

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра общей геологии и гидрогеологии

Т.Р. Закиров, И.С. Нуриев, И.А. Хузин

Компьютерные технологии в геологии

Учебно-методическое пособие

Казань – 2015

УДК 372.8:55

*Печатается по решению
Учебно-методической комиссии
Института геологии и нефтегазовых технологий
Протокол № 15 от 16 июня 2015 г.*

Заседания кафедры общей геологии и гидрогеологии
Протокол № 9 от 29 мая 2015 г.

Авторы-составители:
к.ф.-м.н., ассистент **Т.Р. Закиров**,
к.г.-м.н., доц. **И.С. Нуриев**,
ст. преп. **И.А. Хузин**

Рецензенты:
К.г.-м.н., доцент, **Червиков Б.Г.**,
Д.г.-м.н., зам. директора по науке ООО «Актуальные технологии», **Д.В.
Булыгин**

Компьютерные технологии в геологии: учеб.-метод. пособие / Т.Р. Закиров, И.С. Нуриев, И.А. Хузин; Казанский федеральный университет. – Казань: 2015. – 168 с.

Данное издание представляет собой учебно-методическое пособие по работе с программным продуктом Petrel компании Schlumberger. Предназначено для студентов Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета, а также для студентов и аспирантов, ведущих самостоятельную научно-исследовательскую работу.

© Казанский университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ


ИНТЕРФЕЙС РАБОЧЕГО ОКНА RETREL.....	5
1. ЗАГРУЗКА ВХОДНЫХ ДАННЫХ.....	9
1.1. ЗАГРУЗКА ИНКЛИНОМЕТРИИ.....	9
1.2. ЗАГРУЗКА КООРДИНАТ СКВАЖИН.	22
1.3. ЗАГРУЗКА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ КРИВЫХ (КАРОТАЖНЫЕ ДАННЫЕ).....	26
1.4. ЗАГРУЗКА ОТМЕТОК ПЛАСТОПЕРЕСЕЧЕНИЙ СКВАЖИН (ОТБИВОК)...	35
1.5. ЗАГРУЗКА ПОВЕРХНОСТЕЙ. ВЫДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ОБЛАСТИ.....	41
1.6. ЗАГРУЗКА МОДЕЛИ РАЗЛОМОВ.....	43
2. НАСТРОЙКА ШАБЛОНОВ WELL SECTION.....	47
2.1. ОТОБРАЖЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ КАРОТАЖНЫХ КРИВЫХ В ОДНОЙ КОЛОНКЕ ОКНА WELL SECTION WINDOW.....	47
2.2. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ОКНОМ WELL SECTION.....	52
3. РАБОТА С ОТМЕТКАМИ ПЛАСТОПЕРЕСЕЧЕНИЙ (ОТБИВКАМИ).....	55
4. ФАЦИИ. РУЧНОЕ РИСОВАНИЕ ФАЦИАЛЬНОЙ КОЛОНКИ.....	62
5. СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО ОТМЕТКАМ ПЛАСТОПЕРЕСЕЧЕНИЙ СКВАЖИН. ПРОЦЕСС MAKE/EDIT SURFACE.....	68
6. СОЗДАНИЕ ПРОСТОЙ СЕТКИ. ПРОЦЕСС MAKE SIMPLE GRID И LAYERING.....	76
7. РЕДАКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ РАЗЛОМОВ. ПРОЦЕСС FAULT MODELING.....	82
8. ПРОЦЕСС STRUCTURAL FRAMEWORK. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО КАРКАСА, УЧИТЫВАЮЩЕГО РАЗЛОМЫ.....	95
9. ПРОЦЕСС FAULT MODEL FROM STRUCTURAL FRAMEWORKS. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАЗЛОМОВ ИЗ STRUCTURAL FRAMEWORK В CORNER POINT GRIDDING.....	104
10. ПРОЦЕСС STRUCTURAL GRIDDING. ПОСТРОЕНИЕ СЕТКИ НА ОСНОВЕ РАЗЛОМОВ И ПОВЕРХНОСТЕЙ, СОЗДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ STRUCTURAL FRAMEWORK.....	107
11. ПРОЦЕСС PILLAR GRIDDING. РУЧНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ СЕТКИ.....	112
12. ПРОЦЕСС MAKE HORIZONS. ВСТРАИВАНИЕ РАЗЛОМОВ В СТРУКТУРНЫЙ КАРКАС, СОЗДАНЫЙ В ПРОЦЕДУРЕ PILLAR GRIDDING.....	122
13. СОЗДАНИЕ ФАЦИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ. ПРОЦЕССЫ SCALE UP WELL LOGS И FACIES MODELING.....	125
14. НАСТРОЙКА ШАБЛОНОВ ОТОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОКНА WELL SECTION....	134
15. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПОРИСТОСТИ. ПРОЦЕСС PETROPHYSICAL MODELING.....	138
16. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ АБСОЛЮТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ.....	147
17. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ I, J И K ФИЛЬТРОВ В 3D ОКНЕ. ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ В РАЗРЕЗЕ.....	149

18. ЛОКАЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СЕТКИ. СОЗДАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТОК. СОЗДАНИЕ ПОЛИГОНОВ.....	155
19. СОЗДАНИЕ ФИЛЬТРОВ ПО ОБЪЕМУ ЯЧЕЕК И ИХ СВОЙСТВАМ.....	162
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	168

ИНТЕРФЕЙС РАБОЧЕГО ОКНА PETREL

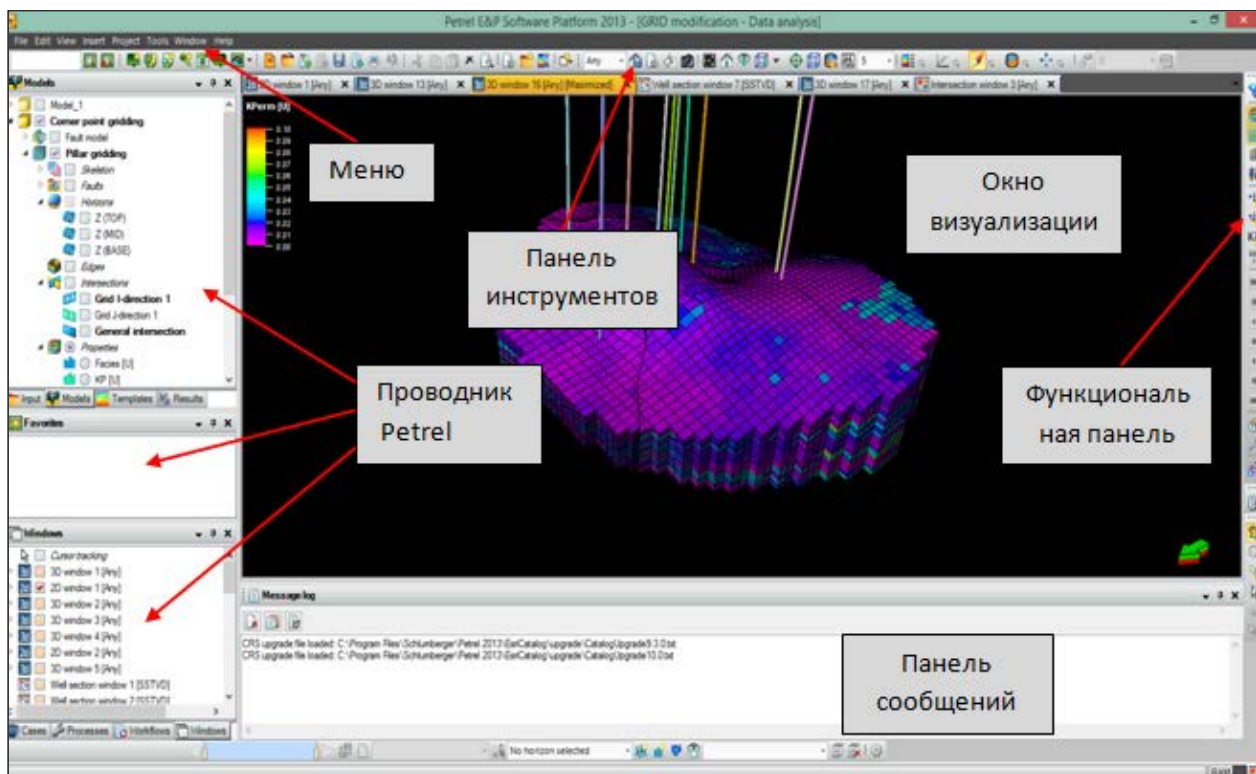
Прежде чем приступать к выполнению упражнений, необходимо познакомиться с основными компонентами рабочей области программы Petrel - ее интерфейсом.



Сделайте запуск программы, дважды кликнув по ярлыку , который находится на рабочем столе Вашего компьютера.

Перед Вами появится диалоговое окно **Net License Modules**, где необходимо выбрать интересующий вас модуль. Также у вас может быть несколько уровней лицензий. Вам нужно выбрать ту, которая поддерживает нужную вам функциональность.

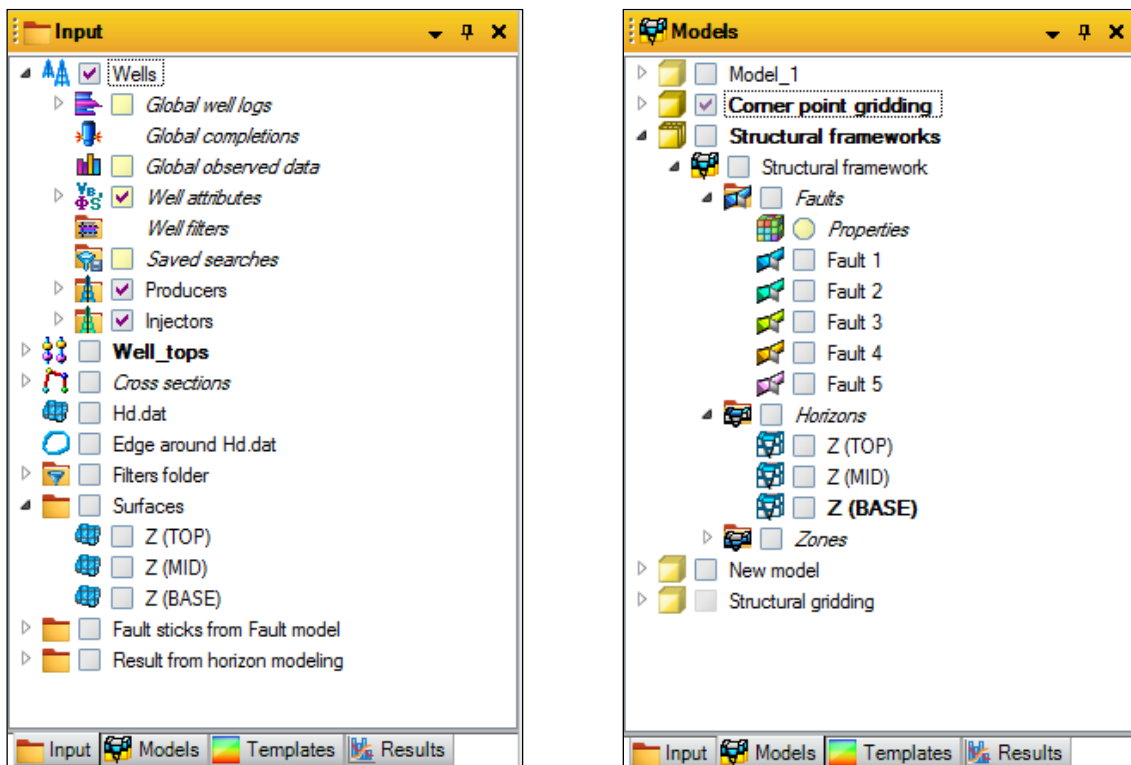
После выбора необходимых модулей откроется основное окно Petrel. Пользовательский интерфейс Petrel включает два главных окна, это панели проводника Petrel (**Petrel explorer pane**) и окно визуализации (**Display window**) с функциональной панелью (**Function bar**) справа. Доступные инструменты на функциональной панели зависят от выбранного (активного) процесса на закладке **Processes**. В верхней части окна Petrel расположены стандартные панели меню и инструментов (**Menubar** и **Toolbar**).



Рабочее окно Petrel

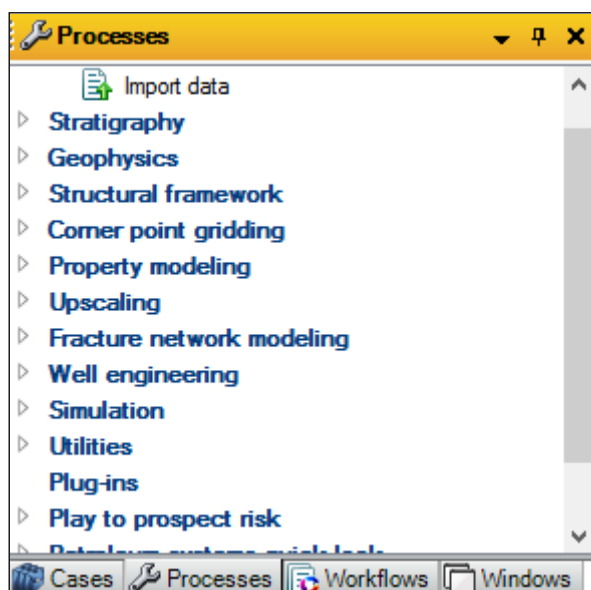
На панели **Input** хранятся данные, не относящиеся непосредственно к геологической модели, сетке и ее свойствам (пористости, проницаемости и т.д.). Например, скважины, каротажные данные, отметки пластопересечений, полигоны, функции насыщенности и модели флюида.

Все данные, связанные геологической моделью хранятся вместе с информацией о ней на закладке **Models**. Они включают в себя сетку, структурный каркас, горизонты (поверхности); поле пористости, проницаемости, фаций, нефтенасыщенности; модель разломов; локальные сетки, сечения и другие характеристики модели.



Панели Input (слева) и Models (справа).

Закладка **Processes** содержит список всех доступных в Petrel процессов и процедур. Они отсортированы в том порядке, в котором они обычно используются. И процессы, расположенные ранее, должны быть выполнены до того, как Вы получите доступ к процессам, расположенным далее по списку. Например, вы должны создать 3D грид перед тем, как захотите вставить туда горизонты, и создать модель флюида перед созданием варианта моделирования. Процессы, которые выделены серым цветом, показывают, что сначала Вы должны завершить процесс, который расположен выше по списку.



Панель Processes

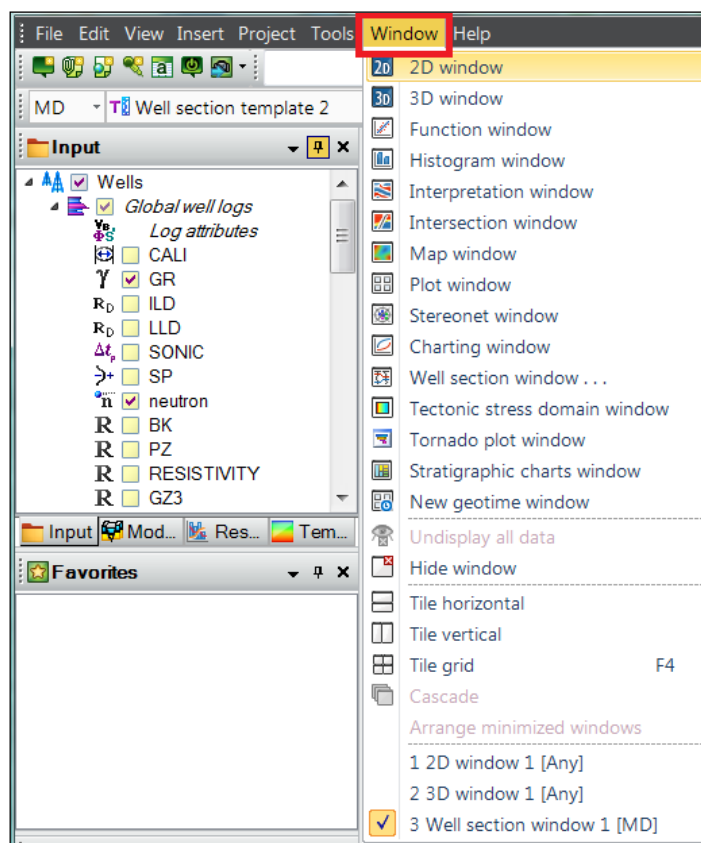
На закладке **Cases** хранятся все варианты моделирования и подсчета запасов. Кубы свойств, полученные в ходе моделирования (например, давления, насыщенности (SOIL, SWAT, SGAS)), хранятся на закладке **Results**.

Закладка **Workflows** хранит рабочие процессы, созданные при помощи **Workflow editor** или **Uncertainty workflow editor**.

Закладка **Windows** содержит список всех окон и их настройки.

Как и в большинстве компьютерных программ, панель меню содержит стандартные вкладки **File, Edit, View** и т.д. Все иконки в **ToolBar** имеют описательный текст, который появляется при наведении мыши на иконку.

Из раздела **Window** на панели меню можно открывать различные окна для визуализации данных. Для открытия нового окна нажмите левой кнопкой мыши по разделу **Window** на панели меню и выберите нужный тип окна.



Различные виды окон визуализации

1. **2D window** – позволяет просматривать данные в двумерном пространстве (устья скважин, структурные поверхности, отбивки и т.д.)
2. **3D window** – отображает те же данные что и 2Dокно, но в трехмерном пространстве
3. **Function window**– предназначено для отображения графиков функций и свойств
4. **Histogram window**– позволяет просматривать гистограммы, построенные по какому-либо свойству
5. **Interpretation window**– используется для интерпретации данных, например сейсмических разрезов
6. **Intersection window**– отображает разрезы кубов свойств и прочих объектов

7. **Map window** – используется для оформления карт
8. **Plot window**– используется для размещения нескольких типов данных на одном листе и для вывода данных на печать
9. **Charting window**– используется для вывода графиков (дебиты по нефти, воде и газу, пластовое давление, накопленная добыча и т.д.)
10. **Well section window**– используется для просмотра каротажных кривых и прочей информации по скважинам, а так же проведения для корреляции
11. **Tornado plot window**– используется для просмотра торнадо плота, позволяющего оценить степень влияния отдельных свойств на расчёты по модели
12. **Stratigraphic charts window** – предназначено для отображения стратиграфической шкалы
13. **New geotime window** – используется для отображения одномерных расчетов (1D simulation), например обстановки осадконакопления

1. ЗАГРУЗКА ВХОДНЫХ ДАННЫХ

Построение любой геологической модели начинается с загрузки в программный модуль входных данных: координат скважин, их инклинометрии, каротажных сведений по скважинам, уровней отбивок скважин, внешней границы исследуемой области (при условии, что это представляется возможным). В данном упражнении показано, каким образом загружаются описываемые данные в программу Petrel, а также изучаются различные тонкости и особенности при данном процессе.

1.1. ЗАГРУЗКА КООРДИНАТ СКВАЖИН

Наиболее простой способ (хотя при построении геологической модели очень грубый) ввода скважин - это описать их в виде вертикальных стволов.

Нажмите правой клавишей мышки по вкладке **Input** и выберите **Import File** (рис.1.1):

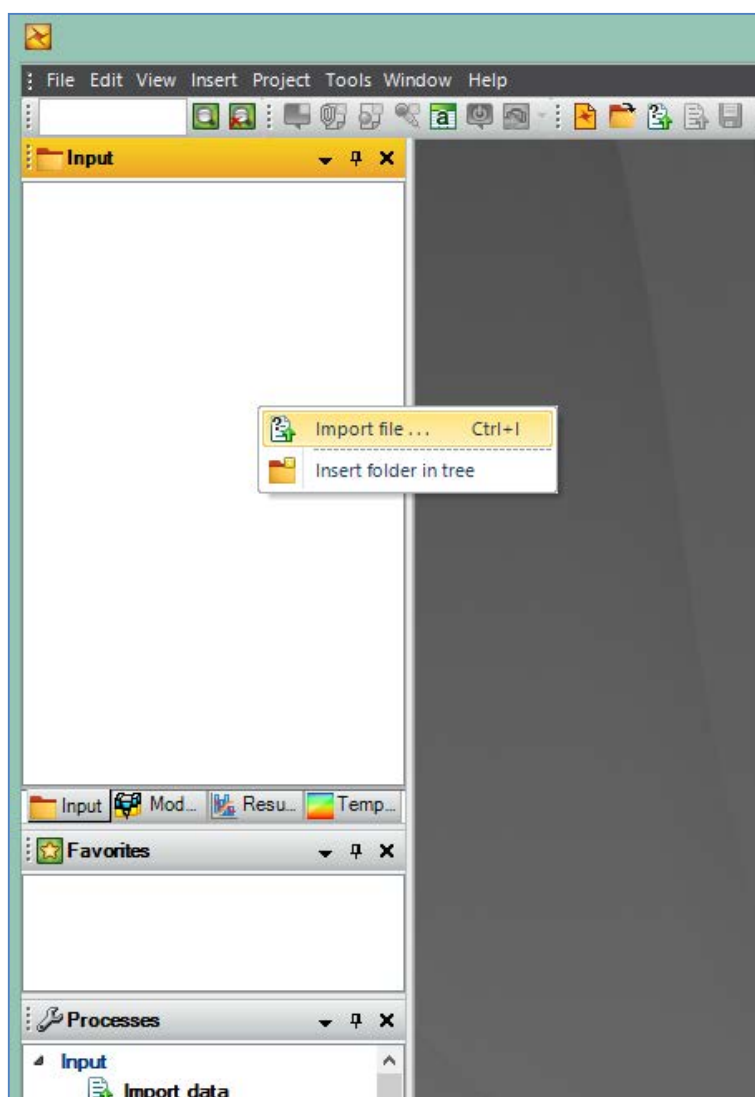


Рис.1.1.

В открывшемся диалоговом окне выберите директорию **D > Student_Education > Petrel > Input**. В разделе **Тип файлов** предложено множество форматов для загрузки входных данных. Для того, чтобы Petrel распознал загружаемый файл, как файл, содержащий

координаты скважин на плоскости XY (то есть в случаях, когда траектория ствола не зависит от координаты Z), необходимо выбрать тип файлов **Well heads(*,*)** (рис.1.2).

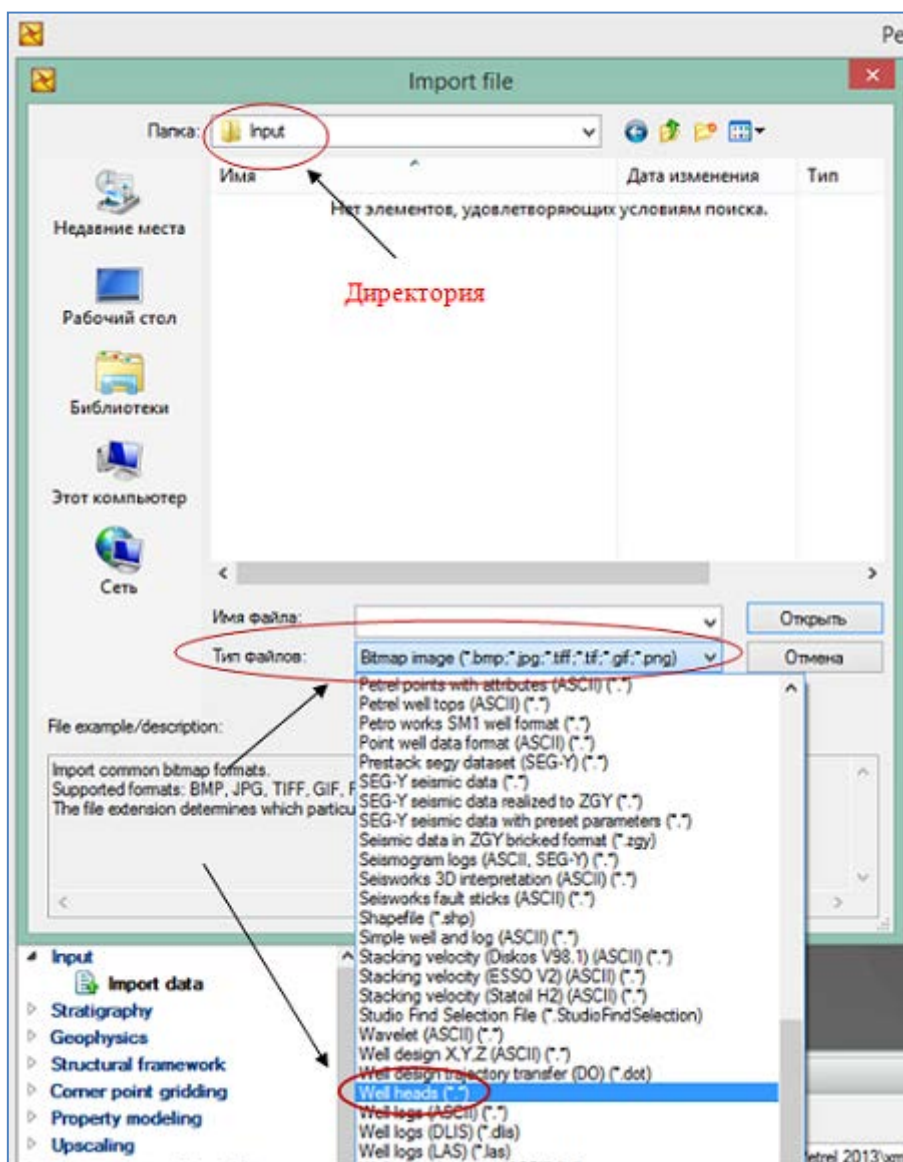


Рис.1.2.

Выбрав данный тип разрешения видно, что текстовый файл **Well_heads** из директории **Input** соответствует данному формату данных (рис.1.3). Нажмите **Открыть**.

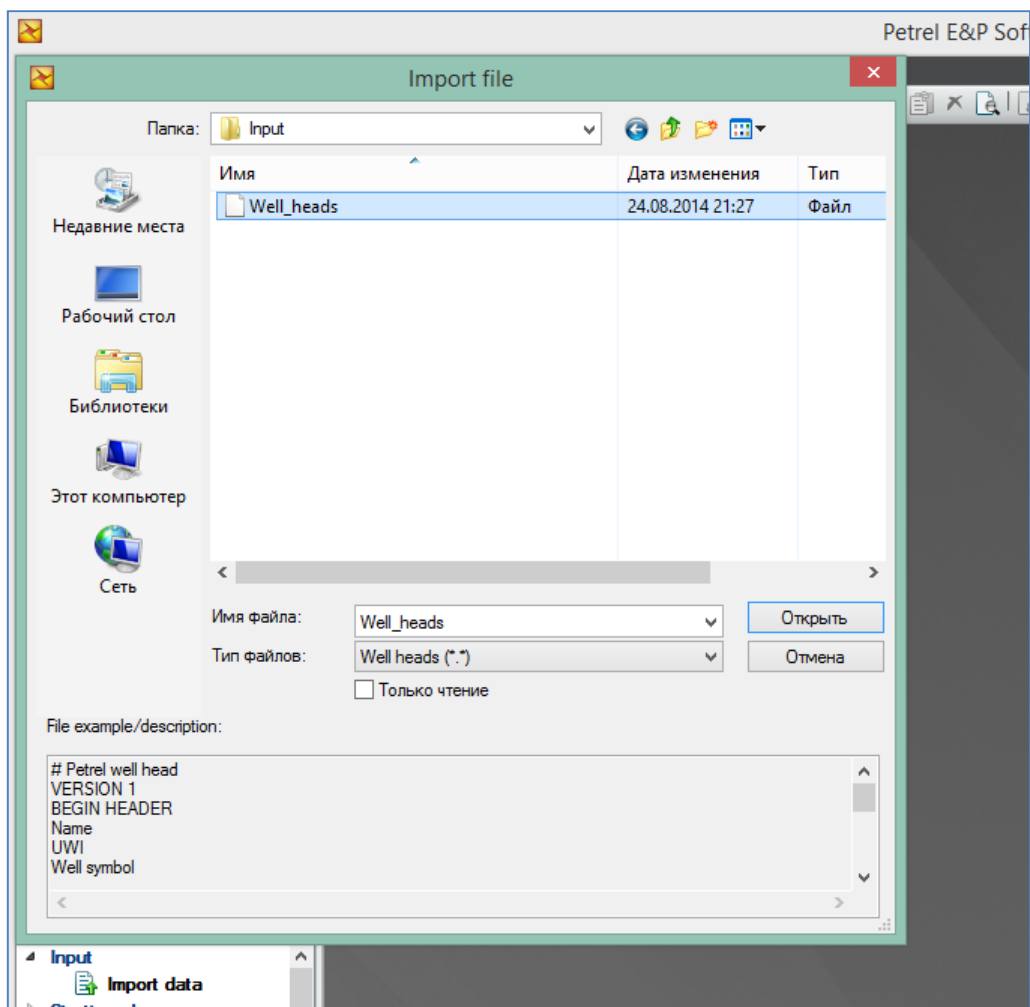


Рис.1.3.

