

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО Воронежский Государственный Университет

Учебно-методическое пособие

Силкин К.Ю., Курышев А.А., Валяльщиков А.А.

**Эколого-геологическое
картирование**

ВОРОНЕЖ – 2017

В учебно-методическом пособии описываются основные функции геоинформационной системы *Golden Software Surfer 12*. Читателям предлагается изучить теоретические моменты, положенные в основу этой ГИС и самостоятельно применить их на практике. С помощью этого пособия можно научиться осуществлять переход от неравномерно распределённых данных к цифровым моделям поверхности, производить построение разного вида карт и извлекать из данных информацию не вполне очевидную при визуальном анализе изображений.

СОДЕРЖАНИЕ

I. ОСНОВЫ РАБОТЫ С SURFER.....	10
I.1. ПЕРВЫЙ ЗАПУСК SURFER	10
I.2. РЕЖИМ ПЛОТ-ДОКУМЕНТА.....	10
I.3. Создание XYZ-данных	12
I.3.А. Открытие существующего файла с XYZ-данными	13
I.3.В. Создание нового файла с XYZ-данными	14
I.3.С. Сохранение файла с XYZ-данными.....	15
I.4. Создание сеточного файла	16
II. СОЗДАНИЕ СЕТОЧНЫХ КАРТ	20
II.1. КОНТУРНАЯ КАРТА.....	20
II.1.А. Создание контурной карты.....	20
II.1.В. Сохранение карты	21
II.1.С. Использование менеджера объектов.....	23
II.1.Д. Изменение уровней контуров.....	24
II.1.Е. Изменение параметров линий контуров	24
II.1.Ф. Добавление цветной заливки между линиями контуров.....	27
II.1.Г. Добавление, удаление и перемещение меток контуров.....	30
II.1.Н. Изменение параметров осей	31
II.2. КАРКАСНАЯ КАРТА.....	34
II.3. ОБРАЗНАЯ КАРТА	36
II.4. КАРТА С ТЕНЕВЫМ РЕЛЬЕФОМ	37
II.5. ВЕКТОРНАЯ КАРТА	38
II.6. ТРЕХМЕРНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ.....	38
II.7. ТОЧЕЧНАЯ КАРТА И ОВЕРЛЕИ	39
II.7.А. Создание точечной карты	39
II.7.В. Создание оверлея	41
II.7.С. Добавление меток на точечной карте в оверлее	42
II.8. КЛАССИФИЦИРОВАННАЯ ТОЧЕЧНАЯ КАРТА.....	43
III. ОЦИФРОВКА РАСТРОВЫХ КАРТ	46
III.1. Создание карты-основы.....	46
III.2. Оцифровка карты-основы.....	47
IV. ПОСТРОЕНИЕ СЕТКИ	49
IV.1. Обзор методов построения сетки	49
IV.2. Создание сеточного файла	50

IV.3. СГЛАЖИВАНИЕ СЕТКИ	51
IV.3.A. Сплайновое сглаживание	52
IV.3.B. Низкочастотная пространственная фильтрация	54
IV.4. ПОСТРОЕНИЕ СЕТКИ ПО ФУНКЦИИ	55
IV.5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	57
IV.6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИСЧИСЛЕНИЯ	58
IV.7. БЛАНКИРОВАНИЕ СЕТКИ	62
IV.8. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ ПРОФИЛЯ	64
 V. ПРИЛОЖЕНИЯ	 67
V.1. ОПЕРАЦИИ	67
V.1.A. Арифметические операции	67
V.1.B. Логические операции	67
V.2. СТАНДАРТНЫЕ ФУНКЦИИ	67
V.2.A. Математические функции	67
V.2.B. Вспомогательные функции	68
V.2.C. Статистические функции	68
V.3. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИЙ	69

СПИСОК ЗАДАНИЙ

Задание 1. Изучение интерфейса Surfer. Режим плот-документа	12
Задание 2. Изучение интерфейса Surfer. Режим рабочего листа	14
Задание 3. Ввод числовой информации в рабочем листе.....	15
Задание 4. Сохранение файла с XYZ-данными	16
Задание 5. Создание сеточного файла	19
Задание 6. Создание контурной карты	22
Задание 7. Использование менеджера объектов	23
Задание 8. Знакомство с особенностями изменения параметров карты....	24
Задание 9. Изменение параметров линий контуров контурной карты	26
Задание 10. Применение цветовой заливки к контурной карте	29
Задание 11. Изменение меток контуров на контурной карте.....	31
Задание 12. Изменение осей карты.....	33
Задание 13. Создание и редактирование каркасной карты	35
Задание 14. Создание других видов сеточных карт.....	39
Задание 15. Точечная карта и оверлей	42
Задание 16. Редактирование отдельных карт внутри оверлея	43
Задание 17. Классифицированная точечная карта.....	44
Задание 18. Оцифровка растрового изображения.....	48
Задание 19. Сравнение различных методов создания сетки	51
Задание 20. Сглаживание сетки с помощью сплайна	53
Задание 21. Сглаживание сетки с помощью фильтрации	55
Задание 22. Создание сеточного файла с помощью функции.....	56
Задание 23. Математические преобразования с сеточными файлами.....	58
Задание 24. Применение сеточных счислений	62
Задание 25. Бланкирование карты	64
Задание 26. Построение графика профиля	66

ВВЕДЕНИЕ

В практике экологического картирования очень широко применяется геоинформационная система *Golden Software Surfer*. В настоящее время она фактически является отраслевым стандартом построения графических изображений функций двух переменных. Особенно часто с помощью *Surfer* создаются карты в изолиниях (контурные карты).

Непревзойдённым достоинством *Surfer* являются заложенные в него алгоритмы интерполяции, которые позволяют с высочайшим качеством создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределённым в пространстве данным. Наиболее часто используемый при этом метод – *кригинг* – идеально подходит для представления данных во всех науках о Земле.

Кроме представления всех необходимых сведений для создания карт с помощью *Surfer*, автор в процессе работы над данным пособием такжеставил перед собой задачу научить студентов читать информацию на контурных картах, которые являются в одним из основных способом изображения двумерной информации.

Пособие содержит необходимый для освоения программы теоретический материал, а также практические задания для самостоятельного выполнения.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Небольшая американская фирма Golden Software, названная так по имени города Голден в штате Колорадо, где она находится, существует с 1983 года и занимается разработкой пакетов научной графики. Её первый программный продукт Golden Graphics System, выпущенный в том же году, предназначался для обработки и вывода изображений наборов данных, описываемых двухмерной функцией типа $z = f(y,x)$. Впоследствии этот пакет получил название **Surfer**. Автором **Surfer** и основателем компании был аспирант-гидрогеолог одного из американских университетов.

Несмотря на достаточно острую конкуренцию, программы фирмы Golden Software (в первую очередь **Surfer**) продолжают оставаться очень популярными как в США, так и в других странах. Ссылки на них имеются почти в каждом научном издании или программном продукте, связанном с численным моделированием и обработкой экспериментальных данных.

Логику работы с пакетом можно представить в виде трех основных функциональных блоков:

1. Построение цифровой модели поверхности.
2. Вспомогательные операции с цифровыми моделями поверхности.
3. Визуализация поверхности.

Цифровая модель поверхности традиционно представляется в виде значений в узлах прямоугольной регулярной сетки, дискретность которой определяется в зависимости от конкретной решаемой задачи. Для хранения таких значений **Surfer** использует собственные файлы типа GRD (двоичного или текстового формата), которые уже давно стали стандартом для пакетов математического моделирования.

Возможно три варианта получения значений в узлах сетки:

1. По исходным данным, заданным в произвольных точках области (в узлах нерегулярной сетки), с использованием алгоритмов интерполяции двухмерных функций;
2. Вычисление значений функции, заданной пользователем в явном виде; в состав программы **Surfer** входит достаточно широкий набор функций – тригонометрических, Бесселя, экспоненциальных, статистических и некоторых других;
3. Переход от одной регулярной сетки к другой, например, при изменении дискретности сетки (здесь, как правило, используются достаточно простые алгоритмы интерполяции и сглаживания, так как считается, что переход выполняется от одной гладкой поверхности к другой).

Кроме того, разумеется, можно использовать готовую цифровую модель поверхности, полученную пользователем, к примеру, в результате численного моделирования.

Программа **Surfer** предлагает своим пользователям несколько алгоритмов интерполяции: *Кригинг*^{*} (*Kriging*), *Степень обратного расстояния*

^{*} Иногда по-русски пишется *крайгинг*

(*Inverse Distance to a Power*), *Минимизация кривизны (Minimum Curvature)*, *Радиальные базовые функции (Radial Basis Functions)*, *Полиномиальная регрессия (Polynomial Regression)*, *Модифицированный метод Шепарда (Modified Shepard's Method)*, *Триангуляция (Triangulation)* и др.

Расчёт регулярной сетки может выполняться для файлов наборов данных X , Y , Z любого размера, а сама сетка может иметь размеры 2147483647 на 2147483647 узлов (более 2 млрд.). Однако фактически размер сетки ограничен объёмом доступной памяти компьютера.

При этом обеспечены широкие возможности по управлению методами интерполяции со стороны пользователя. В частности, наиболее популярный в обработке экспериментальных данных геостатистический метод Криге включает возможность применения различных моделей вариограмм, использования разновидности алгоритма со сносом, а также учёта анизотропии. При расчёте поверхности и её изображения можно также задавать границу территории произвольной конфигурации.

В **Surfer** реализован большой набор дополнительных средств преобразования поверхностей и различных операций с ними:

- вычисление объёма между двумя поверхностями;
- переход от одной регулярной сетки к другой;
- преобразование поверхности с помощью математических операций с матрицами;
- рассечение поверхности (расчёт профиля);
- вычисление площади поверхности;
- сглаживание поверхностей с использованием матричных или сплайновых методов;
- преобразование форматов файлов;
- целый ряд других функций.

Оценку качества интерполяции можно произвести с помощью статистической оценки отклонений исходных точечных значений от результирующей поверхности. Кроме того, для любого подмножества данных можно произвести статистические расчёты или математические преобразования, в том числе с использованием функциональных выражений, задаваемых пользователем.

При построении поверхности в основе работы **Surfer** лежат следующие принципы:

1. Получение изображения путём наложения нескольких прозрачных и непрозрачных графических слоёв.
2. Импорт готовых изображений, в том числе полученных в других приложениях.
3. Использование специальных инструментов рисования, а также нанесение текстовой информации и формул для создания новых и редактирования старых изображений.

В **Surfer** в качестве основных элементов изображения используются следующие типы карт:

1. Контурная карта (*Contour Map*). В дополнение к обычным средствам управления режимами вывода изолиний, осей, рамок, разметки, легенды и пр. есть возможность создания карт с помощью заливки цветом или различными узорами отдельных зон. Кроме того, изображение плоской карты можно вращать и наклонять, использовать независимое масштабирование по осям X и Y.
2. Трёхмерное изображение поверхности: *3D Wireframe Map* (объёмная каркасная карта), *3D Surface Map* (трёхмерная поверхность). Для таких карт используются различные типы проекции, при этом изображение можно поворачивать и наклонять, используя простой графический интерфейс. На них можно также наносить линии разрезов, изолиний, устанавливать независимое масштабирование по осям X, Y, Z, заполнять цветом или узором отдельные сеточные элементы поверхности.
3. Карта исходных данных (*Post Map*). Эти карты используются для изображения точечных данных в виде специальных символов и текстовых подписей к ним. При этом для отображения числового значения в точке можно управлять размером символа (линейная или квадратичная зависимость) или применять различные символы в соответствии с диапазоном данных. Построение одной карты может выполняться с помощью нескольких файлов.
4. Карта-основа (*Base Map*). Это может быть практически любое плоское изображение, получаемое с помощью импорта файлов различных графических форматов. Эти карты могут быть использованы не только для простого вывода изображения, но также, например, для вывода некоторых областей пустыми. Часто карту-основу используют для показа географических и политических пространственных данных, таких как дороги, реки, озёра, государственные и административные границы.

С помощью разнообразных вариантов наложения этих основных видов карт, их различного размещения на одной странице можно получить самые разные варианты представления сложных объектов и процессов. В частности, очень просто получить любые варианты комплексных карт с совмещённым изображением распределения сразу нескольких параметров. Все типы карт пользователь может отредактировать с помощью встроенных инструментов рисования самого Surfer.

Все эти возможности представления изображений могут быть очень полезны при сравнительном анализе влияния различных методов интерполяции или их отдельных параметров на вид результирующей поверхности.

Полученные графические изображения можно вывести на любое печатающее устройство, поддерживаемое Windows. Двухсторонний обмен данными и графикой с другими Windows-приложениями может выполняться также через Буфер обмена Windows.

I. ОСНОВЫ РАБОТЫ С SURFER

I.1. ПЕРВЫЙ ЗАПУСК SURFER

После первого запуска Surfer следует убедиться, что в качестве единиц измерения расстояний и размеров внутри Surfer установлены привычные сантиметры, а не задаваемые по умолчанию дюймы. Для этого надо выполнить команду **Tools/Options**. При этом появится диалоговое окно *Options* (*Параметры*). Это окно имеет 4 вкладки. В разделе *General* (*Общие*) (Рис. I.1). Параметр *Page Units* (*Единицы измерения на странице*) надо выбрать вариант *Centimeters* (*Сантиметры*). Для применения выбранного параметра щёлкнуть по кнопке **OK**.

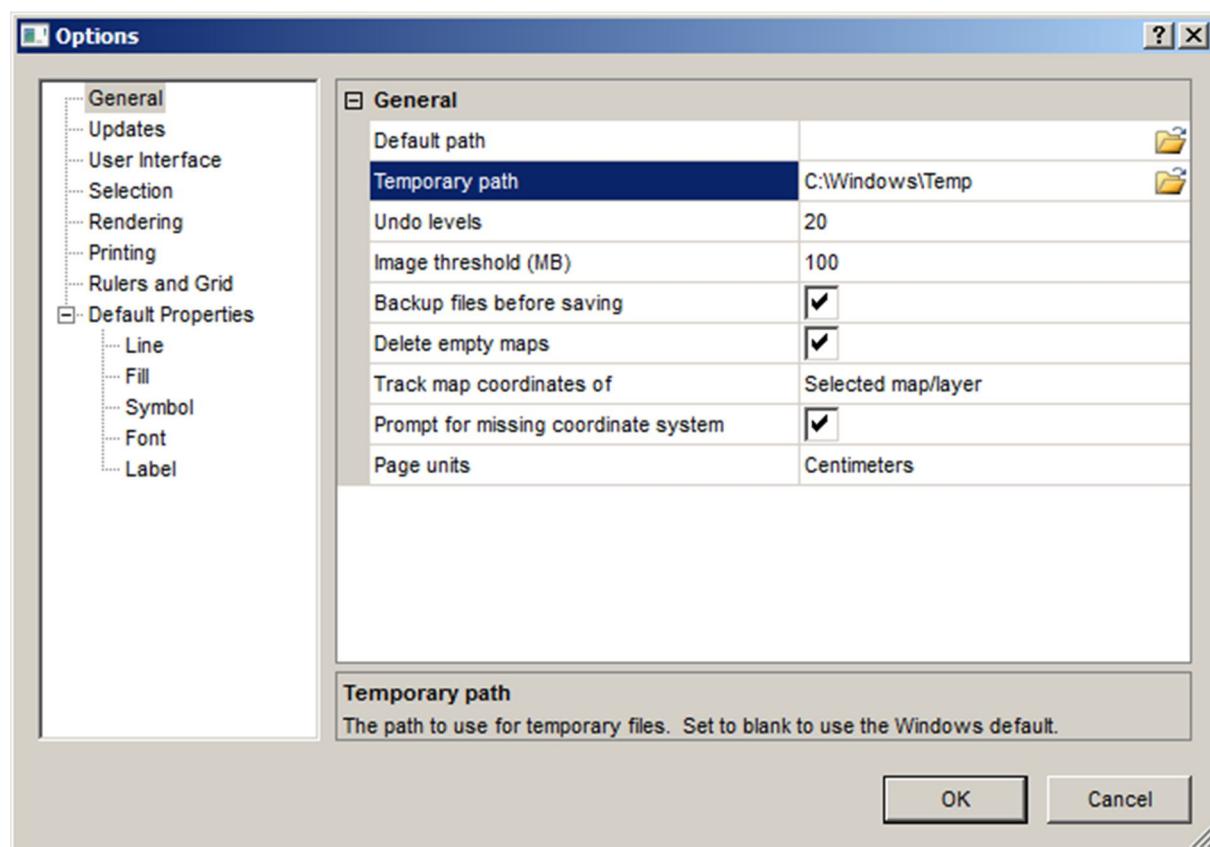


Рис. I.1. Диалоговое окно Options (Рисование). Вкладка Drawing (Рисование)

I.2. РЕЖИМ ПЛОТ-ДОКУМЕНТА

Главное окно Surfer показано на Рис. I.2. При первом запуске Surfer автоматически создаётся новой пустое окно плот-документа *Plot1*. Окно плот-документа является тем рабочим пространством, внутри которого можно создавать сеточные файлы и карты, сопровождать их подписями и простыми графическими объектами (полYGONами, прямоугольниками, эллипсами, символами и т.п.).

Главное меню этого окна содержит следующие пункты:

- | | |
|--------------------|--|
| File (Файл) | Команды для открытия и сохранения файлов, печати карт, изменения параметров печати и создания новых документов |
|--------------------|--|

Edit (Правка)	Команды для работы с Буфером обмена и вспомогательные команды редактирования объектов
View (Вид)	Команды, контролирующие внешний вид текущего окна документа
Draw (Рисование)	Команды для создания текстовых блоков, полигонов, полилиний, символов и фигур
Arrange (Выравнивание)	Команды, контролирующие порядок и ориентацию объектов
Grid (Сетка)	Команды для создания и модификации сеточных файлов
Map (Карта)	Команды для создания и модификации карт
Geoprocessing (Геопроцессинг)	Команды для редактирования объектов векторной модели данных
Tools (Инструменты)	Настройка работы программы
Window (Окно)	Команды для управления дочерними окнами
Help (Справка)	Обеспечивает доступ к справочной службе

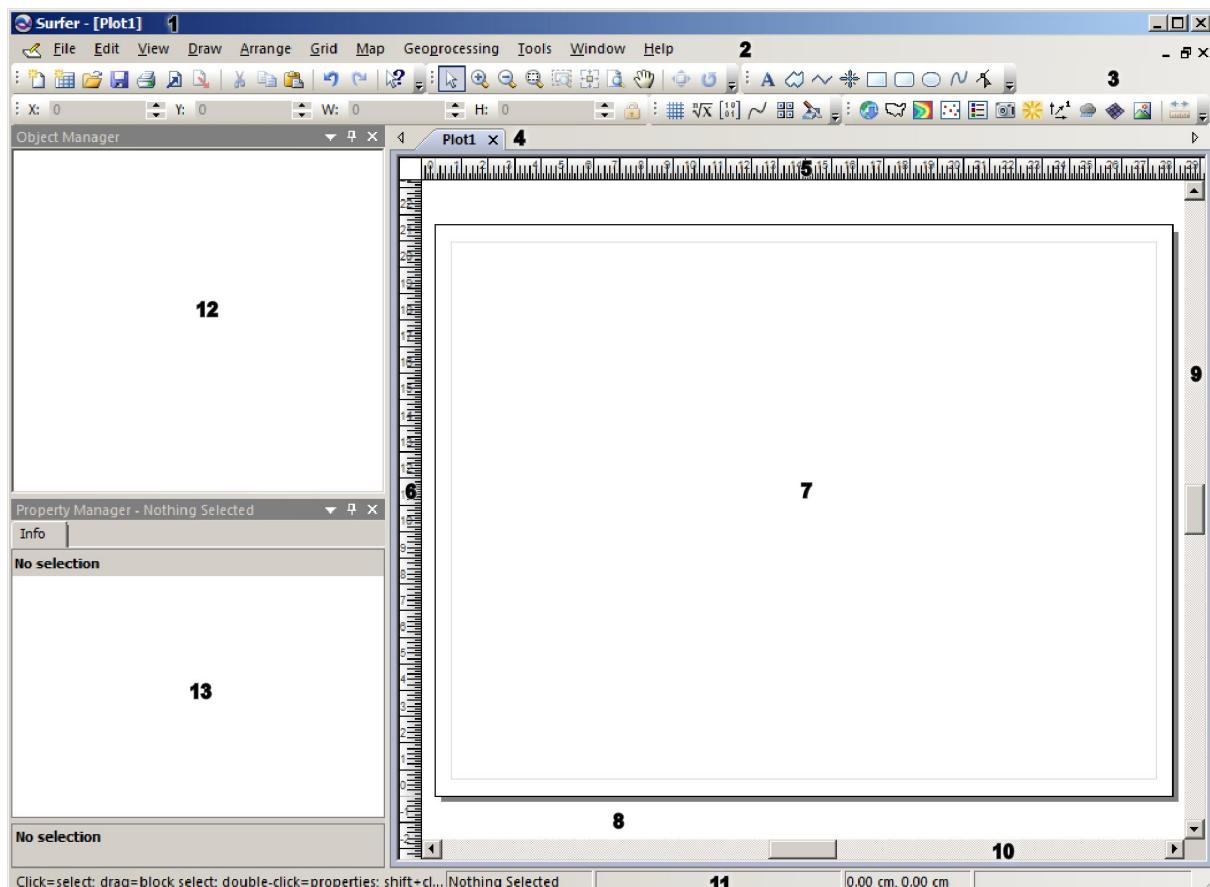


Рис. I.2. Вид окна Surfer при первом запуске в режиме плотдокумента. 1 – заголовок с именем плот-документа; 2 – главное меню; 3 – панели инструментов; 4 – ярлык открытого файла; 5 – горизонтальная линейка (Rulers); 6 – вертикальная линейка (Rulers); 7 – печатная страница; 8 – непечатаемое рабочее пространство; 9 – вертикальная полоска прокрутки; 10 – горизонтальная полоска прокрутки; 11 – строка состояния (Status Bar); 12 – менеджер объектов (Object Manager); 13 – менеджер свойств (Property Manager)

Когда активно окно плот-документа, в главном окне Surfer имеется шесть панелей инструментов: *Стандартная (Стандартная)* (Рис. I.3), *Вид (View)* (Рис. I.4), *Рисование (Drawing)* (Рис. I.5) , *Карта (Map)* (Рис. I.6) , *Position (Положение)* (Рис. I.7), *Grid (Сетка)* (Рис. I.8).



Рис. I.3. Панель инструментов Standard (Стандартная)



Рис. I.4. Панель инструментов View (Вид)



Рис. I.5. Панель инструментов Drawing (Рисование)



Рис. I.6. Панель инструментов Map (Карта)

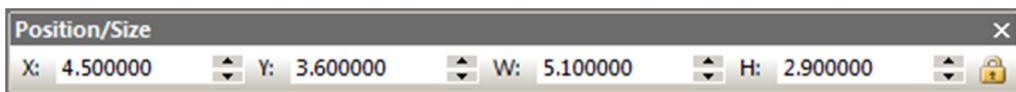


Рис. I.7. Панель инструментов Position (Положение)



Рис. I.8. Панель инструментов Grid (Сетка)

Большую часть окна плот-документа занимает печатная страница (Рис. I.2, пункт 7). При отправке на принтер создаваемых в Surfer изображений обычно печатается только то, что помещается внутри этой страницы. Слева от печатной страницы находится менеджер объектов (Рис. I.2, пункт 12) и менеджер свойств (Рис. I.2, пункт 13). Если при первом запуске Surfer менеджеры отсутствуют, то следует выполнить команды **View/Managers/Object Manager** и **View/Managers/Property Manager** соответственно. Менеджер объектов – это важный инструмент управления создаваемыми в окне плот-документа изображениями. Без него нельзя обойтись в том случае, когда создаётся оверлей (т.е. наложение одной на другую) нескольких карт. Об оверлее будет говориться в разделе 0 (стр. 41).

Задание 1. Изучение интерфейса Surfer. Режим плот-документа

Трудоёмкость 1

Запустить программу Surfer. Изучить элементы интерфейса окна плот-документа. Установить сантиметры в качестве единиц измерения размеров и расстояний

I.3. Создание XYZ-данных

Построение любой карты в Surfer обычно начинается с подготовки фала, содержащего XYZ-данные. XYZ-данные – это, как правило, числовая

информация, состоящая из не менее чем трёх столбцов, первые два из которых чаще всего рассматриваются как аргументы X и Y , а третий (или остальные) – как функция (функции) Z этих аргументов.

Не допускается делать пропусков при вводе таких данных, т.е. для каждой пары значений X и Y обязательно должны присутствовать значения всех функций Z . В первой строке для каждого столбца можно задавать краткие текстовые комментарии.

