



Основы геолого-гидродинамического моделирования



- **Загрузка и подготовка исходных данных**

- - Координаты устьев скважин
- - Альтитуда
- - Инклинометрия
- - Стратиграфические отбивки
- - РИГИС
- - Сейсмические поверхности
- - Разломы

- **Детальная корреляция**

- - Создание и редактирование стратиграфических отбивок

- **Построение карт**

- - Построение поверхностей
- - Построение карт изохор
- - Контроль качества и редактирование карт

- **Структурное моделирование**

- - Построение каркаса разломов
- - Построение структурных поверхностей
- - Построение поверхностей флюидных контактов
- - Контроль качества и редактирование поверхностей флюидных контактов и структурного каркаса

- **Осреднение скважинных данных на сетку**

- - Осреднение и контроль качества литологии
- - Осреднение и контроль качества пористости
- - Осреднение и контроль качества насыщенности

- **Построение куба литологии**

- - Стохастический метод моделирования
- - Детерминистический метод моделирования
- - Анализ вариограмм

- **Построение куба пористости**

- - Стохастический метод моделирования
- - Детерминистический метод моделирования
- - Анализ вариограмм

- **Построение куба насыщенности**

- - Стохастический метод моделирования
- - Детерминистический метод моделирования
- - Анализ вариограмм



Введение

Геологическое моделирование – это подраздел геологии, который объединяет структурную геологию, седиментологию, стратиграфию.

Цель геологического моделирования – это построение реалистичной модели, которая будет отображать часть земной коры, а именно нефтегазовые месторождения и водоносные горизонты.

Целью данного курса является построение трехмерной геолого-гидродинамической модели, содержащей скважины, ГИС, разломы, горизонты и свойства с помощью программного продукта Petrel

Модель будет использована для подсчета запасов, проектирования скважин, построения карт и графиков

- Геологическое моделирование
- Систематизирует геолого-геофизические данные
- Составление проектных документов
- Обоснование бурения нефтяных скважин
- Оценка неопределенностей и рисков
- Подготовка основы для гидродинамического моделирования



Интерфейс

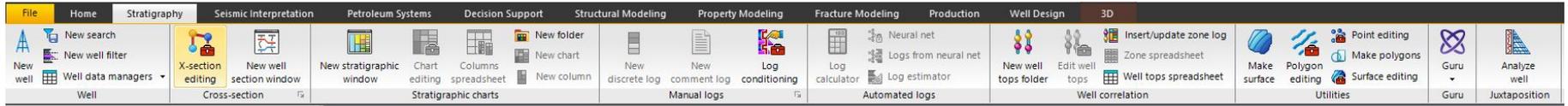
The screenshot displays the Petrel software interface with several key components highlighted by red boxes and labels:

- Quick access toolbar:** Located at the top left, containing icons for file operations and navigation.
- Domain tabs:** A row of tabs at the top, including File, Home, Stratigraphy, Seismic Interpretation, Structural Modeling, Property Modeling, Fracture Modeling, Reservoir Engineering, Well Engineering, Simulation, Reservoir Geomechanics, Window, Intersection, and Seismic.
- Groups:** A row of icons below the domain tabs, categorized into View, Insert, Search, and Manage data.
- User perspective:** A dropdown menu on the left side of the interface.
- Panes:** Two vertical panels on the left: 'Input' (showing a project tree) and 'Workflows' (showing a list of processing tasks).
- Window/Object context tabs:** Tabs located above the main 3D view, such as 'Window', 'Intersection', and 'Seismic'.
- Window toolbar:** A toolbar located above the 3D view, containing icons for window management.
- Mini toolbar:** A small toolbar that appears over the 3D view when an object is selected.
- Tool palette:** A floating window titled 'Paintbrush select' containing various editing tools.
- Context menu:** A menu that appears when right-clicking on the 3D view, listing actions like 'Hide object', 'Export object', and 'Create interpretation window'.

The main 3D view shows a seismic interpretation of a subsurface geological structure with various layers and faults highlighted in different colors.



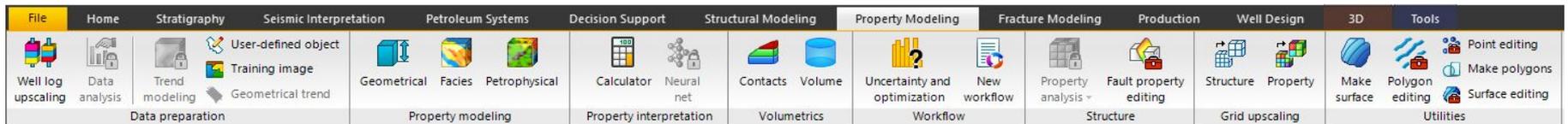
Инструменты стратиграфии



Инструменты структурного моделирования



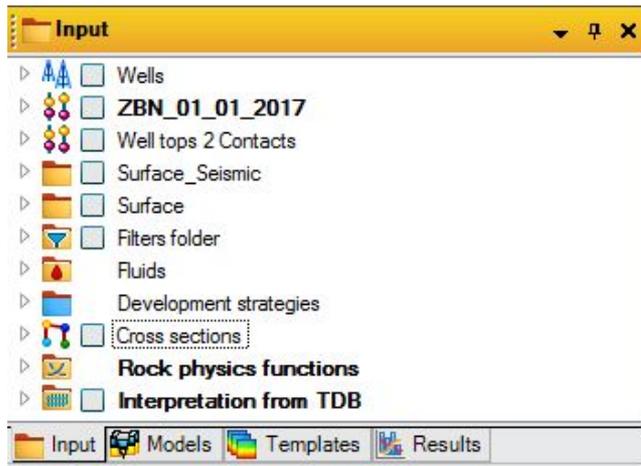
Инструменты моделирования свойств



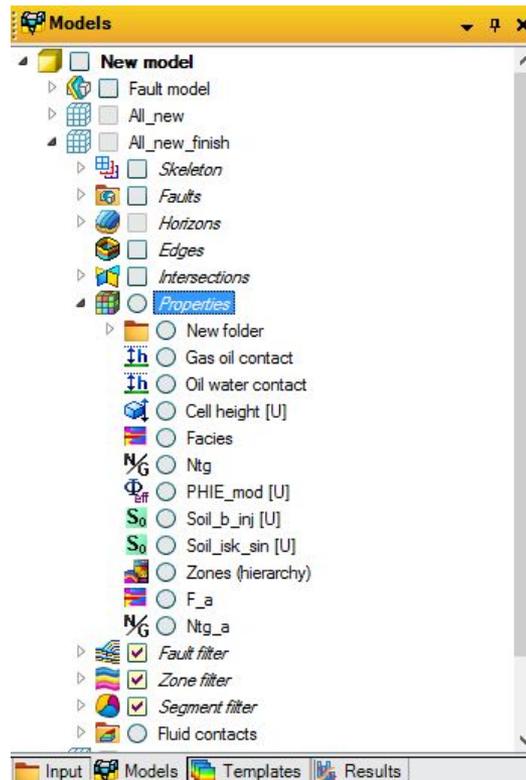


Закладки Petrel Explorer

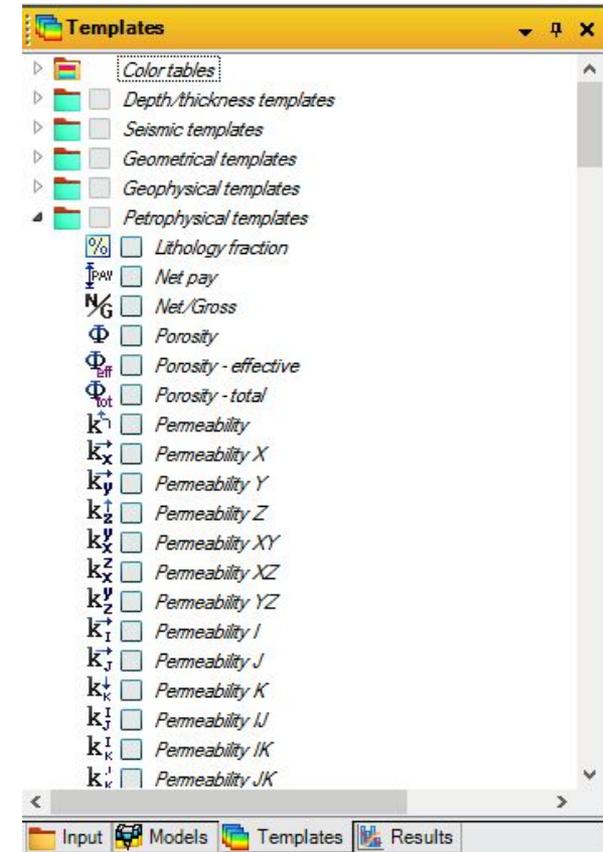
Закладка Input
Содержит все импортируемые и созданные данные, не связанные с 3D - гридом.



Закладка Models
Содержит модели разломов и 3D гриды с разломами, разбиением на зоны и свойствами.

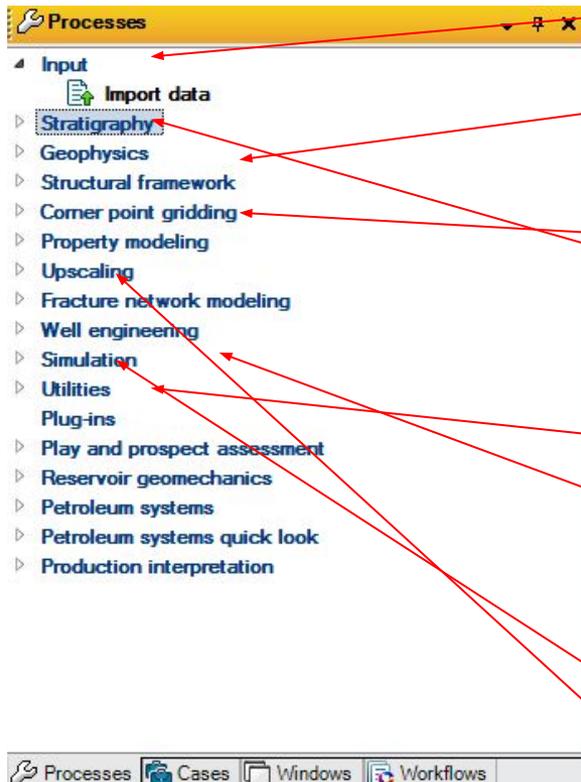


Закладка шаблонов
(Templates)
Содержит predetermined и установленные пользователем шаблоны.





Закладка Processes



Stratigraphy
Корреляция разрезов
скважин

Corner point gridding
Структурное
моделирование.

Geophysics
Интерпретация
сеймики, атрибуты,
глубинное
преобразование.

Property modeling
Моделирование
свойств.

Utilities
Инструменты для
редактирования,
подсчет запасов и т.д.

Upscaling и Simulation
Перемасштабировани
е, Создание
гидродинамической
модели, доступ к
возможностям
Streamlines, ECLIPSE и
Schedule.

Well engineering
Создание дизайна
скважин



Закладки «Cases» и «Results»

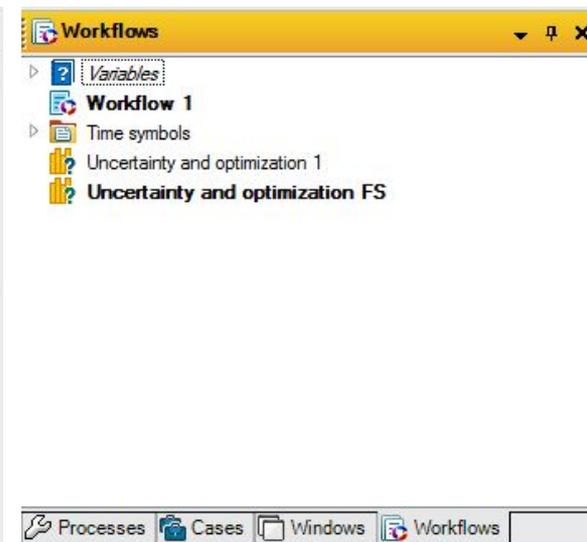
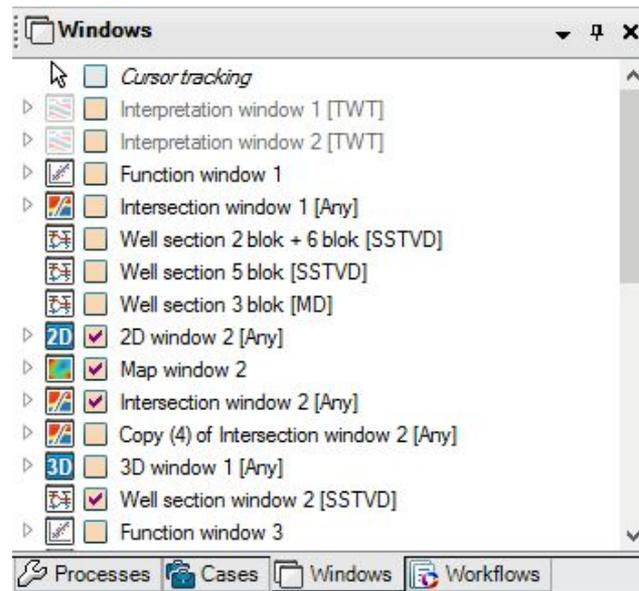
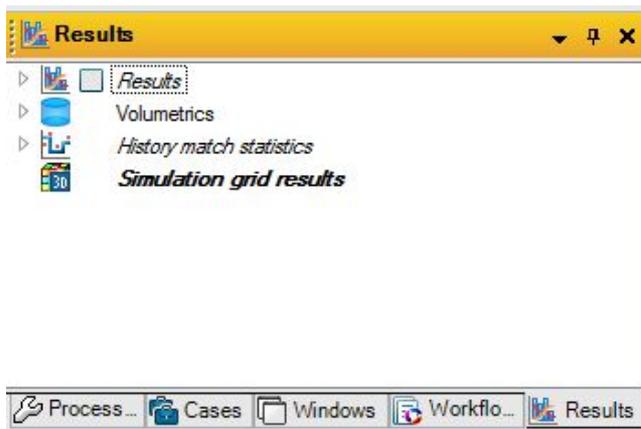
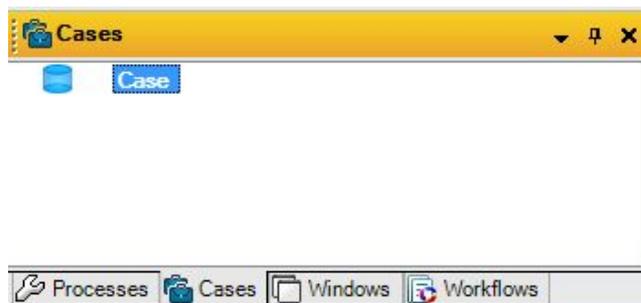
Структура этих вкладок построена таким образом, чтобы можно было запустить приложения «ECLIPSE».

Закладка «Windows»

Включает все окна и их установки. Здесь они могут быть сохранены или удалены.