В открывшемся диалоговом окне вы можете выбрать систему координат для проекта (**Select CRS...**), либо продолжить работу без привязки (**Continue spatially unaware**) - **рис.1.4** (рекомендуется выбирать **Continue spatially unaware**).

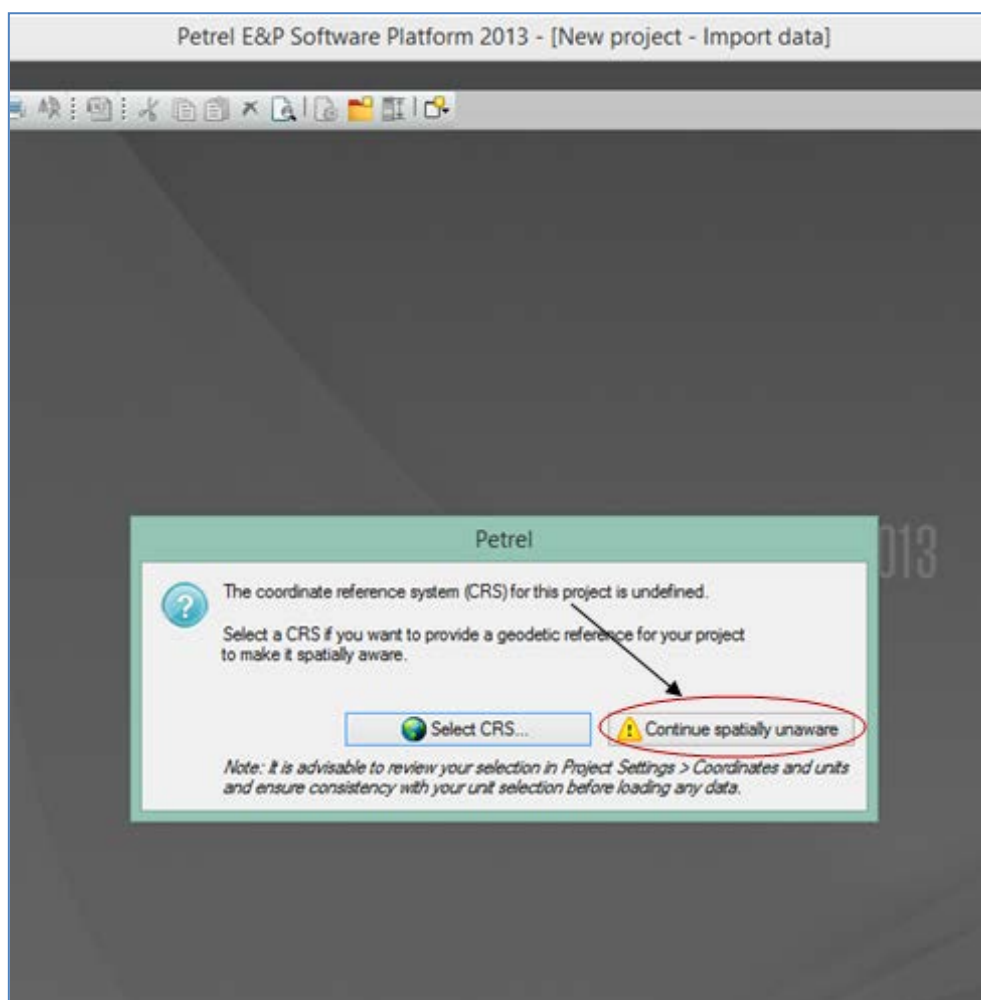


Рис.1.4.

В результате должно появиться диалоговое окно, такое как на **рис.1.5**. Для того, чтобы разобраться в структуре данных, представленных в диалоговом окне, показанном на **рис.1.5**, параллельно откройте файл **Well_heads** из директории > **Input** при помощи любого текстового редактора, (например, **Блокнот**) - **рис.1.6**. Рекомендуется обратить внимание на структуру загружаемого файла и то, каким образом он считывается программой Petrel. Так, видно, что файл **Well_heads** содержит: имя скважины (**Name**), координату по оси X и оси Y (**Surface X** и **Surface Y**), начало отсчета измерения глубины - верхнюю точку скважины (**Offset**) и расстояние, отсчитанное от **Offset** - **TD(MD)**, т.е. абсолютную длину ствола. Если **Offset** для скважины "P1" составляет 223.7 м, а длина ствола **TD(MD)** - 1750.0 м, то предельная глубина бурения данной скважины составляет: $223.7 - 1750.0 = -1526$ м (если ось Z направлена вверх).

Во вкладке **Header Info** в нижней части **рис.1.5** возможно «пролистать» исходный текстовый файл. Убедившись, что содержимое файла **Well_heads** и то, что загружено и сопоставлено программой Petrel, совпадают, нажмите **OK for all**.

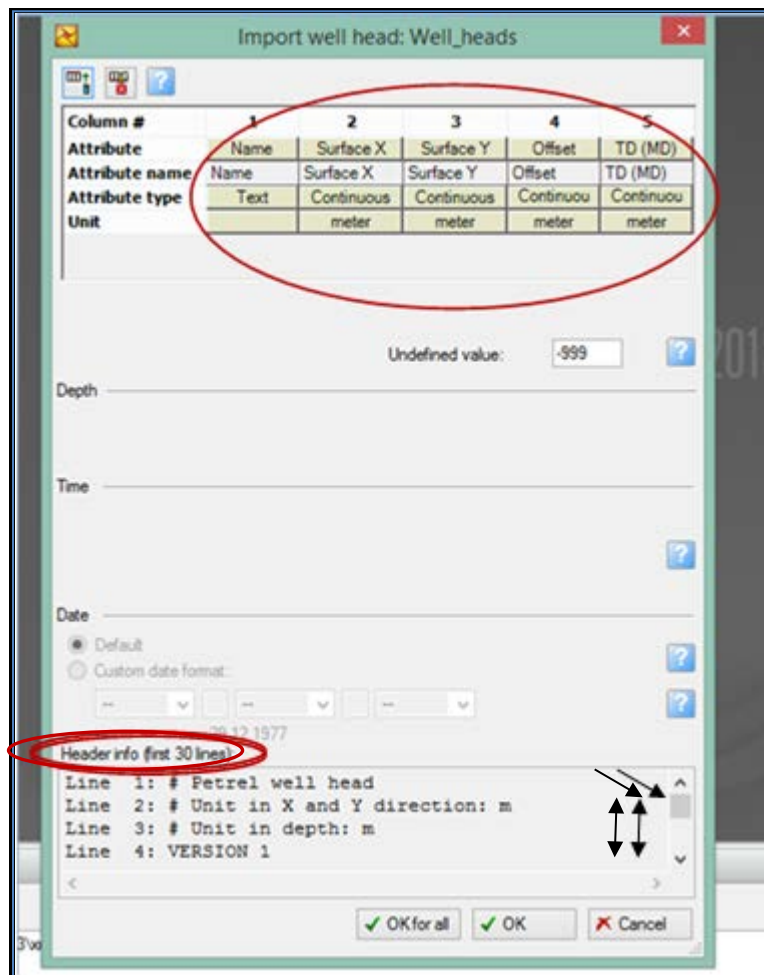


Рис.1.5.

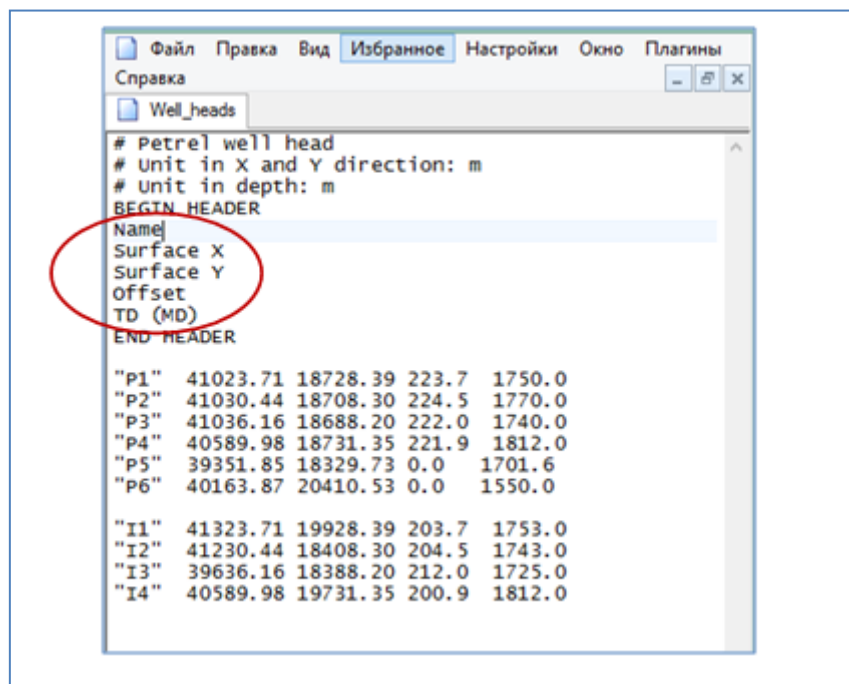


Рис.1.6.

В появившемся диалоговом окне (рис.1.7) предлагается выбрать имена для обозначения скважин и их свойств (об этом позднее). Рекомендуется оставить имена по умолчанию. Также в данном окне показано минимальное и максимальное значение области координат скважин в горизонтальной плоскости (X range и Y range); исследовав данное окно, нажмите **OK for all**.

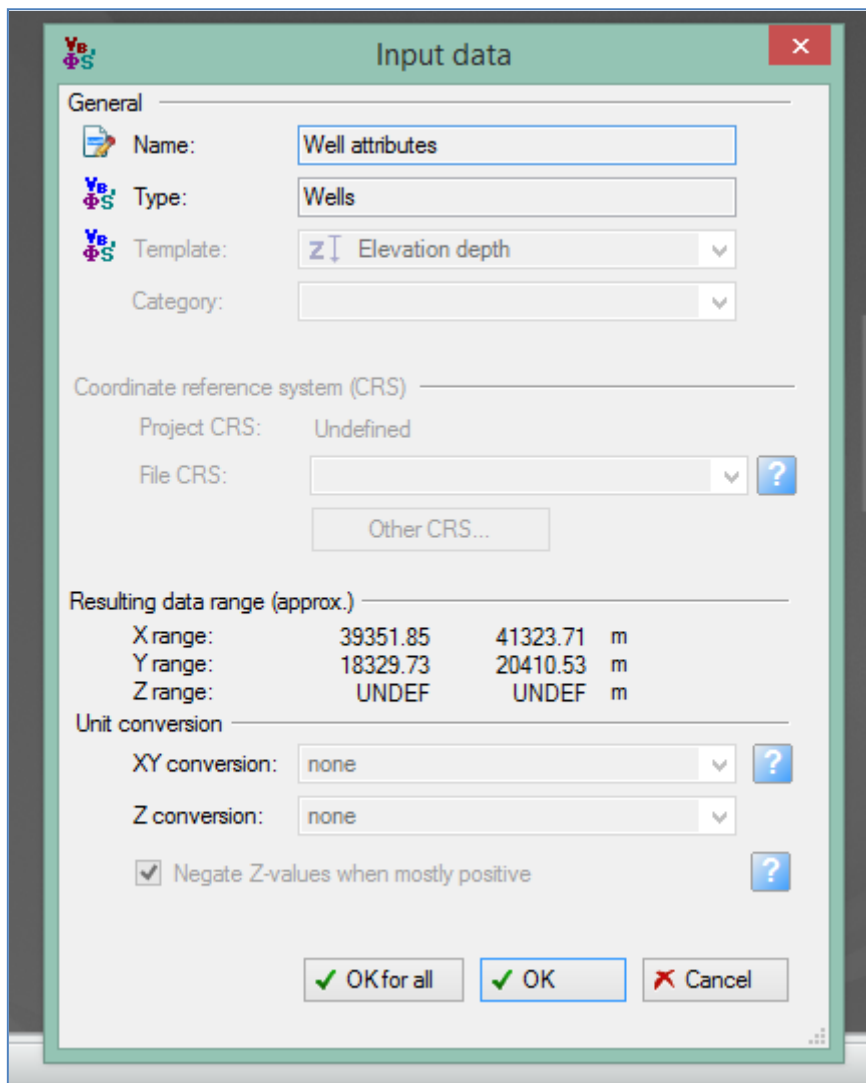


Рис.1.7.

Загруженные скважины отобразились во вкладке **Input** (рис.1.8).

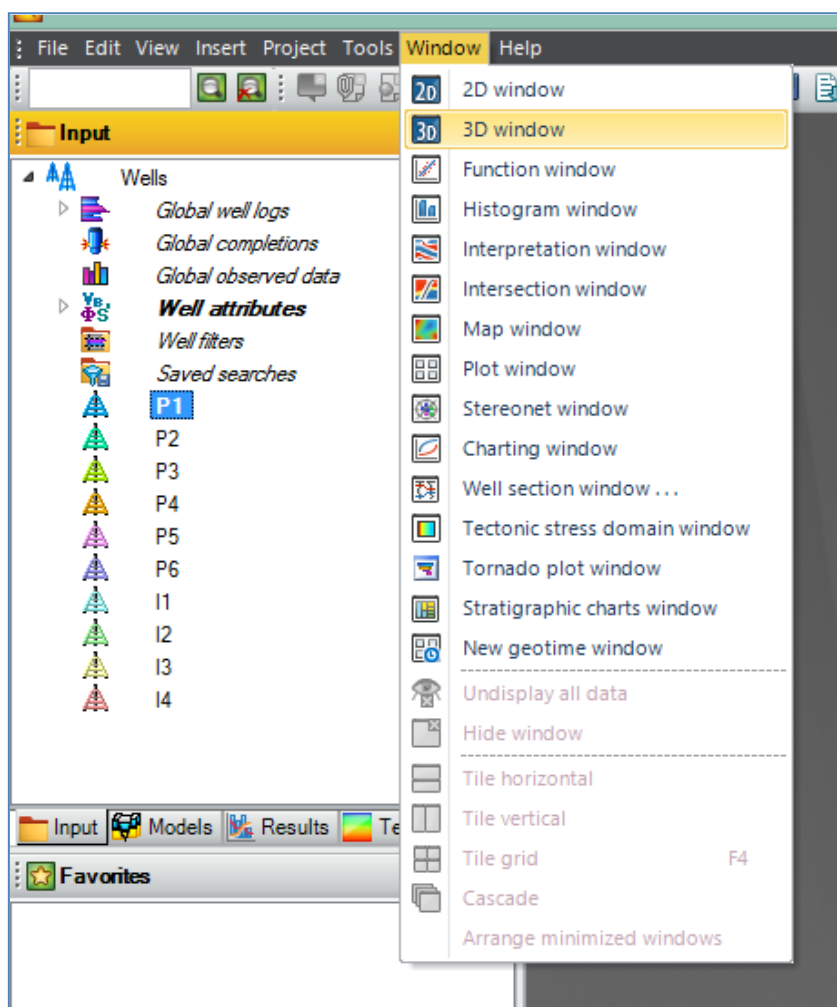





Рис.1.8.

Отображение скважин в 3D и 2D окнах

В Petrel имеется богатый инструментарий для визуализации полученных данных и моделей. Для того, чтобы отобразить скважины в трехмерном виде, откройте вкладку **Window** (рис.1.8), выберите **3D window**. Затем нажмите на окошко около вкладки **Wells** в окне **Input** (рис.1.9). Скважины отобразятся в **3D window**. Вы также можете "удалить" любую из скважин в 3D окне, убрав галочку из окошка возле этой скважины (рис.1.9).

Чтобы отобразить систему координат нажмите на иконку  (**show/hide axis**), которая расположена на панели инструментов скважины (рис.1.9). Если необходимо указать направление компаса, кликните мышкой по иконке  (**show/hide compass**) (рис.1.9). Для отмены любой из этих опций, следует нажать на иконку еще раз.

На панели инструментов, что расположена в крайней правой области окна Petrel (рис.1.10), нажмите на иконку  (**Viewing mode**) для того, чтобы вращать рисунок в любых направлениях. Если необходимо "переместить" рисунок без вращения, удерживайте клавишу **Shift**, а при помощи мышки двигайте рисунок.

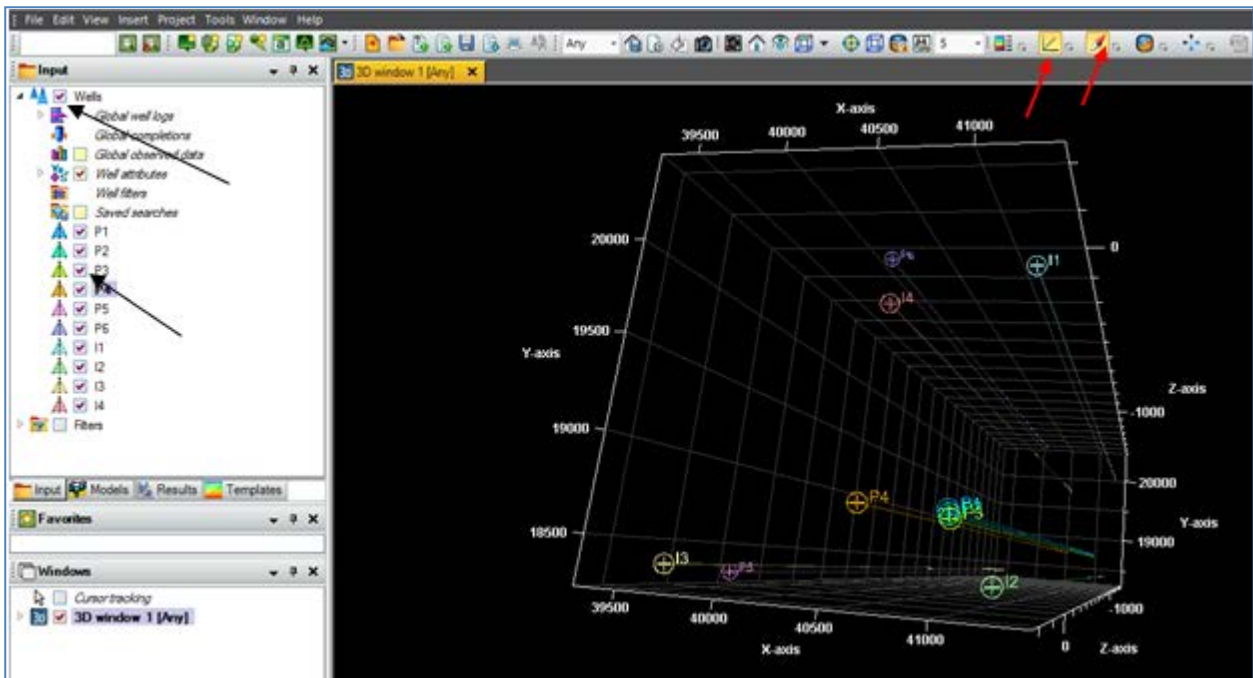


Рис.1.9.

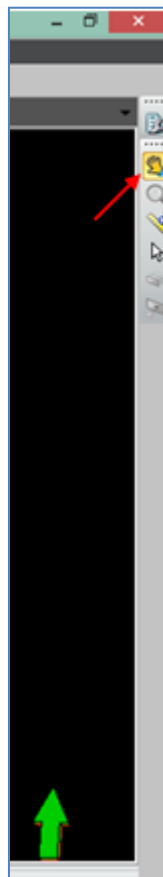


Рис.1.10.

Обратите внимание на панель **Windows** в левой нижней части вашего экрана (рис.1.11). Все отображаемые окна визуализации данных отражаются на этой вкладке.

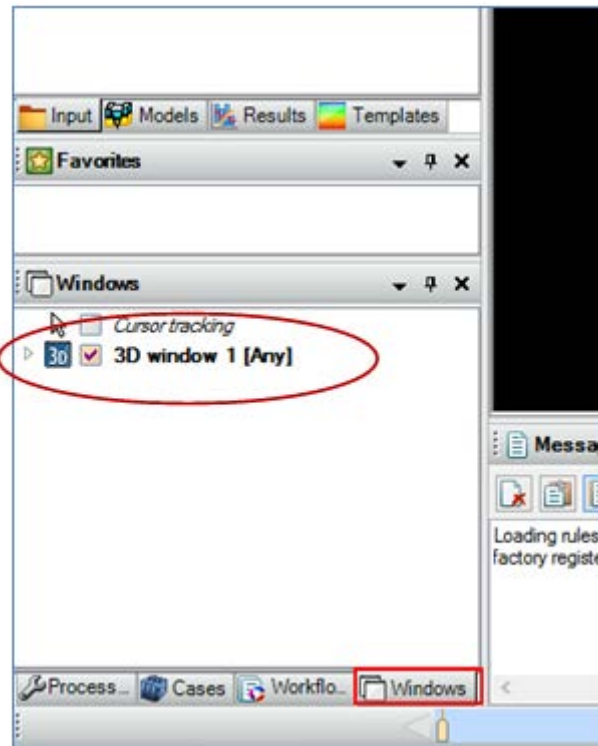


Рис.1.11.

Нажмите правой клавишей на **3D window 1 [Any]** и выберите опцию **Show settings**. В появившемся диалоговом окне, перейдя на вкладку **Info** (рис.1.12), возможно редактировать имя окна (поле **Name**), цвет заднего фона (поле **Color**). Самостоятельно откройте вкладку **Statistics** в данном диалоговом окне и изучите ее.

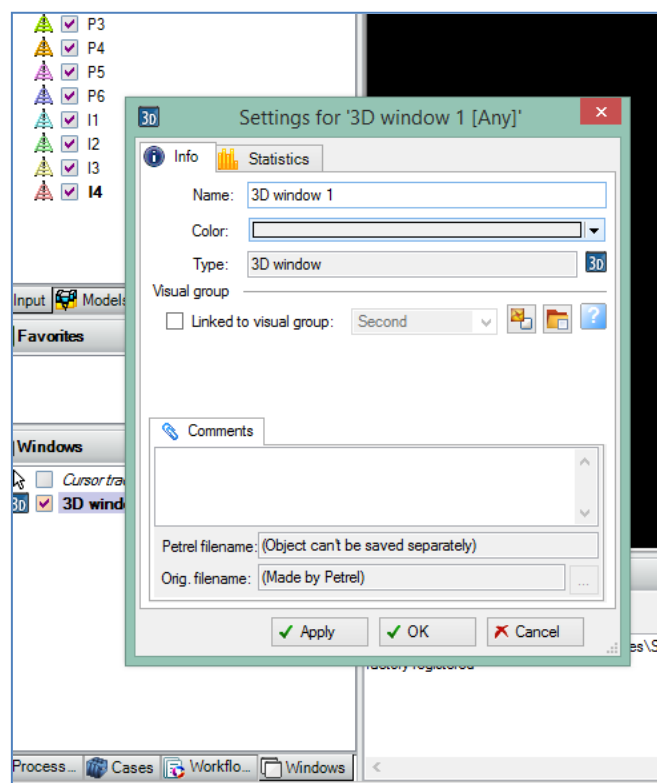


Рис.1.12.

Т.к. в данном упражнении мы задаем лишь координаты скважин на плоскости, т.е. вертикальные стволы, зачастую бывает удобным отображать их в 2D окне. Для этого кликните по вкладке **Window**, (как на **рис.1.8**), и выберите **2D window**. Нажмите на флажок около **Wells** (**рис.1.13**), все скважины отобразятся в вашем двухмерном окне визуализации (рекомендуется использовать иконки, описанные выше).

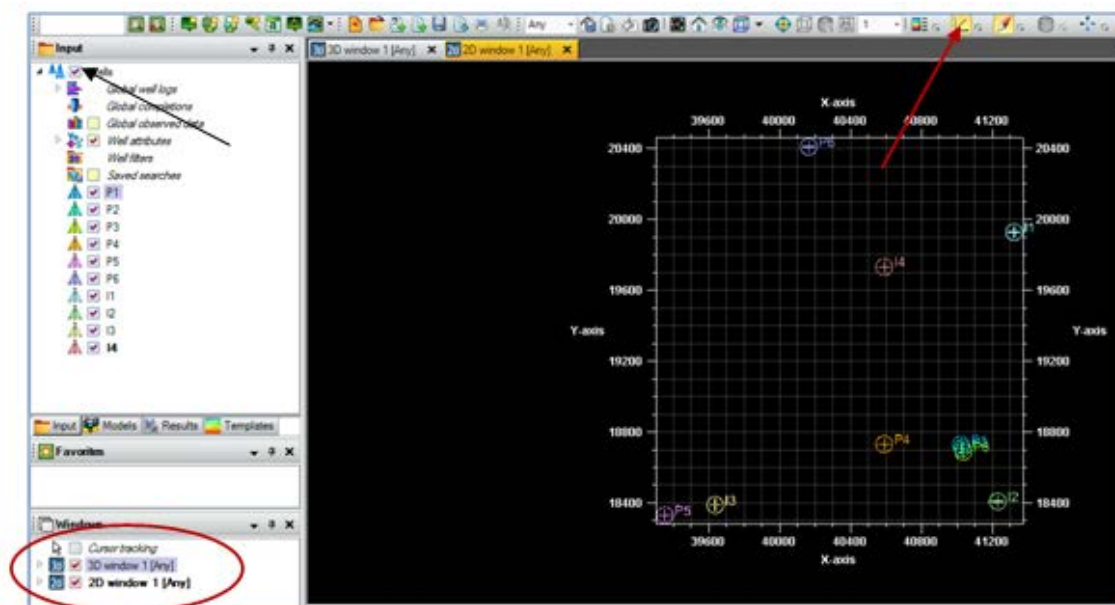


Рис.1.13.

Обратите внимание, что окно визуализации **2D window 1 [Any]** отобразилось на панели **Windows** (**рис.1.14**).

ВАЖНО: ВСЕ АКТИВНЫЕ ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ, МОДЕЛИ, ПРОЦЕССЫ, ОКНА ВЫДЕЛЕНЫ ЖИРНЫМ ЦВЕТOM!!!

