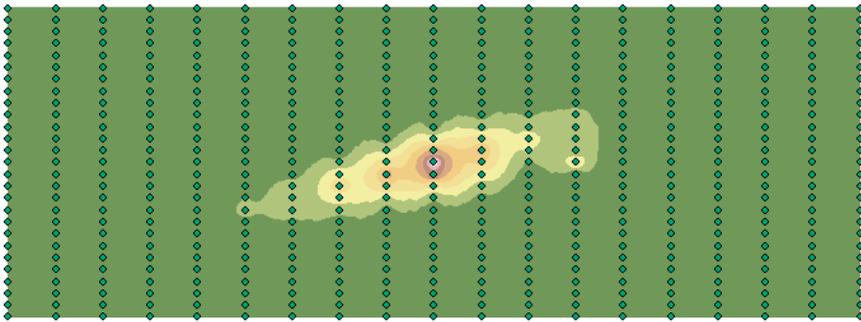


Рис. 9.2

5. Для наглядного отображения зоны аномального содержания *Cu* выполните переклассификацию грида. Для этого используйте **Свойства** слоя **Grid_Cu**, закладку **Символы**. Для грида **Grid_Cu** выберите 8 классов с максимальными значениями содержания *Cu*: 10, 20, 50, 100, 250, 500, 1000, 2000.
6. В заключение постройте карту изолиний распределения *Cu*. Для этого активизируйте инструмент **ArcToolbox > Инструменты Spatial Analyst > Поверхность > Изолиния** (рис. 9.3). Установите сечение между изолиниями 10, а базовую изолинию – 0. Сохраните слой изолиний в виде шейп-файла **Izol_Cu**.

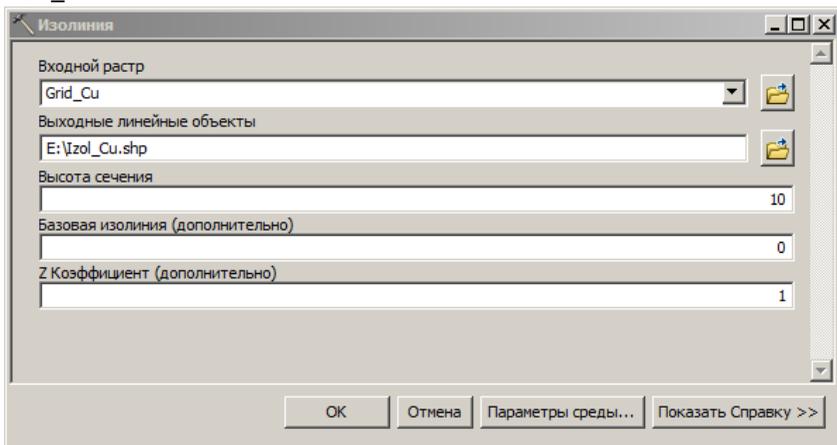


Рис. 9.3

7. Для удаления лишних изолиний откройте сеанс редактирования слоя **Izol_Cu**.
8. Выполните в атрибутивной таблице слоя **Izol_Cu** выборку по полю **CONTOUR** для изолиний со значениями 10, 20, 50, 100, 250, 500, 1000, 2000. За-

тем переключите выборку и удалите выбранные объекты. В результате получите слой с искомыми изолиниями (рис. 9.4).

9. Завершите сеанс редактирования, сохранив все изменения.
10. Оформите слой *Izol_Cu*: выберите цвет и толщину изолиний, подпишите значения изолиний.

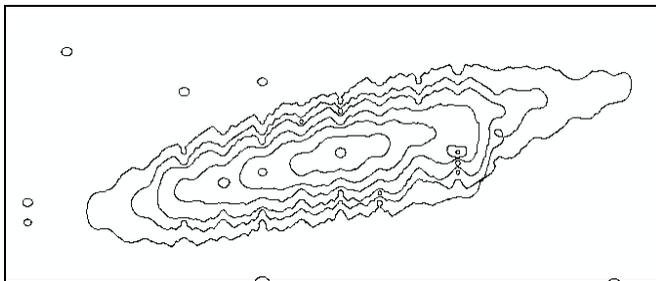


Рис. 9.4

11. Сохраните карту под именем **map9_1.mxd**.

Задание 2

Исходные данные находятся в папке **9/2**:

grav_pk.xls – положение пикетов гравиметрической съемки:

N – номер пикета;

XI, YI – координаты пикетов, м;

grav_data.xls – данные гравиметрической съемки:

N – номер пикета;

G – значение силы тяжести, усл.ед.

Координаты пикетов даны в условной системе координат.

Задание

Постройте растровую модель гравитационного поля в масштабе 1:10000. Вычислите региональный фон и локальную составляющую гравитационного поля.

Порядок выполнения работы

1. Визуализируйте положение пикетов гравиметрической съемки. Присоедините таблицу, содержащую результаты измерений.
2. Создайте грид-модель изменения гравитационного поля. Для этого в **ArcToolbox** выберите инструмент **Инструменты Spatial Analyst > Интерполяция > Сплайн** (рис. 9.5). Укажите тип сплайна – *Tension (Натяжение)*.

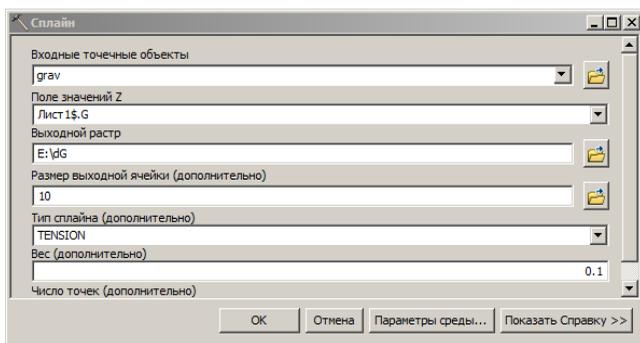


Рис. 9.5

- Получите модель поля, как показано на рис. 9.6.

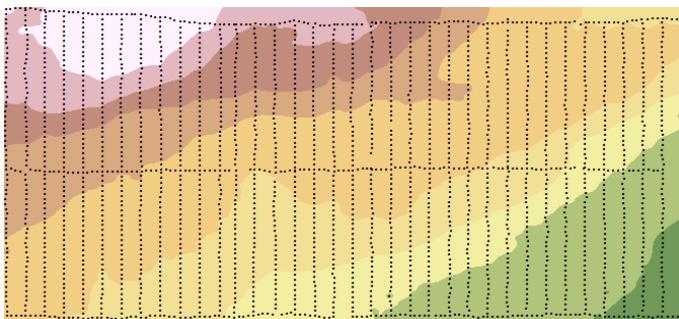


Рис. 9.6

- Создайте грид-модель регионального фона гравитационного поля в предположении, что он имеет линейный характер. Для этого в **ArcToolbox** выберите инструмент *Инструменты Spatial Analyst > Интерполяция > Тренд* (рис. 9.7). Укажите степень полинома **1**.

