

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

А. С. Соколов

**ГИС-ТЕХНОЛОГИИ:
геоинформационная система Golden Software Surfer**

Практическое пособие
для студентов специальности 1-33 01 02 «Геоэкология»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2017

УДК 910.27:004.9(075.8)
ББК 26.17с515я73
С594

Рецензенты:

кандидат технических наук В. Л. Грузинова,
кандидат географических наук А. И. Павловский

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Соколов, А. С.

С594 ГИС-технологии: геоинформационная система
Golden Software Surfer : практическое пособие /
А. С. Соколов ; М-во образования Республики Беларусь,
Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ
им. Ф. Скорины, 2017. – 46 с.
ISBN 978-985-577-355-0

Практическое пособие посвящено изучению геоинформационной системы Golden Software Surfer специализированной ГИС, предназначенной для построения и анализа моделей поверхности. В четырёх практических работах, предваряемых теоретическим материалом, содержатся задания, позволяющие последовательно освоить все основные операции при работе с данной ГИС.

Адресовано студентам специальности 1-33 01 02 «Геоэкология».

УДК 910.27:004.9(075.8)
ББК 26.17с515я73

ISBN 978-985-577-355-0

© Соколов А. С., 2017
© Учреждение образования «Гомельский
государственный университет
имени Франциска Скорины», 2017

Оглавление

Предисловие.....	4
Тема 1. Основы работы в ГИС Surfer.....	5
1.1 Интерфейс и начало работы в Surfer.....	5
1.2 Подготовка данных для построения цифровых моделей и создание grid-файла.....	7
1.3 Создание и редактирование карты изолиний.....	10
Практическая работа 1. Создание и оформление карты изолиний.....	21
Тема 2. Создание двух- и трёхмерных моделей поверхности различных типов.....	22
2.1 Типы моделей поверхности.....	22
2.2 Совмещение изображений.....	28
2.3 Обрезка изображений.....	30
Практическая работа 2. Создание и совмещение основных типов изображений	32
Тема 3. Улучшение качества изображений. Математические преобразования и исчисления.....	33
3.1 Фильтрация и сплайновое сглаживание.....	33
3.2 Исчисление площадей и объёмов.....	36
3.3 Математические преобразования grid-файлов.....	38
Практическая работа 3. Создание карты изолиний с помощью оцифровки топографической карты. Математические исчисления и преобразования.....	40
Тема 4. Создание производных карт и графиков функций.....	41
4.1 Создание производных карт.....	41
4.2 Создание графиков функций.....	43
Практическая работа 4. Создание карт углов наклона и графиков функций.....	44
Литература.....	46

Предисловие

Геоинформационные системы (ГИС) в настоящее время стали неотъемлемым инструментом исследовательского процесса и визуализации его результатов во всех науках о Земле. Справедливым будет утверждение, что появление ГИС придало новый мощный импульс развития географическим наукам, благодаря которому они оказались в авангарде современных естественных наук.

Последние 10–20 лет показали, что никакая научная и производственная деятельность, связанная с вопросами организации и регулирования пространства, не обходится без использования ГИС. Их широкое применение в государственном управлении, транспортной сфере, сельском хозяйстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, геолого-разведке, педагогике, коммерческой деятельности и многих других отраслях обусловило необходимость глубокого усвоения методик работы и получение навыков работы в ГИС различного целевого предназначения любыми специалистами по наукам о Земле и смежным направлениям.

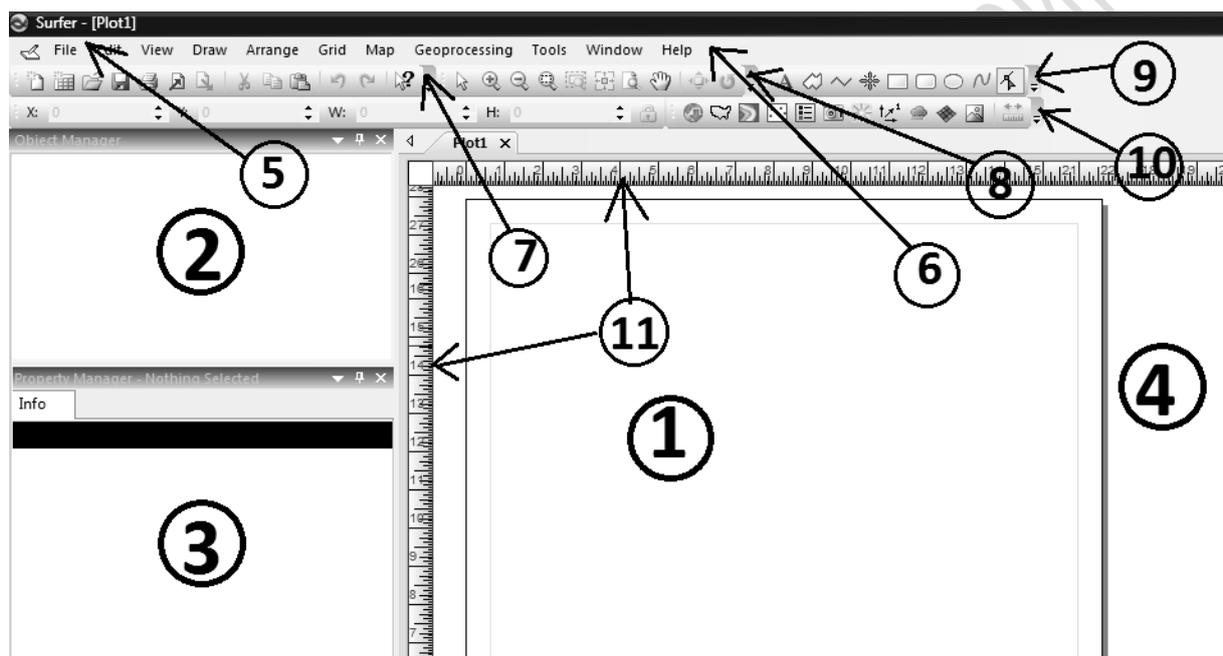
Настоящее пособие посвящено работе с ГИС Golden Software Surfer (или просто Sufer). Эта ГИС относится к специализированным, то есть направленным на решение узкого круга задач, а именно, построение и анализ двух- и трёхмерных моделей поверхности. Программа была впервые создана в 1985 году американской компанией *Golden Software*, одним из мировых лидеров в разработке научного графического программного обеспечения. Клиентами Golden Software являются исследователи из добывающих отраслей, инженеры, медики и ученые, а продукты компании используются в 125 странах мира и на всех континентах. Surfer стал первой программой компании, получившей широкую известность. Затем в 1986 году был создан Grapher, в 1990 – Map Viewer, в 1996 – Didger.

Работа в ГИС Surfer рассматривается на примере версии 12.0, вышедшей в 2014 году. В предлагаемом пособии содержатся методики выполнения таких операций, как создание и совмещение карт изолиний, векторных карт, карт точек, трёхмерных моделей и других видов моделей поверхностей, вычисление объёмов и площадей, улучшение качества изображения, построение профилей и трёхмерных графиков функций, обрезание изображений, позволяющие студентам без труда научиться использовать для своих целей все возможности данной программы.

Тема 1. Основы работы в ГИС Surfer

1.1 Интерфейс и начало работы в Surfer

При первом запуске Surfer автоматически создаётся новое пустое окно (окно чертежа) **Plot1** (рисунок 1). Окно плот-документа является тем рабочим пространством, внутри которого можно создавать сеточные файлы и карты, сопровождать их подписями и простыми графическими объектами (полигонами, прямоугольниками, эллипсами, символами и т. п.).



- 1 – печатная страница, 2 – менеджер объектов, 3 – менеджер свойств, 4 – непечатаемая область, 5 – название документа, 6 – главное меню; панели: 7 – стандартная, 8 – вид, 9 – рисование, 10 – карта; 11 – горизонтальная и вертикальная управляющие линейки

Рисунок 1 – Окно **Plot**

Большую часть окна плот-документа занимает печатная страница. При отправке на принтер создаваемых в **Surfer** изображений обычно печатается только то, что помещается внутри этой страницы. По умолчанию открывается страница формата A4. Размер и ориентацию страниц можно выбрать командой **File > Page Setup**. Максимальный размер страницы по умолчанию – 279 см по диагонали, есть возможность увеличения до 5 080 см.

Слева от печатной страницы находятся менеджер объектов и менеджер свойств. Если при первом запуске Surfer один из них или оба отсутствуют, то следует выполнить команду **View > Object Manager** (Вид > Менеджер объектов) или **View > Property Manager** (Вид > Менеджер свойств). Это важные инструменты управления создаваемыми в окне плот-документа изображениями. Посредством их регулируются все элементы оформления создаваемых карт и поверхностей (цвет, размер и форма изолиний, заливок, подписей, осей и др.). Без них нельзя обойтись в том случае, когда создаётся оверлей (т. е. наложение одной на другую) нескольких карт.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
2	0,0625629	28,2793	794,075	844,075	894,075	944,075	994,075	935,8583
3	9,66522	40,437	2728,57	2778,57	2828,57	2878,57	2928,57	2867,798
4	29,2505	23,9937	1432,29	2482,29	2532,29	2582,29	2632,29	1607,547
5	27,5246	44,7982	2323,63	2363,63	2423,63	2463,63	2523,63	2476,356
6	42,242	37,3302	3086,22	3236,22	3286,22	3236,22	3286,22	3261,132
7	8,7054	42,9472	2920,24	2970,24	2020,24	2070,24	2220,24	3055,998
8	35,5252	25,6767	1922,33	2972,33	2022,33	2072,33	2222,33	2102,178
9	25,2997	0,749229	232,594	282,594	332,594	382,594	432,594	427,1445
10	4,57025	28,2226	352,949	402,949	452,949	502,949	552,949	499,2967
11	7,36564	8,29493	323,059	273,059	223,059	273,059	323,059	492,1297
12	49,4263	22,2846	2939,56	2989,56	3039,56	3089,56	3239,56	3136,702
13	5,95426	0,233467	35,5065	85,5065	235,5065	285,5065	235,5065	211,2273
14	0,44557	28,894	357,282	407,282	457,282	507,282	557,282	498,8336
15	26,5832	28,5592	4522,29	2572,29	2622,29	2672,29	2722,29	4690,314
16	30,0882	30,3583	2826,93	2876,93	2926,93	2976,93	2026,93	2996,66
17	8,32272	33,2523	1268,26	2228,26	2268,26	2328,26	2368,26	1413,33
18	22,5394	27,6062	828,002	868,002	928,002	968,002	2028,002	992,9352
19	2,85295	30,3842	932,335	982,335	2032,335	2082,335	2232,335	1074,804
20	39,2659	40,2303	3244,42	3294,42	3244,42	3294,42	3344,42	3413,456

Рисунок 2 – Окно **Sheet**

Помимо окна **Plot** (Чертёж), открываемого по умолчанию при запуске программы и предназначенного для визуализации графических объектов, существует также окно **Sheet** (Таблица). Для открытия нового окна **Plot** выбирается команда **File > New > Plot**, для открытия окна **Sheet** – **File > New > Worksheet**. Окно **Sheet** (рисунок 2) предназначено для хранения тех данных, по которым будет построена карта.

По умолчанию единицами измерения в Surfer (ширина линий, размер значков, шкала управляющих линеек и т. д.) установлены дюймы (Inches). Для того, чтобы дюймы заменить на сантиметры (cm), необходимо выбрать команду **Tools > Options**.

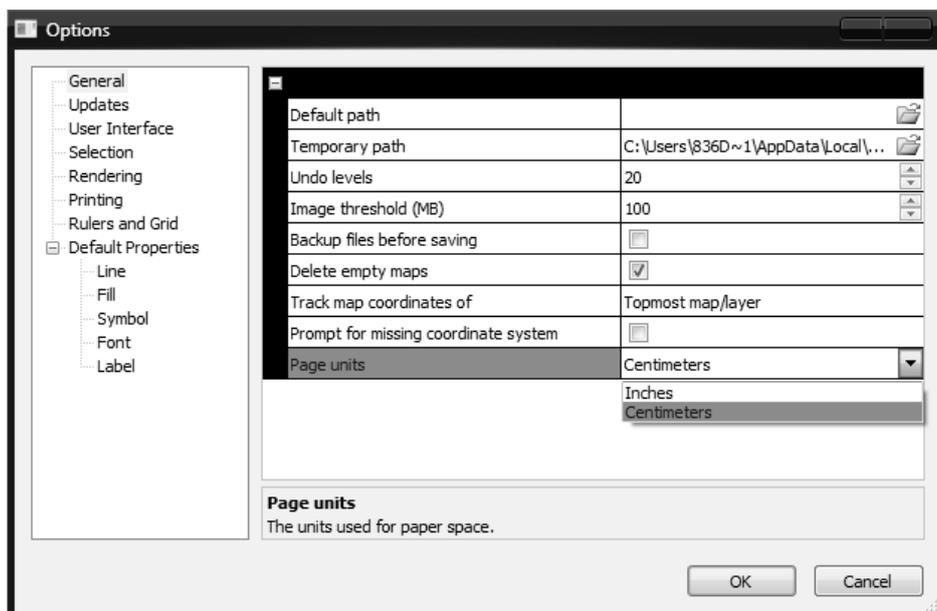


Рисунок 3 – Выбор сантиметров в качестве единиц измерения в Surfer

В разделе **General** этого окна в последней строке **Page units** заменить **Inches** на **Centimeters** (рисунок 3).

1.2 Подготовка данных для построения цифровых моделей и создание grid-файла

В таблицу окна **Sheet** необходимо заносить XYZ-данные о каждой точке, то есть данные о значении её абсциссы (X , как правило, записывается в первый столбик – A), ординаты (Y , как правило, записывается во второй столбик – B) и количественные значения какого-либо признака (или признаков) в данной точке (Z , как правило, записывается в третий и последующие столбики) (рисунок 2). Не допускается пропуск каких-либо значений для каких-либо точек. В первую строку таблицы можно записывать пояснения или обозначения.

После ввода значений всех точек файл таблицы необходимо сохранить (**File > Save as...**). Стандартный формат для файлов таблиц Surfer – $[.dat]$. Именно этот тип файла рекомендуется выбирать при сохранении таблицы с введёнными вручную значениями точек. Помимо этого, свои данные можно вводить и хранить в документе Microsoft Excel, так как Surfer последних версий без проблем работает с обоими его форматами – $[.xls]$ и $[.xlsx]$. Также возможен импорт значений точек, полученных в других ГИС-программах, например, при оцифровке изолиний. Таким методом можно получить файл, содержащий XYZ-данные от нескольких тысяч точек (для небольшой территории)

до сотен тысяч точек (при подробной оцифровке горизонталей крупных территорий), чего нереально достичь при ручном вводе.

Вообще, количество точек, достаточное для построения модели, в каждом случае определяется индивидуально. Оно зависит как от желаемой подробности модели, так и от размера территории, а также от характера распределения картографируемого явления: например, климатические показатели изменяются значительно более постепенно, чем высоты рельефа, поэтому и количества точек, необходимых для построения модели распределения какого-либо климатического показателя, нужно гораздо меньше. Моделирование загрязнения от точечных стационарных источников тоже требует меньшего количества точек, чем от мобильных источников в городах, где загрязнение распространяется от сложно организованной системы большого количества линейных объектов.

После того как создан файл с числовыми значениями рельефа в каждой точке, его нужно преобразовать в grid-файл – файл с точками в узлах геометрически правильной сетки. В качестве примера будем использовать данные таблицы 1, где дана информация о 20 точках, для каждой из которых известны прямоугольные координаты, абсолютная отметка рельефа и абсолютная отметка уровня грунтовых вод.