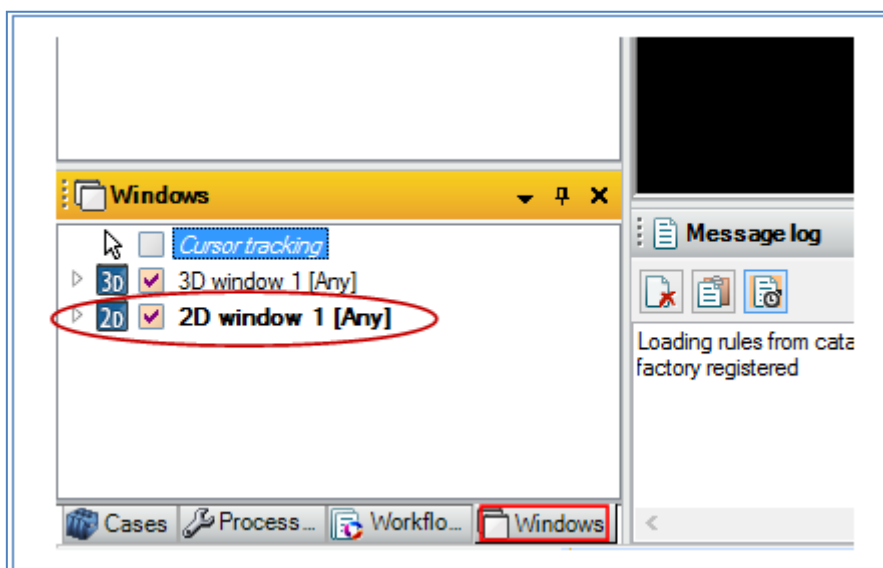


Рис.1.14.

Зачастую бывает необходимо поменять имя скважины или цвет ствола. Для этого кликните правой клавишей мышки по любой из скважин, расположенных на панели **Input**, и выберите

Show settings. В открывшемся диалоговом окне, перейдите на вкладку **Info** (рис.1.15); в поле **Name** можно поменять имя скважины, а в поле **Color** - цвет стола.

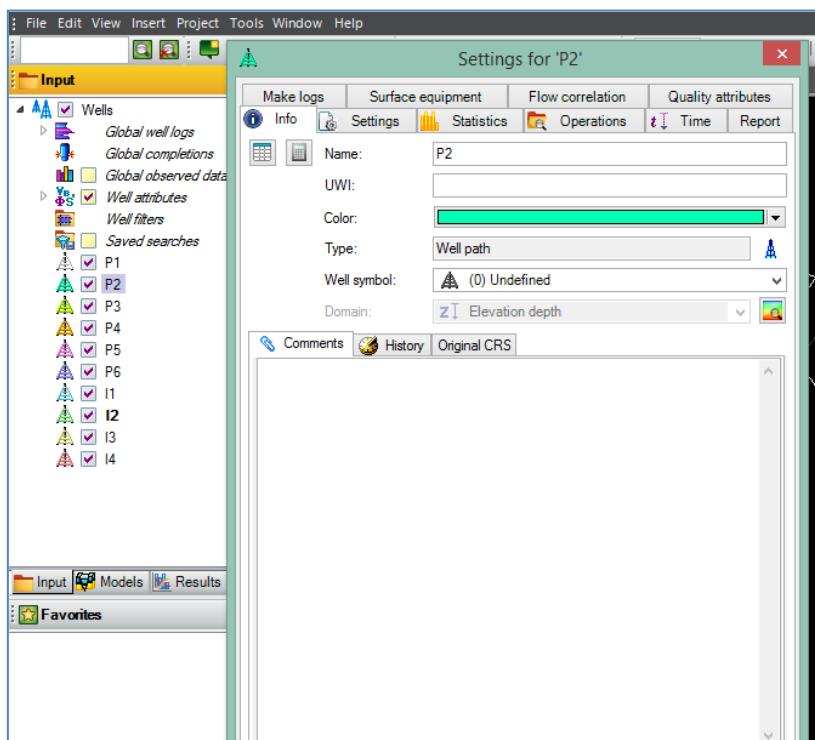


Рис.1.15.

Перейдите на вкладки **Settings** и **Statistics** в окне, изображенном на рис.1.15 и самостоятельно разберитесь в их назначении.

Создание папок для сортировки скважин на панели **Input**

В представленном проекте загружены как добывающие скважины, начинающиеся символом "P", так и нагнетательные - с символом "I". Для сортировки скважин по папкам кликните правой клавишей мышки по вкладке **Wells** на панели **Input** и выберите **Insert folder** (рис.1.16).

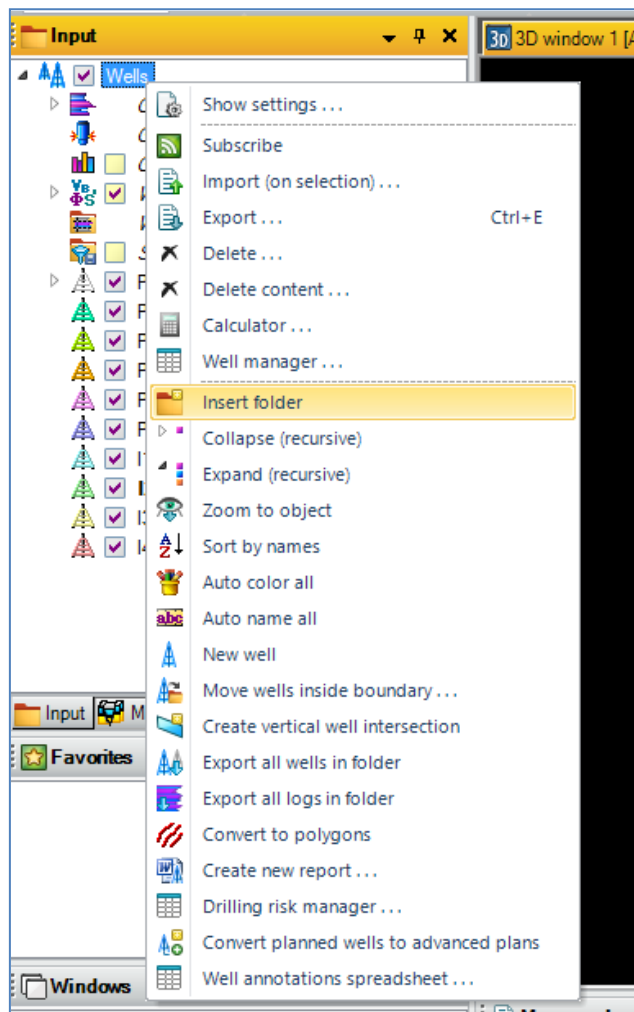


Рис.1.16.

На панели **Input** внутри вкладки **Wells** появится новая папка **Web sub folder 1** (рис.1.17). Переименуйте ее, для этого кликните по ней правой клавишей, выберите **Show settings**, и во вкладке **Info** наберите **Producers** (рис.1.18). Нажмите **OK**.

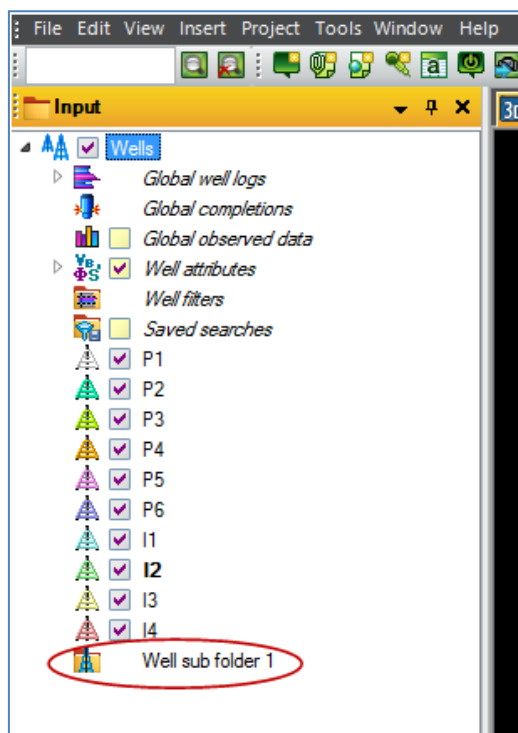


Рис.1.17.

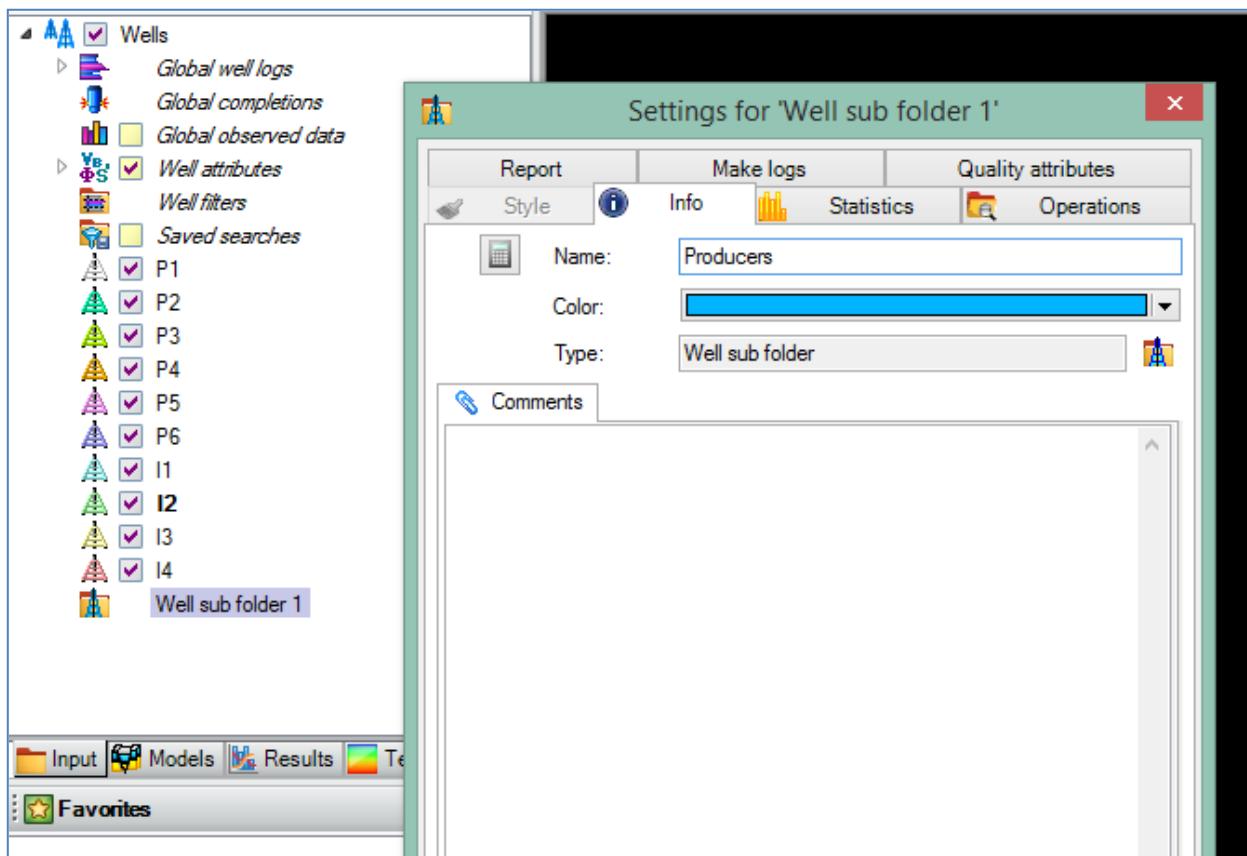


Рис.1.18.

Теперь «перетащите» все скважины с символом "P" в данную папку.
Повторите данную процедуру, создав еще одну папку с именем **Injectors**. Перетащите все скважины с символом "I" в эту папку.
В результате, должно получиться так, как на **рис.1.19**.

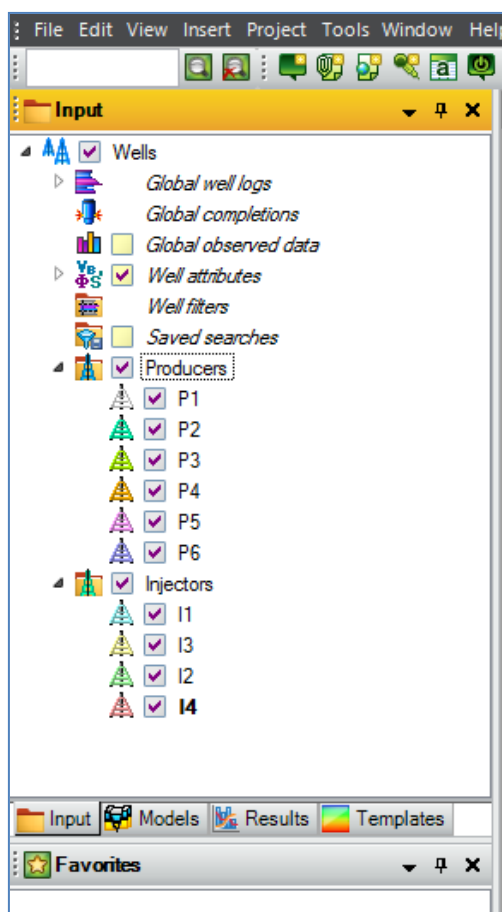


Рис.1.19.

1.2. ЗАГРУЗКА ИНКЛИНОМЕТРИИ

В предыдущем разделе были загружены координаты вертикальных стволов скважин. Как правило, траектория скважин по оси Z бывает отклоняющейся от вертикального направления. В Petrel существуют различные варианты представления инклинометрических данных.

1) MD, INCL, AZ.

Относительная Глубина MD, то есть на расстояние от устья скважины до текущей точки в метрах.

Угол INCL – столбец указывает угол наклона скважины относительно уровня моря. Указывается в градусах или в радианах (проще говоря, θ в сферической системе координат).

Магнитный азимут AZ - столбец указывает угол между направлением скважины и направлением на магнитный полюс в горизонтальной плоскости. Указывается в градусах или в радианах (угол φ в сферической системе координат).

2) DX, DY, TVD

Смещение от вертикали по оси X - DX (+Восток – Запад) – столбец указывает на смещение ствола скважины в направлении X. Положительное значение указывает на смещение в восточном направлении, отрицательное – на смещение в западном.

Смещение от вертикали по оси Y - DY (+Север – Юг) – столбец указывает на смещение ствола скважины в направлении Y. Положительное значение указывает на смещение в северном направлении, отрицательное – на смещение в южном.

Абсолютная глубина TVD - столбец указывает на абсолютную координату скважины по оси Z.

3) X, Y, Z (X, Y, TVD)

Все столбцы указывают реальные координаты скважин в абсолютных величинах.

Для того, чтобы загрузить инклинометрические данные, кликните правой клавишей по вкладке **Wells** на панели **Input** и выберите **Import (on selection)**. В открывшемся диалоговом окне выберите папку **D > Student_Education > Petrel > Input > Incl** и тип файлов **Well path/deviation (ASCII) (*.*)** (рис.1.20). Выберите все предложенные скважины и нажмите **Открыть**.

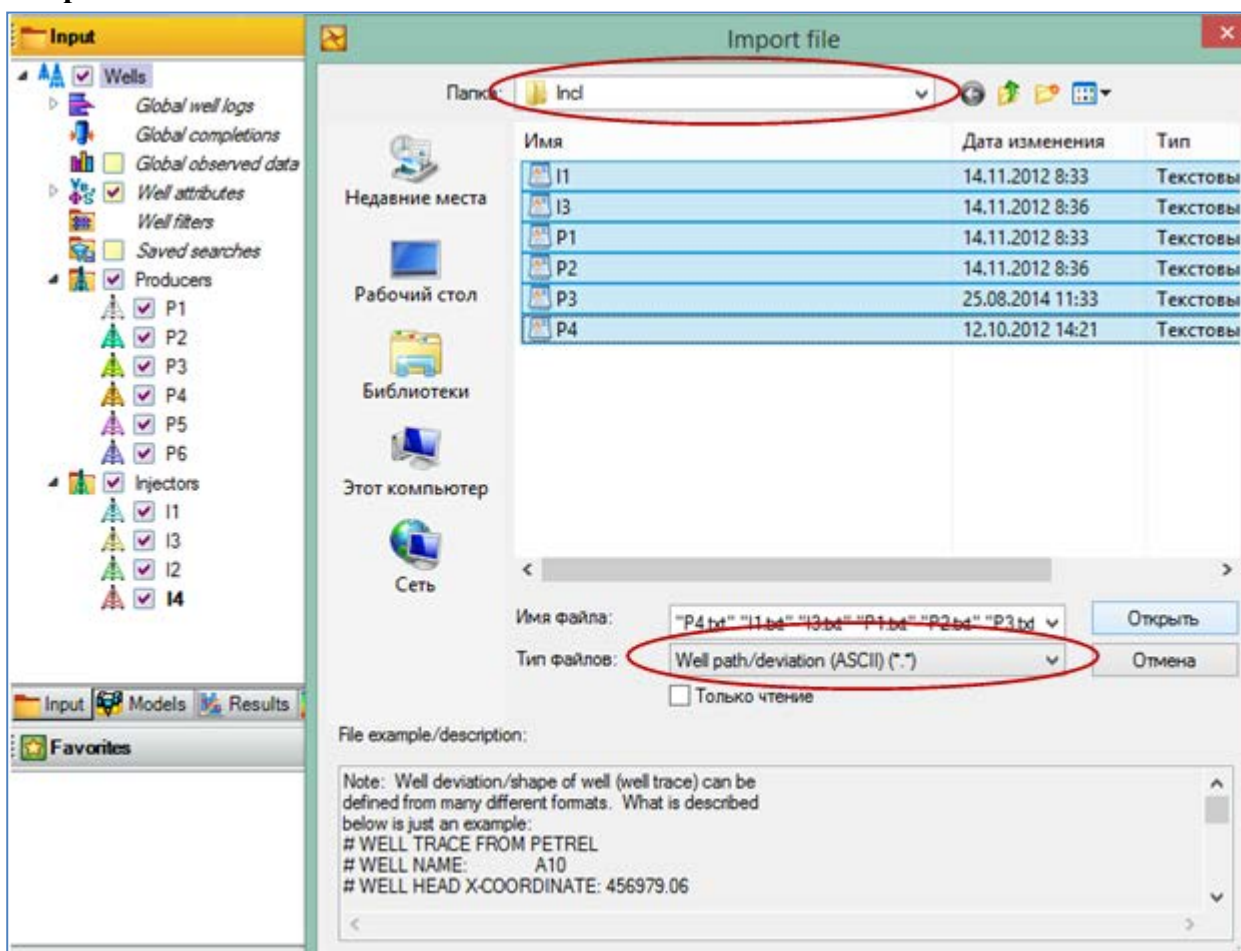


Рис.1.20.

В появившемся диалоговом окне нажмите **ОК**. В результате должно появиться следующая панель (рис.1.21). В зависимости от того в каком формате представлены инклинометрические данные, предлагается выбрать один из предлагаемых. Для того, чтобы выбрать формат инклинометрии, откроем в текстовом редакторе один из загрузочных файлов, например "P1.txt" из папки Incl, (рис.1.22). Можно заметить, что из множества представленных столбцов, **значимыми** для загрузки являются столбцы 1, 2 и 3, характеризующие MD, INCL и AZ. (Заметим, что можно воспользоваться опцией **Header info** и не открывать вручную файл "P1.txt".)

Выяснив формат для загрузки, в диалоговом окне (рис.1.21) выбираем **MD, INCL, AZ** и номера столбцов из текстового файла, соответствующие данным параметрам. Если столбцы в текстовом файле представлены в каком то другом порядке, то каждому инклинометрическому параметру можно сопоставить соответствующий столбец со своим номером. Заканчиваем процедуру нажатием на **OK for all**.

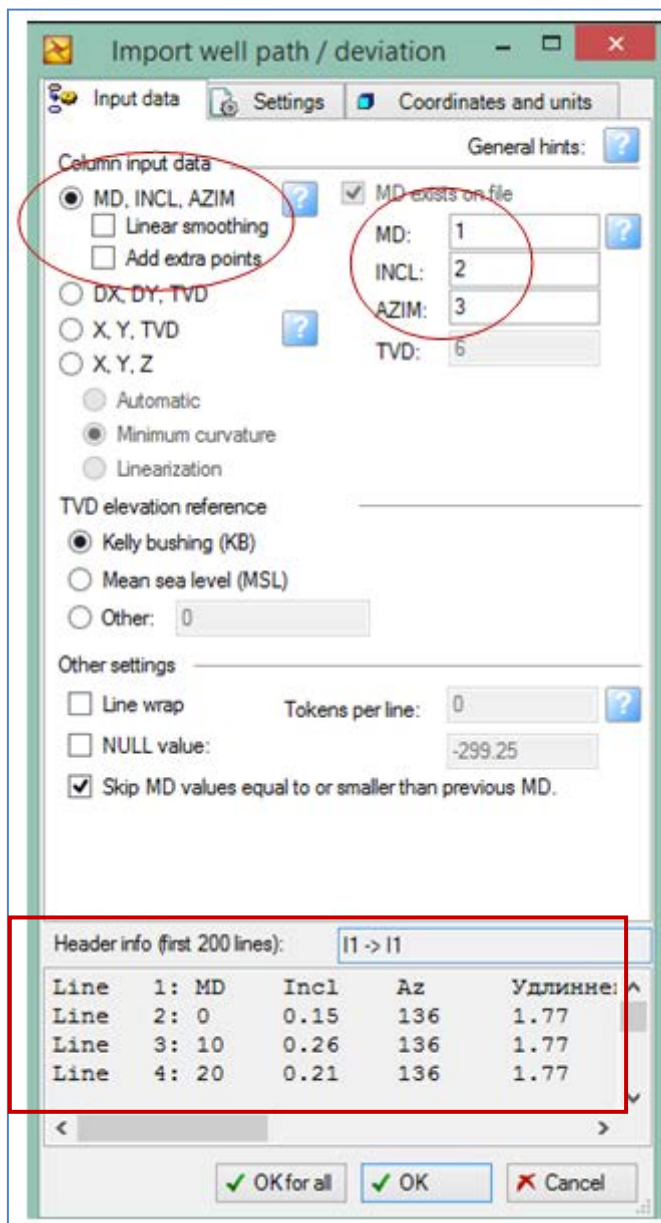


Рис.1.21.

MD	Incl	Az	Удлинение		Абс. Глубина		смещение	
0	0.15	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
10	0.26	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
20	0.21	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
30	0.14	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
40	0.15	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
50	0.19	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
60	0.23	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
70	0.26	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
80	0.39	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
90	0.56	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
100	1.12	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
110	1.28	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
120	1.54	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
130	2.22	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
140	2.51	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
150	3.18	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
160	3.55	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
170	4.33	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0
180	5.12	136	1.77	-84.5	0	147.5	0	0

Рис.1.22.

Чаще всего бывает, что невозможно загрузить данные для всех скважин одновременно, т.к. могут не совпадать форматы представления данных или порядок расположения значимых столбцов. Чтобы загрузить любые данные по каждой скважине, кликните правой клавишей мышки по скважине во вкладке **Wells** на панели **Input** и выберите **Import (on selection)**. Дальнейшая процедура загрузки повторяет методику, описанную выше.

Создайте новое окно визуализации (Window - 3D Window) и отобразите все скважины с новыми траекториями. Обратите внимание, что скважины, для которых были загружены инклинометрические данные, немного «искривлены» по оси Z (рис.1.23).

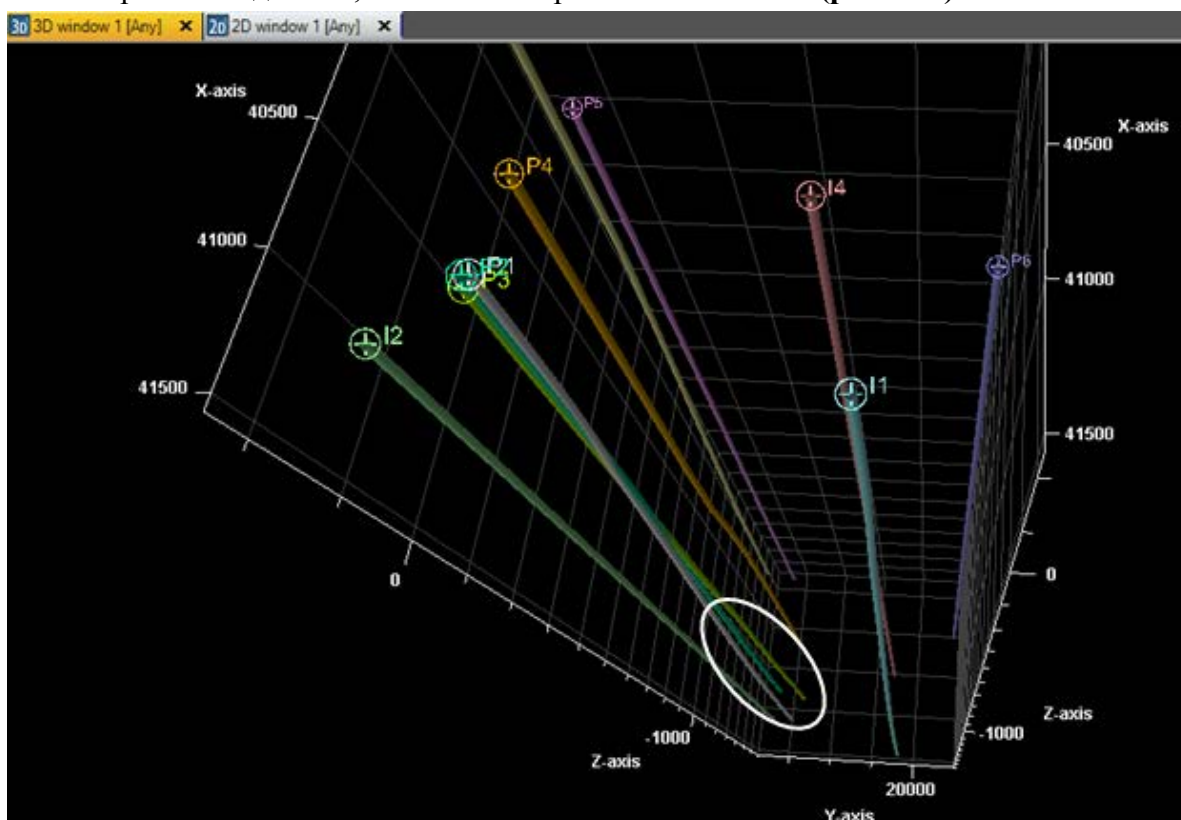


Рис.1.23.

1.3. ЗАГРУЗКА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ КРИВЫХ (КАРОТАЖНЫЕ ДАННЫЕ)

Геофизические кривые являются одними из наиболее важных сведений для построения геологической модели. Каротажные данные служат основой для построения различного вида полей - пористости, проницаемости, нефтенасыщенности, фаций. В любых средах для разработки геологической модели данные поля и профили строятся на основе различных математических методов, включающих в себя методы интерполяции данных. Опорными точками для такого вида математических операций служат геофизические кривые.

Файл, содержащий информацию о каротажных данных, имеет общепринятый формат *Las. Структура таких файлов представлена на **рис.1.24**.