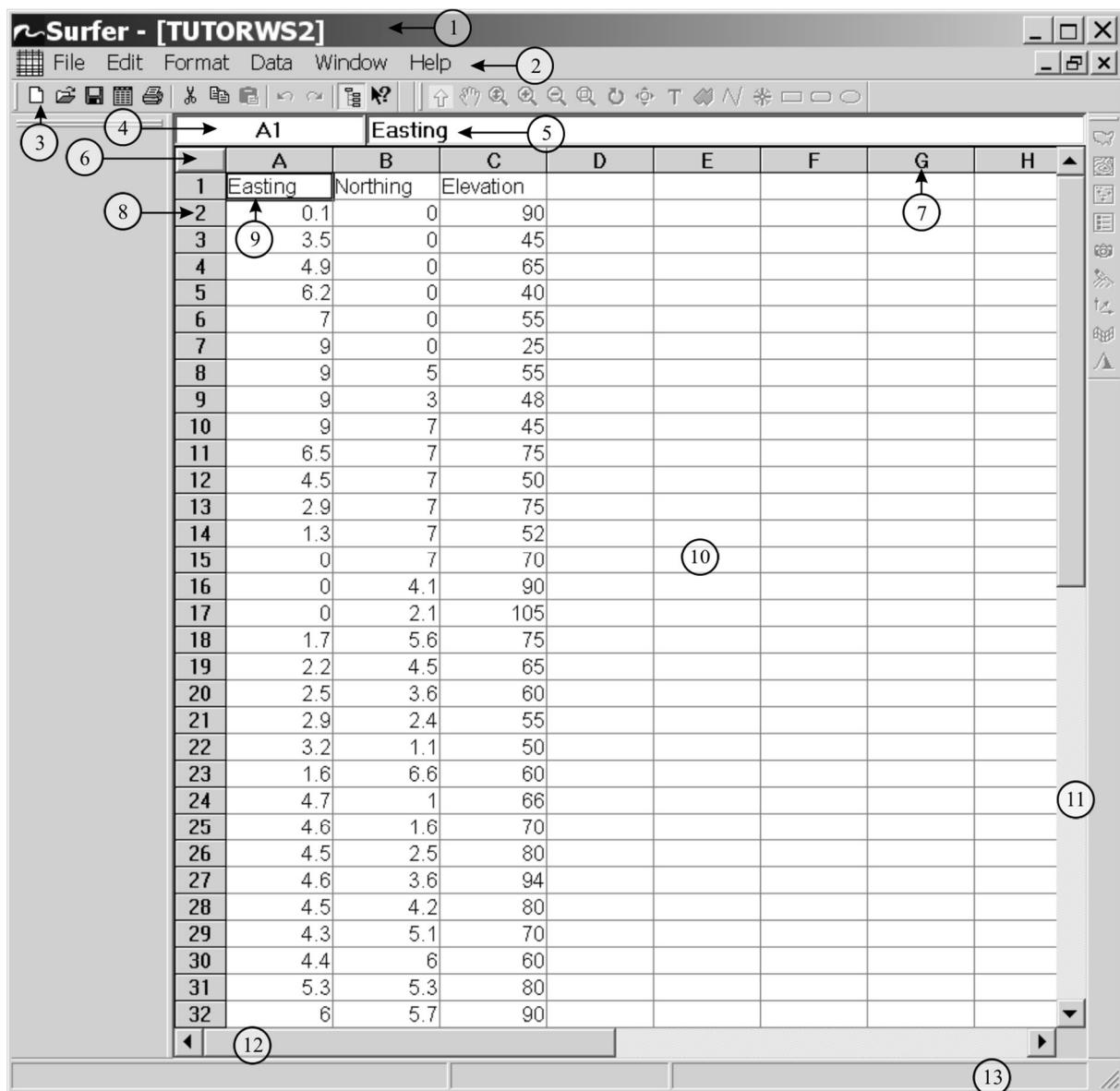
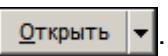


Рис. I.9. Вид окна Surfer в режиме рабочего листа. 1 – заголовок с именем файла с данными; 2 – главное меню; 3 – панель инструментов «главная» (Main); 4 – строка адреса ячейки; 5 – строка редактирования содержимого ячейки; 6 – кнопка выделения всей таблицы; 7 – заголовки: 7 – столбцов, 8 – строк; 9 – активная ячейка; 10 – таблица рабочего листа; полоски прокрутки: 11 – вертикальная, 12 – горизонтальная; 13 – строка состояния (Status Bar)

I.3.А. Открытие существующего файла с XYZ-данными

Для того чтобы открыть готовый файл *Tutorws2.dat* (это один из примеров, поставляемых в комплекте Surfer) с XYZ-данными в отдельное окно рабочего листа необходимо:

1. Выполнить команду **File/Open** или использовать кнопку  на панели инструментов *Main*. Появится стандартное диалоговое окно *Open* (*Открыть*)
2. В списке файлов выбрать *TutorWS.dat* и щёлкнуть по кнопке . Имя этого файла появится в заголовке окна рабочего листа (Рис. I.9)
3. Можно видеть, что в столбце *A* находятся значения координат *X* (Easting, Восточное положение), в столбце *B* – значения координат *Y* (Northing, Северное положение), а столбце *C* – значения *Z* (Elevation, Высота). Текст заголовков столбцов (текст в строке 1) не является обязательным, но помогает идентифицировать тип данных в столбцах. Кроме того, эта информация используется в разных диалоговых окнах, где требуется выбирать столбцы рабочего листа

Главное меню окна рабочего листа содержит следующие пункты:

File (Файл)	Команды для открытия и сохранения файлов, печати
Edit (Правка)	Работа с Буфером обмена и другие вспомогательные команды
View (Вид)	Настройка интерфейса программы
Format (Формат)	Установка формата ячеек, ширины столбцов и высоты строк
Data (Данные)	Команды для сортировки данных, вычисления статистических характеристик и выполнения математических трансформаций
Grid (Сетка)	Команды для создания и модификации сеточных файлов
Tools (Инструменты)	Настройка работы программы
Window (Окно)	Команды для управления дочерними окнами
Help (Справка)	Обеспечивает доступ к справочной службе

Задание 2. Изучение интерфейса *Surfer*. Режим рабочего листа

Трудоёмкость 1

Открыть файл *TutorWS.dat* из демонстрационных примеров *Surfer*. Изучить элементы интерфейса окна рабочего листа

I.3.B. Создание нового файла с XYZ-данными

Surfer позволяет также создавать новые файлы с данными. Для этого потребуется:

1. Выполнить команду **File/New/Worksheet** или использовать кнопку  на панели инструментов *Main*. Появится диалоговое окно *New* (*Создать*) (*Ошибка! Источник ссылки не найден.*). Появится новое пустое окно рабочего листа
2. Для выделения активной ячейки можно щёлкнуть по ней мышью или с помощью клавиш \leftarrow , \uparrow , \rightarrow и \downarrow . Активная ячейка отмечается в таблице толстой рамкой (Рис. I.9, пункт 9), кроме того, содержимое активной ячейки показывается в строке редактирования (Рис. I.9, пункт 5)
3. Когда ячейка активна, можно ввести значение или текст. Тогда информация будет показана как в активной ячейке, так и в строке редактирования
4. Для редактирования набранных данных можно использовать клавиши \leftarrow –*Backspace* и *Delete*
5. После нажатия клавиши *Enter* данные будут введены в ячейку
6. Для сохранения набранных данных в активной ячейке надо переместиться к следу-

ющей ячейке. Перемещение к следующей ячейке производится щелчком указателем мыши, с помощью клавиш \leftarrow , \uparrow , \rightarrow и \downarrow или клавиши *Enter*

Задание 3. Ввод числовой информации в рабочем листе

Трудоёмкость 3

Ниже (табл. I.1.) представлены результаты экологогидрохимической оценки эксплуатируемых водоносных горизонтов на юге Тамбовской области. В сети скважин был проанализирован химический состав подземных вод основных водоносных горизонтах, выделены загрязняющие вещества, с уровнем превышающим ПДК. Требуется набрать значения координат скважин и суммарного показателя загрязнения (СПЗ) в новом рабочем листе

Табл. I.2. Координаты скважин и значения СПЗ подземных вод

Долгота	Широта	СПЗ	№	Долгота	Широта	СПЗ	№	Долгота	Широта	СПЗ	№
41.103	52.515	0.60	1	41.438	52.398	6.10	28	41.929	52.251	0.95	55
41.221	52.512	0.60	2	41.482	52.411	2.10	29	41.968	52.250	7.30	56
41.243	52.615	0.60	3	41.494	52.397	5.00	30	41.051	52.112	3.80	57
41.278	52.644	0.70	4	41.729	52.483	0.95	31	41.399	52.162	0.95	58
41.336	52.607	0.90	5	41.570	52.345	14.00	32	41.460	52.161	4.00	59
41.462	52.643	15.90	6	41.877	52.478	0.60	33	41.461	52.156	10.00	60
41.684	52.585	12.00	7	41.103	52.300	0.50	34	41.499	52.055	1.60	61
41.648	52.543	0.97	8	41.235	52.267	0.55	35	41.745	52.130	0.50	62
41.759	52.641	0.90	9	41.266	52.274	0.67	36	41.608	52.106	0.50	63
41.835	52.640	0.70	10	41.282	52.271	0.70	37	41.622	52.028	0.50	64
41.880	52.650	0.60	11	41.396	52.323	21.80	38	41.848	52.167	0.80	65
41.757	52.540	0.90	12	41.370	52.283	0.90	39	41.973	52.148	0.97	66
41.838	52.581	0.70	13	41.363	52.274	0.87	40	41.952	52.136	4.40	67
41.878	52.592	0.60	14	41.373	52.255	0.80	41	41.882	52.088	0.97	68
41.948	52.587	0.40	15	41.500	52.327	4.50	42	41.865	52.091	14.00	69
41.956	52.574	0.35	16	41.636	52.321	0.80	43	41.797	52.086	0.80	70
41.240	52.463	0.50	17	41.671	52.320	1.20	44	41.806	52.074	0.90	71
41.129	52.430	0.70	18	41.638	52.302	9.00	45	41.816	52.066	0.90	72
41.109	52.409	9.00	19	41.711	52.286	1.70	46	41.780	52.054	0.60	73
41.080	52.401	10.00	20	41.659	52.260	0.95	47	41.862	52.031	0.50	74
41.236	52.407	2.10	21	41.642	52.212	0.70	48	41.882	52.026	0.50	75
41.124	52.382	0.85	22	41.711	52.207	0.70	49	41.941	52.029	0.50	76
41.217	52.369	0.60	23	41.870	52.338	1.30	50				
41.132	52.331	0.50	24	41.951	52.329	2.40	51				
41.406	52.443	4.30	25	41.990	52.283	0.60	52				
41.448	52.431	8.20	26	41.930	52.265	0.90	53				
41.429	52.415	0.95	27	41.767	52.253	3.70	54				

I.3.С. Сохранение файла с XYZ-данными

После окончания ввода всех данных необходимо:

1. Выполнить команду **File/Save** или использовать кнопку на панели инструментов *Main*. Если файл с данными до этого ещё не сохранялся, то появится диалоговое окно *Save As (Сохранить как)* (Рис. I.10)
2. В выпадающем списке *Save File as Type (Тип файла)* выбрать пункт *Golden Software Data (*.DAT)*
3. Ввести имя файла в строке *File name (Имя файла)*.
4. Щёлкнуть по кнопке **Сохранить**. Появится диалоговое окно *GSI Data Export Options (Параметры экспортации данных)* (Рис. I.11), которое позволяет выбрать каким образом будет оформлен сохраняемый файл. Те параметры, которые стоят по умолчанию, вполне подходят для большинства случаев, поэтому менять

их следует, только если в этом есть конкретная необходимость.

5. После щелчка по кнопке **OK** файл будет сохранён в формате *Golden Software Data (*.DAT)* с указанным именем. Это имя появится наверху окна рабочего листа

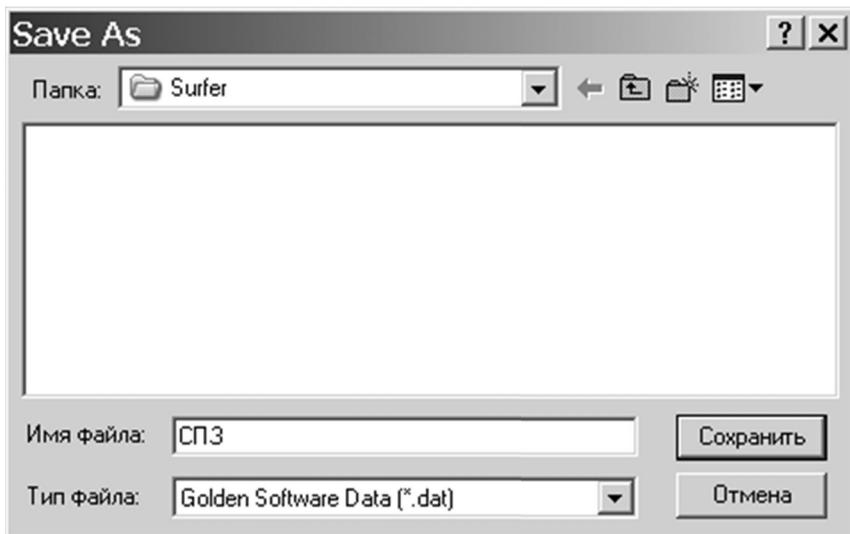


Рис. I.10. Окно Save As (Сохранить как) при сохранении XYZ-данных

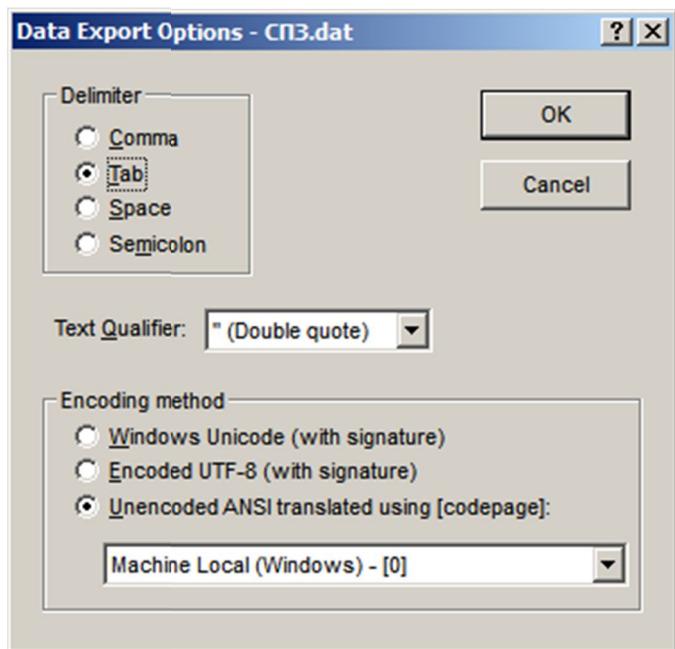


Рис. I.11. Окно параметров экспорта данных при сохранении их в формате «Golden Software Data (.DAT)»*

Задание 4. Сохранение файла с XYZ-данными

Трудоёмкость 1

Сохранить созданный ранее набор данных по скважинам в файл с форматом *Golden Software Data (*.DAT)* под именем «СПЗ»

I.4. СОЗДАНИЕ СЕТОЧНОГО ФАЙЛА

Сеточные файлы требуются для создания сеточных карт. К таким картам относятся: контурные карты (*contour maps*), образные карты (*image maps*), карты с теневым рельефом (*shaded relief maps*), векторные карты (*vector maps*), каркасные карты (*3D wireframe maps*) и карты-поверхности (*3D surface maps*). Сеточные файлы создаются с помощью команды

Grid/Data в режиме **плот-документа**. Для перехода в этот режим необходимо переключиться в окно **плот-документа**. При этом, возможно, потребуется открыть ранее созданный или создать новый **плот-документ**. Для создания нового **плот-документа** надо выполнить команду **File/New/Plot** или нажать кнопку  на панели инструментов *Standard*.

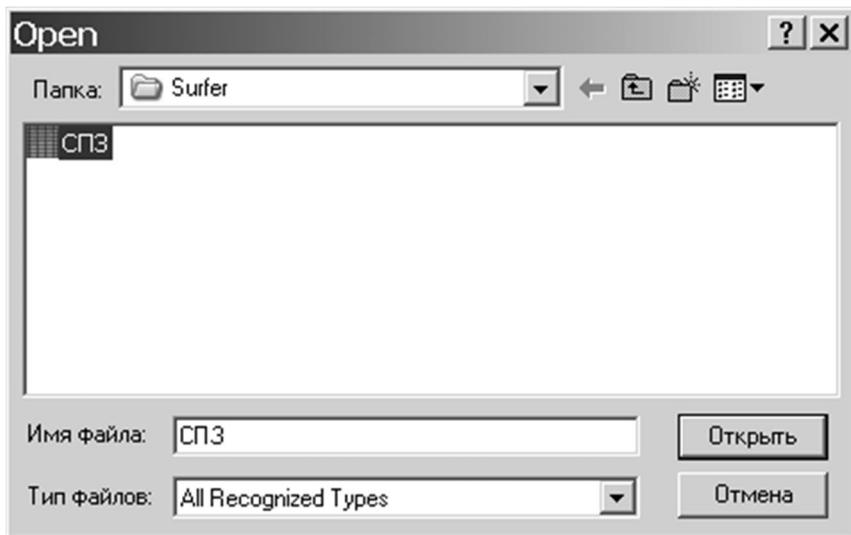


Рис. I.12. Окно Open (Открыть) при выборе файла с XYZ-данными для создания сеточного файла

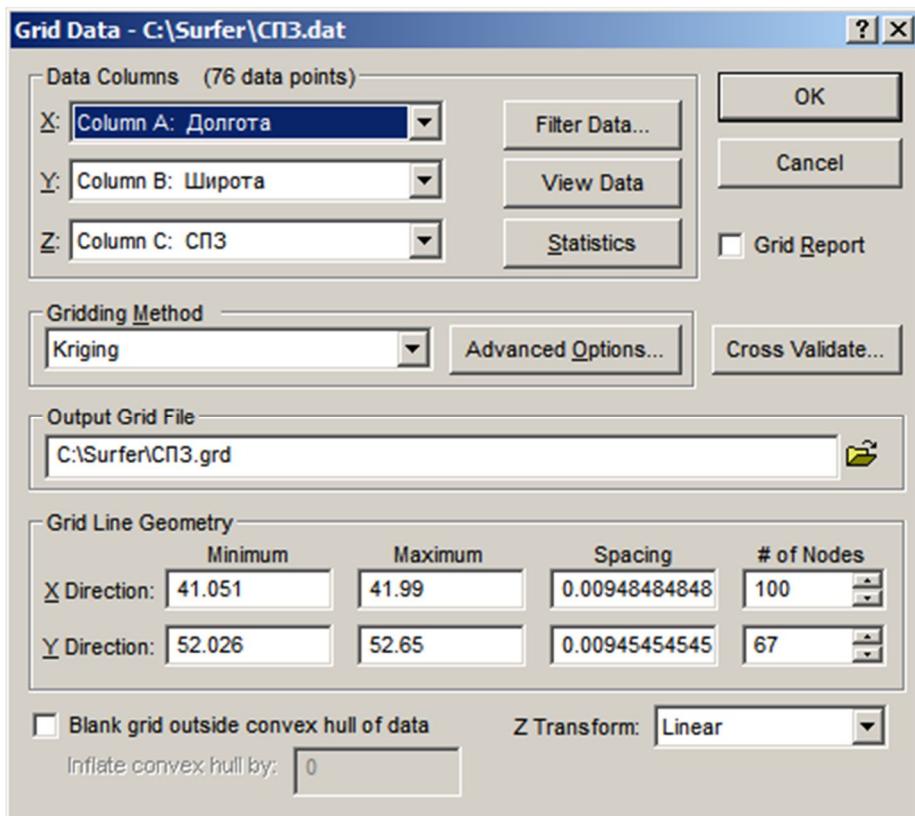


Рис. I.13. Окно Grid Data (Данные сетки) при выборе файла с XYZ-данными для создания сеточного файла

Команда **Grid/Data** требует наличия **XYZ**-данных.

Для создания сетки по данным файла «*СПЗ.dat*» требуется:

1. Выполнить команду **Grid/Data**. Появится диалоговое окно *Open (Открыть)* (Рис.

- I.12). Это позволит выбрать файл с XYZ-данными, который будет использоваться для создания сеточного файла
2. В списке файлов надо выбрать «СПЗ.dat». Это имя будет продублировано в строке *File name (Имя файла)*. Если щёлкнуть по кнопке **Открыть**, то появится диалоговое окно *Grid Data (Данные сетки)* (Рис. I.13)
 3. Это диалоговое окно позволяет управлять параметрами создания сетки. Окно содержит большое число органов управления разнообразными параметрами:
 - Группа *Data Columns (Столбцы данных)* определяет столбцы, содержащие координаты X и Y, а также значения Z из файла с данными
 - Группа *Grid Line Geometry (Геометрия линий сетки)* определяет пределы сетки по X и Y, шаг между линиями (строками и столбцами) сетки и количество этих линий
 - Группа *Gridding Method (Метод создания сетки)* определяет метод интерполяции, используемый при создании сеточного файла и параметры, контролирующие этот процесс. Обзор методов построения сеточного файла см. в разделе IV.1, стр. 49
 - Группа *Output Grid File (Выходной сеточный файл)* определяет путь и имя сеточного файла, который будет создан после выполнения команды
 - Переключатель *Grid Report (Отчёт о сетке)* определяет, следует ли генерировать статистический отчёт об использованных данных. Чаще всего этот параметр должен быть отключён пользователем, так как просматривать отчёт требуется только в случае возникновения каких-либо проблем или для выбора оптимального метода создания сеточного файла
 - Переключатель *Blank grid outside convex hull of data (Бланкировать сетку вне оболочки данных)* позволяет управлять созданием сетки вне области, для которой исходные данные имеются, т.е. производить экстраполяцию данных для получения прямоугольной карты. Если этот переключатель включен, то экстраполяция не производится, а участки сетки без данных очищаются (бланкируются)
 - Параметр *Inflate convex hull (Надуть оболочку данных)* доступен только в случае, если включен предыдущий параметр. Параметр *Inflate convex hull* позволяет расширить оболочку данных на заданную величину и уменьшить тем самым площадь бланкированных областей на периферии сетки. Разрешено вводить и отрицательное значение.
 - Список *Z Transform (преобразование Z)* позволяет выбрать один из трёх вариантов представления значений Z из исходного файла: Linear (линейные), Log, save as log (логарифмические, сохранить как логарифмические), Log, save as linear (логарифмические, сохранить как линейные)
 4. После щелчка по кнопке в строке состояния внизу главного окна Surfer появится индикатор прогресса процедуры создания сетки. Когда этот процесс завершится, создастся файл «СПЗ.grd», подтверждением чего будет короткое сообщение (Рис. I.14) или короткий сигнал (в зависимости от настроек Surfer). По умолчанию сеточный файл появляется в той же папке и с тем же именем, что и файл исходных данных, но расширение заменяется на [.GRD].
 5. Если параметр *Grid Report (Отчёт о сетке)* был включен, то в отдельном окне появится *Gridding Report (Отчёт о создании сеточного файла)*

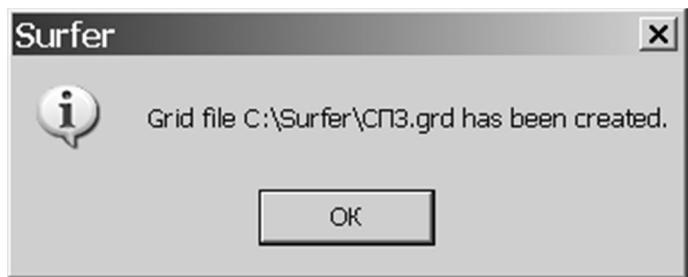


Рис. I.14. Сообщение об окончании процесса создания сеточного файла

Задание 5. Создание сеточного файла

Трудоёмкость 1

Создать сеточный файл «СПЗ.grd» по данным файла «СПЗ.dat». Создание отчёта о сетке отменить. Остальные параметры оставить без изменения

II. СОЗДАНИЕ СЕТОЧНЫХ КАРТ

Сеточными картами называются такие карты, для построения которых требуется предварительное создание сеточного файла: контурные, образные, векторные, каркасные карты, карты с теневым рельефом и карты-поверхности. Построение карт, также как и создание сеточного файла производится в режиме плот-документа. Поэтому прежде чем приступить к созданию какой-либо карты надо переключиться в этот режим.

II.1. КОНТУРНАЯ КАРТА

Контурная карта – это наиболее часто используемый в науках о Земле способ изображения информации вида $z = f(x, y)$. Примером этого могут быть карты электрических, магнитных и гравитационных аномалий, построенные на основе данных соответствующих съёмок, проведённых по сети профилей. Иначе контурная карта может называться «карта в изоляциях».

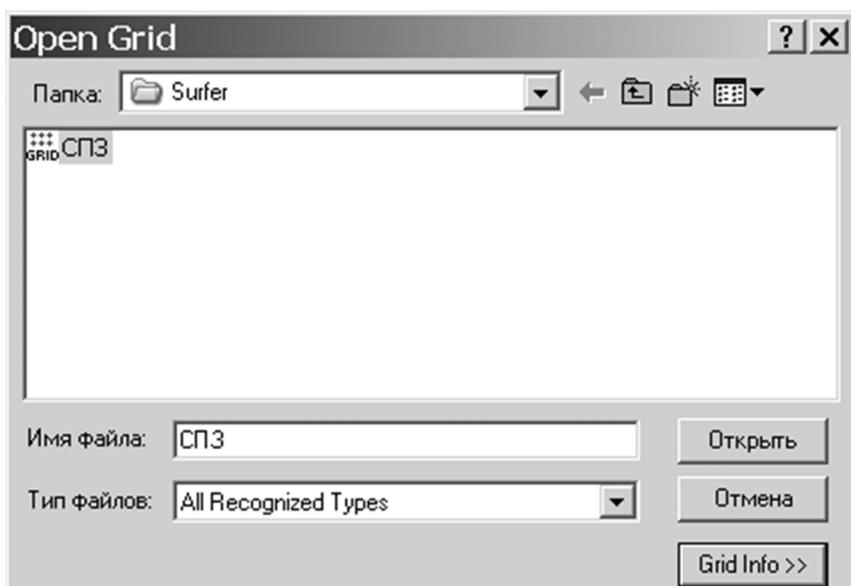


Рис. II.1. Диалоговое окно Open Grid (Открыть сеточный файл)

II.1.A. Создание контурной карты

Создание контурной карты начинается с выполнения команды **Map/Contour Map/New Contour Map**. Для создания контурной карты на основе сеточного файла «СПЗ.grd» необходимо:

1. Выполнить команду **Map/New/Contour Map** или щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open Grid* (*Открыть сеточный файл*, Рис. II.1). В строке *File name* (*Имя файла*) автоматически будет прописано имя последнего создававшегося сеточного файла (например, «СПЗ.grd»)
2. Если щёлкнуть по кнопке  , то появится диалоговое окно *Assign Coordinate System* (*Задать координатную систему*). Если система координат, в которой подготовлены значения X и Y не известна, то следует оставить вариант по умолчанию.

нию *Unreferenced local system* (*Местная система без проекции*).