Закладка «Workflows»

Содержит «workflows», созданные менеджером процессов или Uncertainty workflows, созданные редактором Uncertainty Workflow





Масштабы и методы изучения неоднородности

Модель коллектора для интерпретации ГИС

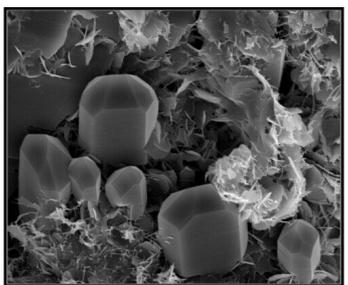
Литологический состав пород

Условия осадконакопления и постседиментационные преобразования

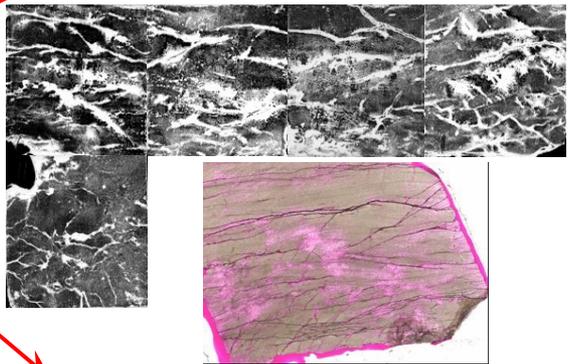
Привязка каротажа и керна

Зависимости «керна-керна»

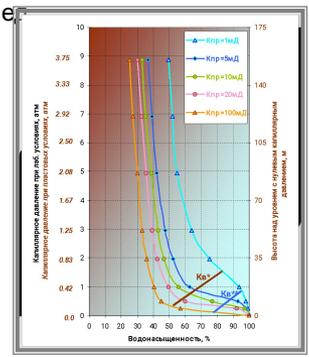
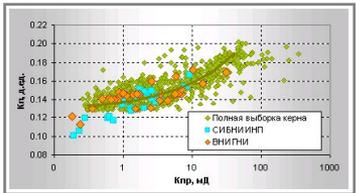
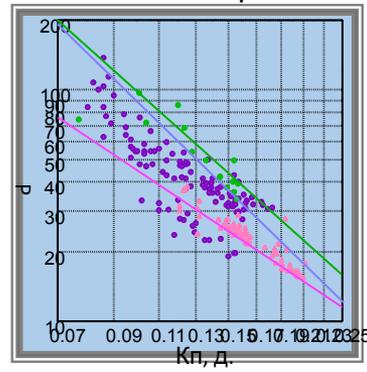
Исследования шлифов



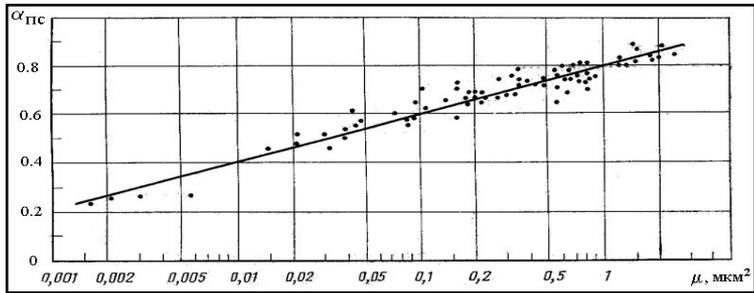
Исследования керна



Оценка кавернозности и трещиноватости

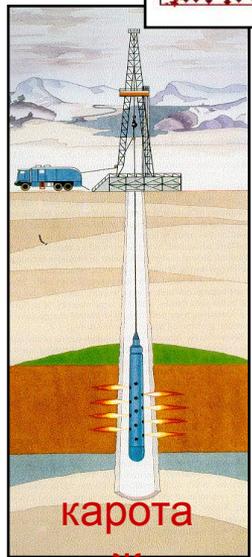
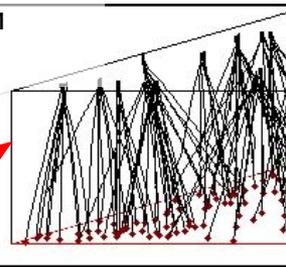


Зависимости «керна-ГИС»

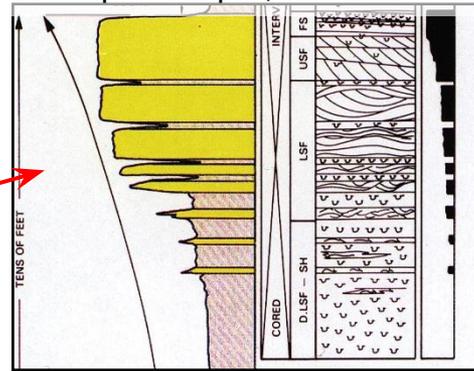




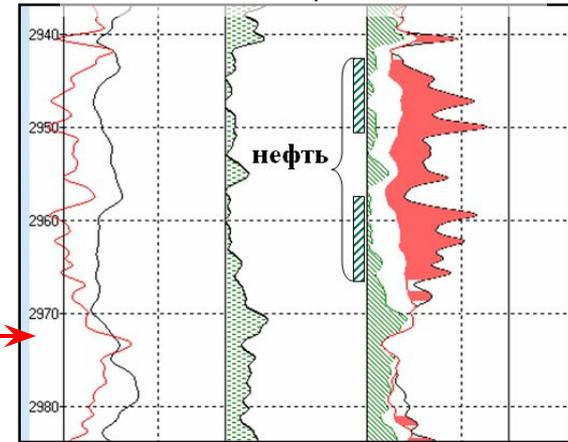
Траектории скважин



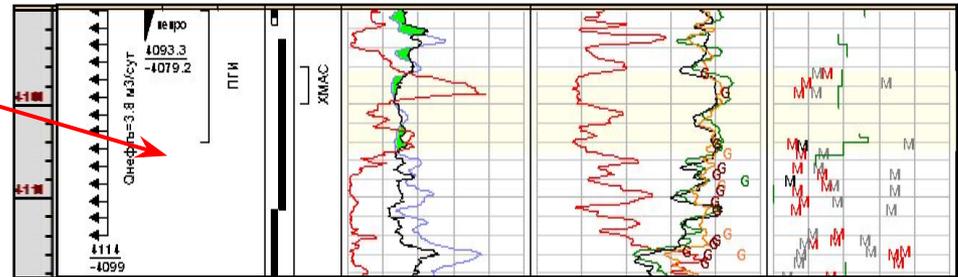
Совместно с керном – фациальный анализ



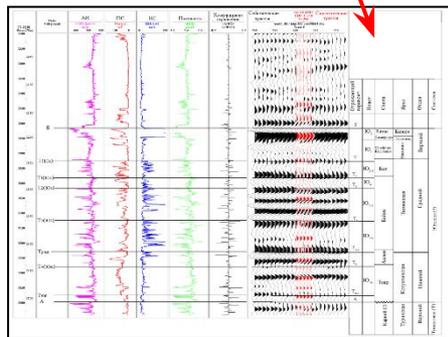
Совместно с испытаниями – определение характера насыщения



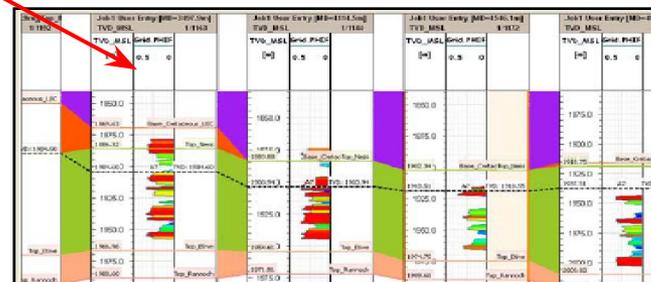
Совместно с керном и испытаниями – выделение коллекторов и определение их ФЕС



Привязка сейсмических горизонтов, построение корреляционных связей с сейсмическими атрибутами

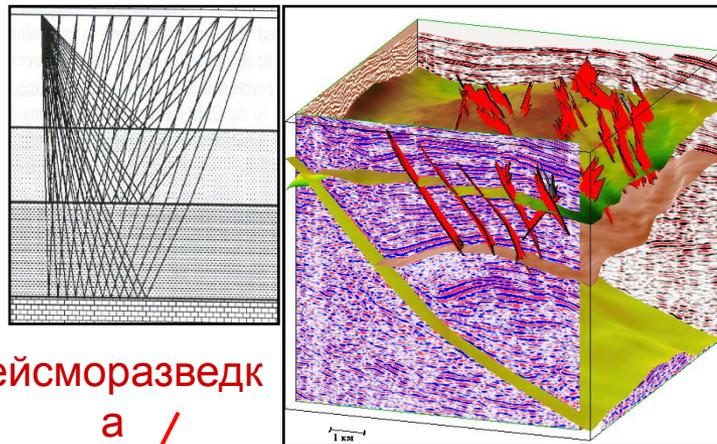


Корреляция границ пластов





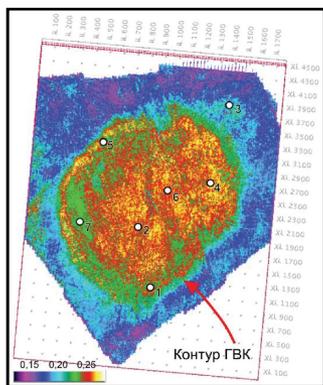
Масштабы и методы изучения неоднородности



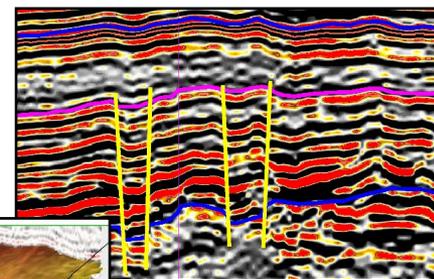
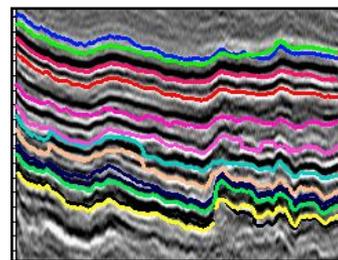
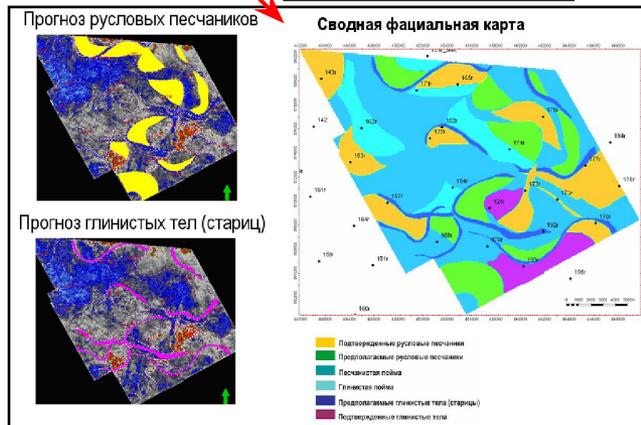
сейсморазведка

а

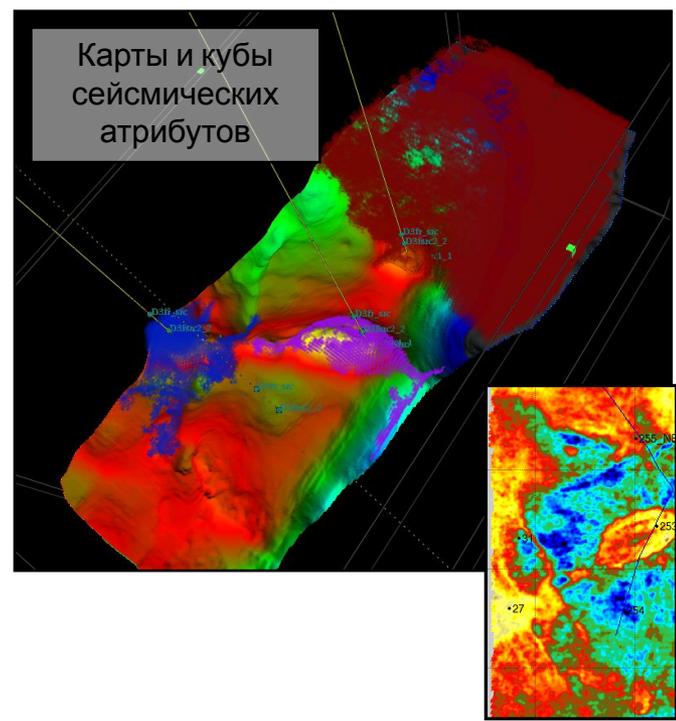
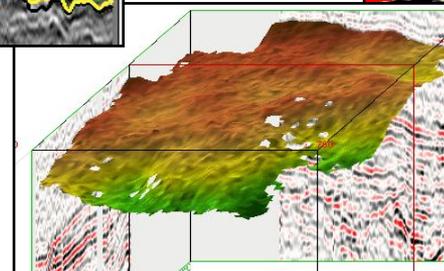
Положение ГVK



Выделение тел и сейсмofаций



Структурные поверхности и нарушения





Проектные документы

Сведения о геолого-геофизической
изученности

Подсчет запасов

Спец.исследования керна

Скважинные данные

Общий фонд скважин. Статусы скважин

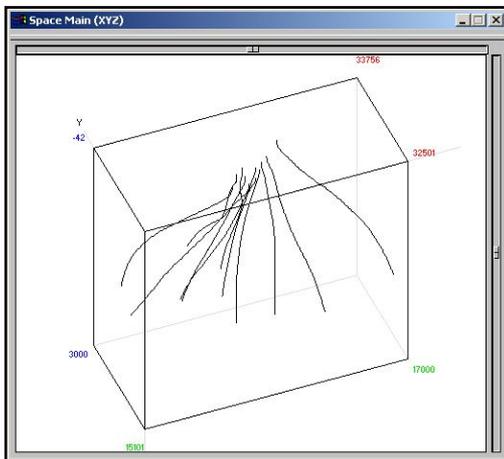
Номера и координаты кустов

Глубины забоев

Координаты устьев скважин

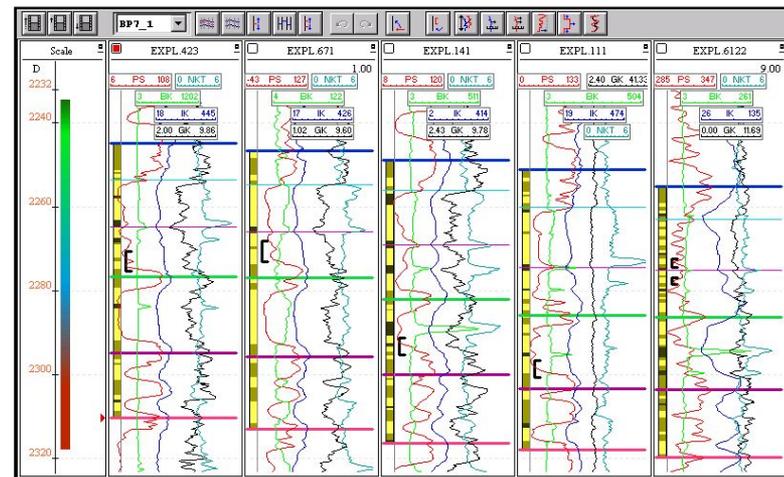
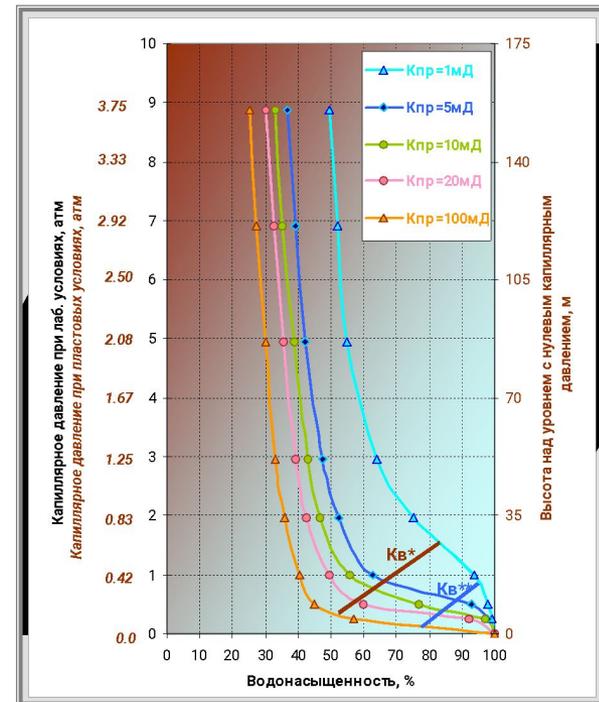
Альтитуды скважин

Данные инклинометрии





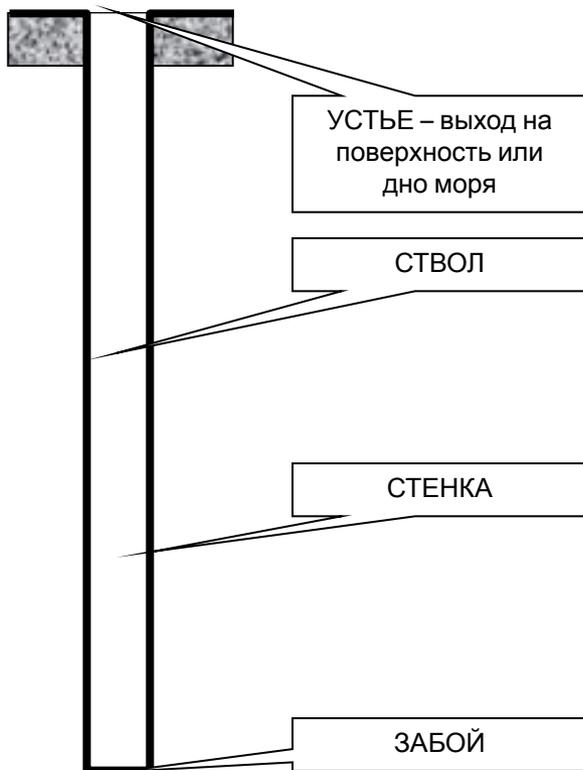
- Дата проведения ГИС
- Таблицы выполненного комплекса ГИС
- Данные ГИС открытого ствола
- Данные ГИС-контроль
- Результаты анализов керна
- Описания шлифов
- Дела скважин
- Петрофизические модели интерпретации
- Зависимости «кern-кern»
- Зависимости «кern-ГИС»
- Зависимости «сейсморазведка-ГИС»
- Выделение коллекторов и определение их характера насыщения
- Определение ФЕС коллекторов