The diagram illustrates the structure of a LAS file with the following sections and labels:

- Версия** (Version) points to the `~Version information` section.
- Информация о скважине** (Well information) points to the `~Well information` section.
- Информация о кривых** (Curve information) points to the `~Curve information` section.
- Информация о параметрах** (Parameter information block) points to the `~Parameter information block` section.
- Цифровые данные по скважине** (Digital data) points to the `~A Depth` data block.

```
~Version information
VERS.                1.20: CWLS LAS - VERSION 1.20
WRAP.                NO: One line per depth step

~Well information
# MNEM.UNIT          DATA TYPE INFORMATION
# =====:=====
STRT.M              1756.00 :
STOP.M              1832.00 :
STEP.M              0.20 :
NULL.               -9999.00: Null values
COMP.               COMPANY:
WELL.               WELL:
FLD.                FIELD:
FLDN.               FIELD NAME :
LOC.                LOCATION:
CNTY.               COUNTY:
STAT.               STATE:
CTRY.               COUNTRY:
SRVC.               SERVICE COMPANY:
DATE.               LOG DATE: 9/13/2001
TIME.               LOG TIME: 8:58
METD.               METHOD: DS

~Curve information
# MNEM.UNIT          API CODE CURVE DESCRIPTION
# =====:=====
DEPTH.M             :
DS                  :

~Parameter information block
# MNEM.UNIT          VALUE DESCRIPTION
# =====:=====

~Other information
# ----- REMARKS AREA -----
# =====

~A Depth            DS
1756.00            0.215
1756.20            0.215
1756.40            0.215
1756.60            0.215
1756.80            0.215
1757.00            0.215
1757.20            0.216
1757.40            0.223
```

Пример LAS файла.

Рис.1.24.

Рассмотрим особенности загрузки каротажных данных скважин. Щелкните правой кнопкой мышки по полю на панели **Input** и выберите **Import file**. В открывшемся диалоговом окне (**рис.1.25**) выберите папку **D > Student_Education > Petrel > Input > Las** и тип файлов **Well logs (LAS) (*.las)**. Выделите файлы для всех скважин и нажмите **Открыть**.

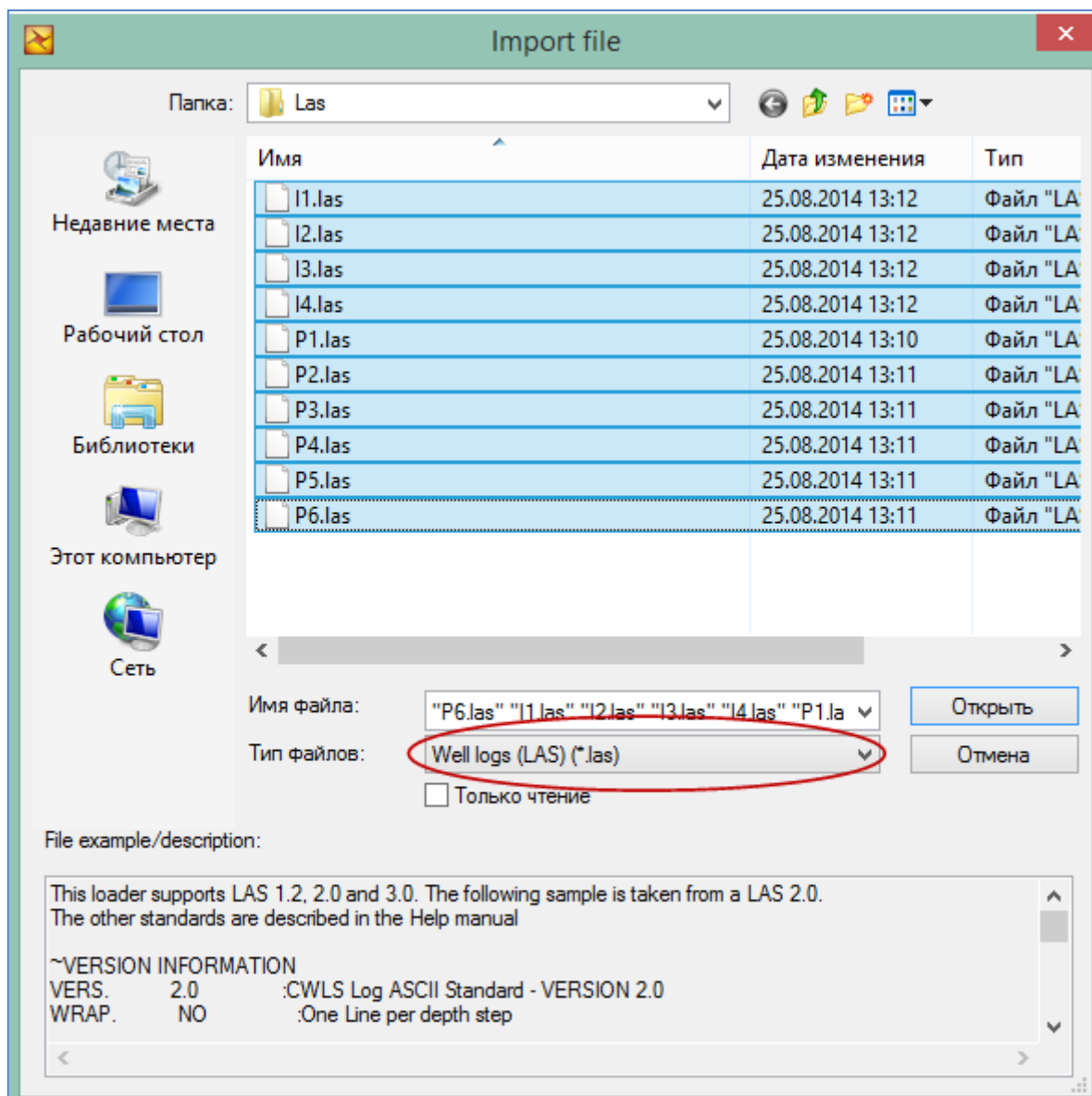


Рис.1.25.

В следующем диалоговом окне нажмите **ОК**. В результате должна появиться следующая панель (рис.1.26). Выбираем метод автоматической загрузки данных **Automatic** и нажимаем **OK for all**.

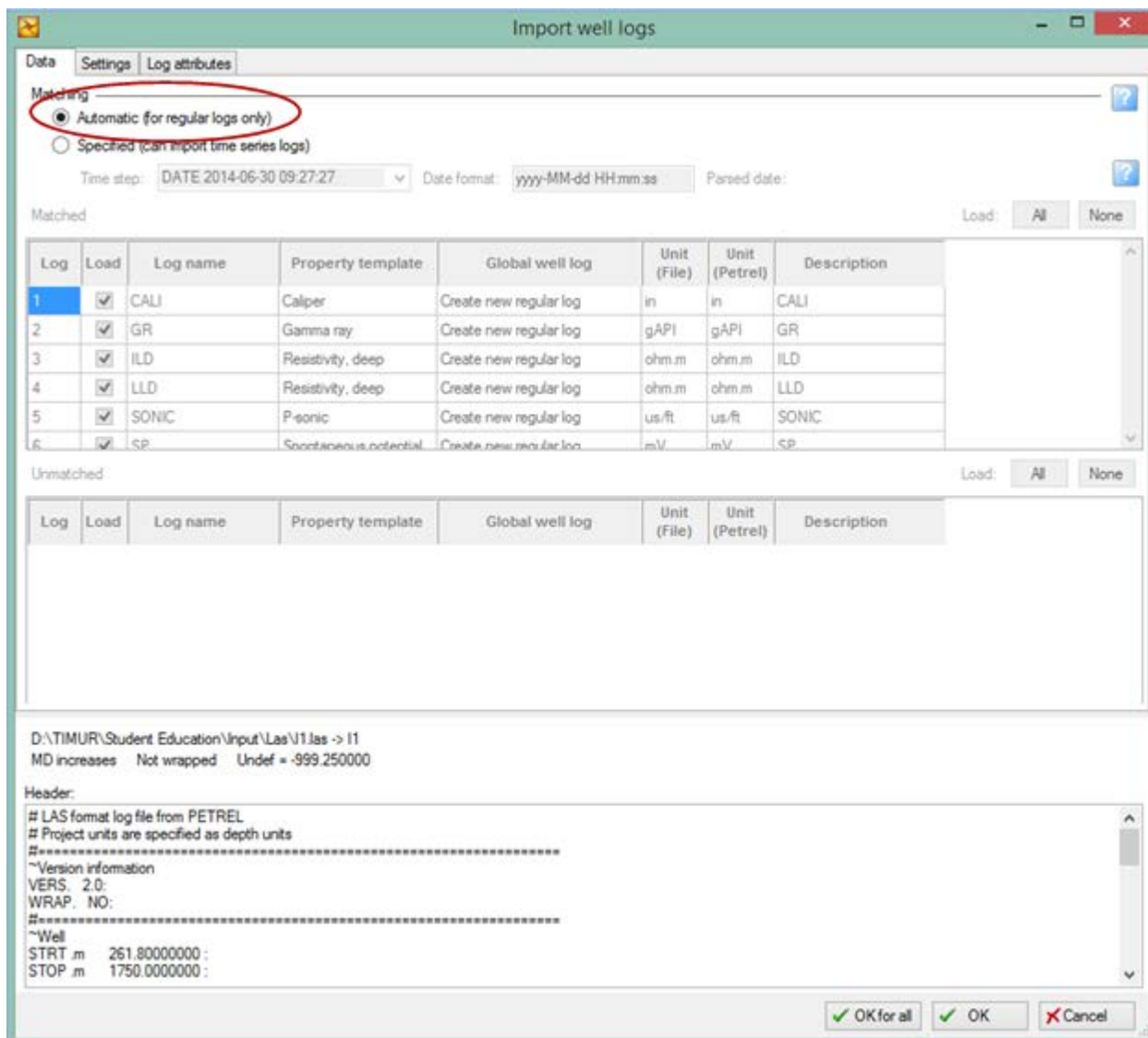


Рис.1.26.

Все виды каротажных кривых для **всех** скважин отобразились во вкладке **Global well logs** внутри вкладки **Wells** на панели **Input** (кривые **CALI, GR, LLD, neutron11** и др, рис.1.27). Чтобы узнать какие виды геофизических данных были загружены по каждой скважине, раскройте данную скважину, нажав на иконки, как показано на **рис.1.28**, и отобразите содержимое вкладки **Well logs**, также нажав на соответствующий значок около данной вкладки. Как видно по **рис.1.28**, для скважины "**P1**" загружены кривые типа **CALI, GR, ILD, LLD, SONIC, SP**, и **neutron**.

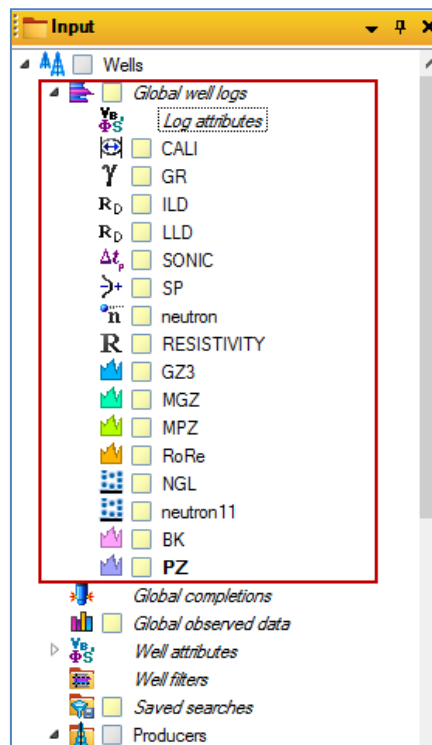


Рис.1.27.

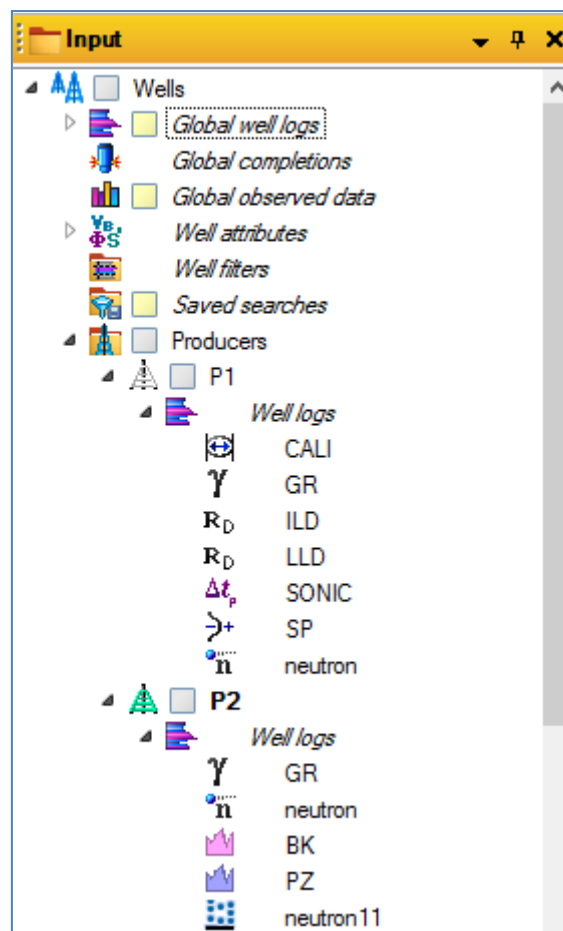


Рис.1.28.

Отображение каротажных кривых

В Petrel существуют очень удобные инструменты для визуализации и обработки каротажных кривых. Для отображения геофизических данных используется окно **Well Section window** (рис.1.29).

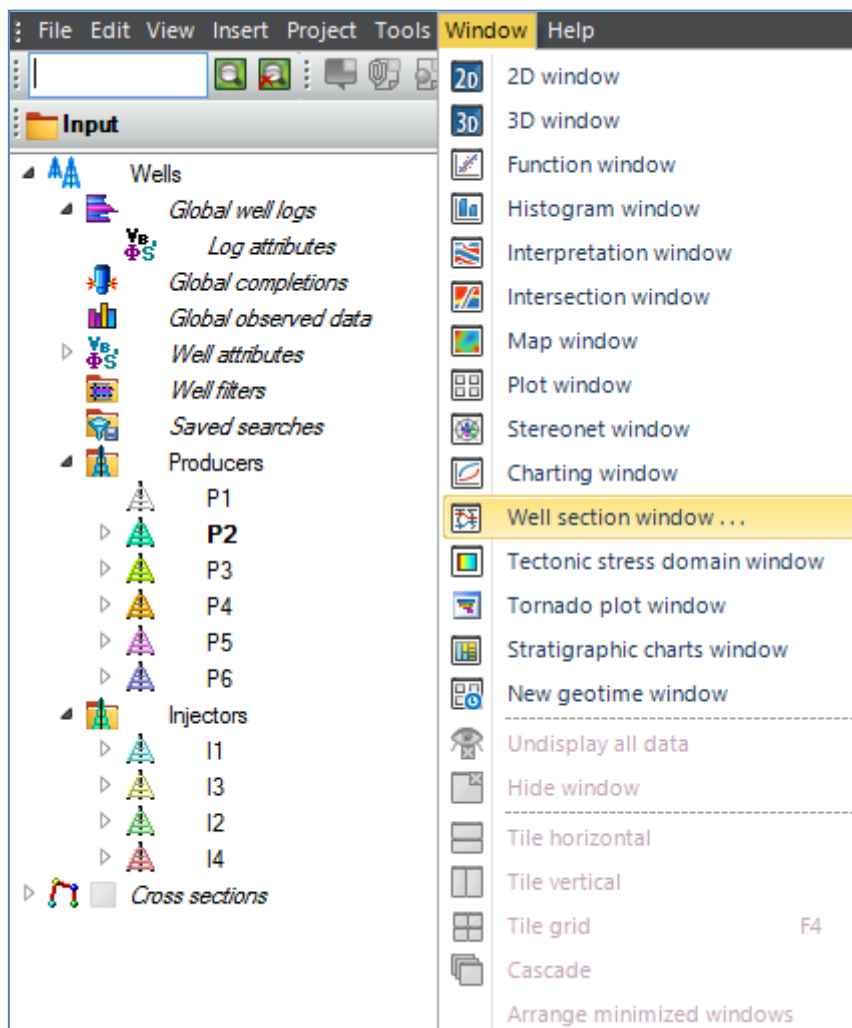


Рис.1.29.

В появившемся диалоговом окне выбираем названия по умолчанию и нажимаем **ОК** (рис.1.30). В поле **Create new template** указывается название шаблона изображения, о котором будет подробно рассказано в следующих упражнениях. Нажмите **ОК**.

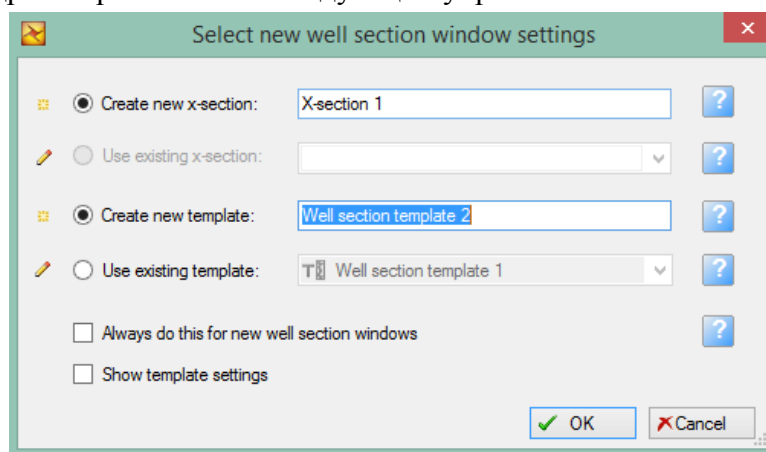


Рис.1.30.

Обратите внимание, что новое окно визуализации **Well section window 1** отображилось на панели **Windows** (рис.1.31).

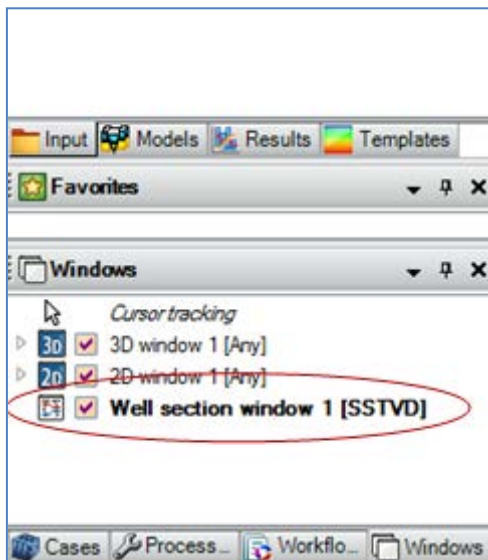


Рис.1.31.

Т.к. каротажные данные типа **GR** были загружены для всех скважин, отобразим их в **Well section window 1**. Для этого выделим все скважины и нажмем на окошко около соответствующей кривой на панели **Input** (рис.1.32).

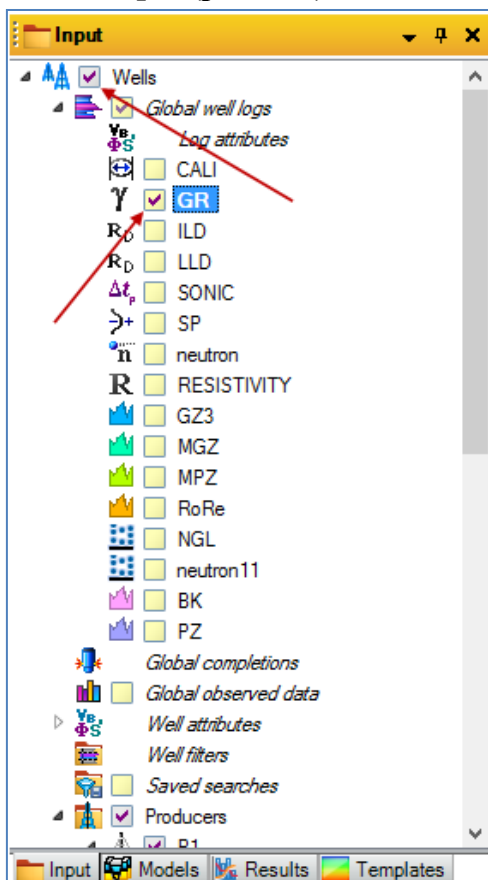


Рис.1.32.

На **рис.1.33** показаны каротажные кривые **GR** для добывающих скважин. Основные инструменты работы с геофизическими кривыми в **Well section window** будут рассмотрены в следующих разделах.

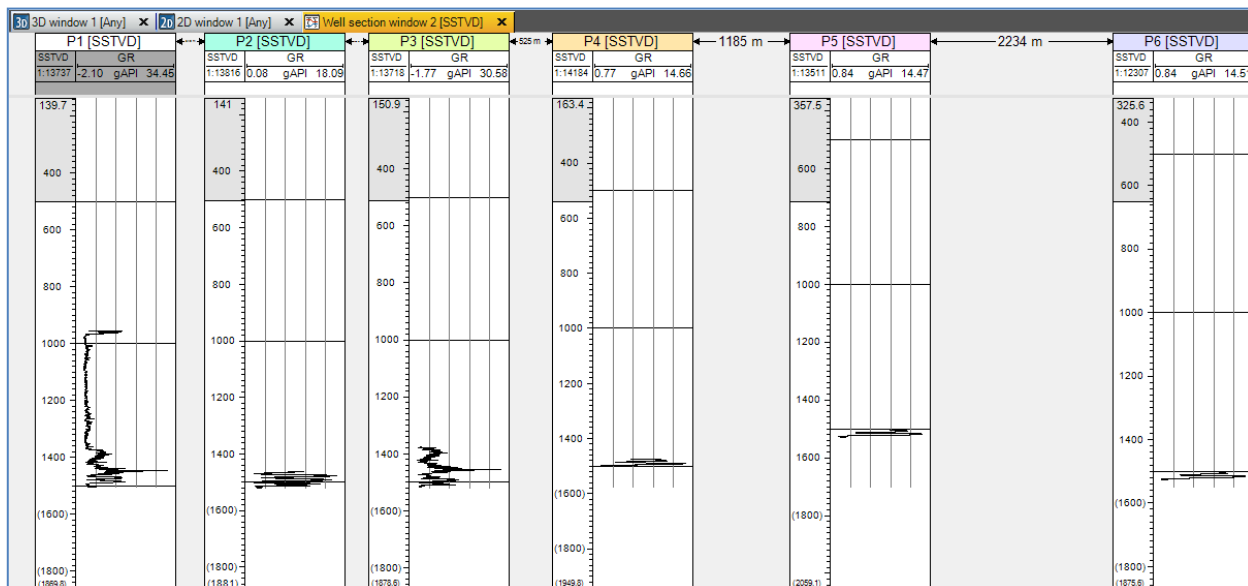


Рис.1.33.

Загрузка геофизических данных при помощи других типов файлов

Рассмотрим загрузку каротажных при помощи файлов с типом **Well Logs (ASCII) (*.*)**. Для этого нажмите правой клавишей мыши по полю на панели **Input** и выберите **Import file**. В открывшемся диалоговом окне выберите папку **D > Student_Education > Petrel > Input > KPor** и тип файлов **Well Logs (ASCII) (*.*)** (**рис.1.34**). Выделите все предложенные файлы и нажмите **Открыть**. В появившемся диалоговом окне нажмите **ОК** (**рис.1.35**).

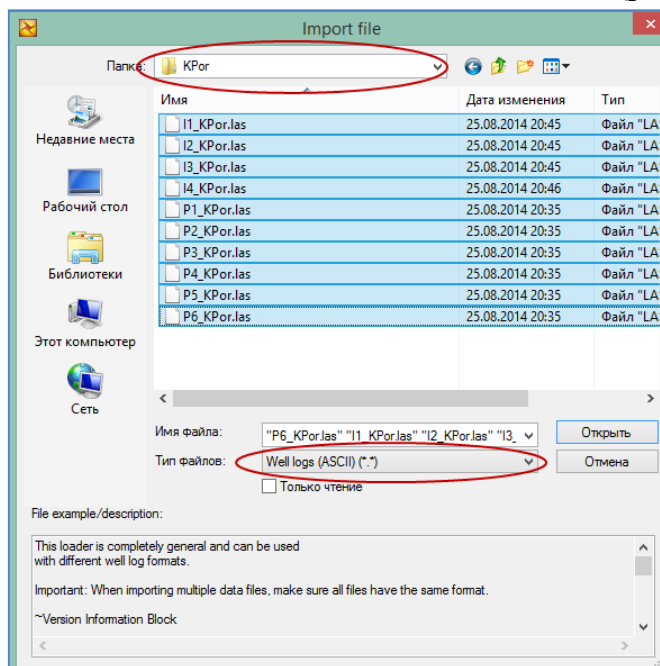


Рис.1.34.

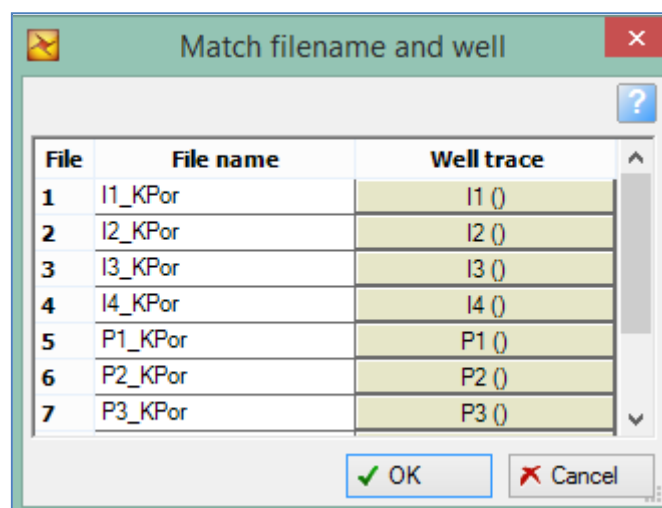




Рис.1.35.

В результате откроется следующая диалоговая панель (рис.1.36). Выберите режим **Specify logs to be loaded**, позволяющий контролировать объективность и правильность загрузки данных. В опциях **Data type** выберите относительную глубину **MD**, которая записана в первый столбец каждого из ***Las** файлов (так ли это проверьте самостоятельно, открыв вручную каждый из ***Las** файлов или используя опцию **Header info**). Как видно по рис.1.36, Petrel распознал первый столбец, как каротажные кривые **DEPT** (см. также рис.1.37). Данную строку, следовательно, необходимо удалить. Тем более, что в поле **Column** данного рисунка, относительная глубина уже считывается из первого столбца. Для

этого выделите ее, наведя курсор на цифру "1" столбца **Log**, и нажмите на иконку  (**delete selected row(s) in the table**). Таким образом, единственная каротажная кривая заключена во второй столбец загружаемых файлов. Обратите внимание, что нажав на иконку  (**append item in the table**) при необходимости можно добавить строку.

