

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ





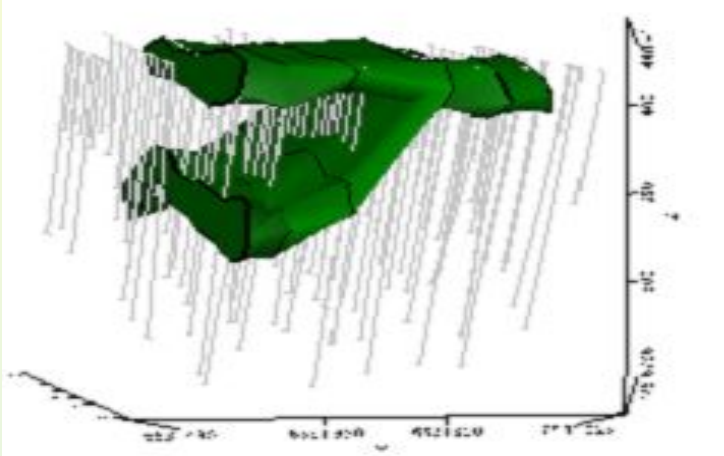
ТЕМА № 2.

Построение трехмерных моделей геологических объектов

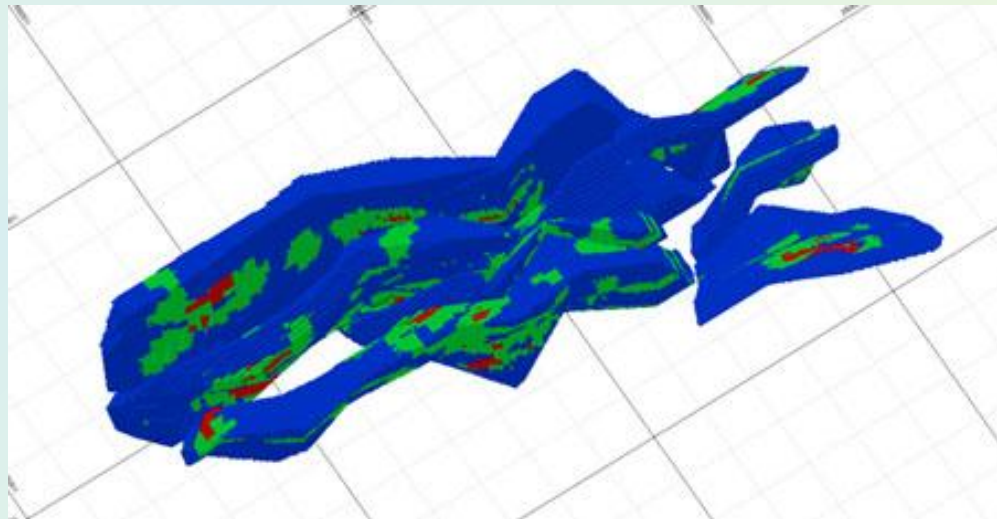


Этапы моделирования 3D тел:

1. каркасное моделирование;



2. блочное моделирование



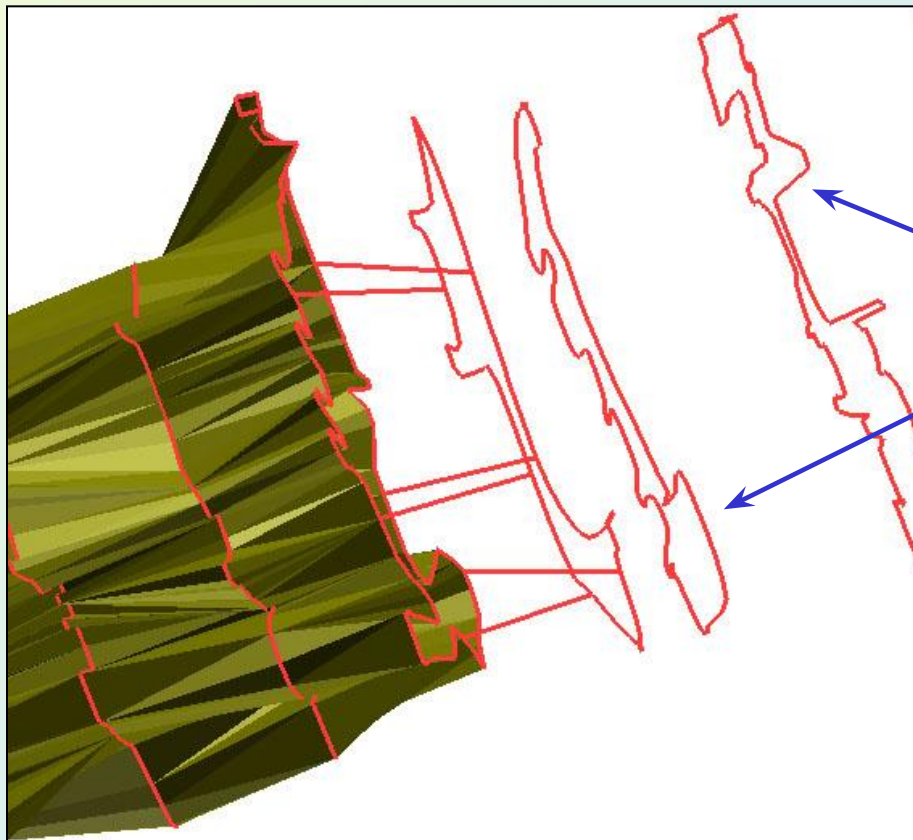


Каркасное моделирование

- Триангуляционные модели

Каркас рудных тел создается в виде триангуляционных моделей замкнутой поверхности.

Каркасная модель – наборы треугольных граней, построенных на точках контуров соответствующих элементов.

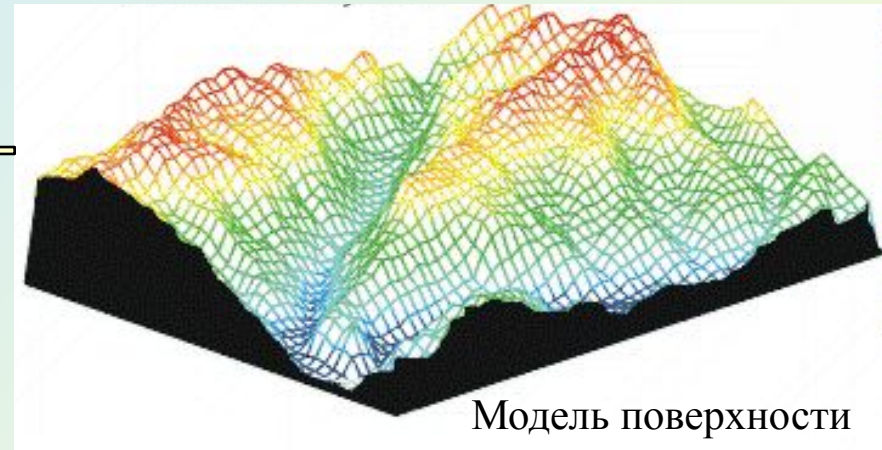
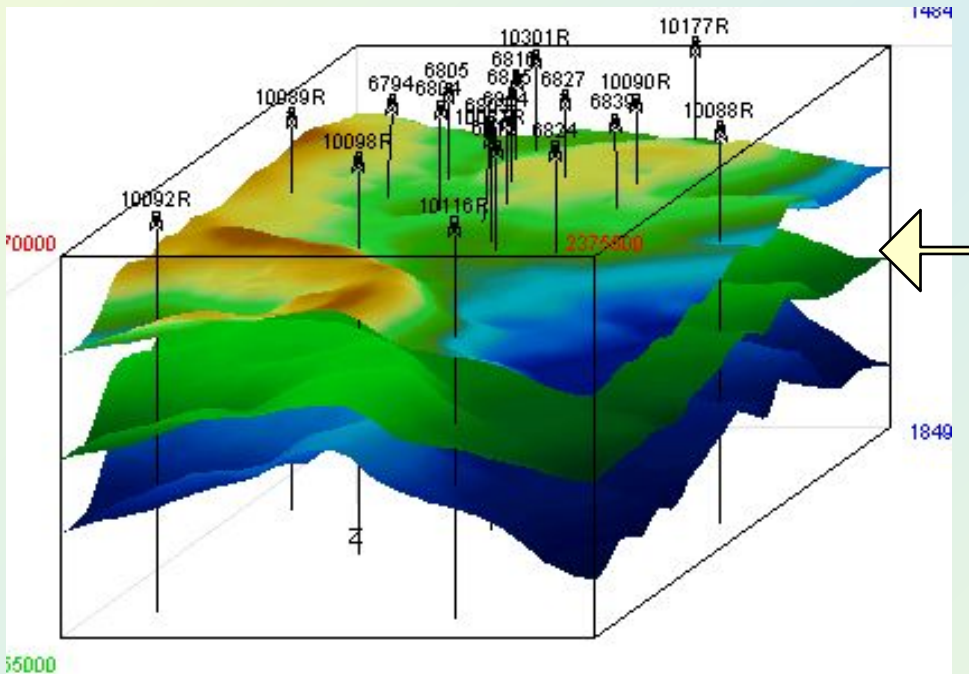


Исходной информацией является векторная модель геологического тела, представляющая собой точки, объединенные в наборы контуров, расположенных на соответствующих плоскостях.

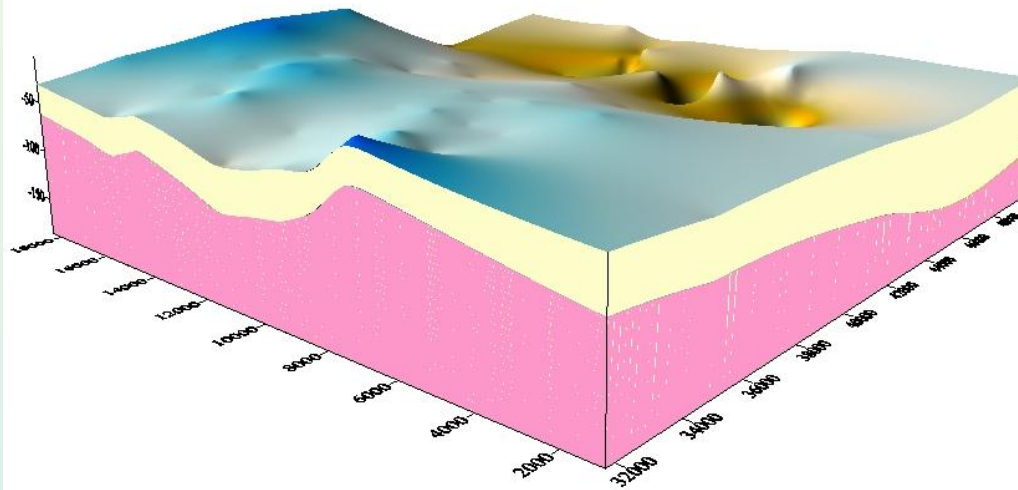
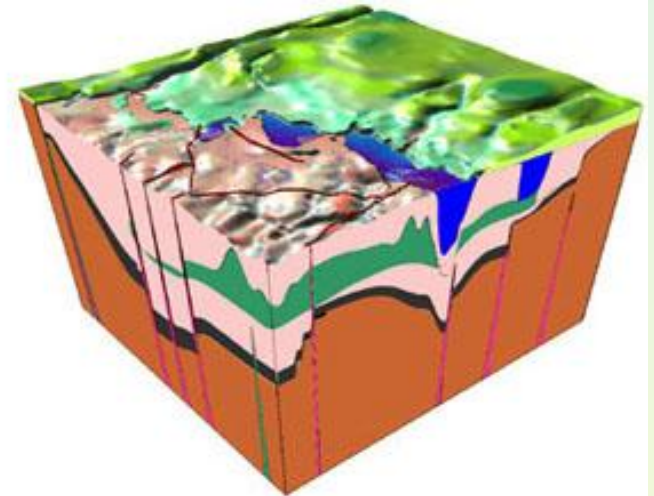
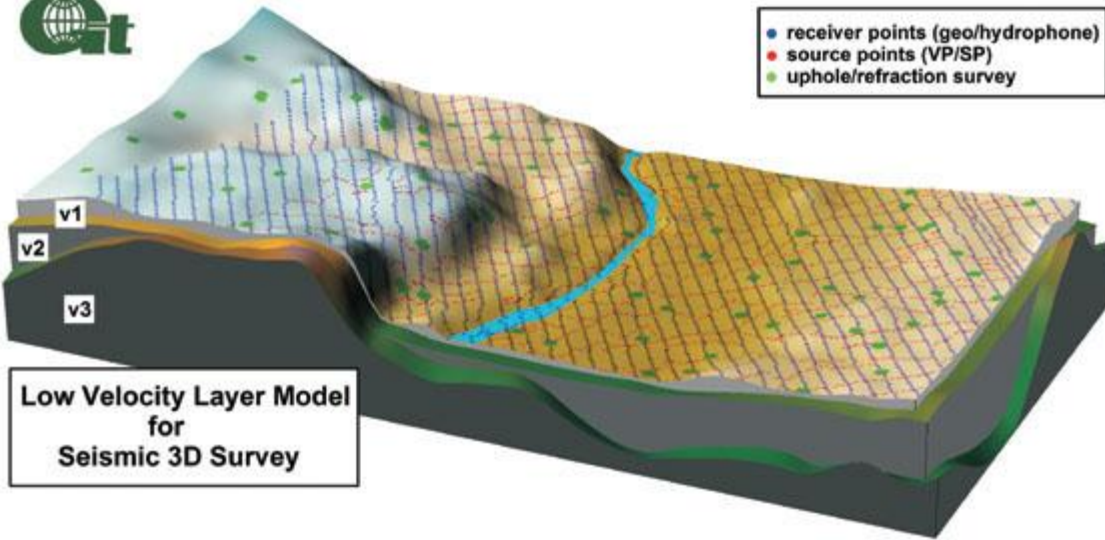


- Регулярно-ячеистые модели

Осуществляется построение регулярно-ячеистых моделей структурных поверхностей, соответствующих кровле и подошве объекта, которые замыкаются по границам экстенда поверхностей.



Модель поверхности



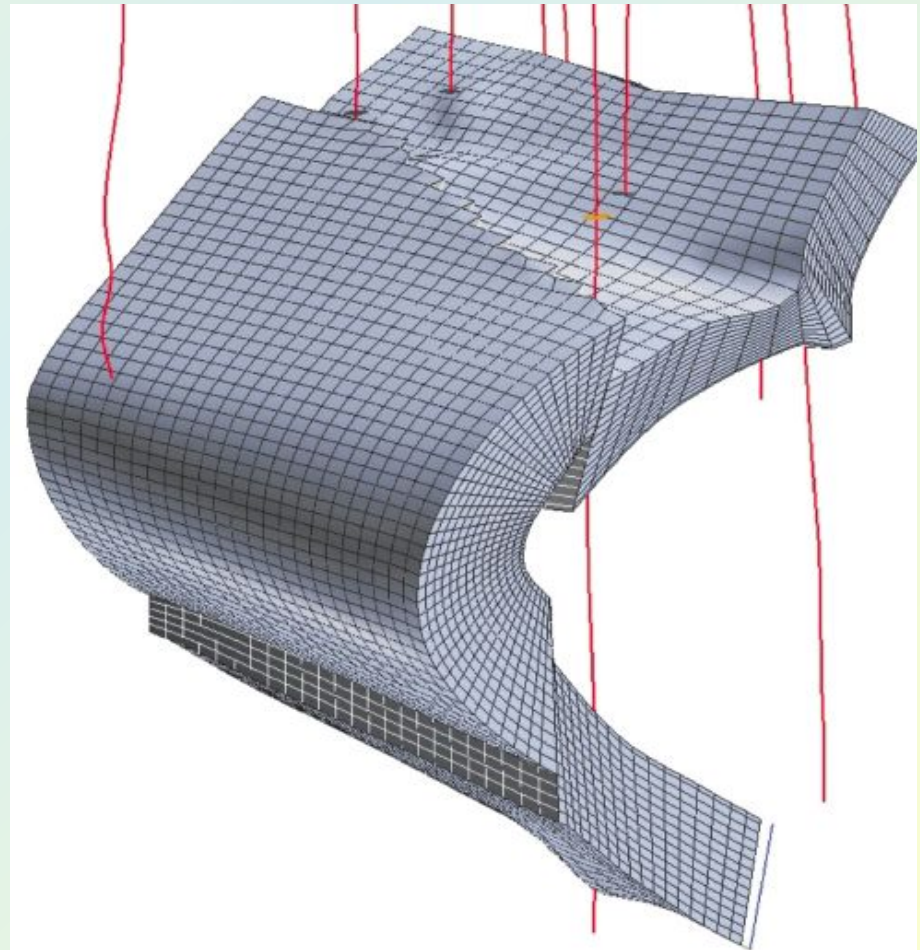
SURFER
(Golden Software Inc., CША)



Блочное моделирование

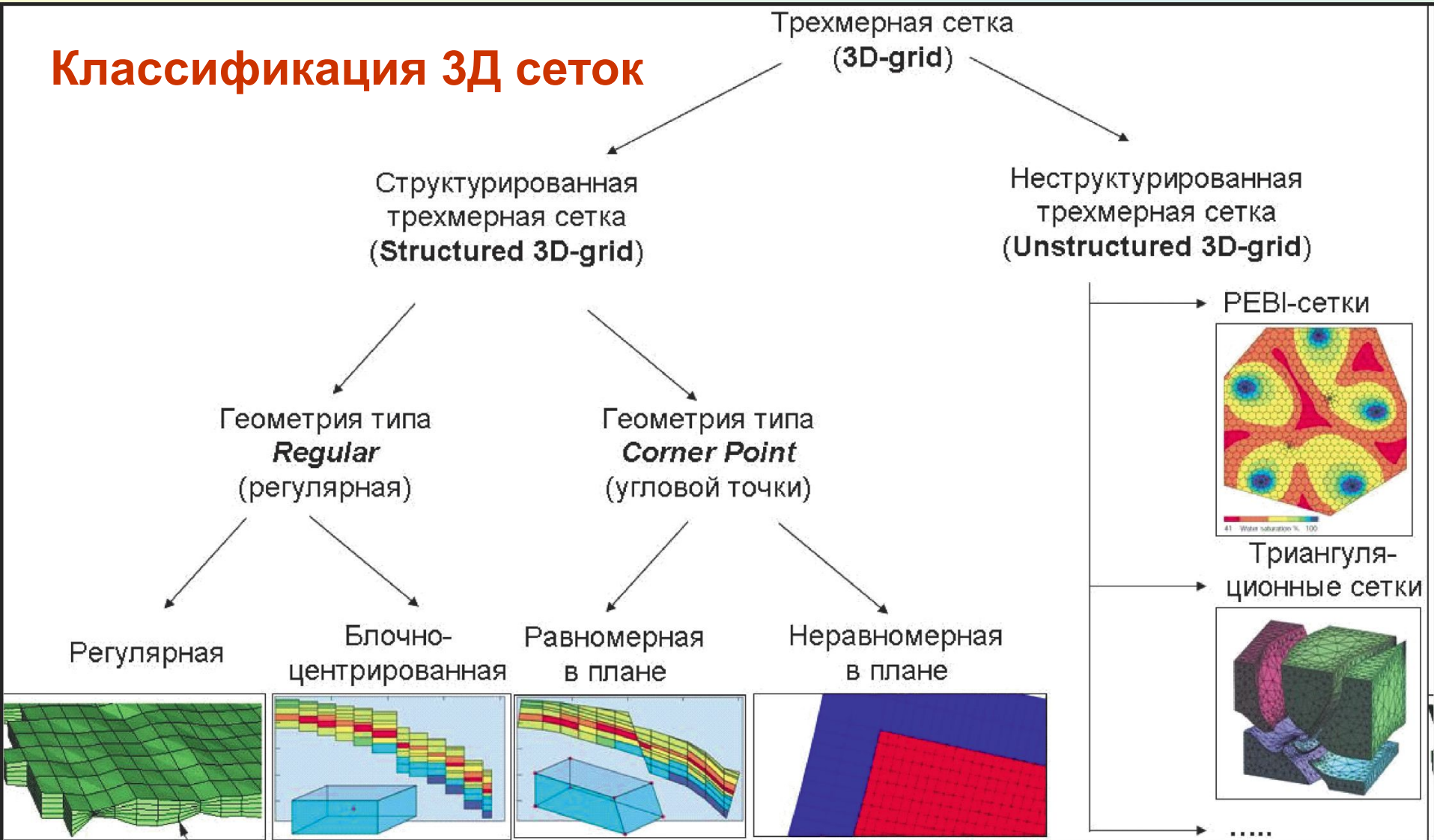
Создание блочной модели необходимо для моделирования распределения свойств 3D объекта.

Блочная модель представляет собой упорядоченное множество *3D ячеек* в границах каркасной модели тела.





