КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ

Основные направления применения ГИС-технологий

Типы пространственных задач, которые решаются в геологии с применением геоинформационных систем, можно с достаточной степенью условности подразделить на пять групп:

1. *Создание карт распределения геологической продукции и информации:*

   а) по административным районам;
   б) по геологическим структурам.

2. *Создание всех видов собственно геологических и тематических карт.*

3. *Мониторинг различных аспектов геологической среды.*

4. *Районирования территорий.*

5. *Создание 3D моделей геологических объектов для подсчета запасов полезных ископаемых.*

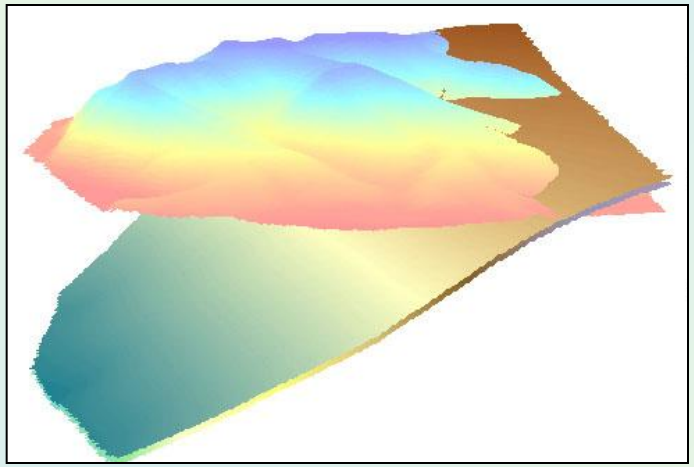
Создание *3D* моделей геологических объектов для подсчета запасов полезных ископаемых.

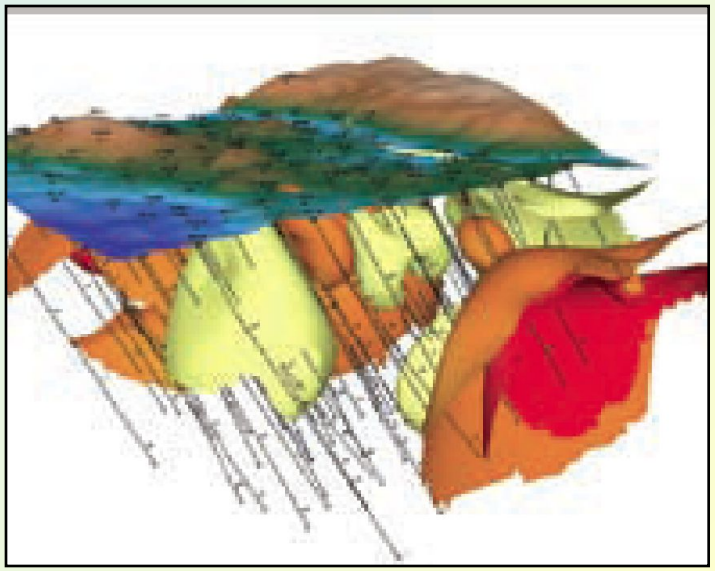
Геоинформационная система ArcGIS

С помощью *дополнительного модуля 3D Analyst* в ArcGIS имеется возможность *построения трехмерных моделей геологических объектов* и осуществления процедур *анализа геолого-геофизических данных в трехмерном пространстве*: вычисления объемов и площадей 3D объектов, изучения особенностей морфологии объектов и их распределения в 3D пространстве.

ArcGIS позволяет осуществлять моделирование следующих типов трехмерных объектов:

- *функциональные поверхности;*
- *дискретные объекты 3D (точки, линии, полигоны);*
- *каркасные модели объемных тел.*



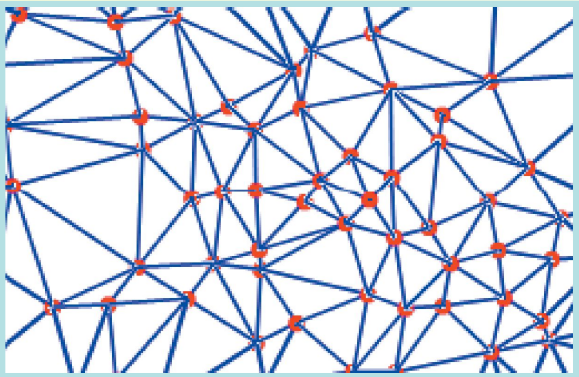


Моделирование функциональных поверхностей

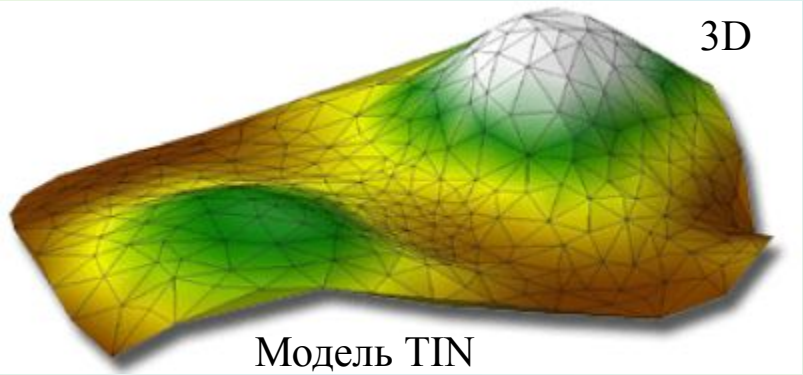
Функциональные поверхности – это непрерывные поверхности, которые имеют только одно ***Z***-значение для каждой пары координат ***X,Y***.

В ГИС используются 2 способа представления непрерывных поверхностей по конечному набору точек.

Триангуляционные сети



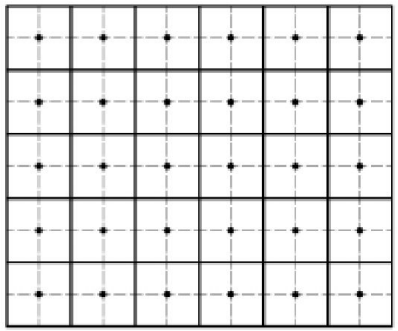
2D



3D

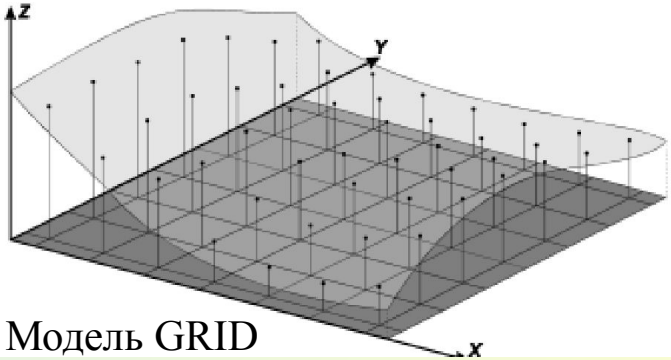
Модель TIN

Регулярно-ячеистые модели



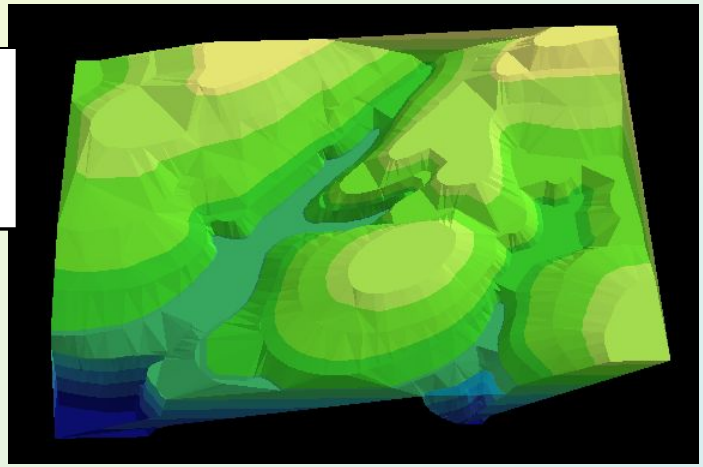
2D

3D



Модель GRID

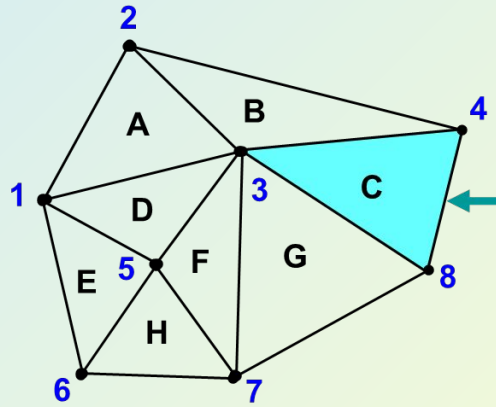
1. TIN *модели*



1. TIN-модели используются для точного моделирования *небольших участков* поверхности.
2. TIN хранятся в *файловой системе компьютера* и не могут быть включены в базу геоданных.
3. TIN-модели создаются только в *системах координат проекций*.