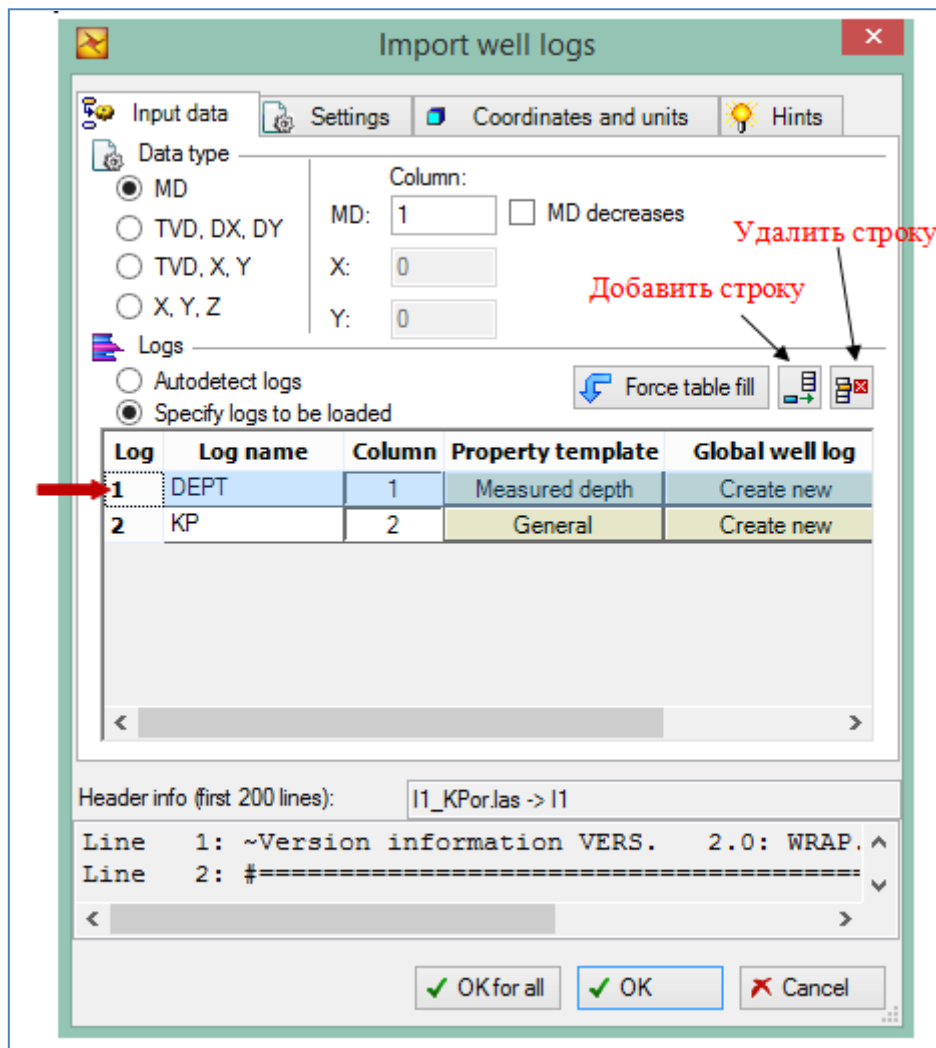


Рис.1.36.

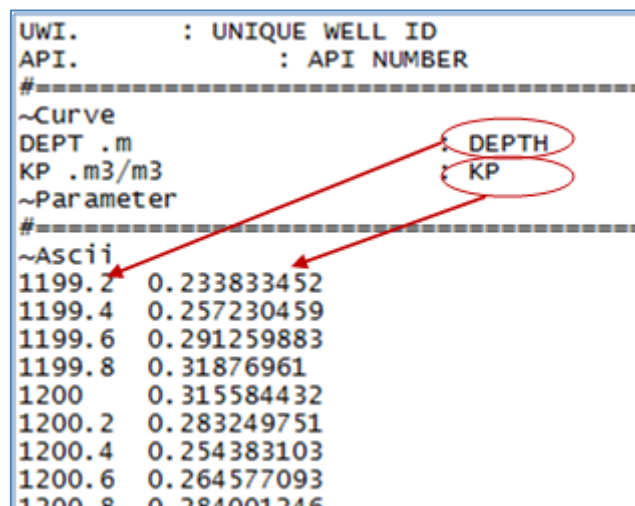


Рис.1.37.

Нажмите на кнопку **OK for all**. Каротажные кривые **KP** отобразились во вкладке **Global well logs** на панели **Input** (рис.1.38). Для того, чтобы визуализировать данные кривые, используйте окно **Well section window** (рис.1.29).

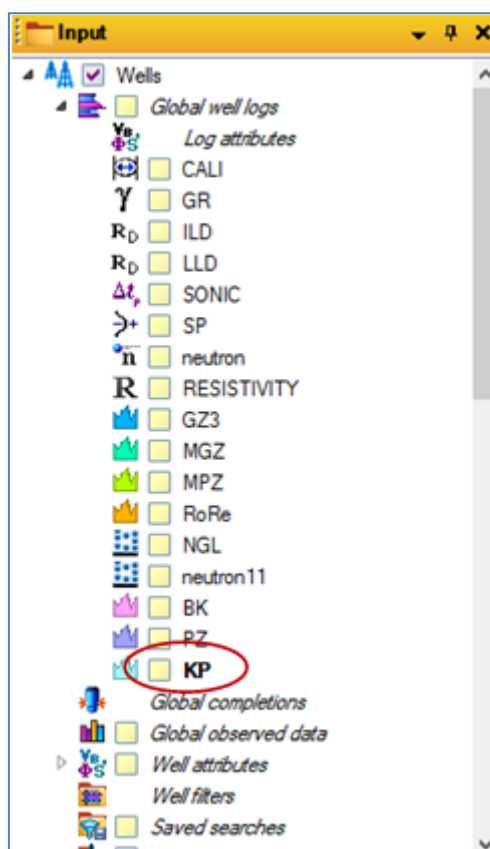


Рис.1.38.

1.4. ЗАГРУЗКА ОТМЕТОК ПЛАСТОПЕРЕСЕЧЕНИЙ СКВАЖИН (ОТБИВОК)

Отметки пересечений пластов со скважинами - необходимая информация для построения горизонтов и поверхностей.

Для загрузки отбивок скважин, нажмите правой клавишей мыши по полю на панели **Input** и выберите **Import file**. В открывшемся диалоговом окне выберите папку **D > Student_Education > Petrel > Input**, тип файлов **Petrel well tops (ASCII) (*,*)** и файл **Well_tops** (рис.1.39). Нажмите **Открыть**.

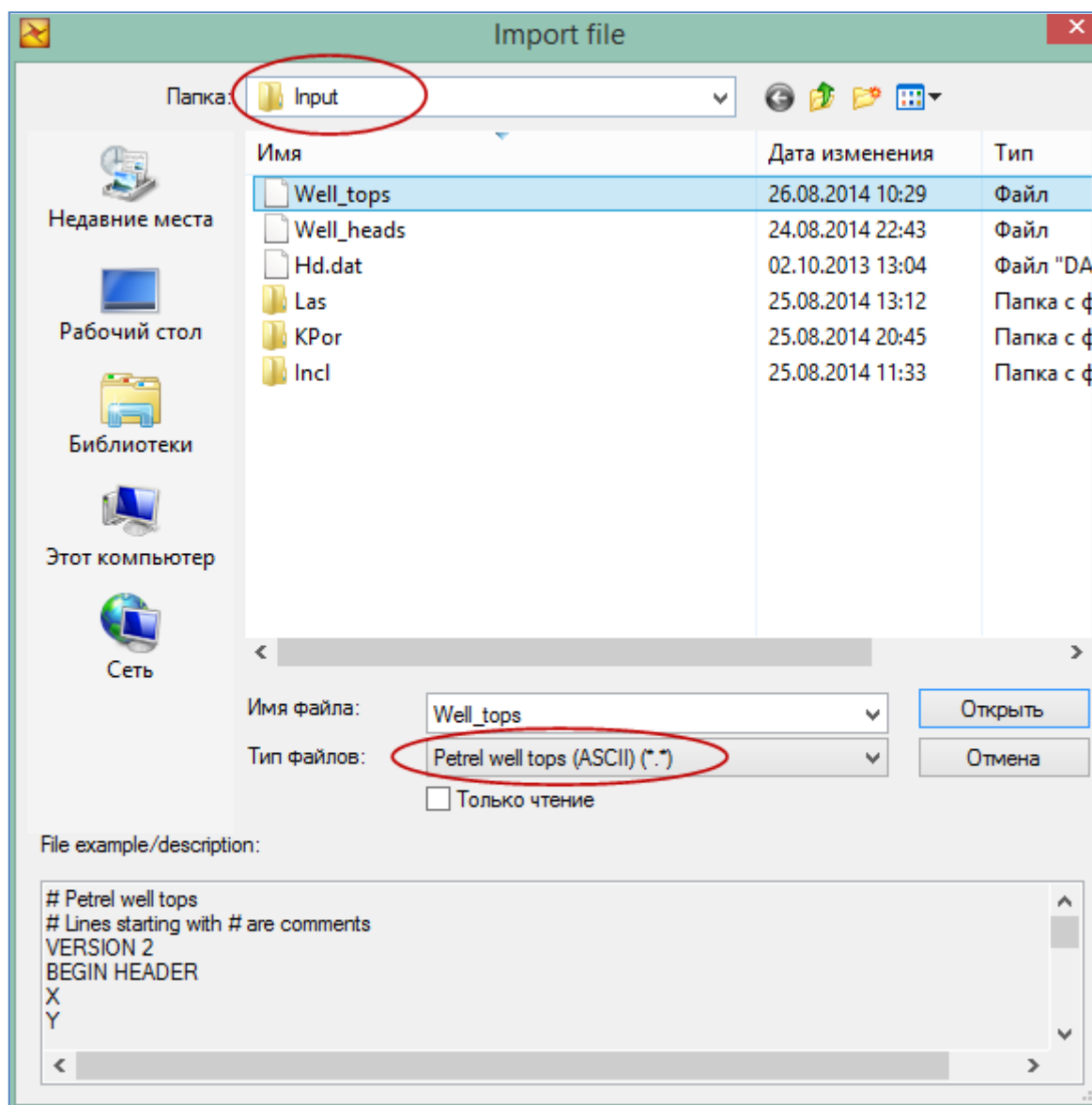


Рис.1.39.

В открывшемся далее диалоговом окне необходимо сопоставить столбцы из загруженного текстового файла **Well_tops** с таблицей, загруженной в Petrel (рис.1.40).

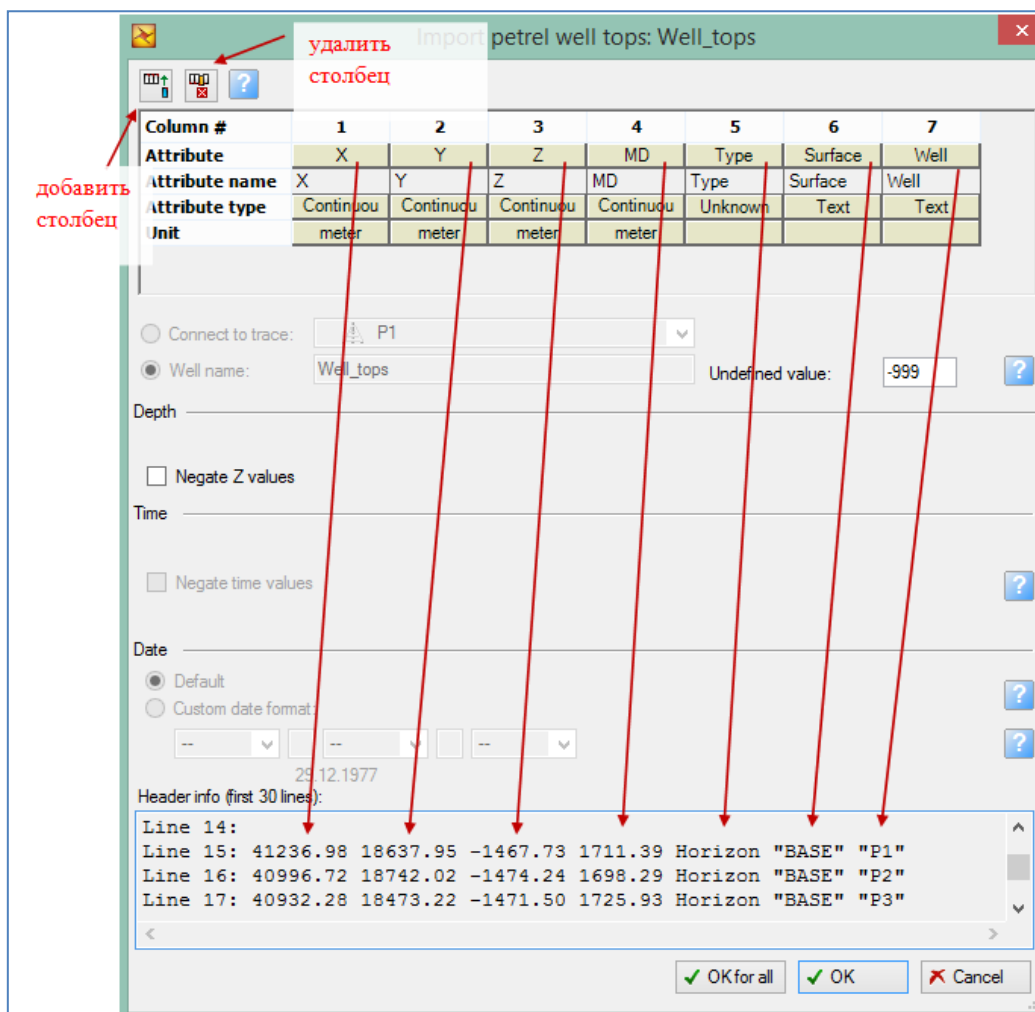


Рис.1.40.

Как видно по **рис.1.40**, столбцы 1-3 характеризуют координату отметки пластопересечения скважины в декартовой системе; 4-ый столбец обозначает глубину отбивки относительно устья скважины; 5-ый столбец указывает на тип поверхности для построения поверхности (не является значимым); 6-ый столбец характеризует название отметки, в загруженном файле для каждой скважины представлено по три отбивки: BASE-MID-TOP; 7-й столбец указывает на название скважины.

Если таблицы из загруженного файла и таблицы в Petrel не совпадают, воспользуйтесь соответствующими опциями удаления и добавления столбцов (**рис.1.40**).

Нажмите **OK for all**.

Выдет предупреждение о том, что программа будет использовать загруженные ранее траектории стволов скважин (если они имеются) для позиционирования точек пластопересечений, что, несомненно, является очень удобным, т.к. при составлении файла **Well_tops** необходимо лишь правильно расставить отметки по оси Z (**рис.1.41**). Нажмите **OK**.

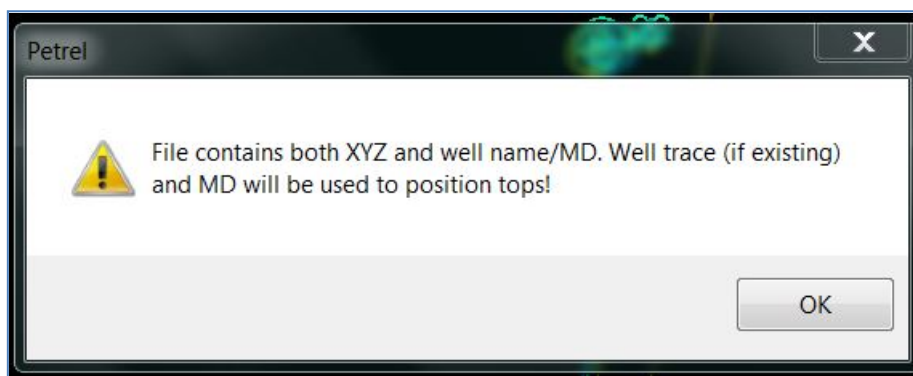


Рис.1.41.

В последнем диалоговом окне (рис.1.42) проверьте данные и нажмите **OK for all**. При необходимости в поле **Name** можно ввести любое имя обозначения отбивок.

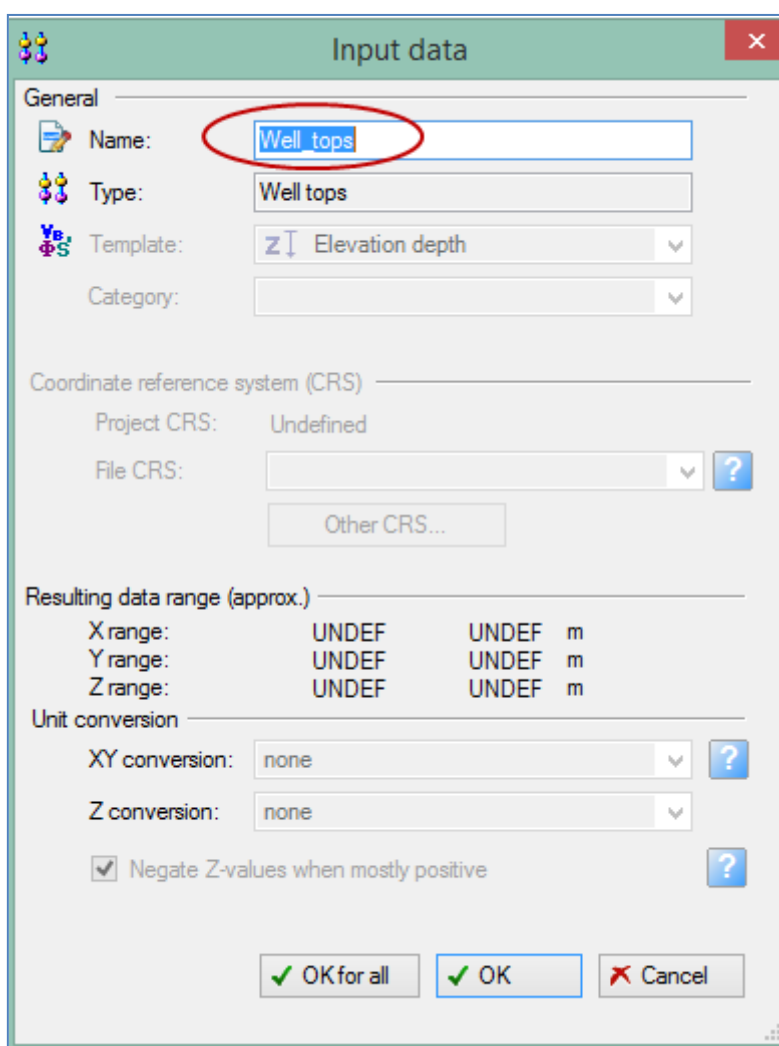


Рис.1.42.

Загруженные отбивки **Well_tops** отобразились на панели **Input** (рис.1.43). Во вкладке **Stratigraphy** загружены отбивки уровней **TOP**, **MID** и **BASE**, в точности соответствуя исходному текстовому файлу.

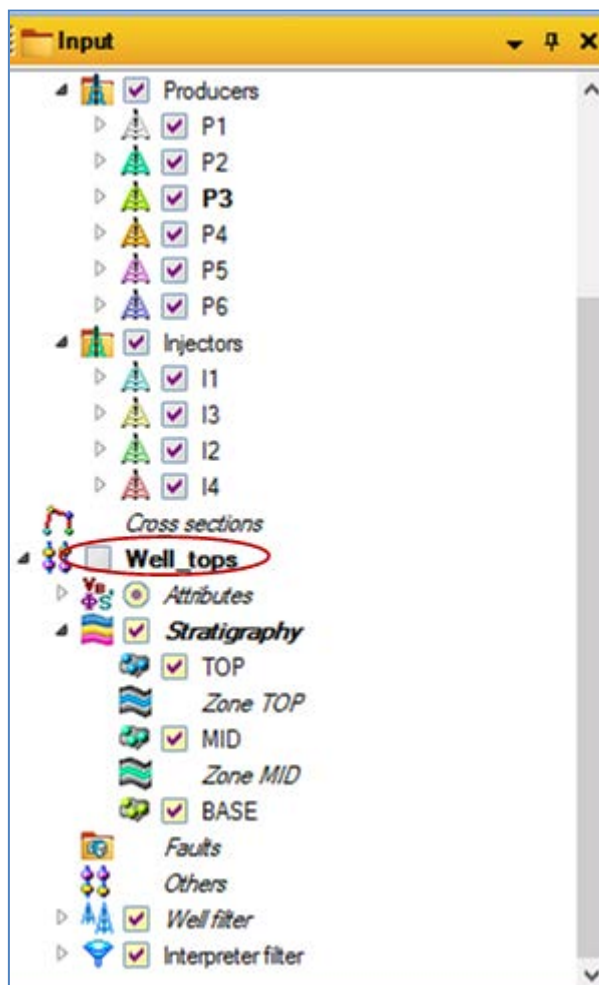


Рис.1.43.

Для того чтобы отобразить отбивки, откройте окно визуализации (Window - 3D Window), отобразите все скважины и нажмите на окошко около вкладки **Well_tops** на панели **Input**. Отбивки "отмечены" на скважинах сферами, около которых отмечена координата пластопересечения по оси Z (рис.1.44).

"Дизайн" отбивок можно изменить по вашему желанию. Для этого кликните правой кнопкой мыши по вкладке **Well_tops** на панели **Input** и выберите **Show settings**. В открывшемся диалоговом окне перейдите а вкладку **Style** (рис.1.45). В меню **Color** предпочтительней выбирать **Z-values**, в таком случае цвет отбивок будет меняться в зависимости глубины пластопересечения. В меню **Symbol** можно выбрать различные геометрические формы отбивок, а в меню **Size** - их размер. Попробуйте самостоятельно различные варианты. Размер шрифта надписи уровня задается в меню **Font** части **Number annotation**.

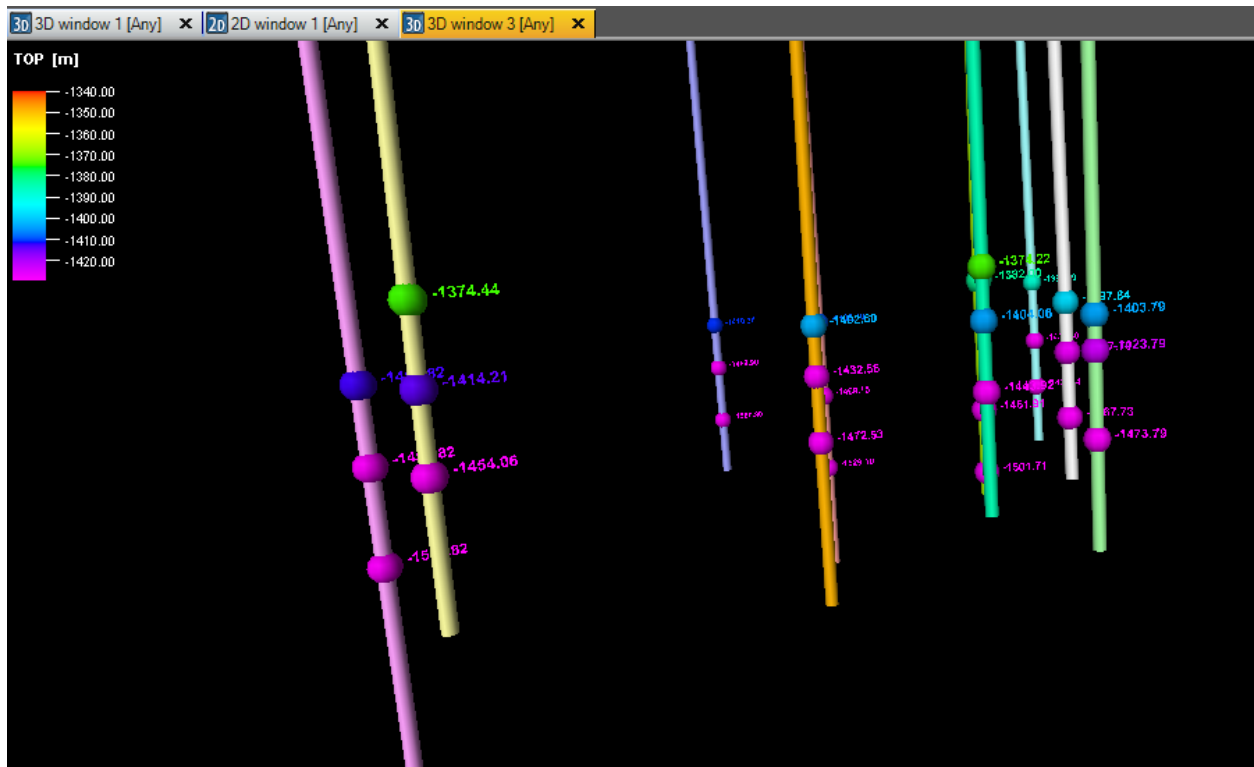


Рис.1.44.

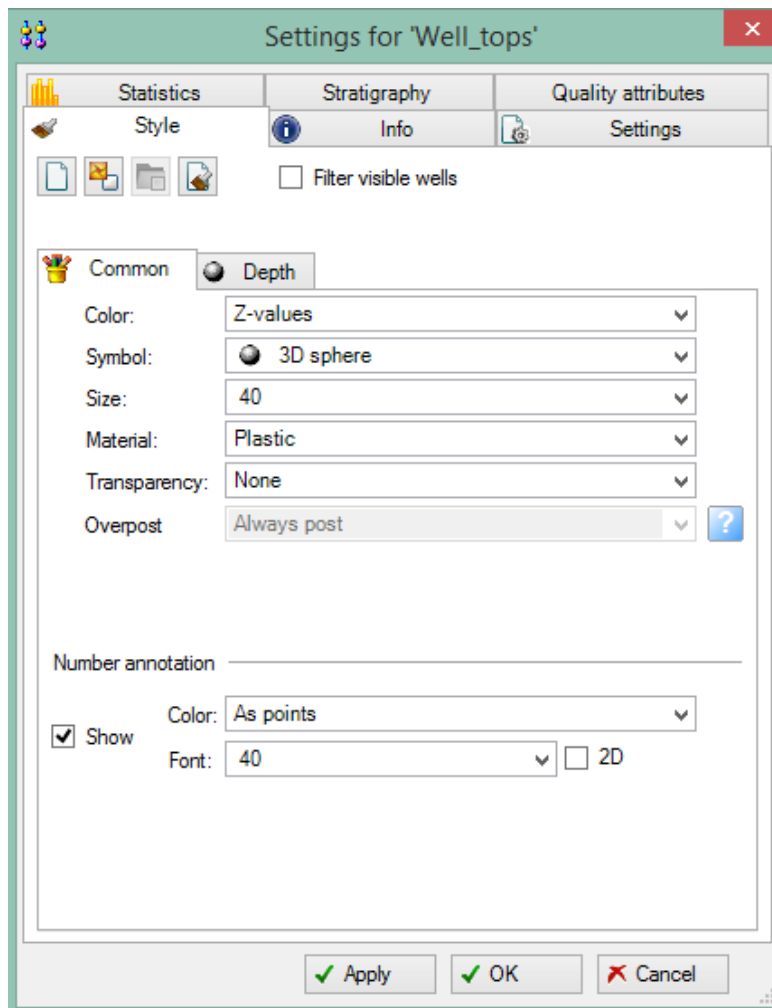


Рис.1.45.

1.5. ЗАГРУЗКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ВЫДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ОБЛАСТИ

В данном упражнении загрузим поверхность, используя заготовленный текстовый файл. В целом, именно эта поверхность для построения геологической модели в данном курсе нам не будет нужна, а будет использоваться только для задания внешней границы объекта.

Для загрузки поверхности кликните правой клавишей мышки по полю на вкладке **Input** и выберите **Import file**. В открывшемся диалоговом окне выберите папку **D > Student_Education > Petrel > Input**, тип файлов **IRAP classic grid (ASCII) (*.*)** и файл **Hd.dat** (рис.1.46). Нажмите **Открыть**.