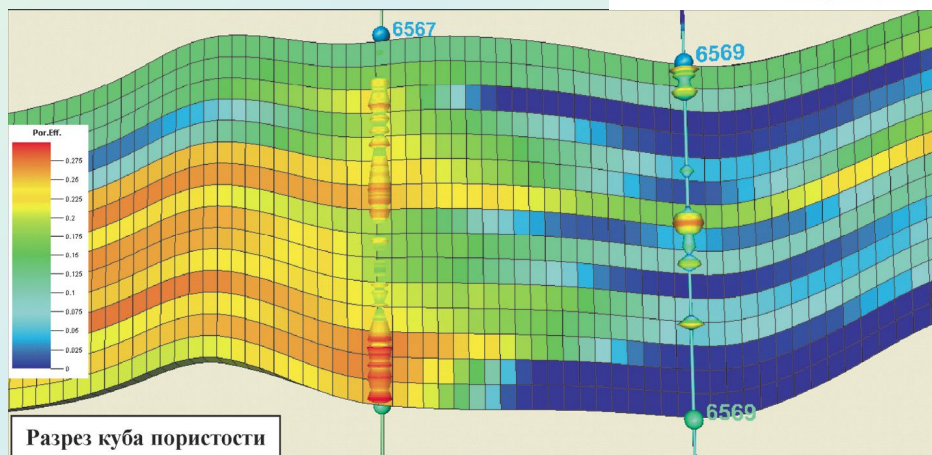
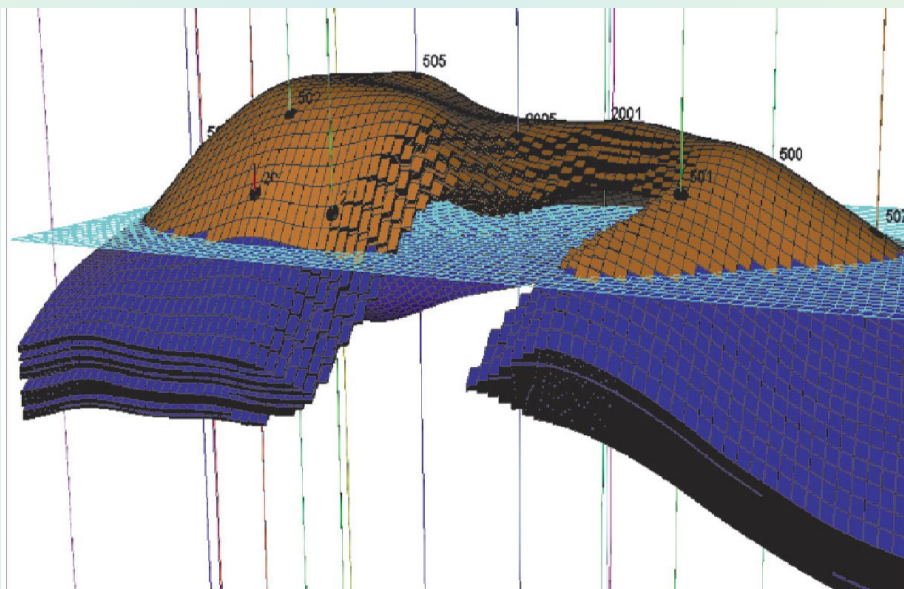
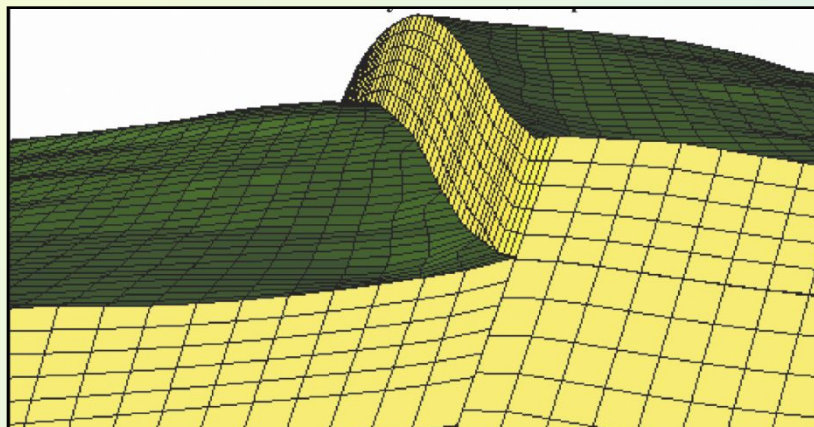
Классификация 3Д сеток





Структурированные сетки

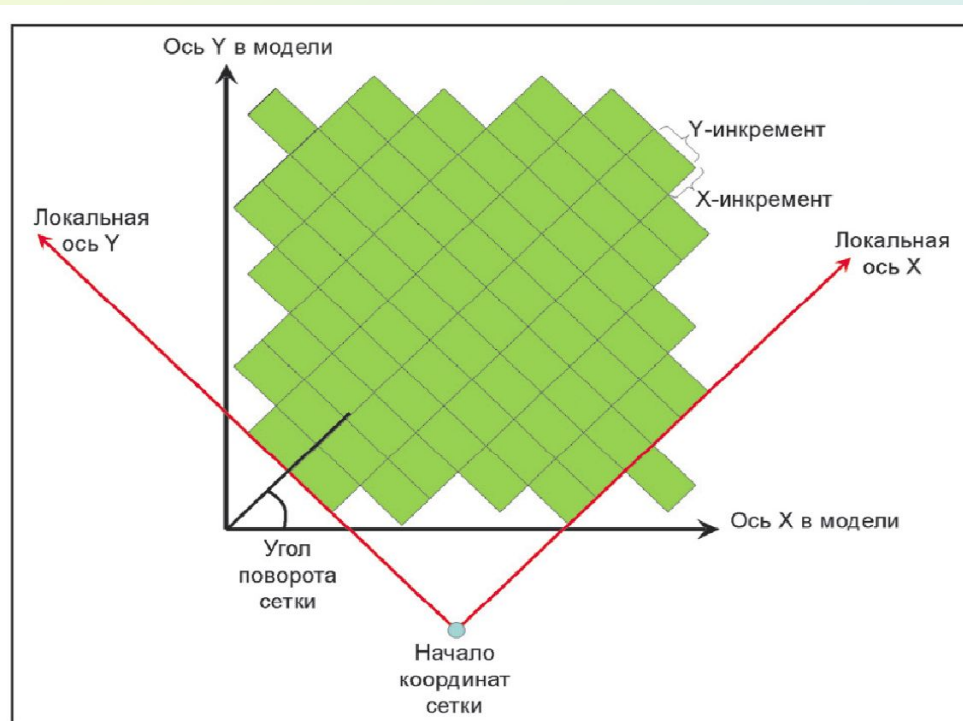
Ячейки структурированных сеток всегда представляют собой шестигранники (т. е. имеют 8 вершин).



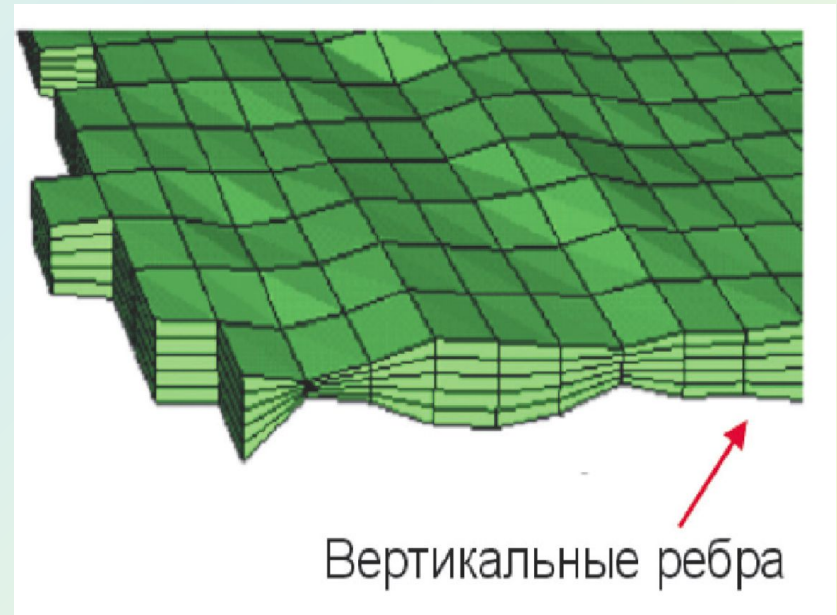


1. Регулярные структурированные сетки

Ячейки регулярной структурированной сетки характеризуются одинаковой длиной и шириной горизонтальной проекции ячеек («инкрементом»).



Горизонтальная проекция ячеек



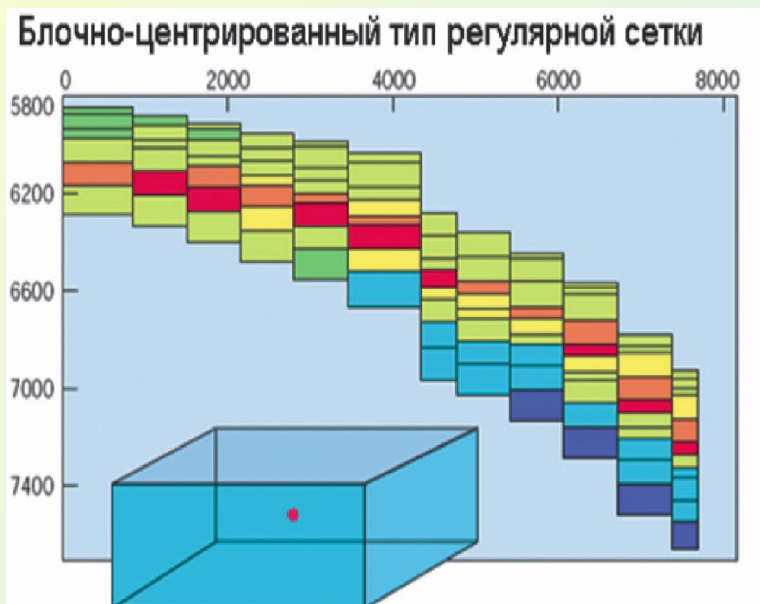
При описании сетки регулярной геометрии используется только Z-координата вершин всех ячеек.



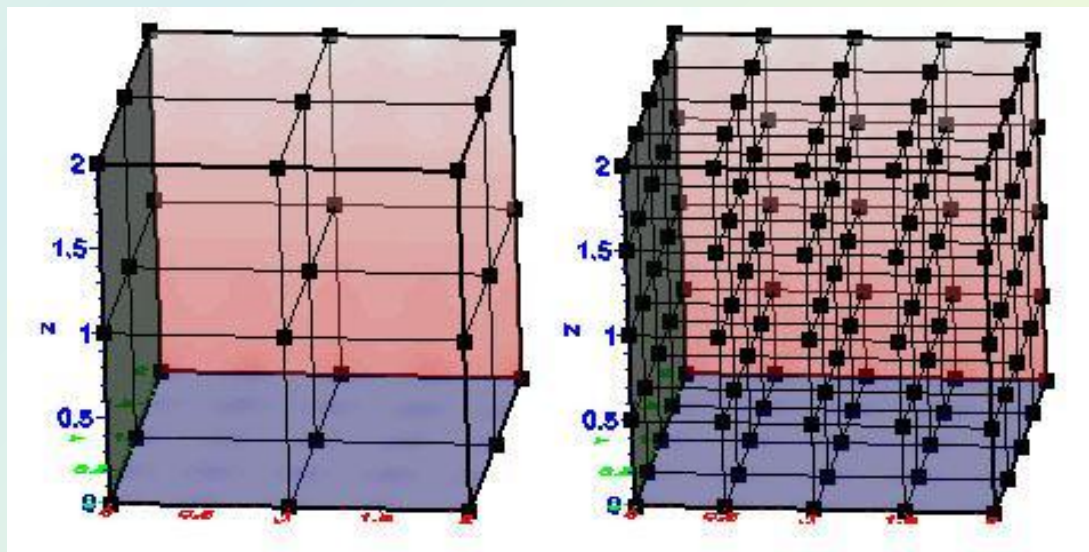
Декартовый (картезианский) тип геометрии

Самый простой вид структурированных 3D сеток – прямоугольные призмы с постоянным размером ячеек:

$$\Delta X = \text{const}; \Delta Y = \text{const}; \Delta Z = \text{const}$$



У этой сетки верхняя и нижняя грани должны быть строго горизонтальны.



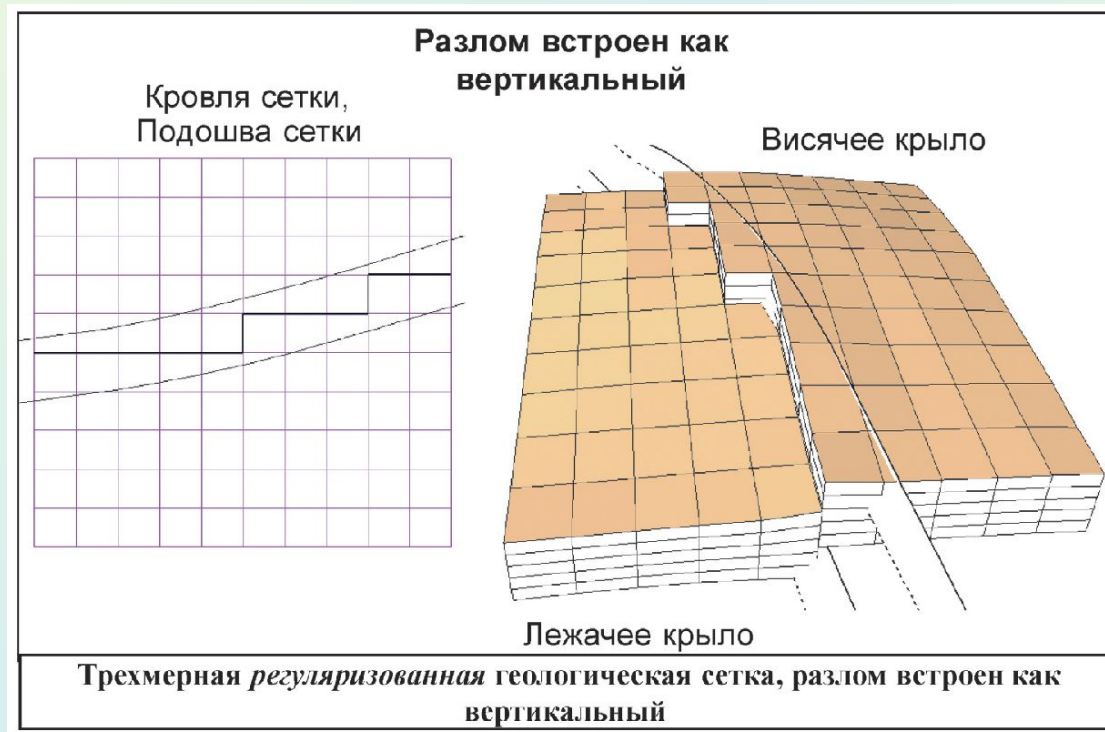
Блоки

Субблоки



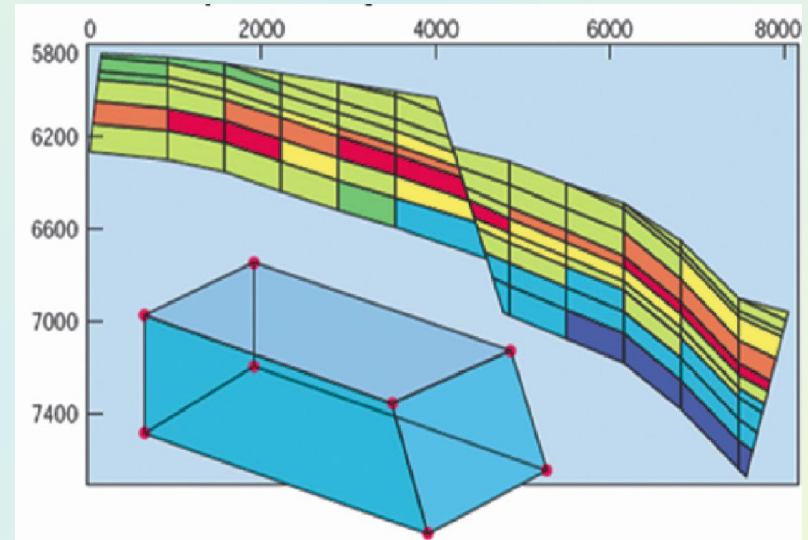
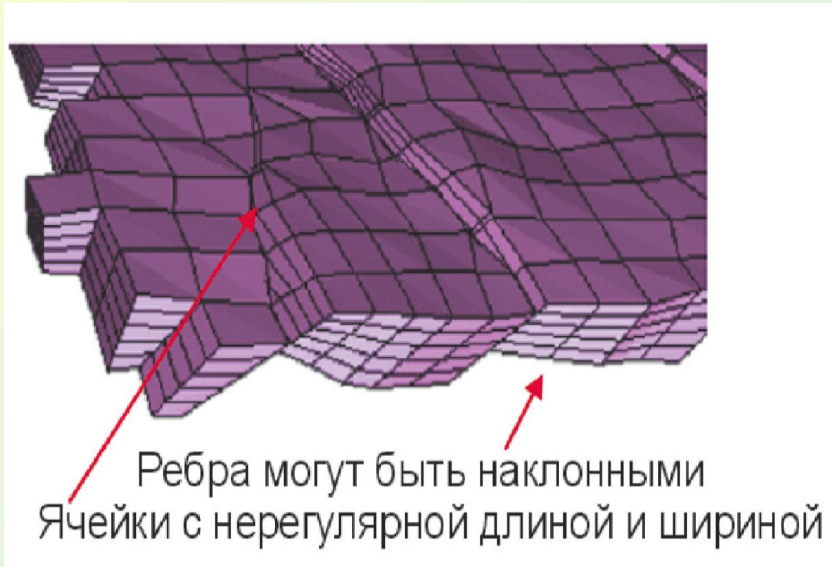
Особенности регулярной геометрии:

- упрощенное описание (так как все ячейки имеют одинаковую длину и ширину),
- быстрый расчет геометрии,
- все ячейки обязательно должны иметь одинаковую длину и ширину,
- ребра всех ячеек всегда строго вертикальны,
- невозможно встроить разломы с наклонной плоскостью смещения.