№ узла	X	Y	Z
1	X_1	Y_1	Z_1
2	X_2	Y_2	Z_2
3	X_3	Y_3	Z_3
4	X_4	Y_4	Z_4
5	X_5	Y_5	Z_5
6	X_6	Y_6	Z_6
7	X_7	Y_7	Z_7
8	X_8	Y_8	Z_8

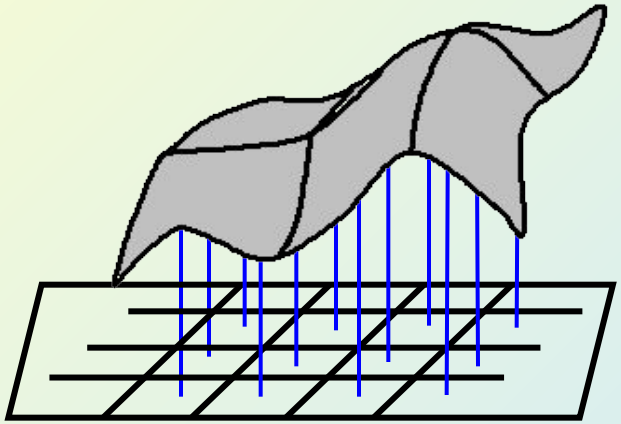
TIN – векторная топологическая структура данных



Треугольник	Список узлов	Соседи
A	1,2,3	-,B,D
B	2,4,3	-,C,A
C	4,8,3	-,G,B
D	1,3,5	A,F,E
E	1,5,6	D,H,-
F	3,7,5	G,H,D
G	3,8,7	C,-,F
H	5,7,6	F,-,E

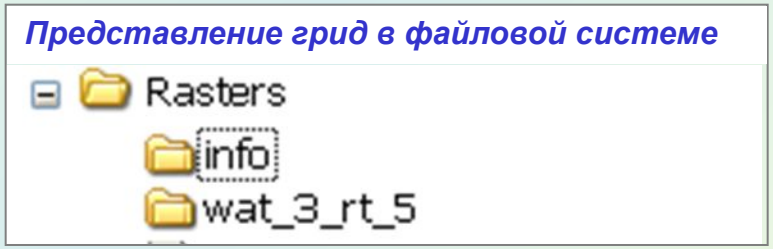
1. GRID *модели*

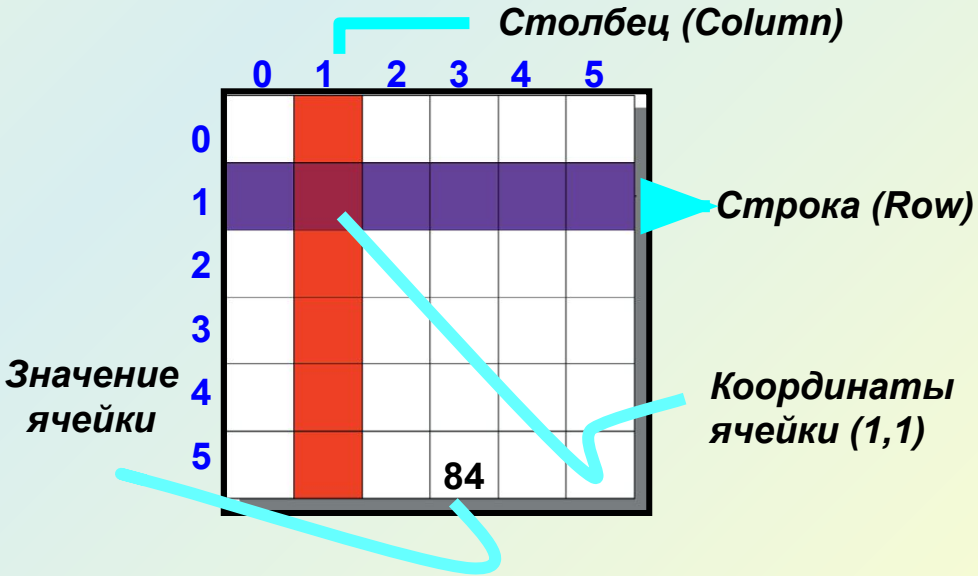
Гриды используют для моделирования поверхностей квадратные регулярные сети.



Значение ячейки относится к ее центральной точке

Представление грид в файловой системе





Структура GRID – моделей полностью соответствует структуре растровых данных

Выбор плотности сети следует производить в соответствии с исходными данными или требуемым масштабом карты.

- Если известен масштаб, в котором надо изобразить карту, то шаг между линиями сетки надо задать равным тому ***количеству единиц карты, которые помещаются в 1 мм изображения.***
  Например, при масштабе 1:50 000 это 50 м.

- Если требуемый масштаб заранее не известен, то шаг между линиями сетки можно задать равным ***половине среднего расстояния между точками данных***.

Surfer	ArcGIS
Inverse Distance *(Обратно взвешенные расстояния)*	ОВР
Kriging *(Крикинг)*	Кригинг
Minimum Curvature *(Минимальная кривизна)*	Сплайн
Polynomial Regression *(Полиноминальная регрессия)*	Тренд
Triangulation with Linear Interpolation *(Триангуляция с линейной интерполяцией)*	-
Natural Neighbour *(Естественое соседство)*	Естественная окрестность
Shepard's Method *(Метод Шепарда)*	-
Radial Basis Functions *(Радиальные вазисные функции)*	-
Moving Average *(Скользящее среднее)*	-
-	Топо в растр

Моделирование дискретных 3D объектов

Моделирование 3D точечных, линейных и полигональных объектов осуществляется с помощью *создания трехмерных векторных наборов данных*, в которых Z-значения встроены в геометрию (поле *Shape*) класса пространственных объектов.

river

FID	Shape *	OBJECTID	NAME	LAYER
0	Полилиния	1	р.Сюзьва	reki
1	Полилиния	2		reki
2	Полилиния	3		reki
3	Полилиния	4		reki
4	Полилиния	5	р.Волим	reki
5	Полилиния	6	р.Мал.Падун	reki
6	Полилиния	7		reki
7	Полилиния	8		reki

2D *3D*

c2_InterpolateShape

OBJECTID_1 *	Shape *	OBJECTID	NAME	LAYER
1	Полилиния Z	1	р.Сюзьва	reki
2	Полилиния Z	2		reki
3	Полилиния Z	3		reki
4	Полилиния Z	4		reki
5	Полилиния Z	5	р.Волим	reki
6	Полилиния Z	6	р.Мал.Падун	reki
7	Полилиния Z	7		reki

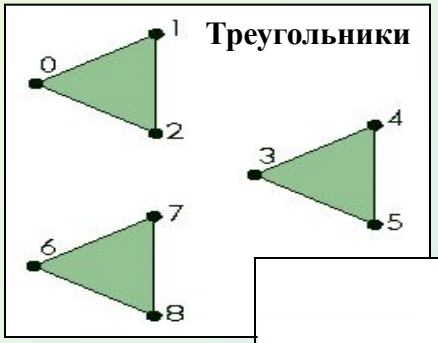
Способы создания трехмерных векторных данных

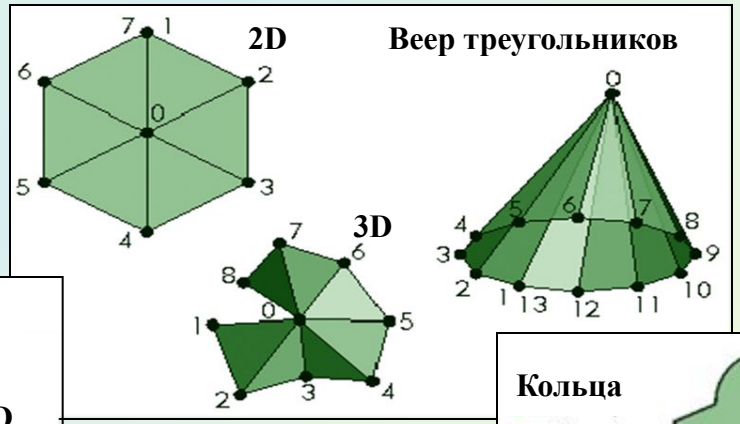
Исходные данные	**Инструменты 3D Analyst**
Таблицы XYZ	*Конвертация< ASCII 3D в класс объектов*
2D векторные наборы данных (значение Z каждого объекта в таблице атрибутов)	*3D объекты < Объекты в 3D по атрибуту*
2D векторные наборы данных и модели поверхностей TIN, grid или Terrain	*Функциональная поверхность < Интерполировать форму*

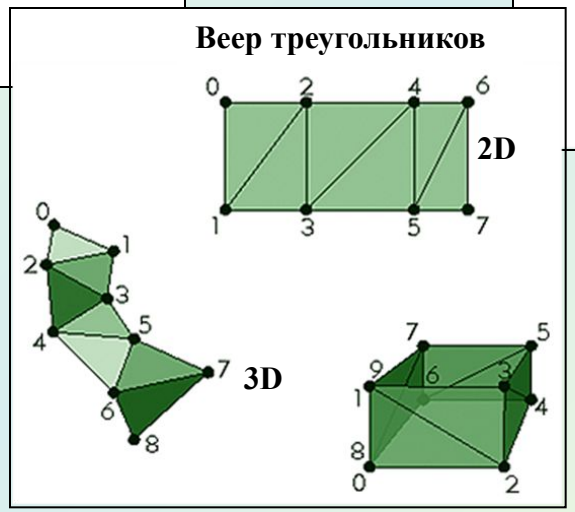
Создание каркасных моделей трехмерных объектов

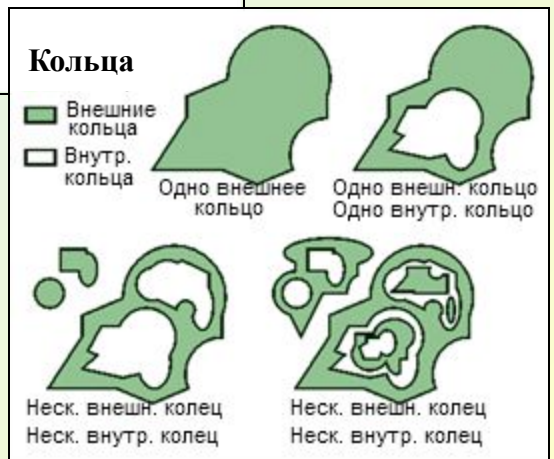
Геоинформационные системы позволяют создавать поверхности объемных моделей среды, или каркасные модели 3D объектов. В отличие от функциональных поверхностей такие модели могут хранить *несколько значений z для каждой пары координат x, y.* ArcGIS может отображать 3D модели в качестве пространственных объектов в классе объектов - *мультипатчей.*

Мультипатч – это ГИС объект, в котором хранится коллекция патчей, отображающих границы 3D объекта. Геометрическая информация, которая хранится в патче, может быть в виде треугольников, вееров треугольников, полос треугольников или колец. Мультипатча сохраняются в формате *шейп-файла* или *класса пространственных объектов базы геоданных*.