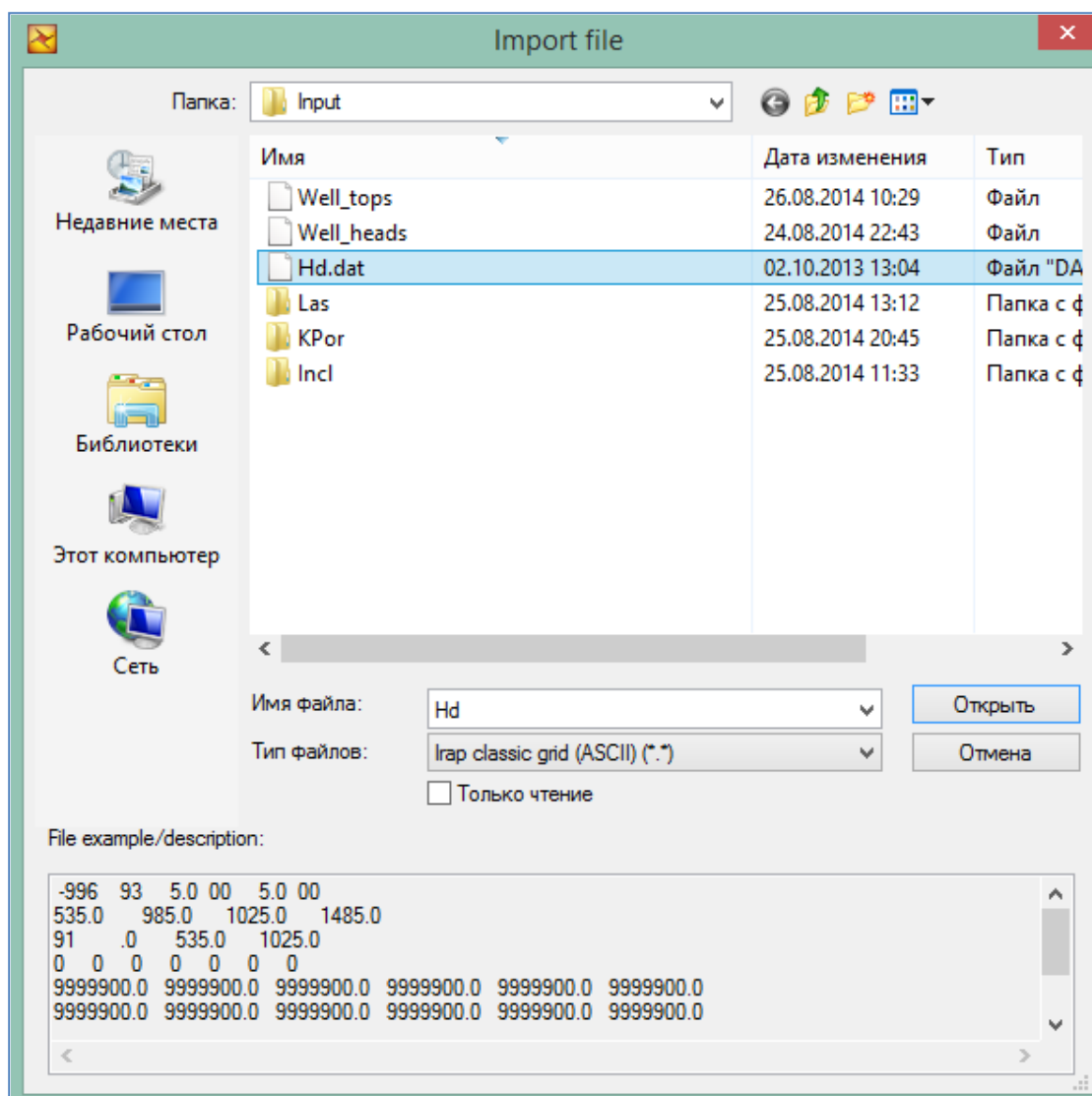


Рис.1.46.

Загруженная поверхность отобразилась на панели **Input** (рис.1.47). Используем ее для выделения внешней границы проекта. Для этого кликните правой клавишей мыши по поверхности **Hd.dat** и выберите **Create surface edge** (рис.1.48).

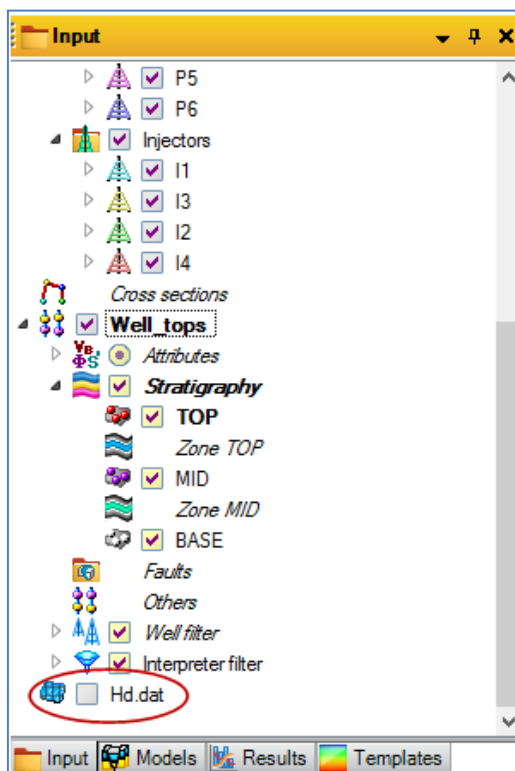


Рис.1.47.

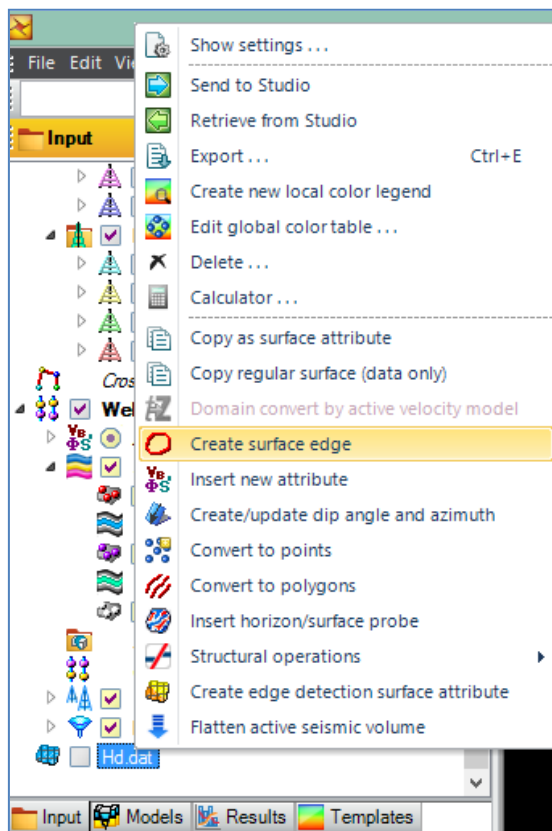


Рис.1.48.

Сформированная граница области **Edge around Hd.dat** помещена на панели **Input** (рис.1.49).
Отобразите ее в 3D window.

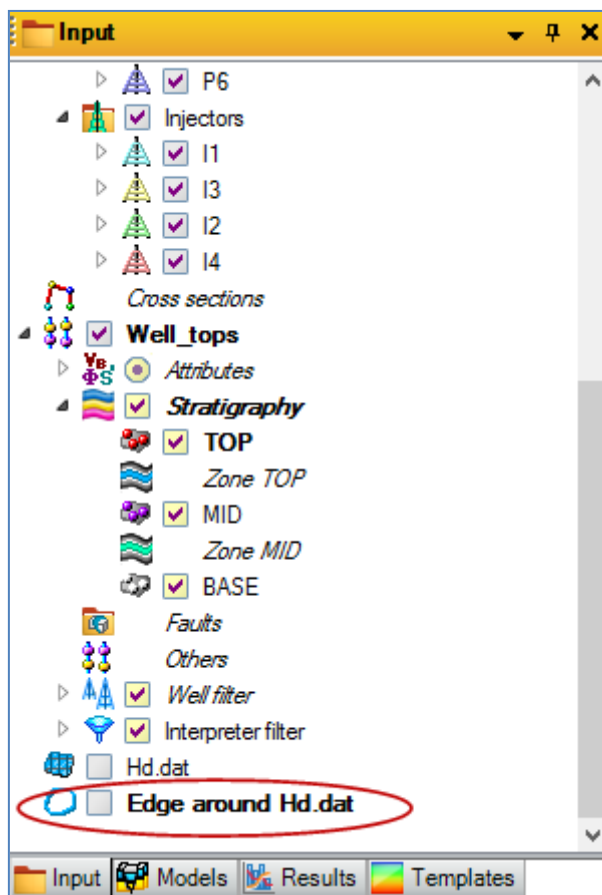


Рис.1.49.

1.6. ЗАГРУЗКА МОДЕЛИ РАЗЛОМОВ

Для загрузки модели разломов в проект Petrel щелкните правой кнопкой мыши по панели **Models** и выберите **Import file**. В открывшемся диалоговом окне выберите папку **D > Student_Education > Petrel > Input**, в поле **Тип файлов** выберите **Petrel fault model (ASCII) (*.*)** и откройте файл **Fault**, находящийся в данной директории (рис.1.50).

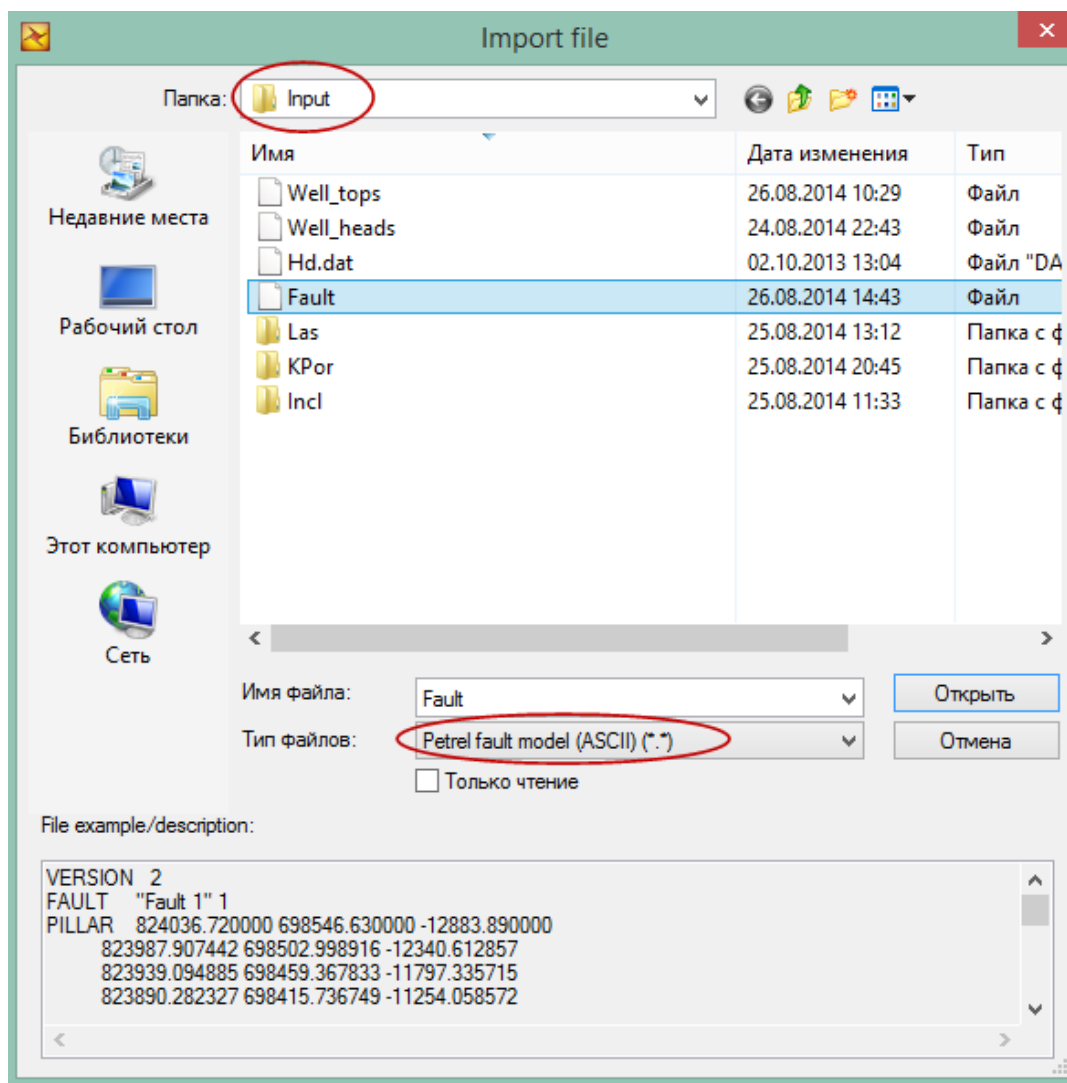


Рис.1.50.

В открывшемся диалоговом окне проверьте данные и нажмите **ОК**.

Модель разломов помещена во вкладке **Models** (рис.1.51). Как видно по рисунку, файл **Fault** содержит 5 разломов. Переименуйте название модели на **Model_1**.

Откройте **3D window** и визуализируйте скважины, внешнюю границу области **Edge around Hd.dat** и загруженные разломы (рис.1.52).

О работе с разломами более детально будет рассказано в следующих разделах.

Сохраните проект под именем **Project_Input** в своей личной директории.

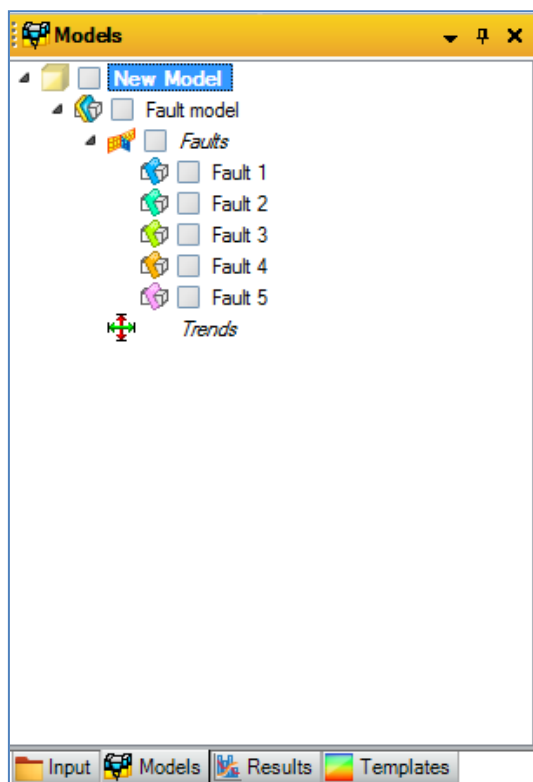


Рис.1.51.

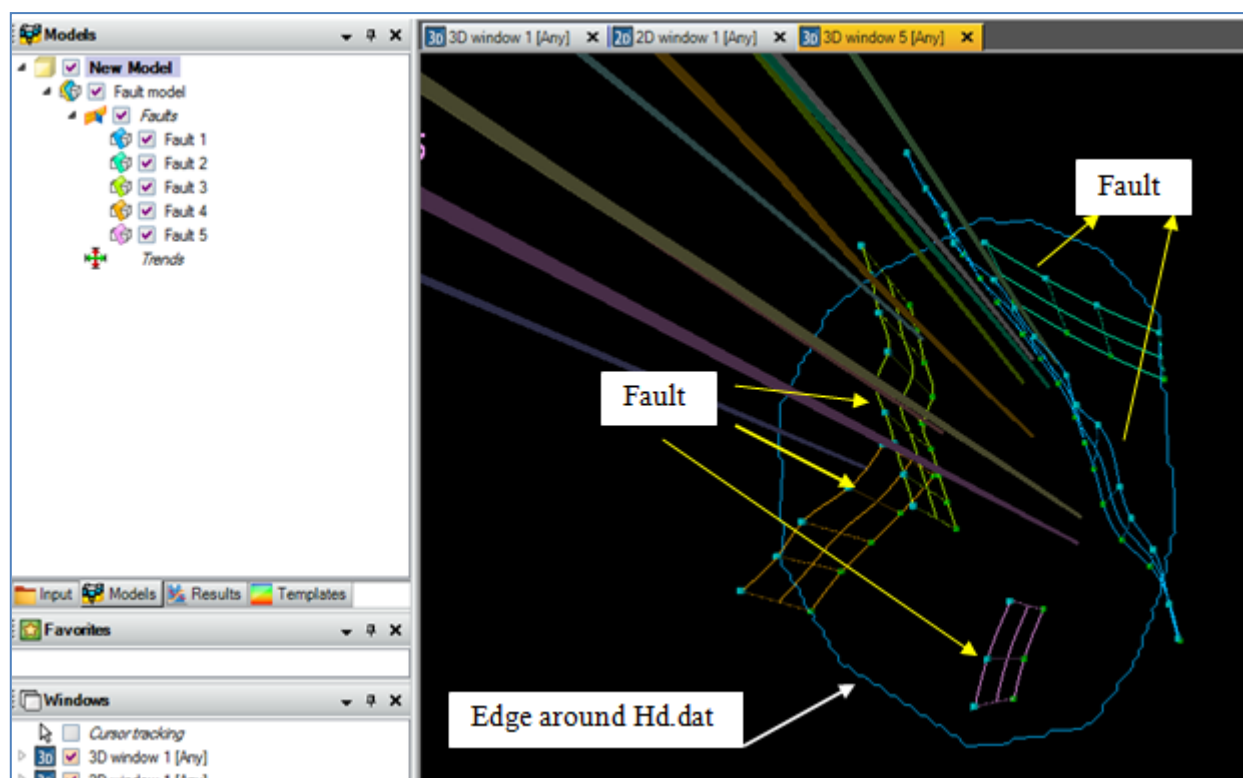


Рис.1.52.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Сформулируйте, какие форматы данных, предусмотренные в Petrel, используются для загрузки:
 - а) координат скважин;
 - б) инклинометрии скважин;
 - в) каротажных данных;
 - г) отметок пластопересечений;
 - д) модели разломов.
- 2) В каких случаях длина ствола скважины меньше максимальной глубины ее залегания?
- 3) Если верхняя точка скважины 20.4 м (Offset), а глубина залегания 1723.1 м, то чему равна длина ствола скважины (MD)?
- 4) Какие окна используются для визуализации двух- и трехмерных изображений данных?
- 5) Сформулируйте, какие форматы инклинометрических данных имеются в Petrel? В чем их отличие друг от друга, какие удобней всего использовать?
- 6) Как называется вкладка, в которой хранятся каротажные кривые скважин, и на какой панели она находится?
- 7) Каким образом можно поменять цвет ствола скважины, формат подписи ее названия?
- 8) Как называется вкладка, в которой хранятся данные по отметкам пластопересечений (отбивок) и на какой панели она находится?
- 9) С помощью какой процедуры (или последовательности действий) можно "выделить" границу поверхности?
- 10) На какой панели хранится модель разломов?
- 11) На какой панели собрана информация об окнах визуализации (3D window, 2D window, Well section window)?

2. НАСТРОЙКА ШАБЛОНОВ WELL SECTION

2.1. ОТОБРАЖЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ КАРОТАЖНЫХ КРИВЫХ В ОДНОЙ КОЛОНКЕ ОКНА WELL SECTION WINDOW

Зачастую для качественного построения фациальной или петрофизической модели, необходимо отображение двух или более каротажных кривых в одной колонке окна **Well section window**.

Далее Вы можете использовать свой проект с загруженными данными из пункта 1 или воспользоваться готовым проектом из директории **D > Student_Education > Petrel > Project_EXC > Well template > Well template.pet** (рис.2.1)

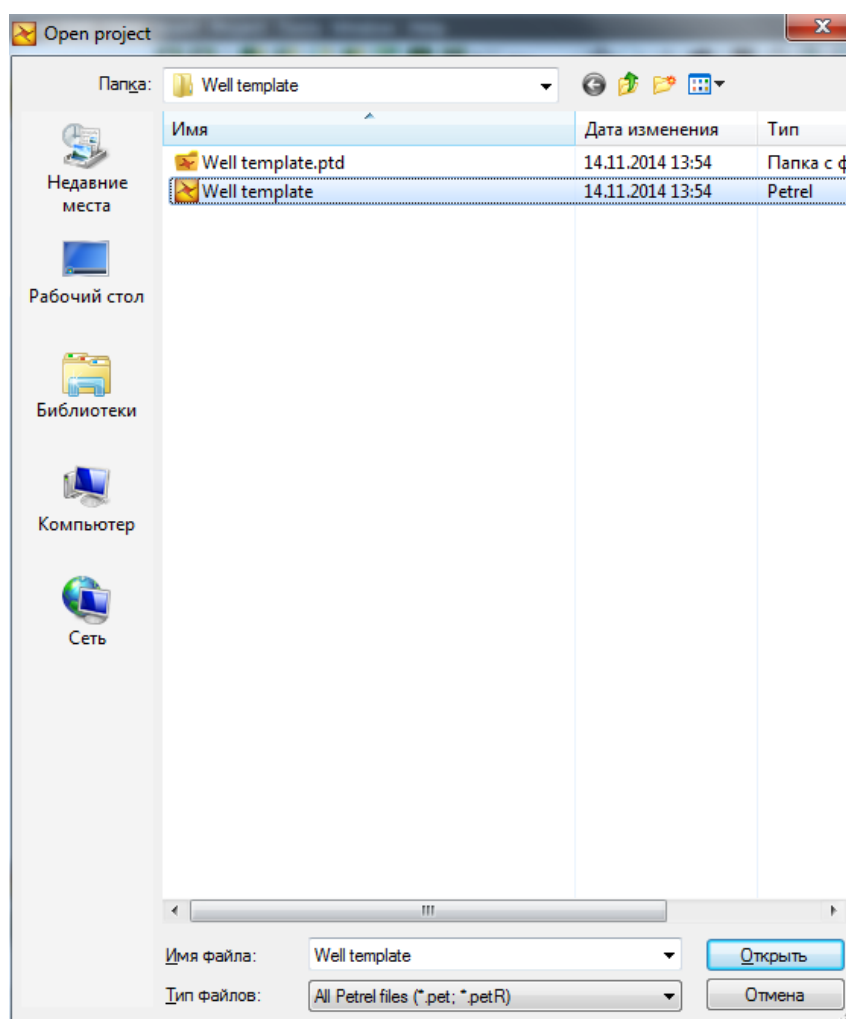


Рис.2.1.

После загрузки проекта **Project_input.pet** откройте окно **Well section window** (**Window - Well section window**, рис.1.29) и отобразите каротажные кривые **GR** и **neutron** для всех загруженных скважин. Для этого отметьте галочкой окошко около вкладки **Wells** на панели **Input**, и по необходимым каротажным кривым, которые содержатся во вкладке **Global well logs** (рис.2.1). В результате данных операций должно появиться окно, соответствующее рис.2.3.

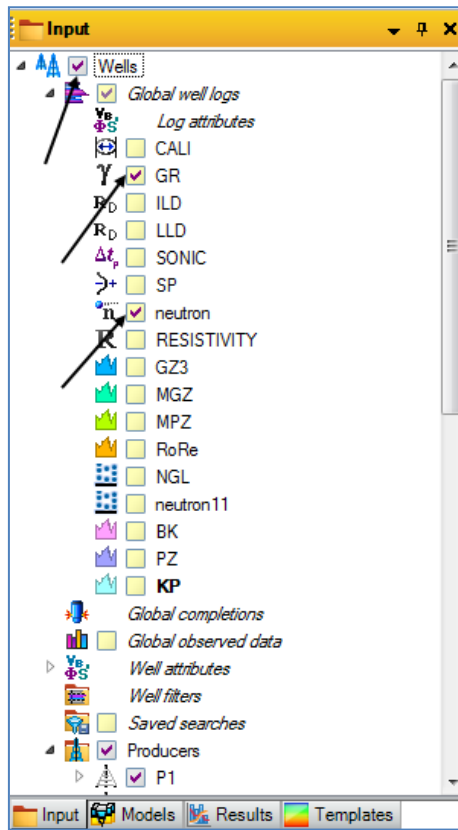


Рис.2.2.

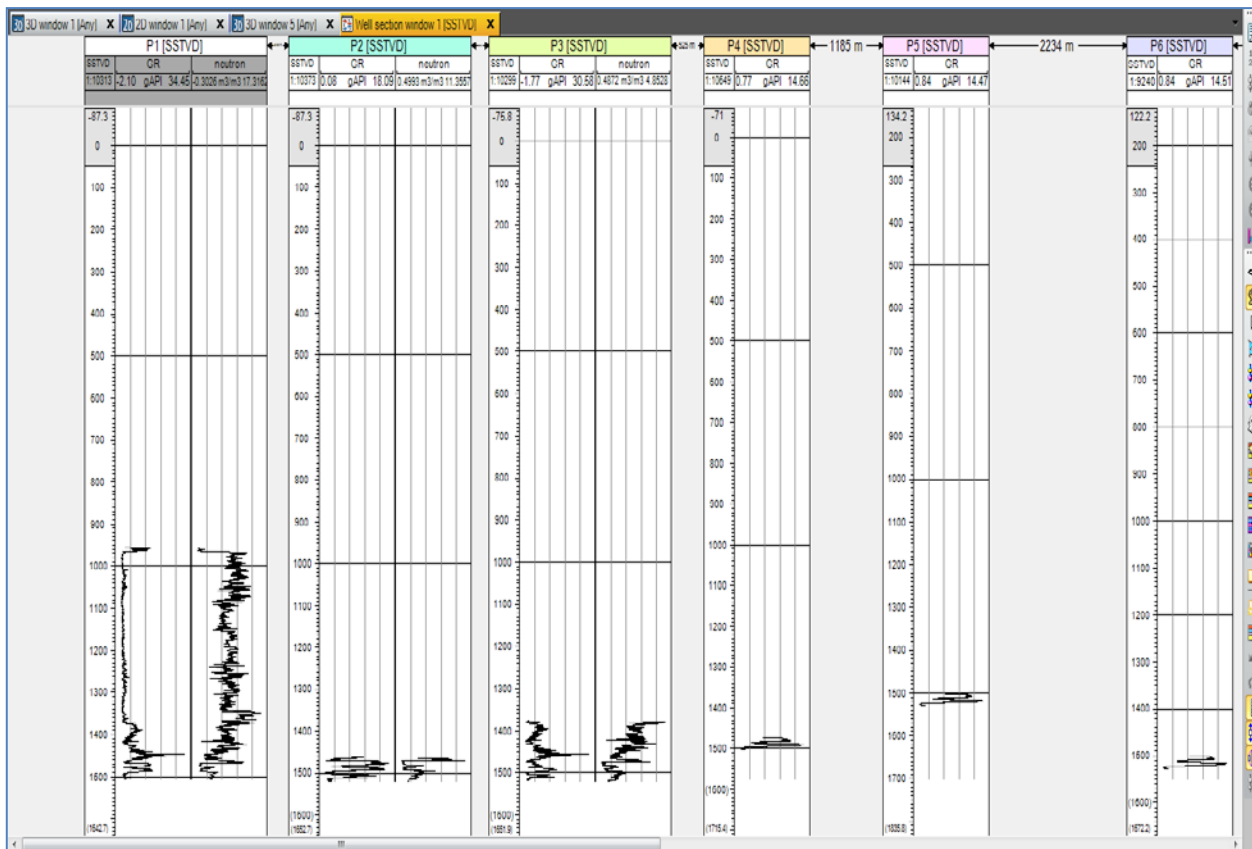



Рис.2.3.

Рассмотрим процесс создания шаблонов отображения каротажных кривых (**GR** и **neutron** в данном случае) на одной колонке окна **Well section**. Для этого щелкните по иконке  (open selected template settings page) или нажмите на «Т» (латиница) (рис.2.4).