Скважины

Скважина – цилиндрическая горная выработка в толще пород, глубиной от нескольких метров до нескольких километров, диаметром не менее 75мм

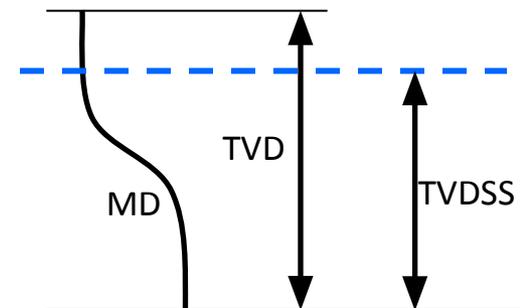


Альтитуда – высота устья над уровнем моря

Измеренная глубина скважины (**MD**) – расстояние от устья до забоя вдоль ствола

Истинная глубина скважины (**TVD**) – проекция длины скважины на вертикаль

Истинная глубина относительно уровня моря (**TVDSS** или **SSTVD**) – «TVD минус альтитуда»



Самая глубокая скважина –

Кольская сверхглубокая, более 12 км

Самая протяженная скважина – более 13 км

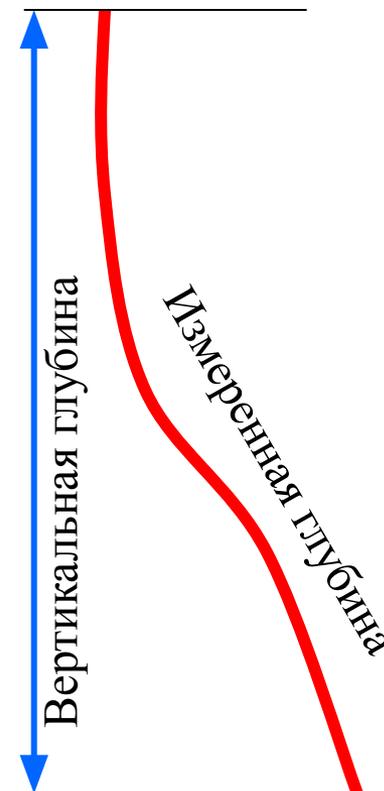
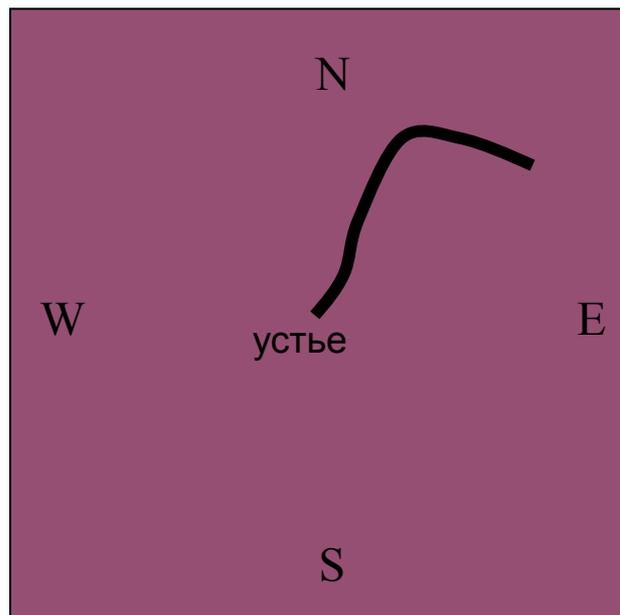
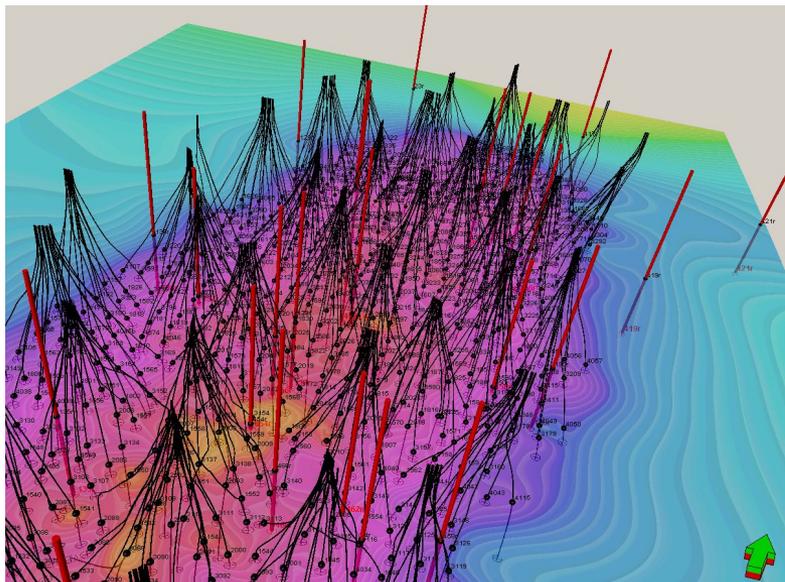


Инклинометрия скважин

Траектория рассчитывается от устья скважины.

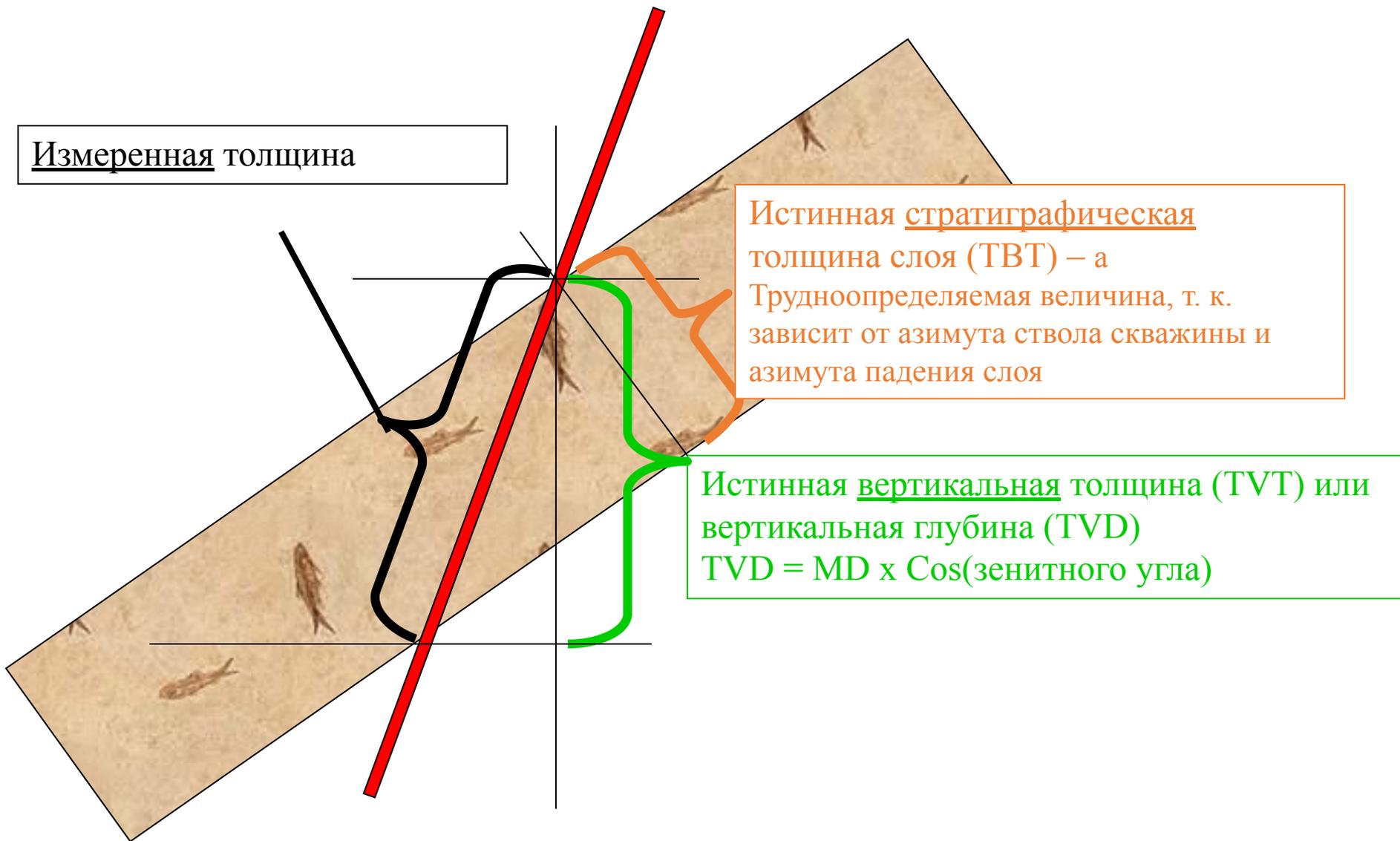
Измеряются (с шагом 20 м вдоль ствола):

1) азимутальный угол 2) вертикальный угол





Понятие «толщина слоя»





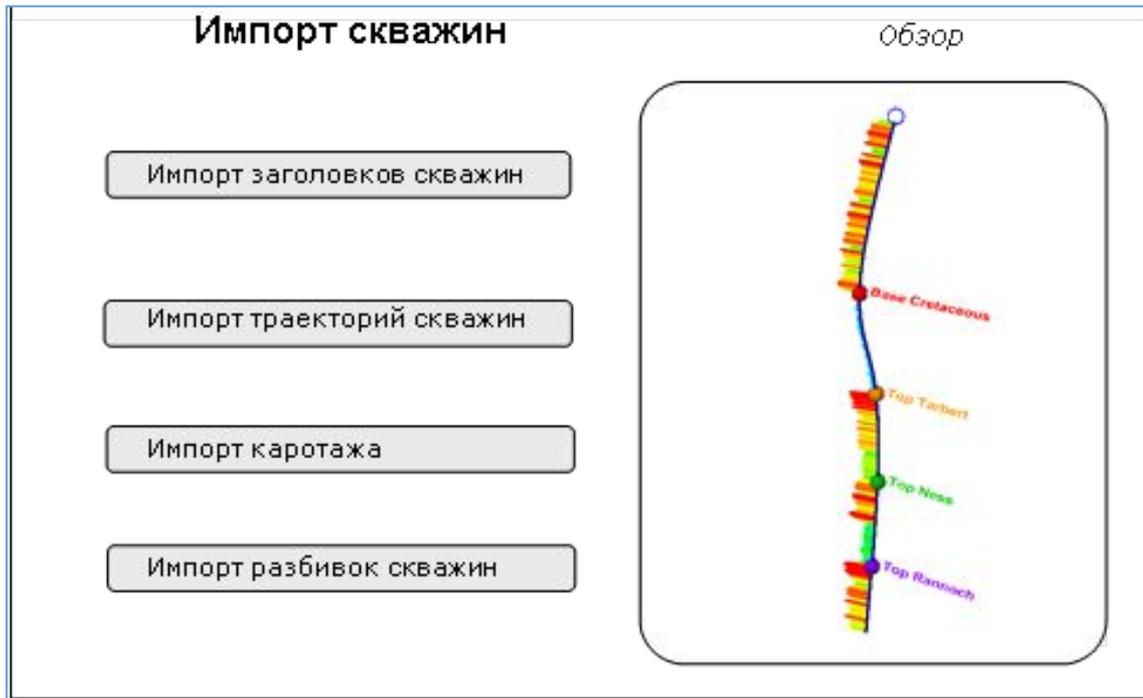
Типы и назначение скважин

По назначению скважины подразделяются на
поисковые, разведочные, эксплуатационные

Поисковые – бурятся для поисков новых залежей нефти и газа

Разведочные – бурятся на площадях с установленной промышленной нефтегазоносностью с целью сбора исходных данных для составления проекта разработки

Эксплуатационные – бурятся непосредственно для разработки залежи и подразделяются на добывающие, нагнетательные, «особые»



Импорт скважин и разбивок

Импортирование скважин осуществляется в три шага:

Well Heads: Заголовки скважин должны быть созданы для задания координат устья скважины, длины ее ствола, имени скважины и необязательно символа скважины. Таким образом создается вертикальная скважина.

Deviation: Если скважина не вертикальная, то должен быть импортирован файл, содержащий инклинометрию, описывающую траекторию этой скважины.

Logs: Импортируется и прикрепляется к существующей траектории скважины.

Импортирование Well Tops

Прежде всего нужно вставить папку **Well Tops**, которая является папкой, определенной в Petrel, содержащей определенные поддиректории для всех скважинных разбивок.



Загрузка и подготовка исходных данных

ТИП ДАННЫХ		ФОРМАТ	CATEGORY	DOMAIN
Полигоны разломов		Zmap+ lines (ASCII)	Fault Polygons	Time
Изохоры		Zmap+ grid (ASCII)	Thickness	Depth
3D seismic lines		Seisworks Horizon picks (ASCII)	Horizon	Time
Скважины	Well Header	Well heads	В табл. Input Data: Прикрепите каждый атрибут к соответствующей колонке файла	
	Инклино-метрия	Well path/deviation	В табл. Input Data: Прикрепите каждый атрибут к соответствующей колонке файла	
	Каротаж	Well logs (ASCII)	В табл. Input Data: Прикрепите каждую каротажную кривую к соответствующему Шаблону	
Скважинные разбивки		Petrel Well Tops (ASCII)		



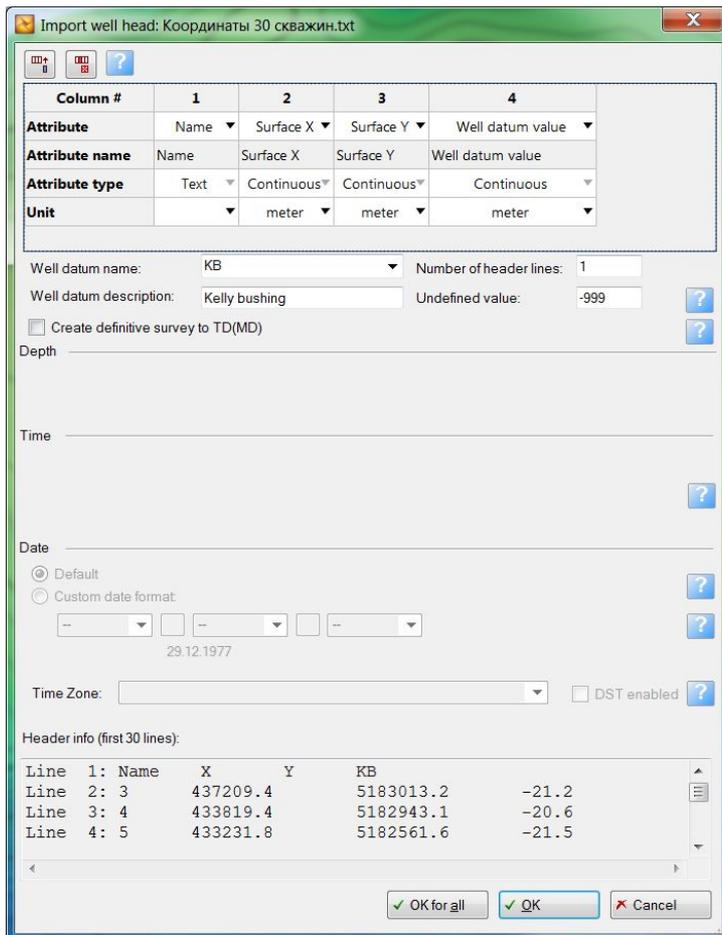
Загрузка и подготовка исходных данных

(1) Импорт данных. Начинаем с импорта скважин.

ПКМ на окне панели Input

Wells – Import – Тип файла
Well heads – в появившемся окне нужно указать **X,Y,KB, TD**

Необходимо создать текстовый файл как показано ниже на рисунке



Name	X	Y	KB
3	437209.4	5183013.2	-21.2
4	433819.4	5182943.1	-20.6
5	433231.8	5182561.6	-21.5
6	433099.5	5183280.7	-21.4
11	435785	5182081.6	-20.9
15	435877.6	5181035.7	-20.8
17	433930.2	5181791.1	-20.9
20	433740.7	5181234.5	-20.9



Загрузка и подготовка исходных данных

(2) Загружаем инклинометрию на каждую скважину.