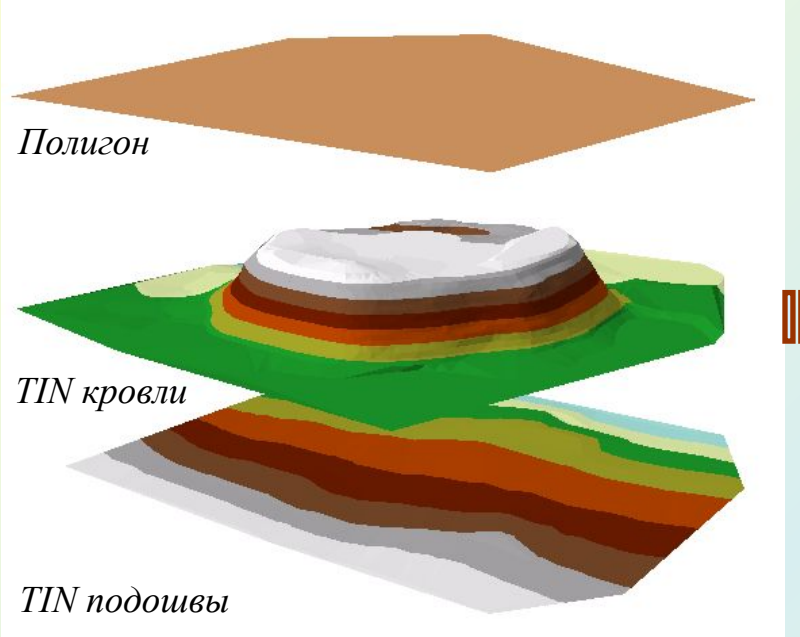


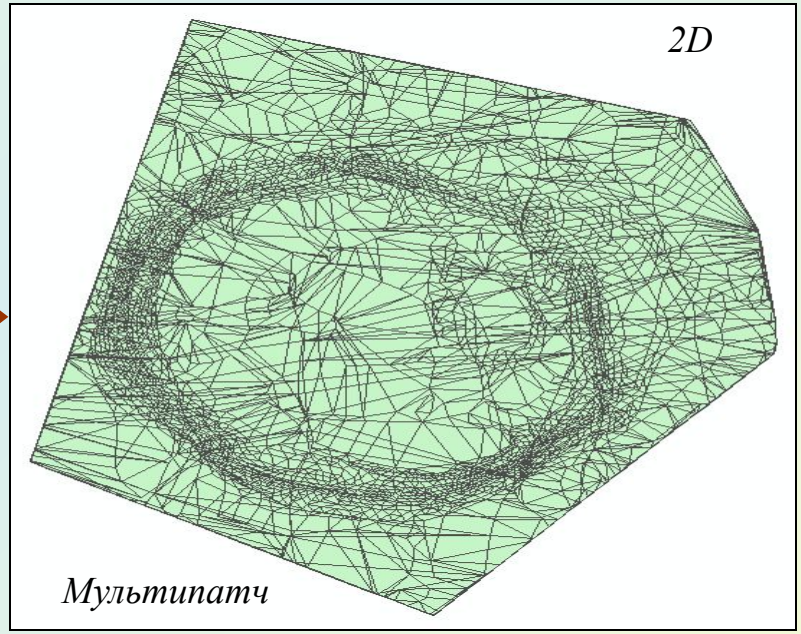




Создание модели пласта

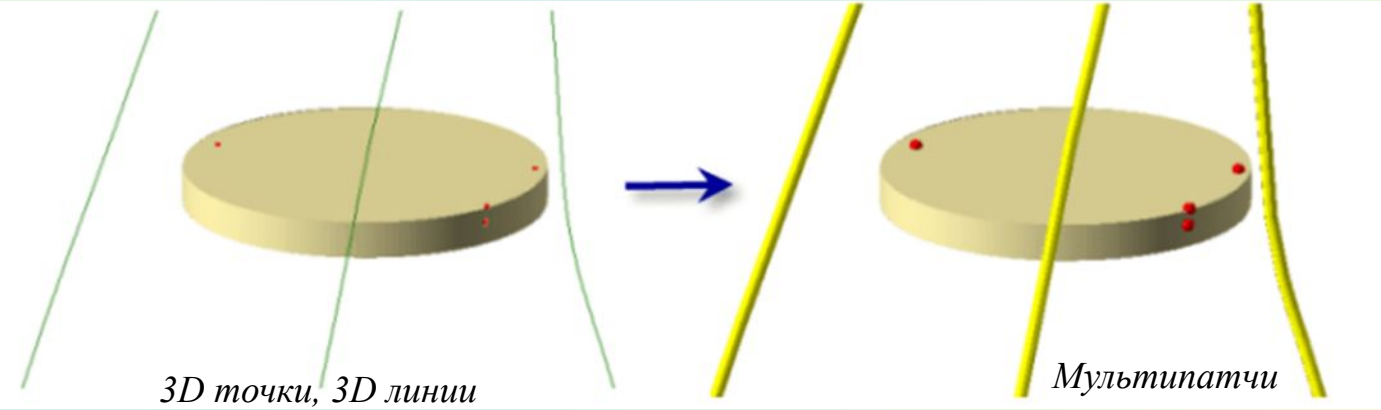
Инструменты 3D Analyst < Триангуляционная поверхность < Блок-диаграмма





Построение 3D буферов

Инструменты 3D Analyst < 3D объекты < 3D буфер



Создаются замкнутые объекты - мультипатчи:

- *сферы для точек;*
- *цилиндрические объекты для линий*

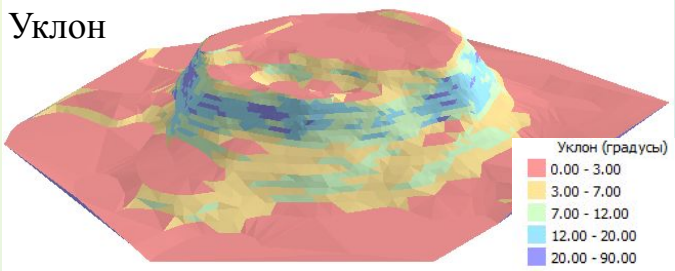
Анализ морфологии поверхностей

Анализ морфологии триангуляционных и grid моделей поверхностей можно осуществить с помощью инструментов 3D Analyst.