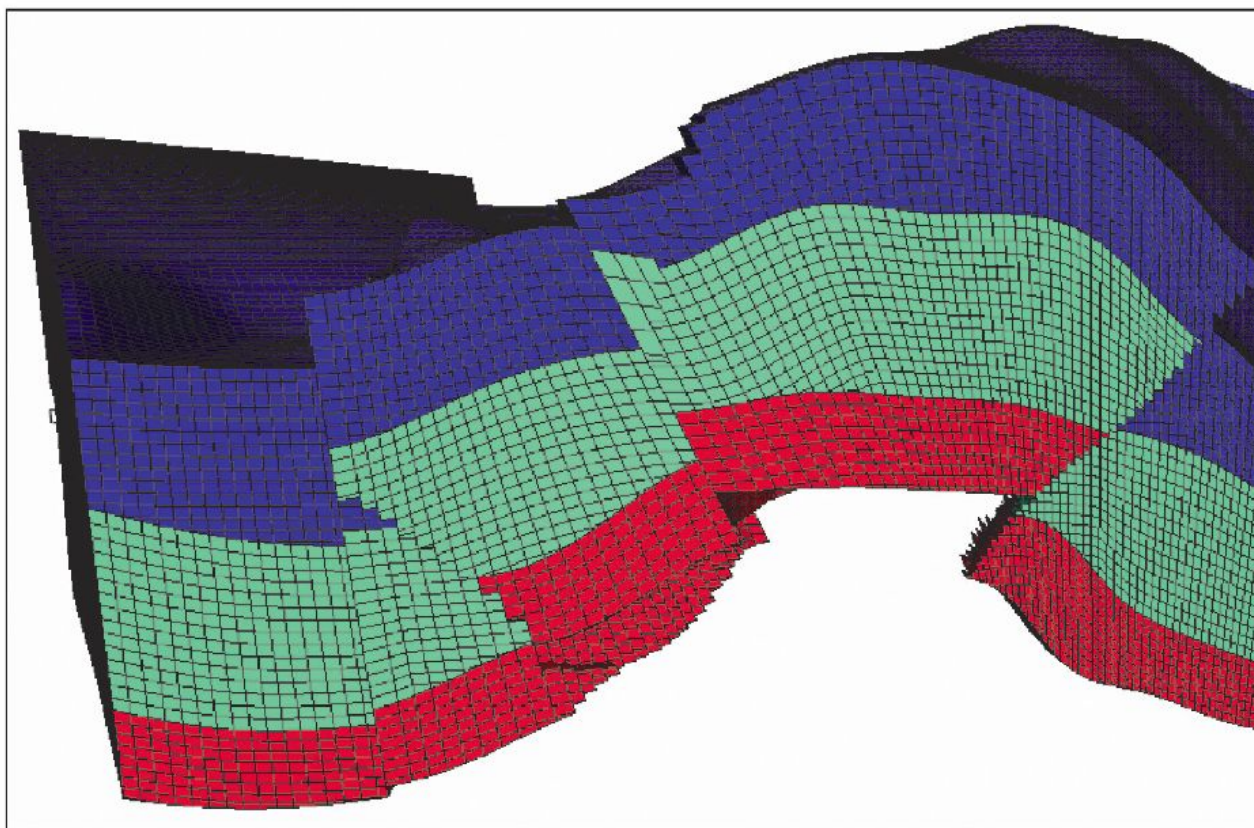
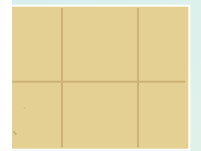
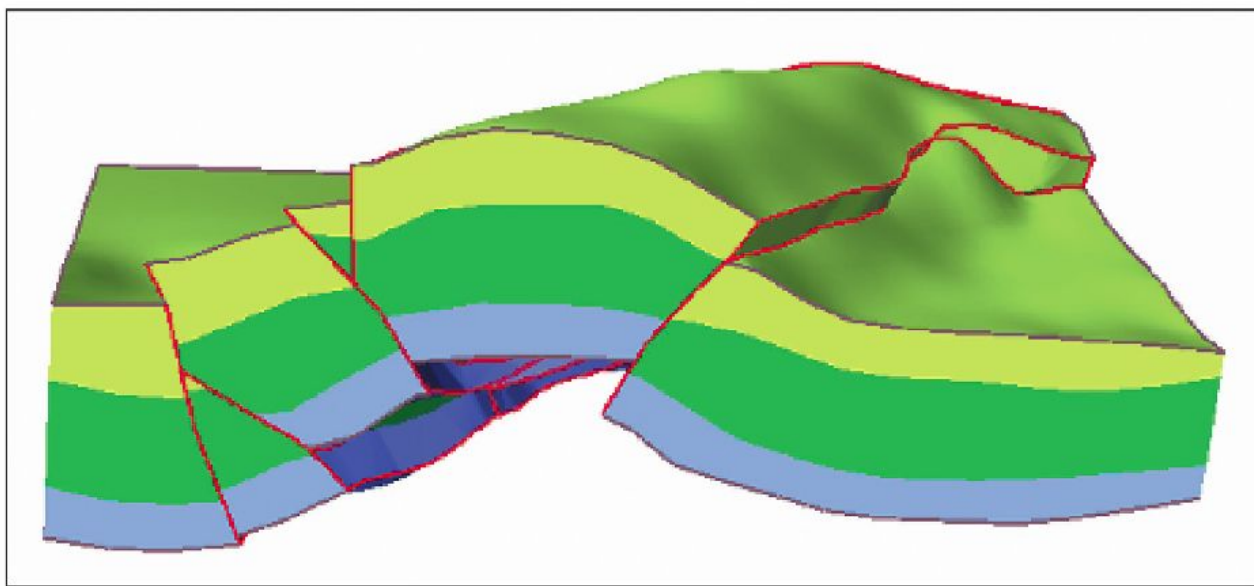
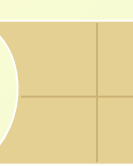


2. Структурированные сетки типа «угловой точки»



Особенности геометрии типа «угловой точки»:

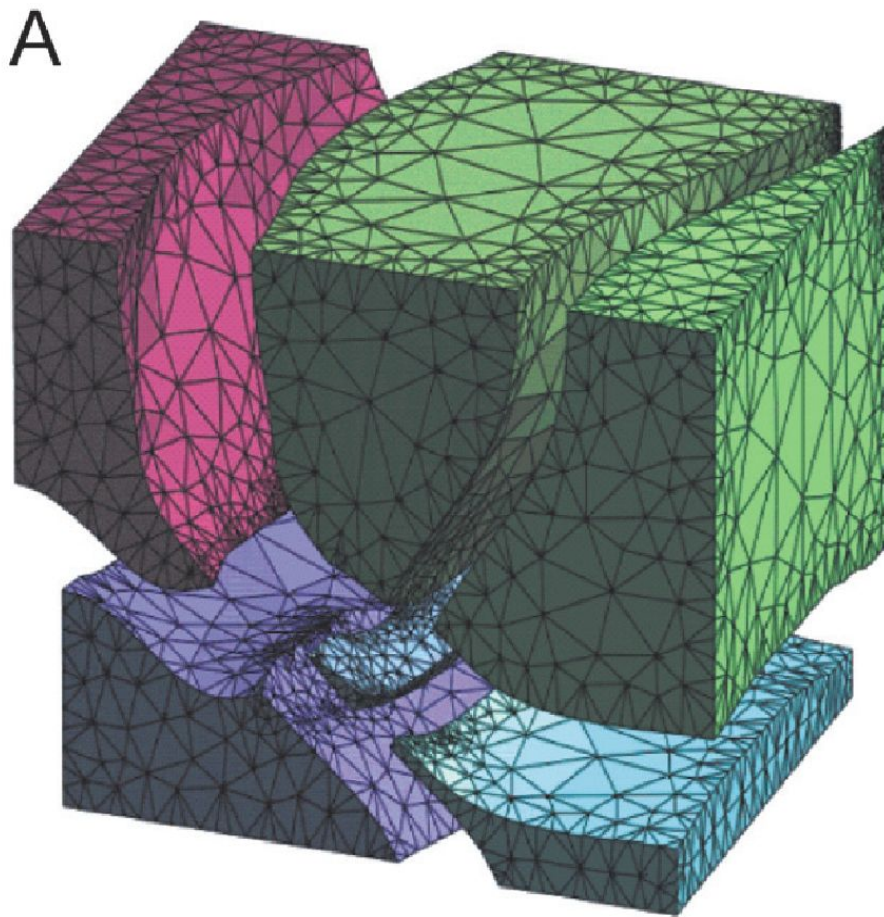
- более сложное описание (т. к. ячейки имеют разную длину и ширину),
- все ячейки могут иметь произвольную длину и ширину,
- ребра ячеек могут быть наклонными,
- можно встраивать разломы,
- можно создавать различное горизонтальное разрешение в разных частях сетки,
- можно встраивать локальные измельчения, в том числе и вокруг скважин.





Неструктурированные сетки

Сетки типа **PEBI** (PErpendicular BIsector - перпендикулярная бисекторная), также называемые «сетками Вороного» (Voronoi grid)



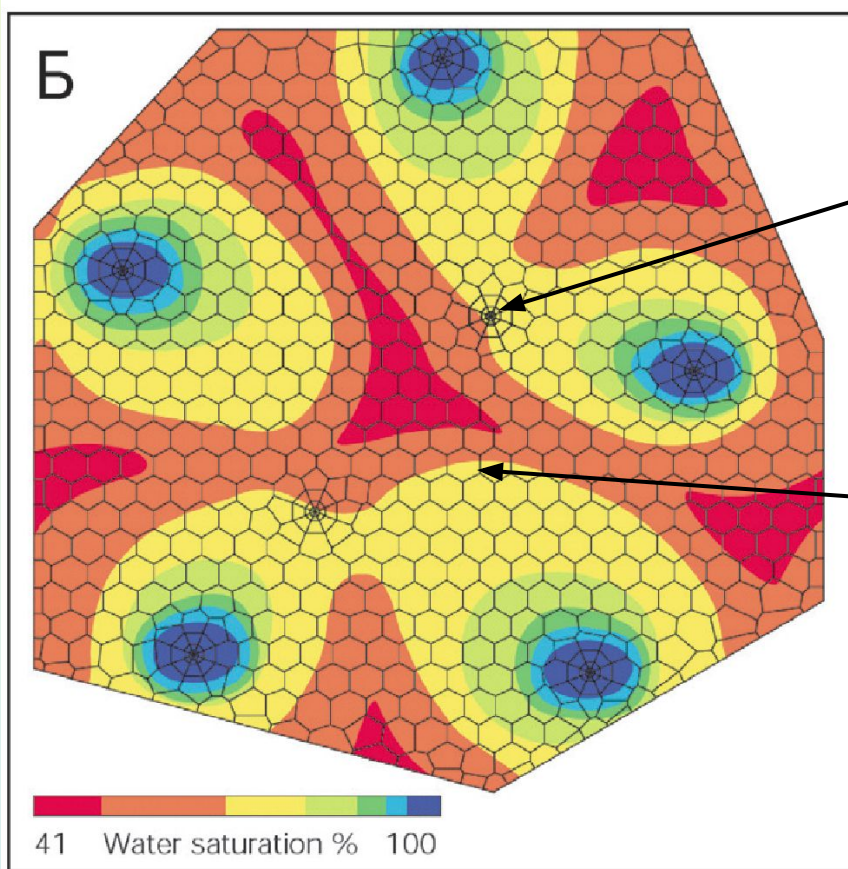
Особенности:

ячейки PEBI-сетки характеризуются большим разнообразием возможных форм и могут быть размещены по отношению друг к другу так, чтобы отразить любые структурные особенности.

Примеры PEBI-сеток (по B.Bolan, 2001 и G.Adamson, M.Crick, B.Gane, O.Gurpinar, J.Hardiman, D.Ponting, 1996)



Неструктурированные сетки дают преимущество при моделировании околоскважинного пространства, позволяя сочетать в одной сетке радиально расходящиеся от скважины ячейки со стандартными ячейками, дискретизирующими межскважинное пространство. PEBI-сетки использует ограниченное количество программных продуктов: **GOCAD** (Paradigm), **Jewel Suite** (JOA).



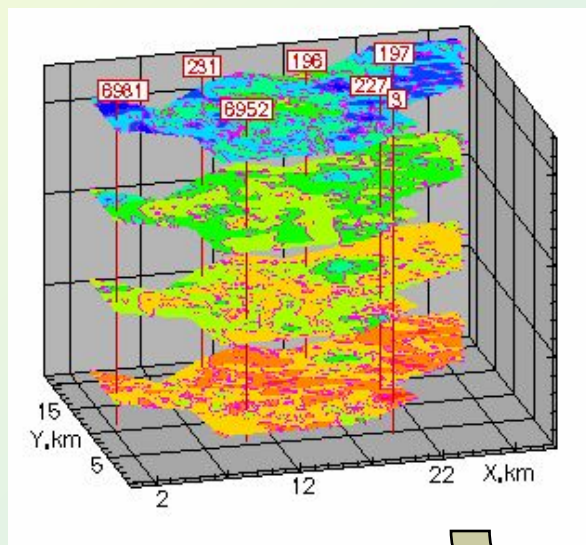
радиально расходящиеся от скважины ячейки

стандартные ячейки в межскважинном пространстве

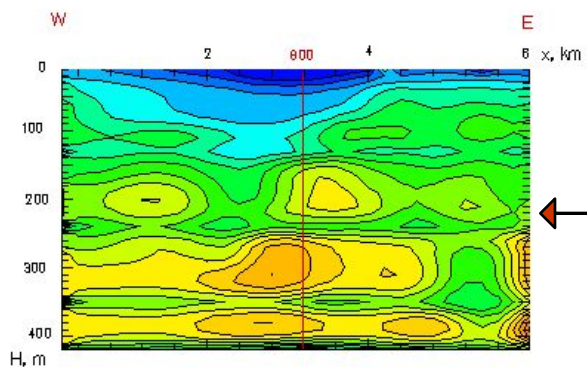
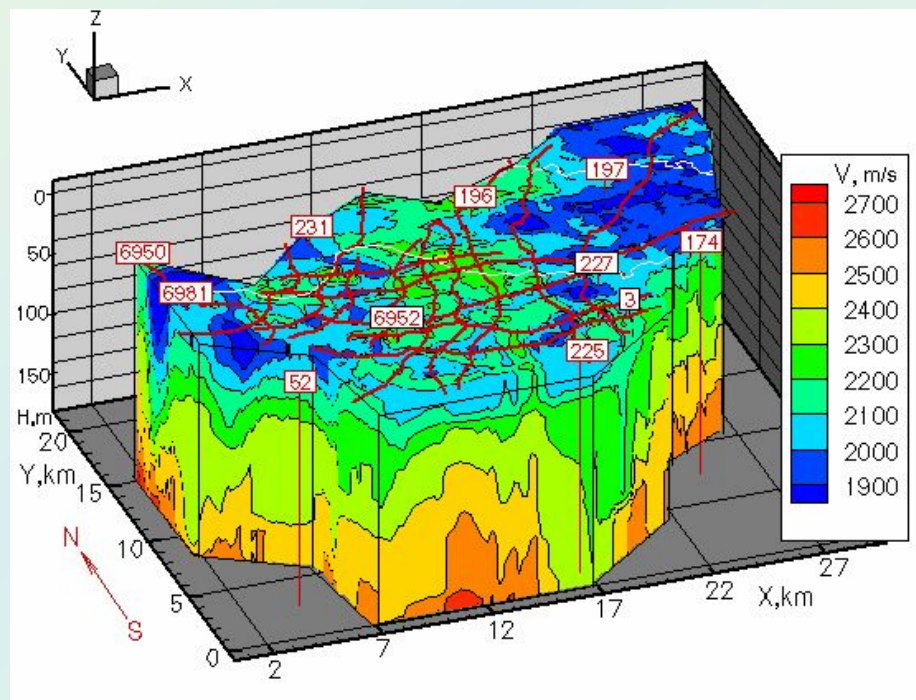


Технологии блочного моделирования

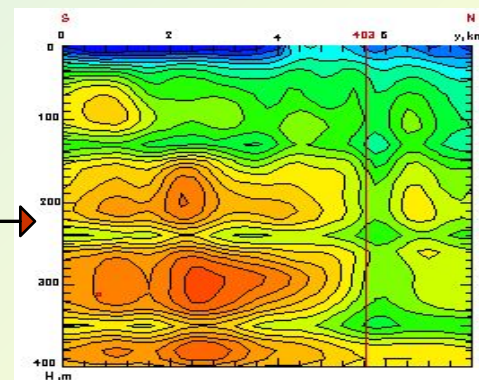
1. Модель формируется из ряда слоев ячеек, полученных на основе двумерной интерполяции данных.



Techplot (Amtec Engineering Inc., США)



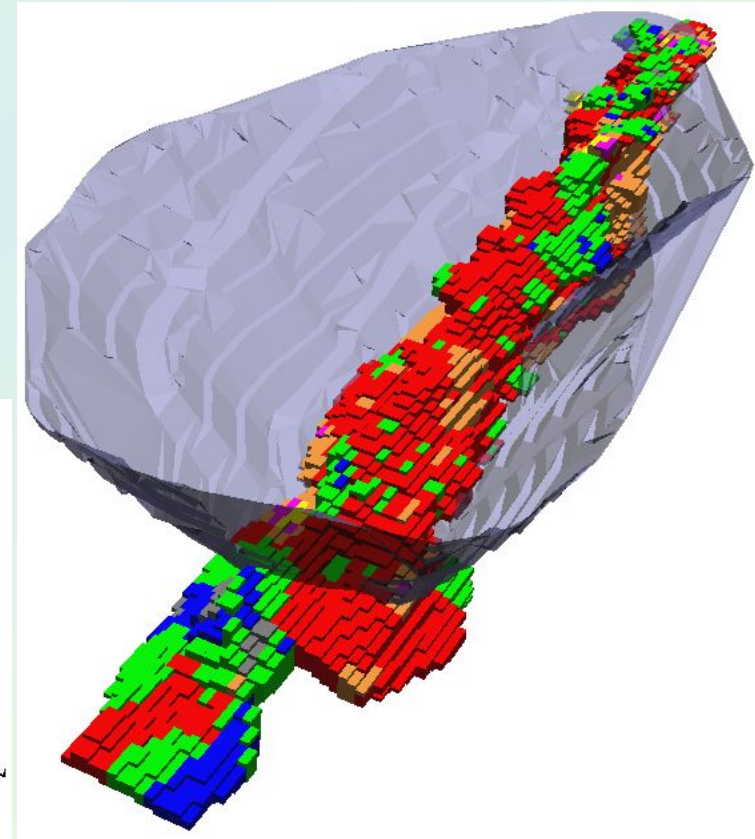
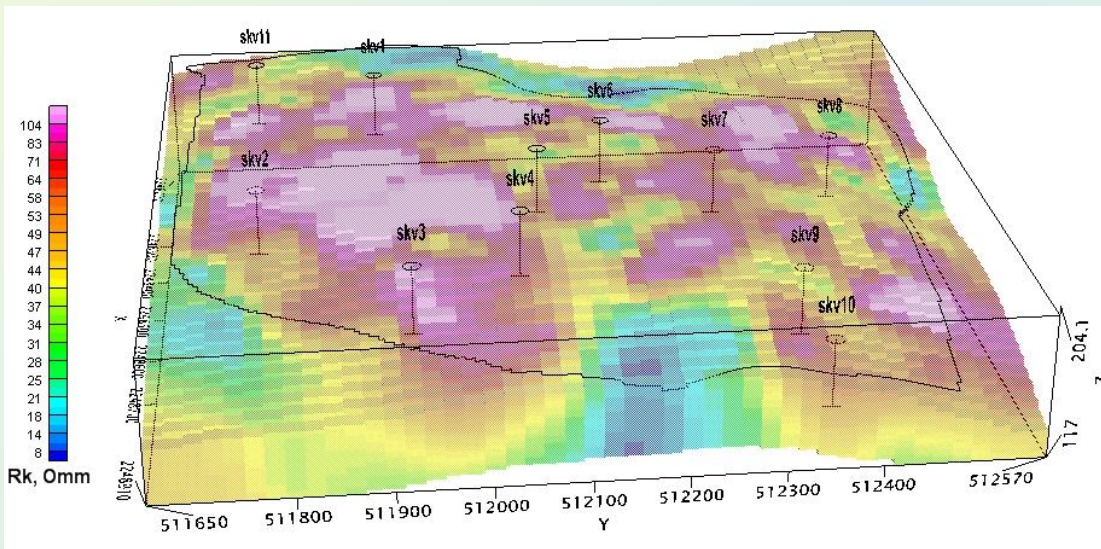
Вертикальные разрезы





2. Модель создается на основе трехмерной интерполяции данных.

Впервые технология построения 3D модели объектов на основе трехмерной интерполяции была реализована в программе *Voxler* (Golden Software, США). Подобные модели носят название «**ВОКСЕЛЬНЫЕ**».