Однако, в подготовленных для примера данных по СПЗ система координат известна – WGS 84. В таком случае надо выбрать нужную систему из предложенного списка *Select a coordinate system* (*Выберите систему координат*). Этот список иерархический и требуемой системе координат в нём соответствует пункт *Predefined / Geographic (lat/lon) / World Geodetic System 1984*.

3. После нажатия на кнопку **OK** в середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная карта с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис. II.3)
4. Можно сделать так, чтобы карта заполняла всё доступное пространство окна плот-документа. Для этого предназначена команда **View/Fit to Window**.

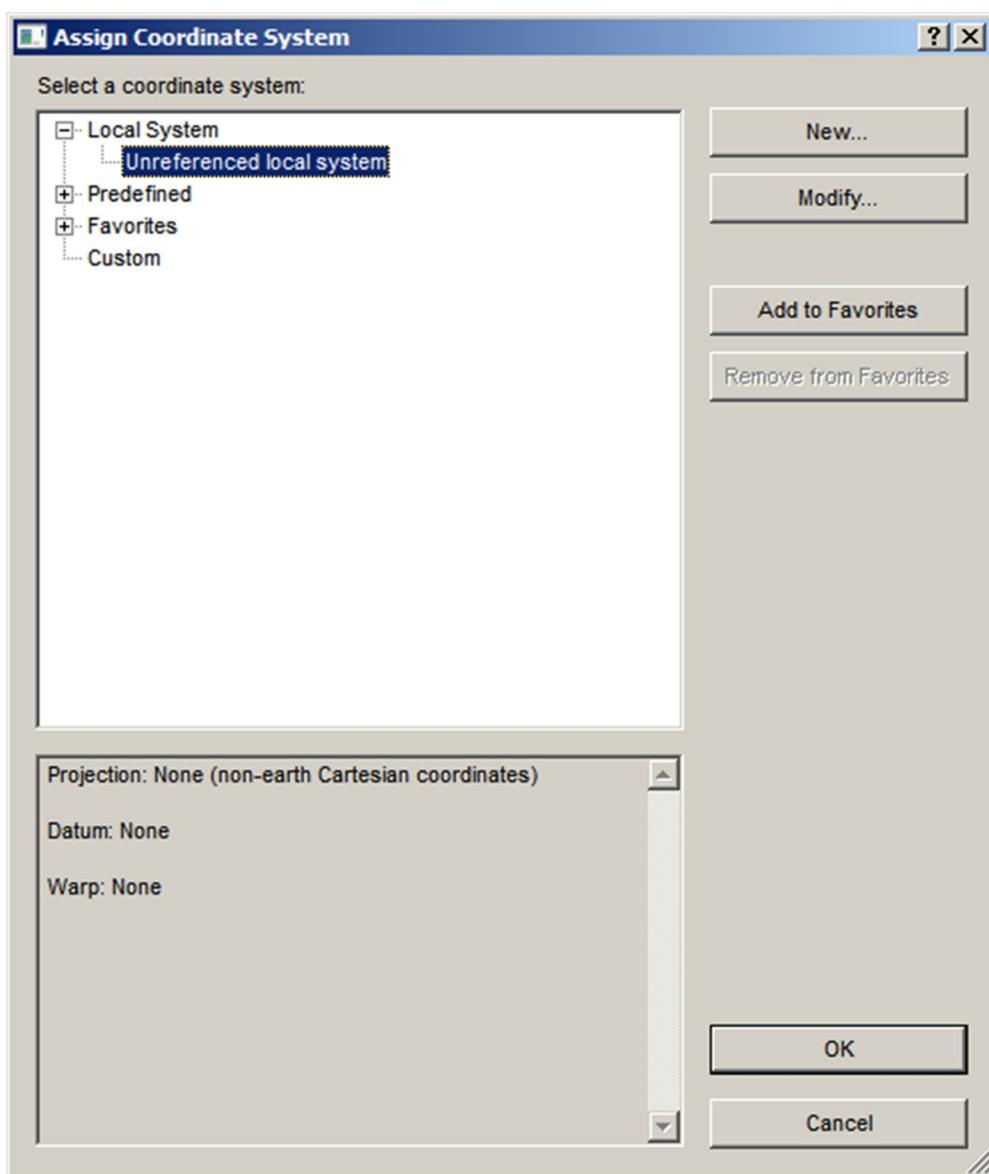


Рис. II.2. Диалоговое окно Assign Coordinate System (Задать координатную систему)

II.1.B. Сохранение карты

После выполнения всех работ по созданию и редактированию карты или на любом промежуточном этапе можно сохранить карту в файле плот-документа **Surfer** (он получит расширение [.SRF]). Этот файл будет содержать всю информацию, необходимую для продолжения работы с по-

строенной картой в дальнейшем. При сохранении карты параметры масштабирования и форматирования будут запомнены.

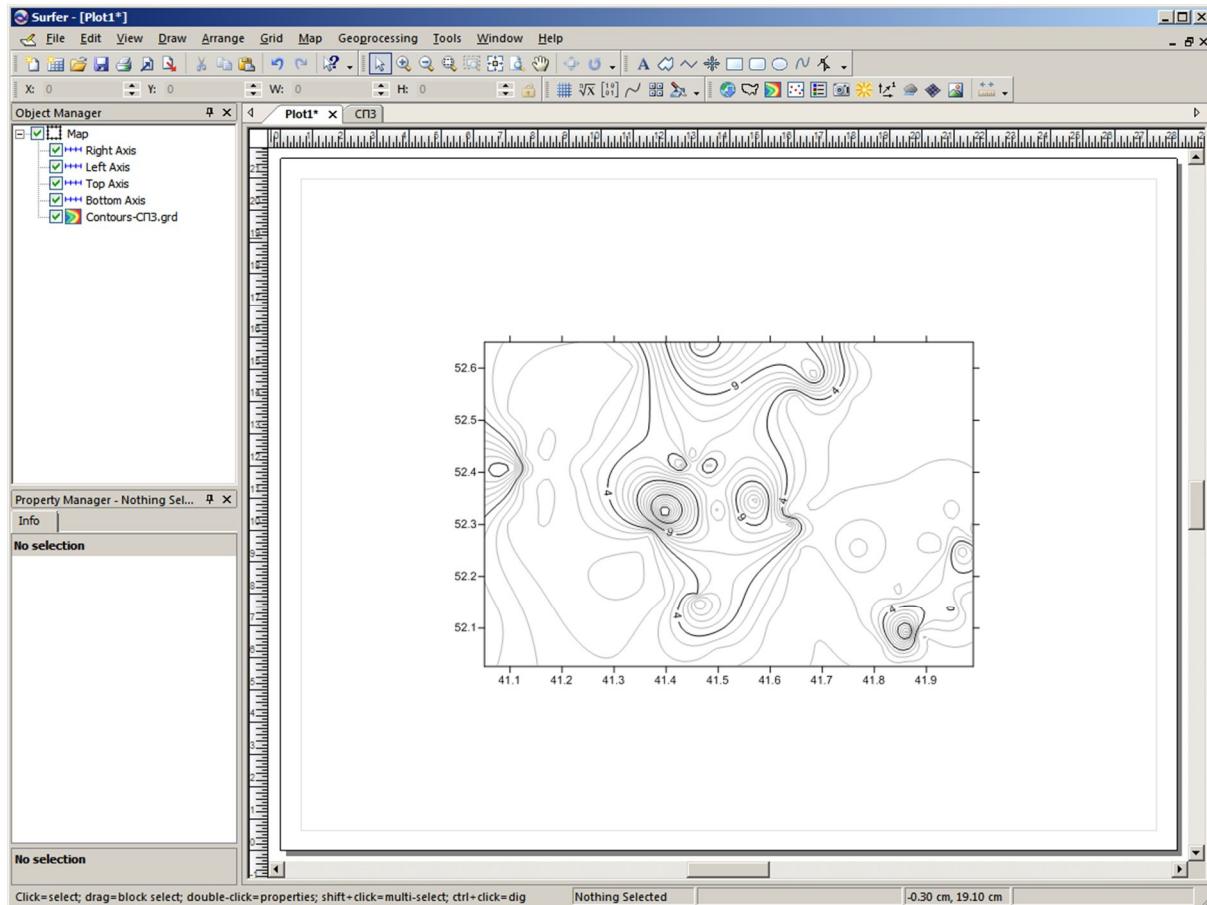


Рис. II.3. Окно плот-документа после создания контурной карты

Для сохранения карты:

1. Выполнить команду **File/Save** или щёлкнуть по кнопке на панели инструментов *Main*. В том случае, если карта ранее не сохранялась, появится стандартное диалоговое окно *Save As*. Это окно соответствует тому, что появлялось при сохранении XYZ-данных (Рис. I.10) за исключением того, что в строке *Save as type* будет автоматически выбран тип *Surfer Files*
2. В строке *File name* ввести «СПЗ»
3. Щёлкнуть по кнопке **Save**

Подобные действия потребуется производить только один раз при первом сохранении карты. В дальнейшем при нажатии на кнопку никаких диалоговых окон не возникнет.

Задание 6. Создание контурной карты

Трудоёмкость 1

Создать контурную карту на основе сеточного файла «СПЗ.grd». Изменить масштаб изображения так, чтобы карта занимала всё доступное ей пространство окна плот-документа. Сохранить карту в файле «СПЗ.srf»

II.1.С. Использование менеджера объектов

После построения контурной карты следует обратить внимание на менеджер объектов. Обычно он находится в левой части окна плот-документа. Если менеджер объектов всё же отсутствует, то следует выполнить команду **View/Managers/Property Manager**. На панели менеджера объектов всегда показывается список всех объектов, находящихся в пределах окна плот-документа. После создания контурной карты «СПЗ» в менеджере объектов появился один объект *Map (Карта)* с иерархической структурой (Рис. II.3, слева). Объект представлен следующими компонентами: *Right Axis (Правая Ось)*, *Left Axis (Левая Ось)*, *Top Axis (Верхняя Ось)*, *Bottom Axis (Нижняя Ось)* и *Contours-СПЗ.grd*.

Менеджер объектов позволяет получить доступ к параметрам каждого компонента объекта и его самого с помощью щелчка мыши по строке с названием этого компонента. Можно заметить, что при выделении объекта *Map* (или любого из его компонентов) в менеджере объектов также происходит выделение самой карты в окне плот-документа с помощью восьми ярко-зелёных маркеров.

Кроме того, можно отключить видимость любого компонента или всего объекта, если убрать галочку слева от их названия. При желании допускается изменение и названия объекта. Для этого надо выделить название объекта с помощью однократного щелчка мышью по строке, где оно находится, подождать не менее 1 секунды и щёлкнуть ещё один раз. Затем ввести новое название и нажать клавишу *Enter*. Например, можно заменить задаваемое по умолчанию для любой карты название «Мар» на соответствующее содержанию название «СПЗ».

Задание 7. Использование менеджера объектов

Трудоёмкость 1

Переименовать объект построенной контурной карты. Заменить название «Мар» на «СПЗ»

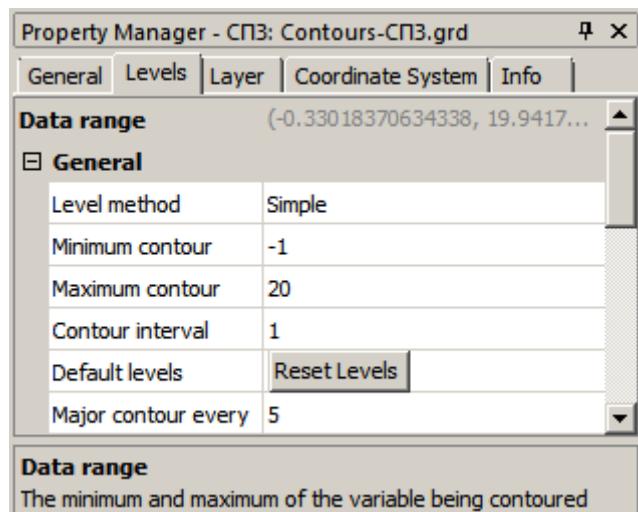


Рис. II.4. Панель менеджера свойств объекта СПЗ, компонента Contours-СПЗ.grd. Вкладка Levels (Уровни), группа General (Общие)

II.1.D. Изменение уровней контуров

После создания контурной карты можно легко изменить любые параметры её оформления. Например, значения уровней контуров, изображаемых на карте. Для этого надо выполнить:

1. Выделить компонент карты *Contours-СПЗ.grd* в менеджере объектов с помощью однократного щелчка по соответствующей строке. В менеджере свойств появятся параметры этого компонента карты
 2. Переключиться на вкладку *Levels* (Уровни) (Рис. II.4)
 3. Т.к. отрицательные значения СПЗ не имеют физического смысла, то надо изменить значение параметра *Minimum contour* (Минимальный контур), введя 0 вместо –1.
- Также можно проредить контуры, увеличив интервал между ними до 2 вместо 1, для чего потребуется параметр *Contour interval* (Интервал контуров). В результате карта примет вид как на Рис. II.5

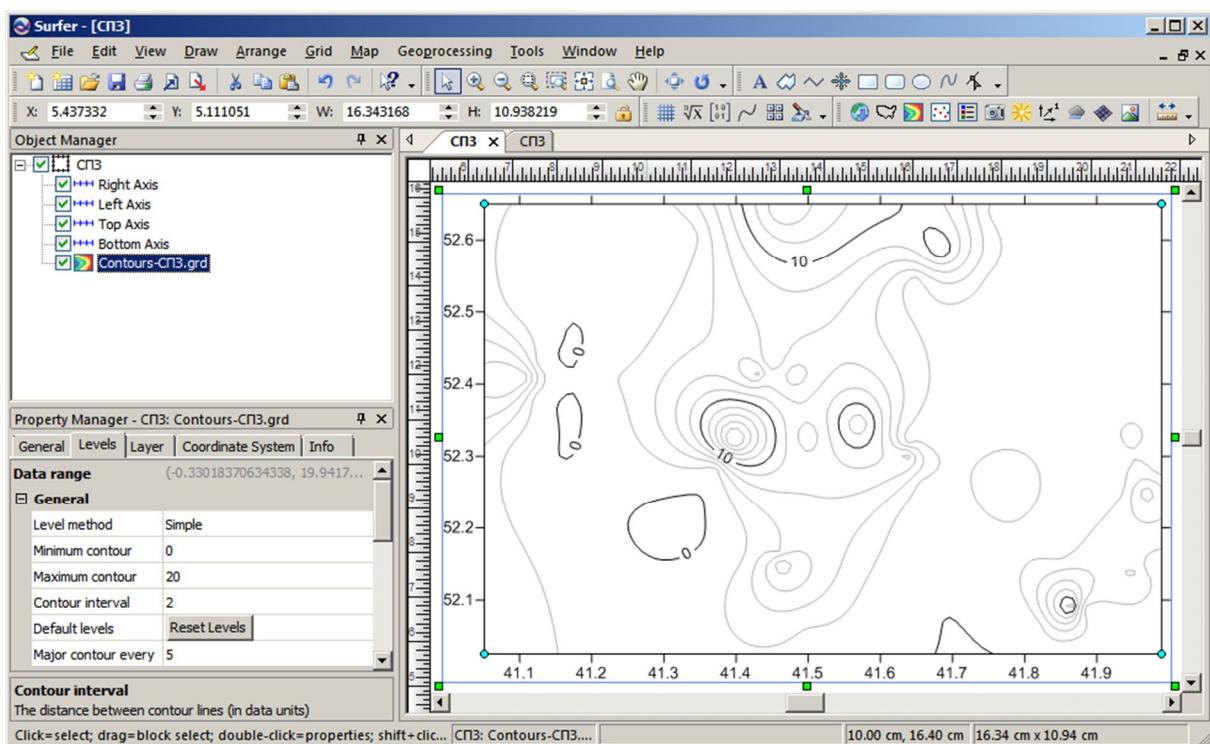


Рис. II.5. Окно плот-документа после изменения минимума и интервала уровней контуров

Задание 8. Знакомство с особенностями изменения параметров карты

Трудоёмкость 1

Изменить интервал уровней контуров контурной карты «СПЗ» на 2, а минимальный уровень сделать 0.

II.1.E. Изменение параметров линий контуров

На карте видно, что линии с уровнями 0 и 10 выглядят более яркими, чем остальные. Это связано с тем, что в Surfer различаются *главные* (*major*) и *вспомогательные* (*minor*) контуры. Для каждого из них можно задать свои параметры линий. По умолчанию главные контуры прорисова-

ны тонкой чёрной линией, а вспомогательные – тонкой серой (30% black). Кроме того у главных контуров показаны метки значений уровней. Можно показать метки и для вспомогательных контуров, но скорее всего это перегрузит карту мелкими деталями.

Главные контуры выделяются из общего числа контуров, начиная с первого (в нашем случае это контур с уровнем 0), а затем с фиксированным шагом по уровням. Размер этого шага задаётся параметром *Major contour every* (*Главный контур каждый*). По умолчанию этот параметр равен 5, т.е. каждый пятый контур будет главным, а четыре контура между главными – второстепенными.

Шаг выбора главных контуров можно изменить. Для этого потребуется выполнить:

1. Выделить карту щелчком мыши в окне плот-документа или по строке компонента *Contours-СПЗ.grd* в менеджере объектов. При этом появятся параметры карты в менеджере свойств, если этого не было сделано ранее (Рис. II.4)
2. На вкладке *Levels* изменить параметр *Major contour every*, установив значение 2 вместо 5. Результат будет сразу отображён в окне плот-документа (Рис. II.6)

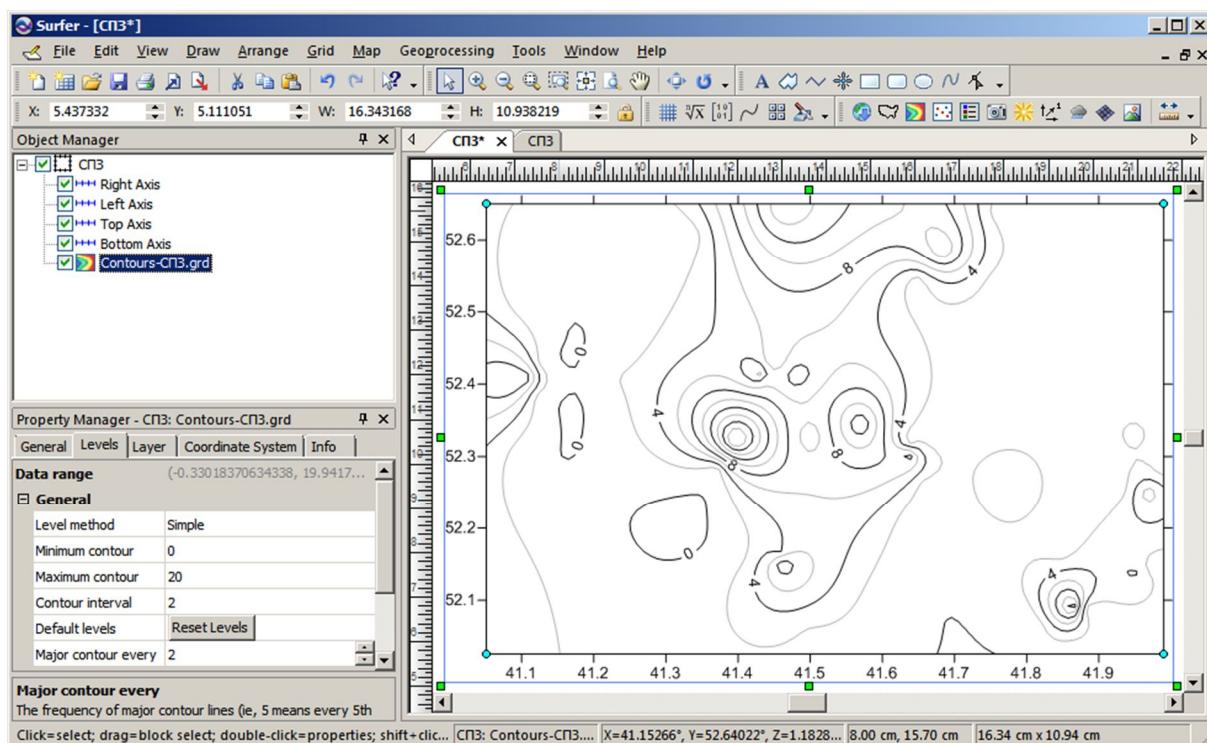


Рис. II.6. Окно плот-документа после изменения шага между главными контурами

Изменим некоторые параметры самих линий главных контуров: толщину и цвет. Для чего потребуется:

1. На вкладке *Levels* найти группу параметров *Major Contours* (*Главные Контуры*). Если рядом с названием группы имеется значок +, то группу надо развернуть, щёлкнув по этому значку. Тогда появятся все параметры группы (Рис. II.7)

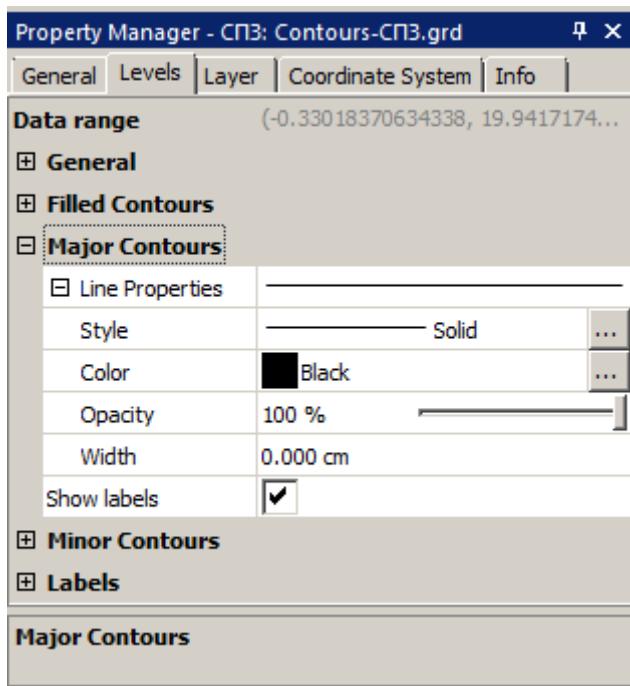


Рис. II.7. Панель менеджера свойств объекта СПЗ, компонента Contours-СПЗ.grd. Вкладка Levels (Уровни), группа Major Contours (Главные Контуры)

2. Для установки цвета линий в этой группе служит параметр *Color* (*Цвет*). Если щёлкнуть мышью по той части параметра, где нарисован цветной квадратик и подписано название цвета (в данном случае *Black*), то появится окно палитры цветов, с помощью которого можно выбрать другой цвет. Для удобства при наведении указателя мыши на квадратик с цветом его название выводится в верхней части окна (например, *Blue*) (Рис. II.8)



Рис. II.8. Окно выбора цвета. Отмечен цвет *Blue* (синий)

3. Толщина линий задаётся параметром *Width* (*Толщина*) (Рис. II.7). Значение 0 означает, что линия будет изображена минимально тонкой как того позволяет устройство вывода (монитор компьютера, принтер и т.п.). Нередко такая толщина оказывается исчезающе мала. Поэтому рекомендуется вводить ненулевое значение

Задание 9. Изменение параметров линий контуров контурной карты

Трудоёмкость 1

Изменить на контурной карте «СПЗ» шаг между главными контурами – 2, а также цвет и толщину линии главных контуров. Значения толщины и цвета линии взять из таблицы (Табл. II.1). Выполнить только 1 вариант.

Табл. II.1. Варианты для задания 9

Вариант	Толщина линии, см	Цвет
1	0,20	Black (Чёрный)
2	0,15	50% Black (Серый)
3	0,10	White (Белый)
4	0,05	Blue (Синий)
5	0,10	Cyan (Бирюзовый)
6	0,15	Green (Зелёный)
7	0,20	Yellow (Жёлтый)
8	0,15	Red (Красный)
9	0,10	Magenta (Лиловый)
10	0,05	Purple (Фиолетовый)

II.1.F. Добавление цветной заливки между линиями контуров

Цветная заливка, так же как и параметры линий, может быть применена к отдельным уровням. В то же время ко всем уровням сразу можно применить цвета, основанные на градиентном спектре (плавном переходе) между несколькими (как минимум двумя) задаваемыми цветами.

Вкладка *Levels*, группа *Filled Contours* (Заливка Контуров) менеджера свойств объекта-карты СПЗ, компонента Contours-СПЗ.grd (Рис. II.9) содержит всего 3 параметра. Параметр-переключатель *Fill contours* (Закрасить контуры) позволяет устанавливать или убирать закрашивание промежутков между контурами.

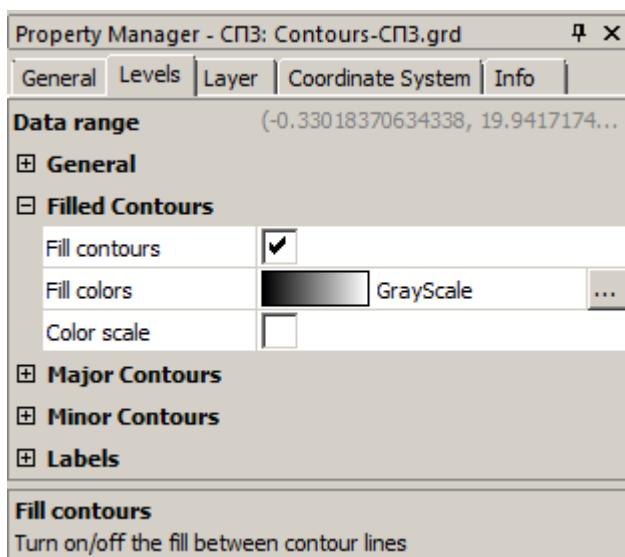


Рис. II.9. Панель менеджера свойств объекта СПЗ, компонента Contours-СПЗ.grd. Вкладка Levels (Уровни), группа Filled Contours (Заливка Контуров)



Рис. II.10. Окно выбора схем заливки

Параметр *Fill colors* (Цвета заливки) имеет две части. Первая, где нарисован чёрно-белый градиент и написано *GrayScale* (оттенки серого), даёт доступ к предустановленным цветовым схемам (Рис. II.10). Вторая

часть параметра в виде кнопки приводит к появлению диалогового окна *Colormap* (*Цветовая схема*) (Рис. II.11). Это окно помимо выбора заготовок цветовых схем с помощью параметра *Presets* (*Заготовки*) полный контроль заливки контуров.