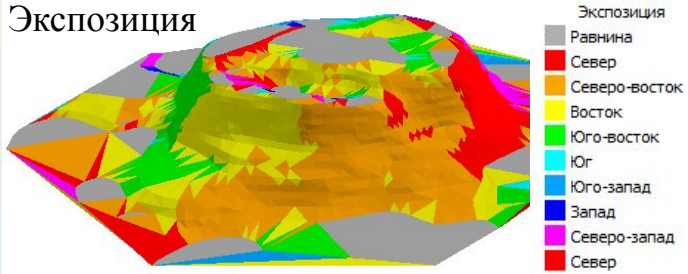
TIN модель

Рельеф

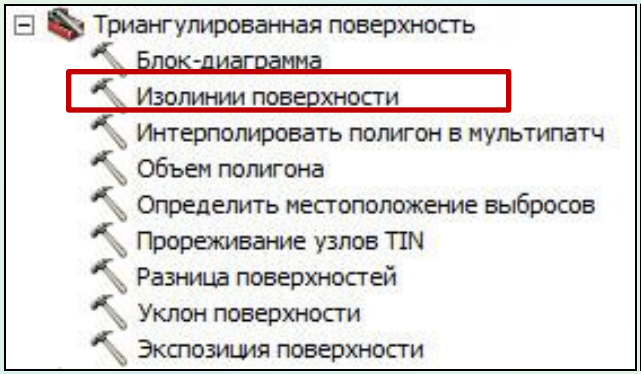
Уклон

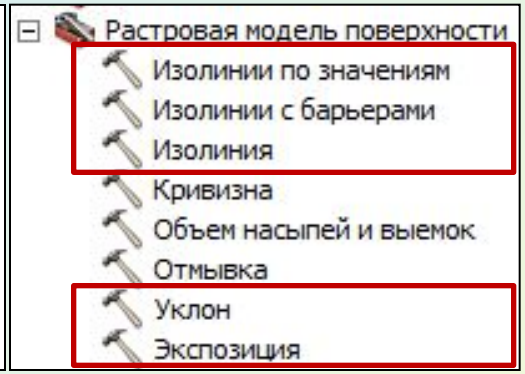


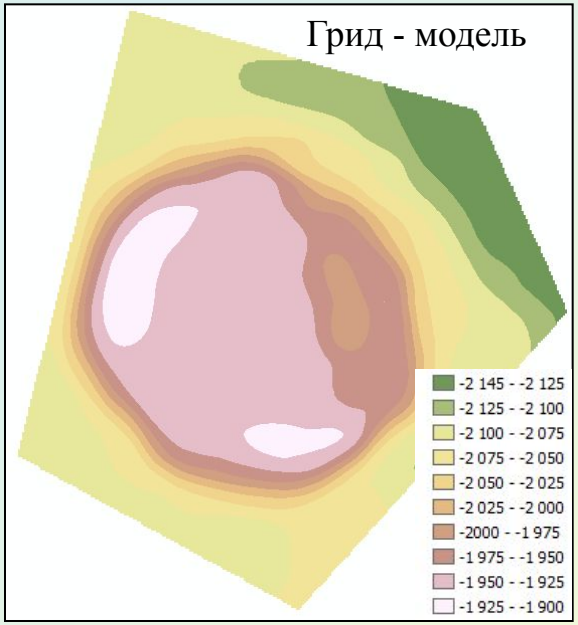
Экспозиция

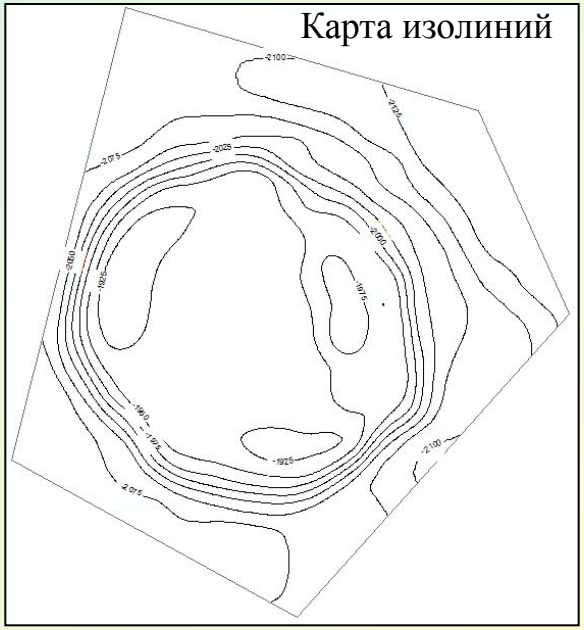


Способы представления





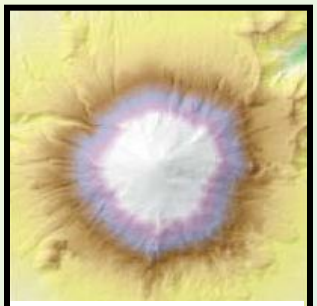




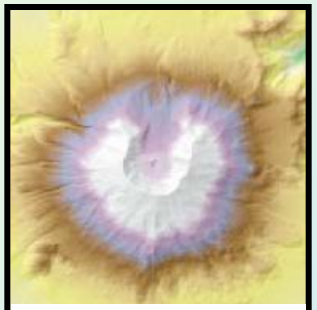
Вычисление изменений площадей и объемов

GRID модели

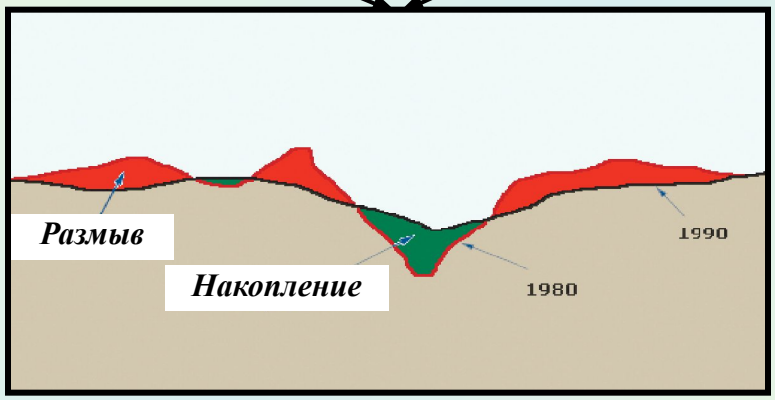
Определение площади и объемы изменений *между двумя грид моделями* поверхностей осуществляется с помощью инструмента **Объем насыпей и выемок.** В результате создается *бинарный растр.*



Предыдущая поверхность

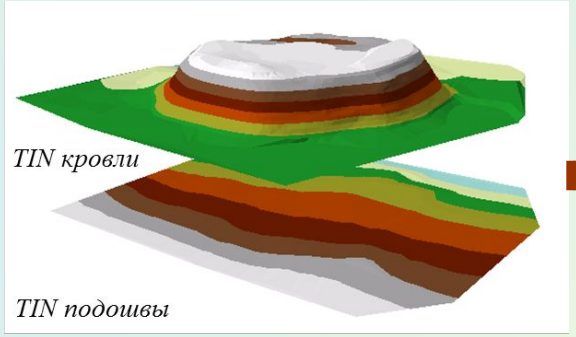


Последующая поверхность



Модели TIN и Terrain

1. Функция **Разница поверхностей** вычисляет площади и объемы изменений *между двумя моделями* поверхностей. В результате создается *векторный слой полигональных объектов.*



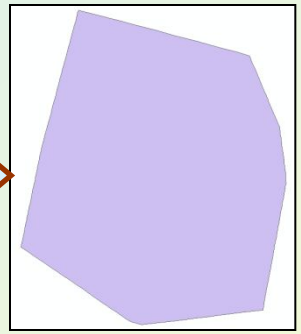


Таблица атрибутов полигонального слоя

OID *	Shape *	Volume	SArea
1	Полигон	17273938082.972908	36301671.312558

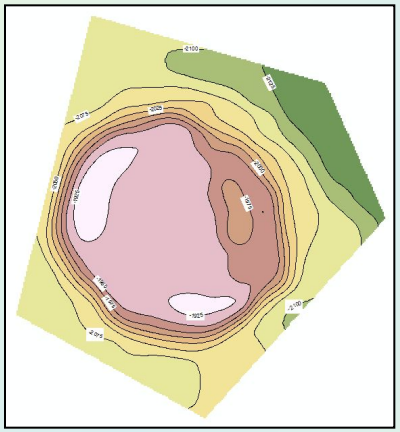
2. Инструмент **Объем полигона** определяет объем и площадь поверхности *между моделью поверхности и полигоном.* В таблице атрибутов полигона должно быть поле, определяющее высоту базового плана, используемого при вычислениях объема.

Операции над грид - моделями

С помощью инструментов дополнительного модуля Spatial Analyst можно осуществлять различные операции над грид – моделями поверхностей. Наибольшее применение получил Растровый калькулятор.

Инструменты Spatial Analyst < Алгебра карт < Растровый калькулятор

В калькуляторе растров имеется три группы математических операторов для работы с растрами: арифметические, Булевы и операторы отношений.

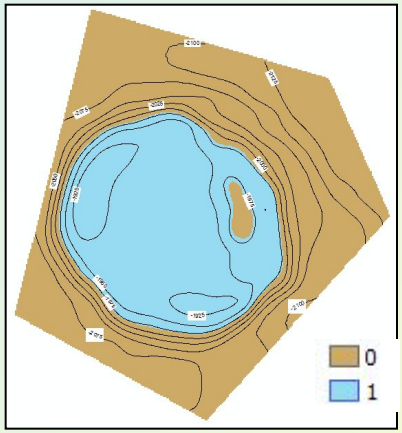


>

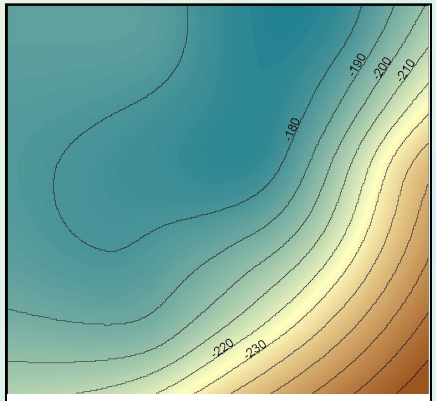
-1980

(уровень ВНК)

=

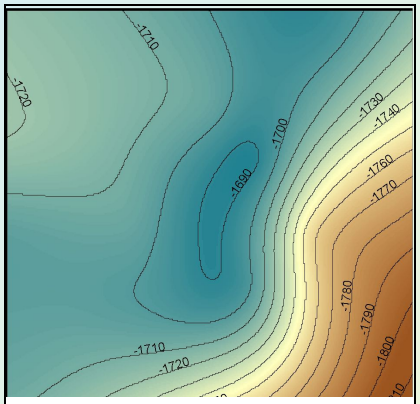


Палеоструктурный анализ



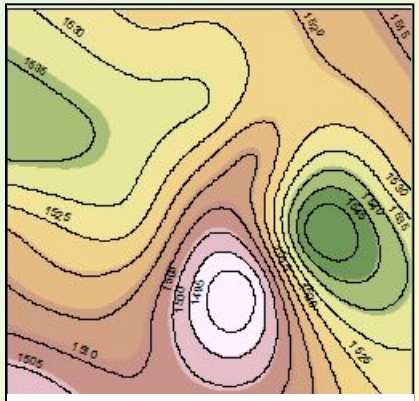
Кровля ассельского яруса

-



Поверхность фундамента

=



Поверхность фундамент на конец ассельского века

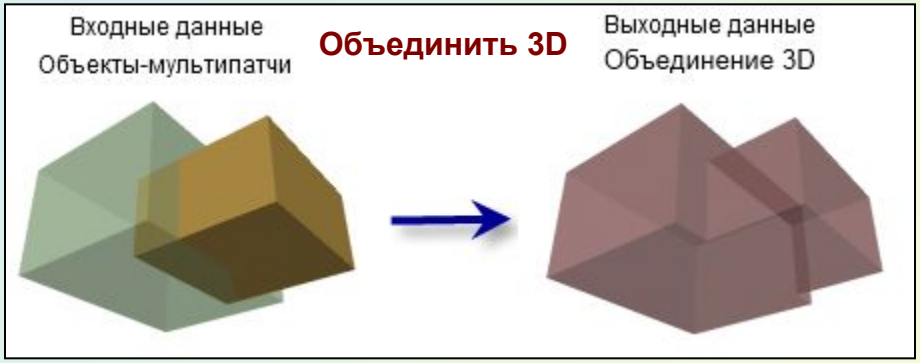
Операции пересечения 3D объектов

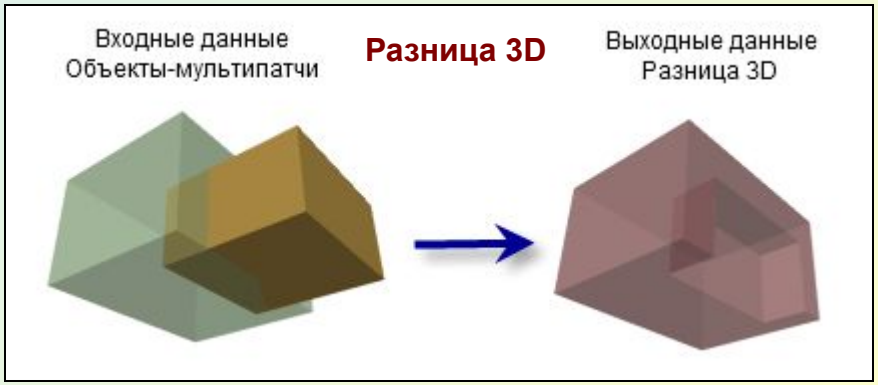
Инструменты 3D Analyst

- 3D объекты
  - Ближайший 3D
  - Буфер 3D
  - Внутри 3D
  - Добавить информацию Z
  - Замкнутые 3D
  - Замкнуть мультипатч
  - Объединить 3D
  - Объекты в 3D по атрибуту
  - Пересекает 3D линию мультипатчем
  - Пересечь 3D
  - Разница 3D