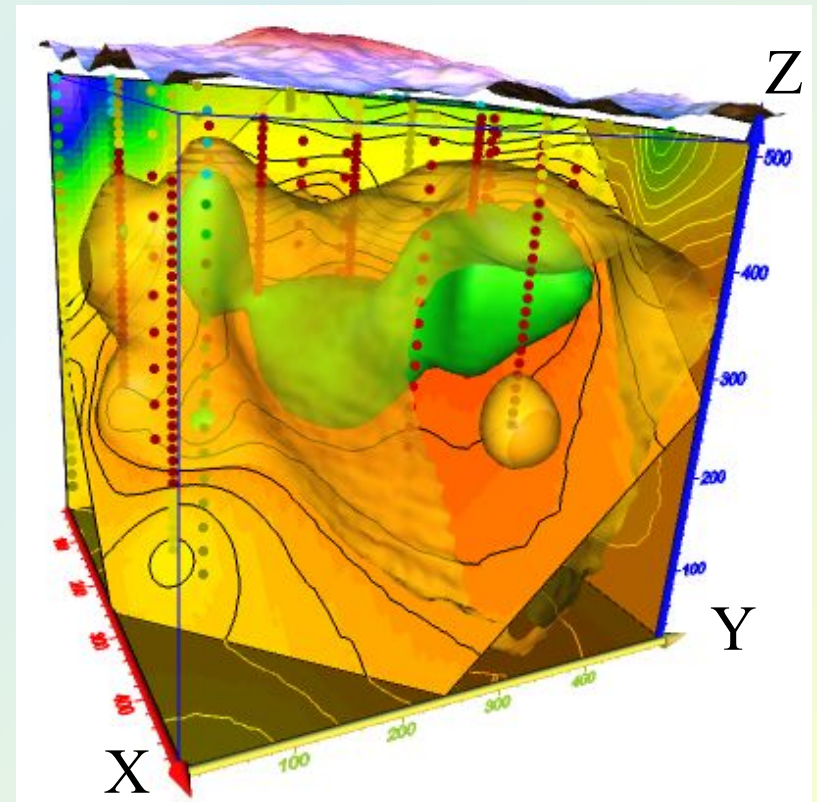
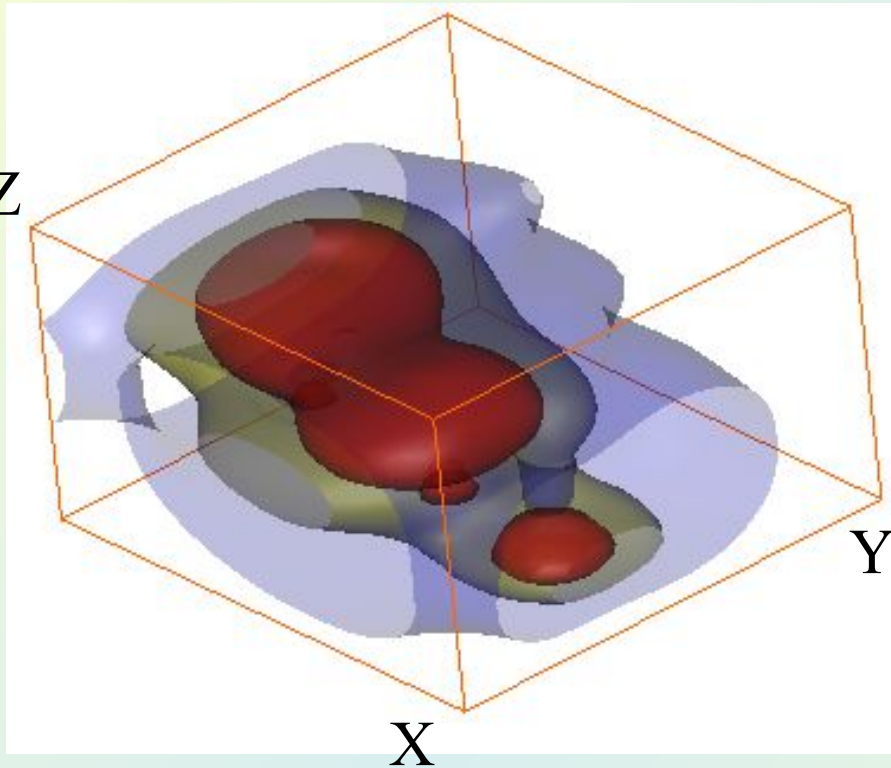
Блочная модель рудного тела
(система *Micromine*)

Модуль *Target* для *ArcGIS* (Geosoft Inc., Канада)



VOXLER (Golden Software Inc., США)

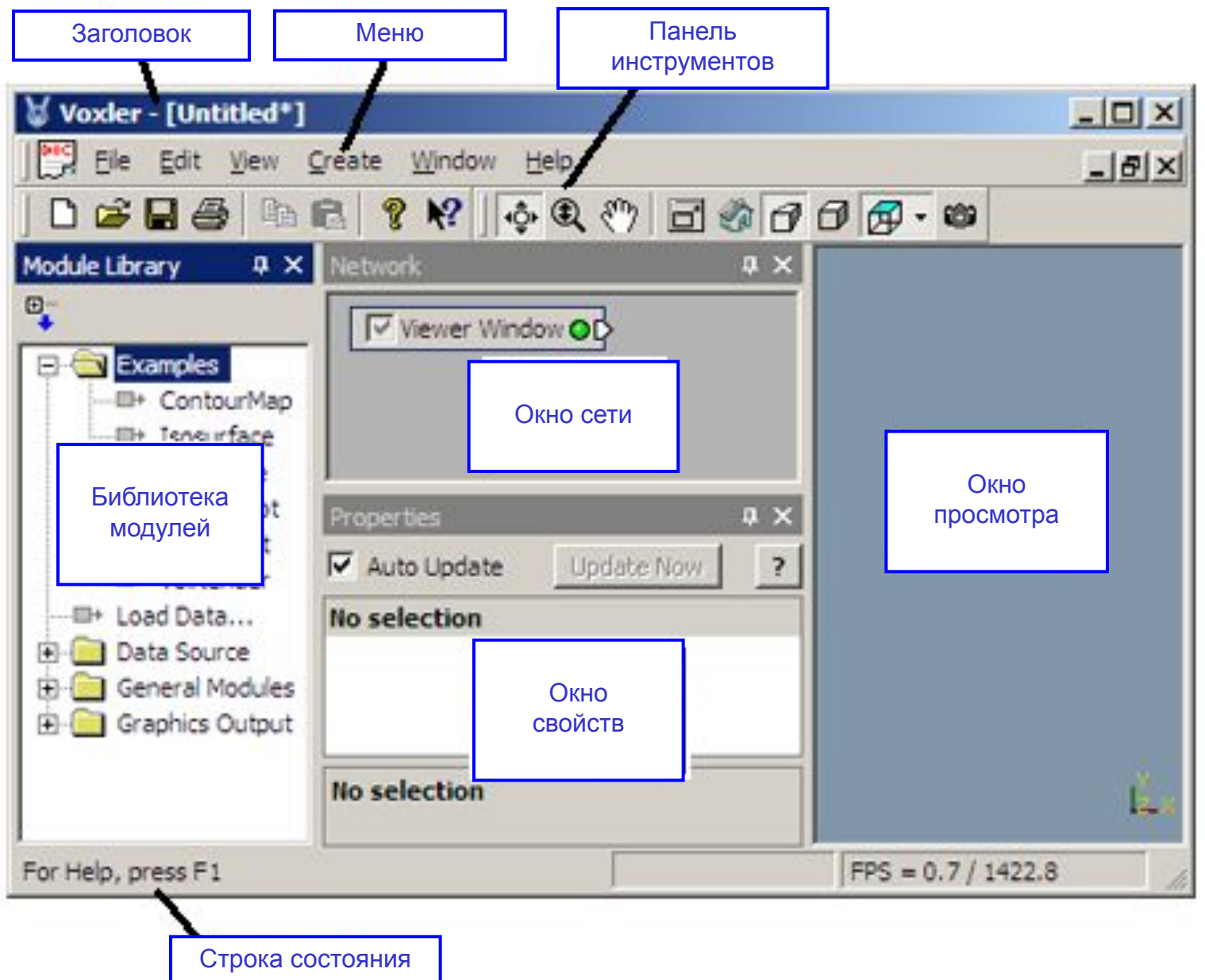
Основным назначением пакета является создание и визуализацию трехмерных моделей полей $T=f(x,y,z)$.



3D модель формируется на основе трехмерной интерполяции значений поля.

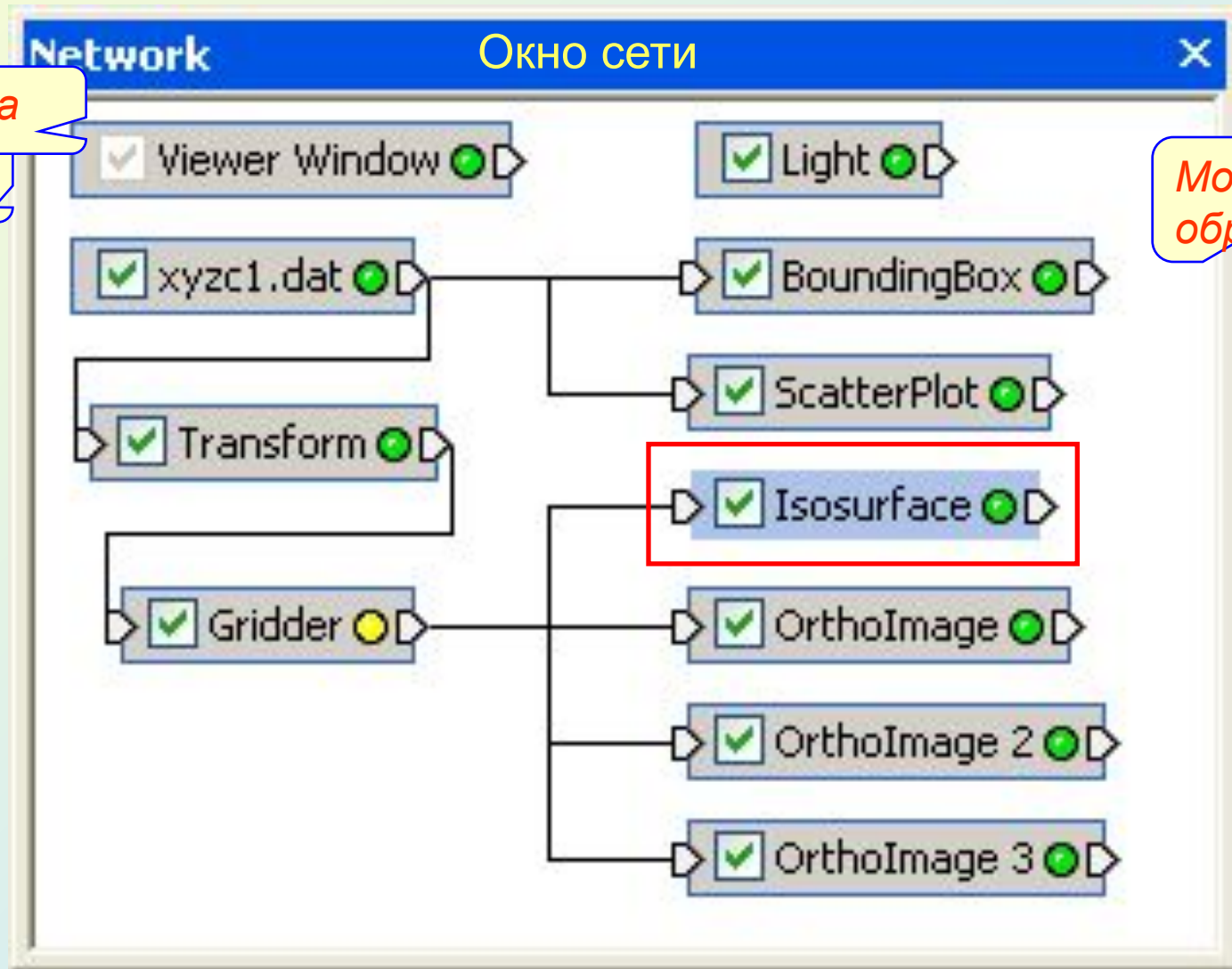


ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ





Организация процесса обработки



Окно вида

Данные

Модуль
обработки

Блок-схема графа обработки



Properties **ОКНО СВОЙСТВ** [X]

☒ Auto Update Update Now ?

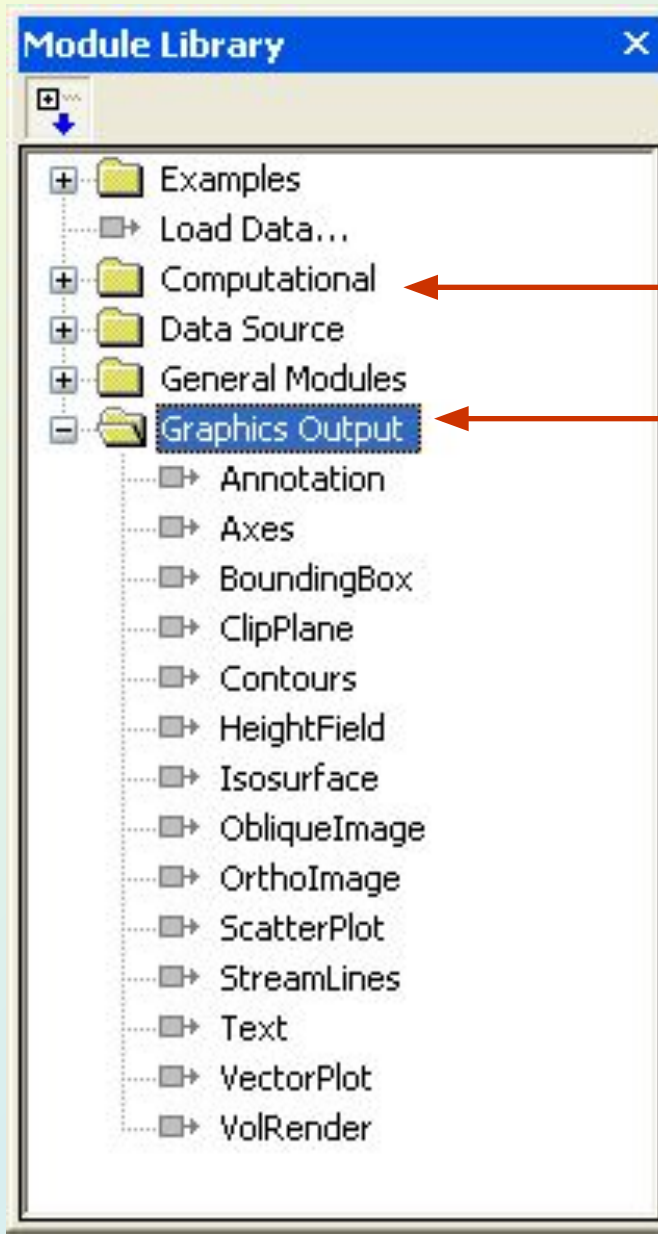
Isosurface

Connected To	Gridder
Isovalue	36.94996492
Draw Style	Shaded
Side to Draw	Front and Back
Smooth Normals	<input checked="" type="checkbox"/>
Color Method	Fixed
Color	Yellow
Material	
Specular Color	<input type="checkbox"/> White
Specular Inten...	0.5
Shininess	0.2000000003
Opacity	0.8888888889

Isosurface



Библиотека модулей

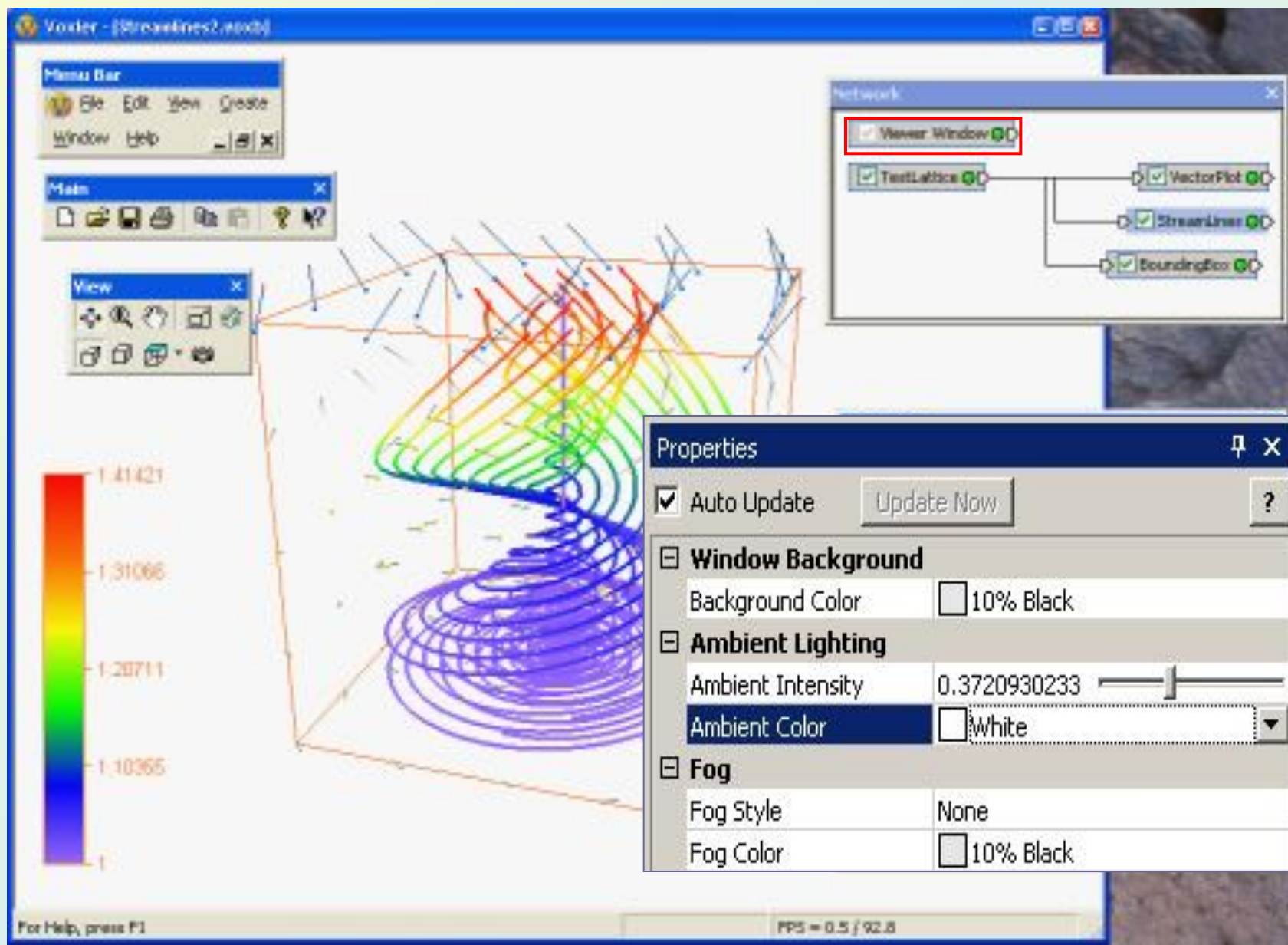


Модули вычислений

Графические модули



Окно вида





Исходные данные - XYZфайлы

Таблицы (BLN, BNA, CSV, **DAT**, DBF, MDB, SLK, TXT, WKx, WRx, XLS, XLSX)

	A	B	C	D
1	X	Y	Z	Au
2	90.50569	58.25983	96.24622	2.902789
3	47.1572	83.95947	2.560503	2.915361
4	16.91031	41.84393	77.69402	2.836631
5	44.40443	52.90078	57.33818	2.838098
6	36.80532	22.3365	37.04642	3.062995
7	99.67956	79.56481	22.44331	3.058906
8	38.51131	29.19095	71.50182	2.987946
9	58.50703	34.72701	7.199316	3.111762
10	97.85455	17.26127	88.20765	2.947688
11	28.05261	79.91882	71.77038	2.662881
12	18.86654	64.64736	51.00253	2.101683
13	16.10462	12.50343	5.554369	3.002588
14	57.55486	24.45143	55.99536	3.170227
15	11.86254	1.116977	87.73156	2.986793
16	39.91211	71.8833	86.74276	3.298667
17	30.89694	19.11069	81.82012	2.99123
18	93.43242	64.03394	71.99316	2.878969
19	30.54903	32.33741	70.34822	2.936305



Ввод данных

Voxler - [Untitled*]

File Edit View Create Tools Wind

New Ctrl+N

Open Network... Ctrl+O

Close

Save Network Ctrl+S

Save Network As...

Load Data...

Save Data...

Export...

Page Setup...

Print... Ctrl+P

Exit

FunctionLattice

TestLattice

General Modules

Light

Data View - GoldConcentration.xls - data set 1

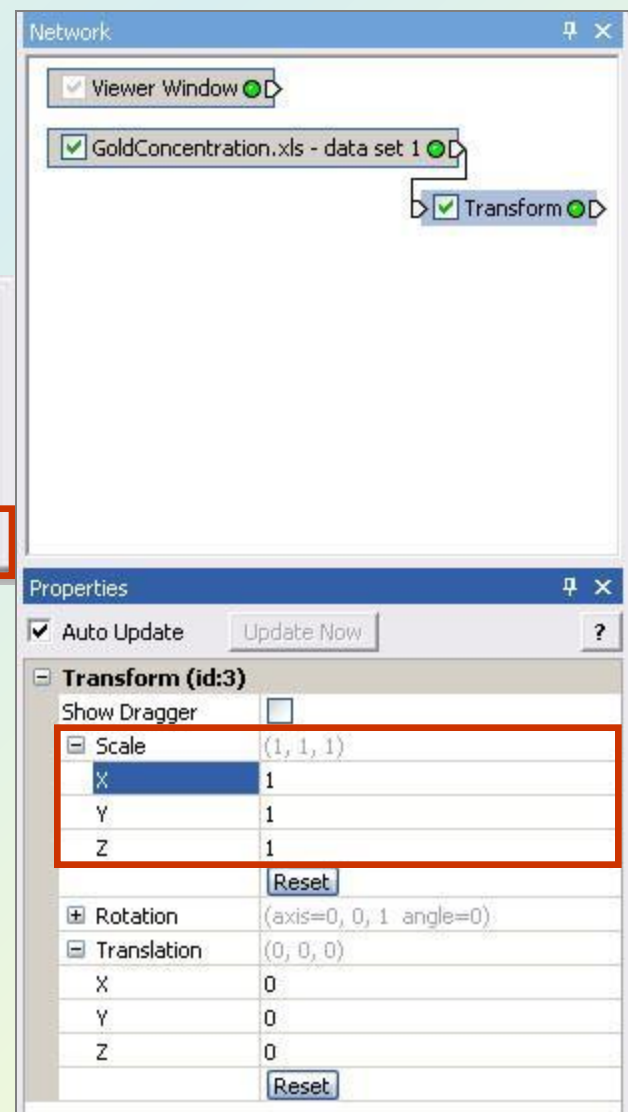
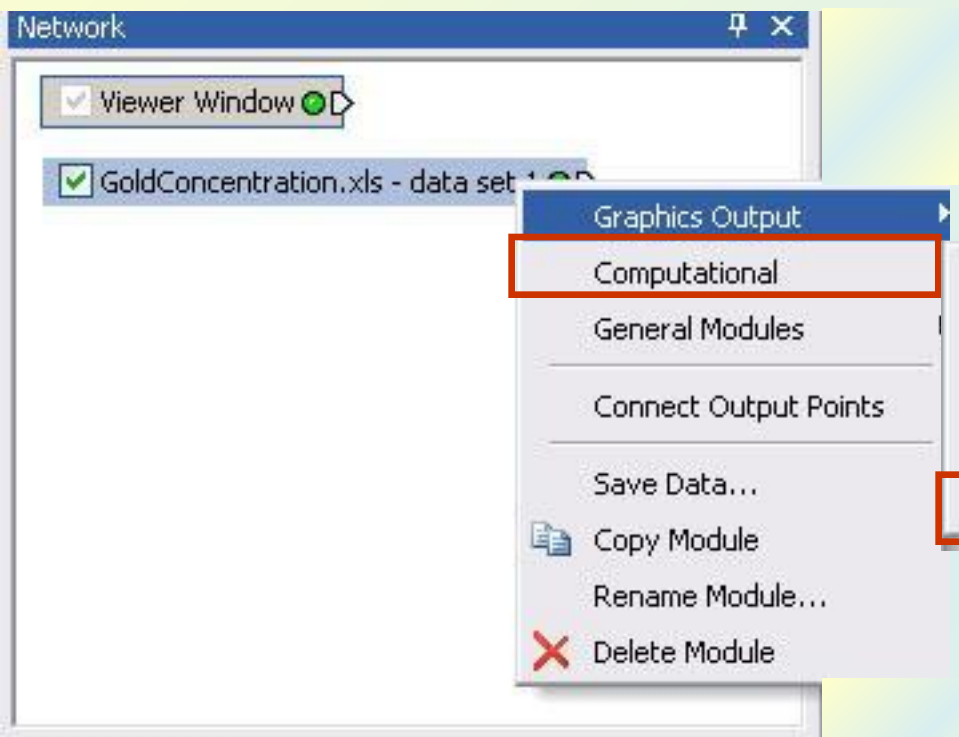
	X	Y	Z	Component 1
Row 1	90.5056917	58.25983459	96.24622333	2.90278886
Row 2	47.15720084	83.95947142	2.560502945	2.915360619
Row 3	16.9103061	41.84392834	77.69402142	2.836631079
Row 4	44.40443129	52.90078433	57.3381756	2.838097718
Row 5	36.80532243	22.33649709	37.04641865	3.062994968
Row 6	99.67955565	79.56480605	22.44331187	3.05890578
Row 7	38.51130711	29.19095431	71.50181585	2.987945903
Row 8	58.50703452	34.72701193	7.199316385	3.111762243
Row 9	97.85454878	17.26126896	88.20764794	2.947687694
Row 10	28.05261391	79.91882076	71.77037873	2.662880978

Data View - skv1.xls - data set 1

	X	Y	Z	Component 1	Component 2
Row 1	42.99981	971.555591	0	4.6	1
Row 2	42.99981	971.555591	-20	1	0
Row 3	42.99981	971.555591	-40	2.3	0
Row 4	42.99981	971.555591	-60	1	1.1
Row 5	42.99981	971.555591	-80	0	0.8
Row 6	42.99981	971.555591	-100	0	0.5
Row 7	42.99981	971.555591	-120	1	0
Row 8	42.99981	971.555591	-140	1.5	0
Row 9	42.99981	971.555591	-160	2.8	1



Преобразование исходных данных





Визуализация данных

Network

☒ Viewer Window

☒ GoldConcentration.xls - data s

Properties

☒ Auto Update Update Now ?