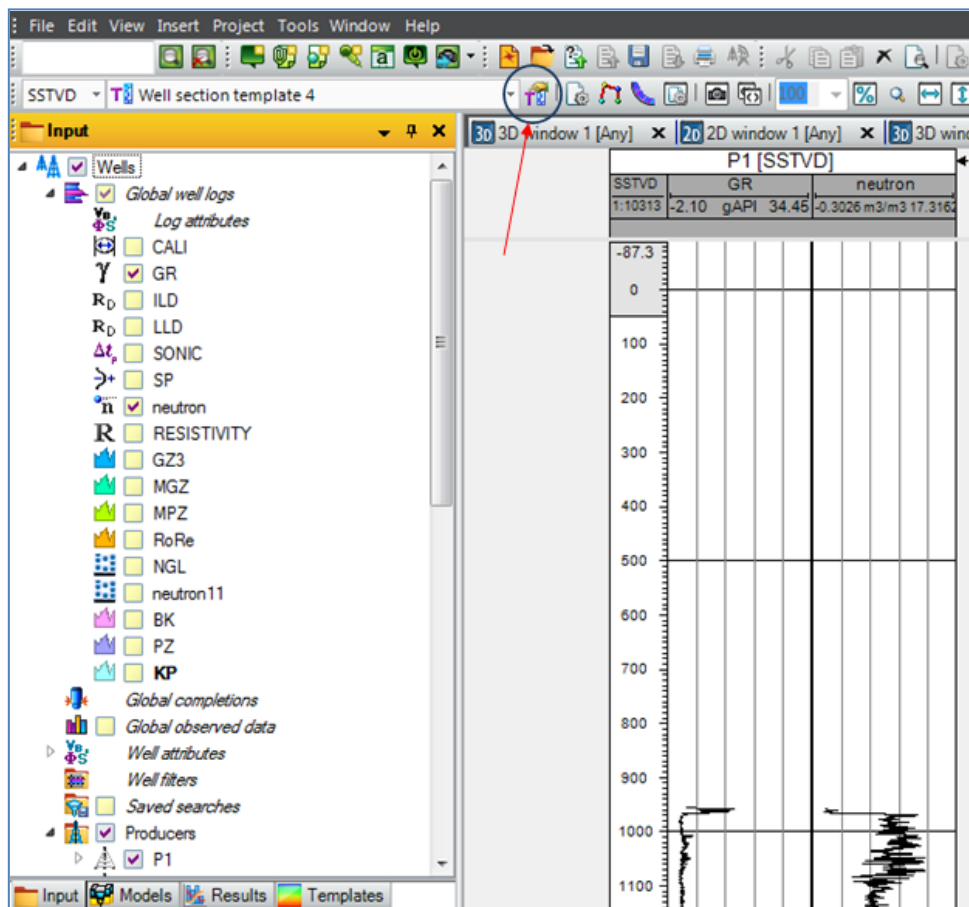
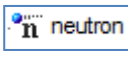


Рис.2.4.

Откроется диалоговое окно (рис.2.5). Как видно по рис.2.5, в колонке **GR** отображается кривая **GR**, а в колонке **neutron** – кривая **neutron**. «Зацепите» левой кнопкой мышки кривую  и перетащите ее в колонку **GR**. В итоге должно получиться так, как на рис.2.6 – две каротажные кривые находятся в одной колонке.

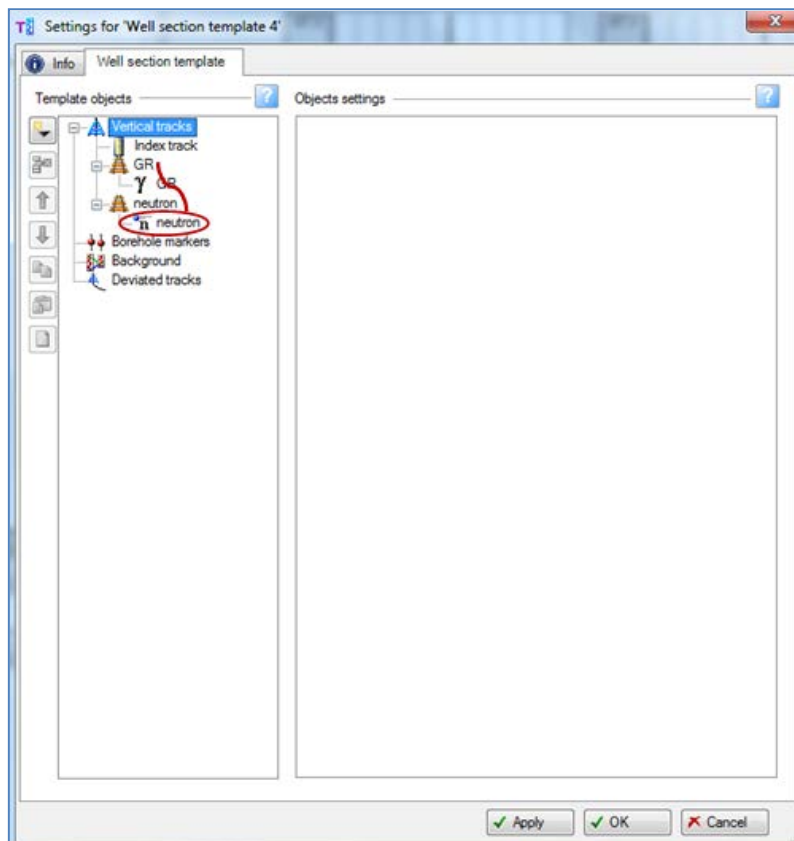


Рис.2.5.

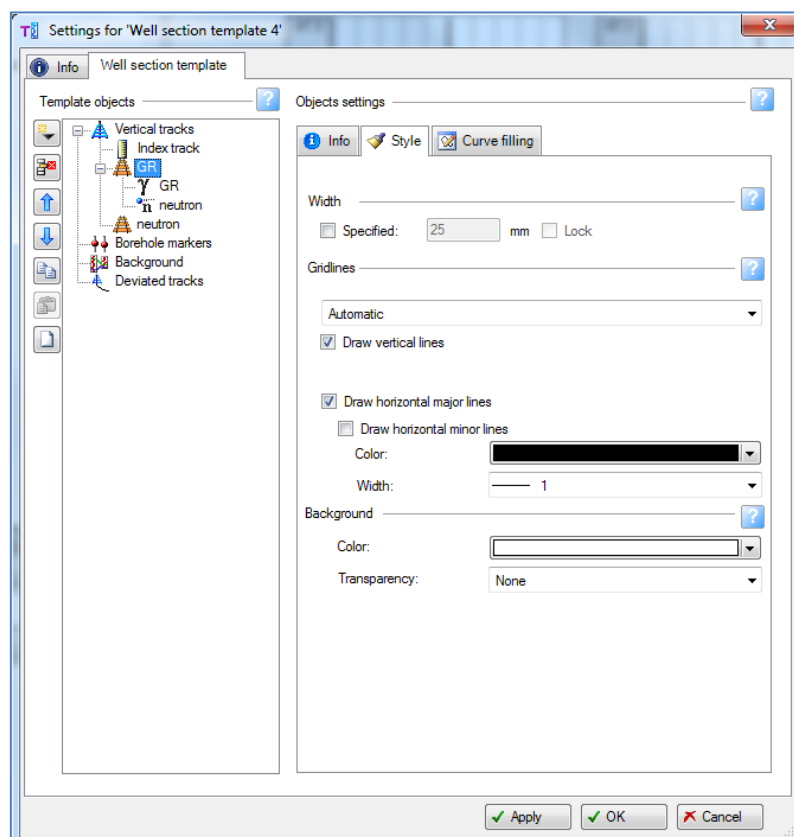


Рис.2.6.

Выделите в диалоговом окне (как на **рис.2.7**) кривую **GR** и перейдите во вкладку **Style**. В меню **Color** выберите **Selected** (это означает, что в поле **Color** можно выбирать цвет кривой, с которым она будет отображена в окне **Well section**). Рекомендуется выбрать синий цвет (**рис.2.7**). В меню **Line** по Вашему усмотрению можно отредактировать ширину и тип линии. Повторите описанную процедуру для кривой **neutron** (рекомендуется выделить ее красным цветом).

Нажмите **ОК**.

Еще раз обратите внимание, что кривые **GR** и **neutron** отобразились в одной колонке и каждая кривая окрашена в свой цвет (**рис.2.8**). Можно также заметить, что для скважин **P4**, **P5**, **P6**, **I3**, **I4** геофизические кривые типа **neutron** изначально загружены не были и, соответственно, не отображены в окне **Well section**.

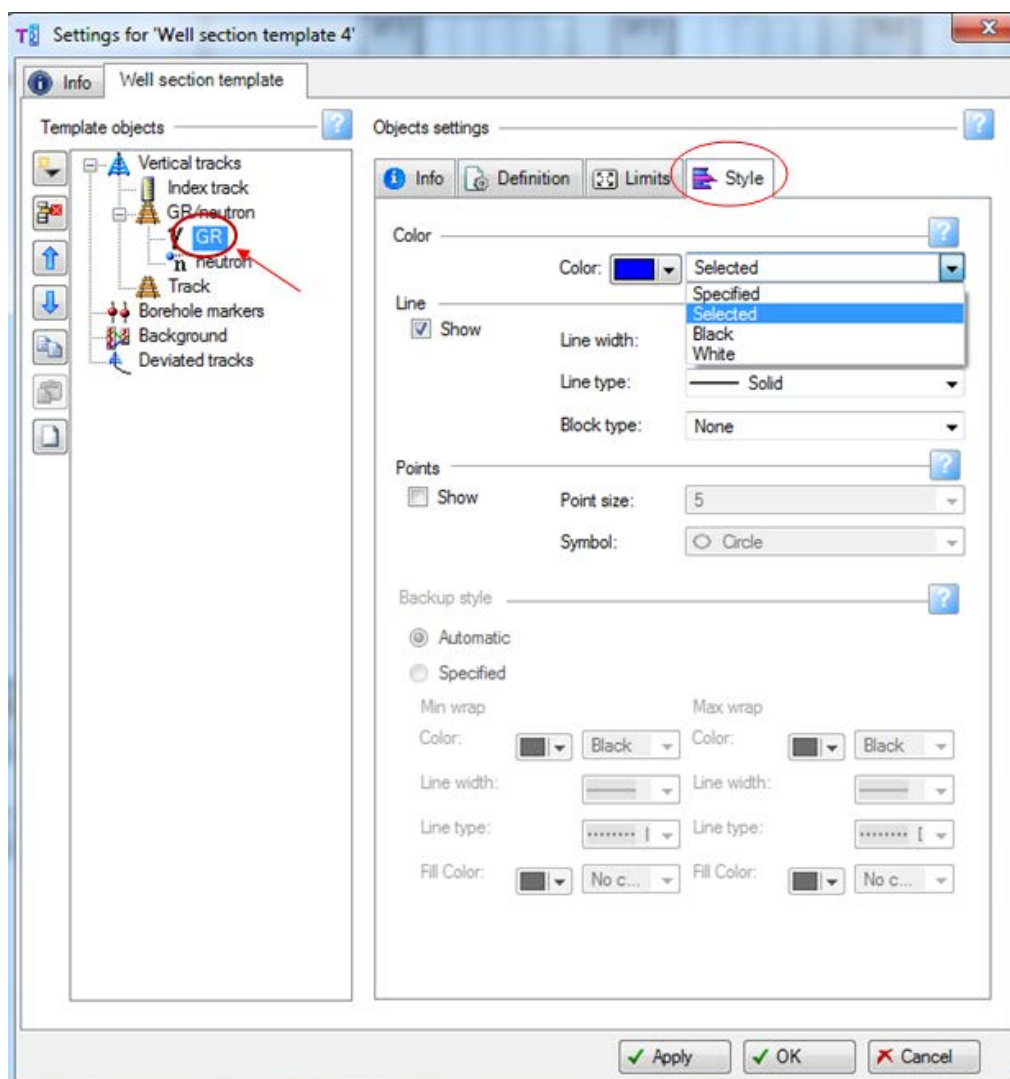


Рис.2.7.

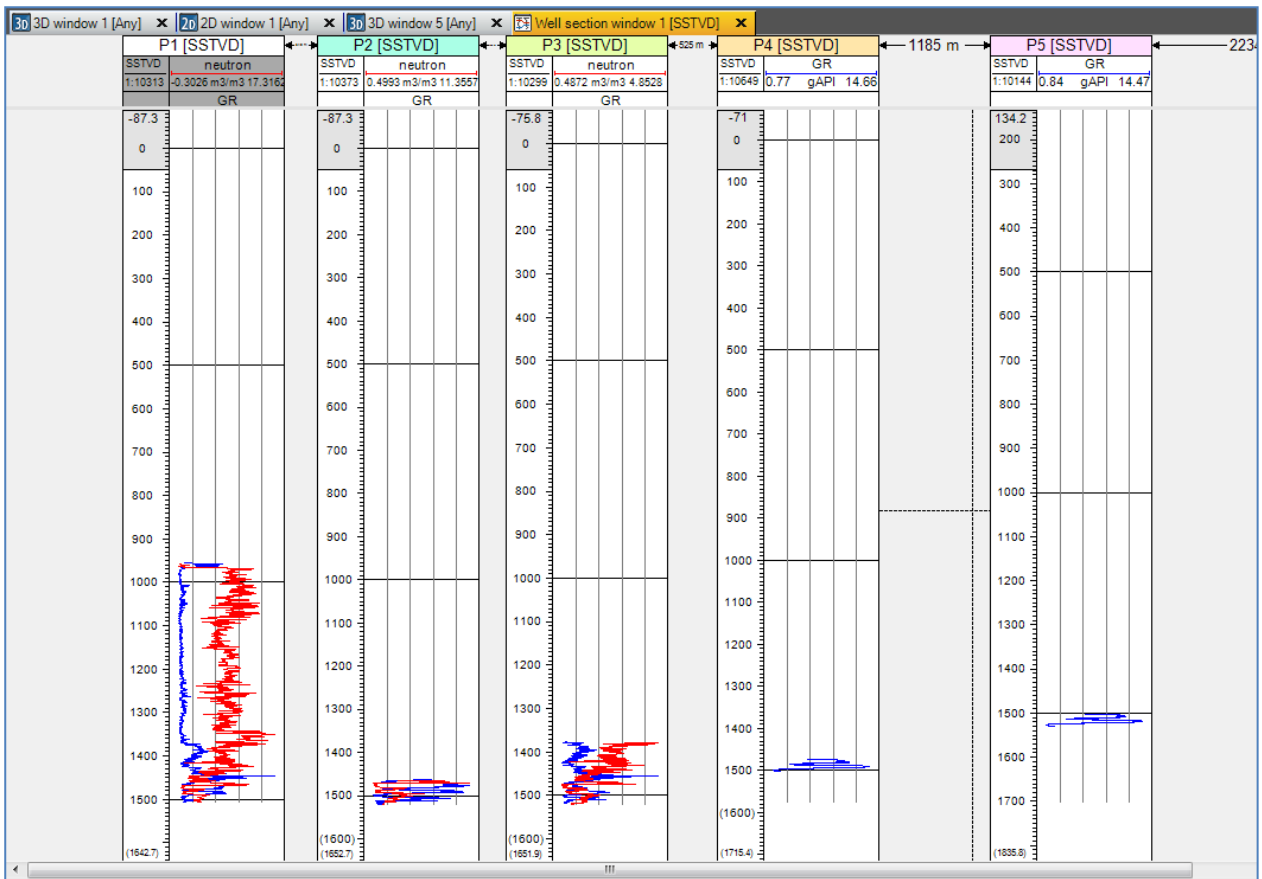


Рис.2.8.

2.2. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ОКНОМ WELL SECTION

Как можно заметить по **рис.2.8**, кривые отображены довольно не удачно по масштабу в вертикальном направлении и его необходимо поменять.

Для того, чтобы изменения масштаба действовали сразу для всех скважин щелкните по

иконке  (**Toggle synchronized well scrolling**) или нажмите **Shift+Y** (**рис.2.9**) и по иконке

 (**Toggle synchronized well scaling**).

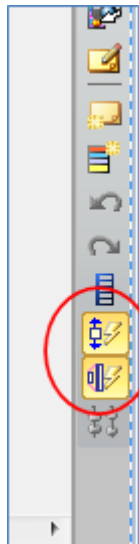


Рис.2.9.

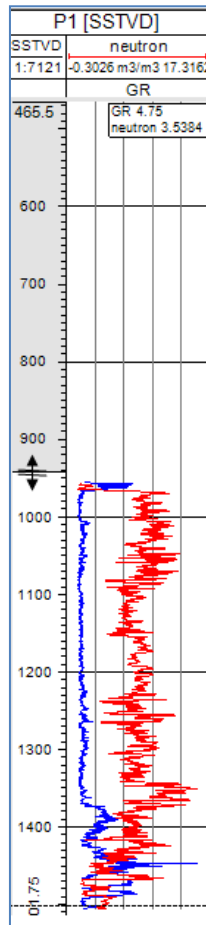



Рис.2.10.

Далее наведите мышку на пересечение черной и белой шкалы и, нажав на левую клавишу, увеличьте или уменьшите масштаб (рис.2.10). Обратите внимание, что масштаб изменился для геофизических кривых **всех** скважин, т.к. активны режимы, указанные на рис.2.9.

На рис.2.11 показаны кривые после увеличения масштаба. **Отдельно** кривую каждой скважины можно «прокрутить» вверх или вниз, **выключив** режим **Toggle synchronized well**

scrolling . После этого щелкните левой кнопкой мышки по скважине и при помощи «колесика» поднимите кривые или опустите (рис.2.12).

Сохраните проект.

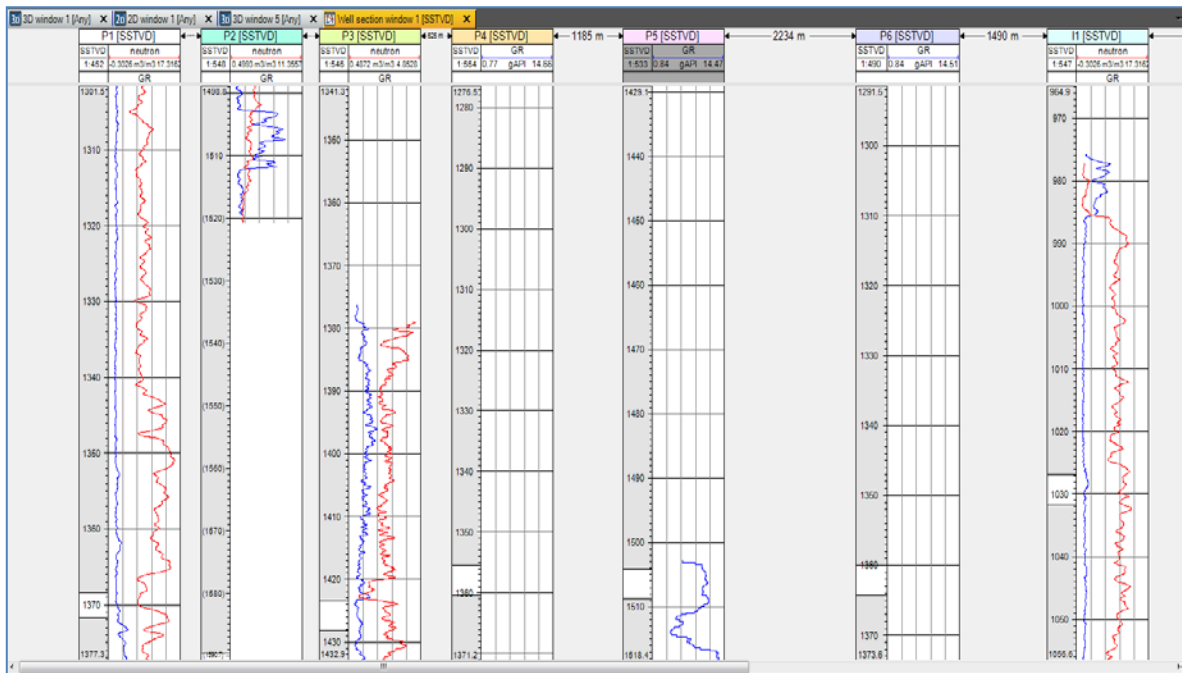


Рис.2.11.

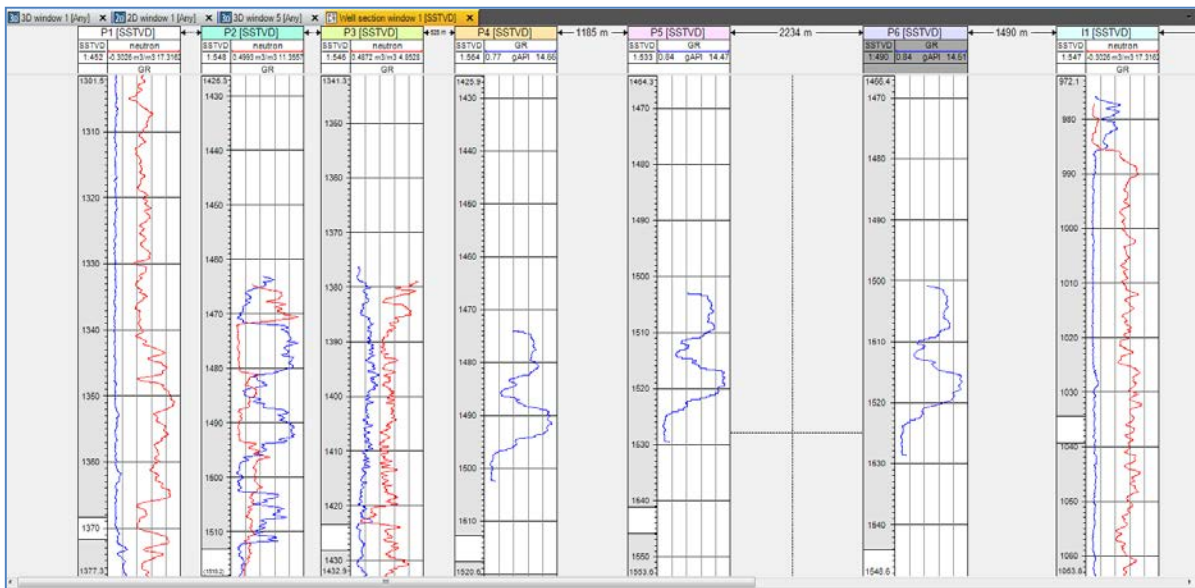


Рис.2.12.

3. РАБОТА С ОТМЕТКАМИ ПЛАСТОПЕРЕСЕЧЕНИЙ (ОТБИВКАМИ)

В упражнении 1 были загружены отметки пластопересечений скважин с геологическими пластами. Данные отметки **Well_tops** расположены на панели **Input** (рис.1.43); во вкладке **Stratigraphy** находятся отбивки уровней **TOP**, **MID** и **BASE**.

При построении геологической модели часто случается, что отбивки скважин немного не совпадают по уровням и по глубине (абсолютным отметкам) с каротажными кривыми. Отбивки могут оказаться выше минимального или ниже максимального уровня, для которых имеются значения каротажных кривых, следовательно, бывает необходимость уметь редактировать отбивки, а также создавать новые. Продемонстрируем это на следующем примере.

Далее можно использовать свой проект, сохраненный после упражнений 2, или воспользоваться готовым проектом из директории **D > Student_Education > Petrel > Project_EXC > Stratigraphy > Stratigraphy.pet** (рис.3.1)

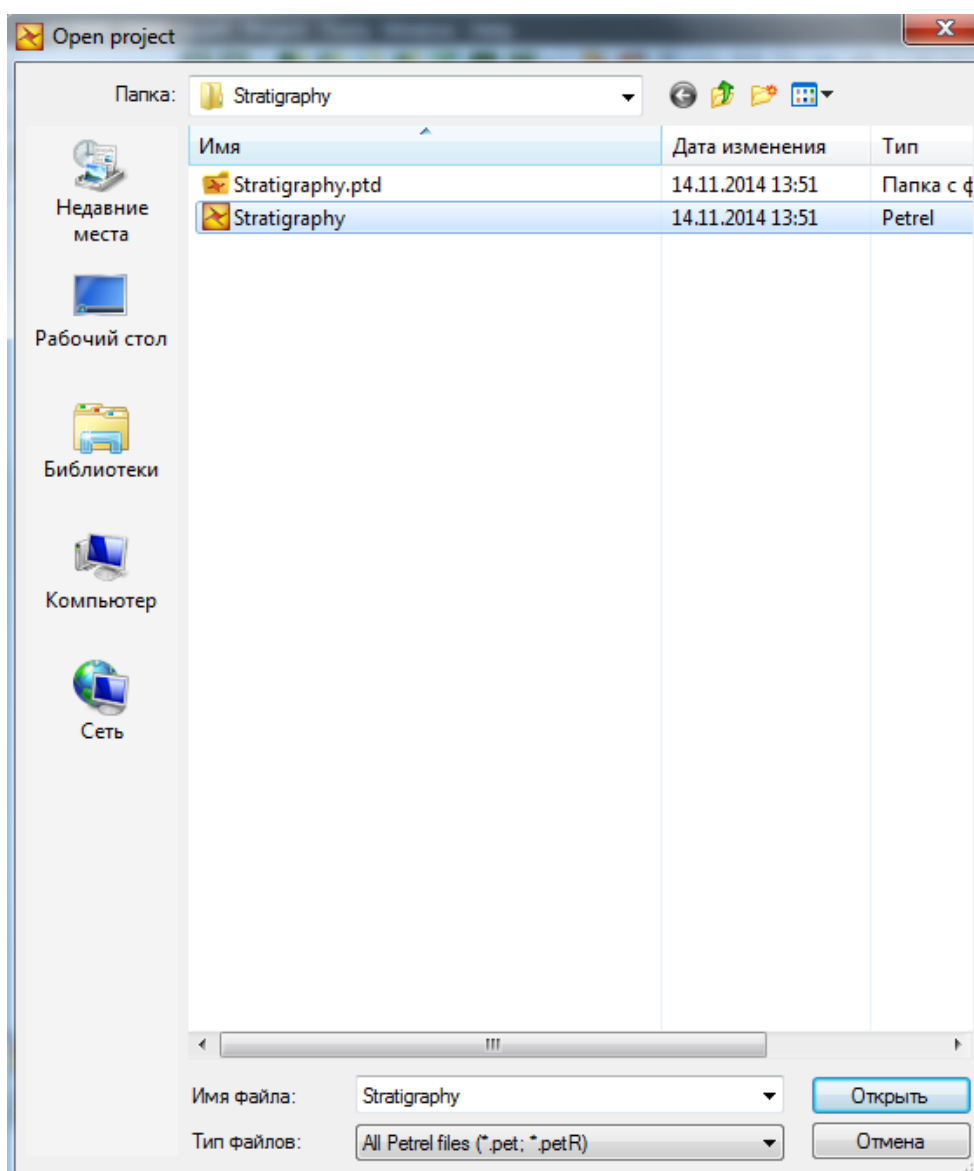


Рис.3.1.

Откройте окно **Well section window** и отобразите каротажные типа **GR** для всех скважин (**рис.3.2**). Немного измените масштаб в сторону увеличения, как это было показано в упражнении 2.2. На этом же полотне **Well section window** отобразите уровни отбивок, поставив галочки около **Well_tops** и **Stratigraphy** (**рис.3.3**).

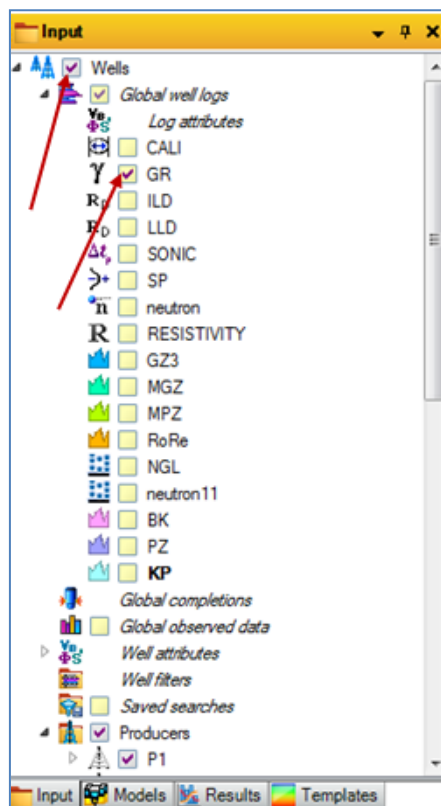


Рис.3.2.