Таблица 1 – Пример исходных данных

Номер точки	X, м	Y, м	Абсолютная отметка рельефа, м	Абсолютная отметка уровня грунтовых вод, м
1	1 000	8 000	433,5	420,8
2	1 500	6 500	335,0	326,7
3	3 500	10 000	247,5	235,2
4	3 500	7 500	343,1	339,3
5	3 500	5 500	257,6	252,3
6	1 800	2 500	262,2	249,1
7	6 000	9 000	239,2	233,2
8	4 500	7 500	436,8	432,4
9	5 500	6 500	239,3	229,2
10	6 500	4 000	271,2	260,9
11	8 500	11 500	237	227,5
12	8 000	8 500	428,7	419,2
13	8 500	7 000	319	313,8
14	7 500	6 500	290,1	285,9
15	7 500	6 000	270	263,7
16	12 000	9 500	440,7	434,1
17	10 500	5 000	248	243,2
18	9 500	2 000	244,6	234,6
19	13 000	7 500	266,2	258,2
20	12 000	4 500	306,1	296,9

Для создания grid-файла перенесём данные из таблицы 1 в таблицу Surfer и сохраним её под названием, к примеру, «Рабочие данные» с расширением *[.dat]* либо в таблицу Excel с тем же названием. Выберем в командной строке команду **Grid > Data**, и в открывшемся диалоговом окне выберем сохранённый нами файл и жмём кнопку *Открыть* **Open Data** (рисунок 4).

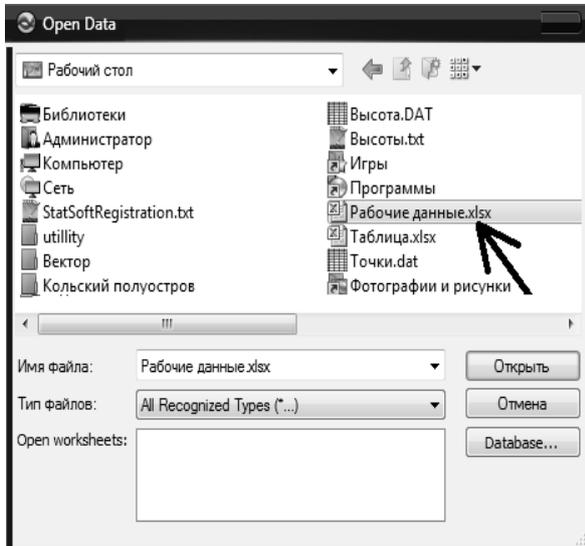


Рисунок 4 – Диалоговое окно **Open Data**

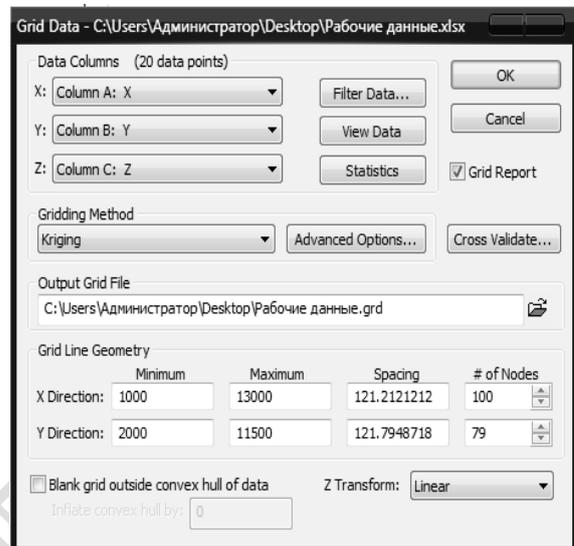


Рисунок 5 – Диалоговое окно **Grid Data**

Появляется диалоговое окно **Grid Data** (рисунок 5), в котором мы выбираем основные параметры создаваемого grid-файла. В разделе **Data Columns** в верхнем левом углу окна мы выбираем, из каких колонок исходного файла «Рабочие данные» мы будем брать значения *X*, *Y* и *Z*. Для начала построим сеточный файл по абсолютным отметкам рельефа, поэтому для значений *Z* выбираем ту колонку, в которую помещены именно эти данные. В меню **Gridding Method** мы выбираем алгоритм, по которому будет строиться сеточный файл. В общем случае будем выбирать вариант **Kriging**. Наконец, в строке **Output Grid File** выбираем папку, в которую будет помещён созданный grid-файл (у него расширение *[.grd]*). Нажимаем **ОК**, и файл создаётся и помещается в выбранную папку (по умолчанию, в ту же папку, где хранится исходный файл с данными).

Если предварительно поставить галочку на **Grid Report** (в верхней правой части окна), то после создания файла на экран будет выведен отчёт о нём, в котором будет содержаться большое количество статистических и других его характеристик.

1.3 Создание и редактирование карты изолиний

Теперь на основе созданного grid-файла можно построить карты или объемные изображения. Для этого необходимо выбрать команду **Map > New**. Появится список возможных типов изображений (рисунок 6).

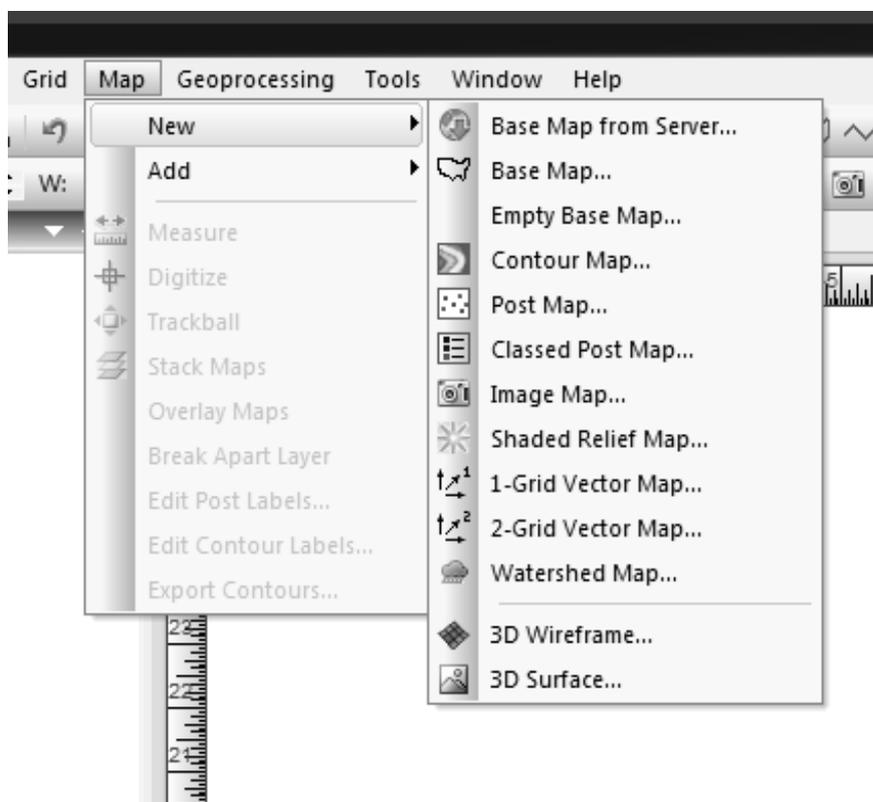


Рисунок 6 – Виды доступных для создания карт в программе **Surfer**

К основным из них, которые могут пригодиться на начальном этапе работы с Surfer, относятся:

1. **Base Map** (Основная Карта) – любое изображение в обычных векторных и растровых форматах – *[.jpeg]*, *[.bmp]*, *[.png]*, *[.shp]*, *[.tif]*, *[.jpx]*, *[.dxf]* и многие другие. Такие изображения могут использоваться как подложка, на которую можно наложить, к примеру, созданную карту изолиний.

2. **Contour Map** (Контурная Карта) – карта изолиний.

3. **Post Map** (Карта Точек) – создаёт карту исходных точек на основе файла с расширением *[.dat]* или *[.xlsx]*.

4. **Classed Post Map** (Классифицированная Карта Точек) – то же, что и предыдущее, однако точки разделены на классы по величине показателя Z, и точки каждого класса показаны отдельным значком.

5. **1-Grid Vector Map** (Векторная Карта) – карта, на которой векторами показаны направления изменения показателя Z . Длина вектора отражает интенсивность изменения показателя.

6. **Watershed Map** (Карта водосборных бассейнов) – программа определяет местоположения линий водоразделов и делит территорию на бассейны.

7. **3D-Wireframe** (3D-Каркас) – объёмный каркас.

8. **3D-Surface** (3D-Поверхность) – объёмная поверхность.

После выбора необходимого типа карты появляется диалоговое окно **Open Grid**, в котором необходимо выбрать файл, на основе которого и будет построена карта или поверхность, и нажать на кнопку *Открыть*. На странице в окне **Plot** появится нужная карта.

Если выбрать **Contour Map**, а в окне **Open Grid** выбрать созданный файл *Рабочие данные.grd*, то в окне **Plot** появится карта изолиний (рисунок 7).

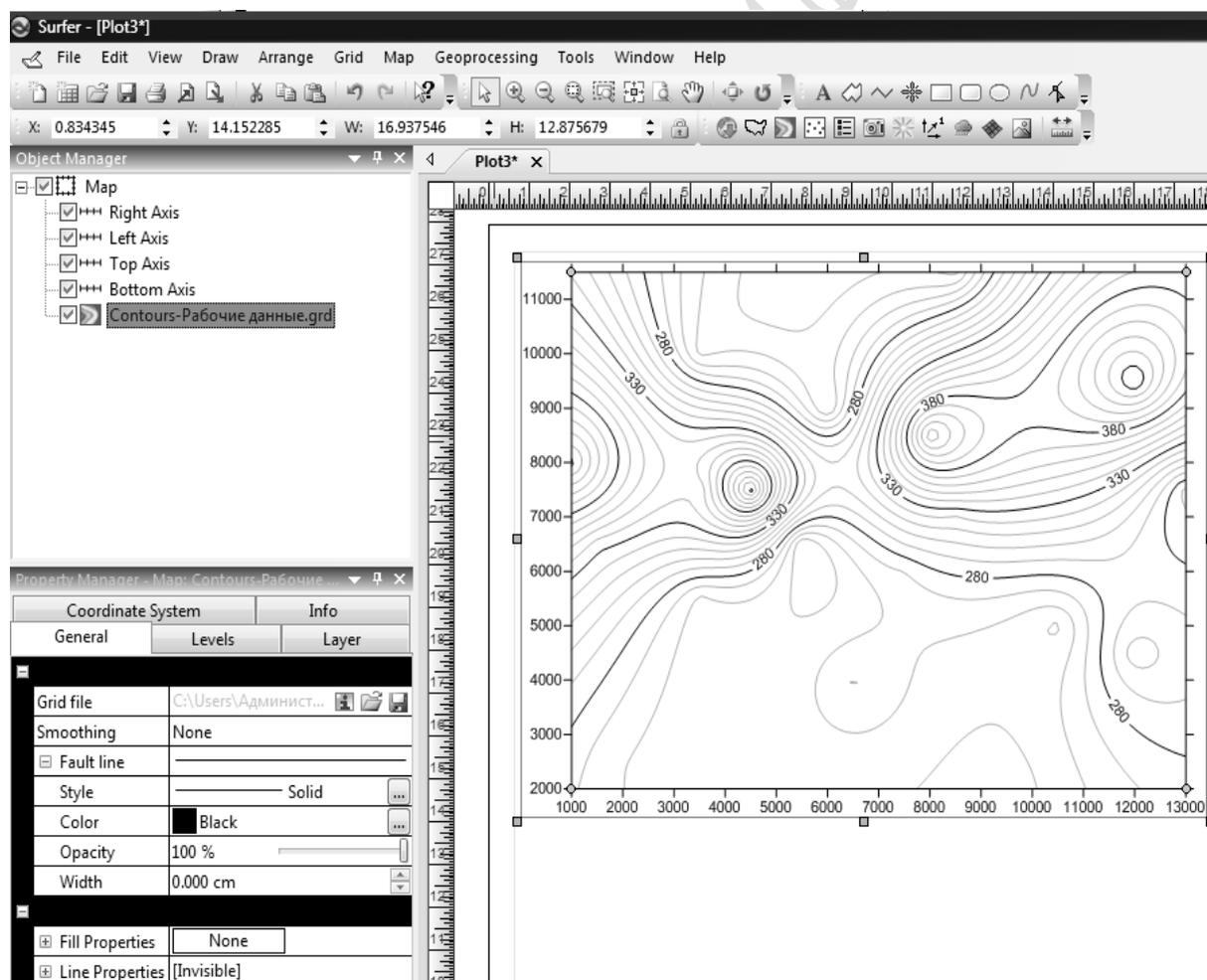


Рисунок 7 – Карта изолиний, созданная по исходным рабочим данным в таблице 1

Рассмотрим возможности редактирования данной карты. Как видим, в **Object Manager** (Менеджере объектов) появился ряд элементов, имеющих отношение к нашему изображению. Для созданной в нашем случае карты это такие элементы, как:

- 1) **Map** (вся карта в целом со всеми её элементами),
- 2) **Right Axis** (правая ось),
- 3) **Left Axis** (левая ось),
- 4) **Top Axis** (верхняя ось),
- 5) **Bottom Axis** (нижняя ось),
- 6) **Contours** (собственно изображение). Убрав галочку напротив соответствующего элемента, можно его временно отключить.

Если выделить тот или иной элемент (например, на рисунке 7 выделен элемент **Contours**), то в нижележащем окне **Property Manager** (Менеджер свойств) появляются инструменты для редактирования данного конкретного элемента. Рассмотрим эти инструменты. При выделении элемента **Map** в Менеджере свойств появляются следующие основные вкладки (рисунки 8–12):

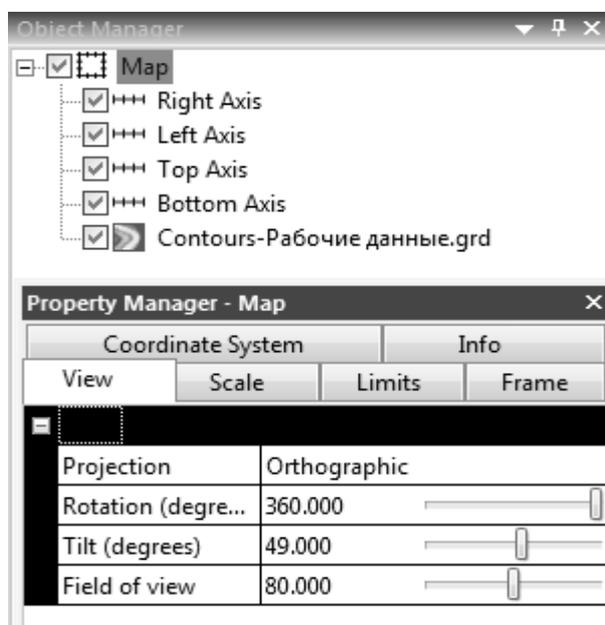
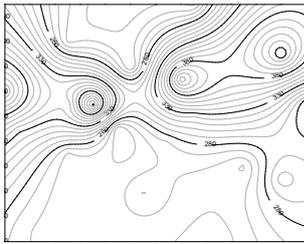


Рисунок 8 – Вкладка **View** элемента **Map**

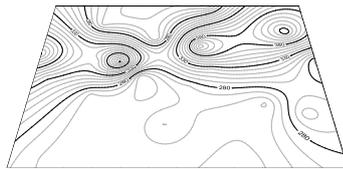
Вкладка **View** (Обзор)

Здесь можно редактировать следующие характеристики:

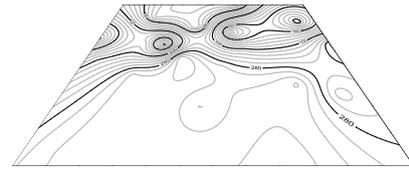
- **Projection** (проекция): можно выбрать один из двух вариантов – **Orthographic** (ортогональная, когда взгляд наблюдателя перпендикулярен плоскости изображения) или **Perspective** (перспективная), когда взгляд наблюдателя под углом к плоскости карты (рисунок 14);
- **Rotation** (вращение) – можно задавать угол поворота карты против часовой стрелки;
- **Tilt** (наклон) – можно задавать угол наклона карты, когда используется перспективная проекция; при 90° проекция становится ортогональной, при 0° плоскость превращается в линию;
- **Field of View** (поле зрения) – позволяет выбирать величину поля зрения при перспективной проекции (рисунок 9).