Инструменты пересечения 3D объектов позволяют выполнять геометрическое сравнение 3D объектов в ArcGIS. Они могут использоваться для изучения и определения связей между 3D объектами, например, для проверки, находится ли один объект внутри другого. Также, они могут использоваться для вычисления новых объектов на основе входных.

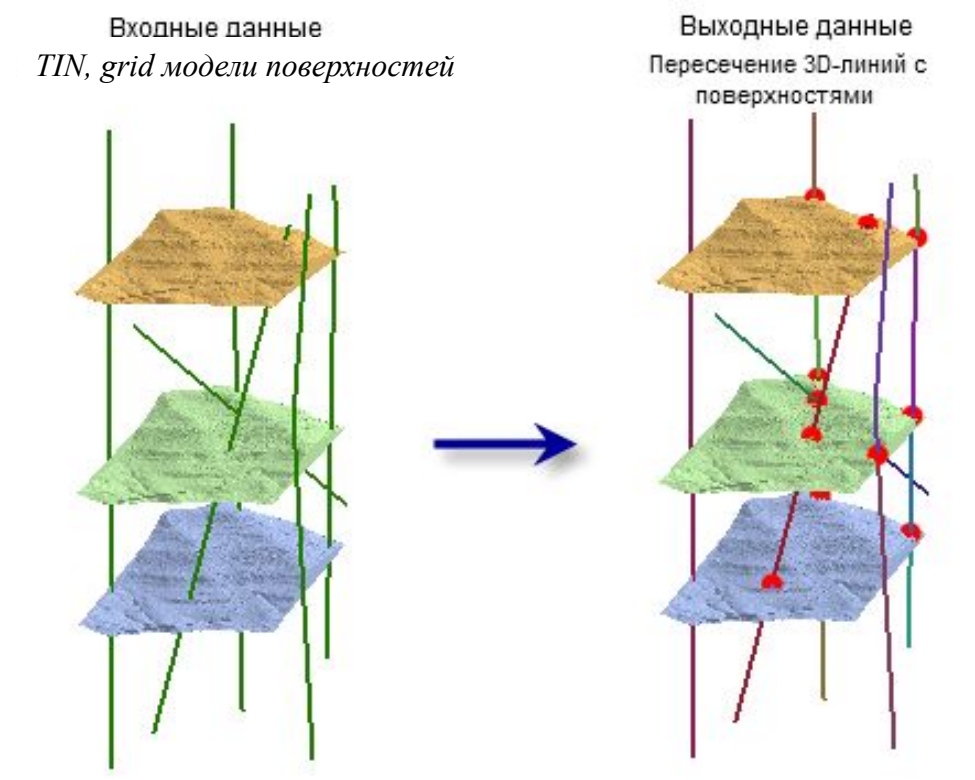
Операции над мультипатчами





Определение пересечений 3D линий

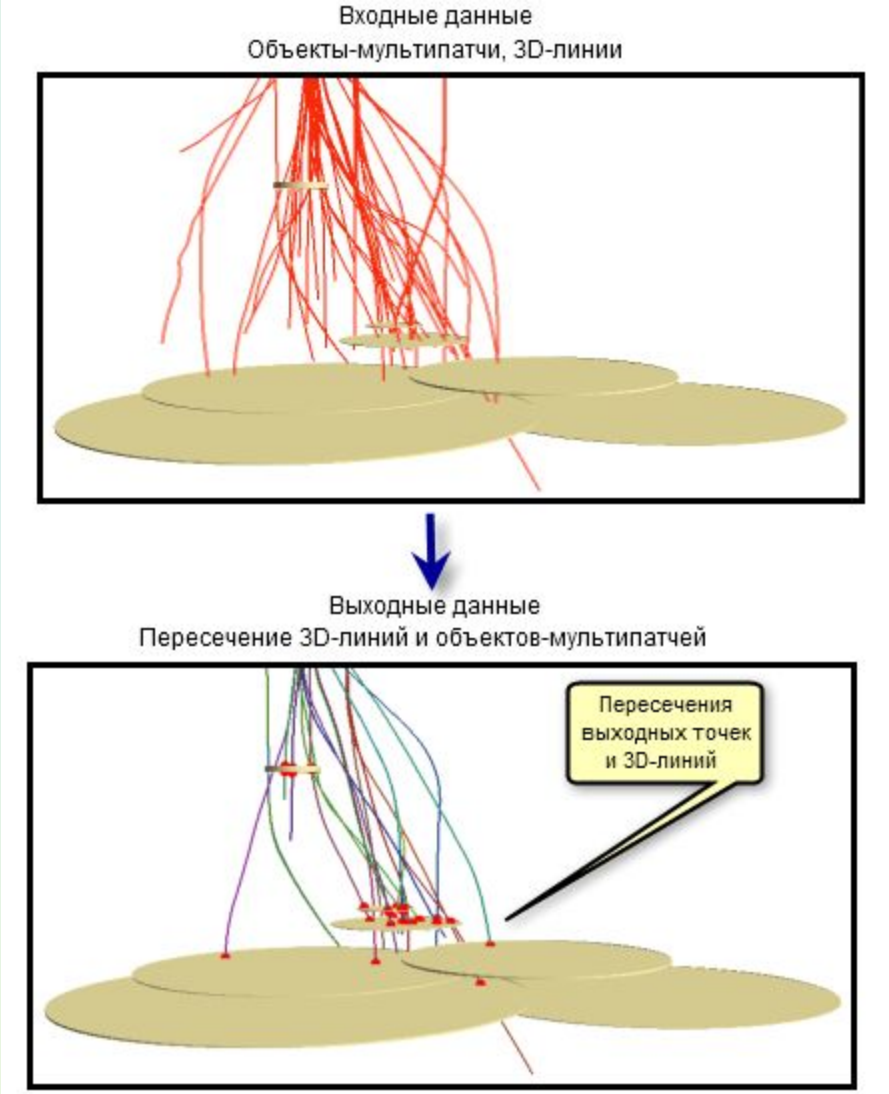
Инструменты 3D Analyst < Функциональная поверхность < Пересечь 3D-линию поверхностью



Выходные данные:

- класс линейных объектов, который содержит копию входных линий, разбитых точками пересечения на участки;
- дополнительный класс точечных объектов, который содержит точки пересечения.

Инструменты 3D Analyst < 3D объекты < Пересекает 3D линию мультипатчем



Инструмент **3D объекты < Ближайший 3D** вычисляет 3D расстояния между объектами, представленными 2 группами наборов входных данных:

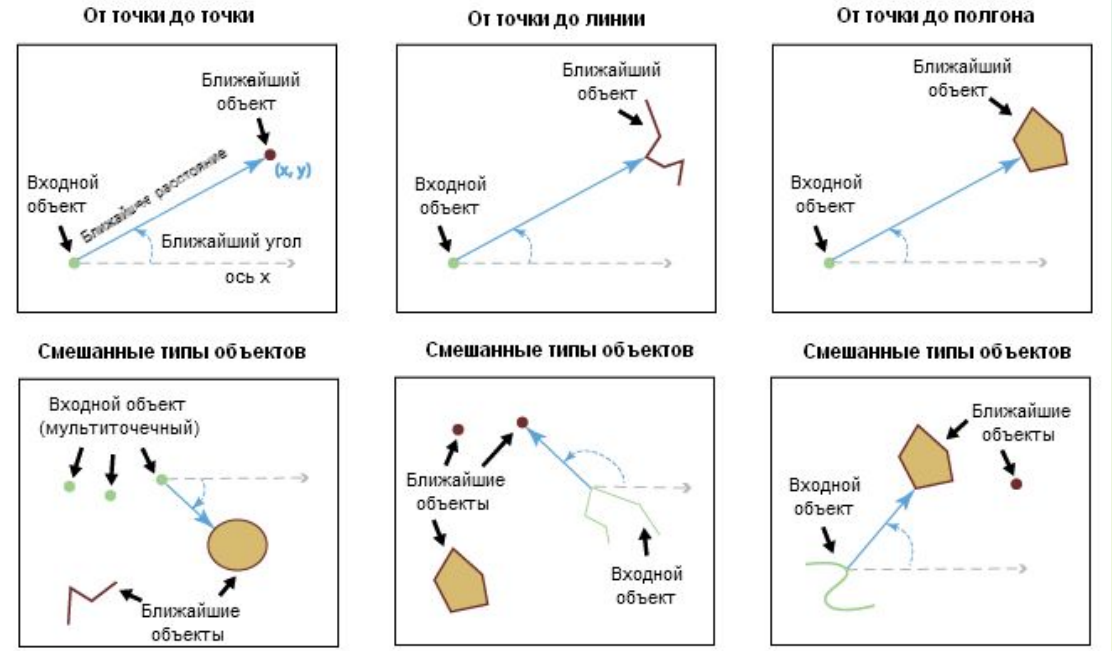
- ***входные объекты***;
- ***ближайшие объекты***, которые могут состоять из одного или нескольких классов пространственных объектов разных типов геометрии.