Wells – Import – Тип файла Well path/dev (ASCII)
– в появившемся окне нужно указать **MD, INCL, AZM,**

Указать **MD-1, INCL-2, AZM – 3.**

Import survey path / deviation

Input data | Coordinates and units

Trajectory type: Survey

Trajectory format: MD, INCL, AZIM

Column selection

MD: 1

INCL: 2

AZIM: 3

TVD elevation reference

Kelly bushing (KB)

Mean sea level (MSL)

Other: 0

Other settings

Line wrap

NULL value: -299.25

Skip MD values equal to or smaller than previous MD.

Curved trace above MD: 0

Header info (first 200 lines): 3 -> 3

Line 1: 0 0 0

Line 2: 1200 0 0

OK for all | OK | Cancel

(3) Проверить соответствие скважин в модели и папке с инклинометрией

Match filename and well

File	File name	Well trace
1	3	3 0
2	4	4 0
3	5	5 0
4	6	6 0
5	11	11 0
6	15	15 0
7	17	17 0
8	20	20 0
9	21	21 0
10	32	32 0
11	44	44 0
12	49	49 0
13	60	60 0
14	61	61 0

OK | Cancel



Импортирование скважин

1. Импортирование Well Header:
 - a. Правый клик на папке **Wells** и выберите **Import (on Selection)**.
 - b. Нажмите **Open**. В директории **Wells** выберите файл **Well header** (и корректный формат [Well heads (*.*)]. Нажмите **Open**.

2. Импортирование инклинометрии

- a. Правый клик на папке **Wells** и выберите **Import (on Selection)**.

В директории **Wells** выберите нужные файлы. Найдите правильный формат (**Well path/deviation**).

3. Импортирование каротажных кривых

Правый клик на папке **Wells** и выберите **Import (on Selection)**.

В директории **Wells** выберите все файлы с расширением *.las (таким же путем, как вы выбрали *.dev – файлы), выберите соответствующий формат файла (well logs (ASCII)) и нажмите **Open**.

4. Импортирование Well Tops (Разбивок скважин):

Правый клик на папке **Well Tops** и выберите **Import (on Selection)**.

Выберите файл **Well Tops** из папки **Well Tops** и соответствующий формат (Petrel Well Tops). Нажмите **Open** и **OK** в появившемся окне **Import Petrel Well Tops Format**.



Что такое геологическая корреляция

Геологическая корреляция – установление структуры геологических тел в межскважинном пространстве (на качественном, схематическом уровне) для построения модели залежи (месторождения).

От правильности корреляции зависит правильность подсчёта запасов углеводородов, а также выводы о характере гидродинамической связности тел, пересечённых разными скважинами

Корреляция проводится по комплексу ГИС, с привлечением по мере возможности дополнительных данных (сейсмика, керн, данные разработки)



Классификация залежей по архитектуре

В основе данной классификации лежит степень связности коллекторов в межскважинном пространстве

(=> также и гидродинамической связности)

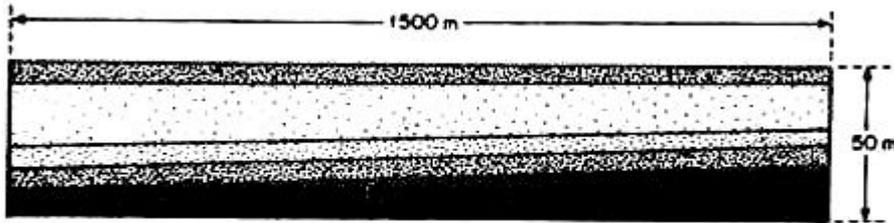
Выделено два крайних случая

(наилучшей и наихудшей связности)

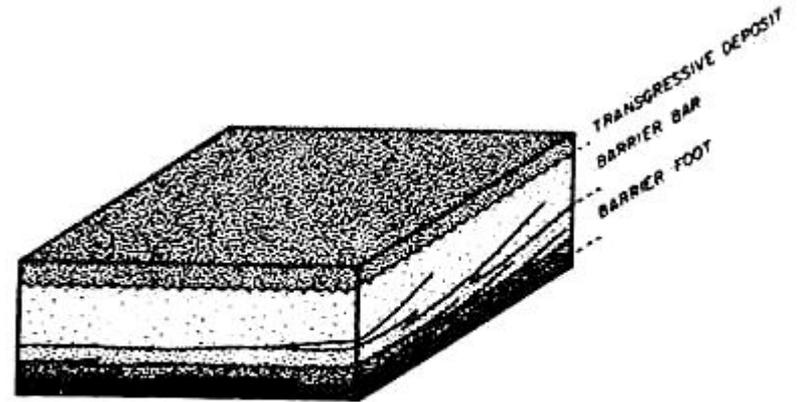
и один промежуточный



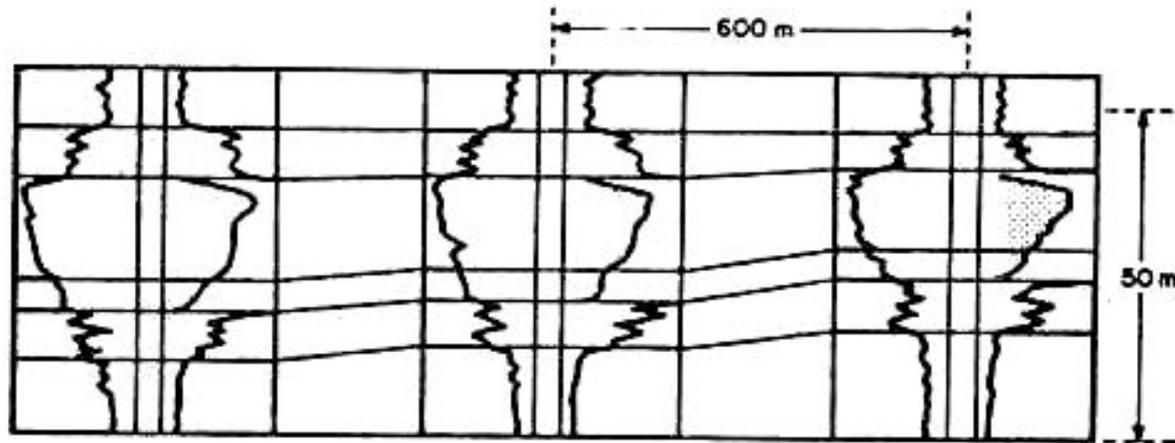
1. «Слоёный пирог» (наилучшая связность)



a) DISTINCT LAYERING WITH MARKED CONTINUITY AND GRADUAL THICKNESS VARIATION



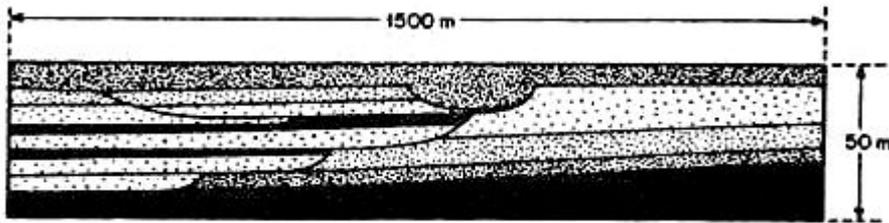
b) LAYERS REPRESENT SANDS DEPOSITED IN SAME ENVIRONMENT OF DEPOSITION



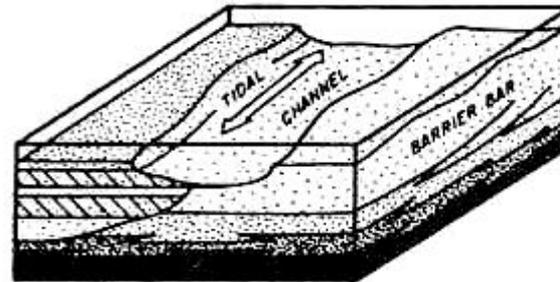
c) EXCELLENT LOG CORRELATION SHOWING GRADUAL LATERAL CHANGES IN THICKNESS AND PROPERTIES



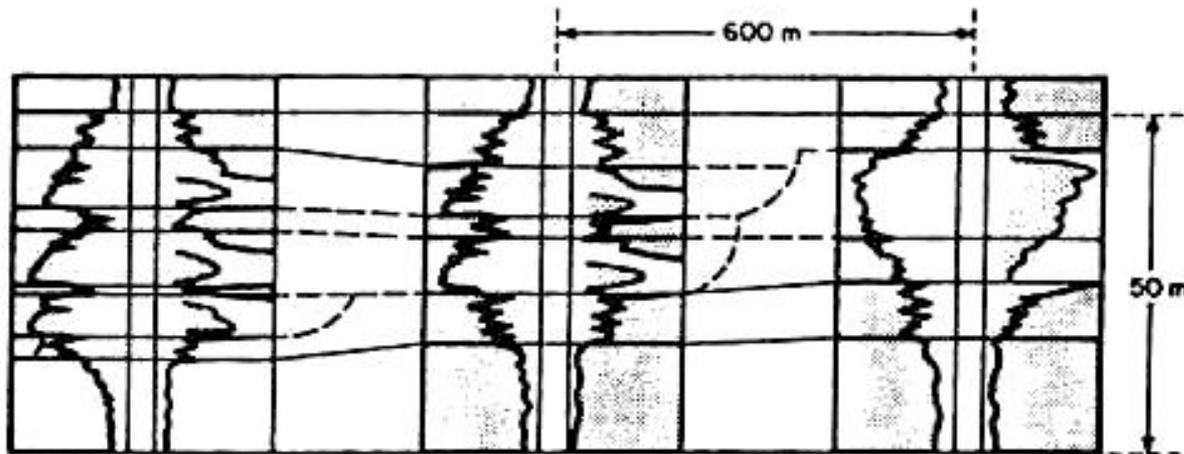
2. «Jigsaw puzzle» (промежуточный)



a) DIFFERENT SAND BODIES FITTING TOGETHER WITHOUT MAJOR GAPS. OCCASIONAL LOW PERMEABLE ZONES CAN OCCUR LOCALLY BETWEEN ADJACENT OR SUPERIMPOSED SAND BODIES



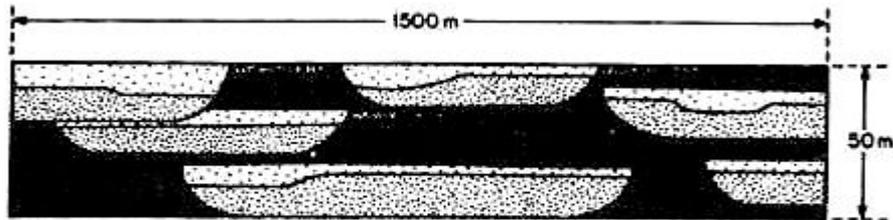
b) RESERVOIR ARCHITECTURE DETERMINATION REQUIRES DETAILED SEDIMENTOLOGICAL ANALYSIS



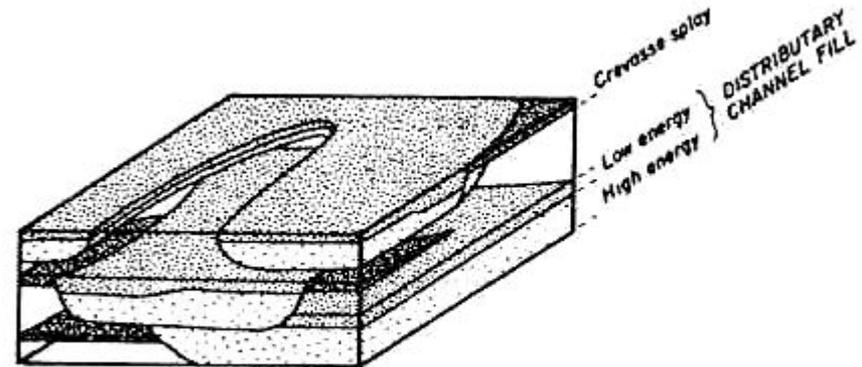
c) ALTHOUGH THE SAND/SHALE RATIO IS HIGH, CORRELATION MAY BE DIFFICULT WITHOUT DETAILED FACIES INTERPRETATION



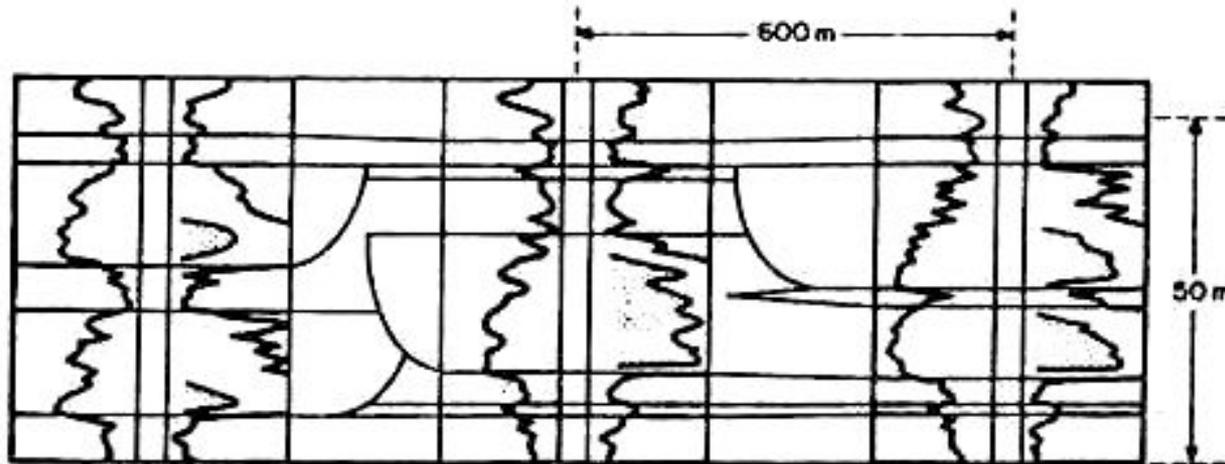
3. «Лабиринт» (наихудшая связность)



a) COMPLEX ARRANGEMENTS OF SAND PODS AND LENSES OFTEN APPEARING DISCONTINUOUS IN SECTIONS



b) IN 3D INTERCONNECTIONS EXIST LOCALLY BUT IN PART ONLY VIA THIN LOW PERMEABLE SHEET SANDS



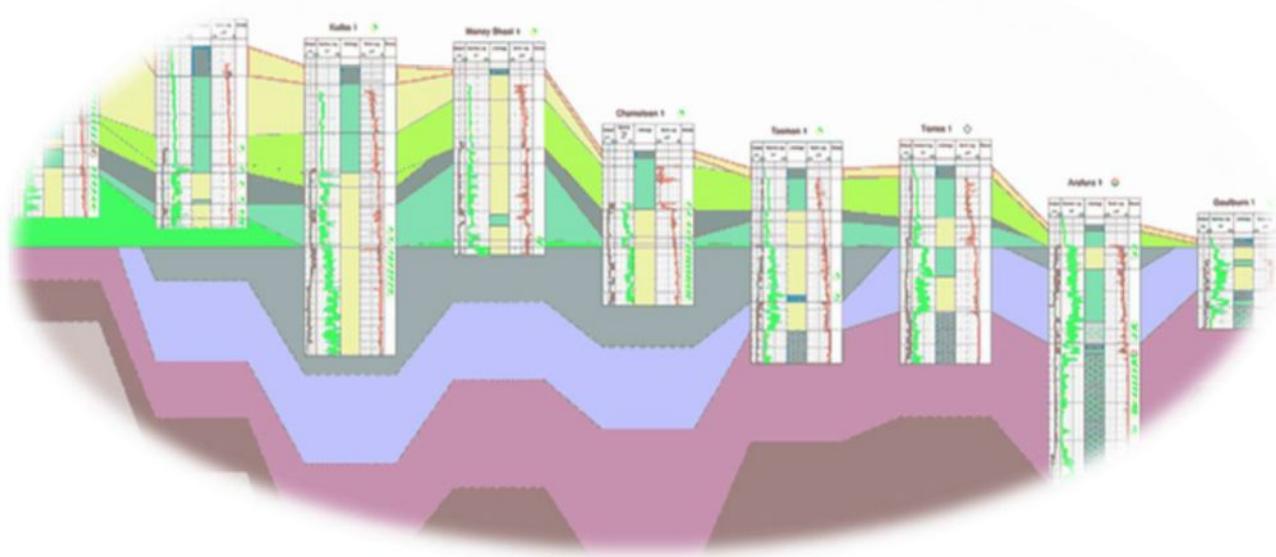
c) DIFFICULT LOG CORRELATION EVEN WHEN WELL SPACING IS 400 TO 600 m



- Создать и отобразить данные в окне корреляции **Well section window (WSW)**:
 - Шаблоны окна корреляции
 - Настройки скважин
 - Настройки треков и каротажных кривых
- Использовать калькулятор каротажных кривых.
- Интерпретировать кривую литологии в интерактивном режиме.
- Создать и редактировать скважинные отбивки.
- Использовать таблицу скважинных отбивок.