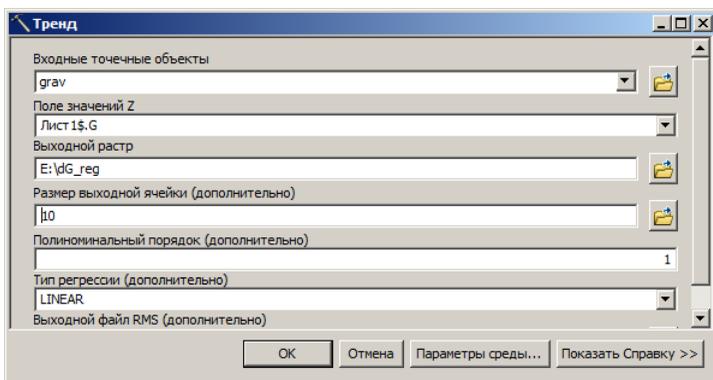


Рис. 9.7

5. В результате получите модель регионального фона, как показано на рис. 9.8.

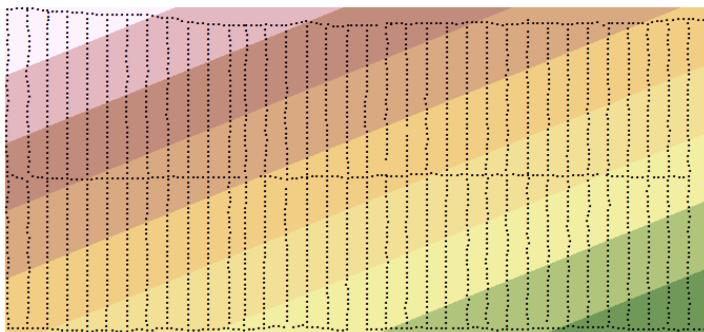


Рис. 9.8

6. Затем вычислите докальную составляющую гравитационного поля. Для этого в ArcToolbox выберите инструмент *Инструменты Spatial Analyst > Алгебра карт > Калькулятор растра* (рис. 9.9). Запишите выражение для вычисления локальной составляющей.

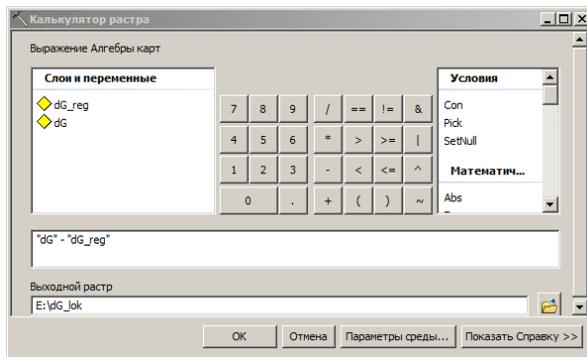


Рис. 9.9

7. В результате получите растровую модель локальной составляющей гравитационного поля (рис. 9.10).

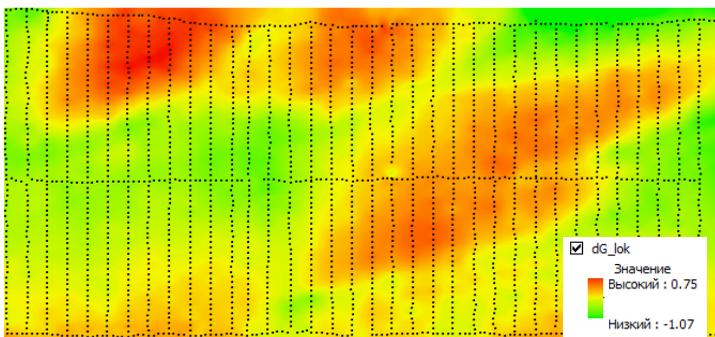


Рис. 9.10

8. Постройте карту изолиний локальной составляющей гравитационного поля с сечением 0.2 усл. ед. Подпишите отметки изолиний.
9. В заключение выделите участки возможного положения разрывных нарушений, которые, как известно, приурочены к зонам максимального градиента гравитационного поля. Для этого активизируйте инструмент *Инструменты Spatial Analyst > Поверхность > Уклон* (рис. 9.11). В качестве единиц измерения уклона определите *PERCENT_RISE* (*Процент уклона*). Получите растровую модель гравитационного поля.
10. Выделите участки, где величина градиента превышает 0.003 усл. ед./м. Для этого используйте инструмент *ArcToolbox Калькулятор растра* (рис. 9.12). При написании выражения алгебры карт не забывайте, что значения уклона выражены в процентах.
11. В результате получите тематический растр, в котором участки, удовлетворяющие условию, отнесены к зоне **1** (рис. 9.13). В таблице атрибутов в поле *Count* указано количество пикселей, относящихся к каждой из зон.

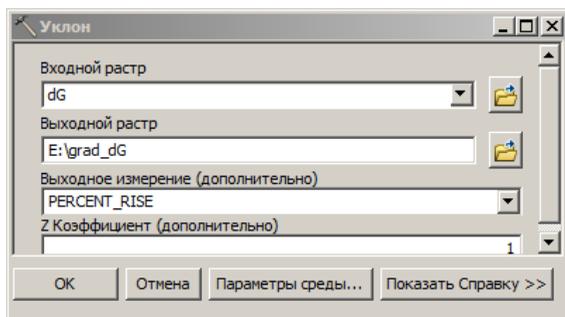


Рис. 9.11

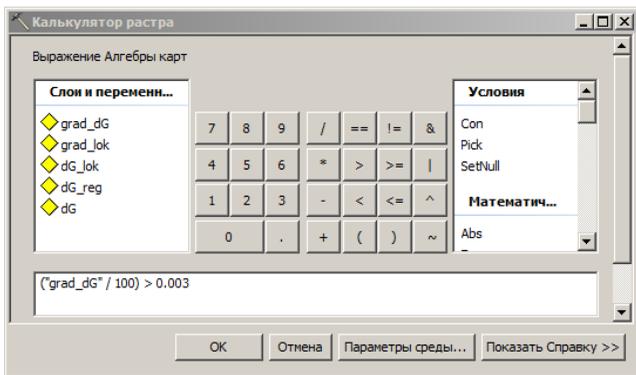


Рис. 9.12

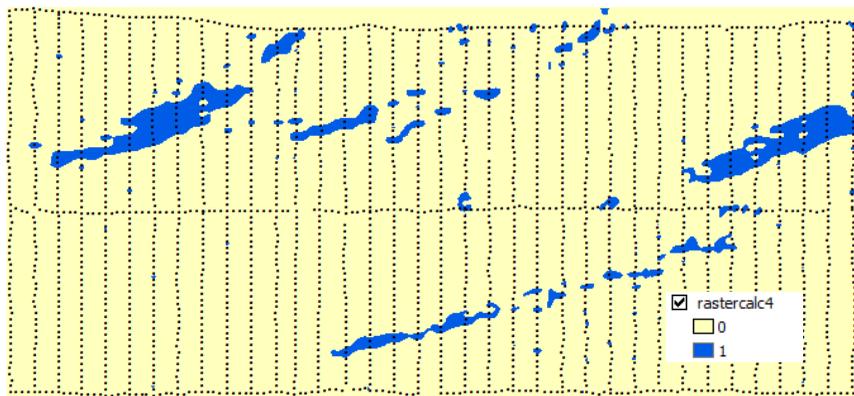


Рис. 9.13

12. Рассчитайте площадь участков максимального градиента гравитационного поля. Для этого откройте таблицу атрибутов тематического раstra. Добавьте новое поле S (рис. 9.14) и с помощью *Калькулятора поля* вычислите площадь зоны (рис. 9.15).
13. Сохраните карту под именем **map9_2.mxd**.