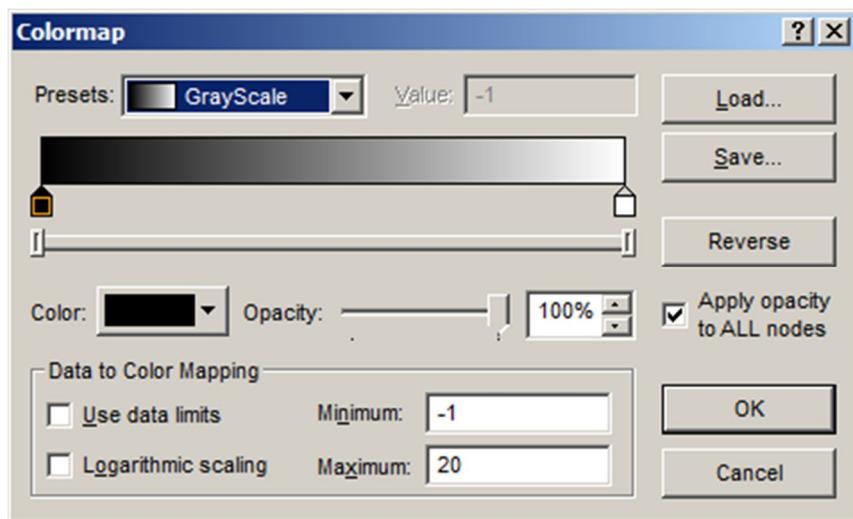


Рис. II.11. Окно Colormap (*Цветовая схема*)

Центральное место в окне Colormap занимает шкала цветовой схемы. С её помощью можно самостоятельно создавать схемы с любым сочетанием цветов. Проще всего разобраться как это делать – выбрать для примера несколько из имеющихся заготовок и попробовать изменить их. Результат редактирования схемы можно сохранить для будущего использования с помощью кнопки . Повторная загрузка сохранённой схемы – кнопка . Полезный параметр – *Opacity* (*Непрозрачность*) – позволяет делать заливку полупрозрачной. Благодаря этому появляется возможность видеть что находится под контурной картой с заливкой. Значение параметра *Opacity* равное 0 делает заливку полностью прозрачной. Для применения произведённых манипуляций с цветовой схемой надо нажать кнопку .

Параметр-переключатель *Color scale* (*Цветовая шкала*) в менеджере свойств (Рис. II.9) даёт указание Surfer вывести на экран цветовую шкалу, показывающую соответствие между значениями уровней и цветами заливания между ними.

Для изменения цвета заливки требуется:

1. На вкладке *General* (Рис. II.9) поставить галочку в переключателе *Fill Contours* (*Заливать контуры*)
2. Щёлкнуть по кнопке параметра *Fill colors* и вызвать таким образом диалоговое окно Colormap (Рис. II.11)
3. В этом диалоговом окне выбрать цвета, которые будут применены к определённым значениям Z. Щёлкнуть по левой кнопке-якорю цветовой схемы и выбрать цвет *White* с помощью параметра *Color* (*Цвет*) в цветовой палитре (Рис. II.8); щёлкнуть по правой кнопке-якорю и выбрать цвет *Blue*. После этого спектр будет представлять собой все оттенки синего цвета от белого до чисто-синего

4. Применить произведённые изменения с помощью кнопки **OK**. Результат будет соответствовать тому, что можно видеть на Рис. II.12

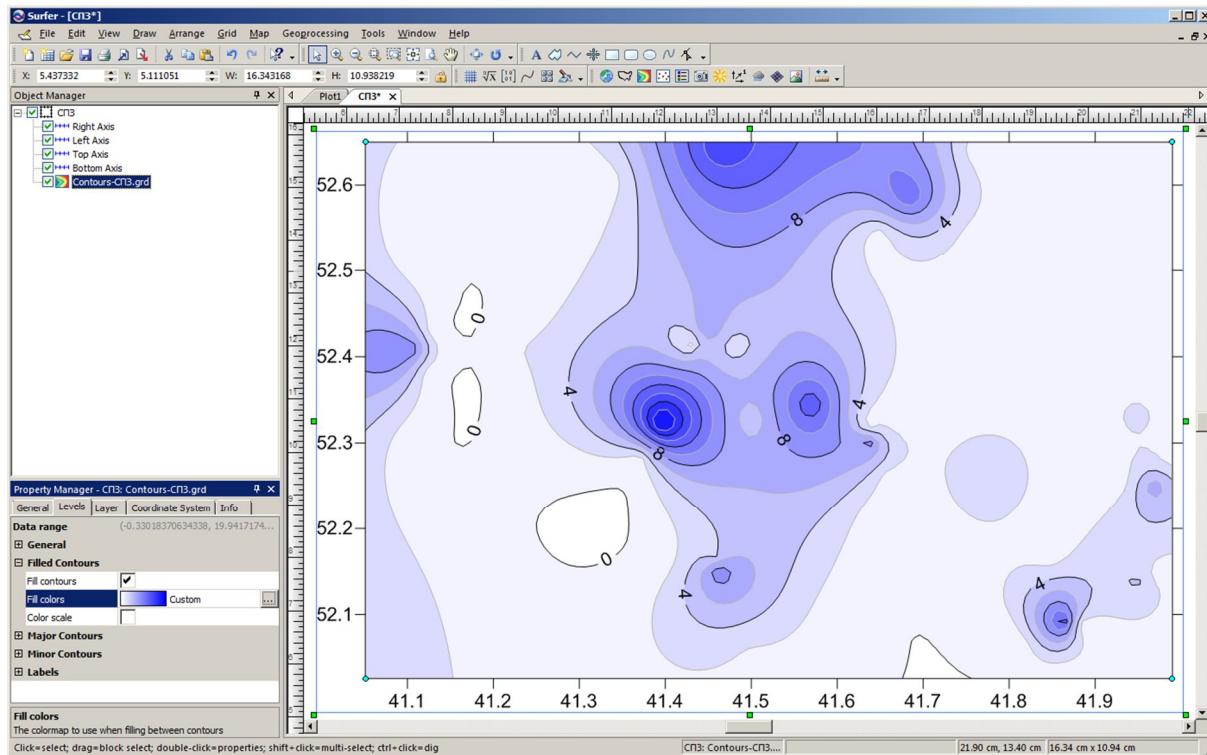


Рис. II.12. Окно плот-документа с контурной картой «СПЗ» после применения цветовой заливки между контурами

Задание 10. Применение цветовой заливки к контурной карте

Трудоёмкость 2

Добавить на контурной карте «СПЗ» цветовую заливку между линиями контуров. Самостоятельно освоить создание цветовых схем с тремя узловыми точками. Цвета, соответствующие узловым точкам и значения уровня для средней точки взять из таблицы (Табл. II.2.)

Табл. II.2. Варианты для задания 10

Вариант	Уровень контура Z для точки 2, %	Цвета узловых точек		
		1	2	3
1	6	Red	White	Blue
2	6	Green	White	Brown (Коричневый)
3	8	Purple	White	Cyan
4	8	Black	White	Magenta
5	10	Blue	Purple	Red
6	10	Purple	Red	Yellow
7	12	Red	Yellow	Green
8	12	Yellow	Green	Cyan
9	14	Green	Cyan	Blue
10	14	Cyan	Blue	Magenta

II.1.G. Добавление, удаление и перемещение меток контуров

Метки контуров – это надписи на линиях контуров, обозначающие значение уровня. Обычно метки контуров содержат только числа. Положение каждой метки контура может быть изменено по отдельности.

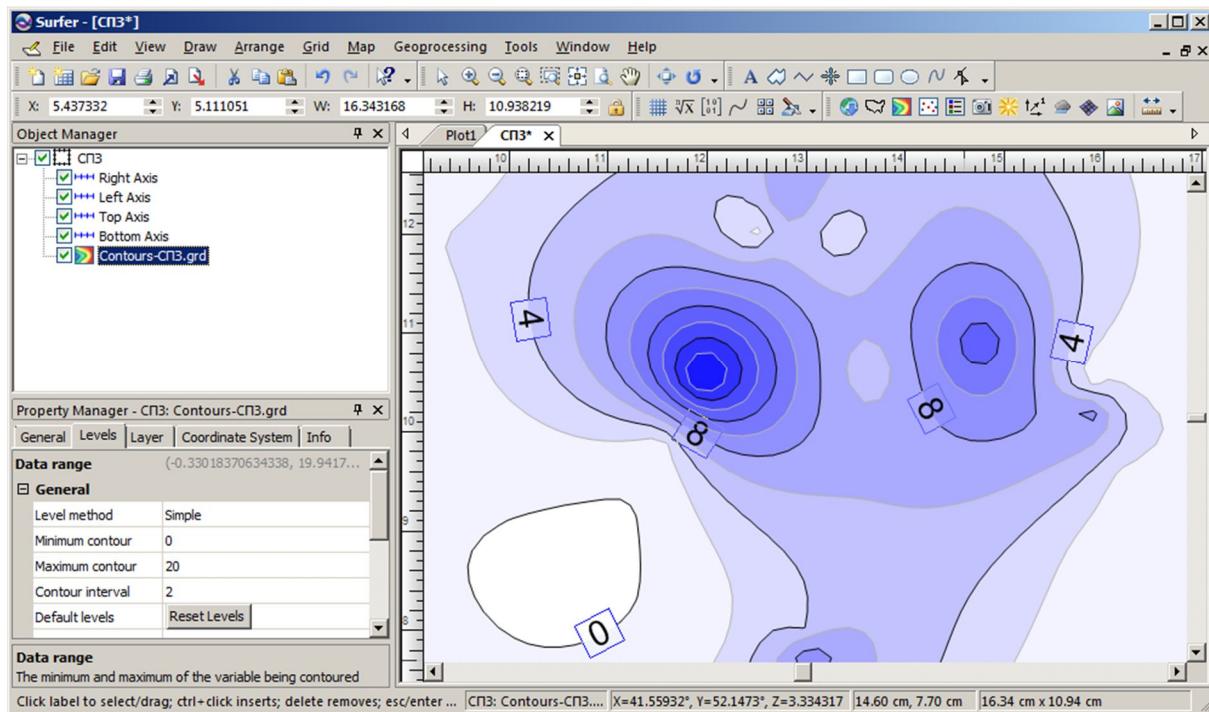


Рис. II.13. Окно плот-документа с увеличенным фрагментом контурной карты «СПЗ» в режиме редактирования меток контуров

Для добавления, удаления или перемещения меток контуров надо выполнить:

- Щёлкнуть правой кнопкой мыши по контурной карте и выбрать команду **Edit Contour Labels** (**Редактировать метки контуров**). Можно также выполнить команду **Map/Contour Map/Edit Labels**. Контурная карта при этом перейдёт в режим редактирования меток контуров, который распознаётся по возникновению прямоугольных рамок вокруг меток (Рис. II.13) и изменению формы указателя мыши на треугольник
- Для удаления метки надо выделить её однократным щелчком мыши. При этом появятся четыре круглых маркера по углам рамки выделенной метки (Рис. II.14). Затем нажать клавишу **Delete** на клавиатуре

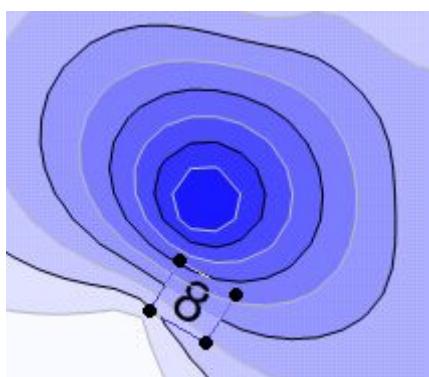


Рис. II.14. Увеличенный фрагмент карты «СПЗ» в режиме редактирования меток контуров с выделенной меткой «8»

- Для добавления метки нажать и удерживать клавишу **Ctrl** на клавиатуре и щёлкнуть

мышью в той точке линии контура, где должна появиться новая метка

4. Для перемещения метки надо её выделить, нажать и удерживая левую кнопку мыши переместить метку вдоль линии контура
5. Для выхода из режима редактирования меток контуров нажать клавишу *Esc*

Задание 11. Изменение меток контуров на контурной карте

Трудоёмкость 2

На контурной карте «СПЗ» удалить все повторяющиеся метки, указанные в столбце «Удалить» (Табл. II.3), кроме одной; переместить все метки уровней в соответствии со значением в столбце «Переместить» так, чтобы надписи были ориентированы прямо (горизонтально); добавить несколько меток на линиях уровня, указанного в столбце «Добавить»

Табл. II.3. Варианты для задания 11

Вариант	Удалить	Переместить	Добавить
1	0	4	2
2	4	8	6
3	8	0	10
4	0	4	12
5	4	8	2
6	8	0	6
7	0	4	10
8	4	8	12
9	8	0	2
10	0	4	6

II.1.Н. Изменение параметров осей

Каждая контурная карта создаётся с четырьмя осями: нижней (Bottom), правой (Right), верхней (Top) и левой (Left). Есть возможность управления параметрами любой из осей независимо от других. Например, на контурной карте «СПЗ» (Рис. II.3) левая ось по умолчанию имеет главные деления через $0,1^\circ$ широты, которые подписаны метками, содержащими один знак в дробной части. Изменим эти параметры и добавим заголовок оси.

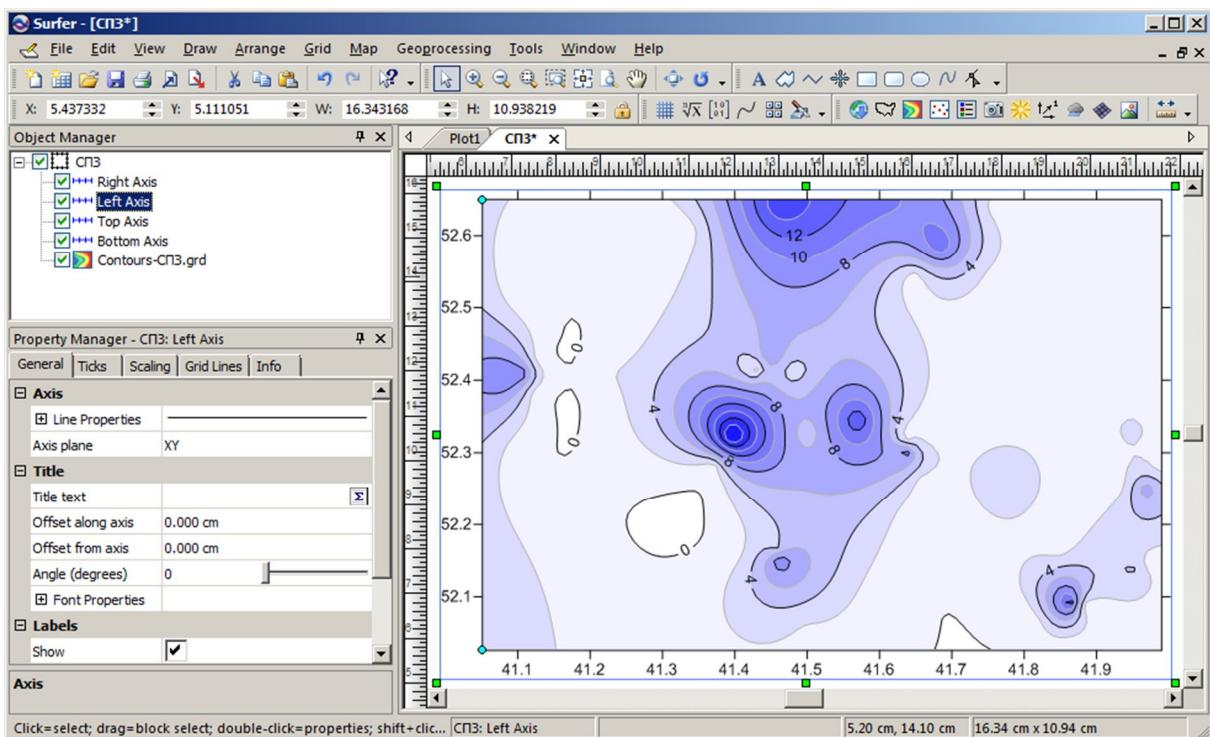


Рис. II.15. Контуруная карта «СПЗ». Выделена левая ось

Для модификации оси потребуется:

1. Поместить указатель мыши над одной из подписей или делений левой оси и щёлкнуть один раз левой кнопкой. В строке состояния внизу окна плотового документа появится надпись *СПЗ: Left Axis* (*СПЗ: Левая ось*). Это подтверждает, что выделена действительно левая ось контурной карты. Кроме того, должны появиться бирюзовые круглые маркеры у каждого конца оси. Также в менеджере объектов (Рис. II.15) среди компонентов объекта-карты «СПЗ» будет выделена строка *Left Axis*. Одновременно и в менеджере свойств появятся параметры левой оси
2. В панели менеджера свойств в группе *Title* (Заголовок) (Рис. II.16) есть параметр-строка *Title text* (Текст заголовка). В этой строке написать «Широта, °», что приведёт к появлению названия рядом с левой осью.
3. В подгруппе *Font Properties* (Параметры шрифта) с помощью параметра *Font* (Шрифт) выбрать шрифт Times New Roman. А с помощью параметра *Size (points)* (Размер в пунктах) установить размер символов заголовка 14 пт
4. На той же вкладке *General* в группе *Labels* (Подписи) (Рис. II.17) для параметра *Type* (Тип) выбрать форму представления чисел *Fixed* (Фиксированный). Это позволит обеспечить одинаковое количество знаков после десятичного разделителя во всех подписях. В поле редактирования *Decimal Digits* (Количество знаков дробной части) установить значение «2». Это означает, что в подписях делений оси после десятичного разделителя всегда будут стоять две цифры.
5. Прейти на вкладку *Scaling* (Масштабирование) (Рис. II.18). Произвести изменения в следующих строках редактирования: а) *First major tick* (Первое главное деление) – ввести значение 52,05; б) *Last major tick* (Последнее главное деление) – 52,65; в) *Major interval* (Основной интервал) – 0,05. Это приведёт к двукратному уменьшению промежутков между основными делениями на оси.

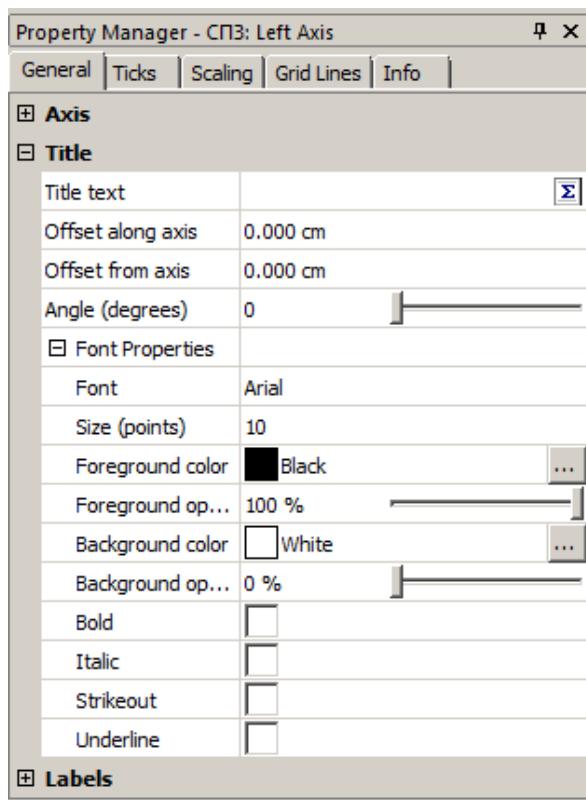


Рис. II.16. Панель менеджера свойств объекта СПЗ, компонента Left Axis. Вкладка General (Общие), группа Title (Заголовок)

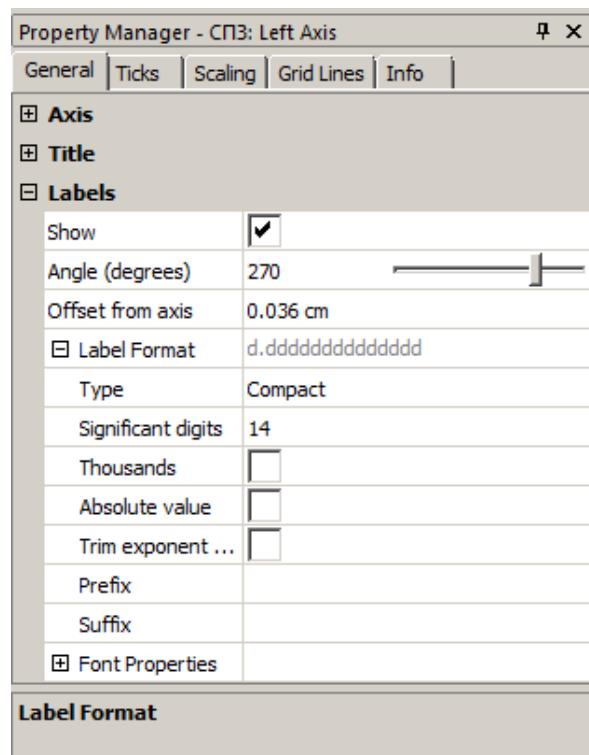


Рис. II.17. Панель менеджера свойств объекта СПЗ, компонента Left Axis. Вкладка General (Общие), группа Labels (Подписи)

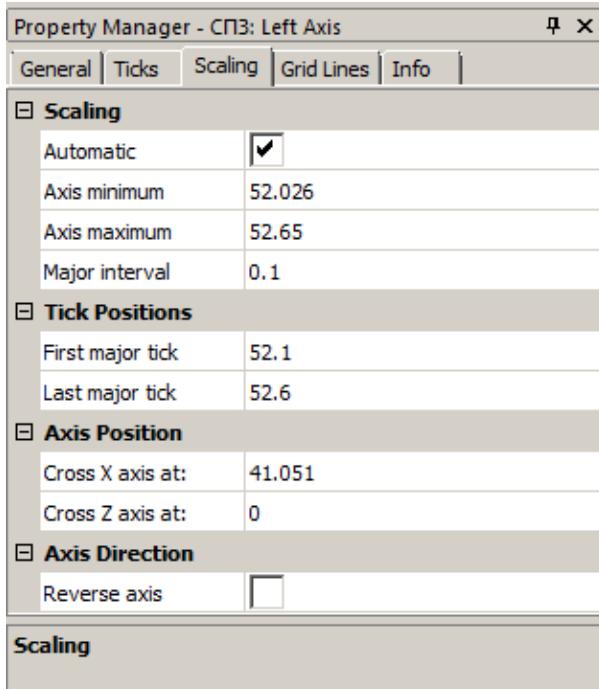


Рис. II.18. Панель менеджера свойств объекта СПЗ, компонента Left Axis. Вкладка Scaling (Масштабирование)

Задание 12. Изменение осей карты

Трудоёмкость 3

Изменить параметры левой оси: название «Широта, °»; интервал между подписями делений – 0,05; форма представления подписей делений – с двумя знаками в дробной части; толщина линии оси (параметр General/Axis/Width) – 0,1 см; прорисовать основные линии сетки (параметр Grid Lines/Major Grid Lines/Show).

Остальные параметры взять из таблицы (Табл. II.4). Аналогично изменить и нижнюю ось (название «Долгота, °»)

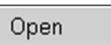
Табл. II.4. Варианты для задания 12

Вариант	Формат заголовка			Формат подписей		
	Шрифт	Размер	Цвет	Шрифт	Размер	Цвет
1	Arial	12	Black	Courier New	8	Purple
2	Courier New	14	50% Black	Times New Roman	10	Magenta
3	Times New Roman	16	White	<i>Arial</i>	12	Red
4	<i>Arial</i>	18	Blue	Courier New	14	Yellow
5	Courier New	20	Cyan	Times New Roman	12	Green
6	Times New Roman	18	Green	<i>Arial</i>	10	Cyan
7	<i>Arial</i>	16	Yellow	Courier New	8	Blue
8	Courier New	14	Red	Times New Roman	10	White
9	Times New Roman	12	Magenta	<i>Arial</i>	12	50% Black
10	<i>Arial</i>	10	Purple	Courier New	10	Black

II.2. КАРКАСНАЯ КАРТА

Каркасная карта – это трёхмерное представление сеточного файла. Каркасная карта – это блок-диаграмма, создаваемая путём рисования линий, соответствующих столбцам и строкам сетки. В каждой точки пересечения столбца и строки (т.е. в каждом узле сетки) высота поверхности пропорциональна значению Z в этой точке. Количество линий X и Y , рисующих каркасную карту, определяется числом столбцов и строк сетки.