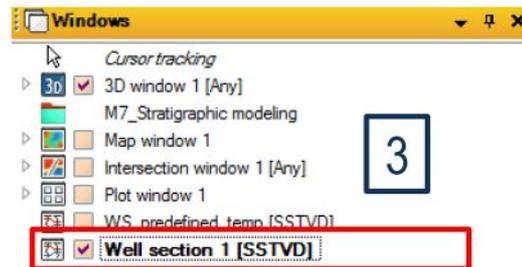
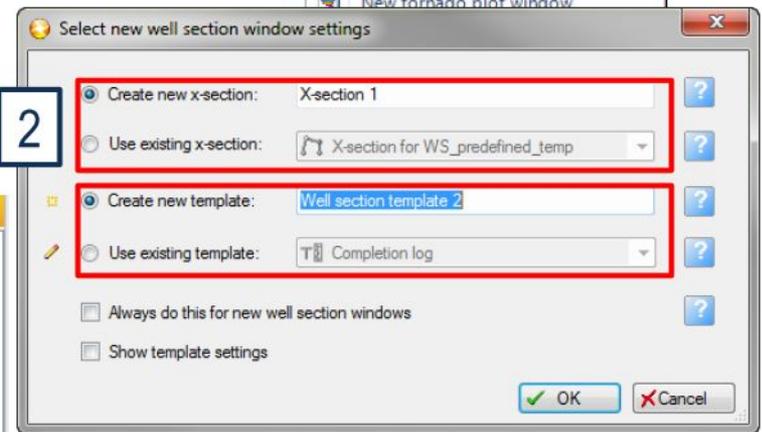
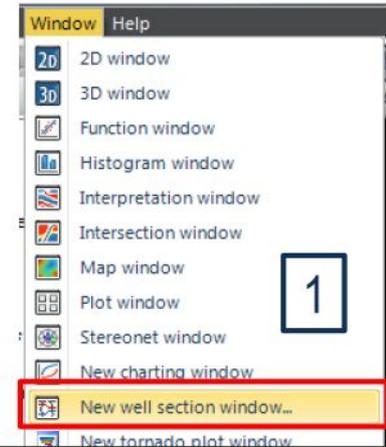
Стратиграфическое моделирование позволяет определять схожесть горных пород в различных участках при наличии скважинных данных в окне корреляции





Открыть окно корреляции

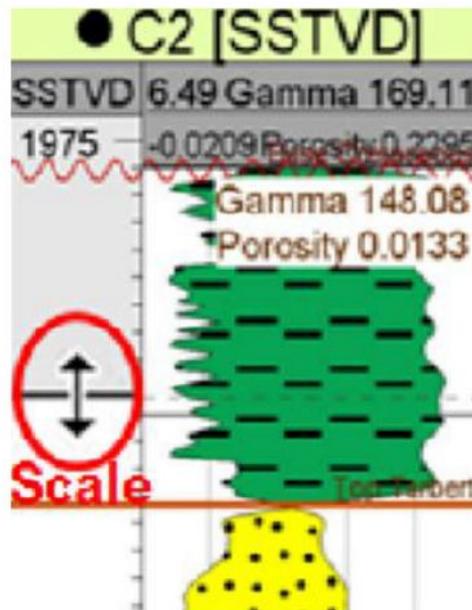
1. В меню **Window** выберите **New well section window**.
2. Выберите сечение и шаблон. Можно создать новые сечение и шаблон или же открыть существующие.
3. Нажать **OK** и откроется новое окно корреляции, которое хранится в панели **Windows**.



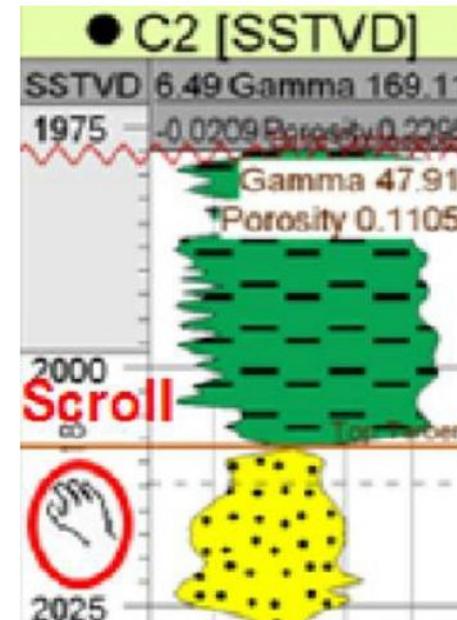


Масштабирование и скроллинг

Установите курсор на границе между белой и серой панелями в треке глубины. Перемещайте стрелку для масштабирования.



Установите курсор на белой части в треке глубины. Перемещайте мышью нажимая ЛКМ для скроллинга.

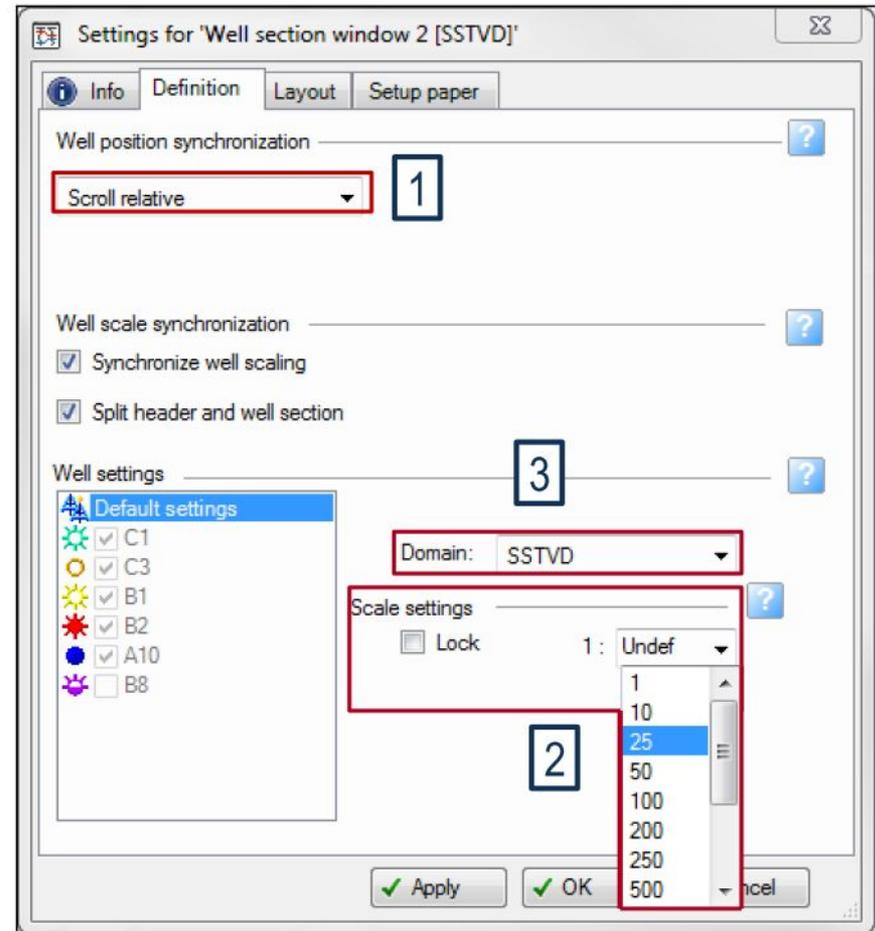




Настройки для окна корреляции

1. Определение позиции скважины:
 - Без синхронизации
 - Скроллинг всех скважин синхронно
 - Выровнять по разным отметкам.
2. Определение масштабирования:
 - **Lock**: закрепить масштаб окна.
3. Определение тип измерения глубины.

Внимание: Для настройки синхронизации масштабирования и синхронизации используйте иконки на панели функций.





Выравнивание окна корреляции по отбивкам

1. Выбрать папку *Well Tops* в закладке **Input**.
ПКМ по отбивке в папке *Well Tops* и выбрать **Flatten well section on horizon**.
2. Перейти в закладку **Definition** в **Settings for the Well section**. Выбрать **Flatten on well top**, выделить отбивку и закинуть ее в поле. Нажать **Apply**.

The screenshot illustrates the process of aligning a well section window. On the left, the 'Input' panel shows a tree view with 'Well Tops' selected. A context menu is open over 'Top Tarbert', with 'Flatten well section on horizon' highlighted. A red box labeled '1' points to this menu item. The main view shows two well sections, B9 [SSTVD] and A16 [SSTVD], with various horizons like Top Tarbert, Top Ness, and Top Etive marked. On the right, the 'Settings for Well section window 1 [SSTVD]' dialog is open to the 'Definition' tab. A red box labeled '2' highlights the 'Well position synchronization' section, where 'Flatten on well top' is selected in the dropdown and 'Top Tarbert(Well Tops)' is in the list. Below the dialog, two icons are shown: a lightning bolt with a checkmark and a lightning bolt with a cross, representing synchronization options.

Внимание: Для отмены выравнивания выберите опцию без синхронизации - *No synchronization* на закладке **Definition** или отключите иконки на функциональной панели.





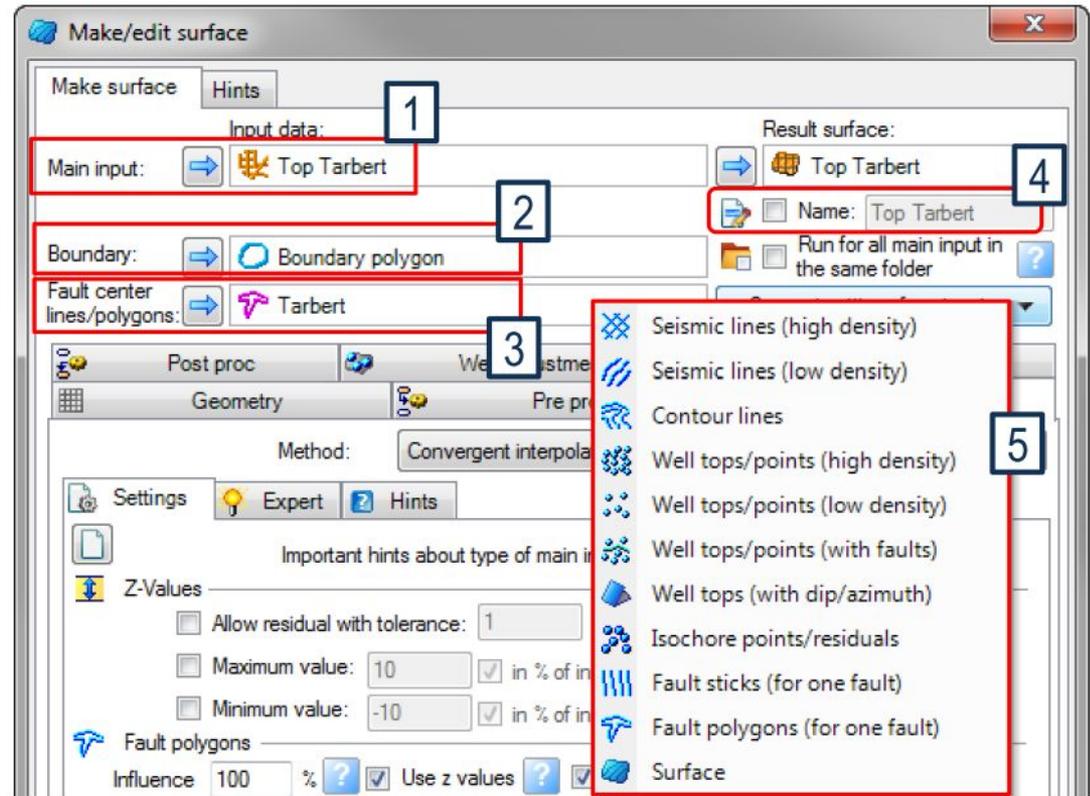
Поверхности и редактирование данных: Цели

- Построение поверхностей.
- Алгоритмы гриддинга в **Petrel** (Convergent interpolation, isochore interpolation, и minimum curvature).
- Выбор геометрии поверхности.
- Настройки дополнительных входных данных, пост-процессинга и привязки к скважинным данным.



Построение поверхности (1)

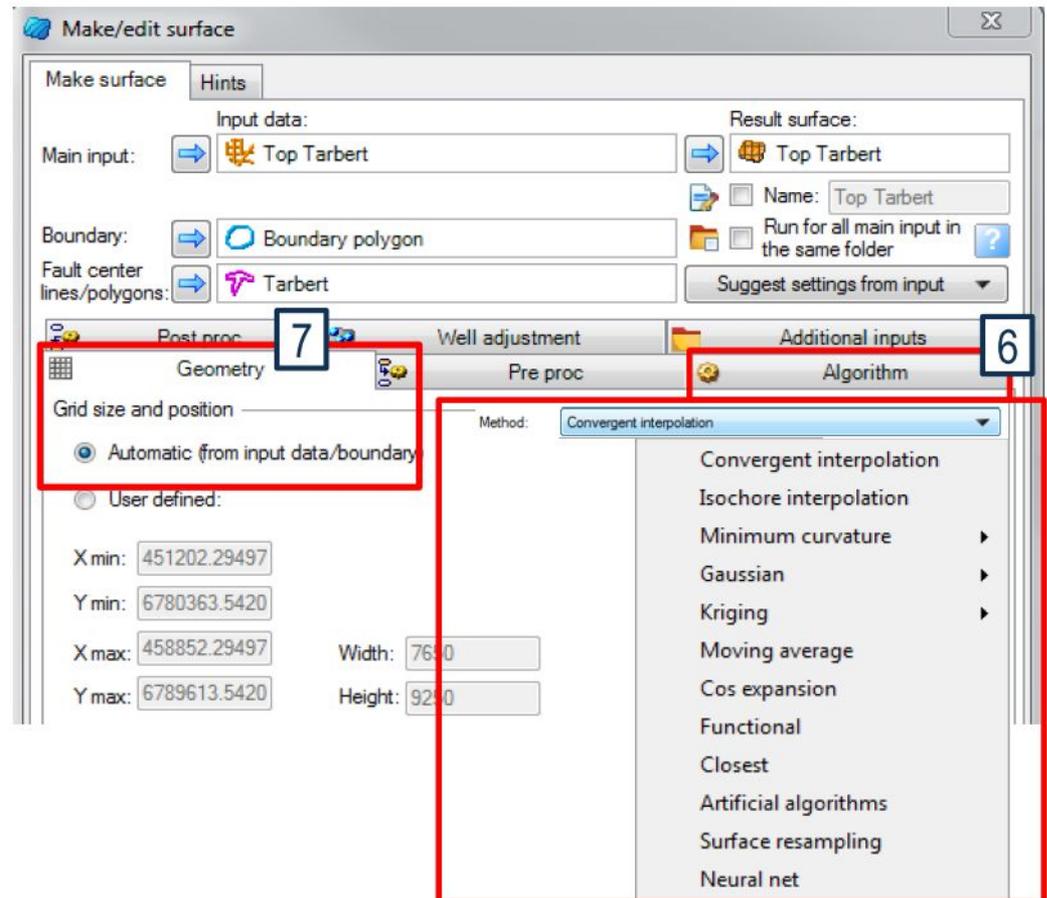
1. Введите входные данные.
2. Используйте граничный полигон.
3. Введите полигоны разломов.
4. Назовите новую поверхность.
5. Выберите тип данных из **Suggest settings from input**.





Построение поверхности (2)

1. На закладке **Algorithm**, выберите алгоритм для гриддинга.
2. На закладке **Geometry** выберите автоматически.