Value	Count	S
0	214103	21410300
1	11297	1129700

Рис. 9.14

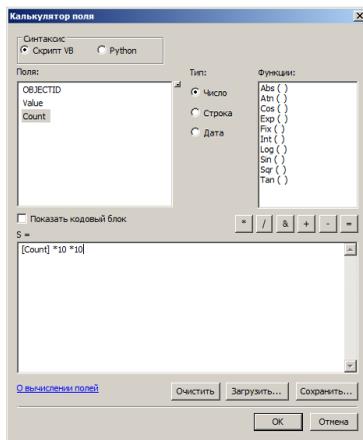


Рис. 9.15

Задание 3

Исходные данные находятся в папке **9/3**:

river.shp – речная сеть;

geol_1.shp – фрагмент геологической карты:

Возраст – геологический возраст отложений;

Состав – литологический состав;

TN.shp – положение точек наблюдения безнапорного водоносного горизонта:

Id – номер точки наблюдения;

Type – тип точки наблюдения;

ABS_Q – высотная отметка поверхности грунтовых вод, м.

Положение объектов дано в местной системе координат, единицы измерения – метры.

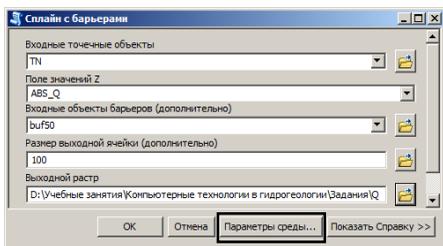
Задание

Постройте карту гидроизогипс безнапорного водоносного горизонта в масштабе 1:100000. Учтите, что наличие грунтовых вод прослежено только на территории распространения четвертичных отложений, а разгрузка водоносного горизонта происходит в речную сеть, поэтому гидроизогипсы не должны пересекать русло рек.

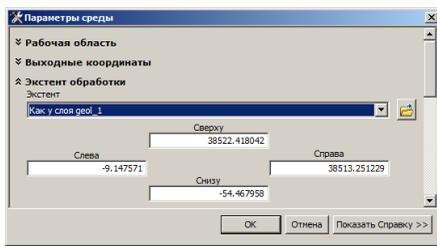
Порядок выполнения работы

1. Откройте **ArcMap** с новой пустой картой. Установите в свойствах фрейма:
 - в качестве единиц измерения координат карты и единиц отображения – метры;

- выберите в качестве базового масштаба – 1:100000.
2. Для построения карты гидроизогипс безнапорного водоносного горизонта загрузите в **ArcMap** слои **geol_1.shp**, **river.shp** и **TN.shp**.
 3. Выберите подходящие символы для отображения объектов каждого слоя. Создайте надписи объектов.
 - Отобразите объекты слоя **TN.shp** согласно полю **Type** и подпишите точки наблюдения, используя аннотации. Надпись с указанием номера точки наблюдения должна располагаться над символом скважины или колодца, под ним – надпись с указанием абсолютных отметок зеркала подземных вод.
 - Визуализируйте полигональные объекты слоя **geol_1.shp** с учетом возраста и литологического состава пород. Подпишите возраст отложений.
 4. Затем создайте полигональный слой, охватывающий территорию распространения водоносного горизонта. Для этого выделите в слое **geol_1.shp** участки выхода четвертичных пород и экспортируйте данные в новый слой **Pol.shp**.
 5. Постройте вокруг рек буферные зоны шириной 50 м. Сохраните результат как шейп-файл **buf50.shp**.
 6. С помощью инструмента **Инструменты Spatial Analyst > Интерполяция > Сплайн с барьерами** создайте грид-модель поверхности безнапорного водоносного горизонта. В открывшемся диалоговом окне (рис. 9.16, а):
 - выберите размер грида с учетом масштаба карты;
 - в качестве барьеров укажите буферные зоны, построенные вокруг объектов речной сети;
 - активизируйте опцию **Параметры среды** и определите экстенд обработки как слоя **geol_1.shp** (рис. 9.16, б).



а



б

Рис. 9.16

7. Затем вырежьте полученный грид по маске анализа **Pol.shp** с помощью **Инструменты Spatial Analyst > Извлечение > Извлечь по маске** (рис. 9.17).

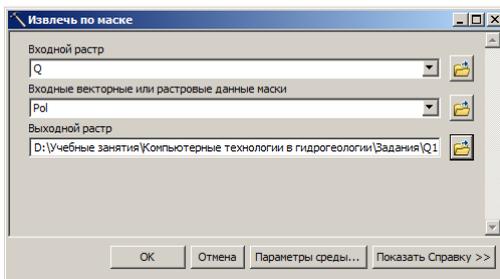


Рис. 9.17

8. Для построения гидроизогипс по гриду **Q1** используйте *Инструменты Spatial Analyst > Поверхность > Изолиния с барьерами*. Установите сечение между изолиниями 3 м и сохраните как **izol_Q.shp**.
9. Выберите цвет и толщину гидроизогипс и подпишите их отметки.
10. Создайте макет карты для распечатки, отключив слой **geol_1.shp**. Добавьте заголовок, легенду, текст масштаба (рис. 9.18).

Гидроизогипсы безнапорного водоносного горизонта

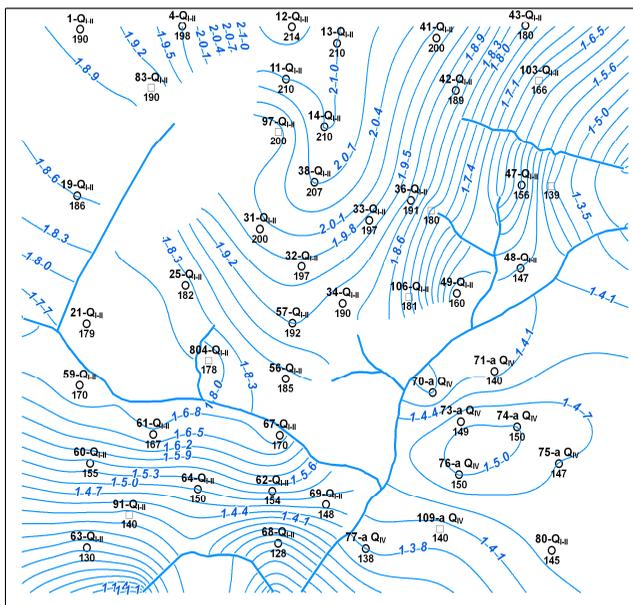


Рис. 9.18

11. Сохраните карту, как **map 9_3.mxd**.