Создание каркасной карты:

- Выполнить команду **Map/New/3D Wireframe Map** или щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов **Map**. Появится диалоговое окно **Open Grid** (*Открыть сеточный файл*, Рис. II.1). Выбрать сеточный файл «СПЗ.grd»
- Щёлкнуть по кнопке  и в появившемся диалоговом окне **Assign Coordinate System** (Рис. II.2) выбрать *World Geodetic System 1984*
- Нажать на кнопку  и в середине страницы, изображённой в окне плоттера документа возникнет вновь созданная каркасная карта с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис. II.19)

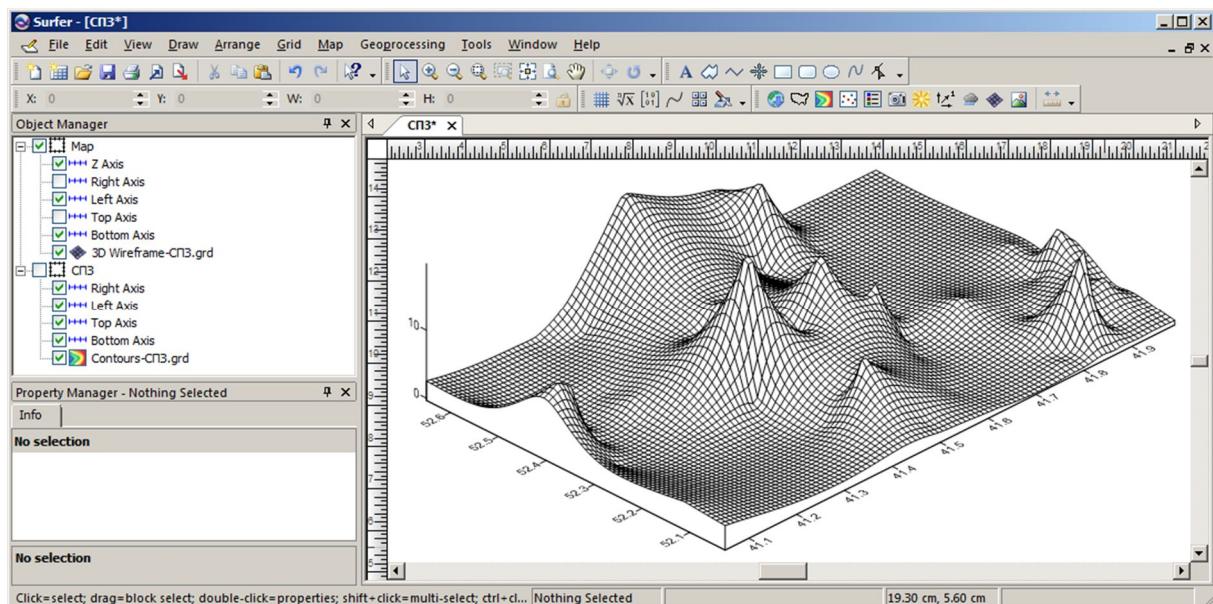


Рис. II.19. Каркасная карта. Все параметры заданы по умолчанию

Задание 13. Создание и редактирование каркасной карты Трудоёмкость 4

- 1) Открыть файл плот-документа «СПЗ» (если он был закрыт). В менеджере объектов отключить визуализацию контурной карты «СПЗ» (убрать «галочку» в строке «СПЗ»). Создать каркасную карту.
- 2) Изменить параметры осей (название, интервал между подписями делений, форма представления подписей делений, толщина линии оси) аналогично контурной карте. Для вертикальной оси: название – «СПЗ»; интервал между подписями делений – 10.
- 3) Включить прорисовку линий постоянного значения Z (вкладка *General*, группа *Plot Lines of Constant*, параметр-переключатель Z).
- 4) Включить показ вертикальных линий (вкладка *General*, группа *Base*, переключатель *Show Vertical Lines*); цвет линий взять из таблицы (Табл. II.5). Значение Z , по которому проведена нижняя плоскость (группа *Base*, параметр *Elevation*) сделать равным 10.
- 5) Самостоятельно освоить создание цветовых зон (вкладка *Color Zones*). Включить цветовые зоны для линий постоянного значения X , Y и Z (переключатели *Apply zones to lines of constant*). Цветовой спектр для цветовых зон сделать в соответствии с цветами № 1 и 2 из палитры заливки контурной карты (Табл. II.2, стр. 29). Толщину для минимального уровня оставить равной 0.000 см; толщину максимального уровня (вкладка *Color Zones*, кнопка **Line**, диалоговое окно *Line Spectrum*, кнопка *Maximum Line Properties*) сделать как у линии контура на контурной карте (Табл. II.1, стр. 27).
- 6) Изменить ориентацию каркасной карты. Для этого надо выделить в менеджере объектов объект-карту *Map*, содержащий компонент *3D Wireframe-СПЗ.grd*. У этого объекта есть вкладка *View*. Установить перспективную проекцию (параметр-список *Projection*); значения для параметров *Field of View* (Поле зрения)

ния), *Rotation* (Поворот) и *Tilt* (Наклон) взять из таблицы (Табл. II.5).

7) Установить масштаб карты (вкладка *Scale*): по оси X (группа *X Scale*, параметр *Map units per cm*) – как указано в столбце «масштаб» таблицы (Табл. II.5); по оси Y – в 2 раза меньше; по оси Z – в 50 раз больше.

Табл. II.5. Варианты для задания 13

Вариант	Цвет вертикальных линий	Ориентация			Масштаб
		Поле зрения	Поворот	Наклон	
1	Red	10	200	25	0,025
2	Yellow	20	225	30	0,05
3	Green	30	250	35	0,1
4	Cyan	40	25	40	0,02
5	Blue	50	50	45	0,025
6	White	60	75	50	0,05
7	50% Black	70	100	55	0,1
8	Black	80	125	60	0,025
9	Purple	90	150	65	0,05
10	Magenta	100	175	70	0,05

II.3. ОБРАЗНАЯ КАРТА

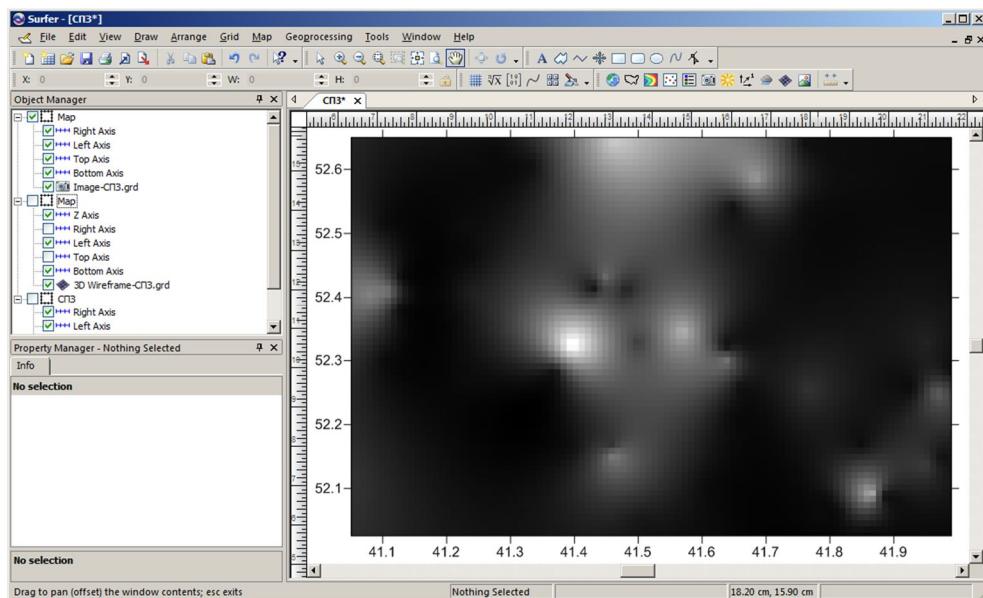
Образная карта – это растровая карта, основанная на сеточном файле. Эта карта представляет значения Z с помощью специфических цветов. Для определения палитры используется диалоговое окно *Colormap* (см. раздел II.1.F, стр. 27).

Палитра образной карты (также как и контурной) может быть сохранена в *Color Map Files [.CLR]* (Файлы цветовой схемы) (Рис. II.11, кнопка). В этом файле положение узловых точек сохраняется в виде процентного соотношения диапазона значений Z. Впоследствии файл цветового спектра может быть использован для любой другой карты.

Каждая ячейка сеточного файла изображается на образной карте в виде цветного квадратика соответствующего размера. Часто дискретность сетки оказывается довольно груба и зернистость изображения такой карты оказывается слишком заметной. Чтобы смягчить этот эффект полезно включать параметр *General/General/Interpolate pixels* (Интерполировать пиксели).

Создание образной карты:

- Выполнить команду **Map/New/Image Map** или щёлкнуть по кнопке на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open Grid* (Рис. II.1). Выбрать сеточный файл «СПЗ.grd».
- Установить систему координат. В середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная образная карта с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис. II.20)

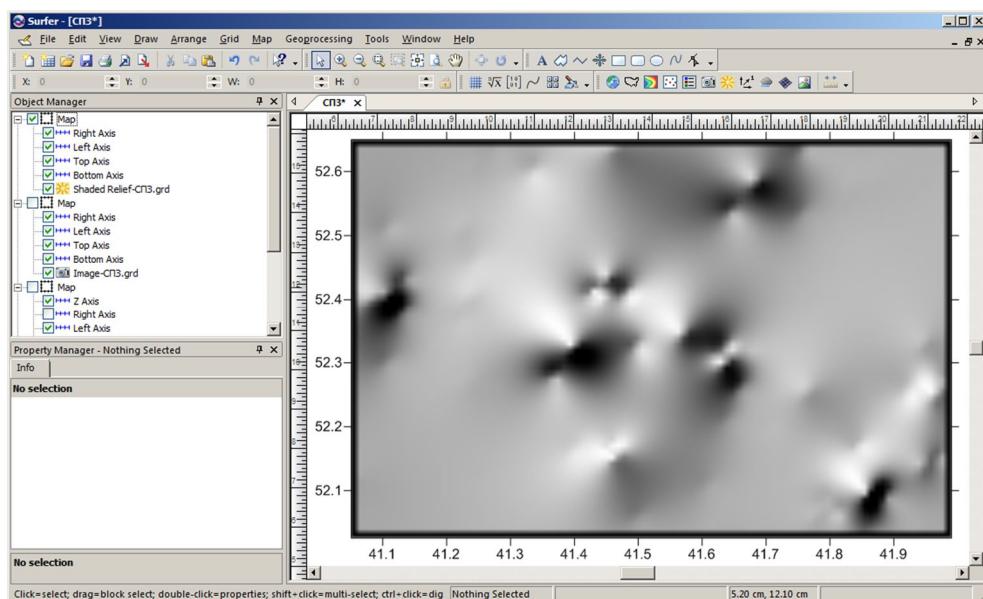


*Рис. II.20.
Образная карта. Все параметры заданы по умолчанию*

II.4. КАРТА С ТЕНЕВЫМ РЕЛЬЕФОМ

Карта с теневым рельефом – это растровая карта, основанная на сеточном файле. Такая карта использует цвета для обозначения локальной ориентации поверхности относительно заданного направления источника света. Surfer определяет ориентацию каждой ячейки сетки и вычисляет её отражательную способность. Те части поверхности, которые повёрнуты в сторону от источника, света будут отражать меньше света в сторону наблюдателя, и будут выглядеть более тёмными. Источник света может рассматриваться как солнечный свет над топографической поверхностью.

Сетки с небольшими размерами плохо изображаются с помощью теневой карты, так как выглядят размытыми.



*Рис. II.21.
Карта с теневым рельефом. Все параметры заданы по умолчанию*

Создание карты с теневым рельефом:

1. Выполнить команду **Map/New/Shaded Relief Map** или щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов **Map**. Появится диалоговое окно *Open Grid* (Рис. II.1). Выбрать сеточный файл «СПЗ.grd»

- Установить систему координат. В середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная карта с теневым рельефом (Рис. II.21). Все параметры при этом будут установлены в сои стандартные значения

II.5. ВЕКТОРНАЯ КАРТА

Векторная карта изображает направление и скорость уменьшения значения Z . С помощью стрелок на векторной карте показывается направление «вниз». Причём длина стрелок соответствует крутизне наклона.

Создание 1-сеточной векторной карты:

- Выполнить команду **Map/New/New 1-Grid Vector Map** или щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open Grid* (Рис. II.1). Выбрать сеточный файл «СПЗ.grd»
- Установить систему координат. В середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная векторная карта с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис. II.22)

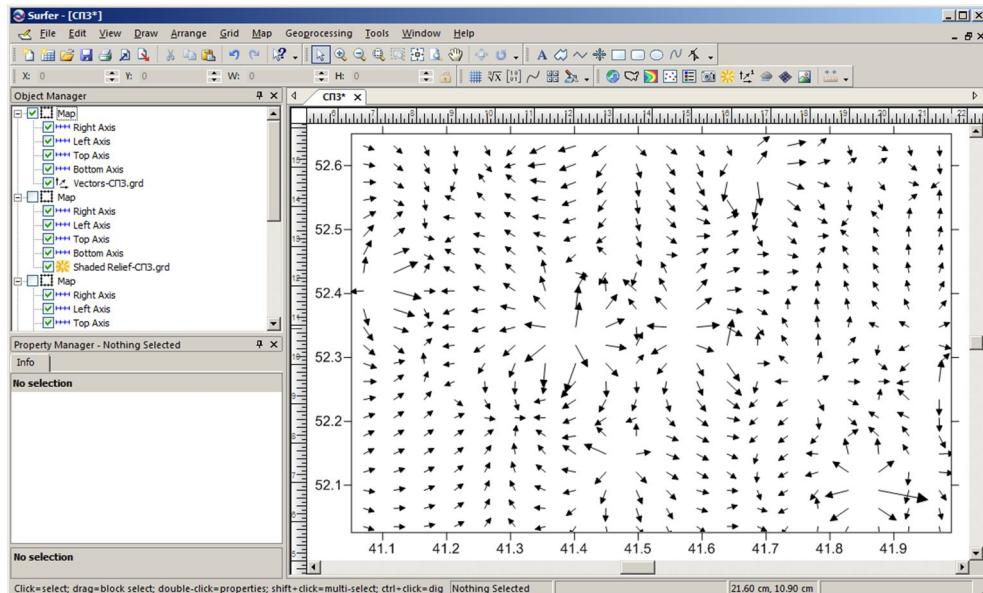


Рис. II.22.
Векторная
карта. Все
параметры
заданы по
умолчанию

II.6. ТРЕХМЕРНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ

Трёхмерная поверхность – это объёмное теневое представление сеточного файла. Высота поверхности определяется значением Z соответствующего узла сетки. В виде трёхмерной поверхности хорошо смотрятся только довольно плотные сетки.

Создание трёхмерной поверхности:

- Выполнить команду **Map/New/3D Surface** или щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open Grid* (Рис. II.1). Выбрать сеточный файл «СПЗ.grd»
- Установить систему координат. В середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная трёхмерная поверхность с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис. II.23)

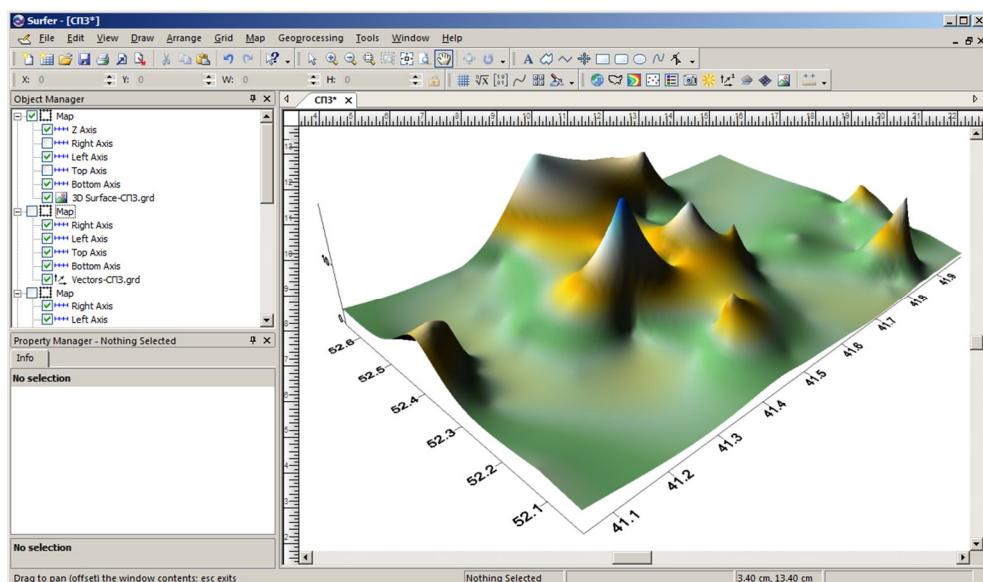


Рис. II.23.
Трёхмерная
поверхность.
Все парамет-
ры заданы по
умолчанию

Задание 14. Создание других видов сеточных карт

Трудоёмкость 4

Самостоятельно освоить создание образной карты (*Image Map*) , карты с теневым рельефом (*Shaded Relief Map*), односеточной векторной карты (*1-Grid Vector Map*) и трёхмерной поверхности (*3D Surface*). Параметры оформления – как у контурной карты; параметры ориентации для трёхмерной поверхности – как у каркасной. Самостоятельно освоить изменение цвета векторов на векторной карте в соответствии с их длиной (*By Magnitude*)

II.7. ТОЧЕЧНАЯ КАРТА И ОВЕРЛЕИ

Точечная карта создаётся путём нанесения точек на карту и подписывания точек. Показ точек данных на карте может быть полезным для определения областей распределения этих точек. Кроме того, можно помещать числовую или текстовую информацию в определённое место карты. Для построения точечной карты используются исходные файлы данных, содержащие координаты *X* и *Y* точек. В этих файлах также могут содержаться метки (текстовые подписи), соответствующие каждой точке. Например, в файле «СПЗ.dat» есть столбец «*D*», содержащий значения номеров точек.

II.7.А. Создание точечной карты

1. Открыть плот-документ «СПЗ.srf»
2. Выполнить команду **Map/New/New Post Map** или щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open* (Рис. I.12). Выбрать файл XYZ-данных «СПЗ.dat»
3. Установить систему координат. В середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная точечная карта с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис. II.24)
4. Выделить созданную карту в окне плот-документа или компонент *Post-СПЗ.dat* в менеджере объектов. Появится панель свойств точечной карты

5. Изменить символ маркера, используемого для обозначения точек. Для этого надо на вкладке *Symbol* (Символ) в группе *Marker Properties* (Параметры Маркера) использовать параметр *Symbol* (Рис. II.25). При этом на экране появится окно выбора символа (Рис. II.26). Выбрать символ в виде заполненного круга (*Number 12*).

6. Установить размер символа 0,1 см (группа *Symbol Size*, параметр *Symbol Size*)

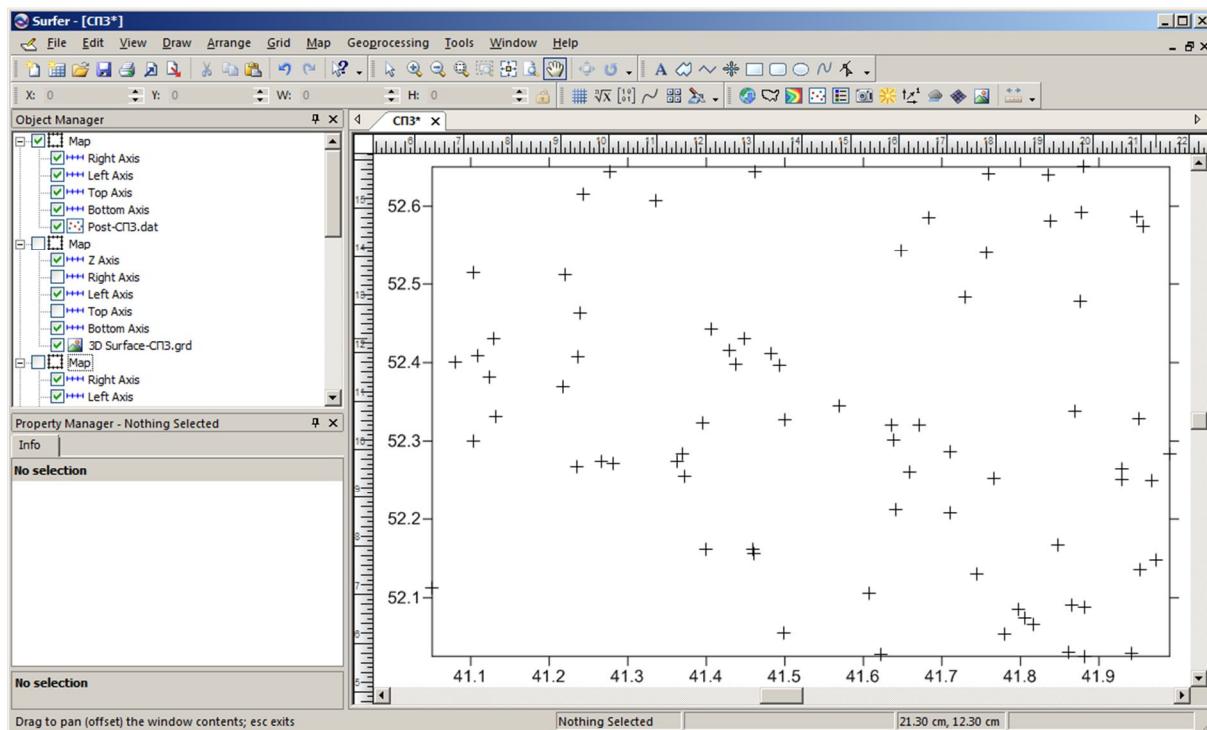


Рис. II.24. Точечная карта. Все параметры заданы по умолчанию

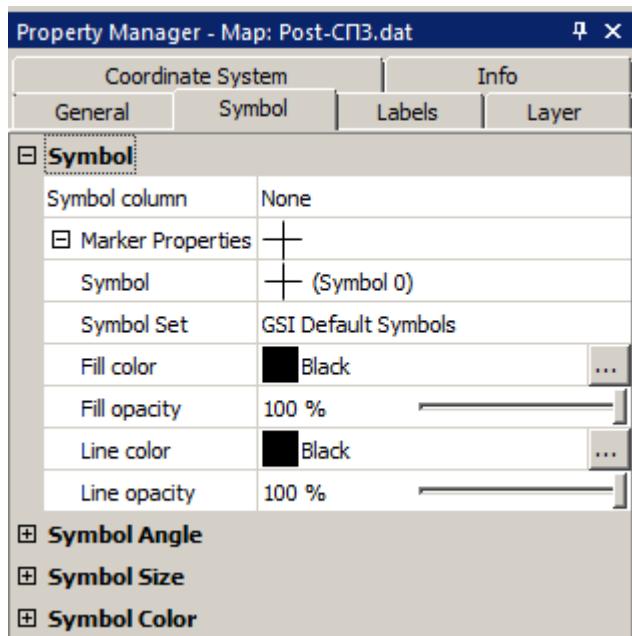


Рис. II.25. Панель менеджера свойств компонента Post-СП3.dat. Вкладка Symbol (Символ)

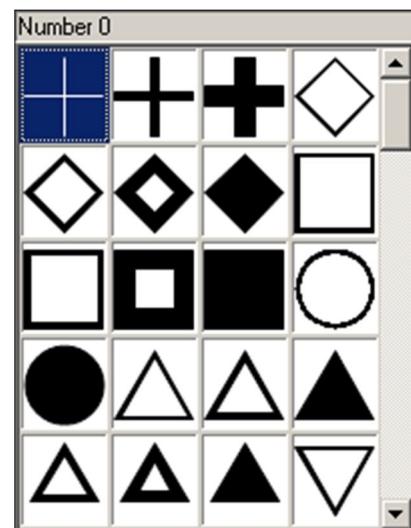


Рис. II.26. Диалоговое окно выбора символа маркера

II.7.В. Создание оверлея

Оверлей – это такое объединение двух или более карт, при котором они теряют индивидуальные оси и масштаб. Все карты внутри оверлея имеют один на всех набор осей и одинаковый масштаб. Таким образом повышается информативность и наглядность создаваемых карт. Например, можно нанести контуры на трёхмерную поверхность, точки исходных данных на контурную карту, векторы на каркасную карту.

Для создания оверлея из контурной и точечной карт требуется:

1. Выделить в менеджере объектов объекты-карты, содержащие компоненты, объединяемые в оверлей. В нашем случае, это объекты, содержащие контурную карту (*Contours*) и точечную (*Post*) карту. Чтобы выделить вторую карту, когда уже выделена одна, надо выделять вторую при нажатой клавише Ctrl (Рис. II.27)
2. Выполнить команду Map/Overlay Maps. Появится совмещение контурной и точечной карт (Рис. II.28)

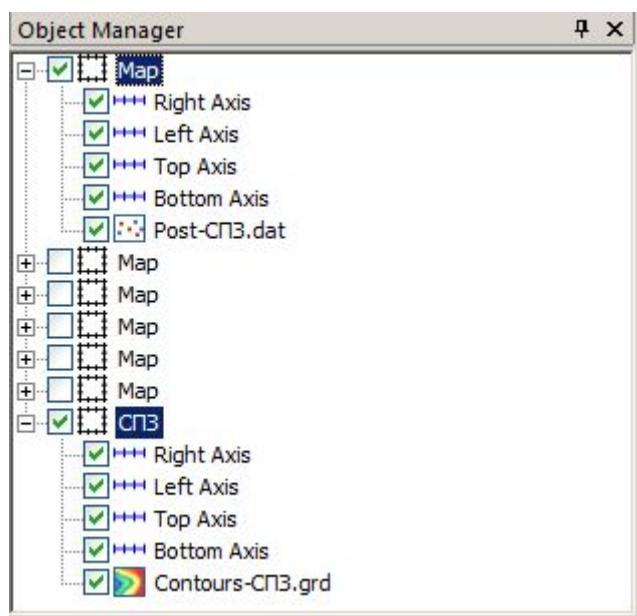


Рис. II.27. Менеджер объектов с выделенными объектами-картами, содержащими компоненты контурной (*Contours*) и точечной (*Post*) карты

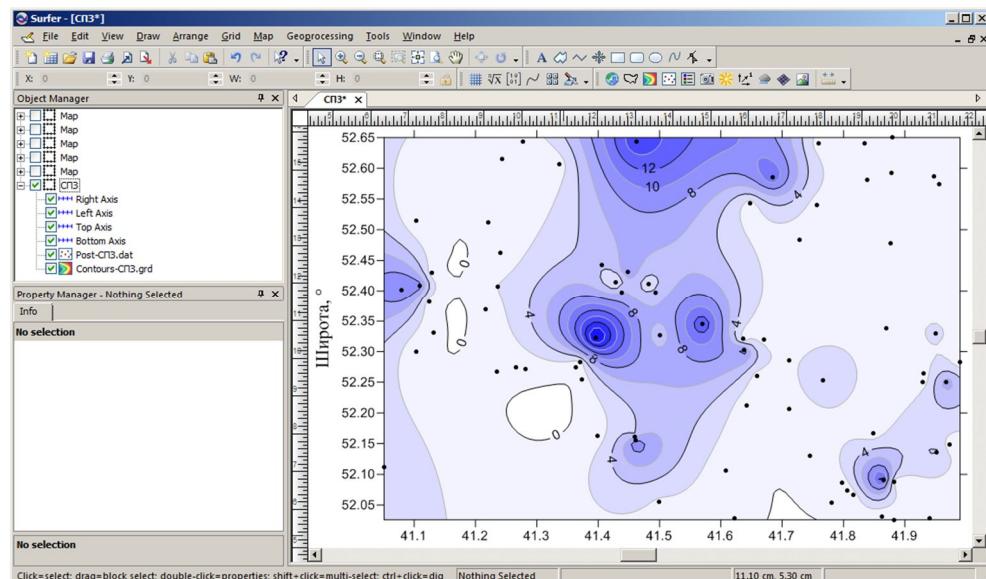


Рис. II.28.
Оверлей из
контурной и
точечной
карт

Задание 15. Точечная карта и оверлей

Трудоёмкость 2

- 1) Построить точечную карту с параметрами из предлагаемой таблицы (Табл. II.6).
- 2) Создать оверлей контурной и точечной карт.
- 3) Проанализировать особенности распределения точек данных по занимаемой ими области. Выявить необеспеченные данными участки. Сделать вывод об особенностях проведения интерполяции методом Кригге в участках с разной плотностью распределения точек исходных данных.