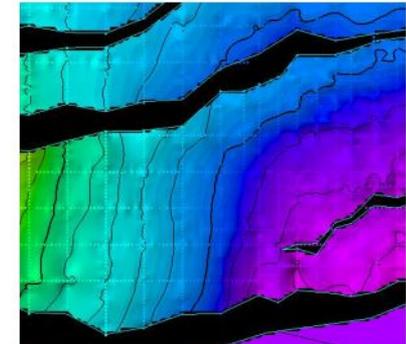


Создание поверхностей

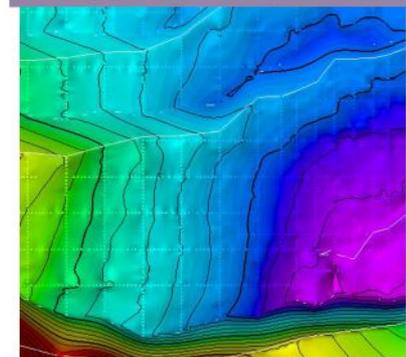
Алгоритм

Алгоритм

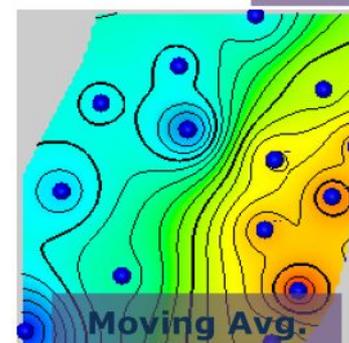
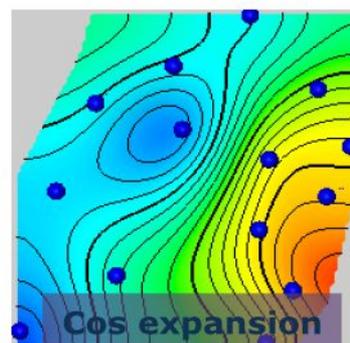
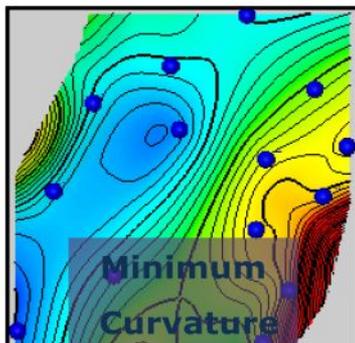
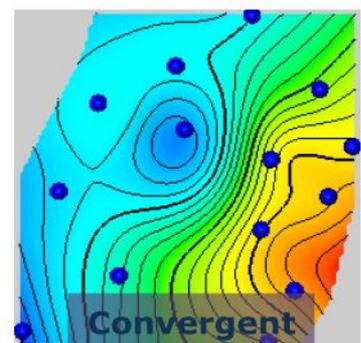
- Расчёт значений в узлах грида
- Доступные опции:
 - **Convergent Interpolation** наиболее распространённый метод
 - Petrel может рекомендовать 'лучший' алгоритм для конкретных данных
- Можно установить пределы для расчёта z-значений в узлах грида
- Описание разломов:
 - Степень влияния
 - Use/don't use fault z-values
 - Fill grid nodes within fault polygon
- Использование Наклона/Азимута если имеются такие данные



Polygon, no z, no fill



Polygon, w/ z, filled



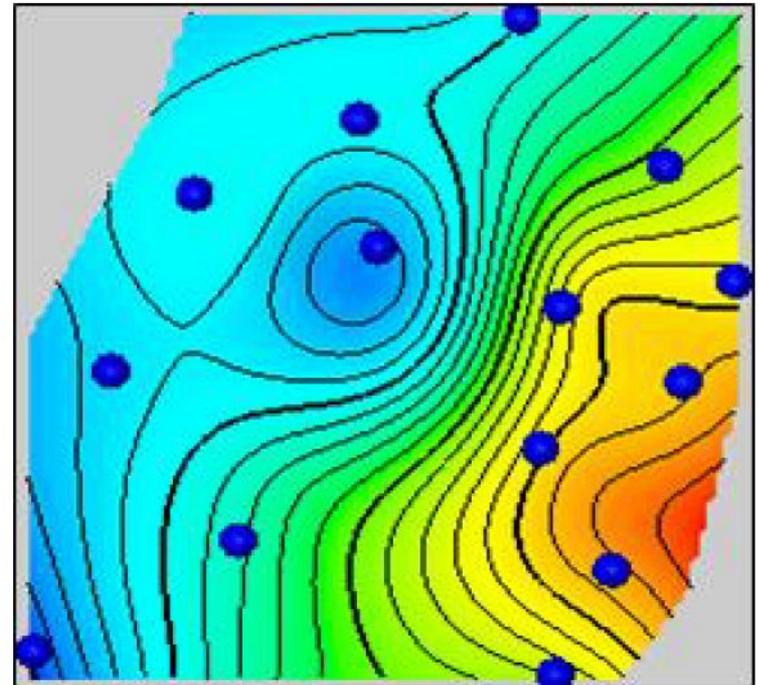


Алгоритм Convergent Interpolation: Знакомство

Алгоритм ориентируется на контрольные точки (больше чем на точки грида) с каждой итерацией всё более и более увеличивая разрешение.

Это означает, что где наблюдается недостаток данных, сохраняется общий тренд, тогда как детали учитываются на участках с достаточным количеством данных.

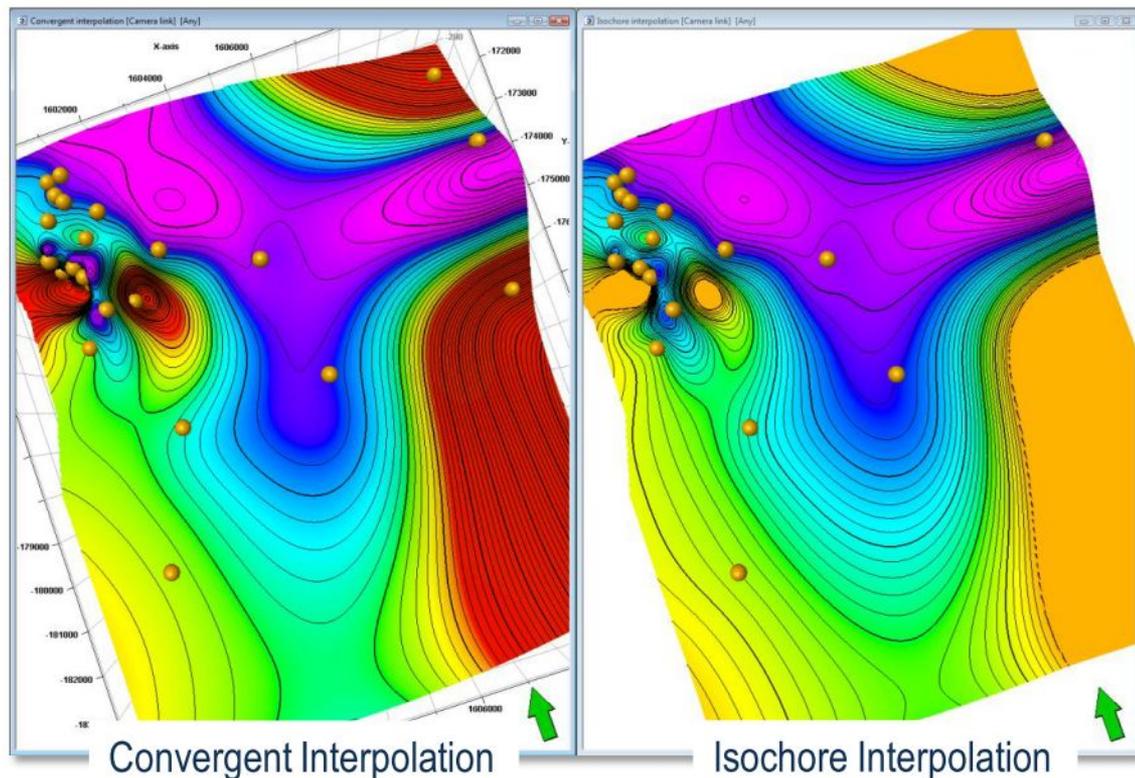
Это надёжный алгоритм, который хорошо работает с большинством типов данных.





Isochore Interpolation

Это специальная модификация алгоритма Convergent interpolation. Он предназначен для создания нулевых изолиний, когда входные данные содержат точки с нулевыми или отрицательными значениями.

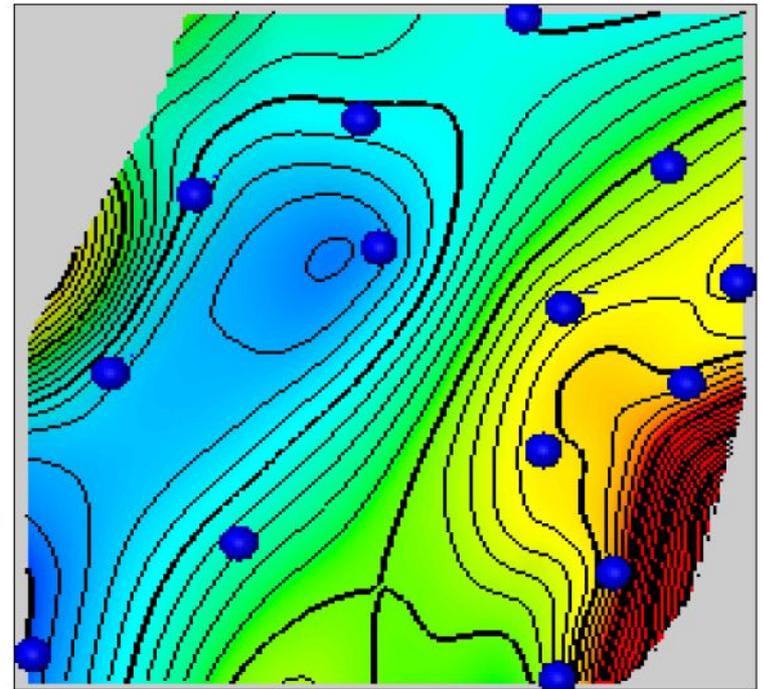




Minimum Curvature: Обзор

Алгоритм минимальной кривизны строит поверхность проходящую через все контрольные точки с минимальным искривлением ее в области интерполяции. Результатом будет сглаженная поверхность, соответствующая всем данным.

Это надёжный алгоритм, который позволяет получать качественные результаты на большинстве типов данных.



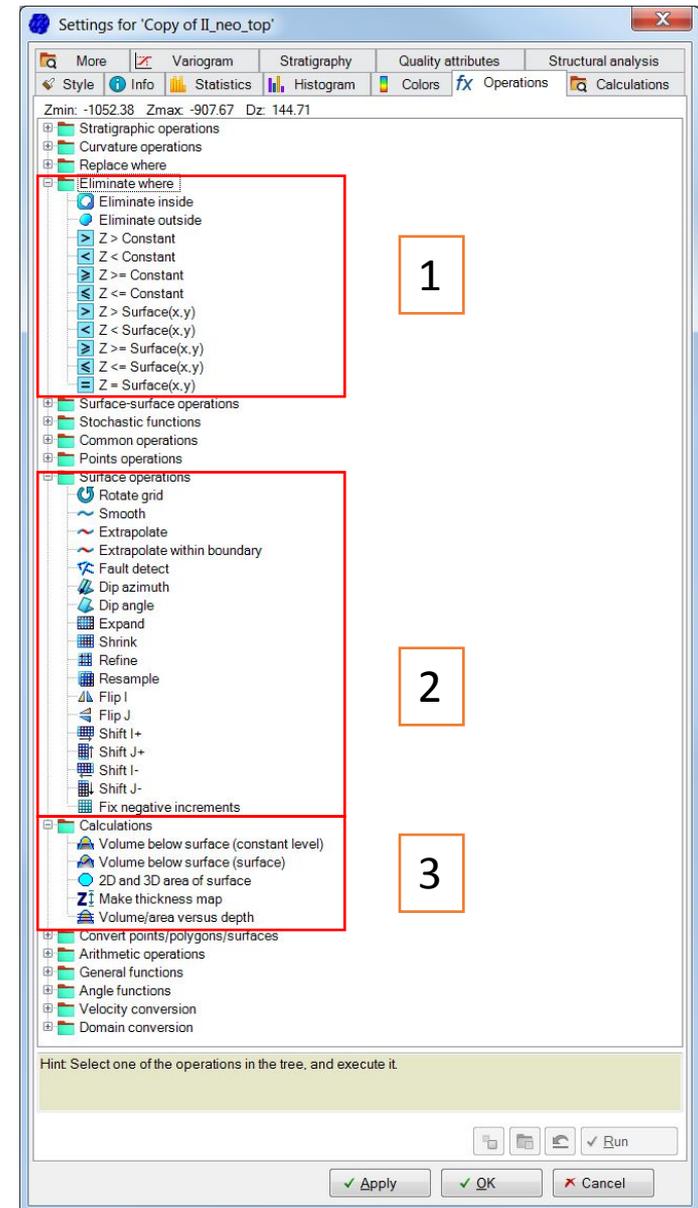


Закладка Operations

Содержит инструменты для управления существующими поверхностями.

В данном модуле ознакомимся с:

- 1 Eliminate where
- 2 Surface operations
- 3 Calculations.

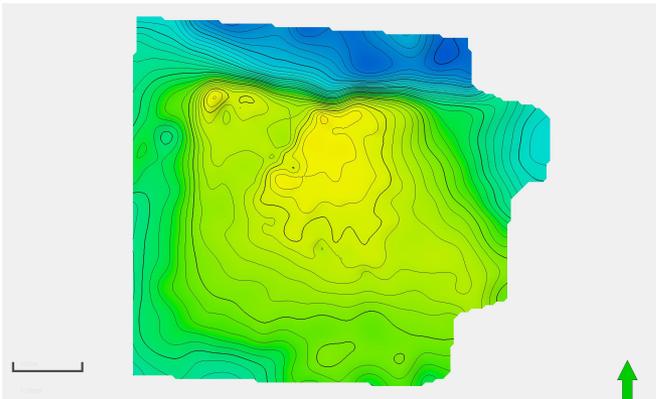




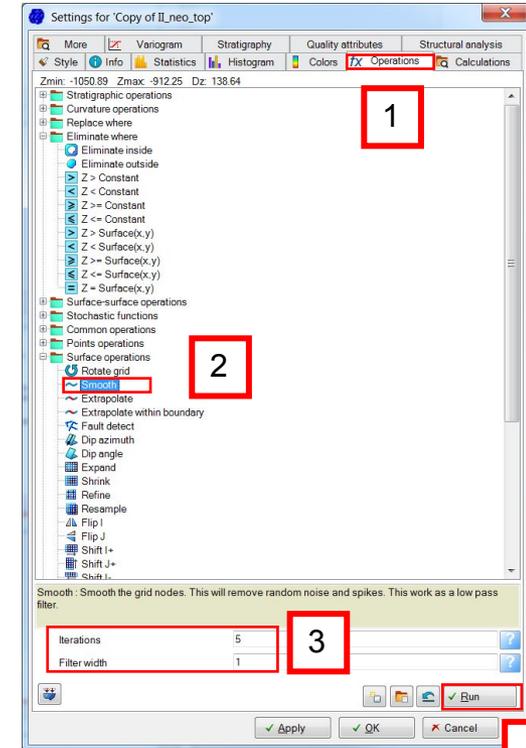
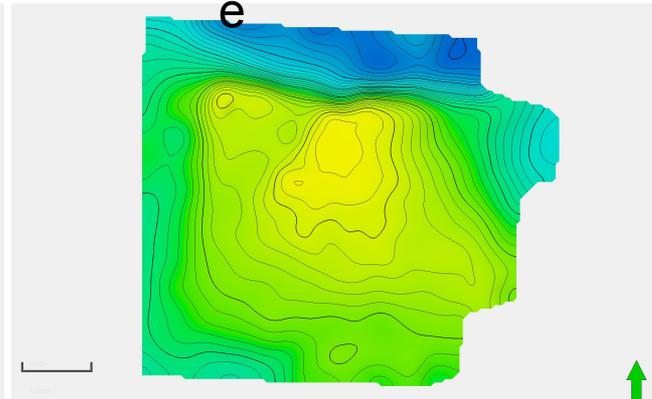
Общее сглаживание

1. Дважды щёлкните по названию поверхности и перейдите в закладку **Operations**.
2. Раскройте папку **Surface Operations** и выберите **Smooth**.
3. Установите количество итераций и/или длину оператора **Filter width**.
4. Нажмите **Run**. Операция **Undo** отменяет только одно действие.