Лабораторная работа 10. ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Цель занятия:

- Загрузка дополнительного модуля **3D Analyst**.
- Построение растровой модели поверхности с помощью функции **Топо в Растр**.
- Создание триангуляционных моделей поверхностей (**TIN**).
- Построение каркасной модели пласта.
- Трехмерная визуализация объектов. Приложение **ArcScene**.
- Определение объема пород, заключенных между 2 поверхностями.

Геоинформационная система **ArcGIS** предоставляет возможности для создания не только растровых (грид), но и триангуляционных (**TIN**) моделей поверхностей. Для построения и работы с триангуляционными моделями используется дополнительный модуль **3D Analyst** [6, 9, 10].

TIN модели поверхностей формируются из облаков точек с известными отметками поверхности на основе триангуляции Делоне [1]. При их создании можно также учитывать положение линейных и полигональных объектов, описывающих морфологию поверхности: резкие и нерезкие перегибы рельефа, полигоны замещения и т.д. **TIN** представляют собой векторную топологическую структуру данных, в которой описывается положение всех вершин, ребер и граней модели. Триангуляционные модели в **ArcMap** можно отображать в зависимости от значений уклона, экспозиции склонов, высоты узлов, используя для этого опции символов **TIN**.

С помощью инструментов **3D Analyst** можно проводить исследования триангуляционных моделей поверхностей: построение изолиний, вычисление кривизны и площади поверхности, определение объема пород, заключенных между двумя **TIN** моделями. Кроме того, на основе **TIN** поверхностей могут быть созданы каркасные модели трехмерных геологических объектов (пластовых и рудных залежей).

Помимо создания триангуляционных моделей модуль **3D Analyst** позволяет создавать растровые (грид) модели поверхностей с использованием тех же методов интерполяции, которые реализованы в дополнительном модуле **Spatial Analyst**.

В частности, построение моделей можно осуществлять с помощью метода интерполяции *Топо в растр*, разработанного фирмой **ESRI** для моделирования наземного рельефа. Метод позволяет не только создавать растровую модель поверхности, используя в качестве входных данных наборы точек с известными отметками поверхности, но и учитывать положение линейных и полигональных объектов, описывающих морфологии поверхности (изолинии рельефа, русла рек, площади водоемов, оврагов и т.д.).

Кроме того, при подключении к **ArcGIS** модуля **3D Analyst** открывается доступ к специализированному приложению **ArcScene**, предназначенному для **3D** отображения пространственных данных.

ArcScene позволяет создавать перспективные трехмерные сцены на плоской поверхности [10], совмещая в локальном масштабе множество слоев данных: 3D векторных объектов, TIN и грид-моделей поверхностей, растровых изображений, двумерных наборов векторных данных. При этом данные, имеющие различную пространственную привязку, будут перепроецированы или отображены с использованием только относительных координат.

Для просмотра в среде 3D двумерные растровые или векторные данные можно временно преобразовать в 3D «на лету». Для этого в свойствах слоя необходимо определить базовые высоты (Z координаты) объектов, источником которых могут быть как значения атрибута, выбираемого из списка числовых полей таблицы слоя, так и высотные отметки поверхности, хранящиеся в грид или TIN моделях. Кроме того, двумерные объекты из векторных источников данных можно вытянуть по высоте, создавая эффект трехмерных фигур.

Приложение **ArcScene** полностью интегрировано в среду геообработки, что дает возможность использовать многочисленные инструменты модуля **3D Analyst** для создания и анализа данных.

Исходные данные находятся в каталоге **10/1**:

<i>Имя файла</i>	<i>Описание</i>	<i>Комментарии</i>
frame1.shp	Площадь работ	
phlr2.shp	Изолинии рельефа	Поле <i>PHLR_ABS</i> – абсолютная высотная отметка, м
hyp2.shp	Отметки высот	Поле <i>HYP_ABS</i> – абсолютная высотная отметка, м
dnl2.shp	Речная сеть	Поле <i>STATUS</i> – рыбохозяйственный статус реки
dnar2.shp	Водоёмы	Поле <i>STATUS</i> – рыбохозяйственный статус озера
skv1.shp	Скважины, вскрывшие залежь полезного ископаемого	Поле <i>ABS_OTM</i> – абсолютная отметка кровли залежи Поле <i>ABS_PODOSH</i> – абсолютная отметка подошвы залежи

Задание

Построить трехмерную геологическую модель месторождения полезного ископаемого

Порядок выполнения работы

1. Внимательно ознакомьтесь с исходными данными в **ArcCatalog**. Определите систему координат каждого из наборов пространственных данных.
2. Откройте **ArcMap** с новой пустой картой. Назовите фрейм данных «**Модель залежи**», установите систему координат карты, соответствующую системе координат исходных данных.
3. Активизируйте в *Свойствах документа карты* опцию *Хранить относительные пути к источникам данных*.
4. Загрузите исходные данные в **ArcMap** и оформите карту при базовом масштабе 1:100000. Выберите подходящие символы для отображения объектов каждого слоя, классифицируйте водные объекты по рыбохозяйственному

статусу, подпишите номера скважин, абсолютные отметки рельефа. Сохраните карту в своей папке под именем **map_10.mxd**.

5. Для построения трехмерных моделей поверхностей загрузите в **ArcMap**, если необходимо, дополнительный модуль **3D Analyst**.
6. Постройте **grid** модель рельефа поверхности наблюдений с помощью инструмента **3D Analyst > Интерполяция растра > Топо в растр**. В качестве входных данных используйте изолинии рельефа, отметки высот, реки, водоемы и площадь работ. Обратите внимание на правильность указания параметров, соответствующих этим данным (рис. 10.1). В поле “*Type*” для речной сети выберите значение “*Stream*” (Поток), для водоемов и озер – “*Lake*” (Озеро), для изолиний рельефа укажите значение “*Contour*” (Контур), для высотных отметок – “*PointElevation*” (Отметки высот). Определите поля таблиц атрибутов, содержащие данные о высотных отметках рельефа.
7. Задайте размер выходной ячейки, соответствующий масштабу топографической карты. Сохраните растровую поверхность под именем **Rel**.