Табл. II.6. Варианты для задания 15

Вариант	Символ	Цвет	Размер, см
1	+	50% Black	0,05
2	◆	Black	0,1
3	■	Purple	0,15
4	●	Magenta	0,2
5	▲	Red	0,25
6	×	Yellow	0,3
7	★	Green	0,35
8	★	Cyan	0,4
9	*	Blue	0,45
10	+	White	0,5

II.7.С. Добавление меток на точечной карте в оверлее

После создания оверлея карт, остаётся возможность редактировать каждую карту по отдельности. В качестве примера добавим метки к точкам точечной карты, ранее объединённой в оверлее с контурной. Для этого надо использовать менеджер объектов:

1. Щёлкнуть по строке компонента *Post-СПЗ.dat* в менеджере объектов. При этом в менеджере свойств появятся параметры точечной карты
2. Перейти на вкладку *Labels* (Рис. II.29). В группе *Label Set 1* (*Набор Меток 1*) щёлкнуть по списку *Worksheet column* (*Столбец рабочего листа*). Появится перечень столбцов файла «СПЗ.dat». Выбрать «*Column D: №*»

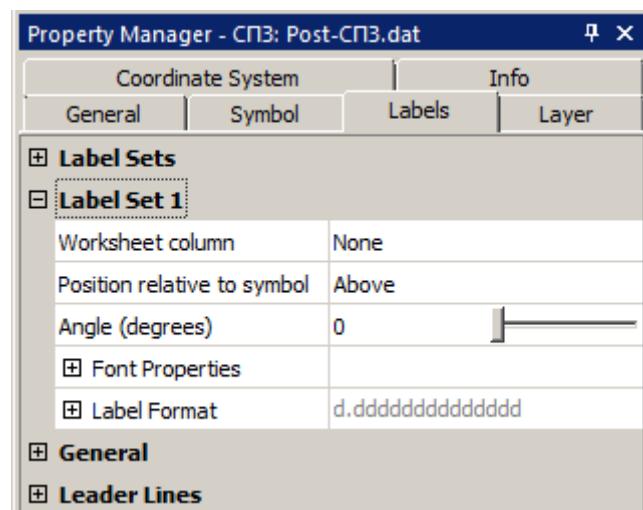
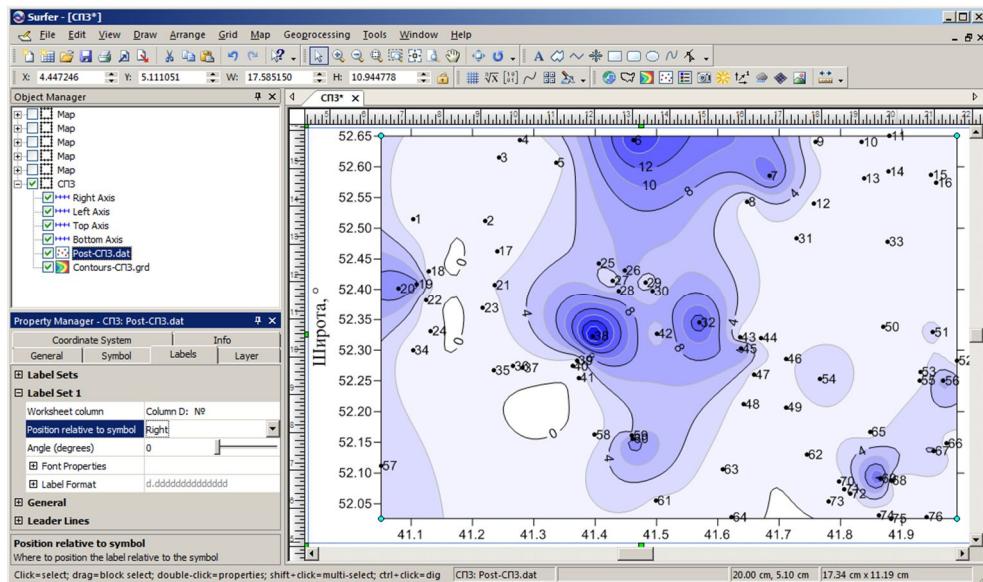


Рис. II.29. Диалоговое окно СПЗ: Post-СПЗ.dat. Вкладка Labels, группа Label Set 1 (Набор Меток 1)

3. Для параметра *Position relative to symbol* (Положение относительно символа) выбрать вариант *Right* (Справа). Результат будет похожий на тот, что изображает Рис. II.30



*Рис. II.30.
Результат
включения
меток у то-
чек точечной
карты*

Задание 16. Редактирование отдельных карт внутри оверлея

Трудоёмкость 1

Добавить метки на точечной карте. Цвет меток сделать соответствующим цвету точек

II.8. КЛАССИФИЦИРОВАННАЯ ТОЧЕЧНАЯ КАРТА

Классифицированная точечная карта отличается от обычной тем, что позволяет разделить по значениям Z все точки на ряд классов. Затем каждому классу задаётся индивидуальный стиль оформления точек. Классы с их стилями и диапазонами значений Z можно вывести на карте в виде легенды. Чтобы построить классифицированную точечную карту надо выполнить:

1. Открыть плот-документ «СП3.srf», если это ещё не сделано
2. Выполнить команду **Map/New/New Post Map** или щёлкнуть по кнопке на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open* (Рис. I.12). Выбрать файл XYZ-данных «СП3.dat»
3. Установить систему координат. В середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная точечная карта с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис. II.31)
4. Выделить созданную карту в окне плот-документа или компонент *Classed Post-СП3.dat* в менеджере объектов. Появится панель свойств точечной карты
5. Перейти на вкладку *Classes* (*Классы*). В одноимённой группе есть одна кнопка **Edit Classes...**. Если нажать на неё, то появится диалоговое окно *Classes for Map: Classed Post-СП3.dat* (Рис. II.32)
6. Изменить вид знаков точек, их цвет и (или) размер для каждого класса

7. Включить показ легенды с помощью параметра переключателя *Show legend* (*Показать легенду*) из группы *General* на вкладке *General*

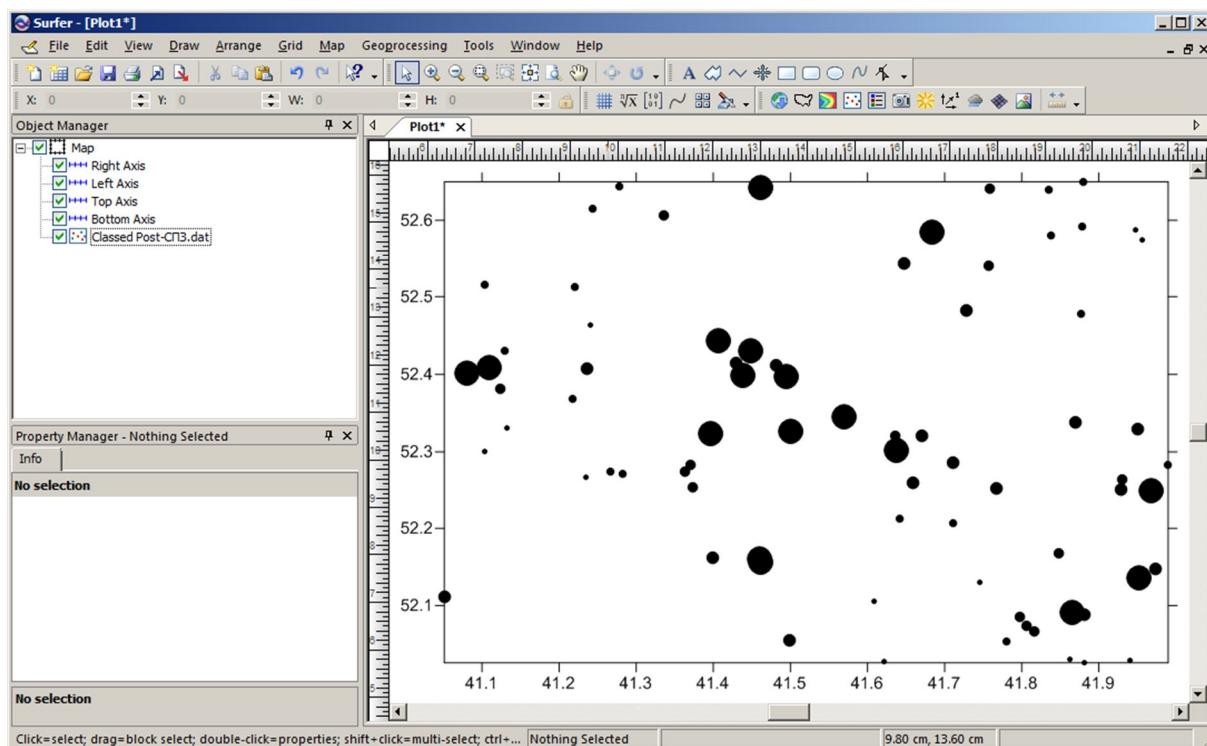


Рис. II.31. Классифицированная точечная карта. Все параметры заданы по умолчанию

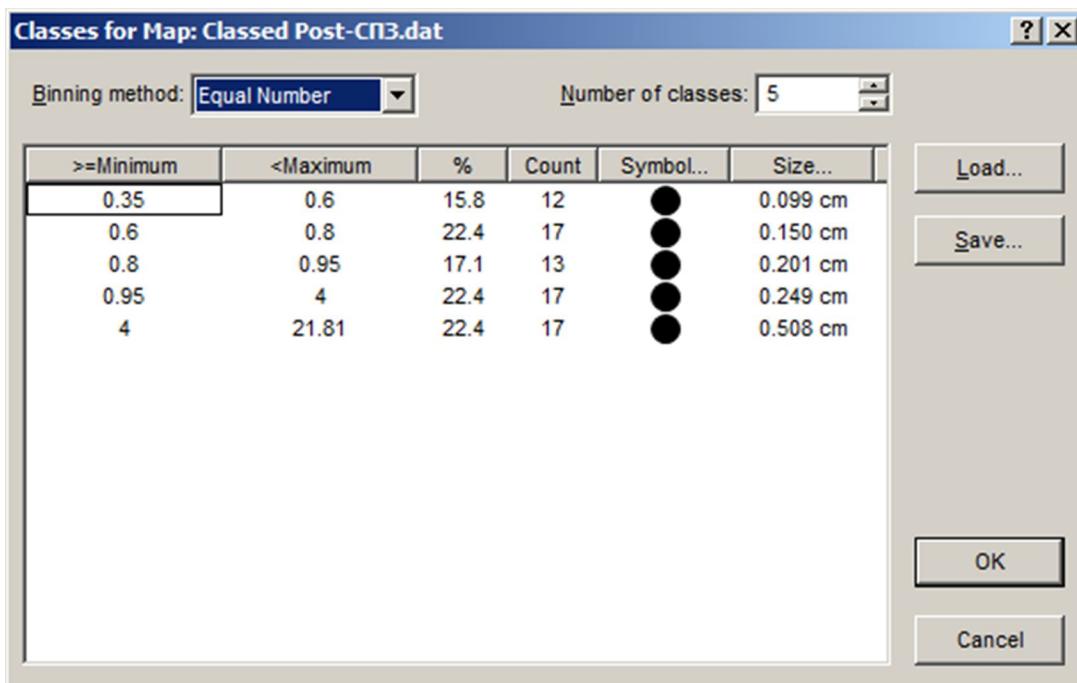


Рис. II.32. Диалоговое окно Classes for Map: Classed Post-СПЗ.dat (Классы для карты Classed Post-СПЗ.dat)

Задание 17. Классифицированная точечная карта

Трудоёмкость 1

- Создать классифицированную точечную карту по данным из файла «СПЗ.dat».

2) Изменить набор классов карты в соответствии с параметрами из предлагаемой таблицы (Табл. II.7).

Табл. II.7. Варианты для задания 17

Вариант	Число классов	Границы классов	Выделение классов
1	6	1-7, 7-12, 12-16, 16-19, 19-21, 21-22	Цветом
2	6	0-4, 4-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24	Цветом и размером
3	6	3-4, 4-6, 6-9, 9-13, 13-18, 18-24	Знáком
4	5	0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25	Цветом и знáком
5	3	0-10, 10-20, 20-30	Размером
6	6	1-7, 7-12, 12-16, 16-19, 19-21, 21-22	Размером и знáком
7	6	0-4, 4-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24	Цветом
8	6	3-4, 4-6, 6-9, 9-13, 13-18, 18-24	Цветом и размером
9	5	0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25	Знáком
10	3	0-10, 10-20, 20-30	Цветом и знáком

III. ОЦИФРОВКА РАСТРОВЫХ КАРТ

В Surfer предусмотрена возможность снимать значения X и Y координат в произвольных точках, как построенных сеточных карт, так и импортированных извне растровых изображений. Этот процесс называется *оцифровка* (*Digitizing*). Чаще всего её применяют для перевода в электронную форму старых отсканированных растровых карт. Иногда только в растровом виде доступны для использования карты, подготовленные в других ГИС. Импорт подобных карт для последующей оцифровки выполняется с помощью создания карты-основы.

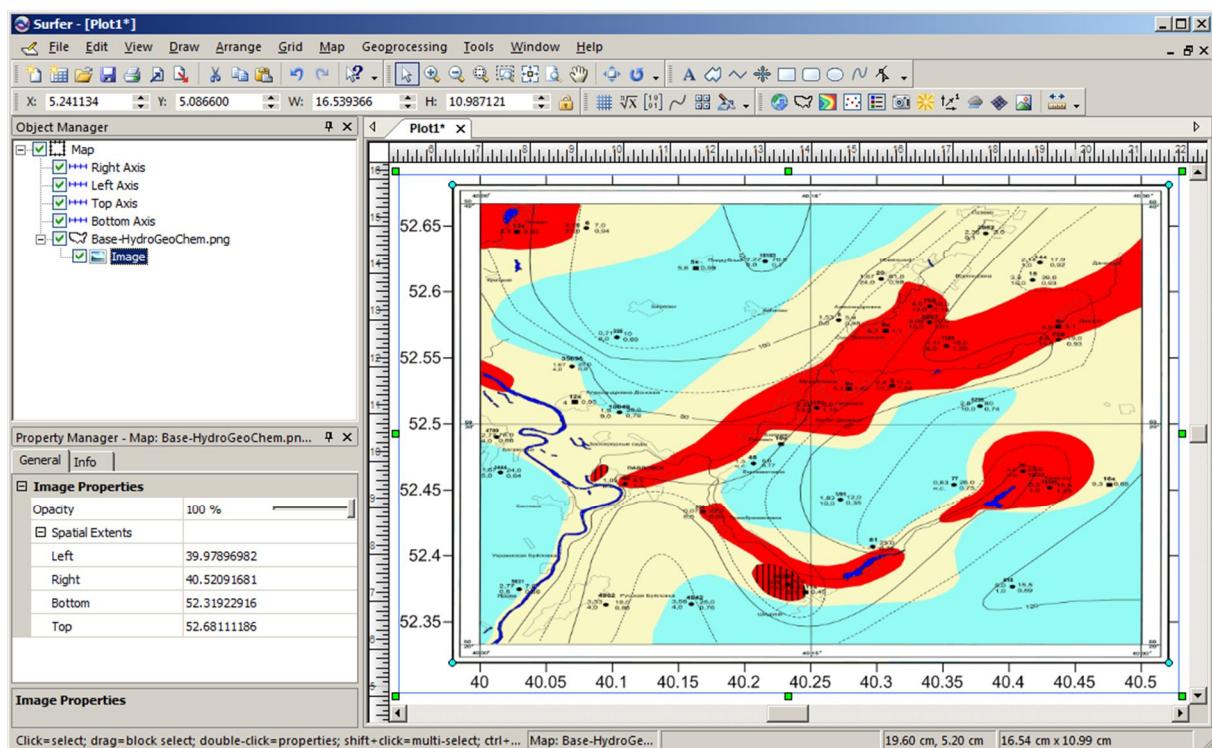


Рис. III.1. Карта-основа: гидрогеохимическая карта водоносного комплекса

III.1. СОЗДАНИЕ КАРТЫ-ОСНОВЫ

Карта-основа позволяет изобразить в окне плota-документа информацию, которая не доступна для представления в виде сеточной или точечной карты. Карта-основа может быть растровым рисунком, импортированным из внешнего графического файла. Так же исходными для карты-основы могут быть векторные данные, полученные из другой ГИС, содержащие топографические объекты: реки, дороги, границы и т.п.

Surfer позволяет импортировать пространственно привязанные растры. Это такие графические изображения, у которых каждый пиксель соотнесён с определённой координатой на местности. В таком случае после импорта на осях карты будут подписаны реальные значения координат, например широта и долгота.

Пространственно привязанные растры, которые можно вставить в Surfer, – это набор из трёх файлов с одним именем и разными расширениями. Например, такой:

map.jpg – собственно растровый графический файл.

map.jrw – так называемый w-файл, содержащий информацию о координате левого верхнего угла изображения и размере одного пикселя. У растрового файла формата tif w-файл будет иметь расширение tfw, а png – pnw и т.п.

map.prj – файл с описанием координатной системы, в которой представлено изображение.

Получить такой набор можно в результате экспорта изображения из другой ГИС. Впоследствии карта-основа легко комбинируется с любым другим видом карт в один оверлей.

Если же подобного набора файлов нет, а есть один только растровый файл, то его всё равно получится импортировать в Surfer, но на осях карты будут показаны пиксельные координаты изображения – расстояние в пикселях от левого нижнего угла. Это не всегда удобно, т.к. другие данные обычно бывают привязаны к каким-то другим координатам.

Для создания карты-основы требуется:

1. Создать новый плот-документ. Сохранить его под именем «Оцифровка.srf»
2. Выполнить команду **Map/Base Map** или щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open* (Рис. I.12). Выбрать графический файл, содержащий оцифровываемую карту
3. Установить систему координат. В середине страницы, изображённой в окне плот-документа возникнет вновь созданная карта-основа (Рис. III.1)
4. Дать название «Основа» для карты-основы

III.2. ОЦИФРОВКА КАРТЫ-ОСНОВЫ

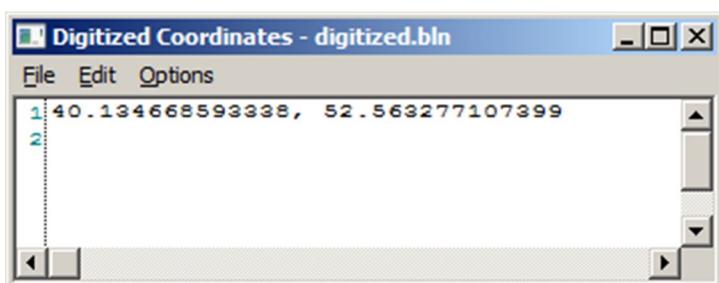


Рис. III.2. Окно дигитайзера после первого щелчка по оцифровываемой карте-основе

Оцифровка карты-основы позволяет перевести её в электронную форму. Для этого потребуется:

1. Выделить карту «Основа» с помощью однократного щелчка мышью
2. Выполнить команду **Map/Digitize**. При этом указатель мыши поменяет вид на тонкий крестик. При перемещении указателя над картой в строке состояния будут показываться текущие координаты X и Y карты
3. Щёлкнуть левой кнопкой мыши по карте. Появится окно дигитайзера (Рис. III.2). В этом окне автоматически будет добавлена строка со значениями координат X и Y. Кроме того, на карте в месте, где был произведён щелчок, возникнет маленький (к сожалению временный) крестик красного цвета

4. Таким образом надо отследить всю оцифровываемую изолинию.
5. Сохранить результаты оцифровки каждой изолинии по отдельности. В окне дигитайзера выполнить команду **File/Save As**. Появится диалоговое окно *Save As (Сохранить как)* (Рис. I.10). В выпадающем списке *Save as Type (Тип файла)* выбрать пункт *Data Files (*.DAT)*. Ввести имя файла в соответствии со значением (учитывая знак) оцифровываемой изолинии
6. Закрыть окно дигитайзера и приступить к оцифровке следующей изолинии.
7. Для окончания процесса оцифровки нажать клавишу *Esc*

Задание 18. Оцифровка растрового изображения

Трудоёмкость 5

- 1) Создать новый плот-документ «Оцифровка». Создать карту-основу из графического файла, выданного преподавателем. Произвести оцифровку всех изолиний поля силы тяжести.
- 2) После прохождения очередной изолинии производить построение точечной карты на основе только что созданного файла с результатами оцифровки. В менеджере объектов давать имя каждой точечной карте в соответствии со значением оцифровываемой изолинии. Точечные карты включать в оверлей с картой-основой.
- 3) Произвести сборку в режиме рабочего листа всех результатов оцифровки в едином файле с добавлением третьего столбца – значения параметра, представленного на карте, для каждой изолинии. Сохранить в файле «Сборка.dat»
- 4) Создать сеточный файл «Сборка.grd» по данным файла «Сборка.dat».
- 5) Построить контурную карту на основе сеточного файла «Сборка.grd». Сделать цвет контуров всех изолиний белым.
- 6) Проверить соответствие оцифровываемого изображения и контурной карты. Исправить ошибки при их обнаружении и повторить пп. 4 и 5.

IV. ПОСТРОЕНИЕ СЕТКИ

IV.1. ОБЗОР МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СЕТКИ

Построение сетки – это создание регулярного массива значений Z -координат узловых точек по нерегулярному массиву (X, Y, Z) -координат исходных точек.

Термин «нерегулярный массив координат» означает, что X , Y -координаты точек данных распределены по области карты неравномерно. Для создания *карты изолиний* (*Contour*) или *графика поверхности* (*Surface*) требуется регулярный массив узловых точек. Процедура построения сетки представляет собой интерполяцию или экстраполяцию значений исходных точек данных на равномерно распределённые узлы в исследуемой области.

Программа **Surfer** предоставляет пользователю несколько методов построения регулярных сетей. Каждый из этих методов использует свою процедуру интерполяции данных, поэтому сетки, построенные по данным с помощью различных методов, могут несколько отличаться друг от друга.

Метод Криге (Kriging) – это геостатистический метод построения сетки. Этот метод пытается выразить тренды, которые предполагаются в данных. Например, точки высокого уровня предпочтительнее соединять вдоль гребня, а не изолировать с помощью замкнутых горизонталей типа «бычий глаз». Метод следует предпочесть для создания сетки по неравномерно распределённым в пространстве точкам исходных данных. Метод является точным интерполятором (если не задан сглаживающий параметр). При этом можно учитывать анизотропию.

Триангуляция с линейной интерполяцией (Triangulation with Linear Interpolation) является точным интерполяционным методом. Суть этого метода заключается в следующем. Исходные точки данных соединяются таким образом, что результирующая поверхность покрывается “лоскутным одеялом” из граней треугольников. При этом ни одна из сторон треугольника не пересекается сторонами других треугольников. Каждый треугольник определяется тремя исходными экспериментальными точками. Значения функции в узлах регулярной сети, попадающих внутрь этого треугольника, принадлежат плоскости, проходящей через вершины треугольника.

Метод **Minimum Curvature (Минимальной кривизны)** широко используется в науках о земле. Поверхность, построенная с помощью этого метода, аналогична тонкой упругой плёнке, проходящей через все экспериментальные точки данных с минимальным числом изгибов. Метод минимальной кривизны, однако, не является точным методом. Он генерирует наиболее гладкую поверхность, которая проходит настолько близко к экспериментальным точкам, насколько это возможно, но эти экспериментальные точки не обязательно принадлежат интерполяционной поверхности.

Метод **Polynomial Regression (Полиномиальной регрессии)** используется для выделения больших трендов и структур в данных. Это метод,

строго говоря, не является интерполяционным методом, поскольку сгенерированная поверхность не проходит через экспериментальные точки.

IV.2. СОЗДАНИЕ СЕТОЧНОГО ФАЙЛА

Как правило, при создании сеточного файла можно принять значения параметров сетки по умолчанию; это позволяет сгенерировать приемлемый сеточный файл, пригодный для построения карт изолиний и графиков поверхностей. Однако есть несколько параметров, изменение которых оказывает существенное влияние на сеточный файл. Эти параметры по смыслу можно разбить на две группы: параметры геометрии сетки и параметры используемого сеточного метода.

Пределы сети определяют минимальные и максимальные значения X и Y координат создаваемого сеточного файла. По умолчанию **Surfer** выбирает в качестве пределов сети минимальные и максимальные значения X и Y координат точек данных из *XYZ* файла. Пределы сеточного файла задают область определения для карт изолиний и графиков поверхностей, которые будут строиться на основе этого файла.

Плотность сетки определяется количеством линий в направлении осей X и Y , соответственно. Иными словами, плотности сетки определяются числом строк и столбцов в сеточном файле. По умолчанию **Surfer** выбирает ту из осей координат (X или Y), которая длиннее, и строит 100 сеточных линий от этой оси. Сеточные линии от более короткой оси строятся с тем же шагом; их количество определяется длиной этой оси.