а



б



в

а – ортогональная; б – перспективная с углом наклона 45° ,
в – перспективная с углом наклона 45°
и увеличенным значением поля зрения

Рисунок 9 – Проекции карты

Вкладка Scale (Масштаб)

– **Proportional XY scaling** (Пропорциональное масштабирование) – если на данном пункте стоит галочка, то при любых изменениях размеров осей, соотношения их исходных длин будут сохраняться, если не стоит – можно менять размеры осей независимо друг от друга.

Затем идут две группы показателей (первая для горизонтальной оси, вторая для вертикальной), включающих:

- **Map units per cm** – количество единиц, которые будут отражены на оси (в нашем примере – метров) на 1 см оси;
- **Length (page units)** – длина оси.

Вкладка Limits (Границы)

Здесь задаются значение начальных и конечных точек границ карты по горизонтали (X) или по вертикали (Y). Если поставить галочку на **Use data limits** (использовать границы данных), то границы карты будут проходить прямо по координатам самых дальних точек соответствующих сторон.

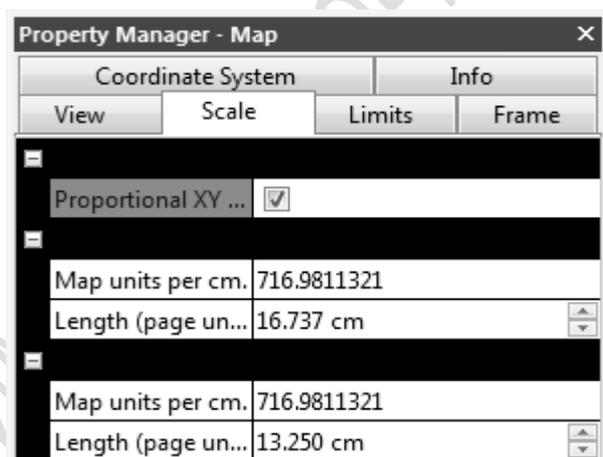


Рисунок 10 – Вкладка Scale элемента Map

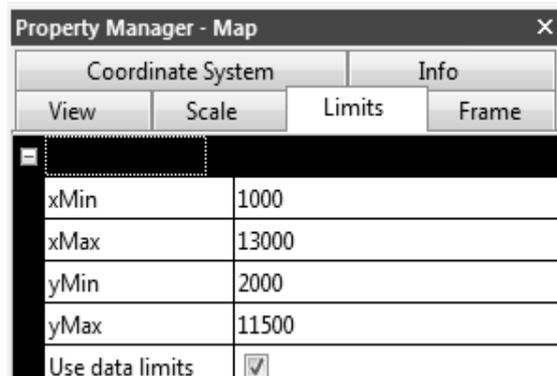


Рисунок 11 – Вкладка Limits элемента Map

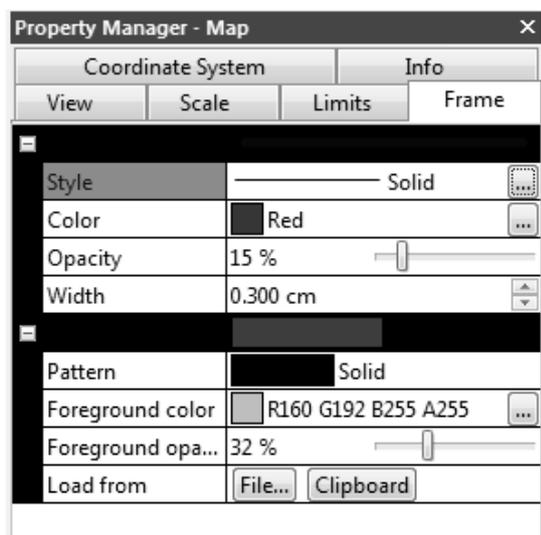


Рисунок 12 – Вкладка **Frame** элемента **Map**

Вкладка **Frame (Рамка)**

Здесь задаются параметры рамки вокруг изображения и его внутренней заливки:

- **Style** – сплошная или прерывистая, с выбором длины отдельных фрагментов;
- **Color** – цвет рамки;
- **Opacity** – степень насыщенности цвета;
- **Width** – ширина рамки (от 0 до 1,27 см);
- **Pattern** – стиль фоновой заливки карты (без заливки, сплошная, штриховая, точечная и др.);

- **Foreground color** – цвет заливки;
- **Foreground opacity** – степень насыщенности цвета заливки.

При выделении элемента **Right Axis** (или любой другой оси – левой, верхней нижней – их свойства аналогичны) в Менеджере свойств появляются следующие основные вкладки (рисунки 13–16):

Вкладка **General (Общие)**

Состоит из трёх разделов – редактирование самой линии (**Line Properties**) оси, редактирование текста подписи оси и редактирование подписей точек на оси.

В разделе **Line Properties** доступны изменения следующих показателей:

- **Style** – стиль линии оси (отсутствие линии, сплошная линия, прерывистая с разным размером отрезков и т. д.);
- **Color** – цвет оси;
- **Opacity** – степень насыщенности цвета;
- **Width** – ширина оси (от 0 до 1,27 см).

В разделе редактирования текста подписи оси:

- **Text title** – в поле рядом можно написать заголовок оси, а нажатие кнопки с символом Σ справа от поля позволяет вызвать окно его редактирования;
- **Offset along axis** – смещает текст заголовка оси вдоль оси;
- **Offset from axis** – смещает текст заголовка поперёк оси;
- **Angle (degrees)** – позволяет поворачивать заголовок на заданный угол;

– **Font Properties** – выбор шрифта, размера, цвета и других характеристик текста названия оси.

В разделе редактирования подписей точек оси доступны:

– **Show** – показать или скрыть подписи к точкам на оси;

– **Angle (degrees)** – поворот подписей;

– **Offset from axis** – расстояние от оси до подписей точек;

– **Label Format** – формат чисел, которыми подписываются данные – тип, количество знаков после запятой, разделение точками, префикс, суффикс и др;

– **Font Properties** – оформление подписей: шрифт (Font), размер шрифта (Size), цвет шрифта и его насыщенность (Foreground color и Foreground opacity), цвет и насыщенность фона (Background color и Background opacity), курсив (Italic), полужирный (Bold), зачёркнутый (Strikeout), подчёркнутый Underline).

Вкладка Ticks (Штрихи)

Для редактирования штрихов, отмечающих на осях местоположения точек:

– **Style** – местоположение штрихов: с внешней стороны оси (Outside), с внутренней стороны (Inside), на самой оси (Cross) или отсутствуют (None).

– **Length** – длина штриха.

Первая группа этих показателей – для основных штрихов, вторая – для дополнительных, в этом случае добавляется ещё один параметр – **Minor ticks per major** – количество дополнительных штрихов между двумя соседними основными.

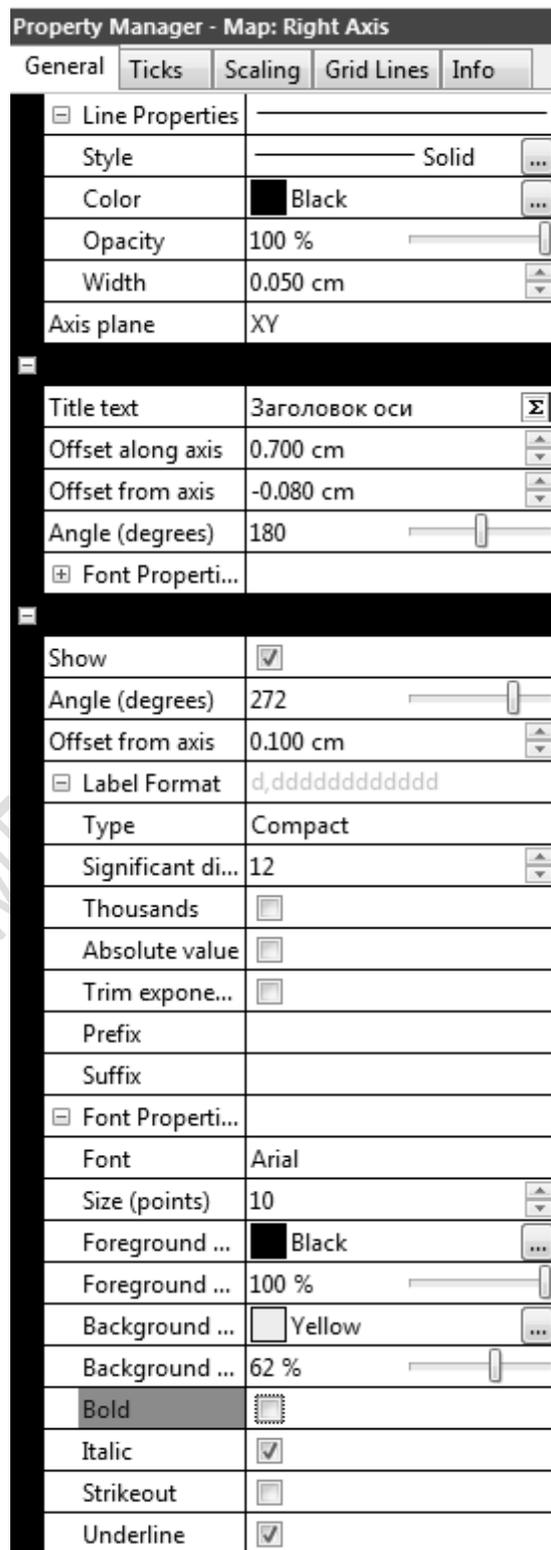


Рисунок 13 – Вкладка **General** элемента **Axis**

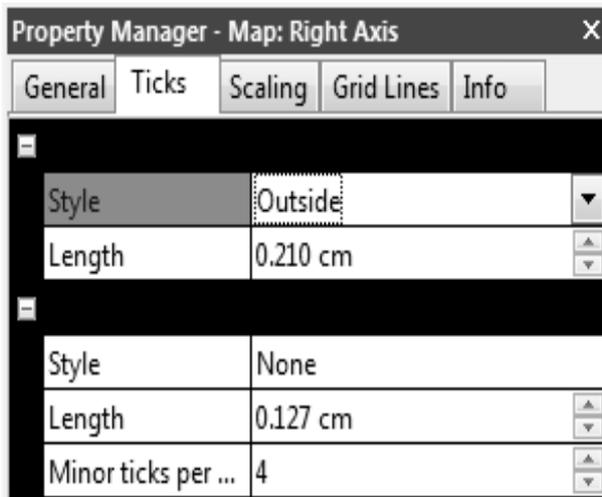


Рисунок 14 – Вкладка **Ticks** элемента **Axis**

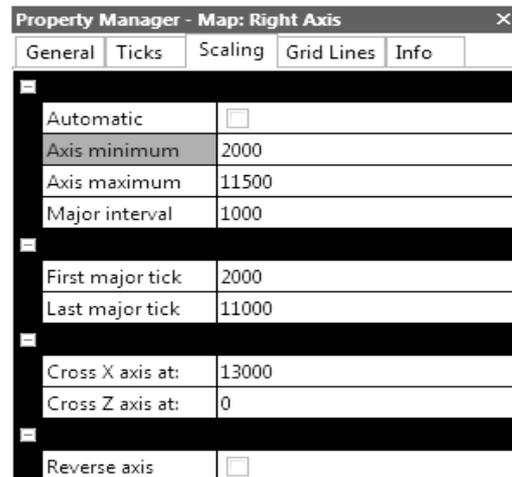


Рисунок 15 – Вкладка **Scaling** элемента **Axis**

Вкладка **Scaling** (Масштабирование):

- **Axis minimum** и **Axis maximum** – значение начала и конца оси;
- **Major interval** – интервал между соседними подписанными значениями;
- **First major tick** и **Last major tick** – первое и последнее подписанное на оси значение;
- **Cross X axis at** и **Cross Z axis at** – в каких точках данная ось пересекает соответственно оси **X** и **Z** (при наличии);

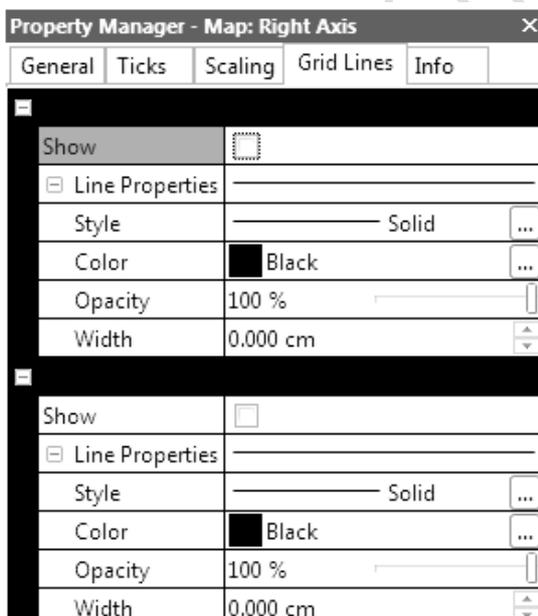


Рисунок 16 – Вкладка **Grid Lines** элемента **Axis**

- **Reverse axis** – поменять направление шкалы на противоположное (если от начала координат значения шкалы возрастали от 2 000 до 11 000, то если поставить галочку на этот пункт, они будут от начала координат уменьшаться от 11 000 до 2 000).

Вкладка Grid Lines (Линии сетки) предназначена для редактирования линий сетки, отходящих от данной оси. Здесь линии двух типов – основные (отходящие от подписанных на оси значений или основных штрихов) и дополнительные, расположенные между основными (их количество задаётся на вкладке **Ticks** (показатель **Minor ticks per major**)).

В данной вкладке **Grid Lines** сначала идёт группа параметров для основных линий, затем группа тех же параметров для дополнительных:

- **Show** – показать или скрыть линии сетки
- свойства **Style, Color, Opacity** и **Width** аналогичны таким же свойствам для, например, линий осей на вкладке **General**.

Из свойств элемента **Contour** используются главным образом свойства вкладки **Levels** (рисунок 17).