Axes (id:5) (connected to GoldConcentration.xls - dat...

Show Grid ☐

Grid Color Black

Show Arrows ☒

Axis Thickness 0.5

Font Arial

Label Scale 1

Title Scale 1

Auto Scale Recalculate

X Axis

Show Axis ☒

Color Black

Title X

Show Labels ☒

Flip Text Horz ☐

Flip Text Vert ☐

Label Minimum 0

Label Maximum 100

Label Increment 20

Label Angle 0

☒ Label Format

Tics per Label 5

Axis Minimum 0

Axis Maximum 100

Cross Y Axis At 0

Cross Z Axis At 0

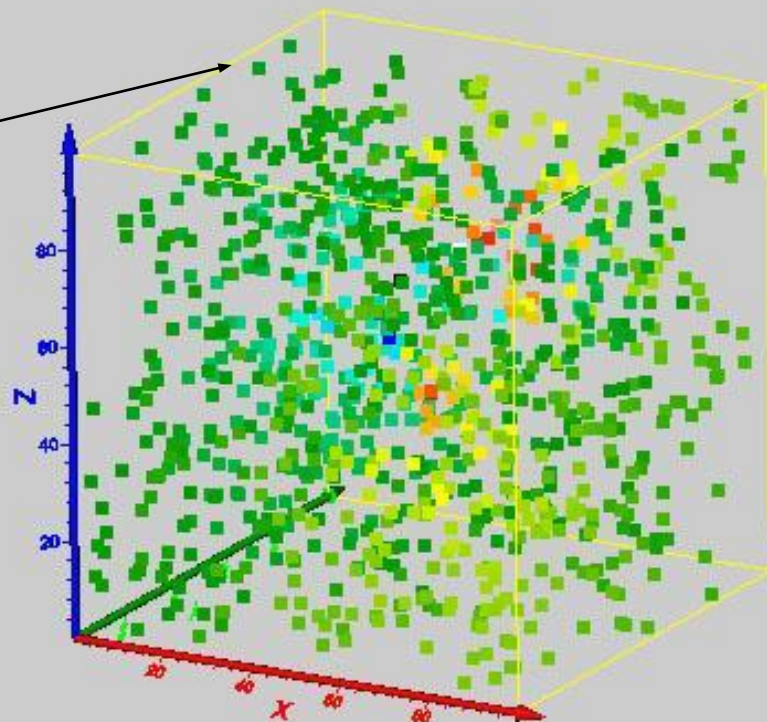
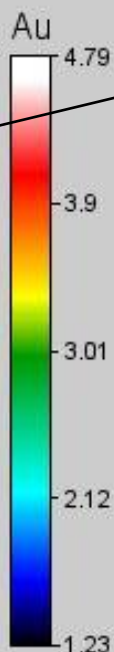
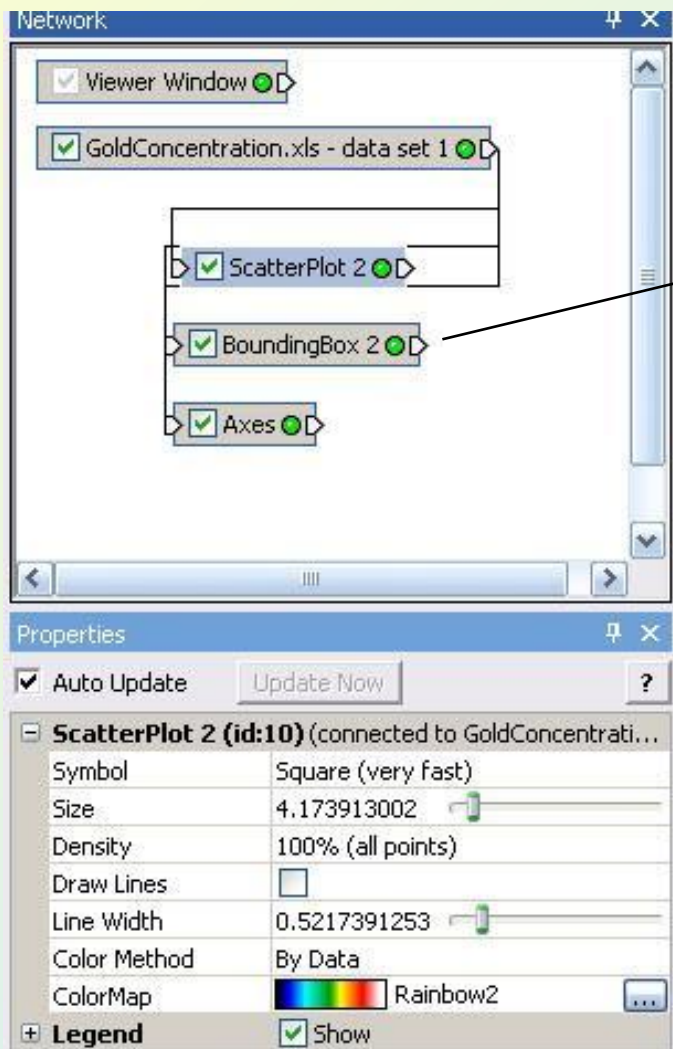
Axis Plane 0

Axes (id:5)



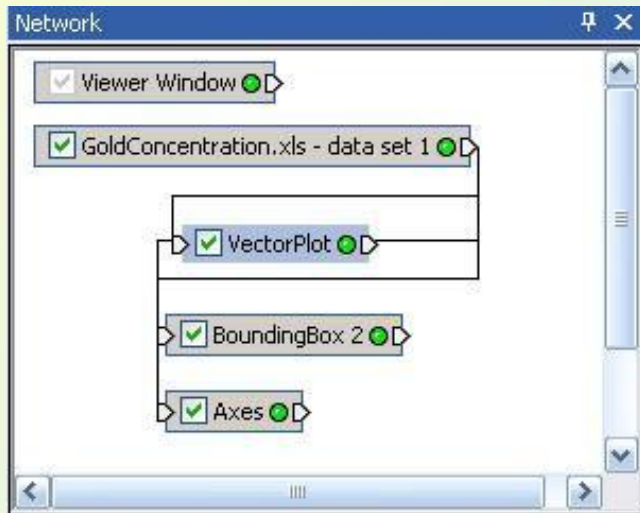


1. Scatter Plot



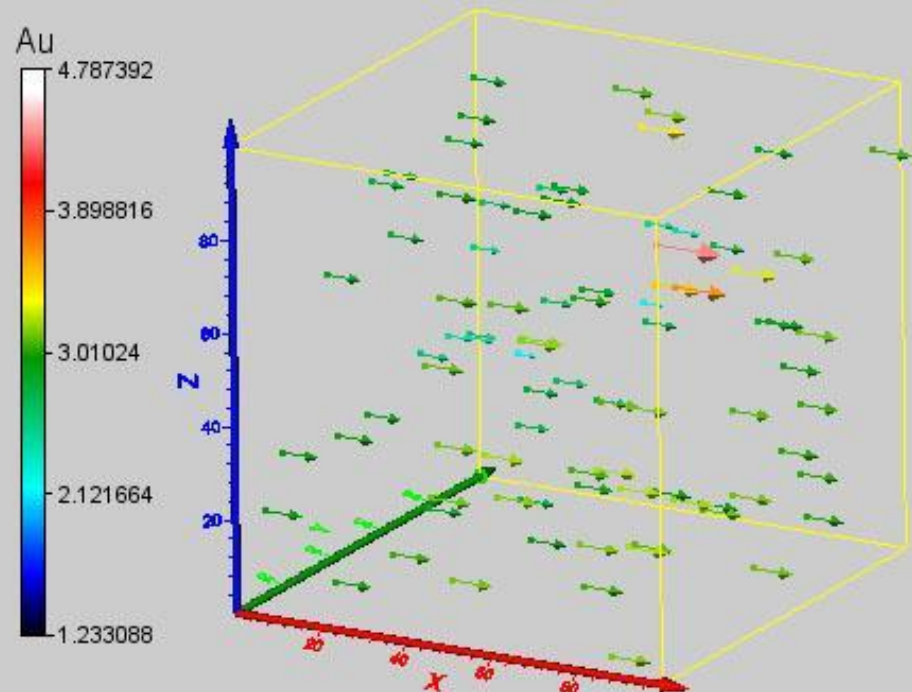


2. Vector Plot



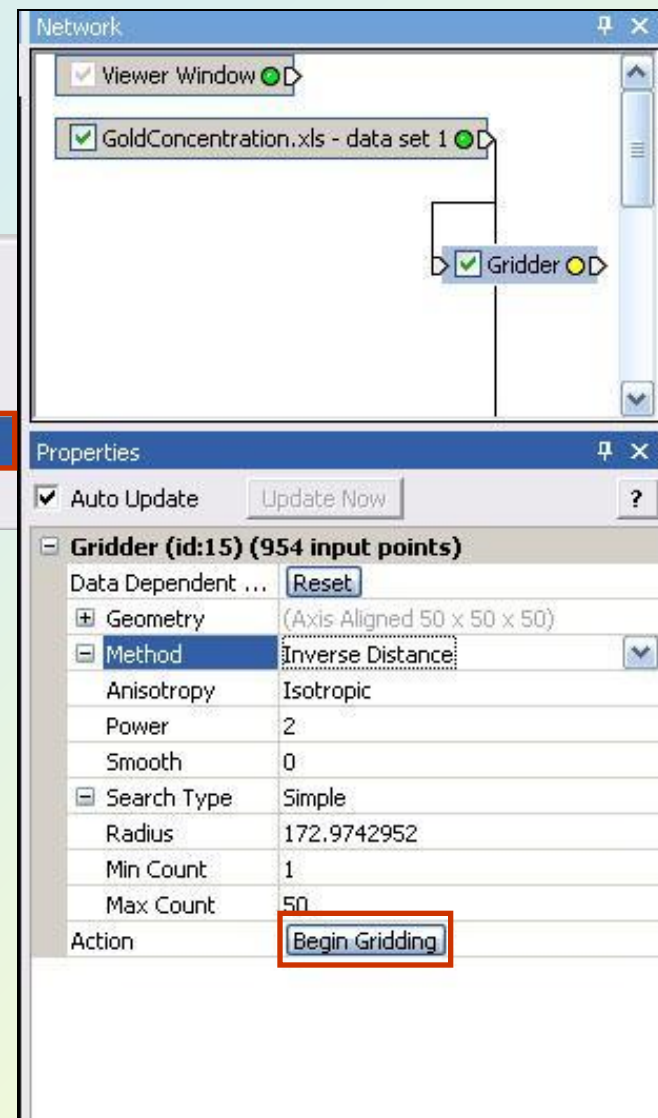
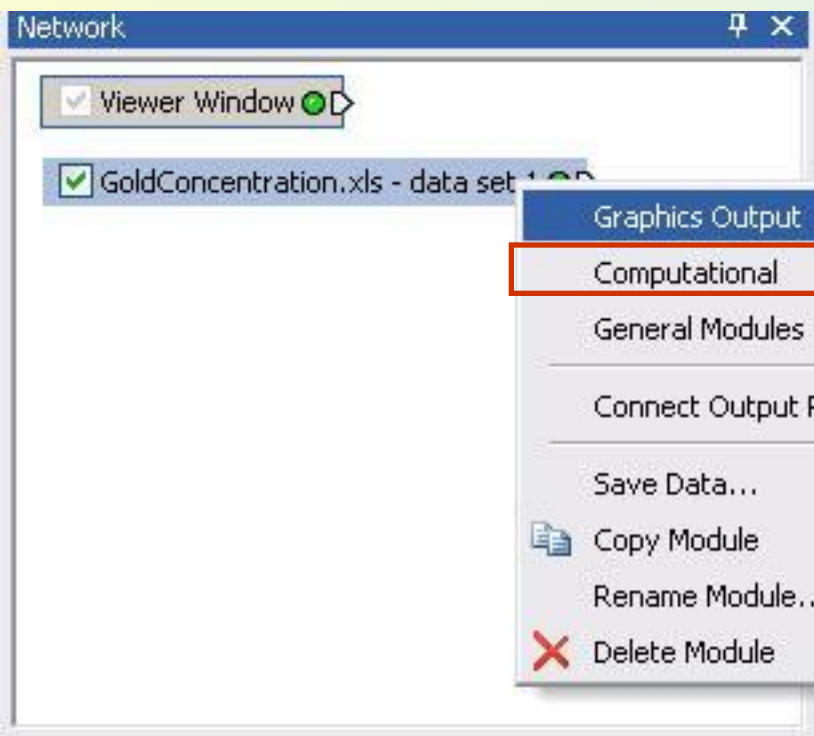
Properties panel for VectorPlot (id:14) (connected to GoldConcentration.xls - data set 1):

- ☒ Auto Update Update Now
- VectorPlot (id:14) (connected to GoldConcentration.xls - data set 1)**
 - Frequency: 11
 - Vector Style: Arrow Solid
 - Color Method: Magnitude
 - ColorMap: Rainbow2
 - Scale Method: Linear
 - Min Scale: 0
 - Max Scale: 1
 - Arrow Scale: 1
 - Base Symbol Size: 2
 - Reverse Orientation: ☐
 - Line Width: 1
 - Legend** ☒ Show





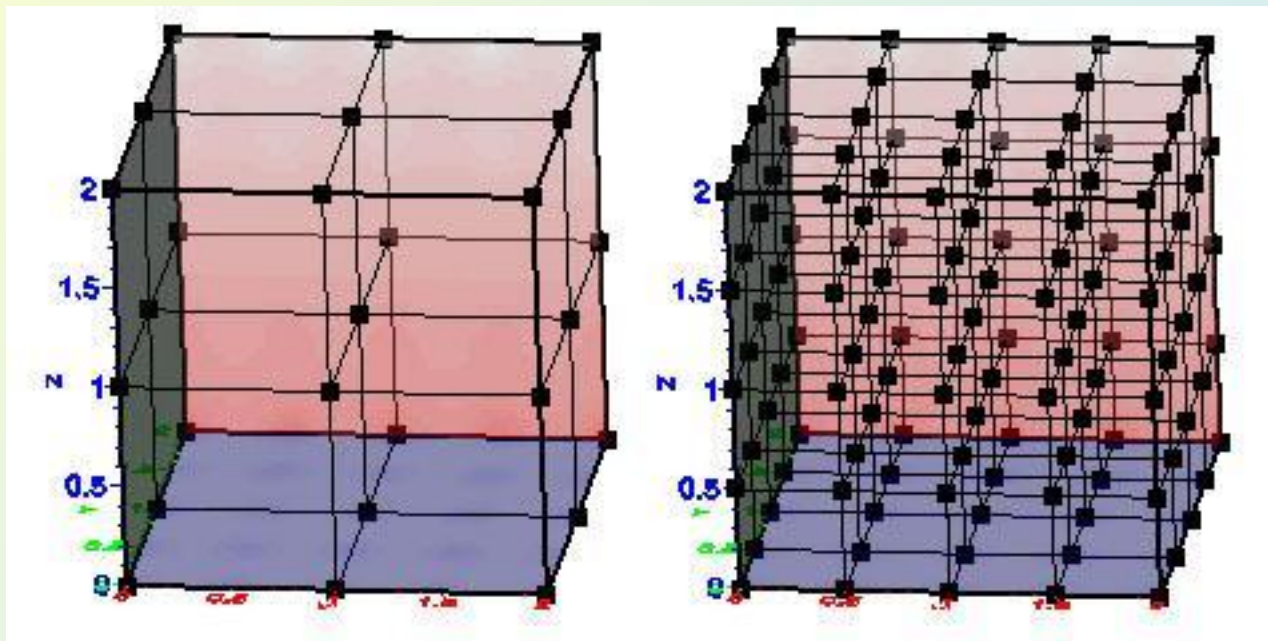
Создание трехмерных сеточных моделей (Gridder)



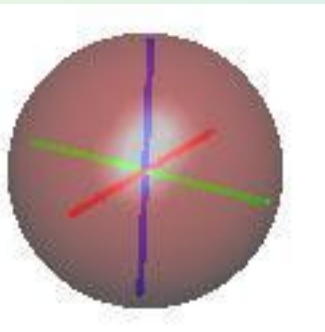


Параметры Gridder

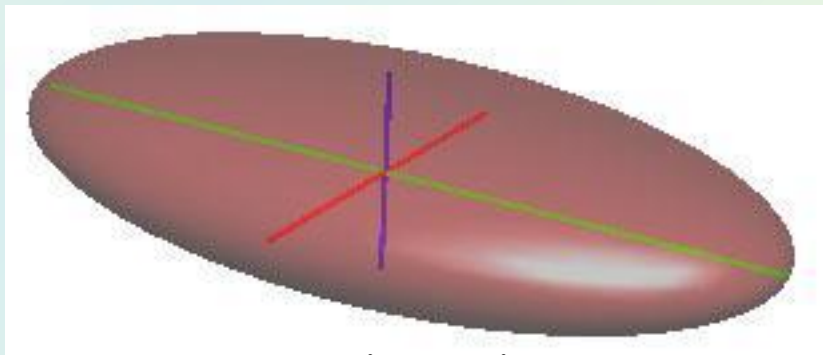
1. Геометрия сетки (*Geometry*)



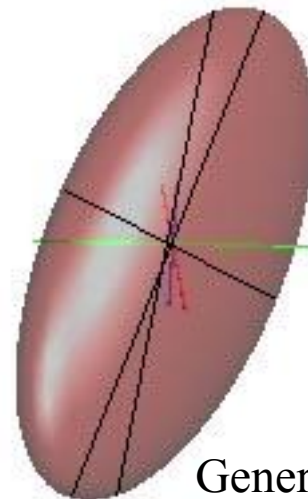
2. Тип поиска (*Search Type*)