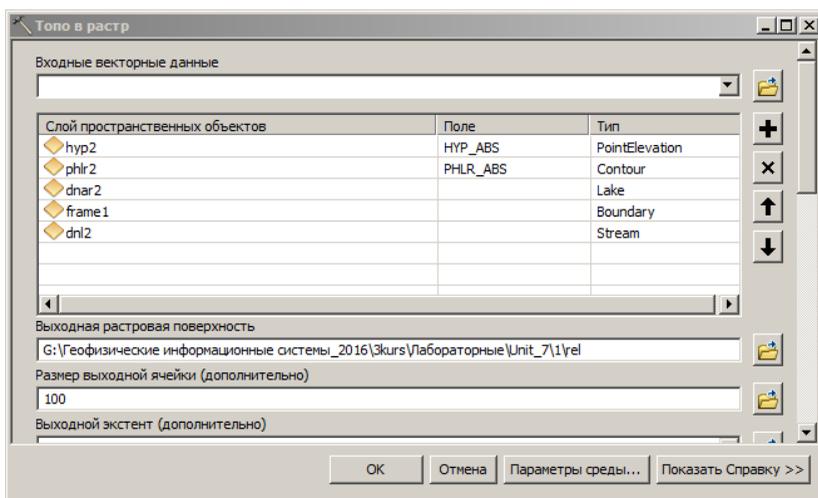


Рис. 10.1

8. Для создания TIN-модели кровли залежи выберите из набора инструментов **3D Analyst** группу **Управление данными > TIN > Создать TIN** (рис. 10.2). В качестве исходных данных для построения поверхности используйте скважинные данные (**skv1.shp**), в **Поле высоты** укажите альтитуду кровли (**ABS_OTM**). Активизируйте опцию **Ограниченный Делоне** и сохраните TIN под именем **Krov**, задав систему координат, аналогичную пространственной привязке карты.

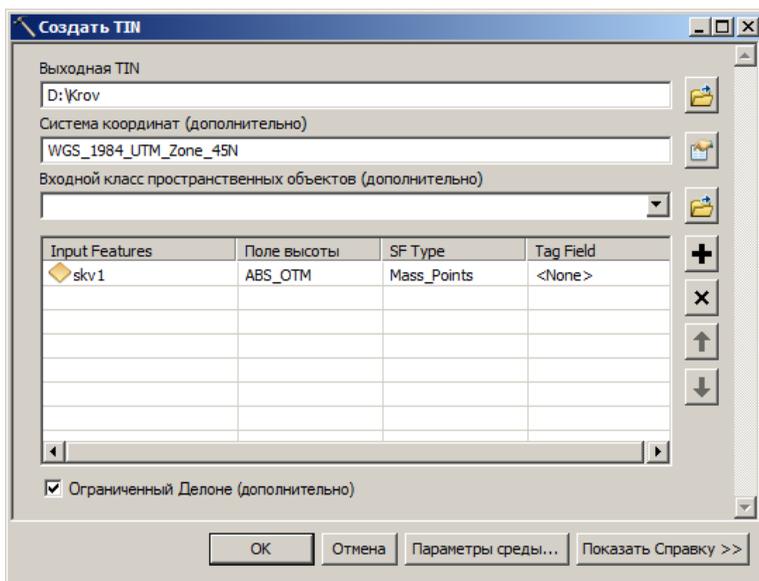


Рис. 10.2

9. Аналогично создайте TIN–модель подошвы залежи и сохраните ее под именем **Pod**.
10. Сохраните карту **map_10.mxd**.
11. Для трехмерной визуализации моделей поверхностей откройте на панели инструментов **3D Analyst** окно **ArcScene** (рис. 10.3).



Рис. 10.3

12. Загрузите в **ArcScene** TIN– модели кровли и подошвы залежи.
13. Для установки свойств отображения **TIN** поверхности перейдите в диалоговое окно **Свойства** и подберите подходящую цветовую шкалу.

Затем добавьте в окно **ArcScene** растровую модель рельефа поверхности наблюдений. В отличие от **TIN** моделей грид-модель **Rel** отобразится в окне **ArcScene** в виде плоского слоя. Для трехмерной визуализации грида откройте диалоговое окно **Свойства** слоя **Rel**, закладка *Базовые высоты* (рис. 10.4), установите режим *Плавающие на пользовательской поверхности* и выберите в качестве источника высотных отметок грид-модель **Rel**.

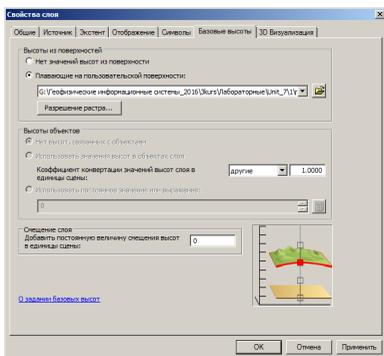


Рис. 10.4

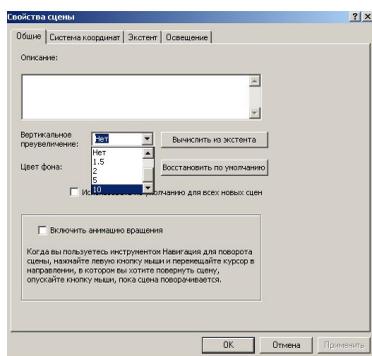


Рис. 10.5

14. Теперь в окне **ArcScene** отображаются все построенные поверхности. Скорее всего, их изображение сплюсненное. Это происходит из-за того, что горизонтальный экстенд данных существенно превышает вертикальный. Для лучшего изображения увеличьте вертикальный масштаб. Для этого откройте диалоговое окно **Свойства сцены**, выберите закладку **Общие** (рис. 10.5). В строке **Вертикальное преувеличение** установите приемлемый масштаб.
15. Используя пункт меню **Вид**, сохраните трехмерное изображение геологической модели в своей папке под именем **zalez.sxd**.
16. Используя **TIN** модели, создайте пластовую модель залежи. Для этого загрузите из набора инструментов **3D Analyst** инструмент **Триангуляционная поверхность** > **Блок-диаграмма** (рис. 10.6). В качестве полигона, ограничивающего залежь, укажите слой **frame1.shp**.

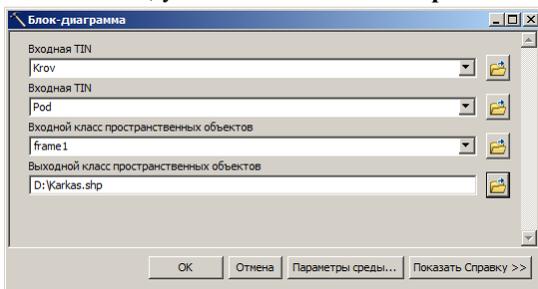


Рис. 10.6

17. В результате получите каркасную модель залежи. Используя свойства, подберите подходящий цвет отображения каркасной модели. В завершение отключите визуализацию **TIN** моделей кровли и подошвы залежи.