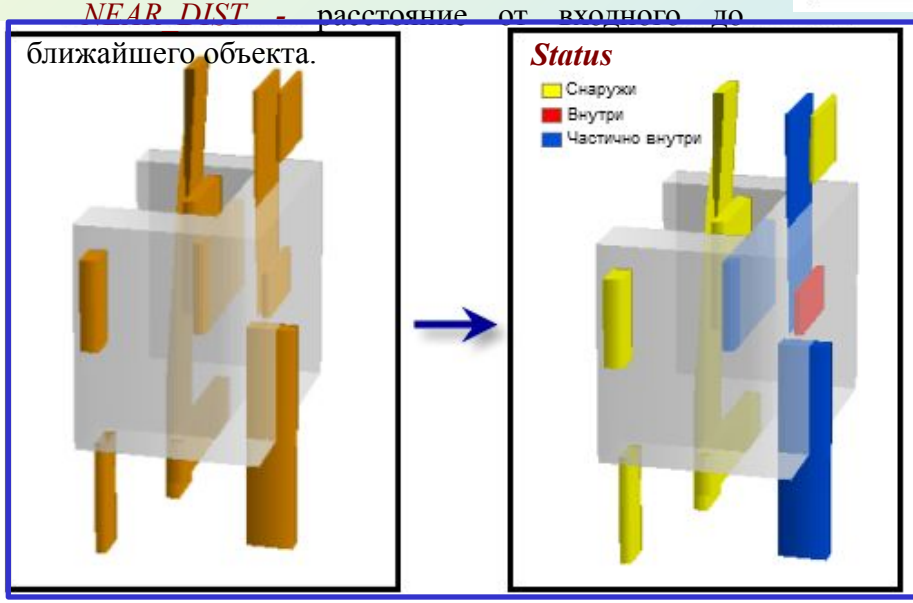
И входные, и ближайшие пространственные объекты могут быть 3D точками, 3D линиями или 3D полигонами.

В результате в таблицу атрибутов входных объектов будут добавлены два поля :

NEAR_FID - идентификатор ближайшего объекта.

NEAR_DIST - расстояние от входного до ближайшего объекта.





Инструмент **3D объекты < Внутри 3D** определяет, какие объекты находятся внутри замкнутого объекта - мультипатча.

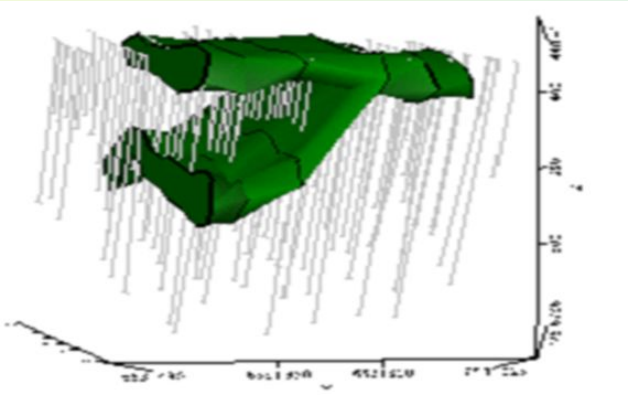
- ***Входные объекты:*** мультипатчи или 3D классы пространственных объектов (точки, линии, полигоны).
- ***Входные пространственные объекты – мультапатчи:*** замкнутые мультипатчи.

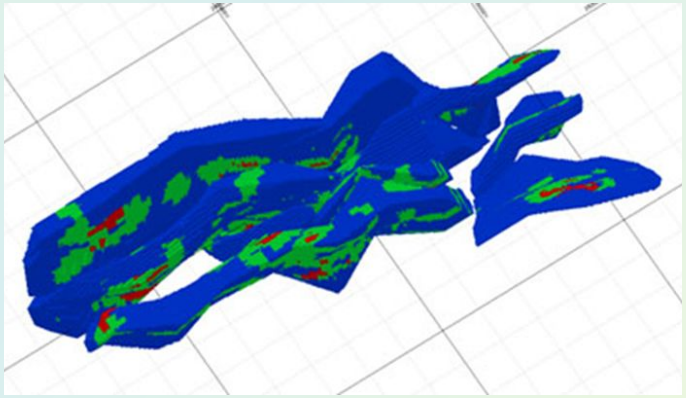
Выходные данные: таблица, содержащая список входных 3D объектов, для которых в поле ***Status*** указано положение объектов относительно мультипатча.

Подсчет запасов в ArcGIS

Технология создания 3D моделей целевых геологических объектов включает 2 этапа:

1. каркасное моделирование;
2. блочное моделирование.





В геоинформационной системе ArcGIS реализована возможность построения **только !!! каркасных моделей** геологических объектов. Поэтому подсчет запасов полезных ископаемых в рамках геоинформационной системы ArcGIS возможен в 2 вариантах.

- Вычисление объема геологического объекта и подсчет запасов в предположении *однородности* тела.
- Использование 2D объемных методов подсчета запасов, сущность которых заключается в разбиении объекта на довольно большие участки, характеризующиеся постоянной мощностью и однородными свойствами.

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ НЕФТИ ОБЪЕМНЫМ МЕТОДОМ

Постановка задачи

Начальные геологические запасы нефти в залежи при стандартных условиях :

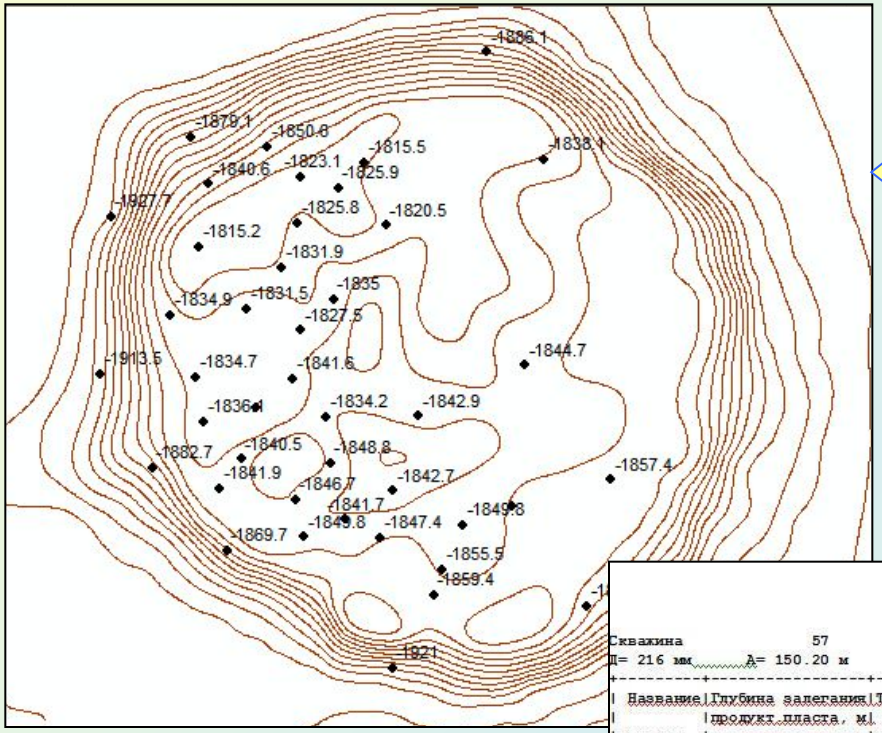
$$Q_{но} = F \cdot h_{эфф} \cdot K_п \cdot K_н \cdot b \cdot p_н ,$$

где F - площадь залежи; $h_{эфф}$ - эффективная нефтенасыщенная толщина; $K_п$ - коэффициент открытой пористости; $K_н$ - коэффициент нефтенасыщенности; b - пересчетный коэффициент, учитывающий усадку нефти, $p_н$ - плотность нефти в поверхностных условиях.

$$h'_{эфф} = \frac{h_1 f_1 + h_2 f_2 + \ldots\ldots h_n f_n}{f_1 + f_2 + \ldots\ldots f_n},$$

где $f_1, f_2, \ldots, f_n$ - площади отдельных участков пласта, ограниченных соседними изопахитами; h_1, h_2, h_n – средние изопахиты, соответствующие указанным участкам и определяемые как средние величины между двумя соседними изопахитами.