Вкладки **Levels (Уровни):**

- **Level method** – выбор метода построения изолиний (варианты: **Simple** – обычный, **Logarithmic** – логарифмический, **Advanced** – вручную). При выборе варианта **Advanced** появляется кнопка **Edit levels** (Редактировать уровни), вызывающая окно **Levels for Map** (рисунок 18), в котором можно установить изолинию для любого значения, её форму, цвет, толщину, насыщенность, наличие подписи на данной изолинии, цвет и другие характеристики заливки между изолиниями и т. д.;

- **Minimum contour** и **Maximum contour** – минимальное и максимальное значения изолинии;

- **Contour interval** – «шаг» изолиний;

- **Major contour every** – какая каждая по счёту изолиния будет основной;

- **Fill contours** – заполнить цветами промежутки между изолиниями;

- **Fill colors** – выбрать цветовую гамму для заливки (нажатие кнопки справа вызывает окно **Colormap** – (рисунок 19));

- **Color Scale** – активно только при применении заливки и вызывает появление легенды к цветовой заливке (рисунок 20).

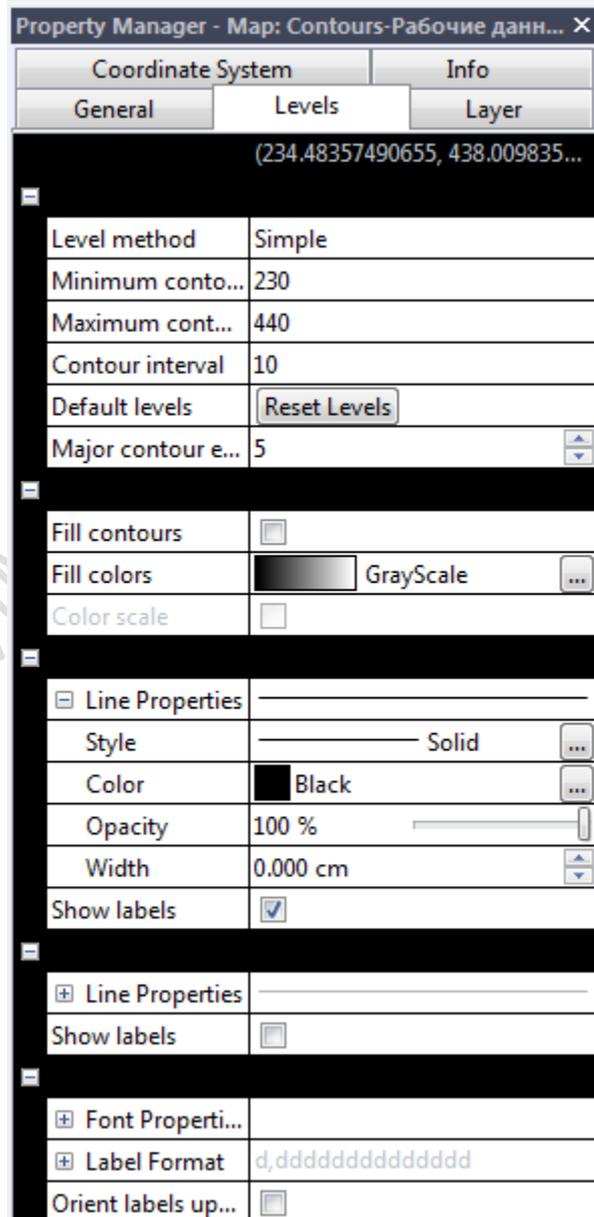


Рисунок 17 – Вкладка **Levels** элемента **Contours**

Остальные параметры касаются основных и дополнительных изолиний, а также оформления подписей изолиний, редактирование их характеристик аналогично редактированию характеристик других линий и подписей, рассмотренных выше (**Show labels** – показать или скрыть подписи к изолиниям, **Orient labels uphill** – ориентировать подписи к изолиниям в одном направлении или в противоположных от осевой линии карты).



Рисунок 18 – Диалоговое окно **Levels for Map**

Щелчок на **Level** позволяет выбрать минимальное и максимальное значение изолиний, а также интервал между соседними изолиниями; на **Line** – стиль, цвет и другие параметры изолиний.

Щелчок на значении или какой-либо характеристике конкретной изолинии позволяет изменить только её.

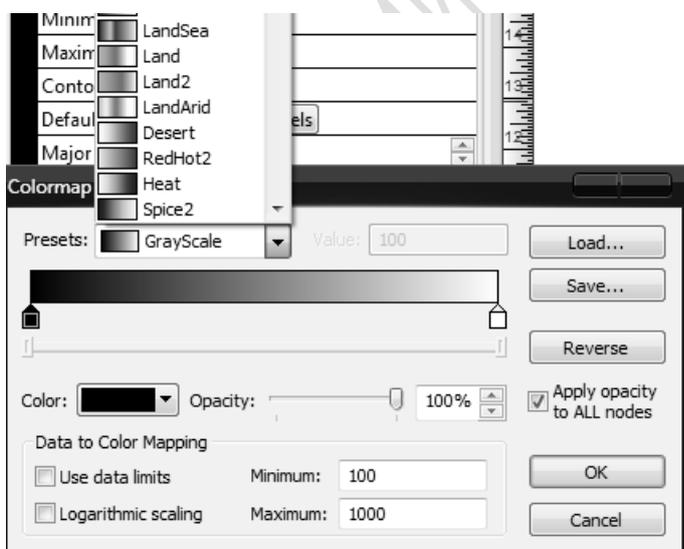


Рисунок 19 – Диалоговое окно **Colormap**

В окне **Levels for Map** доступны следующие действия (рисунок 18): **Add** – добавить новую изолинию, значение которой посередине между значениями выделенной и предыдущей изолинии; **Delete** – удалить изолинию.

Щелчок на **Level** позволяет выбрать минимальное и максимальное значение изолиний, а также интервал между соседними изолиниями; на **Line** – стиль, цвет и другие параметры изолиний.

В окне **Colormap** в меню **Presets** можно выбрать вариант цветовой раскраски карты. Кнопка **Reverse** позволяет поменять чередование цветов от меньшего значения *Z* к большему на противоположное. Наличие ползунков на цветовой шкале и меню **Color** позволяет устанавливать конкретное значение цвета для конкретного значения диапазона между изолиниями.

Свойства цветовой шкалы легенды также отражаются в Менеджере свойств при выделе-

нии этого элемента в Менеджере объектов (рисунок 20). К ним относятся: **Line Properties** – свойства линии контура шкалы (такие же, как рассмотренные свойства других линий), **First** – выбор того значения, какое по счёту будет первым подписано на шкале, **Frequency** – частота подписей (каждое первое значение, каждое второе и т. д.), на рисунке 20 подписано каждое второе значение шкалы; **Angle (degree)** – угол поворота подписей значений; **Font Properties** и **Label Format** – характеристики шрифта и формата подписей данных, аналогичные рассмотренным выше.

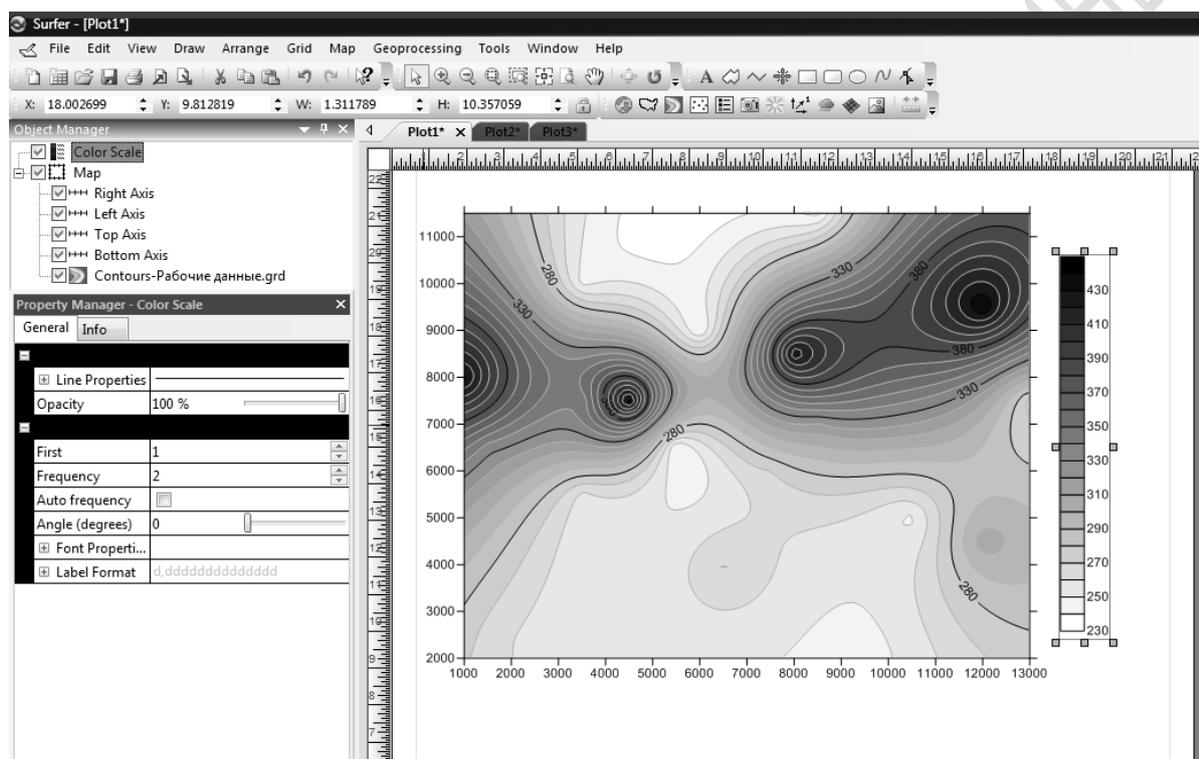


Рисунок 20 – Карта изолиний с использованием заливки и легендой

Подписи к изолиниям можно размещать в ручном режиме: щёлкнуть правой кнопкой мыши по изображению карты и в выпадающем контекстном меню выбрать пункт **Edit Contour Labels...** Далее при зажатой клавише **Ctrl** левой кнопкой мыши можно нажимать на любое место изолинии, где необходимо поставить подпись. Подписи также можно перемещать вдоль изолинии левой кнопкой мыши, а также удалять, выделив и нажав **Delete**. По окончании работы с подписями следует нажать клавишу **Esc** для сохранения изменений.

В последних версиях программы Surfer значительно облегчено построение профиля по карте. Для этого необходимо щёлкнуть правой кнопкой мыши по изображению карты и в выпадающем кон-

текстном меню выбрать пункт **Add > Profile**. Затем отметить на карте точки начала, изменения направления и окончания профиля, завершив его построение двойным щелчком. Профиль будет сразу же создан под картой (рисунок 21). При этом в менеджере объектов появляется два объекта – линия на карте, по которой построен профиль (элемент **Base Profile**), и сам профиль (элемент **Profile**) с двумя осями. Характеристики этих объектов можно изменять в менеджере свойств точно так же, как и других.

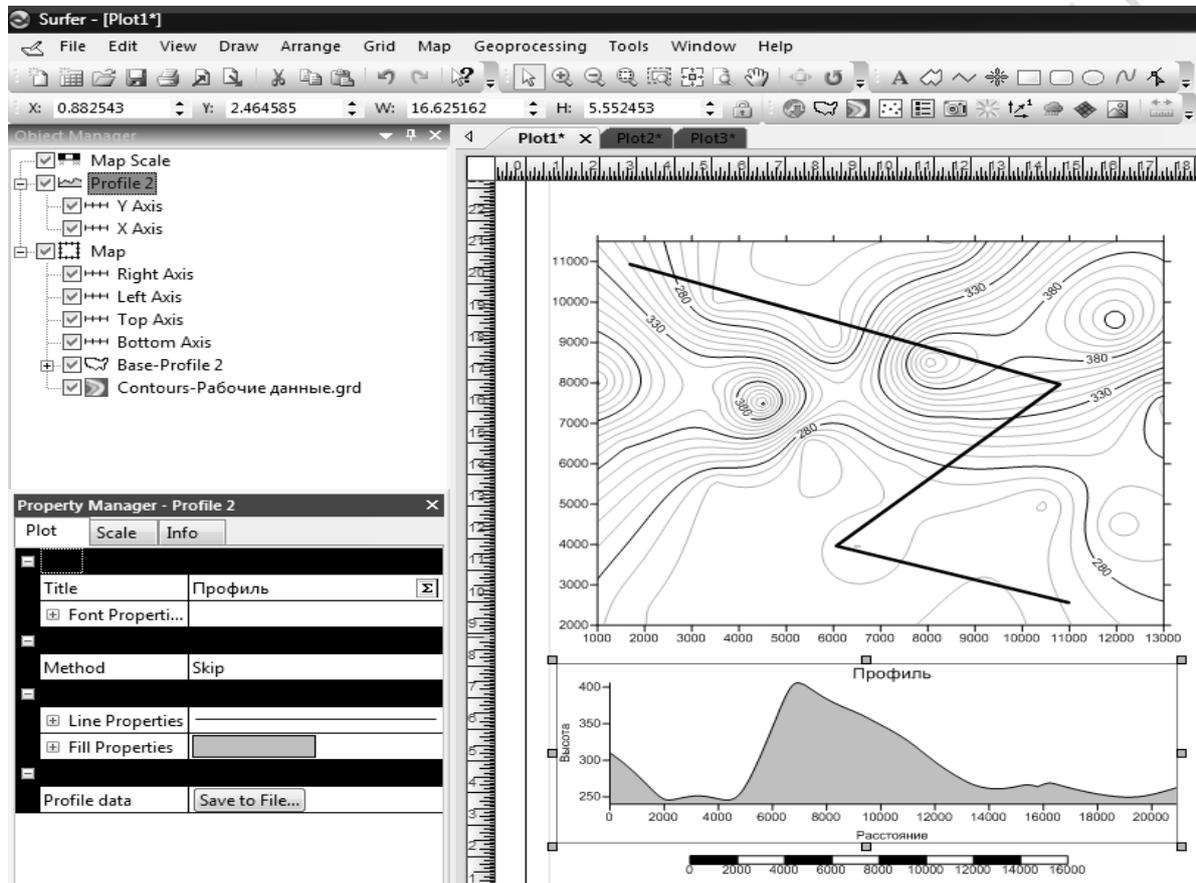


Рисунок 21 – Добавление к карте профиля и масштабной шкалы

Ещё одним дополнительным элементом является шкала масштаба (вызывается щелчком правой кнопки мыши на изображении и выбором команды **Add > Scale Bar** контекстного меню). В её свойствах можно задавать количество отрезков, длину одного отрезка, ось, для которой построена шкала, и т. д.

Команда **Measure** (Измерение) из того же контекстного меню позволяет производить на карте измерения – длины построенного мышью прямого отрезка линии, длины ломаной линии целиком, площадь и длину периметра замкнутого контура, эти характеристики показываются в специальном окне (рисунок 22).