18. Затем добавьте в **ArcScene** векторные слои, определяющие положение скважин, рек и водоемов. Подберите подходящие символы для отображения объектов каждого из слоев.
19. Для наглядного изображения скважин рекомендуется выбрать трехмерный символ. Для этого в **Свойствах** слоя скважин на закладке *Символ* войдите в диалоговое окно *Выбор символа* (рис. 10.7) и выберите наиболее подходящий символ для обозначения скважин.

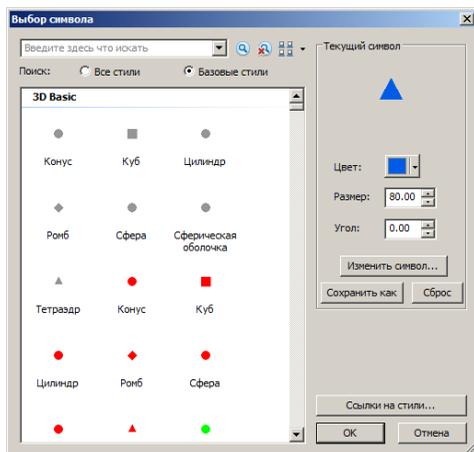


Рис. 10.7

20. Поместите векторные объекты слоев на поверхность наблюдений. Для этого в **Свойствах** каждого слоя в закладке *Базовые высоты* выберите опцию *Высоты, плавающие на пользовательской поверхности*, и в качестве ссылочной поверхности укажите грид **Rel**, представляющий наземный рельеф.
21. Определите высотные отметки устьев скважин. Для этого выберите из набора инструментов **3D Analyst** группу *Функциональная поверхность* > *Информация о добавлении поверхности* (рис. 10.8) и, используя в качестве поверхности растровую модель рельефа **Rel**, вычислите высотные отметки устьев скважин, указав поле **Z** как выходное для записи значений высот.

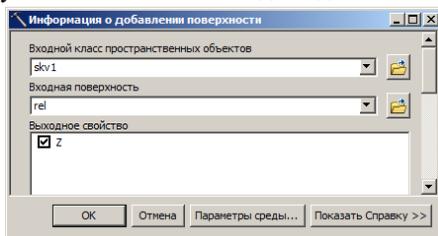


Рис. 10.8

22. Откройте таблицу атрибутов слоя **skv1** и убедитесь, что высотные отметки устьев скважин записаны в поле Z.
23. Вытяните скважины от поверхности до подошвы залежи. Для этого в Свойствах слоя **skv1** выберите закладку *Вытягивание* и запишите условие вытягивания, как показано на рис. 10.9.

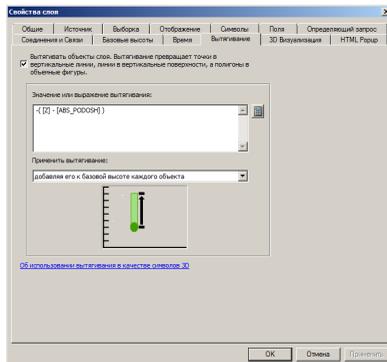


Рис. 10.9

24. В результате получите трехмерную геологическую модель, как показано на рис. 10.10. Сохраните модель в файле **zalez.sxd**.

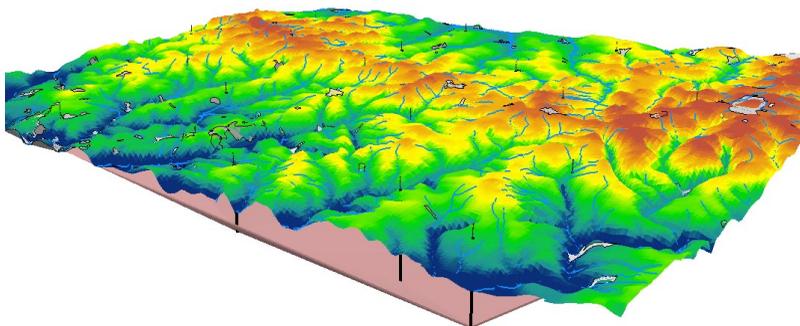


Рис. 10.10

25. В заключение вычислите объем пород залежи полезных ископаемых. Для этого перейдите в **ArcMap**, выберите в инструменте **ArcToolbox** *Инструменты 3D Analyst* < *Триангуляционная поверхность* < *Разница поверхностей*, который позволяет вычислить объемы, ограниченные двумя поверхностями. Введите в окне инструмента (рис. 10.11) нужные параметры: названия TIN-моделей кровли и подошвы залежи, название выходного класса объектов.

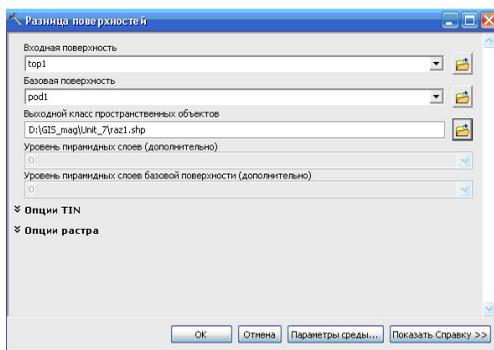


Рис. 10.11

26. Добавьте полученный слой к карте. Откройте таблицу атрибутов – в поле *Volume* вычислено значение объема пород в пределах залежи.
27. Сохраните результаты работы как **map_10.mxd**.

Самостоятельная работа

Исходные данные находятся в папке 10/2:

Имя файла	Описание	Комментарии
relief.shp	Изолинии рельефа	Поле z – абсолютная отметка рельефа поверхности наблюдений, м
Otm_2.shp	Отметки горизонта 2	Поле ELEVATION – абсолютная отметка горизонта 2, м
river.shp	Речная сеть	Поле NAME – название реки
Otm_3.shp	Отметки горизонта 3	Поле ELEVATION – абсолютная отметка горизонта 3, м
Otm_At.shp	Отметки горизонта At	Поле ELEVATION – абсолютная отметка горизонта At, м
skv.shp	Скважины	Поле NUMBER – номер скважины

Задание

1. Выберите наиболее подходящие инструменты и создайте цифровые модели поверхности наблюдений, горизонтов **At**, **2** и **3**.
2. Постройте трехмерную структурную модель разреза.
3. Поместите на поверхность рельефа речную сеть и слой скважин.
4. Подберите наиболее подходящие символы для отображения объектов каждого слоя.
5. Сохраните геологическую модель как **Geol2.sxd**.

Лабораторная работа 11. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ГЕООБРАБОТКИ

Цель занятия:

- Знакомство с приложением **ModelBuilder**.
- Подготовка входных данных к анализу.
- Создание процессов и моделей обработки.
- Проверка и запуск моделей.
- Анализ результатов обработки.

Для решения сложных задач геообработки, которые предполагают использование нескольких инструментов обработки, в **ArcGIS**, предусмотрена возможность создания **модели обработки**, которая позволяет автоматизировать процесс анализа пространственных данных. Построение модели осуществляется посредством создания блок-схемы модели в графической среде – окне приложения **ModelBuilder** [10].