Исходные данные



Результаты структурной интерпретации детальных площадных сейсморазведочных работ МОГТ

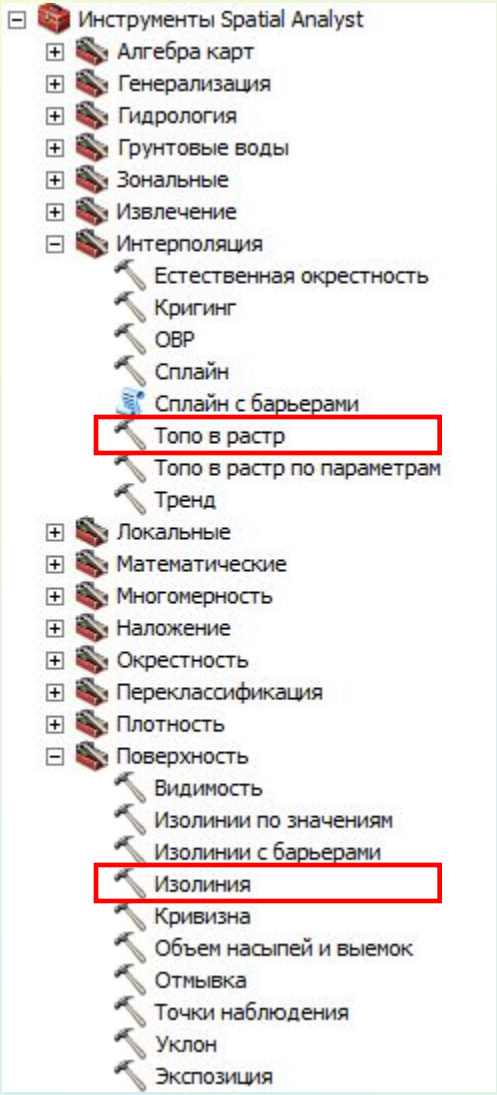
Геолого-промысловые данные и материалы каротажа скважин

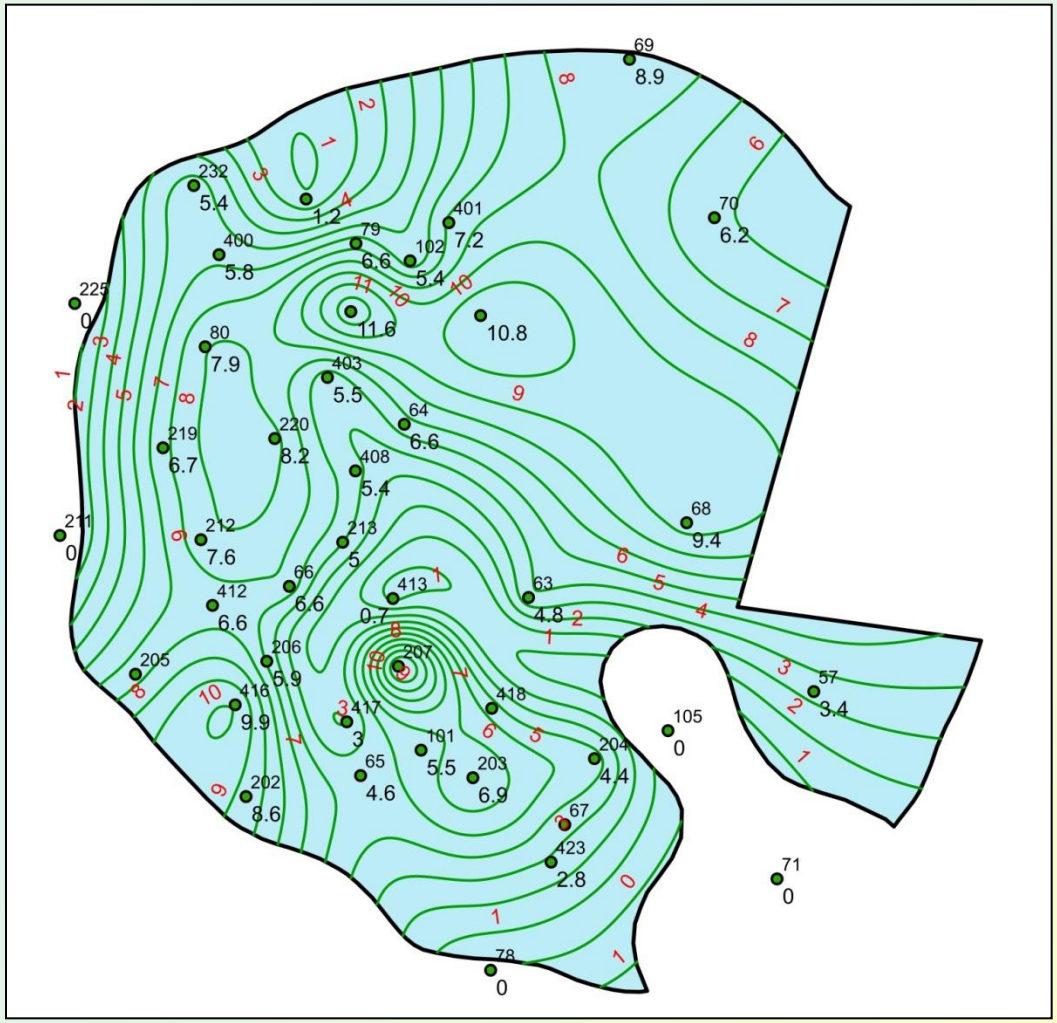
Сведения по интерпретации пластов – коллекторов

Скважина 57
Д= 216 мм Д= 150.20 м

Название пласта	Глубина залегания продукт.пласта, м: Абсолютн. отметка кровля	подошва	Толщина пласта, м	Попр. на за кривизну кров. м	Попр. за кривизну подош. м	Интервал проницаемого прослоя, м: глубина	абсолютная отметка	Толщина слоя, м	Эффективная толщина пласта, м: общая	Н и НВ насыщ.	ХН	Исходные и рассчи: Рпл, Ом м	ДИГ	Кп, %	Кн, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
				Рор = 0.30 Ом.м											
Тл	1991.6	1999.4	7.8	2.4	2.4						Пл				
	-1839.0	-1846.8													
Бб	2005.0	2014.0	9.0	2.4	2.4	2010.0 2013.4	-1857.4 -1860.8	3.4	3.4	3.4	Н	174.3	0.15	16.7	91.1
	-1852.4	-1861.4													
Мл	2017.0	2028.2	11.2	2.4	2.4	2018.2 2019.2	-1865.6 -1866.6	1.0	4.6	4.6	Н	120.0	0.13	18.8	93.0
	-1864.4	-1875.6		2.4	2.4	2022.8 2024.0	-1870.2 -1871.4	1.2			Н	325.3	0.17	10.8	38.3
				2.4	2.4	2024.6 2025.8	-1872.0 -1873.2	1.2			Н	137.9	0.12	14.3	83.0
				2.4	2.4	2027.0 2028.2	-1874.4 -1875.6	1.2			Н	76.5	0.24	16.7	91.1
Т-Фм	2030.2	-		2.4	2.4	2046.2 2047.2	-1893.6 -1894.6	1.0	>8.2	2.2	Н	104.3	0.05	7.7	67.1
	-1877.6	-		2.4	2.4	2050.0 2050.6	-1897.4 -1898.0	0.6			Н				
				2.4	2.4	2057.8 2058.4	-1905.2 -1905.8	0.6			Н				

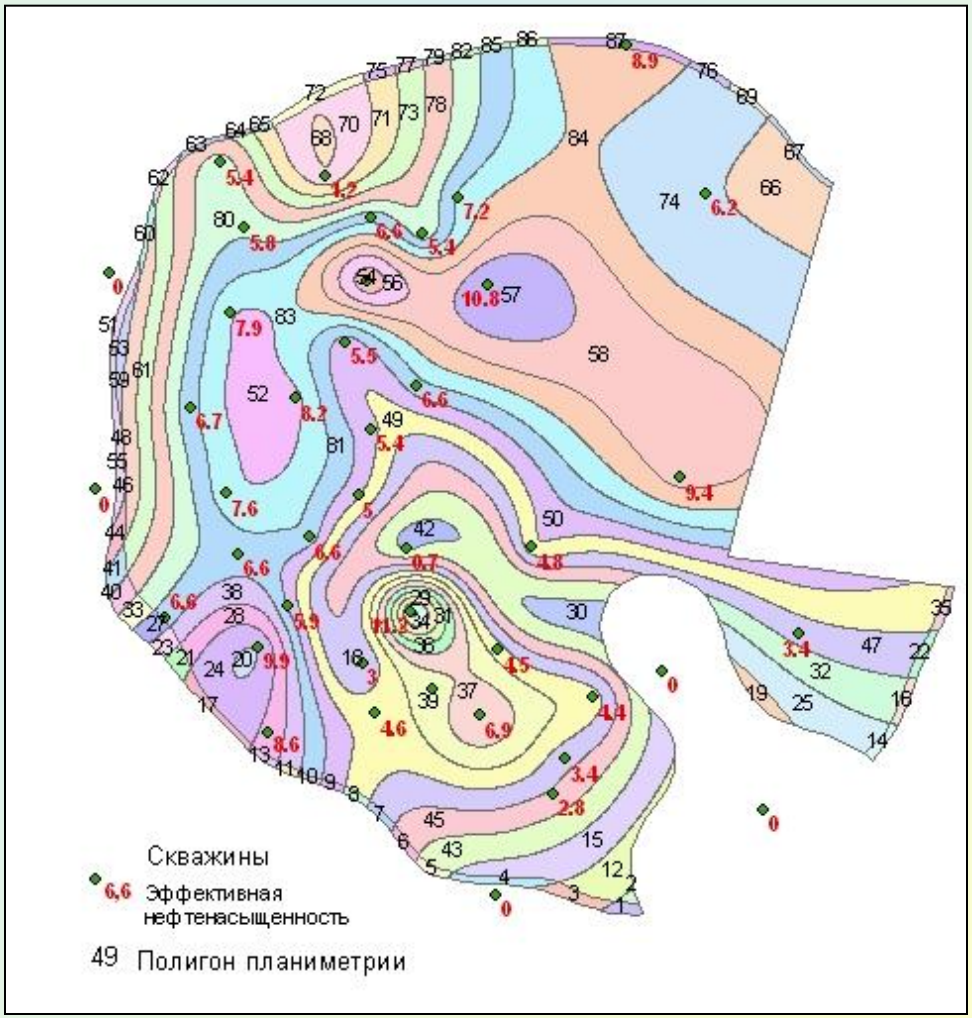
1. Расчет грид-модели распределения эффективных нефтенасыщенных толщин и построение карты изопахит