Simple



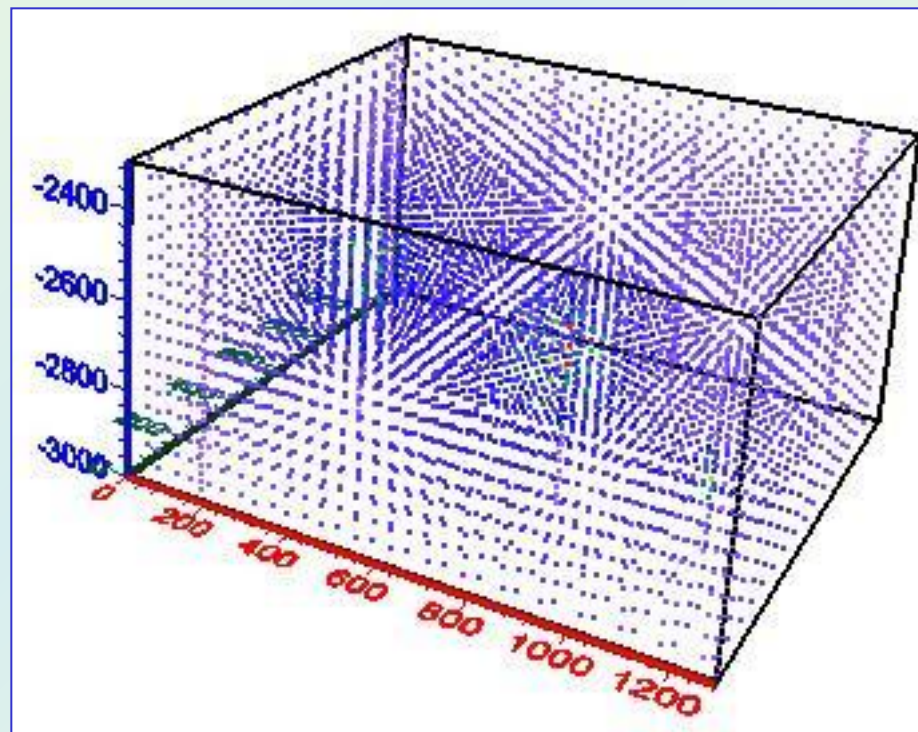
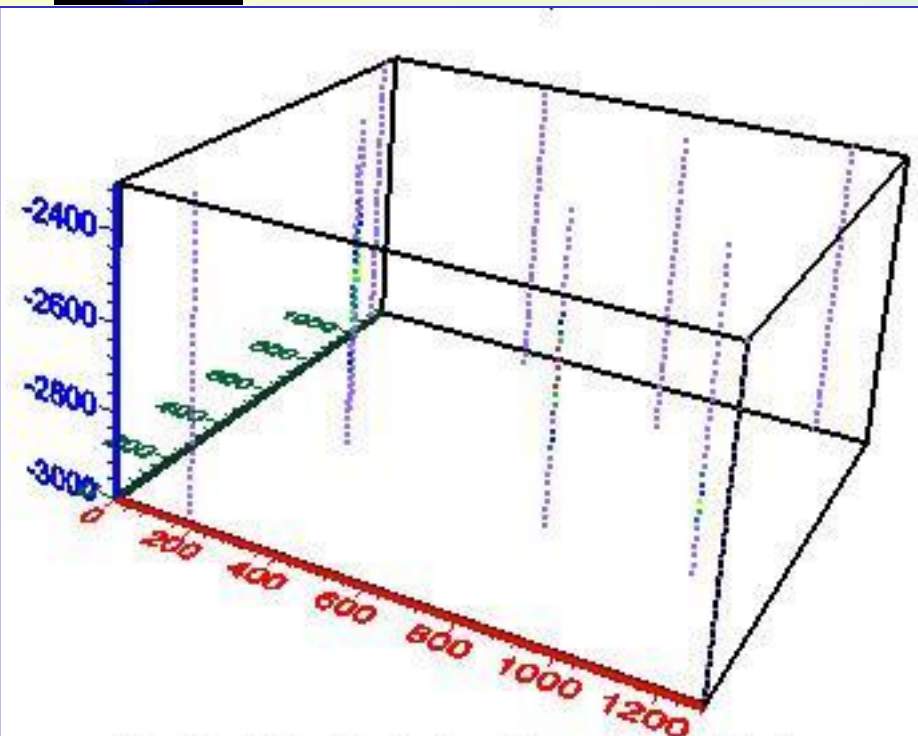
Anisotropic



General



Методы трехмерной интерполяции



- Статистический метод (*Data Metrics*);
- Метод локальных полиномов (*Local Polynomial*);
- Метод обратно пропорциональных расстояний (*Inverse Distance*)



В статистическом методе (*Data Metrics*) по исходным данным вычисляется набор статистических параметров, которые используются для определения значения в каждом из узлов сети.

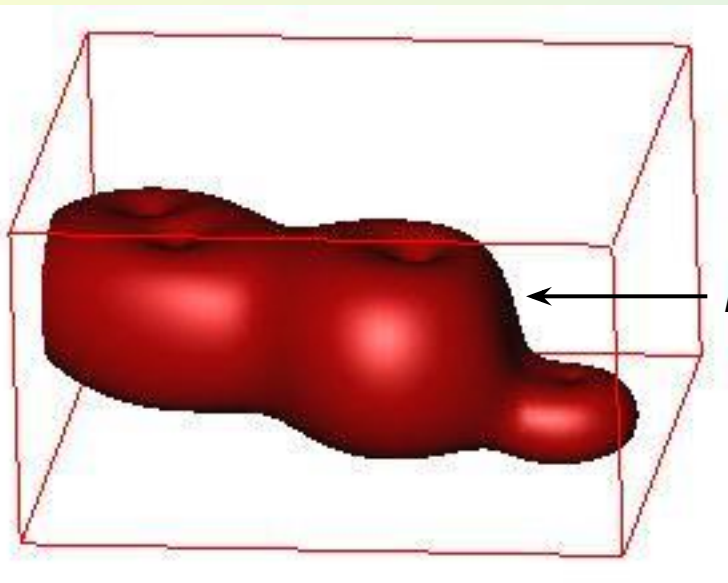
Метод локальных полиномов (*Local Polynomial*) основан на аппроксимации полиномом 1, 2 или 3 порядка данных в пределах эллипсоида поиска.

В методе обратно пропорциональных расстояний (*Inverse Distance*) осуществляется взвешивание данных при интерполяции таким образом, что влияние точки наблюдения уменьшается пропорционально удалению от узла сети.

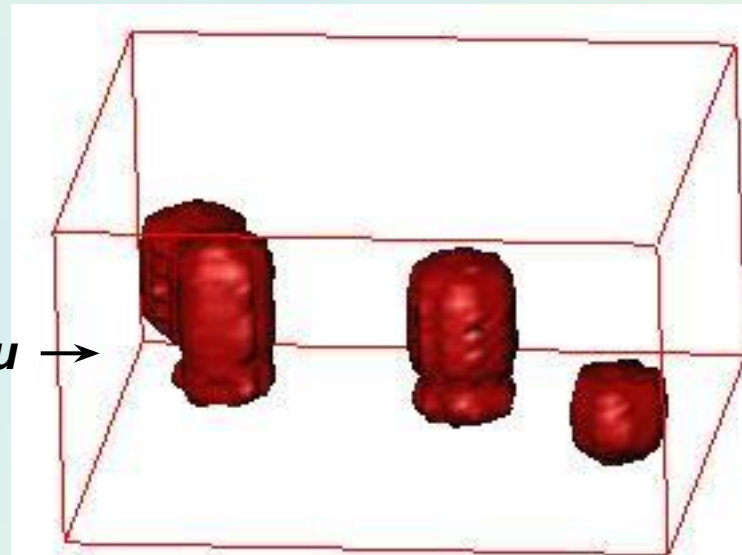


Сравнение методов интерполяции

1. Inverse Distance

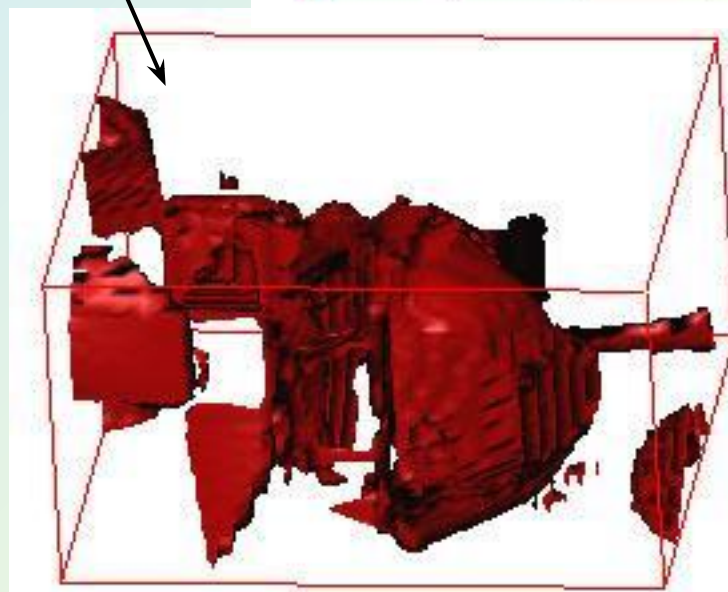


3. Data Metrics



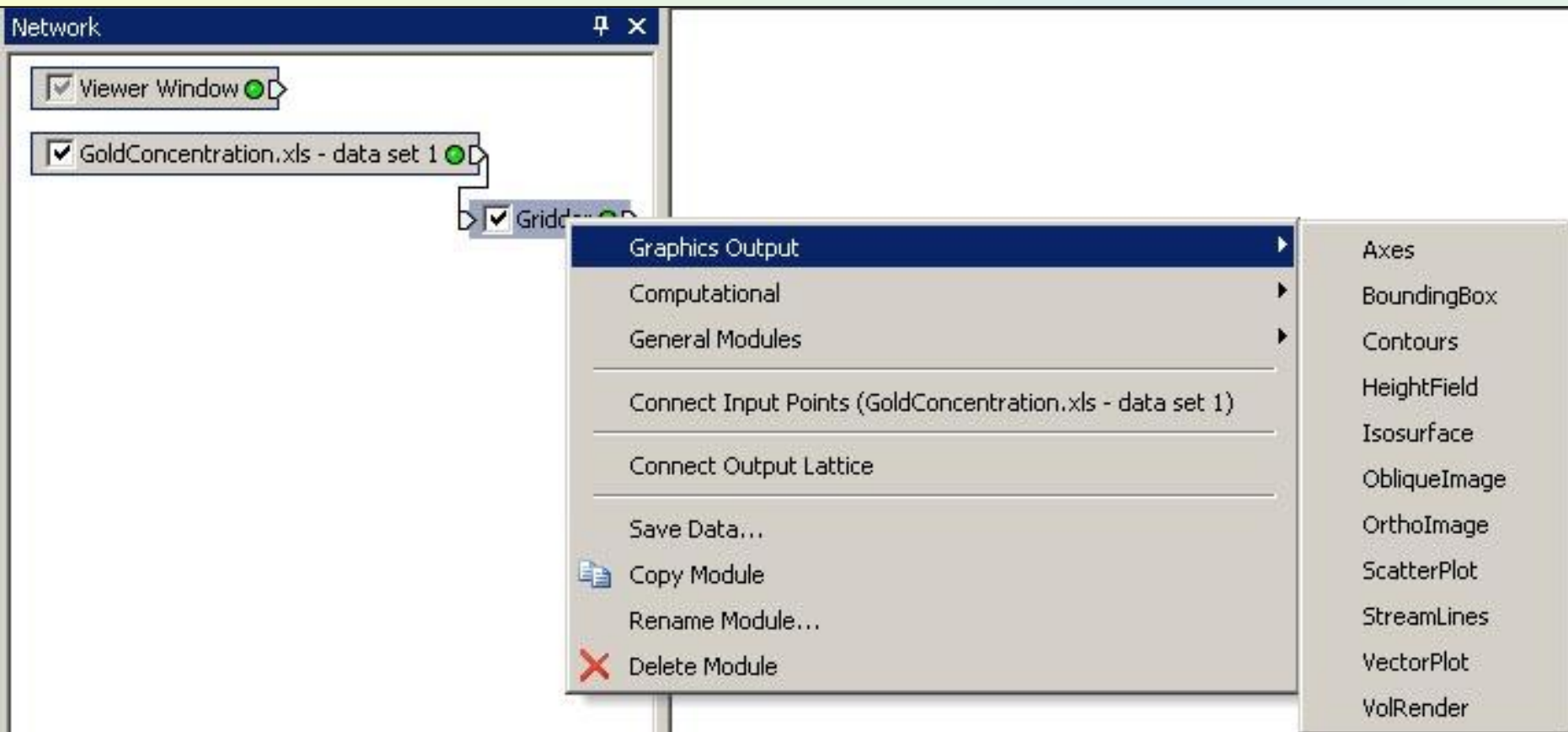
Изоповерхности

2. Local Polynomial





Визуализация трехмерных сеточных моделей





Заштрихованные объемные изображения (Voxler Rendered Volumes)


Network

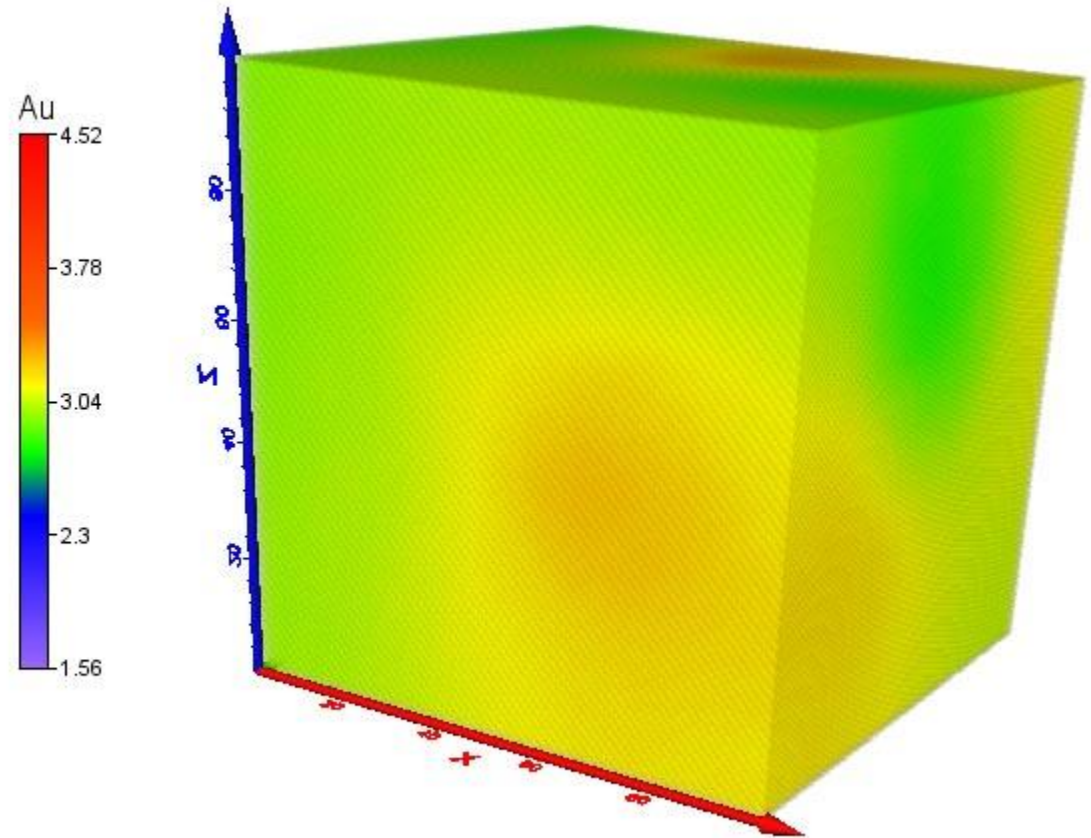
- ☒ Viewer Window
- ☒ GoldConcentration.xls - data set 1
 - ☒ Gridder
 - ☒ VolRender
 - ☒ Axes

Properties

☒ Auto Update ?

VolRender (id:4)

Connected To	Gridder
Render Method	3D Textures
Number of Slices	200
ColorMap	 Custom
Opacity	0.7934782609
Composition	Alpha Blending
Interpolation	Trilinear
Legend	<input checked="" type="checkbox"/> Show





Изоповерхности (*Voxler Isosurfaces*)

$$T(X,Y,Z)=const$$

Z

Y

X

Properties

☒ Auto Update Update Now ?

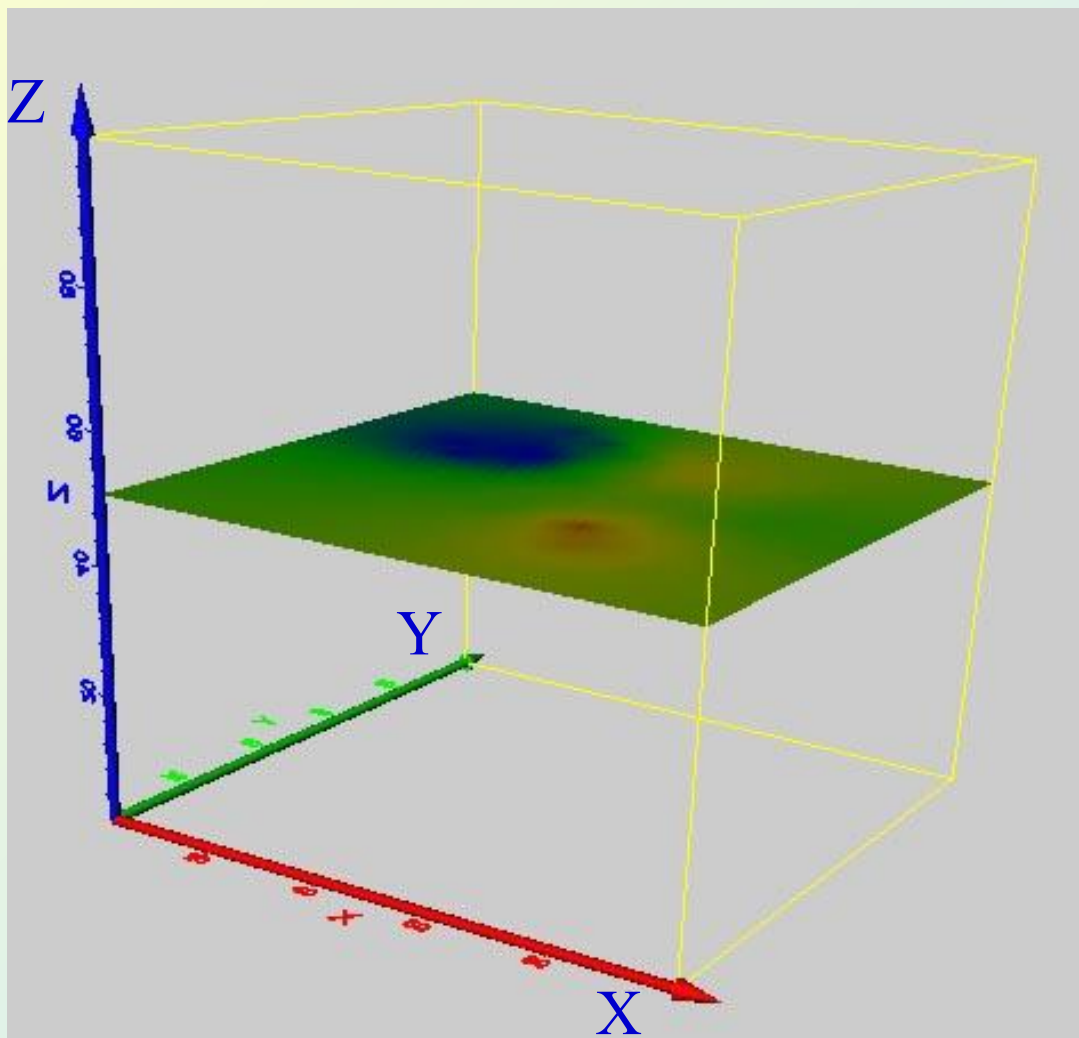
☒ **Isosurface (id:6)**

Connected To	Gridder
Isovalue	3
Draw Style	Shaded
Side to Draw	Front and Back
Smooth Normals	<input checked="" type="checkbox"/>
Color Method	By Isovalue
ColorMap	Purples2
<input type="checkbox"/> Material	
Specular Color	<input type="checkbox"/> White
Specular Inte...	0.5
Shininess	0.200000003
Opacity	1

☒ **Legend** ☐ Show



Ортогональное сечение (Ortholmage)



Properties [X] [?]