Плотность сетки задаётся количеством строк и столбцов в сеточном файле, то есть числом узлов сетки. С ростом плотности сетки увеличивается гладкость изолиний и графиков поверхностей. Однако увеличение числа узлов пропорционально увеличивает время построения сетки, размер сеточного файла, а также время рисования карт и графиков.

Плотность сетки определяет степень гладкости карт изолиний и графиков поверхностей. Изолинии, а также линии сетки, определяющей график поверхности, на самом деле являются ломанными линиями, состоящими из прямолинейных отрезков. Чем больше строк и столбцов в сеточном файле, тем короче эти отрезки и тем более гладкими выглядят изолинии и графики поверхностей.

Выбор плотности сетки следует производить в соответствии с исходными данными или требуемым масштабом карты. Если известен масштаб, в котором надо изобразить карту, то шаг между линиями сетки надо задать равным тому количеству единиц карты, которые помещаются в 1 мм изображения. Например, при масштабе 1 : 50 000 это будет 50 м. Если требуемый масштаб заранее не известен, то шаг между линиями сетки можно задать равным половине среднего расстояния между точками данных (при небольшой дисперсии величин расстояний между точками). В любом случае следует учитывать возможности компьютера, так как создание очень плотной сетки может затянуться надолго.

Задание 19. Сравнение различных методов создания сетки

Трудоёмкость 6

- 1) Определить среднее расстояние между точками данных, полученных при оцифровке карты «Основа».
- 2) Создать по этим данным сеточные файлы с помощью следующих методов интерполяции: *Kriging*, *Nearest Neighbor*, *Triangulation with Linear Interpolation* и *Polynomial Regression*. У метода *Polynomial Regression* использовать по очереди 3 метода определения поверхности (*Simple planar surface*, *Quadratic surface*, *Cubic surface*) (Рис. IV.1). Каждый раз сохранять сетку в отдельном сеточном файле с именем, соответствующим названию метода интерполяции (например, «Kriging.grd», «NN.grd», «TLI.grd», «PolynomSimple.grd», «PolynomQuadratic.grd», «PolynomCubic.grd»).

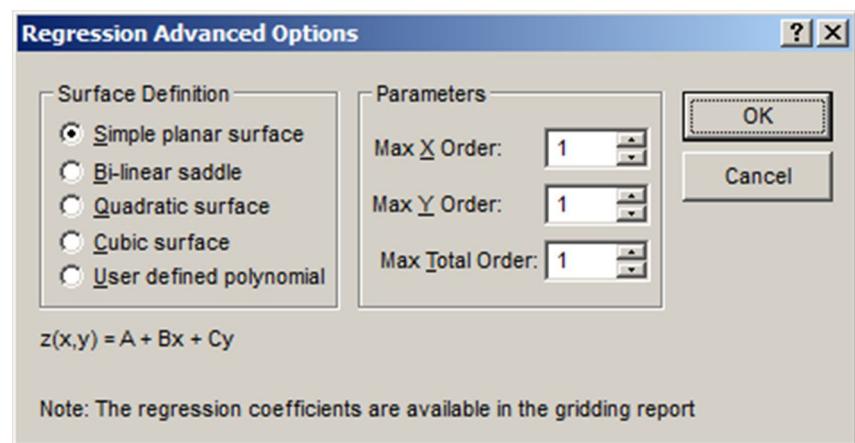


Рис. IV.1. Диалоговое окно Regression Advanced Options (Дополнительные параметры регрессии)

- 3) Создать новый плот-документ.
- 4) Построить в одном окне контурные карты на основе всех сеточных файлов. Расположить карты в виде мозаики и снабдить их подписями названий методов интерполяции.
- 5) Провести анализ полученных карт и попарное сопоставление каждой карты с картой, построенной с помощью метода *Кригинга*. Указать сходства и отличия. При изучении карт, полученных с помощью полиномиальной регрессии обратить внимание на уровень обобщения или детализации представленных на изображениях.
- 6) Сделать выводы об особенностях работы каждого метода интерполяции. Определить, как методы выявляют локальные и глобальные тренды в данных. Изучить работы методов в областях с низкой, средней и высокой обеспеченностью исходными данными.

IV.3. СГЛАЖИВАНИЕ СЕТКИ

Сглаживание сеточного файла используется для того, чтобы сгладить углы на линиях контуров и многогранные блоки на графиках поверхностей, а также подавить нежелательные «шумы» и «дребезг» исходного сеточного файла.

IV.3.A. Сплайновое сглаживание

Команда **Grid/Spline Smooth** использует сплайновую интерполяцию для вычисления новых узлов сетки. Интерполяция моделирует чертёжную технику (применявшуюся до середины XX века), в которой гибкая полоска (*сплайн*) использовалась для рисования гладкой кривой между заданными точками. Сплайн в действительности – не более чем изображение непрерывного набора кубических многочленов с одинаковыми наклонами на смежных концах.

Сплайновое сглаживание не может экстраполировать за пределы исходной сетки. Сглаженная сетка всегда будет иметь те же пределы, что и сглаживаемая. Сплайновое сглаживание может привести как к уменьшению минимального значения Z исходной сетки, так и к увеличению максимального.

Имеется два способа для проведения сплайнового сглаживания: с помощью *сгущения сетки* и путём *перевычисления сетки*.

В первом способе новые узлы вставляются между существующими узлами исходной сетки. Оригинальные значения узлов исходной сетки сохраняются, а новые узлы вычисляются так, чтобы получить гладкую поверхность.

Если сетка перевычисляется, то значения всех узлов сетки рассчитываются заново. В этом случае можно как увеличить, так и уменьшить количество строк и столбцов сглаженной сетки относительно сглаживаемой.

Сплайновое сглаживание может быть использовано для уменьшения плотности сетки. Это используется в том случае, если первоначально была создана слишком густая сетка и построение карты по ней занимает слишком много времени.

Другим применением сплайнового сглаживания является заполнение редкой сетки. Например, при построении карт по сети размером 10×10 контуры будут представлены как ломаные линии, то есть линии, состоящие из смежных прямолинейных отрезков. При увеличении плотности сети с помощью команды **Grid/Spline Smooth** до размера 50×50 узлов представление изолиний и графиков поверхностей будет гораздо более гладким, чем при сети 10×10 .

Для сгущения сетки необходимо выполнить:

1. Перейти в режим плот-документа (создать новый плот-документ)
2. Выполнить команду **Grid/Spline Smooth**. Появится диалоговое окно *Open Grid (Открыть сеточный файл)*, Рис. II.1). Выбрать файл сглаживаемой сетки. Появится диалоговое окно *Spline Smooth (Сплайновое сглаживание)* (Рис. IV.2)
3. В группе *Method (Метод)* выбрать пункт *Insert Nodes (Вставить узлы)*. При этом активной станет группа *Number Nodes to Insert (Количество узлов для вставки)*
4. Параметр *Between Rows (Количество вставляемых строк)* определяет количество строк (узлов с постоянным значением Y) для вставки между существующими строками сеточного файла. Ввести 4
5. Параметр *Between Cols (Количество вставляемых столбцов)* определяет количество столбцов (узлов с постоянным значением X) для вставки между существующими

ми столбцами сеточного файла. Ввести 4

6. Изменить имя выходного сеточного файла. В группе *Output Grid File* щёлкнуть по кнопке . Появится диалоговое окно *Save Grid As* (*Сохранить сетку как*) аналогичное тому, что обычно появляется при первом сохранении файла (Рис. I.10). Задать новое имя, например «Сплайн1.grd» и щёлкнуть по кнопке .
7. В диалоговом окне *Spline Smooth* щёлкнуть по кнопке .

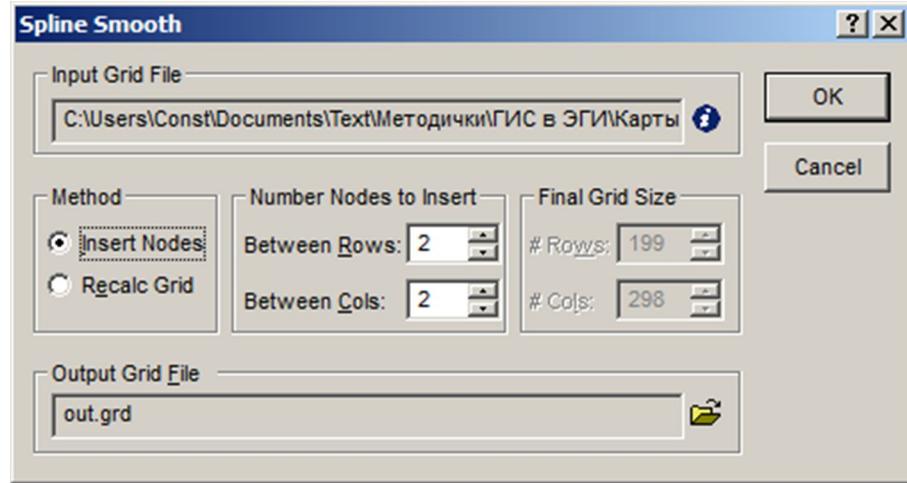


Рис. IV.2. Диалого-
вое окно Spline
Smooth (Сплайно-
вое сглаживание)

Для перевычисления сетки необходимо выполнить:

1. } Повторить соответствующие действия для сгущения сетки
2. } Повторить соответствующие действия для сгущения сетки
3. В группе *Method* (*Метод*) выбрать пункт *Recalc Grid* (*Перевычислить сетку*). При этом активной станет группа *Final Grid Size* (*Конечный размер сетки*)
4. Уточнить размер исходной сетки с помощью кнопки . На экране появится окно отчёта, содержащего, в том числе и информацию о размере сетки (*Grid Size*)
5. Параметр *# Rows* (*Число строк*) определяет количество строк в сглаженном сеточном файле. Ввести вдвое меньшее округлённое значение, например 100.
6. Параметр *# Cols* (*Число столбцов*) определяет количество столбцов в сглаженном сеточном файле. Ввести вдвое меньшее округлённое значение, например 50
7. Изменить имя выходного сеточного файла. Задать новое имя, например «Сплайн2.grd» .
8. В диалоговом окне *Spline Smooth* щёлкнуть по кнопке .

Задание 20. Сглаживание сетки с помощью сплайна

Трудоёмкость 3

- 1) Создать два новых сеточных файла с помощью обоих методов сплайнового сглаживания на основе сеточного файла «Kriging.grd». Назвать их «Spline1.grd» и «Spline2.grd» соответственно.
- 2) Построить три контурные карты по исходной и сглаженным сеткам. Назвать их «Исходная», «Сгущение» и «Перевычисление» соответственно. Изменить цвет контуров на контурных картах, изображающих сглаженные функции: «Сгущение» – Blue, «Перевычисление» – Red.

3) Произвести анализ полученных изображений друг с другом на предмет сходства и различий. Обратить особое внимание на мелкие детали, изображаемые изолиниями. Сделать вывод относительно того, какой метод сплайнового сглаживания представляет больше информации, а какой создаёт плавные изолинии.

IV.3.B. Низкочастотная пространственная фильтрация

Команда **Grid/Filter** позволяет применить к сетке методы цифрового анализа её образа. Эти методы включают широкий спектр сглаживающих (низкочастотных) фильтров; фильтров, увеличивающих контрастность; фильтров, выделяющих и усиливающих края; фильтров, вычитающих региональный фон (высокочастотных).

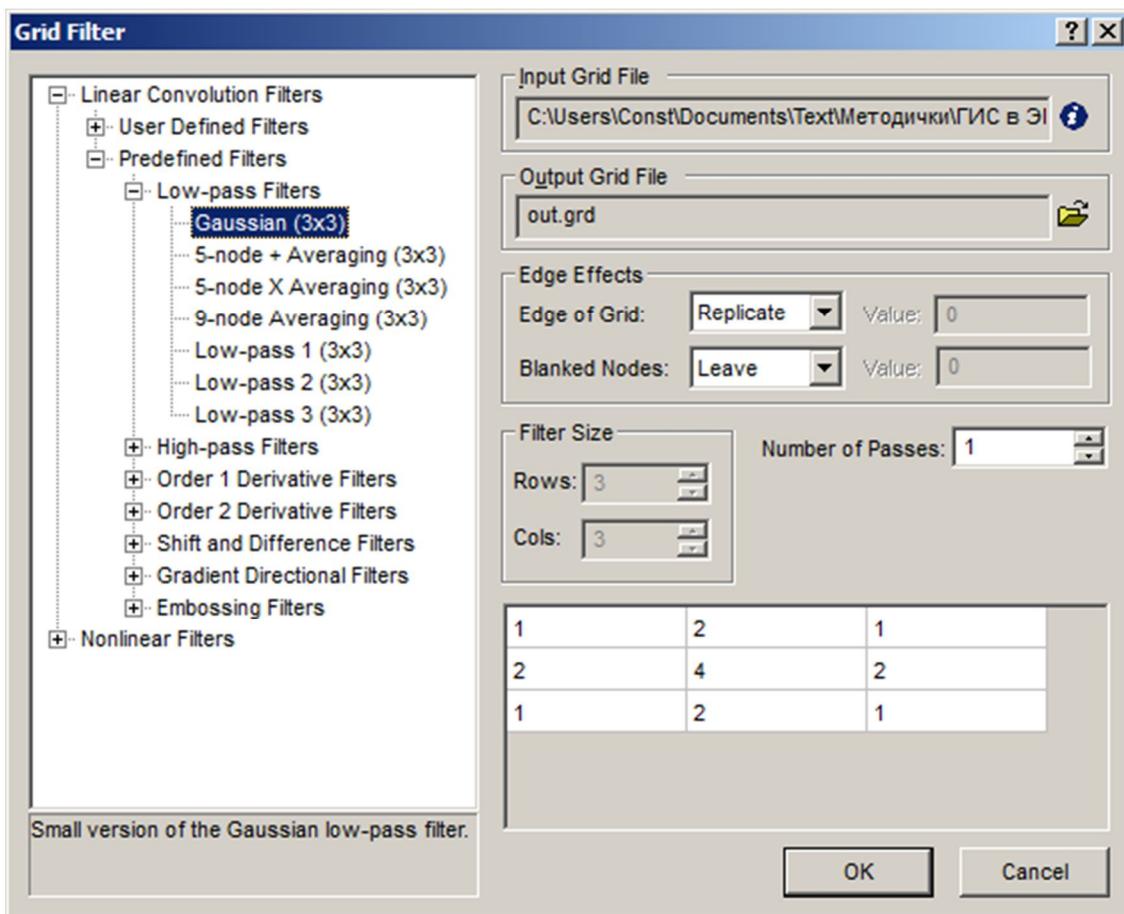


Рис. IV.3. Диалоговое окно Digital Filtering (Цифровая фильтрация)

Для целей сглаживания сетки можно использовать низкочастотные фильтры. Для этого потребуется:

1. Выполнить команду **Grid/Filter**. Появится диалоговое окно *Open Grid* (*Открыть сеточный файл*, Рис. II.1). Выбрать сеточный файл. Появится диалоговое окно *Digital Filtering* (*Цифровая фильтрация*) (Рис. IV.3)
2. В структуре иерархии видов фильтров выбрать пункт **Linear Convolution Filters/Predefined Filters/Low-pass Filters/Gaussian (3x3)** (*Фильтры линейной свёртки/Предопределённые фильтры/Низкочастотные фильтры/Гауссовый (3x3)*)
3. В диалоговом окне *Digital Filtering* щёлкнуть по кнопке **OK**

Задание 21. Сглаживание сетки с помощью фильтрации

Трудоёмкость 2

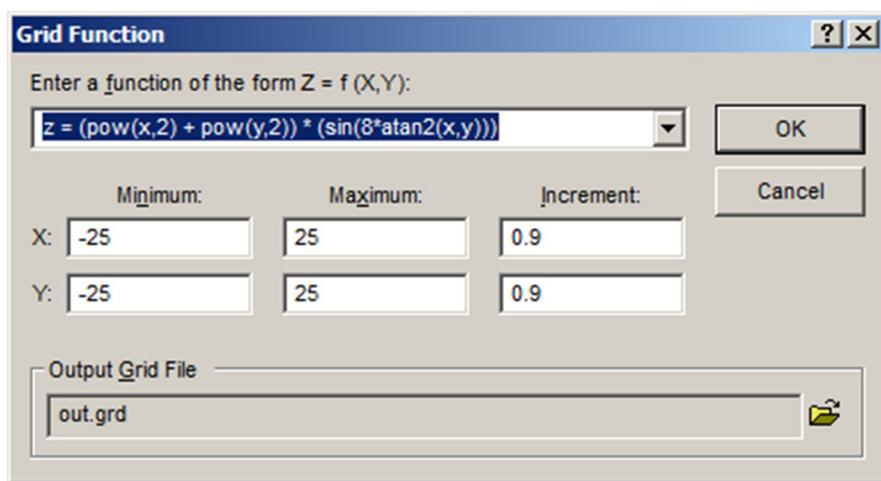
- 1) Провести фильтрацию сеточного файла «Kriging.grd». Дать имя выходному сеточному файлу «Filter.grd».
- 2) Построить контурную карту по этому сеточному файлу в том же плот-документе, который был создан при выполнении предыдущего задания. Назвать карту «Фильтрация». Изменить цвет её контуров – установить Green.
- 3) Выполнить сравнение результатов сглаживания с помощью двух методов сплайнового сглаживания и фильтрации. Обратить внимание на то, как разные методы сглаживания передают тонкие особенности изображаемой функции

IV.4. ПОСТРОЕНИЕ СЕТКИ ПО ФУНКЦИИ

Команда **Grid/Function** (*Функция*) позволяет сгенерировать сеточный файл для любой функции двух переменных вида $z = f(y,x)$. В правую часть уравнения могут входить арифметические операции (см. прил. V.1.А. Арифметические операции, стр. 67) и математические функции, встроенные в **Surfer** (см. прил. V.2. Стандартные функции, стр. 67). На основе созданного сеточного файла можно затем строить карты изолиний или графики поверхностей.

Для создания сеточного файла по функции потребуется:

1. Выполнить команду **Grid/Function**. Появится диалоговое окно *Grid Function* (*Сеточная функция*) (Рис. IV.4)
2. Ввести нужную функцию
3. Ввести минимальные (*Minimum*) и максимальные (*Maximum*) значения переменных *X* и *Y*, а также значения шагов (*Increment*) по осям координат
4. Задать имя выходного файла. Щёлкнуть по кнопке **OK**



*Рис. IV.4. Диалоговое окно Grid Function
(Сеточная функция)*

Задание 22. Создание сеточного файла с помощью функции

Трудоёмкость 2

- 1) Изучить Приложение. Ознакомиться с перечнем встроенных математических функций и примерами составления выражений.
- 2) Создать новый плот-документ.
- 3) Создать сеточные файлы с помощью функций в соответствии с таблицей (Табл. IV.1). Задать для X и Y минимальное значение - 100, максимальное - +100, шаг - 1.
- 4) Построить по созданным сеточным файлам образные карты. Задать у карт такую цветовую палитру, чтобы нулевые значения отображались белым цветом. Цвета противоположных концов цветового спектра выбрать различными.

Табл. IV.1. Варианты для задания 21

Вариант	Выражение	
	1	2
1	$\cos(x^2 + y^2)$	$\sin(x)\sin(y)$
2	$(x^2 + y^2)\cos(x)\cos(y)$	$\cos(x)\cos(y)$
3	$\cos(\sqrt{x^2 + y^2})$	$\sin\left(4 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$
4	$\cos(\sqrt{x^2 + y^2})\cos\left(16 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$	$\sin\left(8 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$
5	$(x^3 + y^3)\cos\left(4 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$	$\sin\left(16 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$
6	$\sin(\sqrt{2x^2 + y^2})$	$\sin(x^2 + y^2)$
7	$\cos\left(4 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$	$(x^2 + y^2)\sin(x)\sin(y)$
8	$\cos\left(8 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$	$\sin(\sqrt{x^2 + y^2})$
9	$\cos\left(16 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$	$\sin(\sqrt{x^2 + y^2})\sin\left(16 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$
10	$\cos(x^2 + y^2)$	$(x^3 + y^3)\sin\left(4 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)$

IV.5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Команда **Grid/Math** позволяет сгенерировать сеточный файл, значения которого вычисляются по значениям Z -координат узлов двух других сеточных файлов с помощью математических операций и функций. Файлы, участвующие в операциях, должны иметь одинаковое число узлов и одинаковые X -, Y -координаты соответствующих узлов.

Данная команда создаёт сеточный файл на основе заданной пользователем математической функции вида $f(A, B)$, где A и B – входные сеточные файлы. Заданная функция вычисляется над значениями узлов входных файлов с одинаковыми X -, Y -координатами, а результат вычислений помещается в выходной файл в узел с теми же X -, Y -координатами.

Команду **Grid/Math** можно использовать также для вычисления математических функций от одного сеточного файла. В этом случае заданная функция вычисляется для всех узлов входного файла. Например, можно построить сеточный файл, элементы которого являются десятичными логарифмами от элементов входного файла. Для этого нужно воспользоваться функцией $\log10(A)$.

Также можно выполнить простую математическую операцию над входным сеточным файлом. Например, при задании формулы $A - 100$ получится файл, элементы которого на 100 единиц меньше элементов входного файла.

Важно заметить, что поскольку вычисления над сетками производятся по-отдельности для каждого узла, то все сетки, включаемые в вычисления должны иметь одинаковую геометрию (пределы и шаг по X и Y).

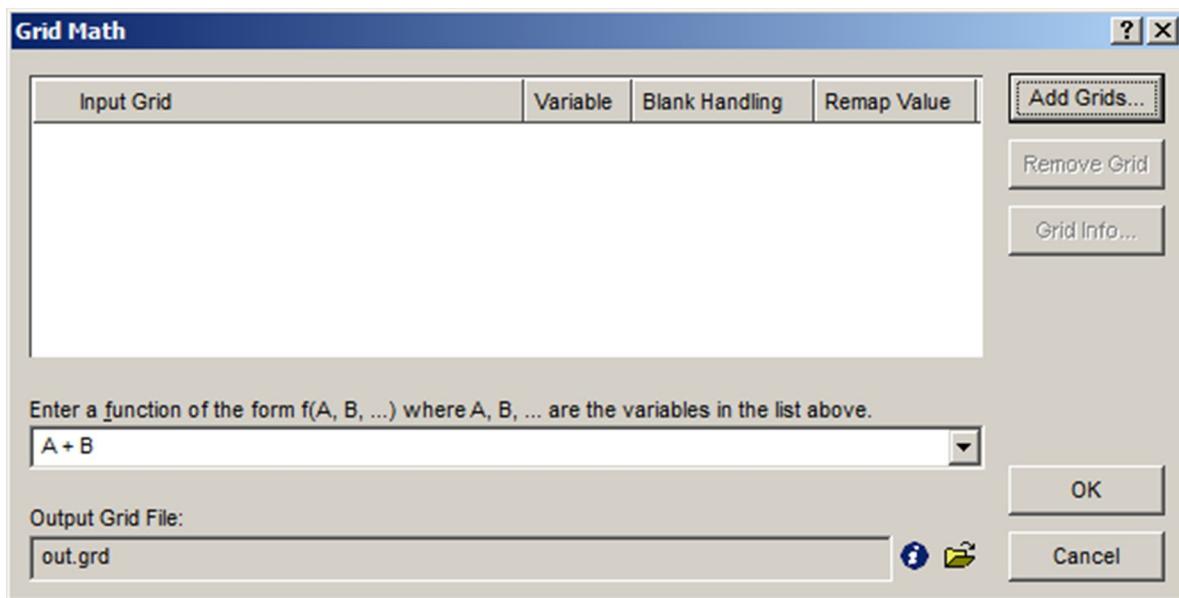


Рис. IV.5. Диалоговое окно Grid Math (Сеточная Математика)

Для создания сеточного файла с помощью математического преобразования потребуется:

1. Выполнить команду **Grid/Math**. Появится диалоговое окно *Open Grid* (*Открыть сеточный файл*, Рис. II.1). Выбрать первый из используемых сеточных файлов. Появится диалоговое окно *Grid Math* (*Сеточная математика*) (Рис. IV.5).

2. Щёлкнуть по кнопке **Add Grids...**. С её помощью можно добавить первый сеточный файл, который будет фигурировать в качестве переменной *A*
3. Если в формуле должно быть больше переменных, то можно, нажимая кнопку **Add Grids...**, добавлять в таблицу переменных другие сеточные файлы
4. Ввести математическую функцию в окно редактирования *Enter a function of the form f(A,B)* (*Введите функцию вида f(A,B)*).
5. В групповом окне *Output Grid File* (*Выходной сеточный файл*) отображаются путь доступа и имя создаваемого сеточного файла, заданные по умолчанию. Рекомендуется задавать другое имя.
6. Щёлкнуть по кнопке **OK**. Сеточный файл будет создан.

Задание 23. Математические преобразования с сеточными файлами

Трудоёмкость 4

- 1) Произвести вычисления разности сеточных файлов, созданных по результатам оцифровки, с помощью метода *Kriging* (элемент *A* функции $C = A - B$), и *Polynomial Regression*, все три варианта (элемент *B* функции). Создаваемые сеточные файлы сохранять с соответствующими именами (например, «*Kriging-Simple.grd*»).
- 2) Построить по созданным сеточным файлам образные карты с цветовой шкалой, включив их в оверлей с контурной картой (без заливки), построенной по сеточному файлу «*Kriging.grd*». Образные карты снабдить цветовой шкалой (включить переключатель *Show Color Scale* на вкладке *General* окна параметров образной карты).
- 3) Проанализировать аномалии, оставшиеся после вычитания регионального фона.

IV.6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИСЧИСЛЕНИЯ

Команда **Grid/Calculus** предоставляет набор инструментов для интерпретации сеточных файлов. Сеточные исчисления могут помочь определить такие числовые характеристики сетки, которые не являются вполне очевидными на контурной карте, построенной по этой сетке. Диалоговое окно *Grid Calculus* (*Сеточные исчисления*) (Рис. IV.6) разделено на четыре секции:

1. Directional Derivatives (Дирекционные производные)

Дирекционные производные предоставляют информацию о наклоне или степени изменения наклона сеточной поверхности в указываемом направлении (задаётся дирекционным углом). В связи с учётом направления получаемые значения не обязательно соответствуют максимальным в данной точке.