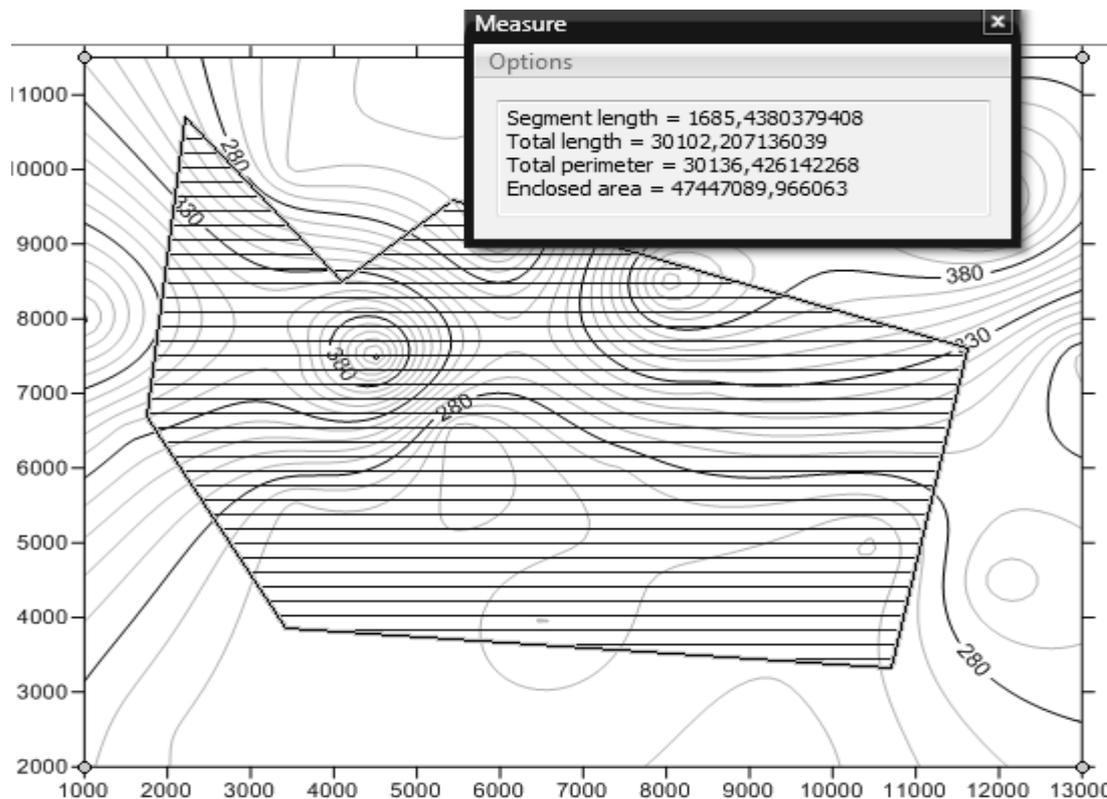


Рисунок 22 – Измерение расстояний на карте с помощью команды **Measure**

Вопросы для самоконтроля

1. Какой формат файлов подходит для хранения данных, по которым строятся карты в Surfer?
2. Каково назначение Менеджера объектов и Менеджера свойств?
3. Как можно осуществить цветную заливку между изолиниями и создать к ней легенду?
4. Какими свойствами обладают оси изображения?
5. Как можно редактировать свойства отдельных изолиний?
6. Можно ли менять масштабы осей независимо друг от друга?

Практическая работа 1

Создание и оформление карты изолиний

Цель работы: научиться создавать карты изолиний по исходным точкам, освоить возможности оформления созданных карт.

Задание: по данным таблицы 1 создать grid-файл и визуализировать его в **Surfer** в виде карты изолиний (**Contour Map**). Оформить созданную карту согласно следующим требованиям:

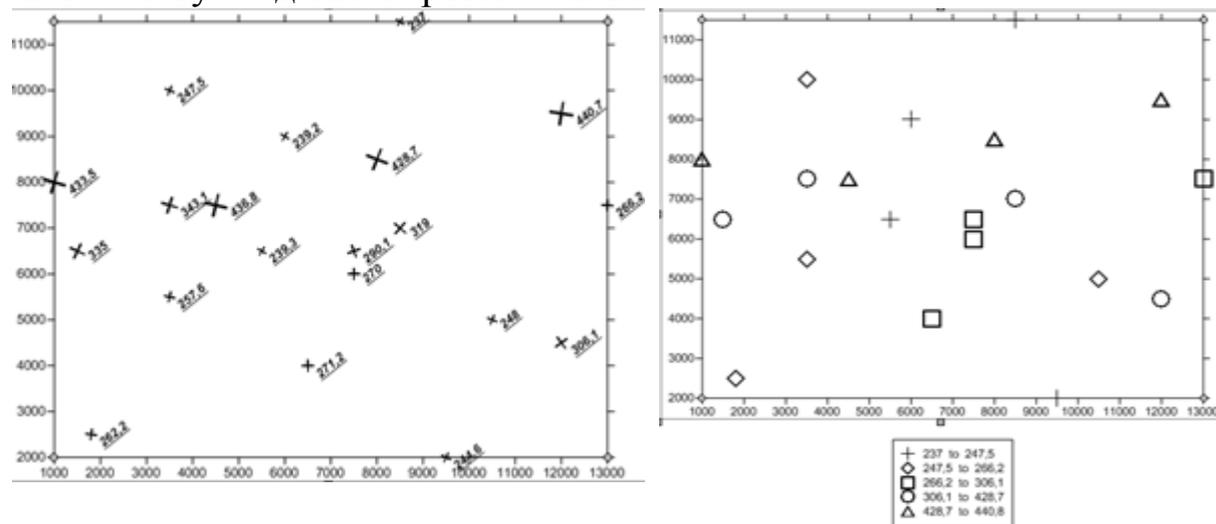
1. Цветная заливка, стиль заливки **Forecast**, синий цвет обозначает самые низкие отметки высот.
2. Изолинии проведены через каждые 5 метров.
3. Каждая третья изолиния – основная (выделена), ширина основных изолиний 0,04 см; подписи основных изолиний размером 14 пт, шрифт Times New Roman, чёрного цвета.
4. Изолинии показаны в интервале от 220 до 440 м.
5. Второстепенные изолинии – цвет бордовый, ширина 0,03 см, подписи не показаны.
6. Показана цветовая шкала, подписи на ней показаны для каждого четвертого значения (220, 240, 260 и т. д.).
7. Шрифт подписей на цветовой шкале – Times New Roman.
8. Подписи на цветовой шкале – шрифт жирный, подчёркнутый, цвет тёмно-синий.
9. Размер карты 16x13 см.
10. Координатная сетка красного цвета.
11. Подписи осей – «Ось X» и «Ось Y». Эти подписи красного цвета, выполнены курсивом, размером 12 пт.
12. Помимо основных (подписанных значениями) делений на всех осях, между ними имеются по 5 промежуточных.
13. На карте проведён профиль (см. рисунок). Ширина линии профиля 0,05 см, цвет чёрный, подписана «Линия профиля» вдоль наклонной линии.
14. Сам профиль тёмно-серого цвета, подписан «Профиль», оси подписаны «Высота» и «Расстояние» соответственно. На профиле координатная сетка.
15. Масштабная линейка состоит из 6 сегментов, подписи под углом, подчёркнуты.
16. Наклонить карту вперёд, чтобы значение угла наклона было 60–65 градусов.

Тема 2. Создание двух- и трёхмерных моделей поверхности различных типов

2.1 Типы моделей поверхности

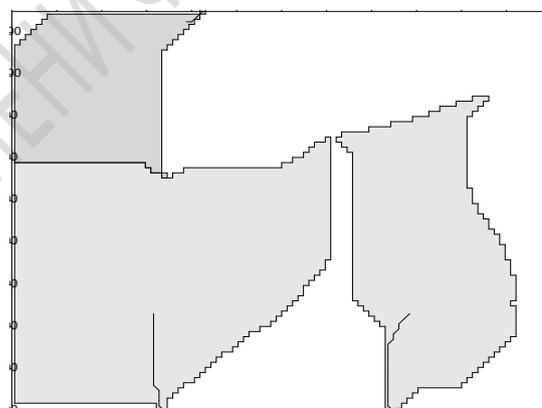
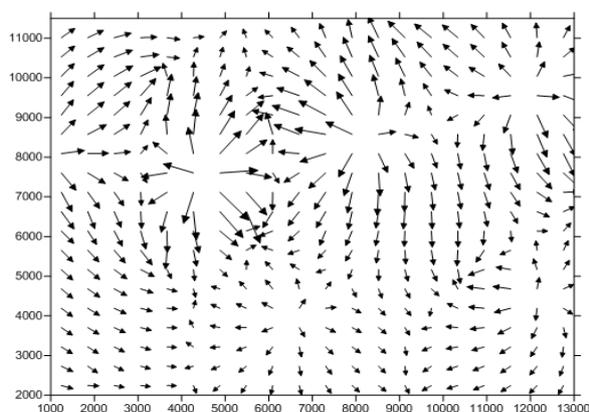
Кроме карты изолиний, методика создания которой рассмотрена в теме 1, в Surfer доступны и другие виды изображений (рисунок 23).

1. Карта точек (**Post Map**). На данной карте отображаются точки, в которых непосредственно были проведены измерения, которые легли в основу создания карты изолиний.



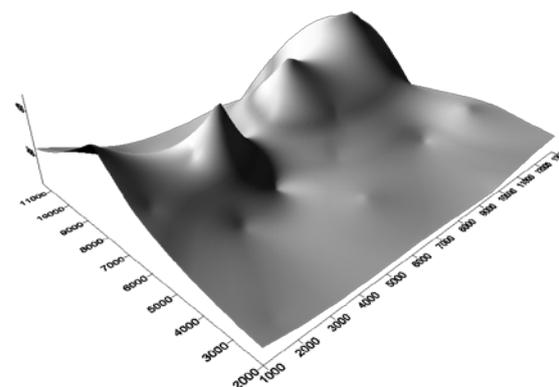
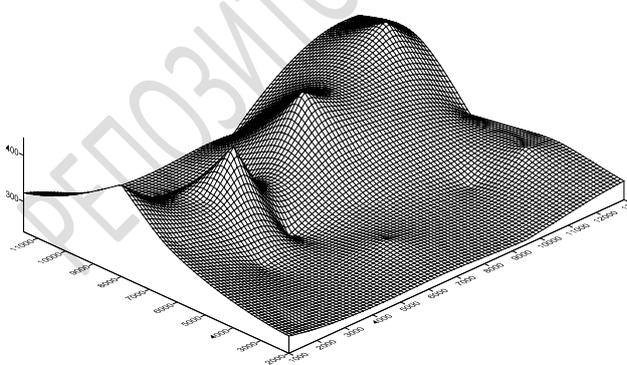
а

б



в

г



д

е

а – карта точек; б – классифицированная карта точек; в – векторная карта; г – карта водоразделов; д – 3D-каркас; е – 3D-поверхность

Рисунок 23 – Типы моделей поверхности в Surfer

2. Классифицированная карта точек (**Classed Post Map**) – схожая с предыдущей, однако точки здесь разбиваются на диапазоны, и принадлежащие каждому диапазону точки отмечаются отдельным символом.

3. Карта изображения (**Image Map**) – создаёт изображение в растровом виде, то есть, состоящим из пикселей, каждый из которых окрашен в соответствии со значением его высоты.

4. Карта с оттенённым рельефом (**Shaded Relief Map**).

5. Векторная карта (**Vector Image**) – состоит из направленных отрезков (векторов, которые показывают направление и интенсивность изменения (снижения или увеличения) картографируемого показателя).

6. Карта водоразделов (**Watershed Map**) – проводит линии водоразделов и тальвегов по представленным данным (оптимально для достаточно крупной территории).

7. 3D Каркас (**3D Wireframe**) – трёхмерное изображение рельефа в виде каркаса.

8. 3D Поверхность (**3D Surface**) – трёхмерное окрашенное в соответствии с выбранной цветовой гаммой изображение рельефа.

Для создания такой карты необходимо выбрать команду **Map > New > Post Map**. В появившемся окне **Open Data** выбрать и открыть исходный файл с рабочими данными (**НЕ** grid-файл, а исходный файл в формате *[.dat]*, *[.txt]*, *[.xls]* и т. д.).

Оформление данной карты, как и в рассмотренных ранее случаях, осуществляется в менеджере свойств при выделении этой карты в менеджере объектов (рисунок 24).

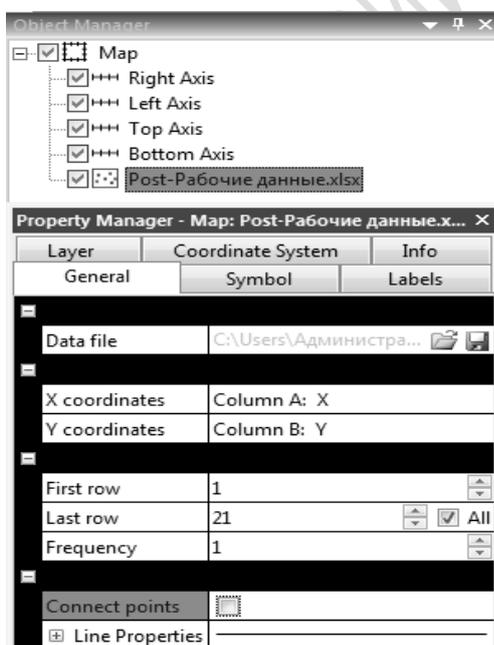


Рисунок 24 – Вкладка **General** для карты точек

Вкладка **General (Общие):**

– **Data file** – показывает путь к папке, в которой хранится файл с данными, по которым была построена данная карта;

– **X coordinates** – показывается колонка, из которой были взяты координаты X точек, отображённых на карте; с помощью этого свойства можно выбрать другую колонку для координаты X, карта сразу же изменится в соответствии с новыми координатами X;

– **Y coordinates** – аналогично для координаты Y;

– **First Row** – номер точки, начиная с которой точки следует показывать на карте;

– **Last Row** – номер точки, заканчивая которой точки следует показывать на карте (поставив галочку на *All*, можно вывести на карту все точки);

– **Frequency** – выбор интервала, через который необходимо показывать точки: 1 – все точки, 2 – каждую вторую, 3 – каждую третью и т. д.;

– **Connect points** – соединить все точки последовательно линией;

– **Line Properties** – свойства линии, которая соединяет точки.

Вкладка **Symbol (Символ)**:

Marker Properties – свойства метки. К свойствам относятся:

– **Symbol** – выбор символа из набора символов;

– **Symbol Set** – выбор набора символов;

– **Fill Color** – цвет заливки символа (если выбран символ с заливкой);

– **Fill opacity** – степень прозрачности заливки;

– **Line color** – цвет контура символа;

– **Line opacity** – степень прозрачности контура символа;

– **Default angle (degree)** – угол поворота символов;

– **Sizing method** – метод определения размера символа: возможны варианты **Fixed size** – фиксированный размер (тогда в нижележащем свойстве **Symbol size** выбирается единый для всех меток размер) и **Proportional** – размер символа пропорционален его значению (тогда в нижележащем свойстве **Proportional**, нажав на кнопку **Scaling**, можно вывести окно **Proportional Scaling**, где выбрать параметры масштабирования символов (размер минимального и максимального символа,

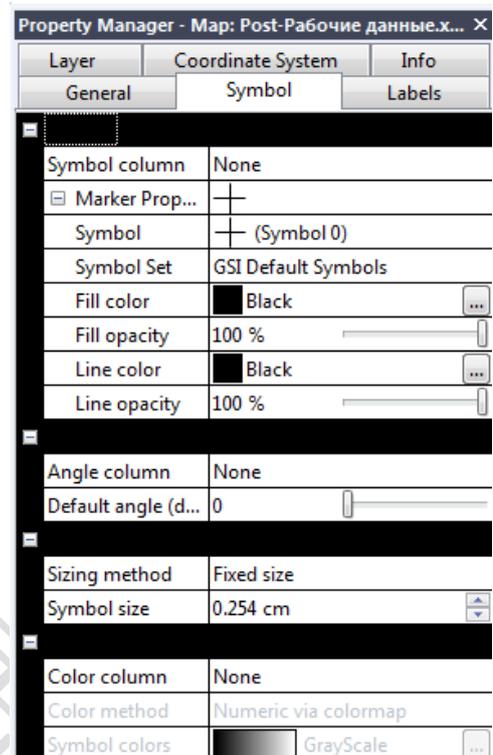


Рисунок 25 – Вкладка **Symbol** для карты точек

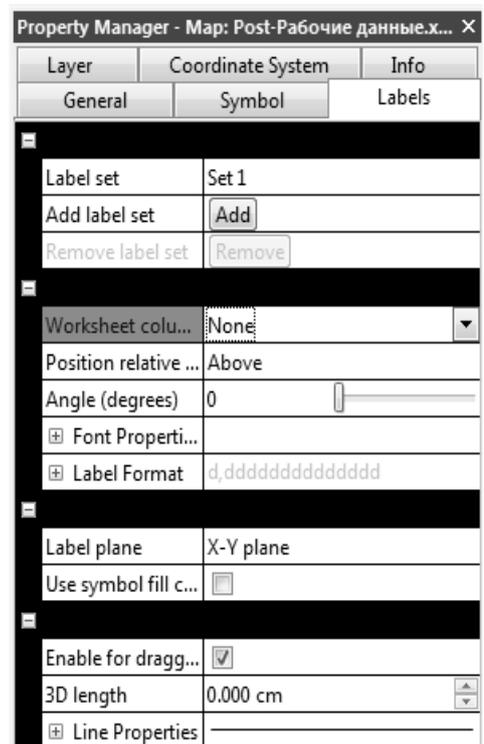


Рисунок 26 – Вкладка **Labels** для карты точек

метод масштабирования – линейный или квадратный корень);

– **Color column** – показать разницу значений в точках цветом символа (необходимо выбрать или вариант None, когда эту функцию не использовать, или одну из колонок исходного файла, значения в которой и будут отражены цветом). Вариант цветовой раскраски и другие параметры можно выбрать в свойствах снизу – Color method и Symbol colors.