Блок-схема модели (рис. 11.1) представляет собой последовательность взаимосвязанных процессов геообработки. Каждый из процессов состоит из инструмента обработки и присоединенных к нему входных и выходных наборов данных, значений параметров инструмента. Элементы модели связаны между собой соединителями, стрелки которых указывают направление обработки.

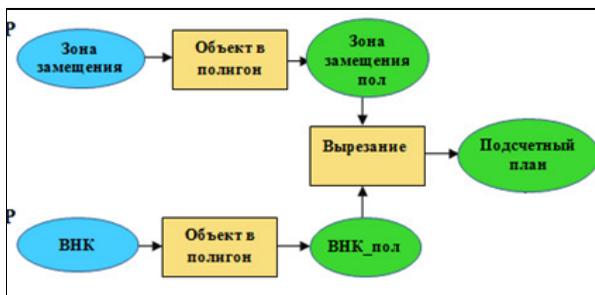


Рис. 11.1

Для создания блок-схемы достаточно загрузить в окно **ModelBuilder**, необходимые для обработки инструменты **ArcToolbox**, и определить в диалоговом окне каждого инструмента его параметры таким образом, чтобы выходные данные одного процесса являлись входными данными для другого процесса.

Приложение **ModelBuilder** обеспечивает проверку модели на допустимость всех элементов данных и значений параметров. Запуск модели приводит к созданию выходных данных для каждого процесса, которые могут автомати-

чески добавляться в таблицу содержания **ArcMap**. Кроме того, в случае необходимости имеется возможность запуска из окна **ModelBuilder** отдельных, выбранных пользователем, инструментов обработки. При сохранении модели она становится инструментом – моделью и может быть загружена из любого приложения **ArcGIS**.

В модели геообработки сохраняется целый технологический процесс, который можно запускать повторно, используя различные значения исходных данных и параметров обработки. Любую переменную модели можно преобразовать в параметр модели. Тогда ее значение можно указать в диалоговом окне, открывающемся при запуске инструмента модели.

Исходные данные находятся в папке **11/1**:

- **hyp.shp** – точечный слой отметок высот, поле *HYP_ABS* содержит значения абсолютных отметок, м;
- **relief_isoline.shp** – линейный слой изолинии рельефа, поле *PHLR_ABS* содержит отметки изолиний, м;
- **rivers.shp** – линейный слой речной сети;
- **lit_X_Y.dbf** – таблица с координатами точек опробования.

Задание

Для участка работ запланировано проведение литохимического опробования. Стоимость отбора проб зависит от угла наклона рельефа местности: при углах наклона 0–15° стоимость отбора одной пробы составляет 80 руб., при 15–30° – 90 руб., при 30° и более – 100 руб.

Используя инструменты **ArcToolbox**, необходимо:

- 1) подготовить входные данные к анализу;
- 2) рассчитать поверхности рельефа и уклона рельефа;
- 3) определить стоимость опробования каждой точки;
- 4) рассчитать суммарную стоимость литохимического опробования.

Порядок выполнения работы

1. В **ArcCatalog** внимательно ознакомьтесь с исходными данными. Определите проекции и системы координат входных данных. Особое внимание уделите изучению таблицы с координатами точек опробования **lit_X_Y.dbf**. Отчетливо видно (поле **X**), что координаты точек наблюдения заданы в проекции Гаусса – Крюгера, зона 15.
2. Выберите единую систему координат для представления данных. Учтите, что при использовании растровых моделей часто возникают проблемы с об-

работкой данных, пространственные координаты которых заданы в градусах.

3. Составьте схему решения задачи, определив последовательность операций обработки каждого набора входных данных.
4. Для решения задачи Вам необходимо использовать следующие инструменты **ArcToolbox**:
 - *Управление данными* → *Проекция и преобразования* → *Объекты* → *Проецировать*.
 - *Управление данными* → *Слои и представления таблиц* → *Создать слой событий XY*.
 - *Управление данными* → *Пространственные объекты* → *Копировать объекты*.
 - *Инструменты 3D Analyst* → *Интерполяция растра* → *Топо в растр*.
 - *Инструменты Spatial Analyst* → *Поверхность* → *Уклон*.
 - *Инструменты Spatial Analyst* → *Переклассификация* → *Переклассифицировать*.
 - *Инструменты 3D Analyst* → *Функциональная поверхность* → *Информация о добавлении поверхности*.
5. Создайте модель обработки геоданных по намеченной схеме.
6. Для этого сначала в своей папке создайте **Новый набор инструментов** (рис. 11.1). Назовите его, например, **Tool** и сохраните в своей рабочей папке.

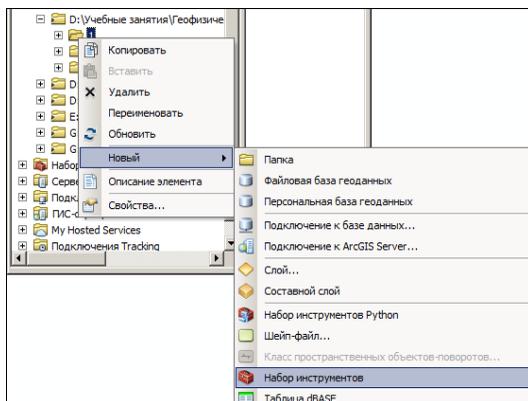


Рис. 11.1

7. Затем в новом наборе инструментов создайте **новую модель** (рис. 11.2). Откроется окно приложения **ModelBuilder** (рис. 11.3), предназначенное для создания и редактирования модели обработки.

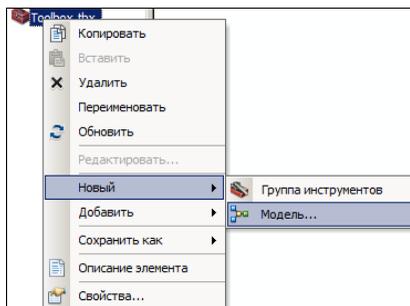


Рис. 11.2

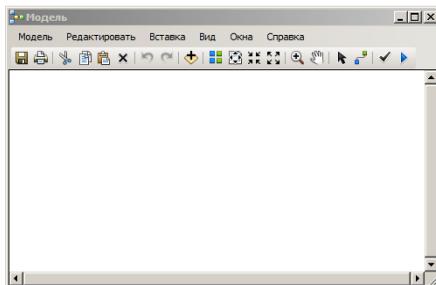


Рис. 11.3

8. Каждая модель состоит из одного или нескольких процессов обработки. Для создания процесса необходимо добавить инструмент **ArcToolbox** в окно **ModelBuilder** и указать параметры инструмента.
9. Начните составление модели с загрузки инструмента *Проецировать*. Для этого перетащите инструмент из окна **ArcToolbox** в окно **ModelBuilder** или используйте инструмент *Добавить данные* на панели инструментов окна **ModelBuilder**. Выбранный инструмент отобразится в окне **ModelBuilder** (рис. 11.4), однако он не будет готов к выполнению.