Имеются три вида дирекционных производных: *First Derivative* (*Первая производная*), *Second Derivative* (*Вторая производная*) и *Curvature* (*Кривизна*). Для каждого из них можно задавать дирекционный угол

1. First Derivative

Производит вычисление наклона поверхности вдоль указанного направления.

Контурные карты, построенные по результатам работы этого исчисления, изображают линии постоянного наклона вдоль фиксированного направления. В любом конкретном узле сетки, если поверхность направлена вверх, то её наклон положителен, а если вниз – отрицательный

2. *Second Derivative*

Производит вычисление степени изменения наклона поверхности вдоль указанного направления. Контурные карты, построенные по результатам работы этого исчисления, изображают линии постоянной степени изменения наклона вдоль фиксированного направления.

3. *Curvature*

Кривизна – это мера степени изменения угла падения касательной плоскости вдоль линии профиля, определённого на поверхности с помощью дирекционного угла. Кривизна представляется своими абсолютными значениями и, поэтому, всегда больше нуля

2. *Terrain Modeling (Моделирование террейна)*

Террейн – это изображение земной поверхности. Моделирование террейна кроме топографии также может использоваться для анализа геометрии сеточного файла. Результаты моделирования базируются на направлении градиента (направлении наибольшего наклона в данной точке), а не на заранее заданном направлении, как в случае дирекционных производных.

При моделировании террейна можно использовать пять операций: *Terrain Slope* (*Наклон Террейна*), *Terrain Aspect* (*Аспект Террейна*), *Profile Curvature* (*Профильная Кривизна*), *Plan Curvature* (*Плановая Кривизна*) и *Tangential Curvature* (*Тангенциальная Кривизна*).

При выборе последний четырёх операций можно задавать значение *Threshold* (Порог). В областях, где наибольший наклон стремится к нулю (где поверхность почти горизонтальна), трудно бывает определить направление градиента (т.е. направления «вниз» и «вверх» изменяются произвольно). В подобных случаях предпочтительнее классифицировать её как плоскую. Порог *Threshold* – это минимальное значение наклона, для которого ещё вычисляются аспект и кривизна. На участках, где значение *Threshold* не достигается, сетка бланкируется (см. раздел IV.7. Бланкирование сетки, стр. 62).

1. *Terrain Slope*

Производит вычисление наклона поверхности в каждом узле сетки. Получаемые значения – это угол, измеряемый в градусах, изменяющийся от 0 (горизонтальная поверхность) до 90 (вертикальная). Для каждой конкретной точки поверхности наклон террейна определяется по направлению самого крутого спуска или подъёма (аспект террейна). Наклон террейна подобен первой дирекционной производной, но является более мощным инструментом, т.к. автоматически определяет направление наибольшего наклона

2. *Terrain Aspect*

Производит вычисление азимута направления «вниз» для наибольшего наклона (т.е. азимута падения) в каждом узле сетки. Это направление всегда перпендикулярно контурным линиям и точно противоположно направлению градиента. Значения аспекта террейна – это азимутальный угол, где 0° указывает на Север, а 90° – на Восток.

3. *Profile Curvature*

Определяет степень изменения наклона поверхности в направлении градиента (против направления аспекта террейна) для каждого узла сетки. Профильная кривизна подобна второй дирекционной производной, но является более мощным инструментом, т.к. автоматически определяет направление наибольшего наклона. Отрицательные значения указывают ускорение потока воды, вылитой на поверхность. Положительные значения отмечают замедление потока воды

4. *Plan Curvature*

Отражает степень изменения угла аспекта террейна, при рассмотрении его в горизонтальной плоскости, и является мерой кривизны изолиний на контурной карте. Отрицательные значения отмечают расхождение потока воды на поверхности, а положительные – схождение потока

5. *Tangential Curvature*

Измеряет кривизну в отношении вертикальной плоскости, перпендикулярной направлению градиента или перпендикулярной изолинии на контурной карте. Отрицательные и положительные значения означают то же что и у плановой кривизны, но значения кривизны другие

3. *Differential and Integral Operators* (*Дифференциальный и интегральный операторы*)

Раздел включает *Gradient Operator* (*Оператор Градиента*), *Laplacian Operator* (*Оператор Лапласа*), *Biharmonic Operator* (*Бигармонический оператор*) и *Integrated Volume* (*Интегральный Объём*)

1. *Gradient Operator*

Создаёт сетку со значениями наибольших наклонов (т.е. величин градиентов) в каждой точке поверхности. Это подобно наклону террейна, но оператор градиента даёт результат в тех же единицах измерения, что и исходная функция, а не в градусах. Кроме того, направление градиента противоположно наклону террейна. Оператор градиента равен нулю для горизонтальной плоскости и стремится к бесконечности для вертикальной

2. *Laplacian Operator*

Обеспечивает измерение степени накопления или разгрузки воды, вылитой на поверхность. Положительные значения соответствуют областям накопления, а отрицательные – разгрузки. Оператор обычно применяется для расчётов в тех областях, где величина локального потока пропорциональна локальному градиенту (например, в гидрогеологии, термодинамике, электродинамике)

3. *Biharmonic Operator*

Используется для математического описания таких физических процессов, как изгиб плит и пластов, вязкий поток в пористой среде, функция напряжения для случая линейной упругости

4. *Integrated Volume*

Определяет аккумулятивный (с накоплением) объём при вычислении от юго-западного к северо-восточному углу сетки или её части произвольной формы

4. *Fourier and Spectral Analysis* (*Анализ Фурье и спектральный анализ*)

Коррелограммы (*Correlogram*) и *периодограммы* (*Periodogram*) используются во множестве областей, таких как гидрогеология, лесное хозяйство, экология

1. Correlogram

Определяет пространственную структуру и пространственную корреляцию для сетки. Коррелограмма показывает насколько хорошо значения сетки коррелируются вдоль неё. Это позволяет выявить присущие поверхности тренды и дать меру её анизотропии. Коррелограмма симметрична: $Z(x, y) = Z(-x, -y)$. Создаваемая сетка имеет такие же размеры, что и исходная, но оси представляют пространственные сдвиги между коррелируемыми узлами

2. Periodogram

Представляет собой декомпозицию поверхности на взвешенную сумму множества двумерных синусоид. Эта операция выявляет скрытую периодичность, которая не является очевидной при рассмотрении контурной карты исходной поверхности. При вычислении периодограмм **Surfer** использует двухмерное преобразование Фурье. Периодограмма симметрична: $Z(x, y) = Z(-x, -y)$. Создаваемая сетка имеет такие же размеры, что и исходная, но оси представляют пространственные волновые числа, ассоциируемые с частотами гармоник преобразования Фурье.

Команда **Grid/Calculus** создаёт новый сеточный файл из генерируемых данных. Этот сеточный файл имеет такую же размерность, что и исходный. При вычислении численной производной для каждой точки используются формулы центральной разности, которые требуют значения с обеих сторон данной точки. Вследствие этого происходит бланкирование узкой полосы сетки вдоль её краёв.

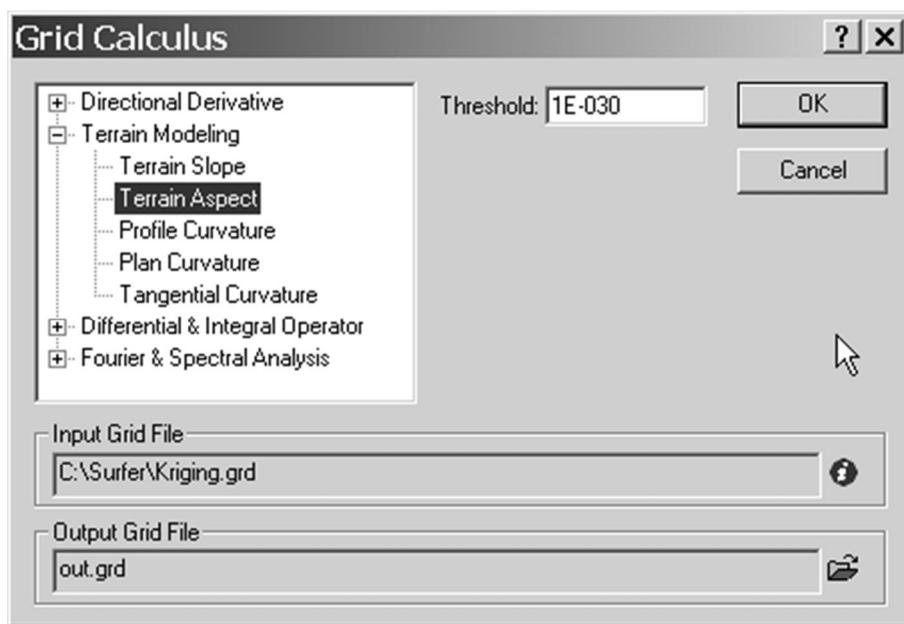


Рис. IV.6. Диалоговое окно Grid Calculus (Сеточные исчисления)

Для создания сеточного файла с помощью математического преобразования потребуется:

1. Выполнить команду **Grid/Calculus**. Появится диалоговое окно *Open Grid* (*Открыть сеточный файл*, Рис. II.1). Выбрать исходный сеточный файл. Щёлкнуть по кнопке **Open**. Появится диалоговое окно *Grid Calculus* (*Сеточные исчисления*) (Рис. IV.6).
2. В структуре иерархии видов исчислений выбрать пункт **Terrain Modeling/Terrain Aspect** (*Моделирование террейна/Наклон террейна*)

3. В группе *Output Grid File* с помощью кнопки задать имя выходного сеточного файла
4. Щёлкнуть по кнопке . Сеточный файл будет создан.

Задание 24. Применение сеточных счислений

Трудоёмкость 2

- 1) Создать новый плот-документ.
- 2) Произвести вычисления следующих функций математического счисления над сеточным файлом «Kriging.grd»: а) *Terrain Aspect* (наклон террейна), б) *Gradient Operator* (оператор градиента). Создать сеточные файлы с названиями подобными следующим: «Aspect.grd» и «Gradient.grd»
- 3) Построить образные карты с цветовой шкалой по рассчитанным сеткам и включить каждую по отдельности в оверлей с контурной картой без заливки, построенной по сеточному файлу «Kriging.grd». Дать картам соответствующие названия.
- 4) Проанализировать полученные результаты. Выявить дополнительные особенности исходного поля, которые не были очевидными на простой карте. Например, определить на карте области с преимущественным наклоном поверхности в северном направлении; определить участки с наибольшей скоростью изменения функции.

IV.7. БЛАНКИРОВАНИЕ СЕТКИ

Бланкирование – это удаления изолиний и (или) заливки из каких-то областей карты. Обычно это делается с целью скрыть от потребителя карты те её участки, которые нельзя показывать из-за их недостоверности или секретности. Такие скрываемые участки карты называются *бланкированными*. При построении карт изолиний бланкированные участки сеточного файла остаются пустыми. При построении графиков поверхностей бланкированные участки отображаются как плоские горизонтальные области, уровень которых равен минимальному значению Z сеточного файла.

Команда **Grid/Blank** создаёт на основе имеющейся сетки новый сеточный файл, содержащий бланкированные области, узлам которых присвоено специальное значение – код пробела равный 1.70141e+038. Прежде чем выполнять команду **Grid/Blank** необходимо создать *бланкирующий [.BLN] файл* (*Golden Software blanking [.BLN] file*). Бланкирующие файлы можно создать в окне рабочего листа или с помощью команды **Map/Digitize** в режиме плот-документа.

Бланкирующий файл – это простой текстовый файл, содержащий X, Y-координаты границ бланковых областей. Отличие этого формата от формата «*Golden Software Data (*.DAT)*», обычно используемого для хранения XYZ-данных заключается в том, что в первой строке бланкирующего файла содержится служебная информация. Необходимо определить два параметра: N и C. Здесь N – это число точек, описывающих границу бланковой области. Таким образом, количество строк в бланкирующем файле должно быть N+1. Параметр C может принимать одно из двух значений: значение

«1» означает, что бланкирование будет применяться к области, находящейся внутри задаваемой границы; значение «0» – снаружи.

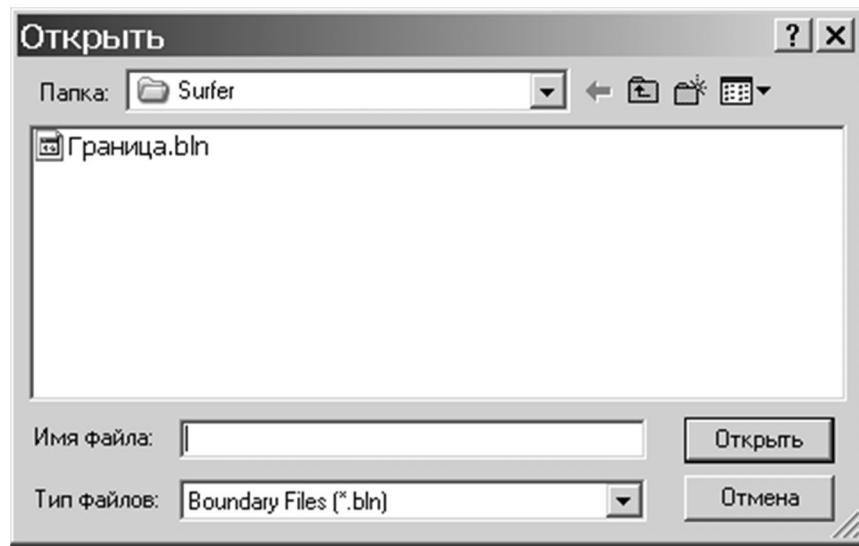


Рис. IV.7. Диалоговое окно Open (Открыть) при выборе бланкирующего файла

На картах, построенных по сеточному файлу, содержащему бланкированные области, изолинии усекаются не на границах этих областей, а на сторонах любой ячейки сетки, хотя бы один узел которой содержит код пробела. Следствием является зубчатость границы бланкированной области. Этот эффект наиболее явно выражен при использовании грубых (редких) сетей.

Для создания сеточного файла содержащего бланкированные области на основе уже имеющейся сетки потребуется:

1. Открыть плот-документ «Оцифровка.srf», содержащий карту-основу «Основа» (см. раздел III.1, стр. 46)
2. Выделить карту-основу и выполнить команду **Map/Digitize**. Произвести оцифровку границы одной из областей на карте, которые хуже всего обеспечены исходными данными. При этом надо оцифровать и края карты. Первая и последняя точки должны совпадать. О правилах оцифровки см. раздел III.2, стр. 47
3. Сохранить результат оцифровки в формате «Golden Software blanking [.BLN] file» под именем «Граница.bln»
4. Выполнить команду **Grid/Blank**. Появится диалоговое окно *Open Grid (Открыть сеточный файл)*, (Рис. II.1). Задать имя входного сеточного файла, который будет подвергаться бланкированию
5. Если щёлкнуть по кнопке **Open**, то появится стандартное диалоговое окно *Open (Открыть)* с установленным типом файлов *Boundary Files (*.bln)* (*Границные файлы*) (Рис. IV.7). Открыть файл «Граница.bln»
6. Появится диалоговое окно *Save Grid As*, позволяющее задать имя выходному сеточному файлу. Ввести «Blank.grd». После щелчка по кнопке **Save** бланкирование будет выполнено
7. Построить контурную карту с заливкой на основе полученного сеточного файла.
8. Дважды щёлкнуть по контурной карте и в диалоговом окне *Map: Contours Properties* (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, стр. **Ошибка! Закладка не определена.**) на вкладке *General*, в группе *Blanked Regions* (Бланкированные области) опреде-

лить цвета и стиль границы и заполнения этих областей

Задание 25. Бланкирование карты

Трудоёмкость 1

- 1) Оцифровать любую область на краю оцифрованной карты. Предпочтительнее выбрать такой участок, на котором отсутствуют исходные данные (нет оцифрованных изолиний). Создать бланкирующий файл «Граница.blн».
- 2) Произвести бланкирование сеточного файла «Kriging.grd».
- 3) Создать новый плот-документ. Построить контурную карту с заливкой по сеточному файлу «Blank.grd». При определении цветов границы и заливки бланкированных областей воспользоваться таблицей (Табл. IV.2). Способ заливки *Fill Pattern* выбрать самостоятельно.

Табл. IV.2. Варианты для задания 24

Вариант	Цвет границы	Цвет заливки
1	Yellow	50% Black
2	Green	Black
3	Cyan	Purple
4	Blue	Magenta
5	White	Red
6	50% Black	Yellow
7	Black	Green
8	Purple	Cyan
9	Magenta	Blue
10	Red	White

IV.8. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ ПРОФИЛЯ

Линии профиля получаются при сечении поверхности вертикальным разрезом, проведенным вдоль заданной линии.

Команда **Grid/Slice** (*Сечение*) строит точки профиля, которые могут быть выведены на график с помощью программы *MS Excel*. Линия разреза берется из заданного файла типа «*Golden Software blanking [.BLN] file*».

Полученные значения точек профиля записываются в текстовый файл типа «*Golden Software Data (*.DAT)*» или в бланкирующий файл типа «*Golden Software blanking [.BLN] file*».

Каждая строка выходного текстового файла данных содержит информацию об одной точке профиля. Точка профиля – это точка пересечения линии разреза с сеточной линией.

Выходной текстовый DAT-файл состоит из пяти столбцов. Столбцы размещены в файле следующим образом:

Столбец А: X-координата точки пересечения линии разреза с сеточной линией

Столбец В: Y-координата точки пересечения линии разреза с сеточной линией

Столбец С: Z значение в точке пересечения

Столбец D: Суммарное расстояние вдоль линии разреза (по горизонтали)

Столбец Е: Номер линии разреза (используется, когда в файле содержится более

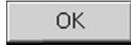
одной линии разреза)

Выходной текстовый *BLN*-файл содержит только первые 3 из этих столбцов.

При построении графика на основе полученных в результате работы команды **Grid/Slice** данных значения из *Столбца C* используются как *Y*-координаты точек. В качестве *X*-координат можно использовать значения *Столбца A*, *Столбца B* или *Столбца D*.

- Если в качестве *X*-координат точек выбираются значения из *Столбца A*, то двумерный график будет проекцией трехмерной линии профиля на *XZ*-координатную плоскость Surfer.
- Если в качестве *X*-координат точек выбираются значения из *Столбца B*, то двумерный график будет проекцией трехмерной линии профиля на *YZ*-координатную плоскость Surfer.
- Если в качестве *X*-координат точек выбираются значения из *Столбца D*, то абсцисса точки двумерного графика будет равна суммарному расстоянию до этой точки вдоль линии разреза.

Для того, чтобы создать файл данных, содержащий точки поперечного сечения, необходимо выполнить следующие действия.

1. Выбрать команду **Slice** из меню **Grid**. На экране откроется панель диалога *Open Grid*. Задать имя сеточного файла, который надо использовать для построения линии профиля и щёлкнуть по клавише  **OK**
2. В панели диалога *Open File* (*Откройте файл*) задать *BLN*-файл, определяющий линию разреза. Щёлкнуть по клавише  **OK**, откроется панель диалога *Grid Slice* (*Сечение Сети*)
3. Если надо получить только координаты точек пересечения линии профиля с линиями сетки, то следует задать имя файла в группе *Output BLN File* (*Выходной BLN файл*).
4. Если помимо значений *X* и *Y* требуется получить ещё и значение *Z* (это наиболее предпочтительный вариант), то надо задать имя файла в группе *Output DAT File* (*Выходной DAT файл*)
 - Переключатель *Clip outside grid* (*Обрезать за пределами сети*) задаёт усечение построенного профиля до пределов исходного сеточного файла. Если *BLN*-файл, определяющий линию разреза, выходит за пределы сети, то в случае, когда переключатель *Clip outside grid* включён, точки вне сети усекаются.
 - Переключатель *Clip blanked areas* (*Исключить бланковые области*) вырезает из построенного профиля точки, попадающие в бланковые области сеточного файла, используемого в операции *Slice*. Если какие-то участки сеточного файла бланкированы (то есть входящие в них узлы имеют код пробела 1.70141e+038), то в случае, когда переключатель *Clip blanked areas* включён, точки профиля, попадающие в эти участки, не включаются в выходной файл
5. Щёлкнуть по клавише  **OK**. Результат будет сохранён в *BLN* или *DAT* файле

Задание 26. Построение графика профиля**Трудоёмкость 2**

- 1) Создать бланкирующий файл «Профиль.bln», содержащий координаты сторон карты в соответствии с таблицей (Табл. IV.3).
- 2) Произвести вычисление линии профиля по сеточному файлу «Kriging.grd».
- 3) Построить график профиля любым доступным способом (можно импортировать полученный выходной файл в Excel).

Табл. IV.3. Варианты для задания 25

Вариант	Начало профиля	Конец профиля
1	Север	Юг
2	Запад	Восток
3	Северо-запад	Юго-восток
4	Северо-восток	Юго-запад
5	Север-северо-запад	Юг-юго-восток
6	Запад-северо-запад	Восток-юго-восток
7	Север-северо-восток	Юг-юго-запад
8	Запад-юго-запад	Восток-северо-восток
9	Восток	Юг
10	Север	Запад

V. ПРИЛОЖЕНИЯ

V.1. ОПЕРАЦИИ

Определяя выражение функции при работе с командами **Grid/Function**, **Grid/Math**, **Grid/Data**, **Grid/Variogram** и **Data/Transform** можно использовать арифметические и (или) логические операции. Порядок выполнения выражения зависит от приоритета операций, входящих в выражение и может быть изменён с помощью круглых скобок (и).

V.1.A. Арифметические операции

Арифметические операции в порядке возрастания их приоритета:

+ Сложение

- Вычитание

* Умножение

/ Деление

V.1.B. Логические операции

Логические операции в порядке возрастания их приоритета:

= Равно

<> Не равно

< Меньше

> Больше

<= Меньше либо равно

>= Больше либо равно

OR Логическое ИЛИ

XOR Логическое исключающее ИЛИ

AND Логическое И

NOT Логическое НЕ

V.2. СТАНДАРТНЫЕ ФУНКЦИИ

V.2.A. Математические функции

aCos(x) Арккосинус. Значение x должно быть в пределах от -1 до 1

aSin(x) Арксинус. Значение x должно быть в пределах от -1 до 1

aTan(x) Арктангенс. Определение угла по его тангенсу.

Арктангенс. Определение угла по катетам прямоугольного треугольника.

aTan2(y,x) Значения x (прилежащий катет) и y (противолежащий катет) должны быть больше 0. Используется для вычисления арктангенса в тех случаях, когда предполагается возможным нулевое значение x

Cos(x)	Косинус
CosH(x)	Гиперболический косинус $\text{ch}(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$
Exp(x)	Экспоненциальная функция e^x
Ln(x)	Натуральный логарифм. Значение x должно быть больше 0
Log10(x)	Десятичный логарифм. Значение x должно быть больше 0
Pow(x,y)	x^y . Ошибка возникнет, если $x = 0$ и $y \leq 0$, а также, если $x < 0$ и y не целое
Sin(x)	Синус
Sinh(x)	Гиперболический синус $\text{sh}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$
Tan(x)	Тангенс. Значение x не должно быть кратно $\pi/2$
Tanh(x)	Гиперболический тангенс $\text{th}(x) = \frac{\text{sh}(x)}{\text{ch}(x)}$

V.2.B. Вспомогательные функции

Ceil(x)	Наименьшее целое, большее или равное x
D2R(x)	Конвертирование аргумента из градусов в радианы
Fabs(x)	Абсолютное значение
Floor(x)	Наибольшее целое меньшее или равное x
FMod(x,y)	Вещественный остаток от деления x/y . Если $y = 0$, то функция также возвращает 0
Max(x,y)	Большее из x и y
Min(x,y)	Меньшее из x и y
R2D(x)	Конвертирование аргумента из радианов в градусы. Например, $\sin(\text{d2r}(30))$ вычислит синус 30° , а $\sin(30)$ вычислит синус 30 радиан ($\sim 1719^\circ$)
RandN(x,y)	Случайное число, имеющее приблизительно нормальное (Гауссово) распределение с матожиданием (средним значением) x и стандартным отклонением (дисперсией) y
RandU(x)	Случайное число, имеющее равномерное распределение, в интервале $[0, x]$
Row()	Номер строки рабочего листа
SqRt(x)	Корень квадратный. Значение x не должно быть меньше 0

V.2.C. Статистические функции

Avg(a..z)	Вычисление среднего значения из значений в ячейках столбцов a..z
-----------	--

для каждой строки по отдельности

RowMax(a..z) Определение минимального значения из значений в ячейках столбцов a..z для каждой строки по отдельности

RowMin(a..z) Определение максимального значения из значений в ячейках столбцов a..z для каждой строки по отдельности

Std(a..z) Вычисление стандартного отклонения (дисперсии) значений в ячейках столбцов a..z для каждой строки по отдельности

Sum(a..z) Вычисление суммы значений в ячейках столбцов a..z для каждой строки по отдельности

При использовании этих функций надо заменить «a..z» на любой правильный интервал столбцов, например, «C..H» или «W..AC». Между именами столбцов должно быть две точки.

V.3. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИЙ

Здесь приводятся примеры синтаксиса математических функций, принятого в Surfer. При использовании команды **Data/Transform** в рабочем листе следует заменить X, Y, и Z на имена столбцов.

Выражение	Синтаксис
x^2	pow(x,2)
$\ln(x)$	ln(x)
$\log_{10}(x)$	log10(x)
$1 - e^{-x}$	(1-exp(-x))
$1 - e^{-x^2}$	(1-exp(-x*x))
$1 - \frac{\sin(x)}{x}$	1-(sin(x)/x)
$\frac{x^2}{1 + x^2}$	pow(x,2)/(1+(pow(x,2)))
$2x - x^2$	(2*x)-pow(x,2)
$(x^3 + y^3)(\sin(8 \arctan(xy)))$	(pow(x,3)+pow(y,3))*(sin(8*atan(x*y)))
$8 \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$	8*aTan2(y,x)