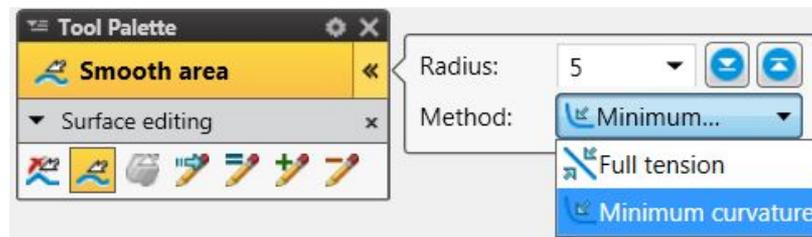
До



После



Локальное сглаживание



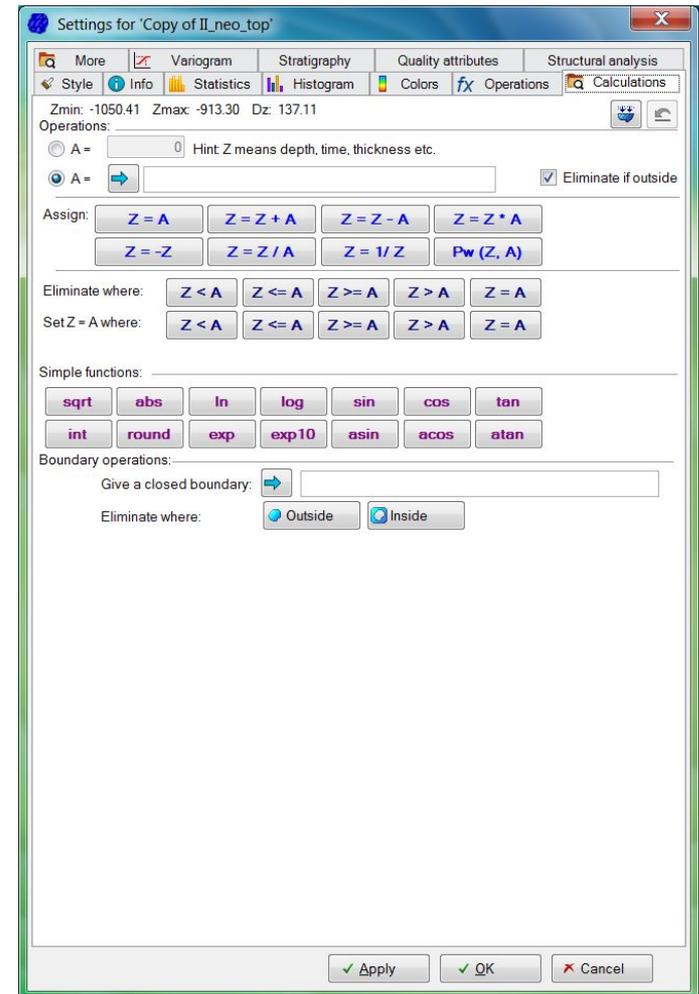


Закладка Calculations

Закладка **Calculations** используется для многих типов данных в Petrel.

Объект может быть изменен путем прибавления, вычитания, умножения, деления, возведения в степень или присвоения значений.

Также он позволяет удалять данные внутри или снаружи полигона.





Калькулятор поверхностей

ПКМ по любой поверхности и откройте Calculator.

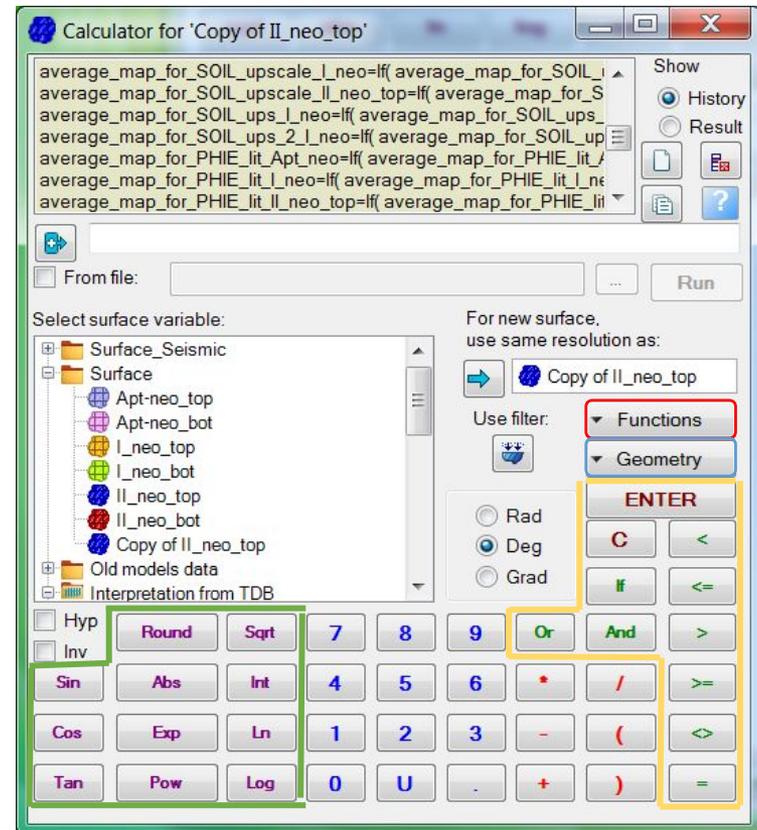
- Произведите операции над поверхностями.
- Создайте новую поверхность, используя существующую.

1 Статистические функции

2 Геометрические функции

3 Логические функции

4 Математические функции





Основные источники для построения структурной модели

- Стратиграфические разбивки (маркеры) пластов в скважинах (Well tops)
- Стратиграфические поверхности пластов (Make/edit surface)
- Плоскости тектонических нарушений (fault model)

Построение трехмерной сетки

Трехмерная сетка — это ячеистый каркас, внутри которого происходят все основные этапы геологического моделирования.

Главное отличие трехмерной сетки от двумерного грида (то есть поверхности) в том, что каждая ячейка трехмерной сетки занимает определенный объем в пространстве, тогда как ячейка двумерного грида характеризуется только площадью.

Правильно построенная трехмерная сетка — это основа построения корректной геологической модели.



Геометрия типа «угловой точки» Corner point gridding:

- 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.



Горизонтальное разрешение сетки

Существенно важный момент — правильный выбор горизонтального разрешения сетки, то есть определение значений инкрементов по X и Y . Обычно инкремент стараются выбрать такой, чтобы между скважинами было не менее двух-трех ячеек. Например, если расстояния между скважинами порядка 300 метров, то рекомендуется строить сетку из ячеек не крупнее, чем 100 x 100 метров. Сетки, в которых несколько скважин (обычно две) попали в одну и ту же ячейку, либо в соседние ячейки, использовать нельзя. В таких случаях необходимо использовать более мелкие ячейки.

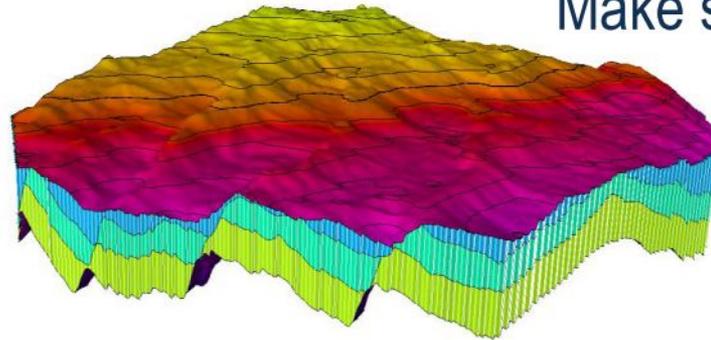
Вертикальное разрешение сетки

Очень важно выбрать вертикальное разрешение сетки, то есть корректно определить значение инкрементов по Z . Обычно минимальное значение инкремента не менее 0,2 м или не меньше шага дискретизации РИГИС. Но важно учитывать, что чем меньше вертикальный инкремент, тем больше создается ячеек по Z , что приводит к увеличению количества ячеек и в разы увеличивается скорость гидродинамических расчетов.

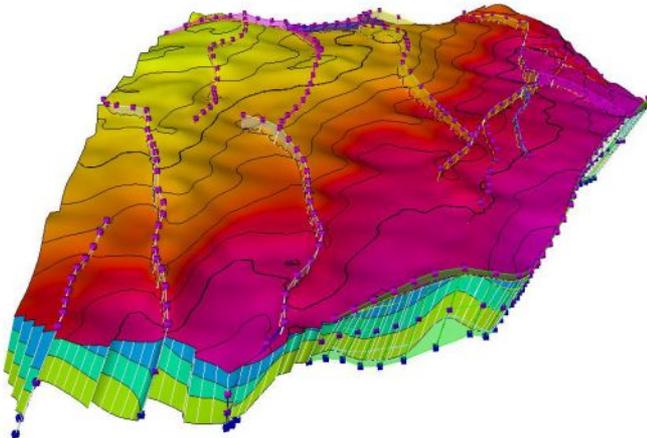


Методы 3Д моделирования

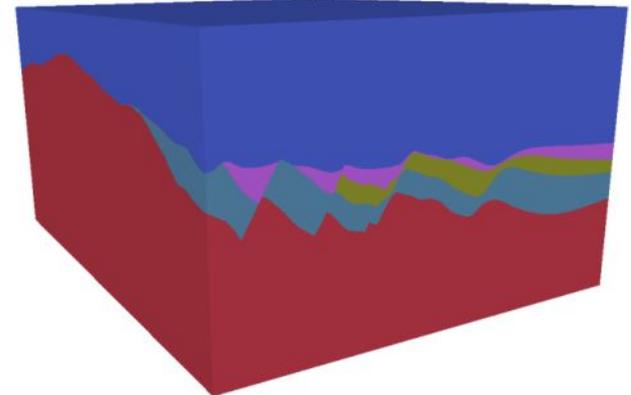
Make simple grid



Corner point gridding



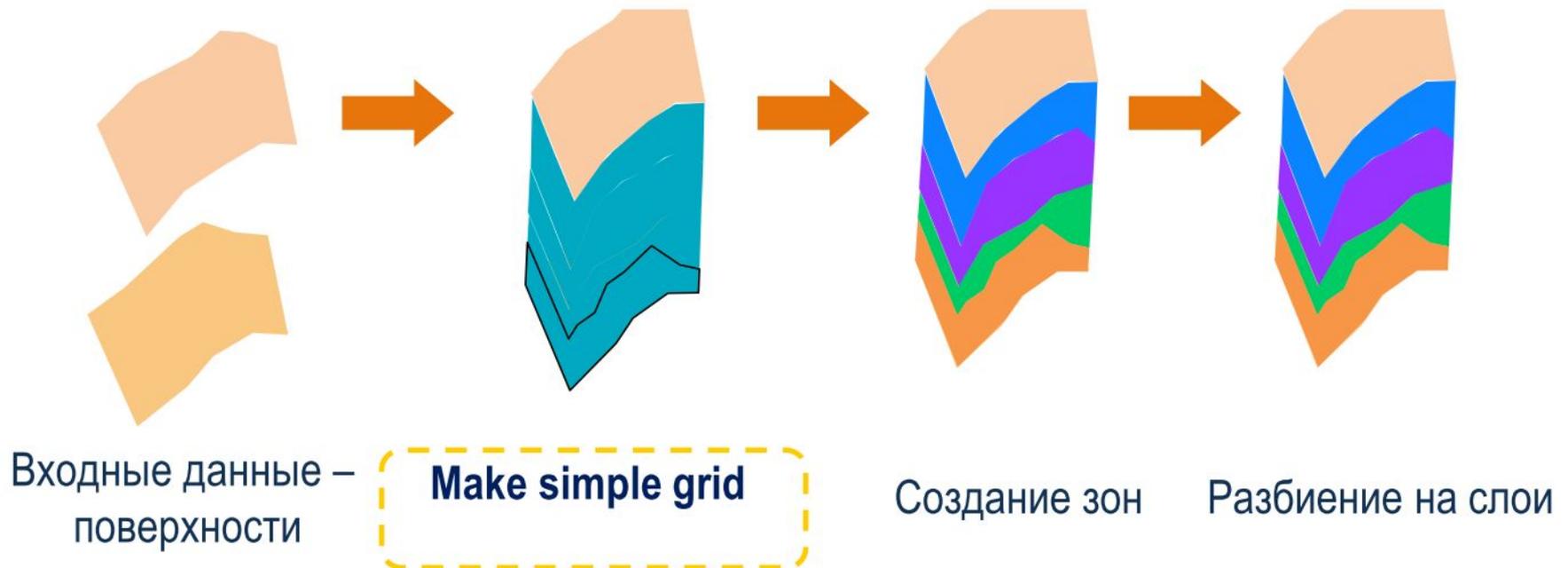
Structural framework





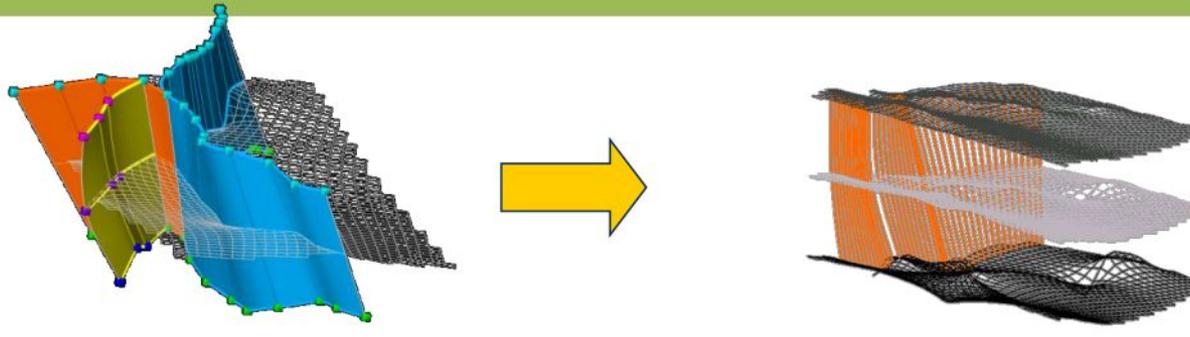
Процесс Make Simple Grid

Создание упрощенного варианта 3D грида с использованием поверхностей в качестве входных данных, которые будут являться горизонтами. Затем пространство между горизонтами будет разбиваться на зоны и слои.



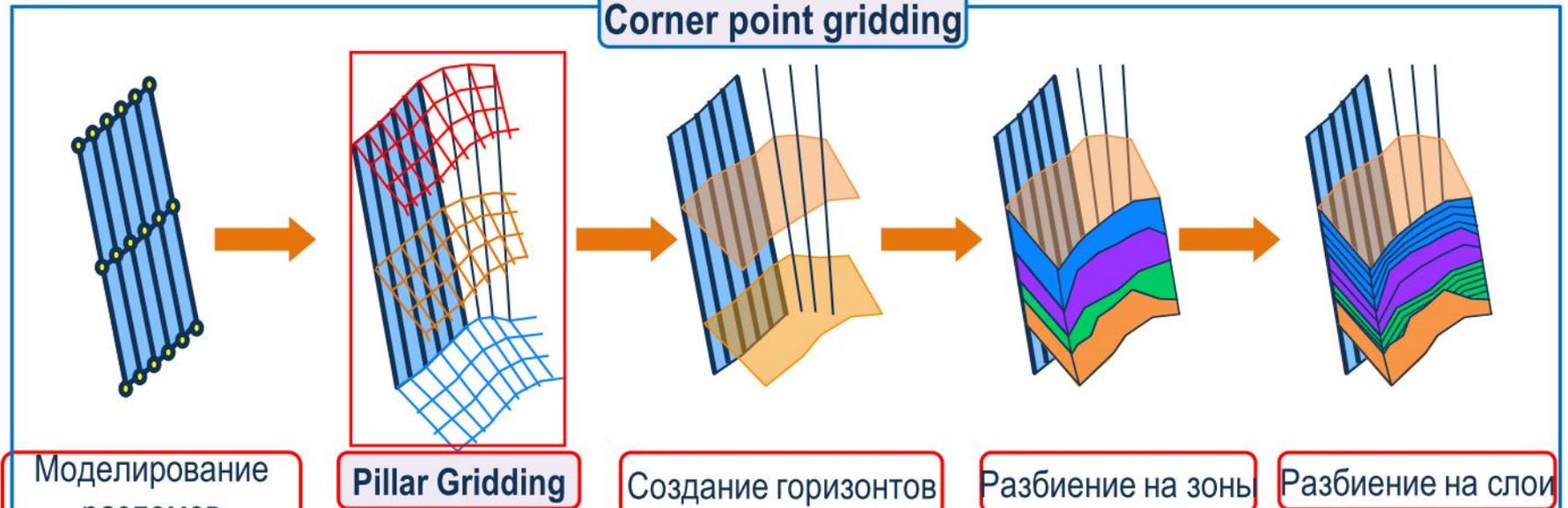


Процесс Pillar Gridding/ Corner point gridding



 Fault model from structural framework

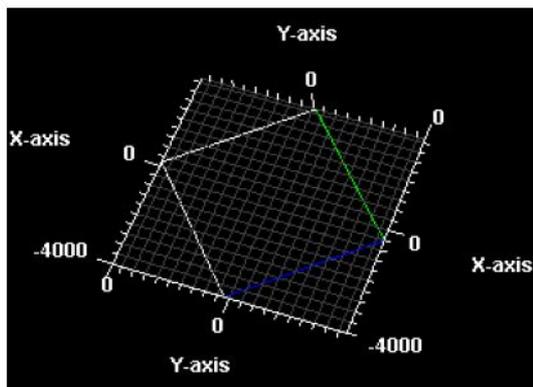
Corner point gridding





Структурное моделирование- Structural Framework : Определение

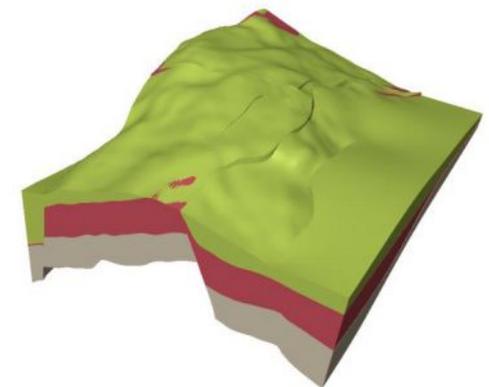
Данный процесс позволяет объединить результаты интерпретации в единую структурную модель. Решает проблемы соединения разломов различной сложности без необходимости использования стандартного процесса пиллар гриддинг/Corner point gridding.