☒ Auto Update Update Now

☐ Ortholmage

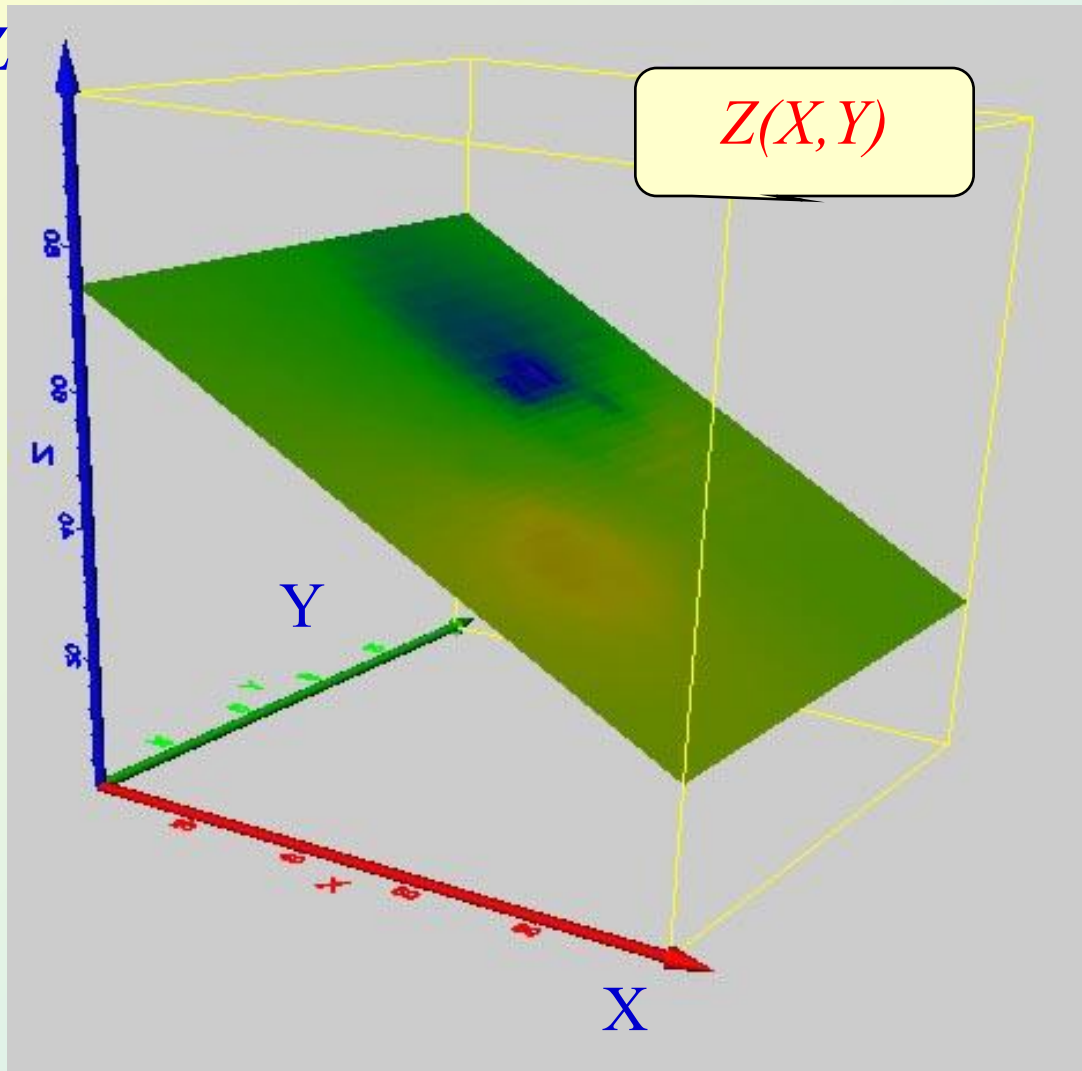
Connected To	Gridder
Orientation	XY Plane (Axial) [v]
Slice Number	26 [slider]
Lighting	<input checked="" type="checkbox"/>
Quality	0.5 [slider]
Opacity	1 [slider]
<input type="checkbox"/> Mapping Method	Colormap
ColorMap	GrayScale ...

☒ Legend Show

Orientation
The plane containing the orthoslice.



Наклонное сечение (Oblique Image)



Properties

☒ Auto Update Update Now ?

☐ ObliqueImage (connected to Gridder)

☐ Cutting Plane

Orientation XY Plane (Axial) ▼

☒ Normal Direction (0, 0, 1)

Offset from Center 0 —|+

Show Dragger ☐


Resolution Medium

Interpolate ☐

Lighting ☒

Opacity 1 —|+

☐ Mapping Method Colormap

ColorMap  Rainbow ...

☒ Legend ☐ Show

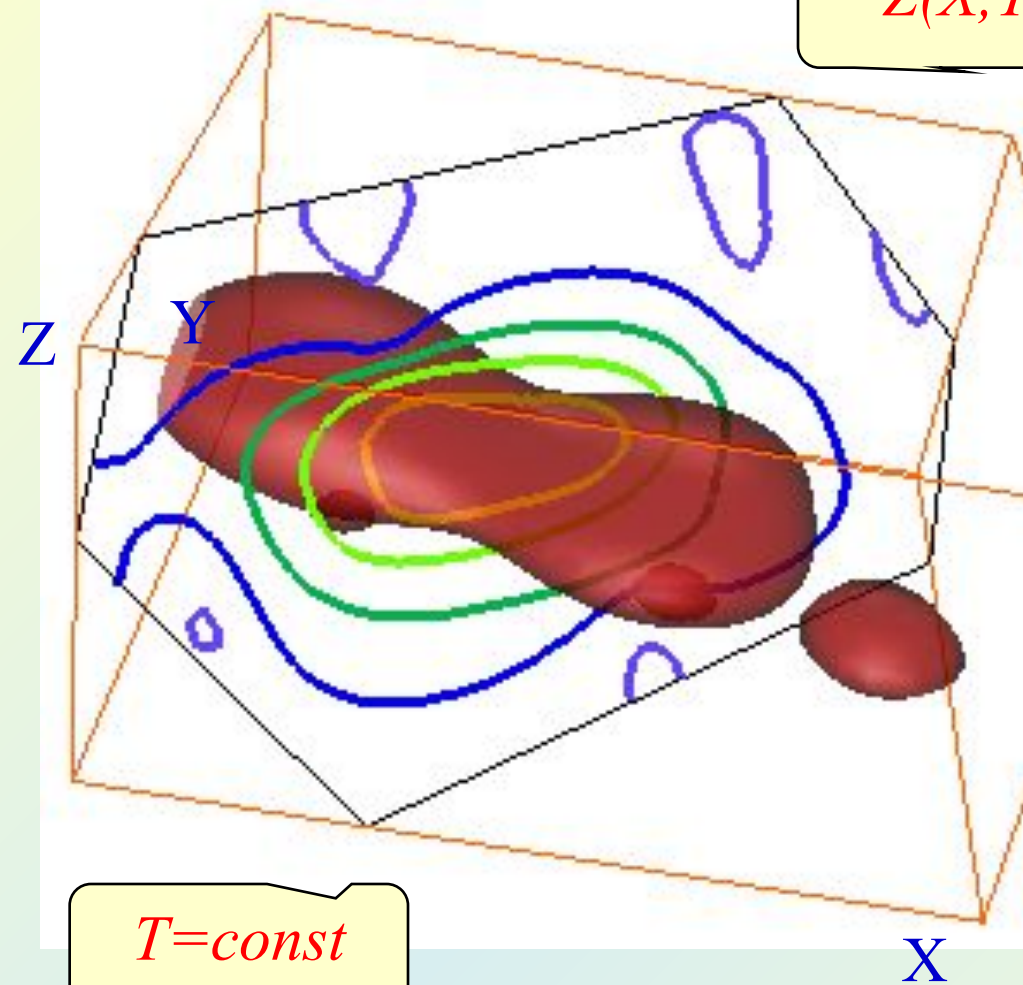
Orientation

The orientation of the cutting plane.



Контурные линии (Voxler Contours)

$Z(X, Y)$



$T = \text{const}$

Properties

☒ Auto Update Update Now ?

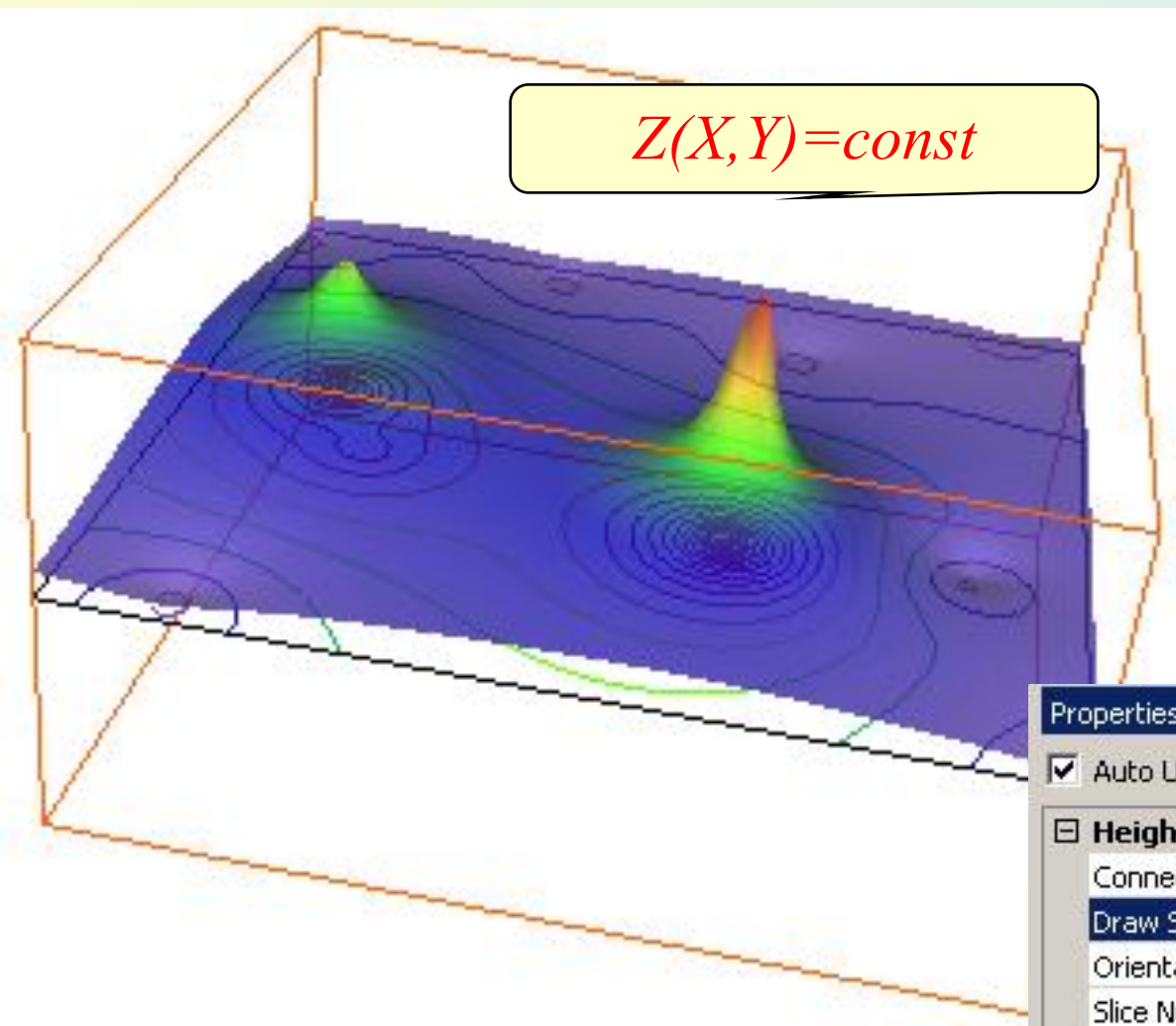
☒ **Contours (id:8)** (connected to Gridder)

Input Data Limits	1.564230633, 4.519858164
Level Method	Automatic
Minimum Level	1.859793386
Maximum Level	4.224295411
Number of Levels	11
Line Width	2
ColorMap	Purples2 ...
<input checked="" type="checkbox"/> Cutting Plane	
Orientation	Custom
<input checked="" type="checkbox"/> Normal Direction	(0.5, 0.3, 0.5)
X	0.5
Y	0.3
Z	0.5
Offset from Center	-20.75609892
Show Dragger	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Draw Border	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Legend	<input type="checkbox"/> Show



Поля высот (Voxler Height Fields)


$$Z(X,Y)=const$$



Properties

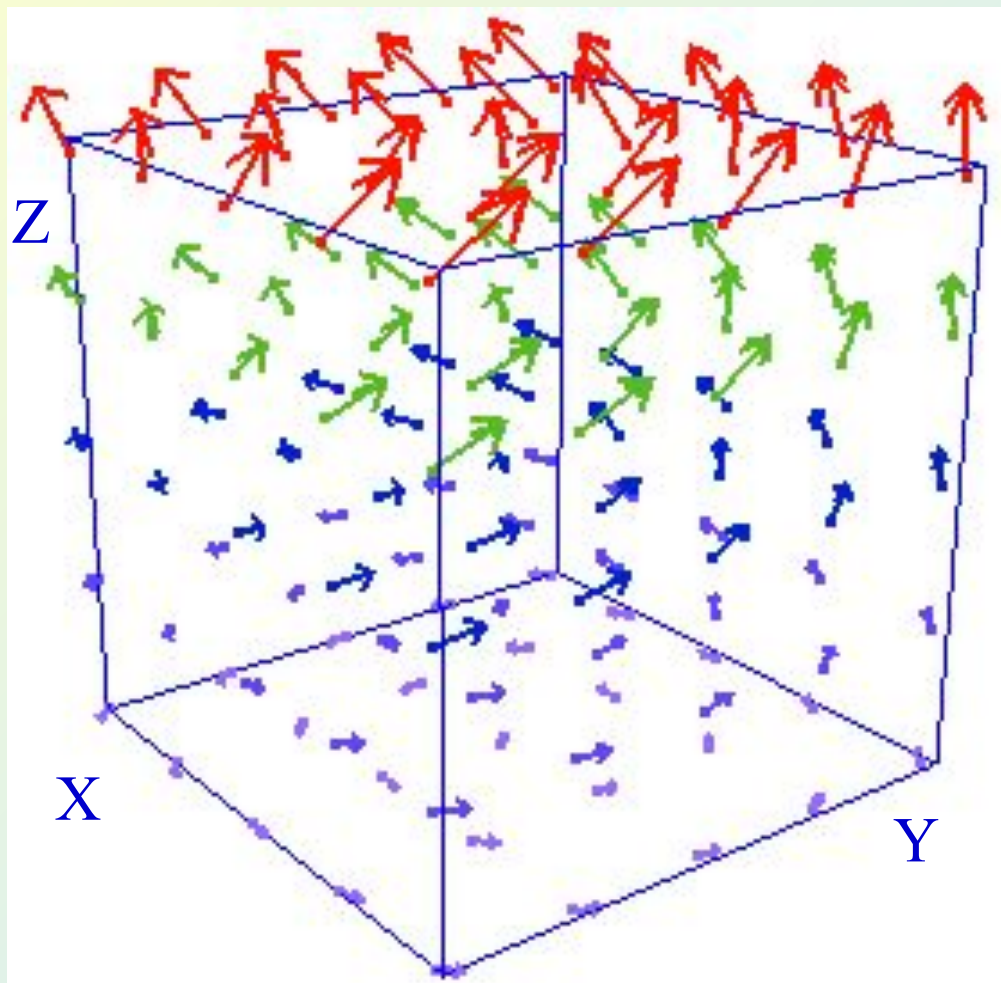
☒ Auto Update Update Now ?

HeightField (id:9)

Connected To	Gridder
Draw Style	Shaded
Orientation	XY Plane (Axial)
Slice Number	22
Scale	0.5744680851
Opacity	1
ColorMap	 HighPoints

Legend ☐ Show


Поле векторов (Vector Plot)



Properties

☒ Auto Update **Update Now** ?

☐ VectorPlot (connected to Gridder)

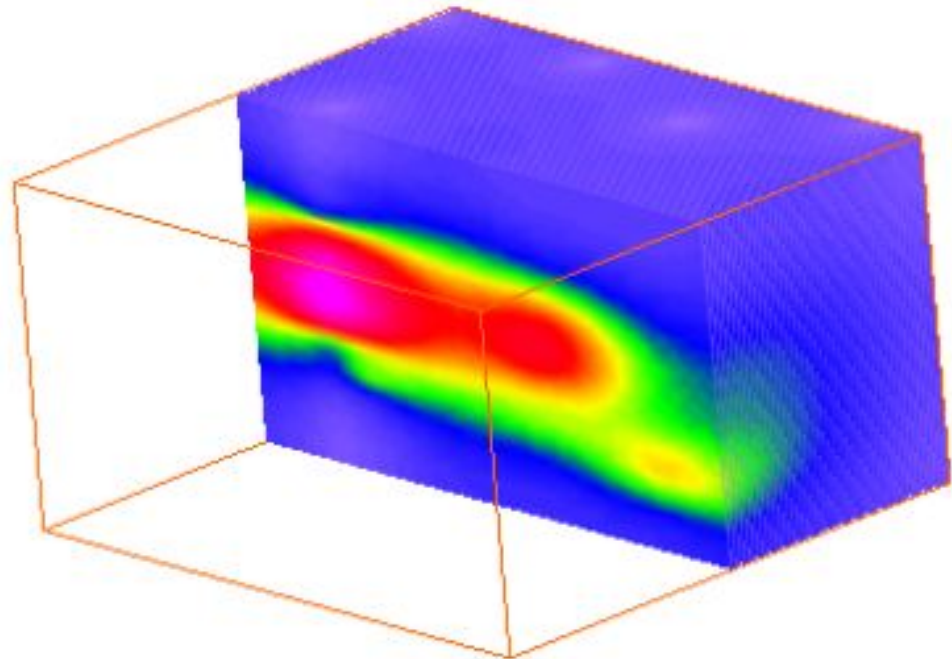
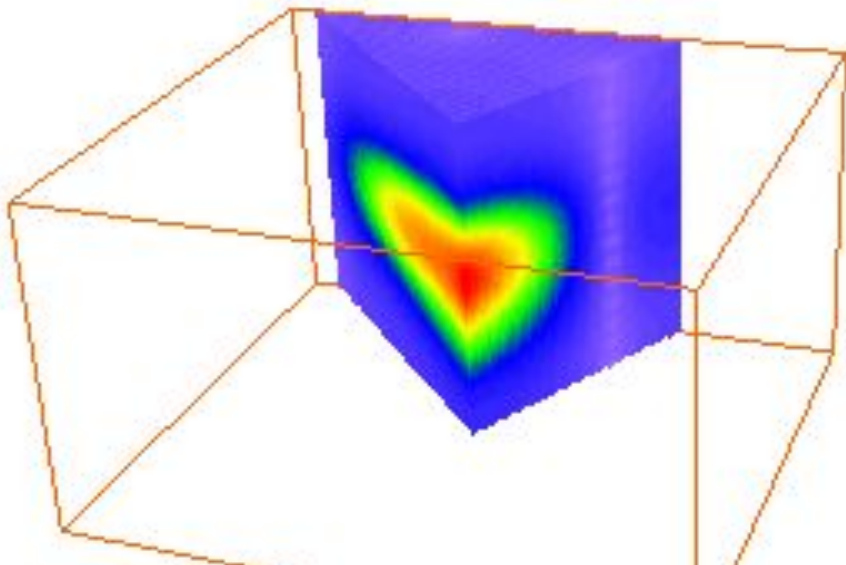
Orientation	ALL	
Frequency	8	<input type="range"/>
Vector Style	Arrow 2	
Color Method	Magnitude	
ColorMap	 ChromaDepth	...
Scale Method	Linear	
Min Scale	0	<input type="range"/>
Max Scale	1	<input type="range"/>
Arrow Scale	1	<input type="range"/>
Base Symbol Size	2	<input type="range"/>
Reverse Orientat...	<input type="checkbox"/>	
Line Width	1	<input type="range"/>

☒ Legend ☐ Show

Orientation
The orientation of the plane containing the vectors (or 'All' to use the entire lattice).



Секущие плоскости (Clip Planes)



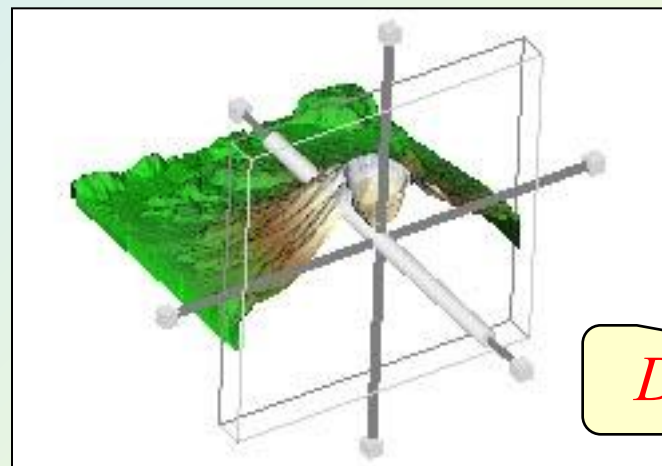
Properties [X]

☒ Auto Update [Update Now] [?]