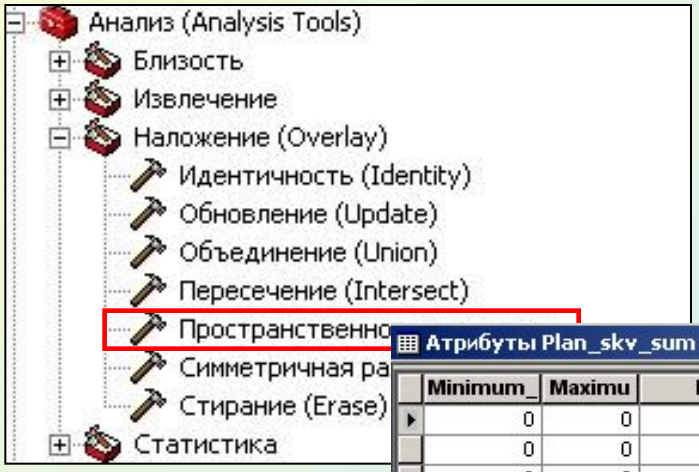


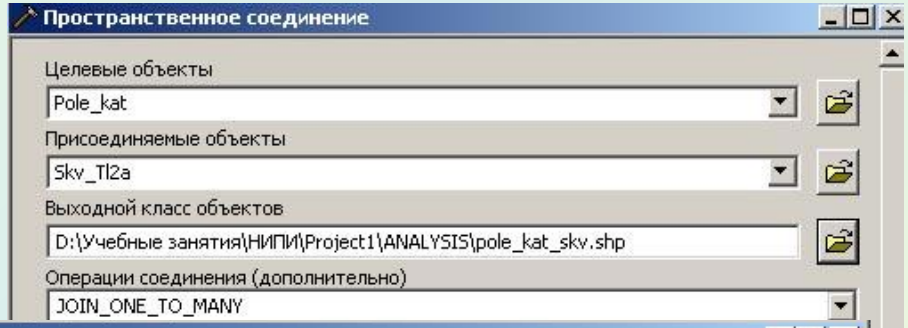
2. Выделение отдельных участков планиметрии

- Управление данными (Data Management Tools)
  - Автономное редактирование
  - Базы данных
  - Версии
  - Генерализация
  - Домены
  - Индексы
  - Классы объектов
  - Классы отношений
  - Общие
  - Подтипы
  - Поля
  - Проекции и преобразования
  - Пространственные объекты
    - Вершины объекта в точки
    - Внешняя граница (Envelope) в полигон
    - Восстановить геометрию
    - Добавить поля X,Y
    - Копировать объекты
    - Корректировать Z значения
    - Объект в линию
    - Объект в полигон
    - Объект в точку
    - Полигон в линию
    - Проверить геометрию
    - Разбить линию на вершинах
    - Составной в простые
    - Удалить объекты



3. Вычисление средних нефтенасыщенных толщин в пределах каждого участка планиметрии





Атрибуты Plan_skv_sum

Minimum_	Maximu	Plan_skv_sum.sred	Plan_skv_sum.obem_nef	Minimum	Maximum_CONTOUR
0	0	2	341.2568	2	2
0	0	2	924.5356	2	2
0	0	1	1290.5052	1	1
0	0	1	5447.9825	1	1
11.2	11.2	11.1	7616.60244	11	11
0	0	3	7664.8419	3	3
0	0	2.5	10002.606	2	3
0	0	0.5	12074.88375	1	0
0	0	1	12148.2478	1	1
0	0	3.5	12829.2031	3	4
0	0	0.5	13068.0811	0	1
0	0	1.5	14164.8075	1	2
0	0	2.5	22651.22925	2	3
0	0	2	22966.128	2	2
0	0	4.5	23071.35105	4	5
0.7	0.7	0.6	23237.26956	1	1
0	0	2.5	23428.015	2	3
0	0	3.5	24389.17075	3	4
0	0	6.7	26616.84076	6	7
0	0	5.5	26719.32615	5	6

Запись: 1 Показать: Все Выбранные записи (0 из 87 Выбранные) Опции

4. Подсчет суммарных запасов углеводородов

Атрибуты Zapas

OID	Id	Cnt_Id	Ave_plosha	First_TIP	CONTOU
0	1	1	12148.2478	Neft+voda	1
1	2	1	5447.9825	Neft	1
2	3	1	24149.7675	Neft+voda	0
3	4	1	26136.1622	Neft+voda	1
4	5	1	9443.205	Neft+voda	2
5	6	1	9371.206	Neft+voda	3
6	7	1	8230.0461	Neft+voda	4

Сортировать по возрастанию
Сортировать по убыванию
Расширенная сортировка...
Суммировать...
Статистика...

Атрибуты Zapasi1

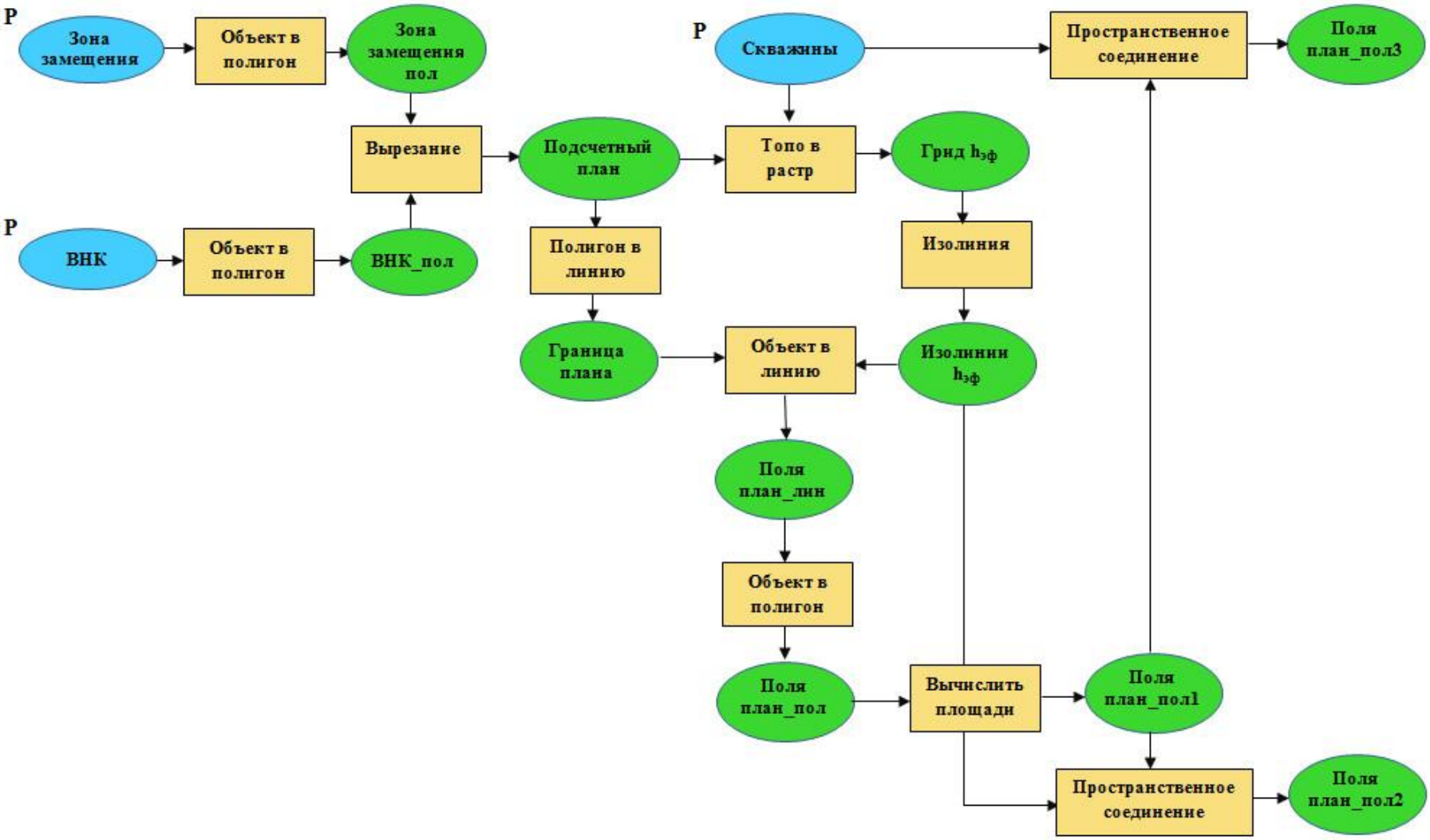
OID	First_TIP	Cnt_First_	Sum_Ave_pl	Sum_obem_n	plotn	Kpor	Kneft	Kperes	Zapasy
0	Neft	45	14260688.7099	83208242.4976	0.85	0.16	0.9	0.887	9033819.03807
1	Neft+voda	42	547106.1063	2299572.7148	0.85	0.16	0.9	0.887	249661.850159

Запись: 1 Показать: Все Выбранные записи (0 из 2 Выбранные) Опции

18	19	1	27811.6926	Neft				1
19	20	1	15853.3119	Neft				10
20	21	1	15531.2162	Neft+voda				9
21	22	1	13872.0914	Neft+voda	0	0	3	4
22	23	1	15820.5365	Neft+voda	0	0	7	8
23	24	1	179508.0552	Neft	9.9	9.9	9	10
24	25	1	183806.2508	Neft	0	0	1	2
25	26	1	686.1804	Neft	11.2	11.2	11	11
26	27	1	19158.6199	Neft+voda	0	0	6	7
27	28	1	134980.9529	Neft	8.6	8.6	8	9
28	29	1	13383.5422	Neft	0	0	10	11
29	30	1	65899.173	Neft	0	0	1	1
30	31	1	22249.5986	Neft	0	0	9	10

Свойства...

Модель обработки



В полной мере технология 3D моделирования геологических объектов реализована в

- ***пакетах геологического моделирования залежей углеводородов:***

Petrel, IRAP RMS, Gocad;

- ***горно-геологических системах:*** **Geoblock, Geostat, Datamine, Micromine, microLYNX, Minescape, Surpac, Vulcan** и др..