Определение
геометрии



Моделирование разломов во
время интерпретации



Моделирование
горизонтов



Структурное моделирование



1

Процесс Corner point gridding

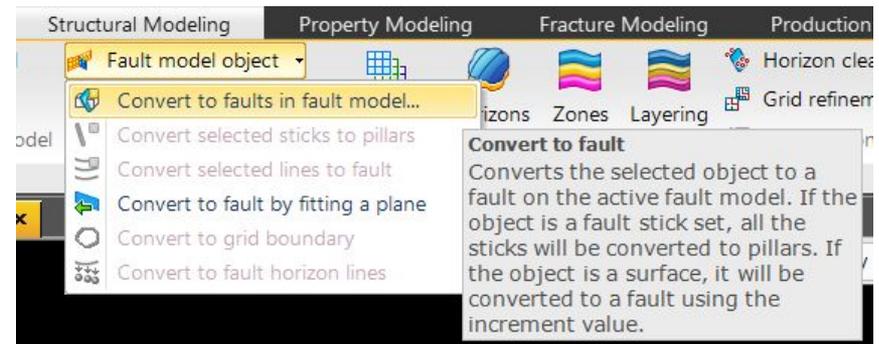
(1) Для создания геологической 3Д сетки необходимо на главной панели перейти на закладку Structural Modeling.

(2) Создаем папку для геологической модели через Define model

(3) Конвертируем загруженные разломы в модель разломов через Fault model object



2



3



Структурное моделирование

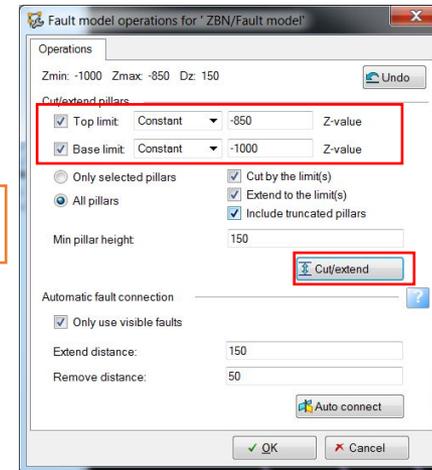
(4) Для усечения/сжатие/продления разломов до поверхности или константы глубин в модели разломов, также автоматического соединения разлома необходимо перейти ЛКМ на Fault model object.

Вершины и основания элементов разлома в модели разлома должны быть как можно более гладкими перед началом процесса pillar gridding.

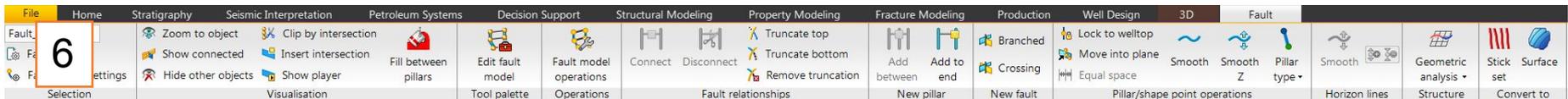
(5) Для редактирования разломов необходимо ЛКМ нажать на закладке Edit fault model

(6) При выборе разлома появляется панель инструментов редактирования разломов

4



5

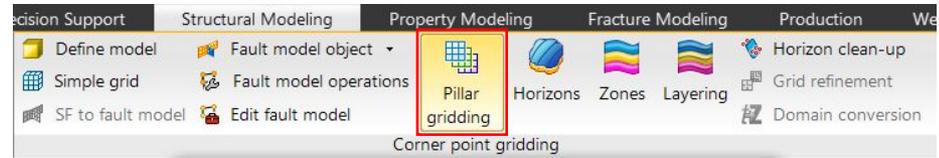




Pillar Gridding

Структурная модель создается в процессе, называемом Pillar Gridding. Pillar Gridding это отдельная концепция в Petrel, в которой разломы в модели разломов используются в качестве основы для создания 3D грида. Поскольку Key Pillars активно используются в процессе построения грида, существует близкая зависимость между процессом Fault Modeling и процессом Pillar Gridding. Может понадобиться вернуться назад и поработать над процессом моделирования разломов, чтобы решить проблемы, возникающие в процессе построения грида. Эти проблемы могли бы возникнуть во время моделирования разлома, но проявились бы только при построении грида. Зависимость между процессами Fault Modeling и Pillar Gridding является итеративным процессом

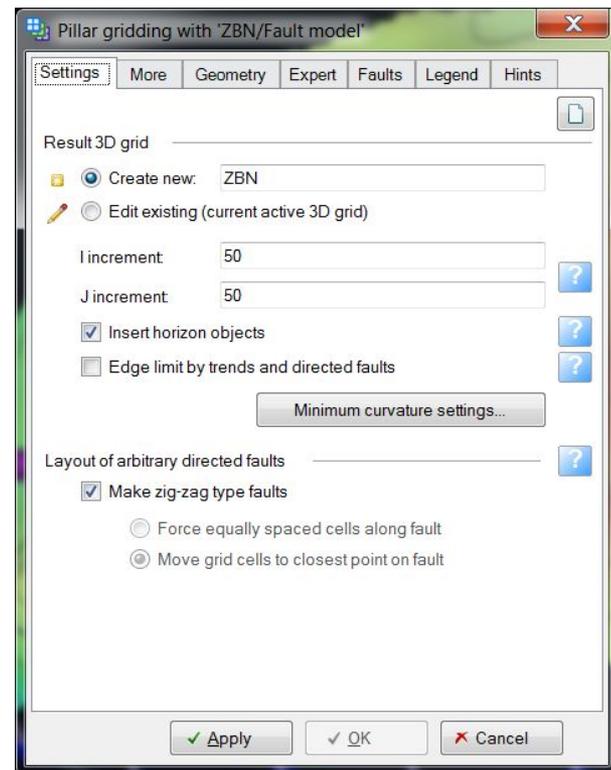
- (1) Задаем название 3Д гриду
- (2) Устанавливаем размерность ячеек по направлениям I, J
- (3) Выбираем зигзагообразные разломы



1

2

3





Структурное моделирование

Есть два метода приписывания трендов линиям грида:

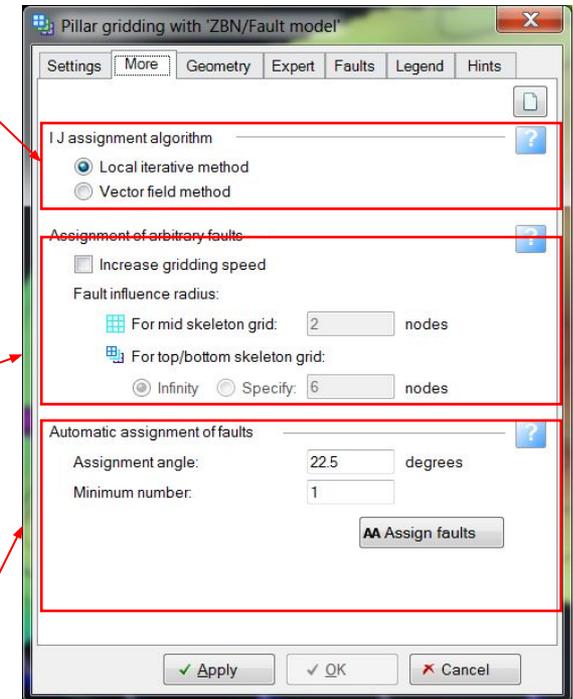
- 1) **Local Iterative Method (локальный итеративный метод)**: Этот метод приписывает тренды группам соединенных разломов по одному за один раз. Это хороший общий алгоритм.
- 2) **Vector field Method (метод векторного поля)**: тренды приписываются с использованием векторного поля по всему полю сразу. Этот алгоритм более плавный в тех ситуациях, когда имеется много несоединенных разломов и трендов.

Assignment of arbitrary faults

(Построение грида произвольных разломов) - опция позволяет пользователю локально, вокруг разломов, модифицировать грид. Не рекомендуется использовать ее при наличии специфических трендов и направленных разломов.

Automatic assignment of faults: Тренды вдоль разломов могут назначаться автоматически. **Assignment angle** это максимальный угол в градусах, при котором разлом используется для назначения тренда.

Можно управлять процессом путем контроля минимального количества автоматически создаваемых сегментов (трендов между двумя основными пилларами). Это количество задается в поле **Minimum number of auto assigned segments**.





Закладка Pillar Geometry (Pillar gridding)

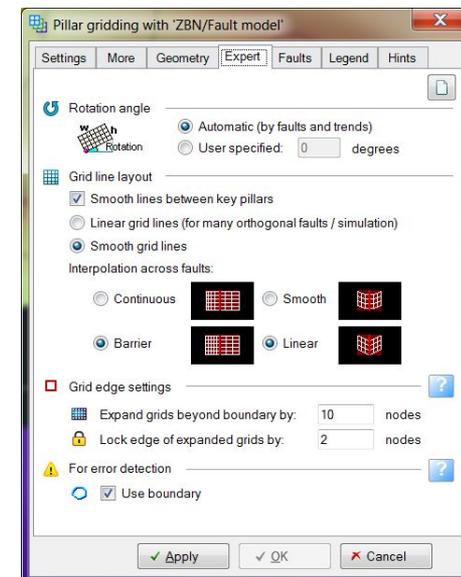
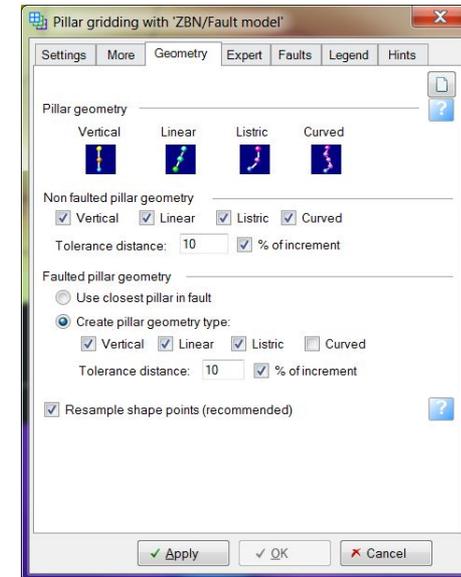
Определяет геометрию пилларов в плоскости разлома, а также геометрию пилларов между разломами. Вы можете определить геометрию, которую вы хотите иметь для не нарушенных разломами и нарушенных разломами пилларов, соответственно. Если выбирается только один тип геометрии, все пиллары в 3D гриде получат выбранную геометрию.

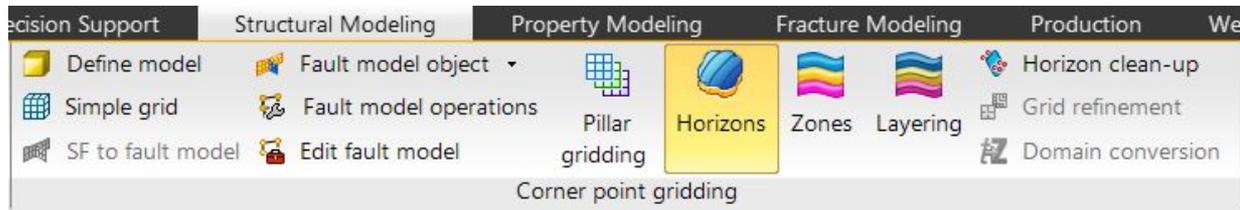
Закладка Expert (Pillar gridding)

Определяет экспертные установочные параметры

- Угол поворота разломов и трендов
- Установка параметров края сетки
- Использование границ залежи
- Топология линии сетки (влияет на линии между узлами грида)

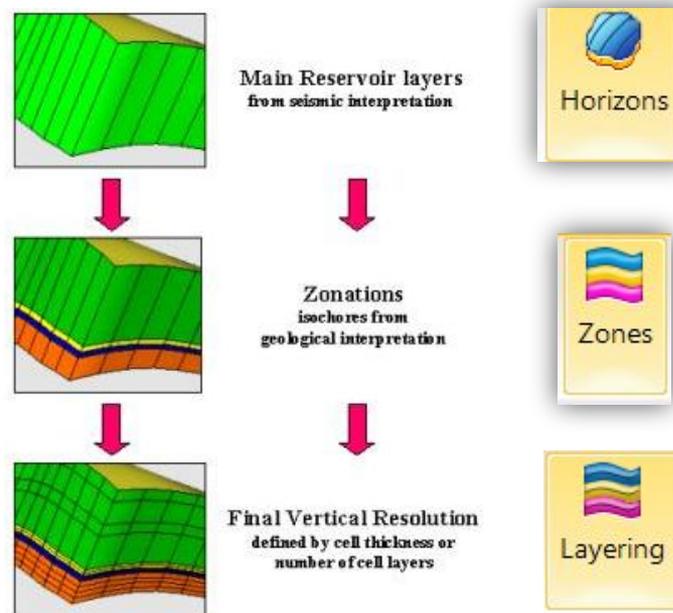
После создания 3D сетки необходимо проводить контроль качества построения и анализ.





Make horizons

Этап процесса Make Horizons - это первый этап в определении вертикального дробления на слои в 3D гриде в Petrel. Вертикальное дробление на слои определяется в трех этапах процесса:

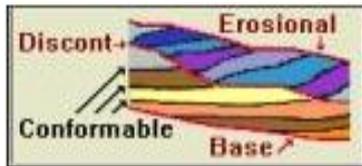




Структурное моделирование

Закладка Horizon – это основная закладка в диалоговом окне Make Horizon. Она состоит из таблицы, в которой вместо рядов даны названия горизонтов, а вместо колонок - установки горизонта.

Index	Horizon name	Color	Calculate	Horizon type	Conform to another horizon	Status	Smooth iterations	Use horizon-fault lines	Well tops	Input #1
1	IL_neo_top		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	Conformable	No 1	✓ Done	0	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	IL_neo_top	IL_neo_top
2	IL_neo_bot		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	Conformable	Type of horizon	✓ Done	0	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	IL_neo_bot	IL_neo_bot



Erosion – Горизонты ниже будут усекаться.

Base – Горизонт выше будет перекрываться.

Discontinuity – Сочетание типов erosion и base.

Conformable – Будет усекаться горизонтами erosion, base и discontinuous (прерывистым).

- **Smooth** – Сглаживание горизонтов. Может сглаживать несколько раз перед вставкой.
- **Well tops** – Позволяет делать привязку горизонтов к маркерам. Вставьте объекты данных маркеров из окна Input в Petrel Explorer.
- **Input #1** – По умолчанию единственное поле ввода Input.



Convergent gridder

Метод используется когда необходимо, чтобы создаваемый горизонт согласовывался с еще одним. Это быстрый и общий алгоритм с качественной экстраполяцией. Он адаптируется к сжатым и разреженным данным посредством сходящихся итераций на приемлимом разрешении грида. Это значит, что основные тренды сохраняются в областях с недостаточными данными