☒ ClipPlane (connected to ScatterPlot)

Orientation	Along X
<input checked="" type="checkbox"/> Normal Direction	(1, 0, 0)
X	1
Y	0
Z	0
Distance from Center	0 [Dragger]
Swap Clip Direction	<input type="checkbox"/>
Show Dragger	<input type="checkbox"/>

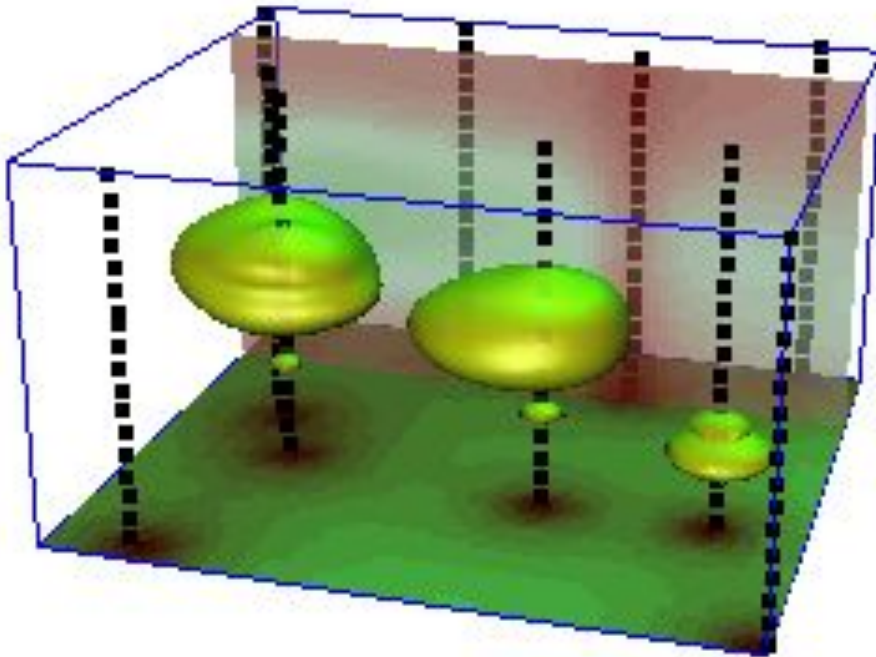
Orientation
The direction of the clip plane normal.



Dragger

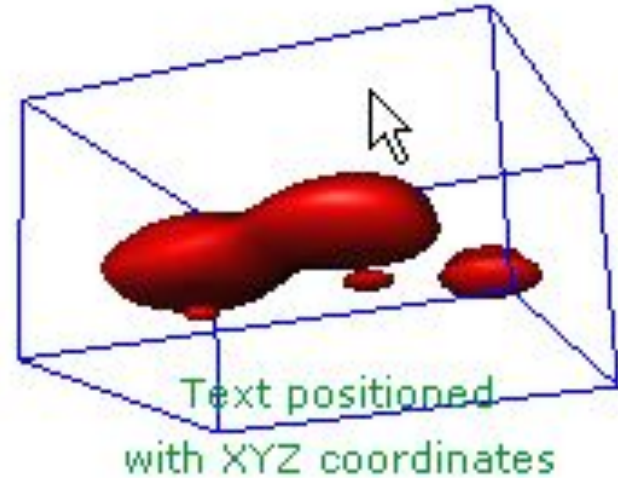


*Источник
освещения*



Аннотация

Annotation positioned
with screen coordinates



Properties

☒ Auto Update ?

☐ Text (id:4)

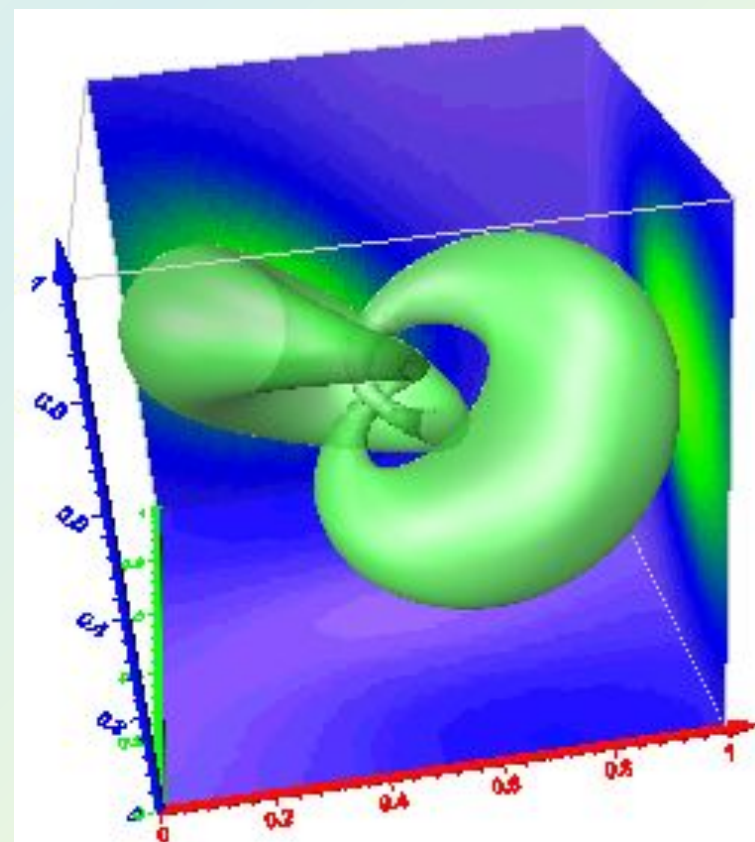
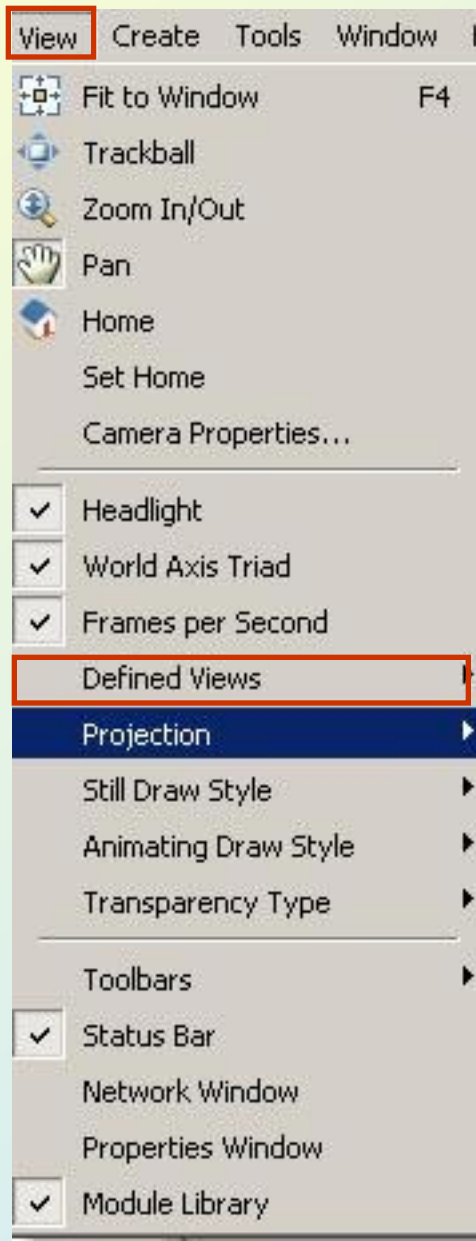
Text	Skv1	...
X	400	
Y	200	
Z	100	
Justification	Center	
Size	14	<input data-bbox="1682 1125 1875 1153" type="range"/>
Color	Black	<input data-bbox="1528 1158 1605 1179" type="color"/>
Font	Arial	

Текст

Z
The Z coordinate of the text.

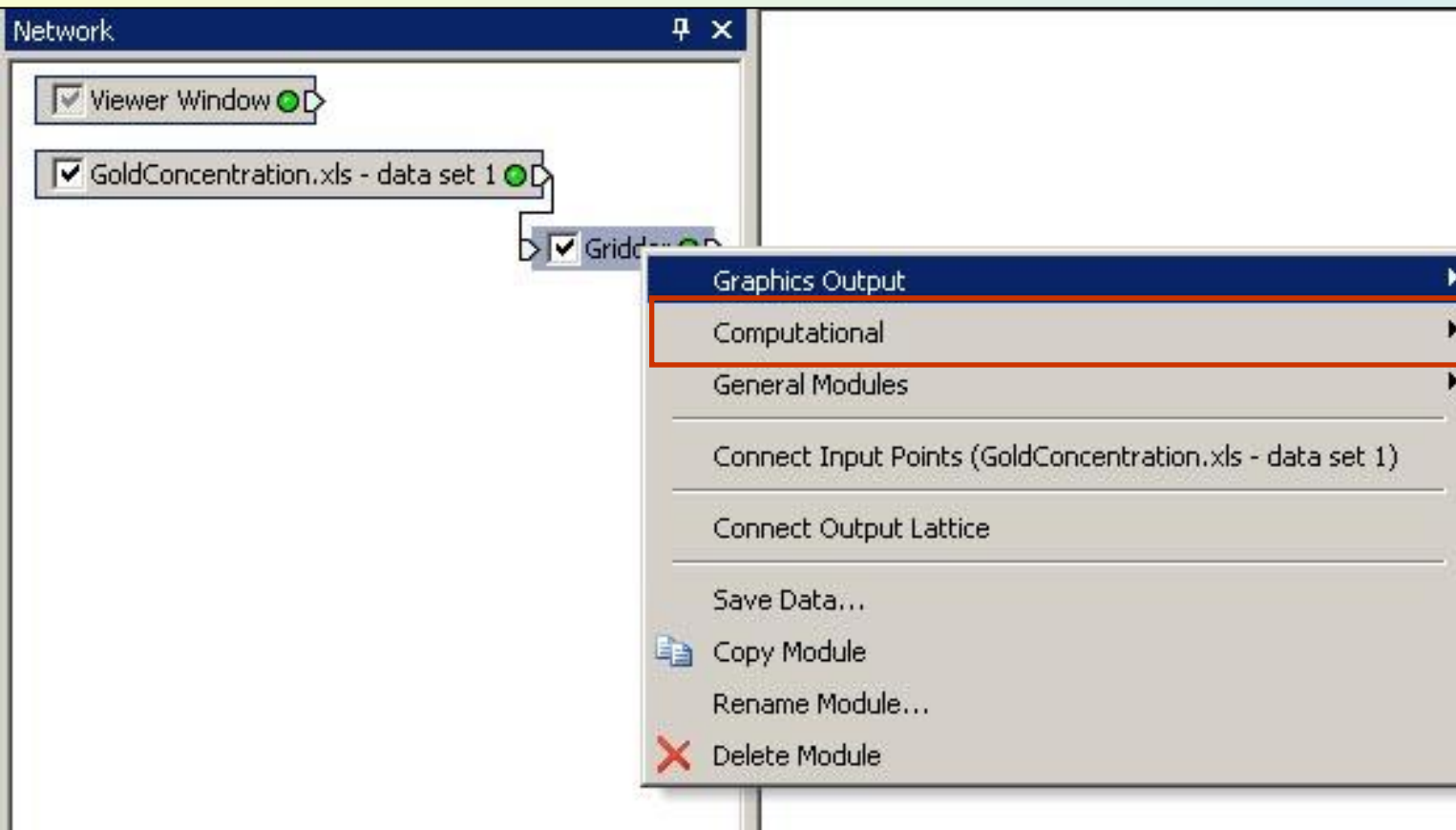


Параметры визуализации





Операции над 3D гридами



ChangeType

Filter

Gradient

Math

Merge

Resample

Slice

Subset

Transform



- Фильтрация (Filter)

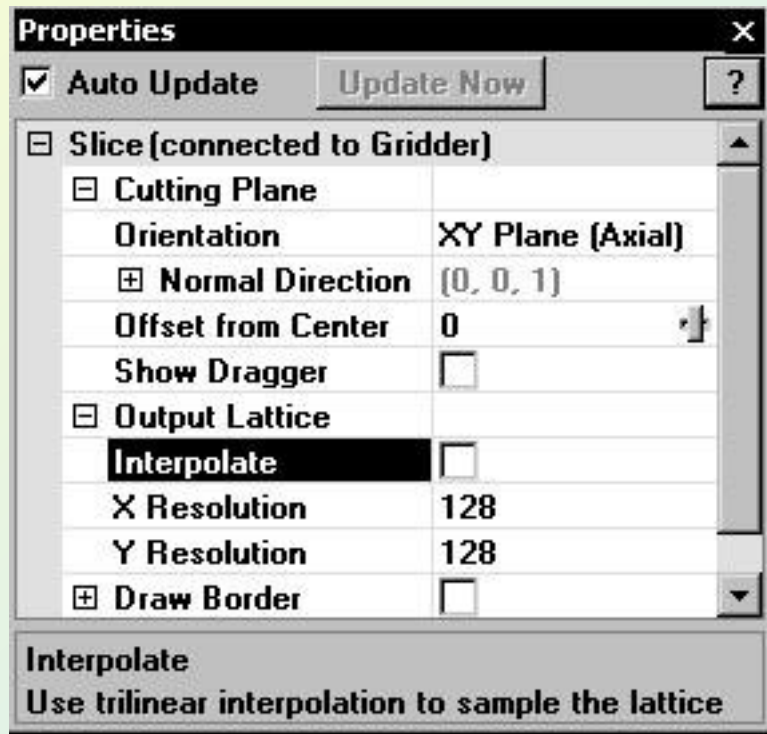
Properties	
<input checked="" type="checkbox"/> Auto Update	<input type="button" value="Update Now"/> <input type="button" value="?"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Filter	
Filter Type	Average (Rect...)
Orientation	3D
Edge Handling	Replicate
Blank Handling	Leave Alone
Kernel Size	3
<input checked="" type="checkbox"/> Components to Filter	
Component 1	<input checked="" type="checkbox"/>
Filter Type The type of filter to apply to the input lattice.	

- Математические операции (Math)

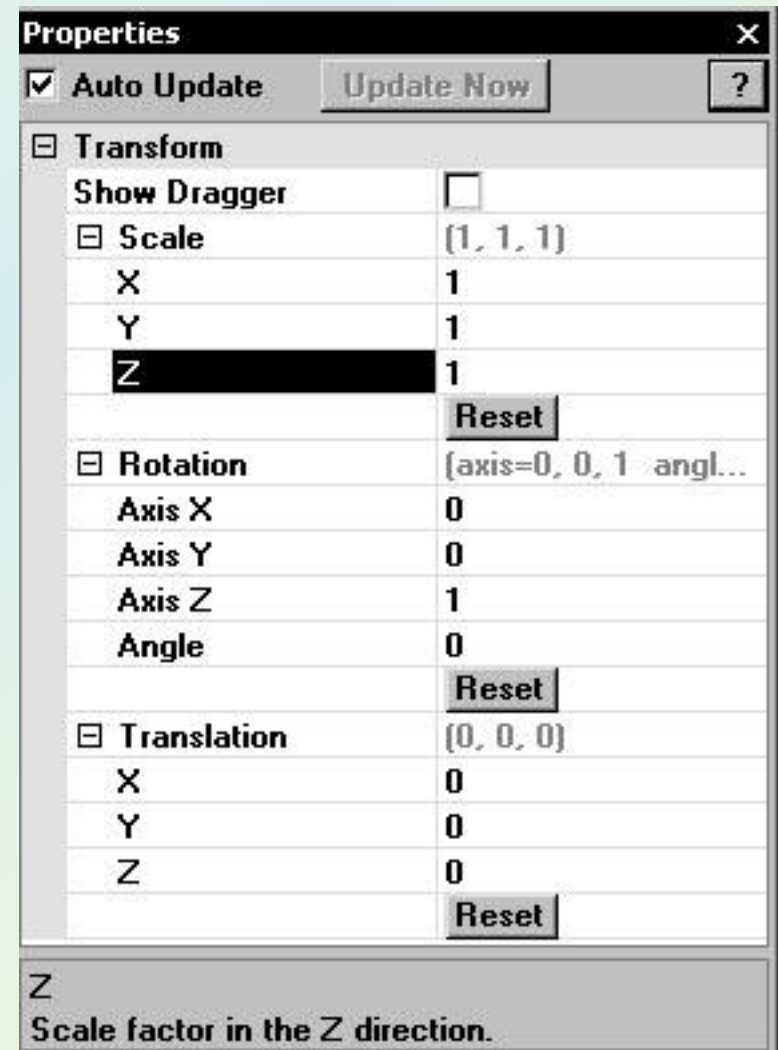
Properties	
<input checked="" type="checkbox"/> Auto Update	<input type="button" value="Update Now"/> <input type="button" value="?"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Math	
Input Lattice A	Gridder
<input checked="" type="checkbox"/> Output Geometry	(Axis Aligned 50...
Calculate From In...	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> X range	
<input checked="" type="checkbox"/> Y range	
<input checked="" type="checkbox"/> Z range	
<input checked="" type="checkbox"/> Resolution	
Output Type	Float (32 bits)
Output components	1
Expression[1]	A+5
Expression[1] A numeric expression of the form A + B + C. Predefined variables include i, j, k, x, y, z, A, A1, A2, B, B1, B2, ...	



- Сечение (Slice)

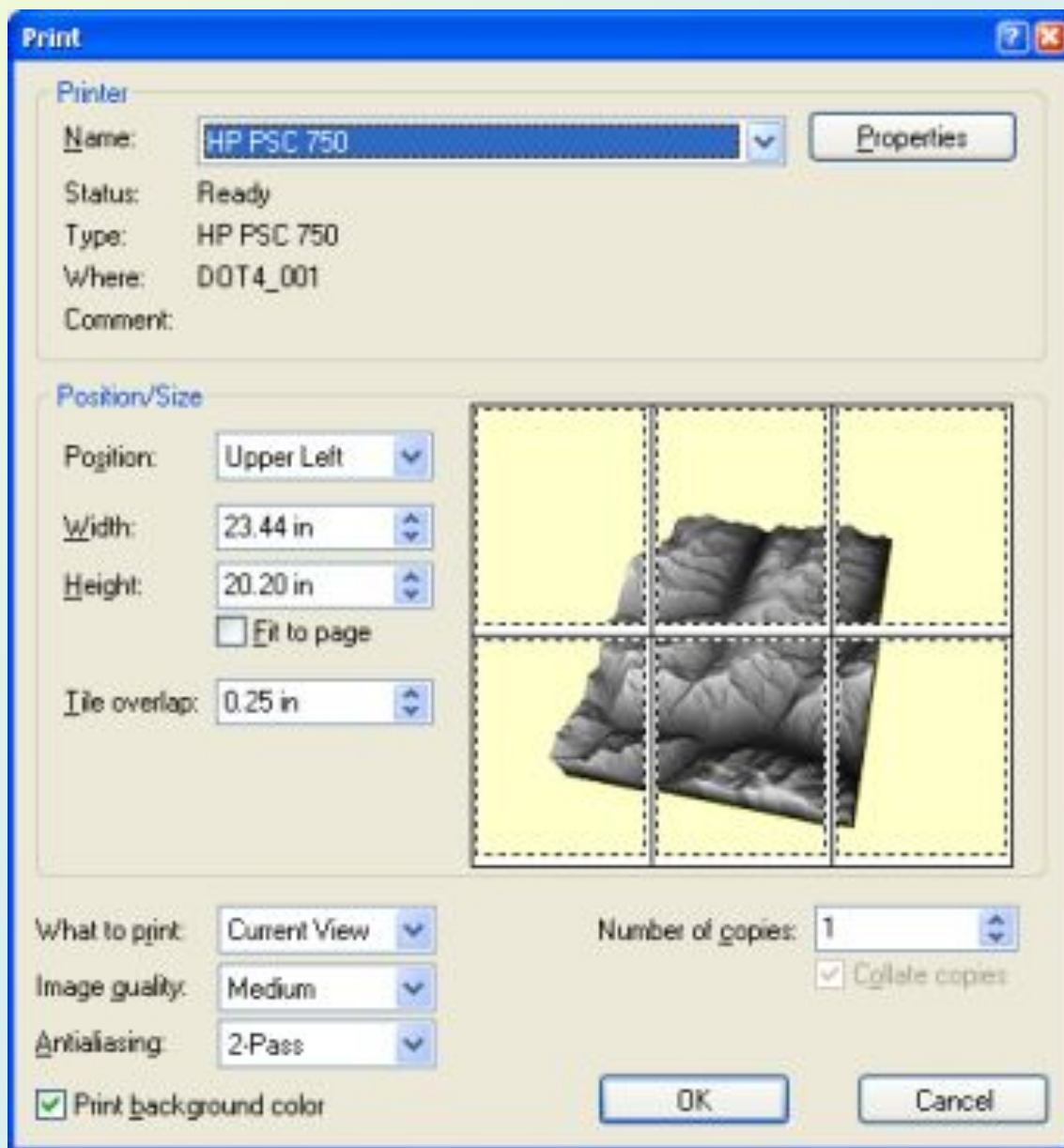


- Трансформация (Transform)





Печать изображений





Результат работы в программе сохраняется в файле **[.VOXB]**.

Форматы экспорта изображений:

- AVS X-Image (X, XIMG);
- SGI-RGB Image (RGB, RGBA, BW);
- GIF Image (GIF);
- Sun Raster Image (RAS, SUN);
- JPEG Compressed Bitmap (JPG, JPEG);
- Tagged Image (TIF, TIFF);
- PNM, PPM, PGM, PBM Image;
- Targa (TrueVision) (TGA);
- Portable Network Graphics (PNG);
- Windows Bitmap (BMP)