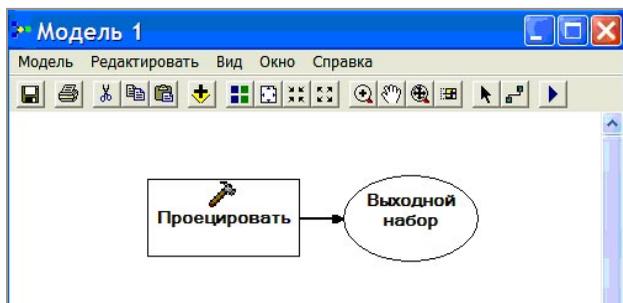


Рис. 11.4

10. Затем введите параметры инструмента. Для этого в окне **ModelBuilder** дважды щелкните мышью на инструменте *Проецировать* и войдите в диалоговое окно. На рис. 11.5 показан пример ввода параметров для набора входных данных **hyp.shp**. После этого внешний вид инструмента изменится (рис. 11.6), что свидетельствует о формировании процесса обработки.

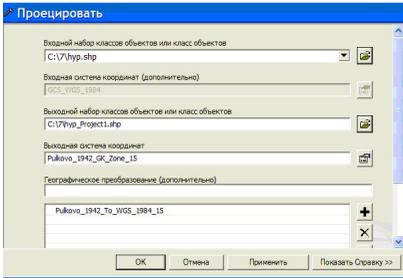


Рис. 11.5

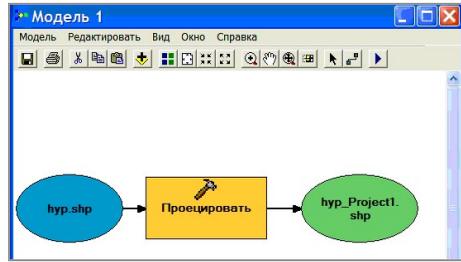


Рис. 11.6

11. Аналогично добавьте инструменты для проецирования других наборов входных данных.
12. Далее переходите к созданию *grid* модели рельефа поверхности наблюдений с помощью инструмента *Топо в Распр.* В качестве входных данных укажите выходные наборы данных инструментов *Проецировать*, уже загруженных в окно **ModelBuilder**. Таким образом, сформируется непрерывная последовательность обработки исходных данных.
13. Загрузите другие инструменты обработки в необходимом порядке согласно составленной Вами схеме обработки. Свяжите инструменты между собой, используя выходные данные одного инструмента в качестве входных для другого инструмента. Результат работы должен быть примерно таким же, как модель, представленная на рис. 11.7.

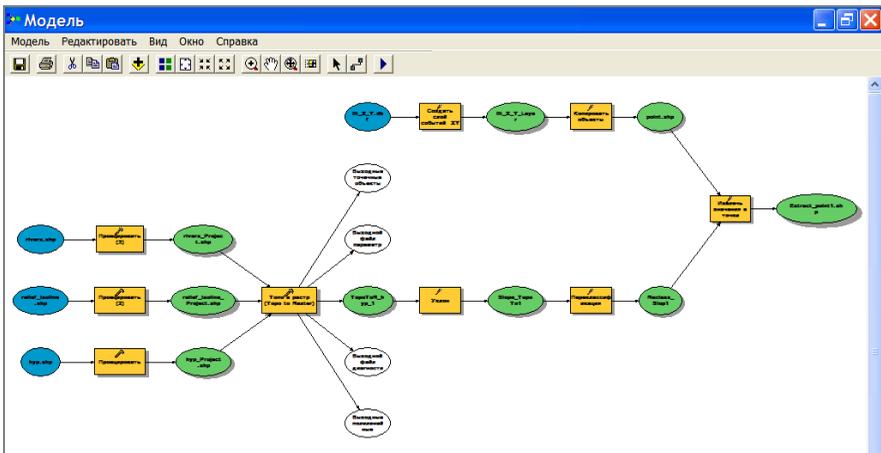


Рис. 11.7

14. Используя соответствующие опции пункта меню *Файл* окна **ModelBuilder**,
 - проверьте правильность составления модели и в случае необходимости внесите исправления;
 - отредактируйте *Свойства модели*;
 - сохраните модель;
 - запустите выполнение модели.
15. В случае корректной работы все наборы данных, создаваемые в ходе обработки, добавятся в Ваш рабочий каталог.
16. Откройте таблицу – конечный результат обработки. В поле *RASTERVALU* содержится информация о стоимости отбора каждой пробы. Вычислите общую стоимость работ по литохимическому опробованию и сохраните результат в таблице **lit_cost.dbf**.
17. Сохраните документ карты в своей папке, как **map11_1.mxd**.

Самостоятельная работа

Исходные данные находятся в папке **11/2**:

rel.shp – изолинии рельефа до разработки карьера;

izol_karer.shp – изолинии дна карьера;

base.shp – участок карьера.

Задание

Создайте модель геообработки и определите объем пород, вынутых за время эксплуатации карьера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геоинформатика: учебник для студ. вузов /Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. М.: Академия, 2005. 480 с.
2. Де Мерс М.Н. Географические информационные системы. Основы. М.: Data+, 1999. 490 с.
3. Зейлер М. Руководство ESRI по проектированию базы геоданных: Моделирование нашего мира. М.: ESRI Press, 1999. 254 с.
4. Кузнецов О.Л., Никитин А.А., Черемисина Е.Н. Геоинформатика и геоинформационные системы. М.: Гео–Мир, 2012. 453 с.
5. Митюнина И.Ю. Компьютерные технологии в геофизике: учеб. – метод. Пособие. Пермь: изд-во Перм. гос. ун-та 2007. 84 с. + 24 вкл.
6. Митюнина И.Ю. Геоинформационные системы в геологии: учеб. – метод. пособие для выполнения лабораторных работ. Пермь: изд-во Перм. гос. ун-та, 2012. 105 с.
7. Митюнина И.Ю., Огородова И.В. Компьютерные технологии в геологии: учебное пособие. Пермь: изд-во Перм. гос. ун-та 2021. – 189 с.
8. Митчелл Э. Руководство ESRI по ГИС анализу. Т. 1: Географические закономерности и взаимодействия. М.: ESRI Press, 1999. 190 с.
9. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие, Пермь: изд-во Перм. гос. ун-та, 2017. 88 с.
10. ArcGIS Desktop Документация. [Электронный ресурс]. URL <https://desktop.arcgis.com/ru/documentation/> (дата обращения: 06.06.2022).

Учебное издание

**Митюнина Ирина Юрьевна
Огородова Ирина Владимировна**

Геофизические информационные системы

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. И. Стрекаловская*
Корректор *А. В. Цветкова*
Компьютерная верстка *И. В. Огородова*

Подписано в печать 06.12.2022. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 6,74. Тираж 100 экз. Заказ 187

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография ПГНИУ
614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15