Вкладка **Labels** (Подписи):

– **Worksheet columns** – выбрать колонку в исходной таблице, значения точек в которой использовать в качестве подписей;

– **Position relative** – местоположение подписи относительно символа (сверху, слева, справа, снизу, по центру);

– **Angle (degree)** – угол поворота подписей;

– **Font Properties** – прочие свойства подписей, аналогичные рассмотренным свойствам других подписей.

Свойства классифицированной карты точек отличаются тем, что здесь вкладка **Symbol** отсутствует, вместо неё имеется вкладка **Classes**, в которой, нажав кнопку **Edit Classes**, можно вызвать окно **Classes for Map**, в котором задать параметры и значения диапазонов (рисунок 27) – число классов, границы классов, форма и размер символа и др.

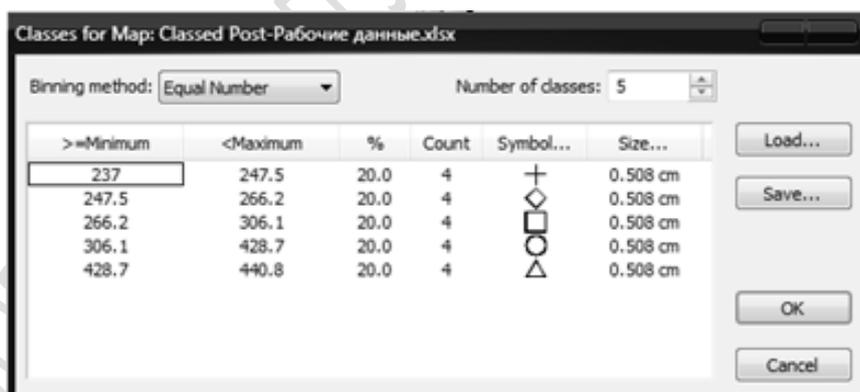


Рисунок 27 – Диалоговое окно **Classes for Map**

Во вкладке **General** имеется пункт **Show legend**, поставив галочку на котором, можно вызвать легенду к карте. К основным свойствам вкладки **General** свойств легенды можно отнести:

– **Type** – форма рамки вокруг легенды (нет рамки, закруглённая рамка, прямоугольная рамка);

– **Title text** – записать заголовок к легенде;

– **Reverse order** – выбрать, в какой последовательности располагать элементы легенды – от большего к меньшему или от меньшего к большему;

– прочие стандартные свойства линий и подписей.

Карты других типов открываются с помощью команды **Map** и выбора grid-файла. Каждый из них имеет некоторые индивидуальные свойства, большинство из которых схожи с уже рассмотренными и могут быть освоены самостоятельно.

3D-модель поверхности обладает высокой наглядностью, что делает возможным её использование в большом количестве учебных ситуаций, особенно при обучении правильному чтению карты и плана с изолинейным представлением рельефа. Модель можно вращать и поворачивать под самыми различными углами, для этого нужно её выделить, нажать кнопку **Trackball** () на панели инструментов, затем зажать курсором изображение и двигать мышью до нужного направления и угла поворота модели.

При создании 3D-модели в менеджере объектов появляется новый объект – ось **Z (Z axis)**, в свойствах которой, помимо стандартных свойств, можно изменить поворот оси (**Axis Plane**), чтобы подписи к ней хорошо читались при различных поворотах модели.

Что касается свойств самой поверхности, то необходимо отметить свойства во вкладках **General**, **Mesh** и **Lighting**.

Вкладка **General**:

– **Show color scale** – показать цветовую шкалу;

– **Upper** – выбрать расцветку поверхности;

– **Show Base** – показать основу – для лучшей визуализации заливается пространство между поверхностью и некоторой базовой плоскостью;

– **Properties** – кнопка **Edit Base Properties** – позволяет редактировать свойства построенной основы (например, выбрать цвет).

Вкладка Mesh (ячейка) позволяет рисовать на самой поверхности горизонтальные и вертикальные координатные линии, выбирать их густоту и оформление.

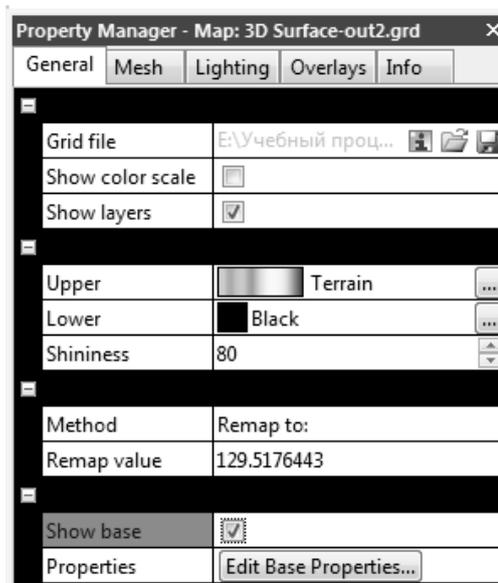


Рисунок 28 – Вкладка **General** для 3D-модели

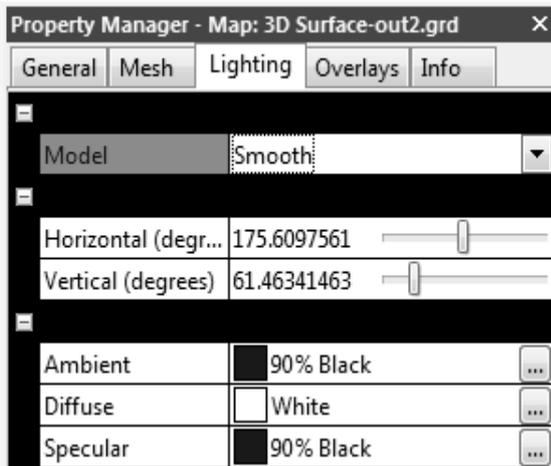


Рисунок 29 – Вкладка **Lighting** для 3D-модели

Вкладка Lighting (освещение):

- **Model** – позволяет выбрать варианты **None** – отсутствие тени, каждая точка поверхности освещена одинаково; **Smooth** – показ тени, которая будет образовываться на поверхности при заданном горизонтальном и вертикальном угле солнца;
- **Horizontal** и **Vertical** – выбор значения соответственно горизонтального и вертикального угла солнца.

2.2 Совмещение изображений

Существует большое количество возможностей объединения нескольких изображений. Для этого необходимо последовательно выделить в менеджере объектов элемент **Map** каждого из них, зажав клавишу **Shift** на клавиатуре (так, чтобы все эти элементы совмещаемых карт, были выделены), и выбрать команду **Map > Overlay Maps**.

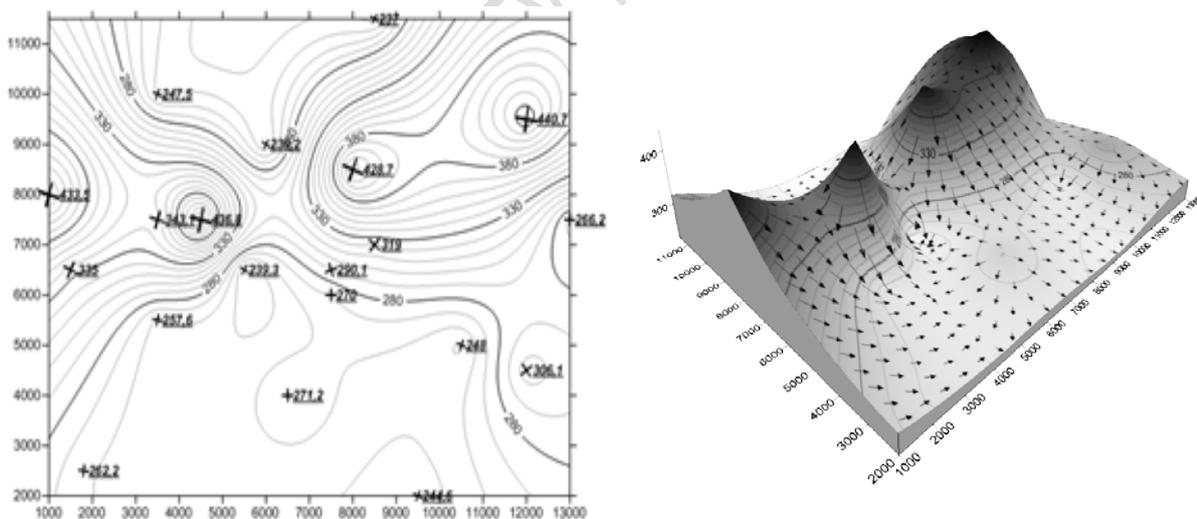


Рисунок 30 – Примеры совмещения изображений

Необходимо обратить внимание, что при совмещении изображений, происходит совмещение и в менеджере объектов, и элемент **Map** становится общим для всех совмещённых изображений.

Большой интерес представляет возможность совмещения 3D-модели и исходной карты (**Base Map**). **Base Map** – это растровое изображение в стандартном растровом формате, например, *[.jpeg]*, *[.png]* и т. д. Открывается оно стандартным способом **Map > New > Base Map**. Если это изображение представляет собой карту, изолинии которой были оцифрованы, и по этим данным построен grid-файл, то можно совместить 3D-модель и исходную карту, в результате чего последняя также приобретёт трёхмерный вид (рисунок 31).

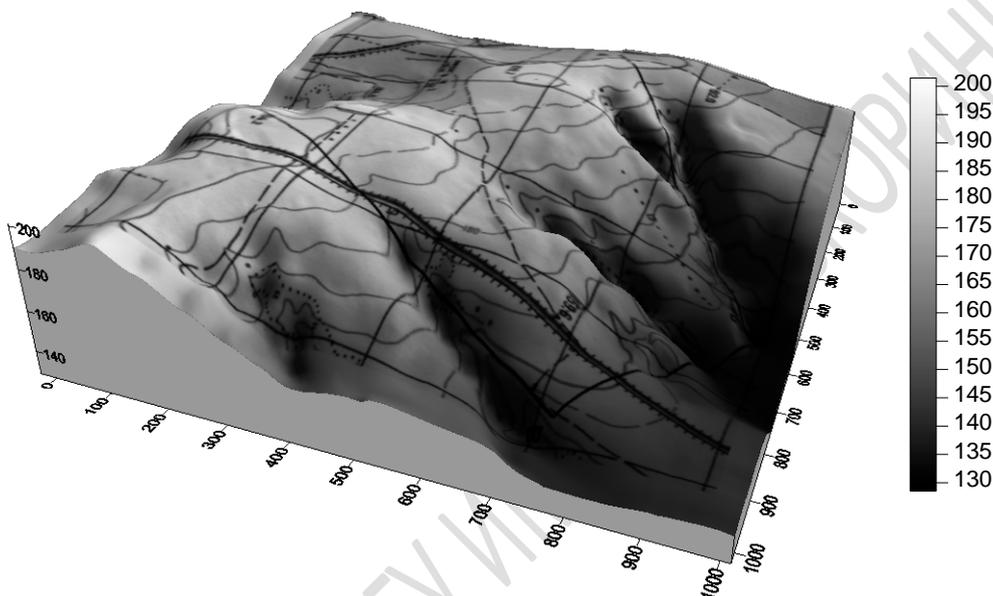


Рисунок 31 – Пример совмещения 3D-модели и фрагмента топоплана

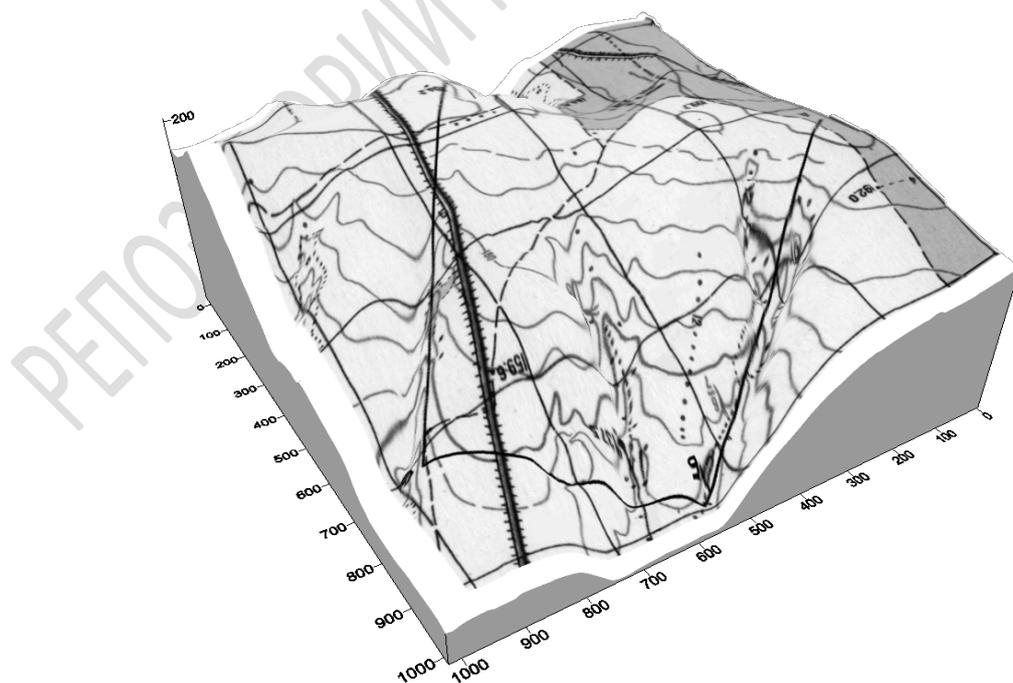


Рисунок 32 – Трёхмерная модель топоплана после отключения заливки

Теперь можно убрать заливку 3D-поверхности и оставить только изображение на топоплане. Во вкладке **Overlays** в Менеджере свойств поверхности, в пункте **Color modulation** выбрать **Use overlay color only** (рисунок 32).

Вертикальный масштаб 3D-модели можно увеличивать или уменьшать в Менеджере свойств на вкладке **Scale** объекта **Map**, в самом последнем пункте.

2.3 Обрезка изображений

Процедура «обрезки» карт так, чтобы был изображён лишь её нужный фрагмент, называется бланкированием. В Surfer процедура бланкирования реализована не очень удобно и не так просто, как большинство других операций. Фактически, при бланкировании не происходит физической обрезки файла, а точкам, лежащим вне выбранной области, присваивается определённое значение, при котором они или соответствующие им изображения не будут показаны на карте в окне чертежа. Например, процедура бланкирования часто необходима, когда исходные данные не имели «прямоугольного характера» (например, вытянутая и искривлённая гряда). В этом случае программа всё равно строит прямоугольную карту, и в областях отсутствия исходных данных также строит изолинии по совершенно некорректно интерполированным данным. Поэтому, лишние области, где данные изначально отсутствовали, нужно «обрезать», или бланкировать.

Предположим, что необходимо карту на рисунке бланкировать так, чтобы осталось изображение только выделенного фрагмента (рисунок 33).

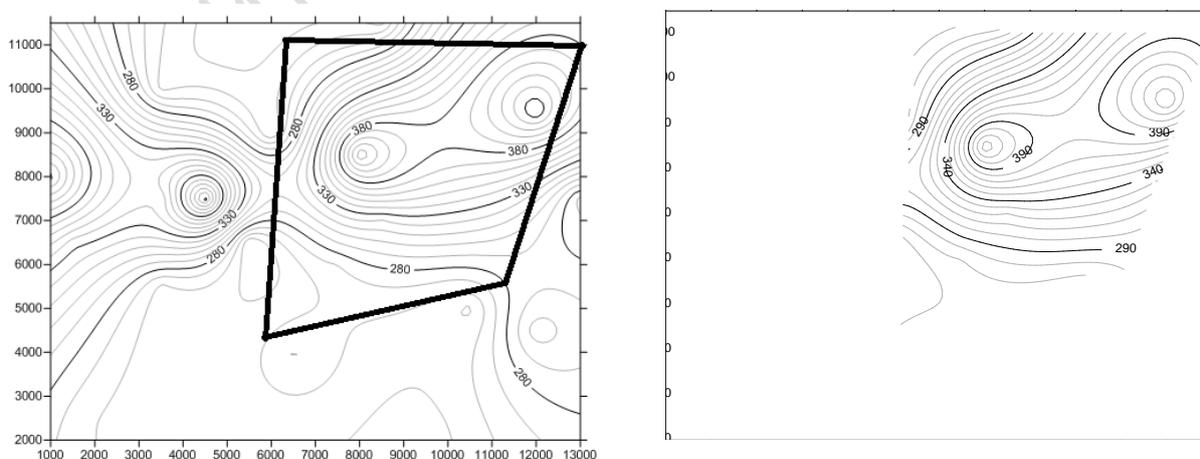


Рисунок 33 – Фрагмент карты, который необходимо бланкировать (слева), и результат бланкирования (справа)

Эта задача решается с использованием команды меню **Grid > Blank**. Для начала бланкирования необходимо щёлкнуть на карту правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать **Digitize**. При этом курсор приобретёт форму крестика. После отметки первой точки бланкируемого полигона появляется окно **Digitized Coordinates**, куда заносятся автоматически координаты каждой отмечаемой точки (рисунок 34).

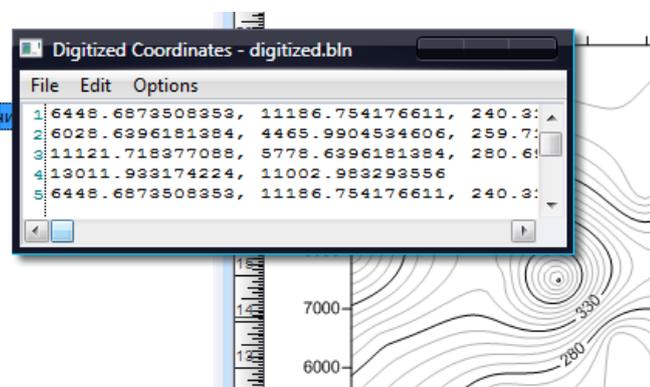


Рисунок 34 – Окно Digitized Coordinates

Далее курсором последовательно отмечаются все точки, которыми оконтуривается бланкированный полигон (на карте эти точки будут отмечаться красными крестиками). Координаты последней точки должны полностью совпадать с координатами первой точки, поэтому лучше всего копировать первую строчку и вставить в последнюю. Затем необходимо сохранить эти данные, выбрав команду **File > Save As** в окне **Digitized Coordinates**. Файл сохраняется с расширением `[.blm]` (по умолчанию `digitized.blm`).

Затем необходимо открыть окно Worksheet (Таблица), в котором открыть данный сохранённый файл. В первом столбце первой строки этого файла указывается количество узлов, из которых состоит полигон (область бланкирования). Во втором столбце первой строки записывается значение 0 или 1 («флаг»). В случае, когда в качестве «флага» использован 0, бланкируются (вырезаются) значения файла, расположенные *вне* полигона; в противном случае бланкируются значения точек, лежащих *внутри* оконтуренного полигона. В последующих строчках указываются координаты узлов полигона. Их количество должно соответствовать значению, указанному в первой ячейке таблицы. Полигон для бланкирования должен быть обязательно замкнут, то есть координата последнего узла должна совпадать с координатой первого. В примере на рисунке 33 следует заменить в первой строке во

второй колонке 1 на 0 (чтобы бланкировалась область вне полигона, а не внутри него). Затем сохранить изменённый файл.

Осталось создать бланкированный грид-файл. Выбираем команду **Grid > Blank**. В появившемся окне **Open Greed** выбираем исходный файл с данными, который необходимо бланкировать. Затем сразу же в окне **Открыть** выбираем сохранённый файл с расширением *[.bln]*, содержащий сведения о координатах точек, которыми оконтуривали полигон. Сразу после этого появляется окно **Save Grid As**, в котором мы сохраняем уже изменённый бланкированный grid-файл. Необходимо выбрать его название (по умолчанию *out.grd*) и папку, в которую его сохранить.

После сохранения можно открыть этот сохранённый файл обычным образом (**Map > New > Contour Map**). Появится карта, на которой уже не будут показаны бланкированные области (рисунок 33).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды изображений поверхности доступны для создания в Surfer?
2. Какие специфические свойства присущи карте точек?
3. В чём отличие карты точек от классифицированной карты точек?
4. Каким образом можно совместить трёхмерную модель рельефа и растровое изображение?
5. Что означает «бланкировать файл»?

Практическая работа 2

Создание и совмещение основных типов изображений

Цель работы: научиться создавать карты различных типов и трёхмерные модели поверхностей, их интерпретировать, а также совмещать и оформлять.

Задание:

1. Создать карту точек и оформить её следующим образом:
 - а) точки отмечены большим жирным крестиком (**Symbol 2** из набора **GSI Default Symbols**). Цвет крестиков красный, цвет границ крестиков голубой;
 - б) крестики повернуты под углом 45 градусов;

в) метод задания размера – пропорциональный (то есть размер крестика пропорционален значению высоты в данной точке: чем больше высота, тем больше крестик). Установить размеры: для минимальной отметки 0,3 см, для максимальной 0,8 см. *Величину значения в точках можно показывать не только размером, но и цветом. Для этого в пункте **Color column** выбрать ту колонку, значения точки в которой будут отражены (в нашем случае это колонка C), и ниже, в пункте **Symbol Colors**, выбрать цветовую гамму для окраски;*

г) включить подписи точек. Расположить их справа от точки и повернуть на 20 градусов. Цвет красный, подчёркнутый.

2. Объединить карту точек с ранее созданной картой изолиний.

3. В другом окне **Plot** построить остальные типы карт и трёхмерных моделей самостоятельно. При этом для карты изображения (**Image Map**) выбрать цветную раскраску и цветовую шкалу. Обратит внимание, что эта карта очень похожа на карту изолиний, однако она в растровом формате, а карта изолиний – в векторном.

4. Освоить элементы оформления трёхмерной модели (цветовая гамма и шкала, наложение сетки, особенности освещения рельефа при различном вертикальном и горизонтальном угле Солнца, возможность выбора полной, стопроцентной освещённости модели, вращение модели, увеличение и уменьшение горизонтального масштаба, показ базы).

5. Произвести объединения карт:

- карта изолиний + векторная карта;
- карта изолиний + карта водоразделов;
- 3D-модель + карта водоразделов;
- 3D-модель + карта изолиний + векторная карта.

6. Произвести бланкирование файла так, как это показано на рисунке 33.

Тема 3. Улучшение качества изображений Математические преобразования и исчисления

3.1 Фильтрация и сплайновое сглаживание

Источником данных для создания карт являются зачастую оцифрованные изолинии бумажных карт и топопланов. При этом могут появляться различные артефакты или слабо приемлемые результаты на некоторых участках карты – пересечение изолиний, резкие углы и т. д. (рисунок 35) Причинами могут быть погрешность приборов,

ошибка измерений, ошибки оператора при вводе данных, негативные особенности интерполяции и т. д. Поэтому при появлении таких явлений необходимо от них избавиться и привести карту к традиционному виду. Для этого существует два метода – фильтрация и сплайновое сглаживание.

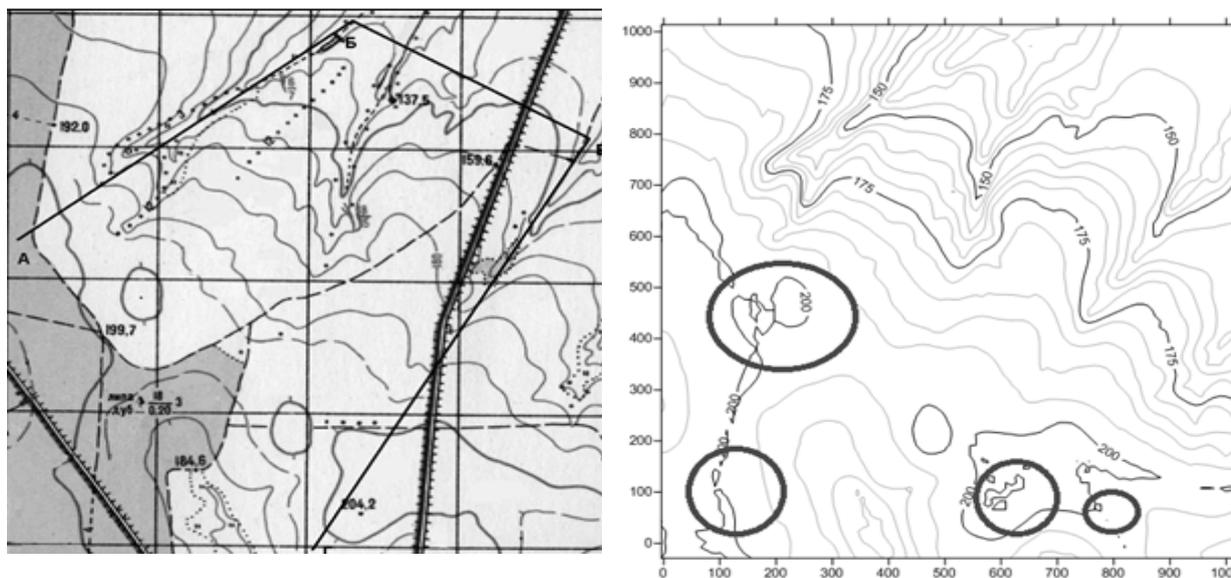


Рисунок 35 – Фрагмент топоплана (слева) и составленная на основе оцифровки изолиний карта (справа), на которой отмечены участки, требующие исправления

Фильтрация осуществляется командой **Grid > Filter**. В появившемся окне **Open Grid** необходимо выбрать файл, который планируется подвергнуть фильтрации. Появляется окно **Grid Filter** (рисунок 36).

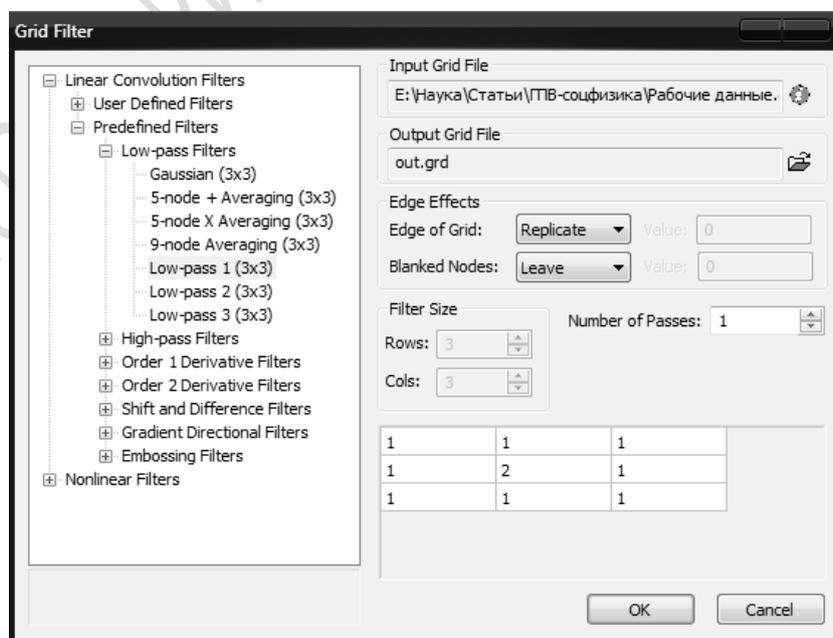


Рисунок 36 – Диалоговое окно **Grid Filter**

Здесь имеется возможность выбрать один из многочисленных алгоритмов фильтрации, конкретная сущность которых является предметом разработки прикладных математиков и программистов. В реальности обычно один и тот же файл подвергают процедуре фильтрации несколькими способами (либо один файл последовательно несколькими процедурами), а затем выбирают тот результат, который более приемлем для составителя карты (рисунок 37). После выбора и выделения мышью алгоритма необходимо задать имя нового файла и папку, куда он будет помещён после создания (**Output Grid File**).

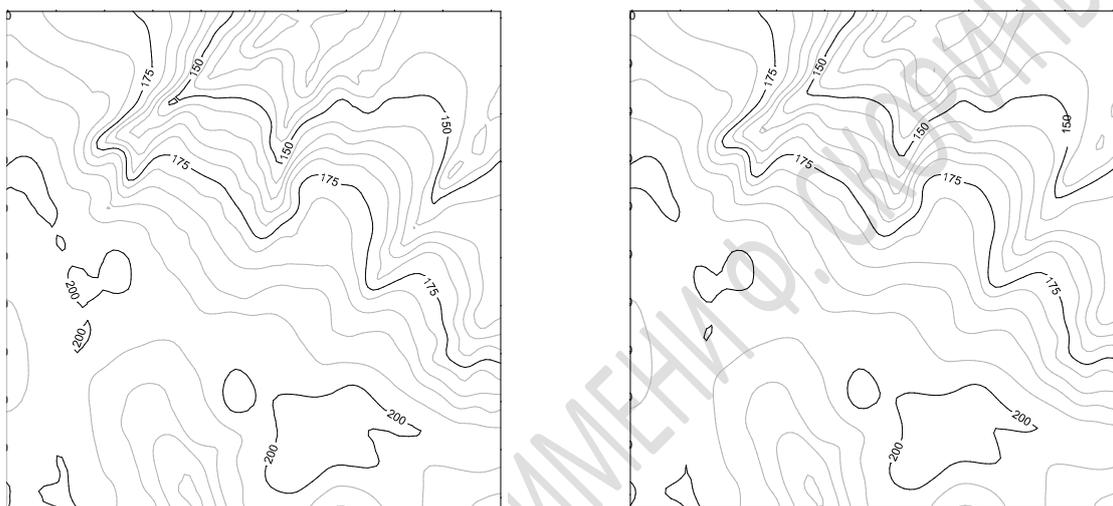


Рисунок 37 – Результаты фильтрации grid-файла: слева – с помощью алгоритма Gaussian Low-pass, справа – с помощью алгоритма 9-node Averaging

Второй способ – сплайновое сглаживание – доступен при выборе команды **Grid > Spline Smooth**. Появляется окно **Open Grid**, где нужно выбрать grid-файл, который будет подвергнут сглаживанию. Появится окно **Spline Smooth** (рисунок 38).

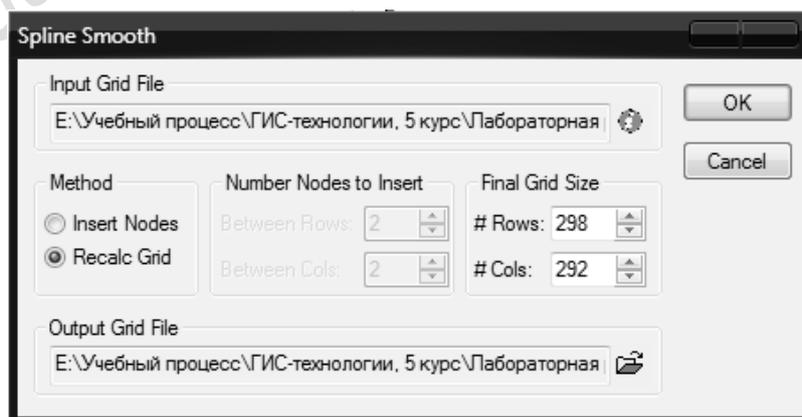


Рисунок 38 – Окно **Spline Smooth**

Имеются два способа сплайнового сглаживания: с помощью сгущения сетки (**Insert Node**) и путём перевычисления сетки (**Recalc Grid**). 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 узлов 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 .

При выборе пункта **Insert Nodes** в окне **Spline Smooth** становится доступной группа **Number Nodes to Insert** (Количество узлов вставки). Там можно задать какое дополнительное количество узлов можно ставить между существующими узлами в строках (**Between Rows**) и столбцах (**Between Cols**).

Если выбрать пункт **Recalc Grid** (Перевычисление сетки), то активной станет группа **Final Grid Size** (Конечный размер сетки). Здесь нужно указать конкретное количество столбцов, которое необходимо задать в сглаженном сеточном файле. Затем в пункте **Output Grid File** выбрать название файла (по умолчанию *out.grd*) и папку и нажать **OK**.

3.2 Исчисление площадей и объёмов

В Surfer имеется возможность вычисления площадей и объёмов. Можно вычислить объём между двумя поверхностями (например, между поверхностью зеркала грунтовых вод и дневной поверхностью – тогда вычислится объём зоны аэрации, между подошвой и кровлей какого-либо горизонта – тогда вычислится объём этого горизонта и т. д.) либо между поверхностью и горизонтальной плоскостью, например, объём между некоей заданной поверхностью (уровнем моря или,

к примеру, поверхностью с абсолютной высотой 100 м и т. д.) и дневной поверхностью.

Для вычисления объёма необходимо выбрать команду **Grid > Volume** и в появившемся окне – файл сетки, которая будет являться верхней поверхностью. Откроется диалоговое окно **Grid Volume** (рисунок 39).

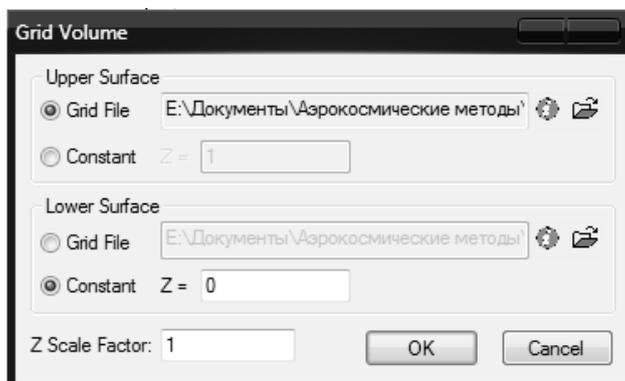


Рисунок 39 – Диалоговое окно **Grid Volume**

Далее необходимо выбрать файл сетки, которая будет нижней поверхностью. Как для верхней, так и для нижней поверхности, между которыми будет вычисляться объём, можно выбрать как grid-файл, так и какое-либо фиксированное значение координаты Z (выбирать фиксированное значение одновременно для верхней и нижней поверхности недопустимо). Затем нажать **OK**.

Программа откроет текстовый документ **Grid Volume Computations** (рисунок 26), в котором выдаст сообщение о площадях и объёмах. Объём между верхней и нижней поверхностью вычисляется тремя методами (рисунок 40, раздел **Volume**, пункт **Total Volumes By**).

Кроме того, в пункте **Cut & Fill Volumes** показывается отдельно объём выше выбранной нижней поверхности (**Positive Volume**), и ниже её (**Negative Volume**), а также разность между ними (**Net Volume**).

В разделе **Area** приводится площадь территории. В разделе **Planar Areas** – площадь проекции на плоскость

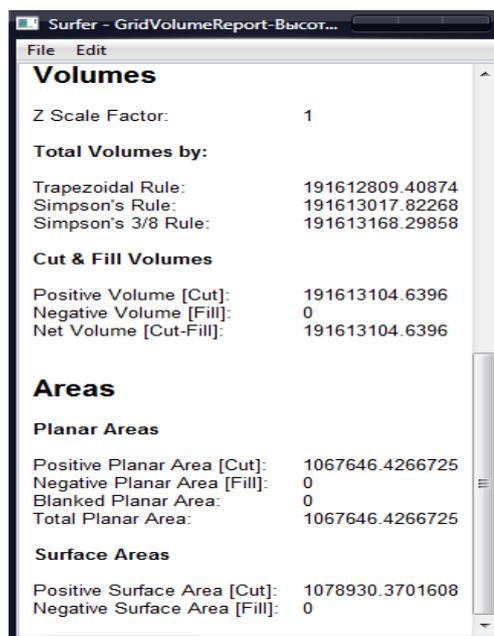


Рисунок 40 – Результаты вычисления объёмов и площадей

(**Positive** – выше заданной нижней поверхности, **Negative** – ниже её, **Blanked** – площадь бланкированных участков, **Total** – общая площадь). В разделе **Surface Areas** показана реальная площадь поверхности (чем более расчленён рельеф, тем больше эта величина при одинаковой площади проекции).

Единицами измерения при вычислении объёмов и площадей служат квадратные и кубические единицы, которые использовались для обозначения координат точек при создании grid-файла.

3.3 Математические преобразования grid-файлов

Кроме вычисления объёмов и площадей, в Surfer можно производить математические операции с grid-файлами – складывать и вычитать различные grid-файлы, осуществлять арифметические действия над всеми узлами сетки и т. д.

Команда **Grid > Math** позволяет сгенерировать сеточный файл, значения которого вычисляются по значениям Z -координат узлов двух других сеточных файлов с помощью математических операций. Файлы, участвующие в операциях, должны иметь одинаковое число точек с одинаковыми координатами. Рассмотрим такую возможность на примере. Для этого обратимся к таблице 1. В ней помимо значений отметок рельефа для 20 точек представлены значения абсолютной высоты уровня грунтовых вод для тех же 20 точек. Создав два grid-файла (в одном в качестве координаты Z выступает абсолютная высота рельефа, в другом – абсолютная высота уровня грунтовых вод), мы получим сеточные файлы с одинаковыми плановыми координатами точек, но разными координатами Z .

Команда **Grid > Math** создаёт сеточный файл на основе заданной пользователем математической функции вида $C = f(A, B)$, где A и B – входные grid-файлы, а C – выходной grid-файл. 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.

Создадим новый grid-файл на основе двух вышеуказанных – высоты рельефа и высоты уровня грунтовых вод. Если вычтем значения узлов второго файла от значений узлов первого, то мы получим grid-файл и соответственно карту изолиний, показывающих мощность зоны аэрации.

Выберем команду **Grid > Math**. Появится окно **Grid Math**. С помощью кнопки **Add Grids...** выбираем сначала grid-файл верхней поверхности (он будет обозначен как файл A), затем с помощью той же

разброс значений координаты Z). Для этого нужно ввести в строку **Enter a function of the form...** функцию $C = \log_{10}(A)$. Или если ввести функцию $C = A - 50$, то в результате получится файл, все элементы которого на 50 единиц меньше элементов входного файла.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие существуют способы улучшения изображения в Surfer?
2. Чем отличаются сгущение точек и перевычисление точек при выполнении сплайнового сглаживания?
3. Как можно вычислить площади и объёмы по grid-файлу?
4. Какие математические операции можно проводить над grid-файлами?

Практическая работа 3

Создание карты изолиний с помощью оцифровки топографической карты. Математические исчисления и преобразования

Цель работы: научиться корректировать карту изолиний различными способами, вычислять объёмы и площади по построенным моделям, проводить математические преобразования моделей.

Задание:

1. В программе MapInfo оцифровать фрагмент топографической карты масштаба 1:25000. Для этого необходимо: а) зарегистрировать карту в реальных или условных координатах; б) обвести изолинии с помощью инструмента «Полилинии» и занести данные о высотах каждой изолинии в Список; в) разбить изолинии на точки с помощью утилиты *Utility.mbx* и экспортировать значения координат точек вместе со значениями их высот в файл *[.txt]*.

2. Создать grid-файл по значениям точек с помощью текстового файла. Создать карту изолиний, проанализировать качество изображения, определить участки карты, требующие исправления. Скорректировать изображение с помощью инструментов **Filter** (выбрав один из алгоритмов) и **Spline Smooth** (оба варианта – **Insert Nodes** и **Recalc Grid**), сохраняя каждый полученный результат под новым названием. Сравнить полученные результаты. Провести исправление карты путём использования нескольких инструментов последовательно.

3. Создать grid-файл по значениям абсолютных отметок уровня грунтовых вод (таблица 1). Отнять значения в узлах этого файла от значений в узлах с теми же координатами ранее созданного файла значений абсолютных отметок рельефа, как показано на рисунке 41. Полученный новый файл, отражающий мощность зоны аэрации, визуализировать в виде карты и 3D-модели.

4. Вычислить площадь проекции поверхности рельефа, созданной согласно заданию 1 модели на плоскую поверхность, вычислить реальную площадь самой поверхности. Вычислить объём между поверхностью и плоскостью с абсолютной отметкой на 3 м меньше, чем высота низшей точки модели.

5. Вычислить объём между поверхностями моделей, указанных в задании 3.

Тема 4. Создание производных карт и графиков функций

4.1 Создание производных карт

На основе созданной карты изолиний можно создавать производные карты, отражающие те показатели, которые программа может самостоятельно рассчитать, используя исходный grid-файл (главным образом, связанные с вычислением углов и направлений наклона поверхности). Эти карты создаются с использованием команды **Grid > Calculus** и выбора исходного файла, по которому нужно будет строить производные карты. В этом случае появляется диалоговое окно **Grid Calculus**, которое 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 – пункт **Direction** диалогового окна **Grid Calculus**). В связи с учётом направления получаемые значения не обязательно соответствуют максимальным в данной точке.

Имеется 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. Карты изолиний, построенные по результатам работы этого исчисления, изображают линии постоянного наклона вдоль фиксированного направления. В любом конкретном узле сетки, если поверхность направлена вверх, её наклон положительный, а если вниз – отрицательный.

2. Second Derivative. Производит вычисление степени изменения наклона поверхности вдоль указанного направления. Карты изолиний, 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.

II. Terrain Modeling (Моделирование террейна). Террейн – это изображение земной поверхности. 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 последних четырёх операций появляется строка **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 поверхность классифицировать как плоскую. Порог **Threshold** – это минимальное значение наклона, для которого ещё вычисляются аспект и кривизна, это значение вписывается в окно данной строки. На участках, где значение **Threshold** не достигается, сетка бланкируется. По умолчанию порог **Threshold** устанавливается в очень маленькое значение:

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, так как 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.

Две остальные секции – **Differential and Integral Operators** и **Fourier and Spectral Analysis** вычисляют довольно сложные показатели, используемые главным образом в специализированных научных исследованиях.

4.2 Создание графиков функций

Программа Surfer позволяет строить графики функций с двумя переменными вида $z = f(y, x)$. Для этого предназначена команда **Grid > Function**. Появляется диалоговое окно **Grid Function**, где в

строке **Enter a function...** необходимо ввести функцию, используя специальную форму записи (таблица 2).

Таблица 2 – Примеры записи некоторых функций

Выражение	Синтаксис для ввода в строку Enter a function...
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)))

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите пример записи функций в окне **Grid Function**.
2. Какие типы производных карт можно создать в программе?
3. Чем будут различаться карты, созданные с использованием инструментов **Second Derivative** и **Terrain Aspect**?

Практическая работа 4

Создание карт углов наклона и графиков функций

Цель работы: научиться создавать производные карты и графики функций.

Задание:

1. На основе grid-файла, созданного по данным таблицы 1, создать производные карты: а) первая производная (направление 180°); б) вторая производная (направление 90°); в) наклон террайна; г) аспект террайна; д) профильная кривизна.

2. Создать графики следующих функций:
– *годовой показатель испаряемости:*

$$E_M = 0,0018(25 + T)^2 \times (100 - a),$$

где T – средняя месячная температура воздуха в $^{\circ}\text{C}$,
 a – средняя месячная относительная влажность воздуха, %.
– *индекс увлажнения Высоцкого – Иванова*

$$K = r / E_0,$$

где r – годовое количество осадков, E_0 – испаряемость;
– *радиационный индекс сухости (Будыко – Григорьева)*

$$K = B / L \cdot r,$$

где B – радиационный режим в $\text{ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{год}$;
 L – удельная теплота парообразования = $0,6 \text{ ккал}/\text{см}^2$,
 r – сумма осадков в $\text{г}/\text{см}^2$ за год).

Литература

1. Surfer 12. Full User's Guide. Powerful Contouring, Greeding & Surface Mapping. – Golden Software Inc., 2014. – 1056 p.
2. Набатов, В. В. Применение пакета программ Surfer в научных исследованиях : учебно-метод. пособие : в 2 ч. Ч. 1 / В. В. Набатов. – Москва: МГГУ, 2010. – 71 с.
3. Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer : практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» / сост.: И. А. Иванова, В. А. Чеканцев. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 92 с.
4. Силкин, К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 : учебно-метод. пособие для вузов / К. Ю. Силкин. – Воронеж : ИПЦ Воронеж. гос. ун-та, 2008. – 66 с.
5. Хромых, В. В. Цифровые модели рельефа : учебное пособие / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск : ТМЛ-пресс, 2007. – 178 с.

Производственно-практическое издание

Соколов Александр Сергеевич

**ГИС-ТЕХНОЛОГИИ:
геоинформационная система Golden Software Surfer**

Практическое пособие

Редактор *В. И. Шкредова*

Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 06.10.2017. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,8.

Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 25 экз. Заказ 745.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