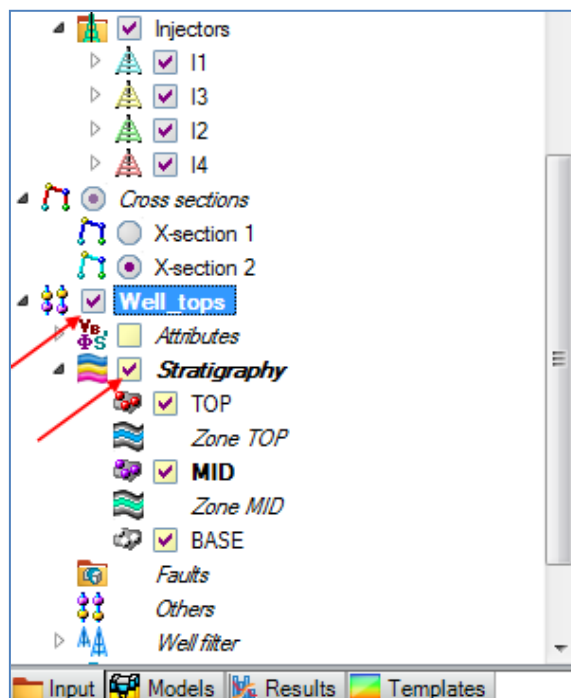


Рис.3.3.

Как видно по **рис.3.4**, отбивки для скважин P2, P4, P5, P6 и П1, I4 (в правой части окна **Well_section**) вообще не пересекаются с геофизическими кривыми, значит есть необходимость редактировать отметки пластопересечений.

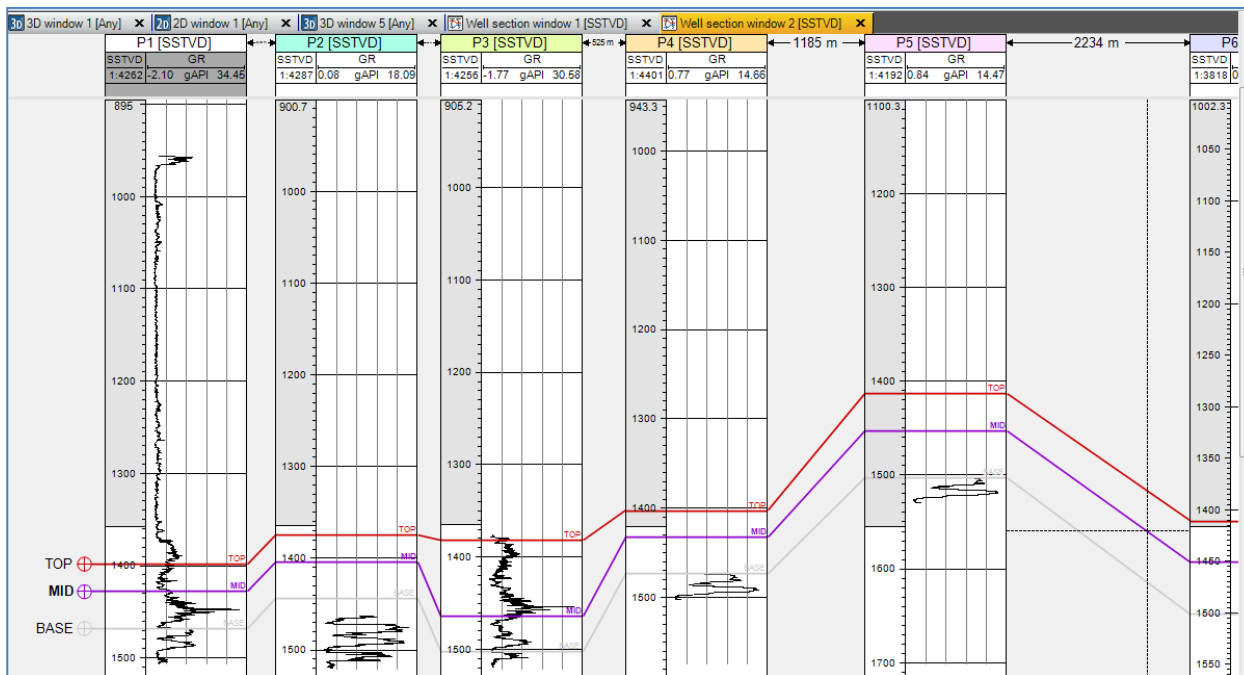


Рис.3.4.

Уровень отбивок будем редактировать для **каждой** скважины по отдельности. Для начала отредактируйте цвет отметок, особенно отбивку **BASE**. Нажмите правой клавишей мыши на отбивку **BASE** во вкладке **Well_tops** на панели **Input** и выберите **Show settings**. В открывшемся диалоговом окне во вкладке **Info** в секции **Color** поменяйте цвет, например, на зеленый (**рис.3.5**).

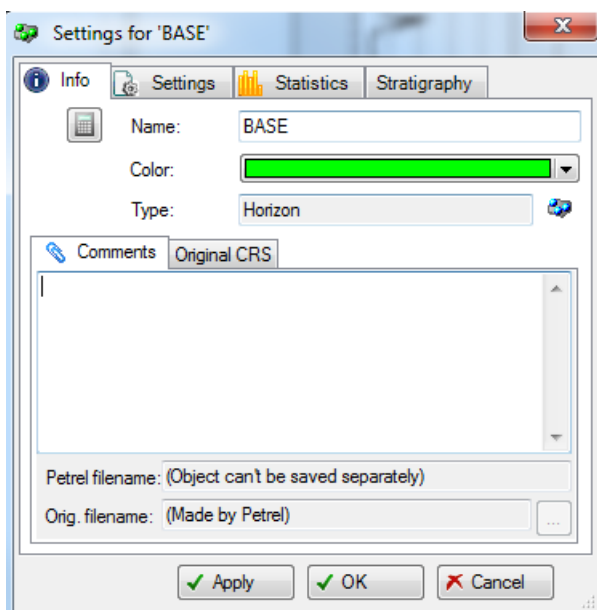



Рис.3.5.

Далее на правой части окна **Petrel** нажмите на иконку  (**create/edit well tops** или нажмите «E»). Наведите курсор мышки на любую из отбивок и переместите уровень вверх или вниз (**рис.3.6**).

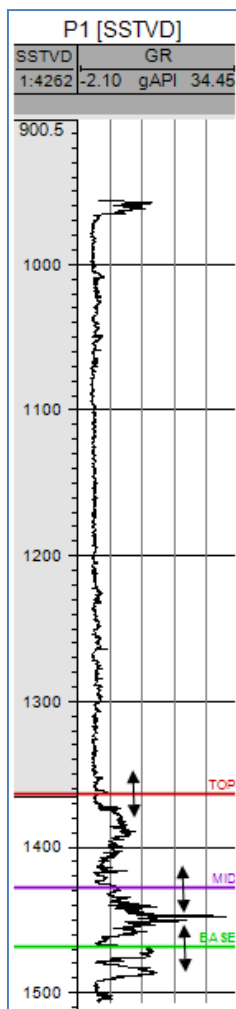


Рис.3.6.

Рекомендуется выполнить редактирование так, как на рис.3.7а и рис.3.7б.

Сохраните проект.

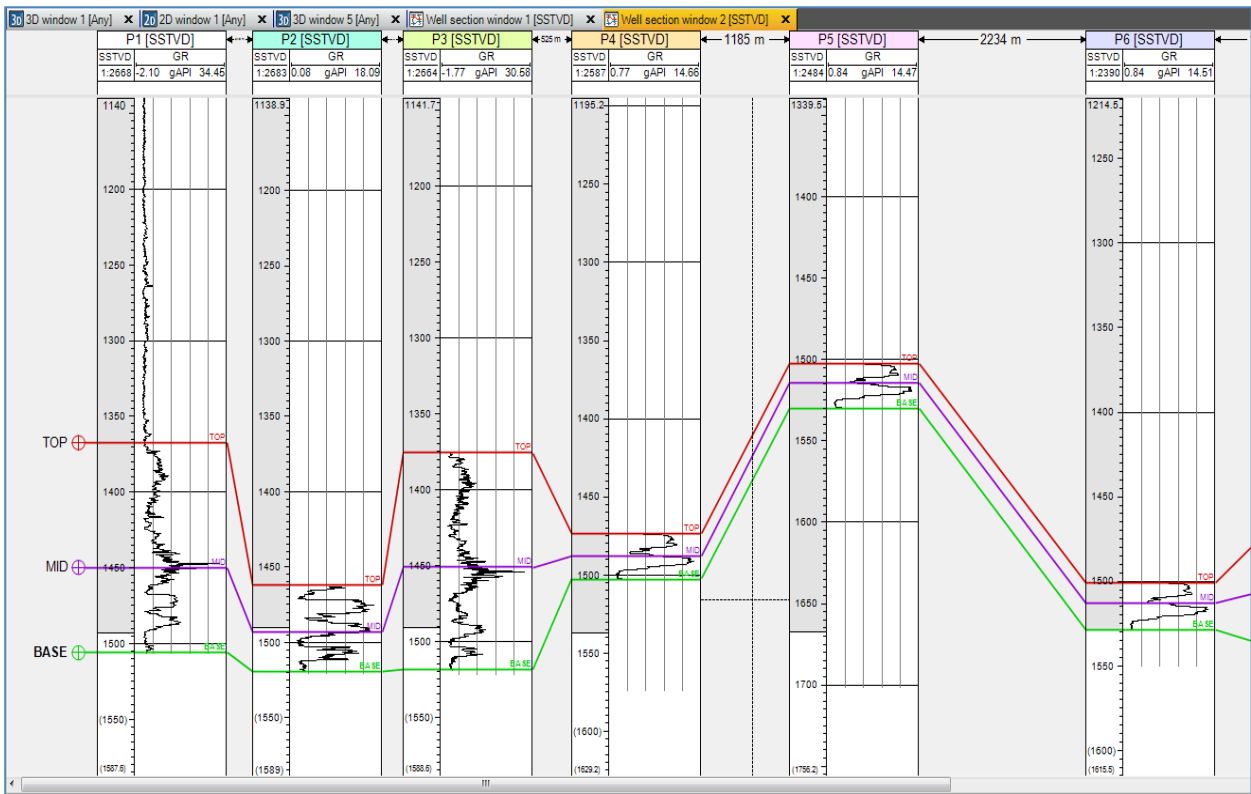


Рис.3.7а.

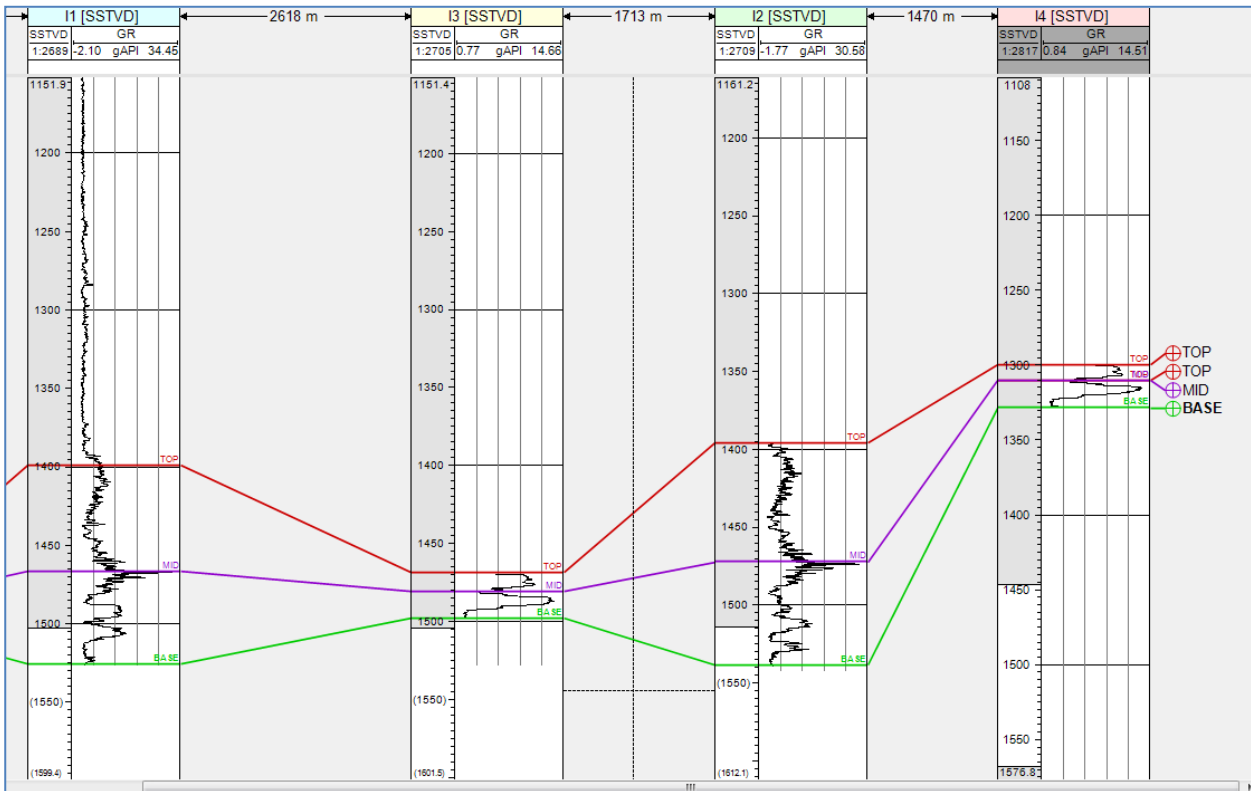


Рис.3.7б.

Для того, чтобы самому создать новый горизонт пластопересечения (отбивку), щелкните правой клавишей мыши по вкладке **Stratigraphy** на панели **Input** и выберите **Insert zone/horizon into** (рис.3.8). Во вкладке **Stratigraphy** появится новый уровень **Horizon 1** (рис.3.9).

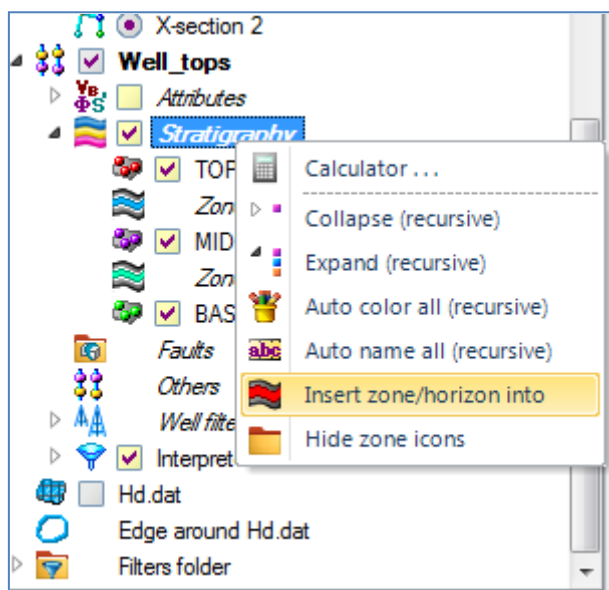


Рис.3.8.

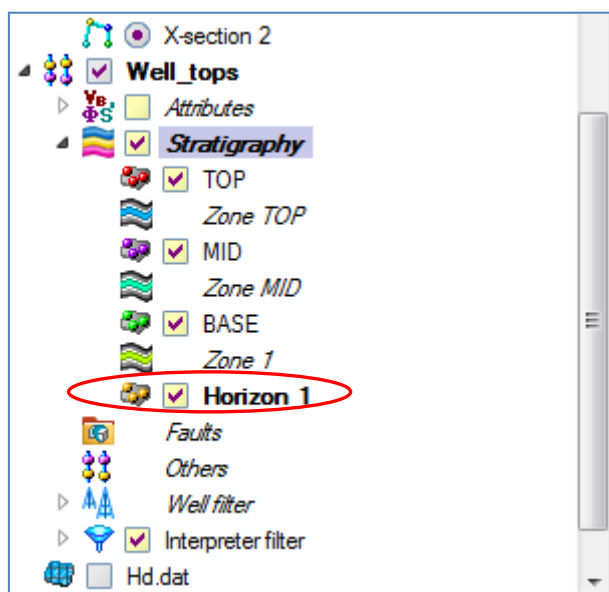


Рис.3.9.

Сделайте **Horizon 1** активным. Для этого щелкните по нему левой клавишей мыши, данный горизонт должен выделиться жирным. Перейдите в окно **Well section window** (рис.3.7а и рис.3.7б) и щелкните левой кнопкой мыши в то место где хотите создать отбивку (это надо сделать для каждой скважины)

Также новый горизонт можно добавить, нажав правой кнопкой мыши по существующему и, выбрав **Insert zone/horizon above** или **Insert zone/horizon below** для добавления нового горизонта сверху или снизу существующего соответственно.

Сохраните проект.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ (к упражнениям 2 и 3).

- 1) Опишите последовательность действий для создания шаблона отображения нескольких каротажных кривых в одной колонке?
- 2) Какие пиктограммы (иконки) применяются при изменении масштаба окна Well section?
- 3) Какие инструменты существуют в Petrel для редактирования уровня отбивок?
- 4) Сформулируйте, как создать новый горизонт пластопересечения?

4. ФАЦИИ. РУЧНОЕ РИСОВАНИЕ ФАЦИАЛЬНОЙ КОЛОНКИ

Фациальное моделирование – один из основных процессов при моделировании недр. При загрузке данных, как правило, такие фациальные колонки даются разработчикам геологических моделей изначально. Но необходимыми навыками при работе с данным процессом необходимо обладать.

На основании фациальных колонок далее будет строиться фациальная модель коллектора. Вы можете использовать свой проект, сохраненный после упражнений 3, или воспользоваться готовым проектом из директории **D > Student_Education > Petrel > Project_EXC > Facies > Facies.pet**

Для создания фациальной колонки щелкните правой кнопкой мыши по папке **Global well logs** на панели **Input** и выберите опцию **Insert global well log (disc.)** – **рис.4.1**. Новый объект появится во вкладке **Global well logs**.

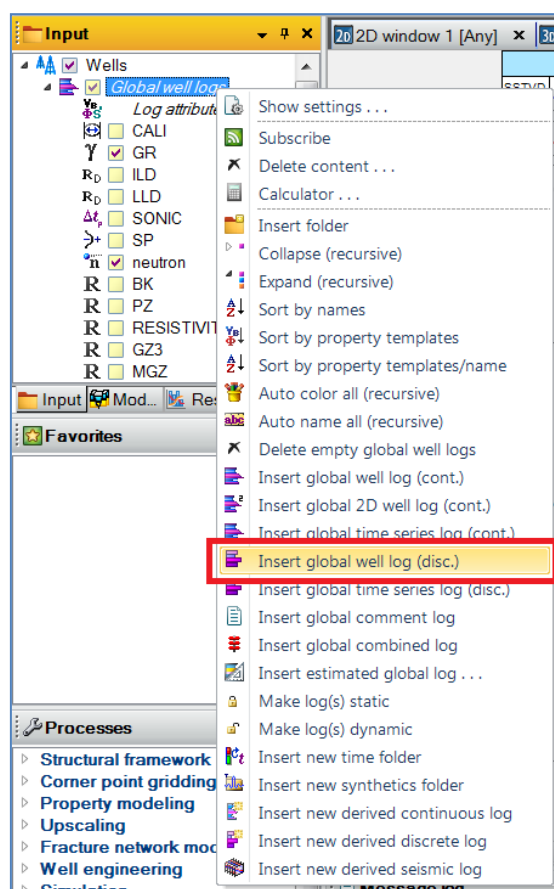


Рис.4.1.

Новый вид каротажной кривой **Log18** (номер, в принципе, может отличаться) появилась во вкладке **Global well logs** на панели **Input**. Чтобы изменить ее название, щелкните по **Log18** правой клавишей мыши и выберите **Show settings**. В открывшемся диалоговом окне во вкладке **Info** в поле **Name** введите имя геофизической кривой **Facies** (**рис.4.2**). Нажмите **ОК**.

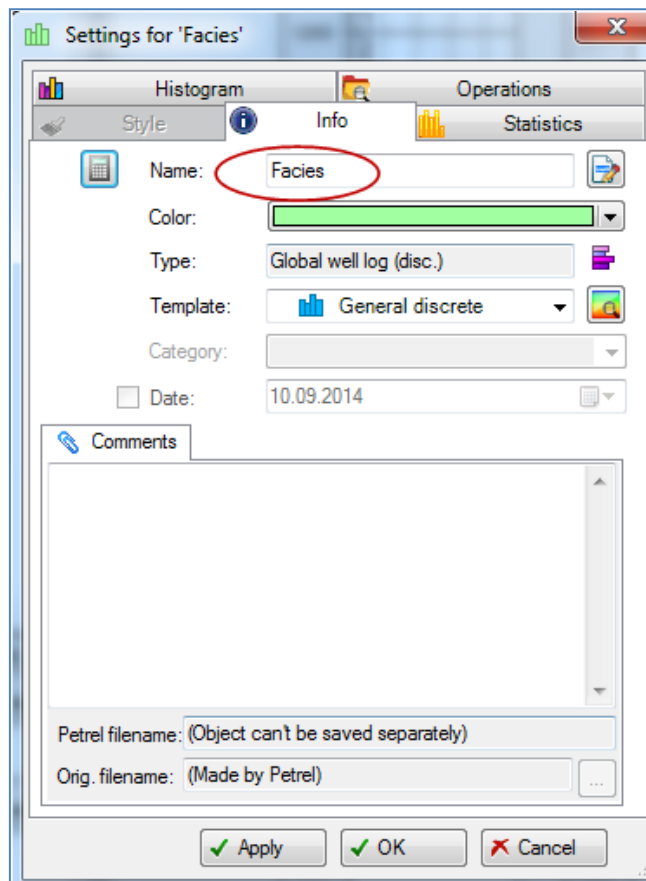


Рис.4.2.

Каротажные данные **Facies** отображены во вкладке **Global well logs** (рис.4.3).

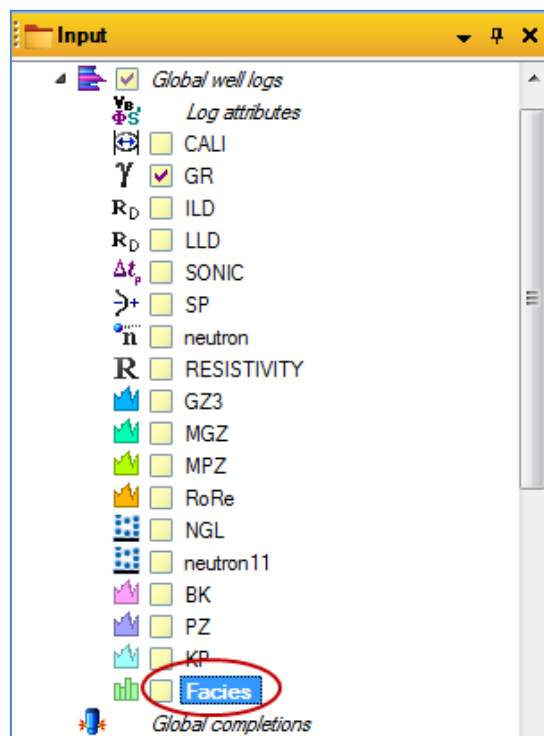


Рис.4.3.

Щелкните правой кнопкой мыши по **Facies** и выберите опцию **Copy as derived log template**. Далее правой кнопкой мыши по папке **Wells** на панели **Input** и выберите опцию **Add empty 'Facies' log to all wells**.

Откройте окно **Well section window**, отобразите все скважины и данные **GR** и **Facies**. Отобразите также поверхности отбивок **Well_tops**.

Для удобства просмотра щелкните правой кнопкой мыши по отбивке **TOP** или **MID** во вкладке **Stratigraphy** на панели **Input** и выберите **Flatten well section on horizon** (рис.4.4).

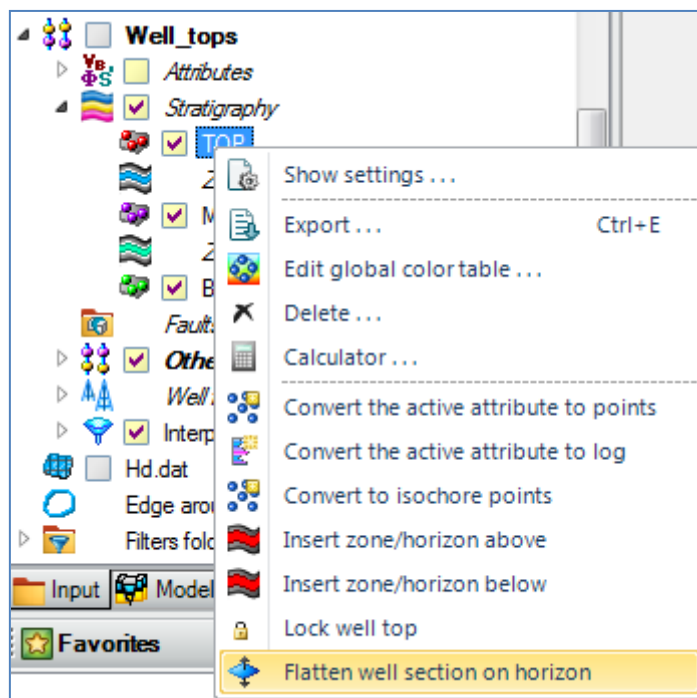



Рис.4.4.

Щелкните по иконке  (**Paint discrete log class** или **A**). Начинайте отрисовывать фации в колонке **Facies**. Пусть, если сигнал более, чем 0.2 от максимального, то фация – непроводящая глина (Shale), а если менее, чем 0.2, то проводящий песчаник (Sand). Чтобы настроить тип Shale-Sand, щелкните правой клавишей по колонке **Facies** (режим **Paint discrete log class** при этом включен) и нажмите **Show settings** (рис.4.5).

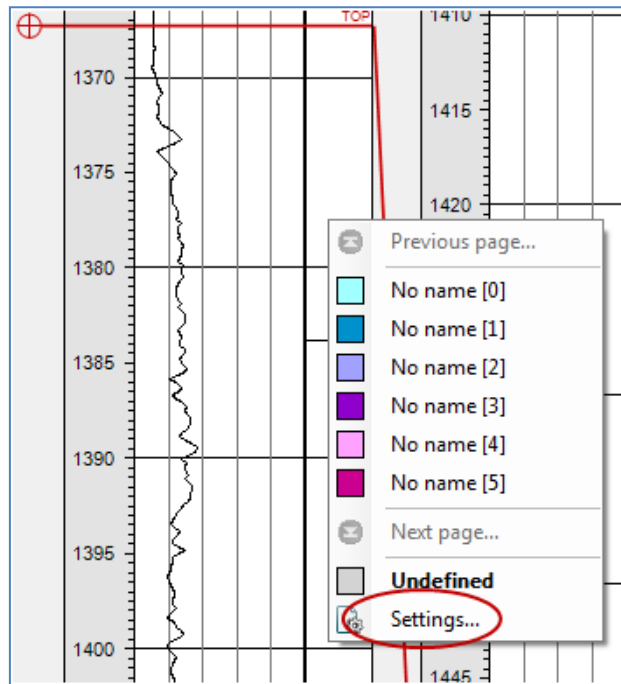


Рис.4.5.

Введите имена Shale и Sand в поле **Name** и подберите соответствующие цвета в поле **Color** (рис.4.6). Нажмите **ОК**.

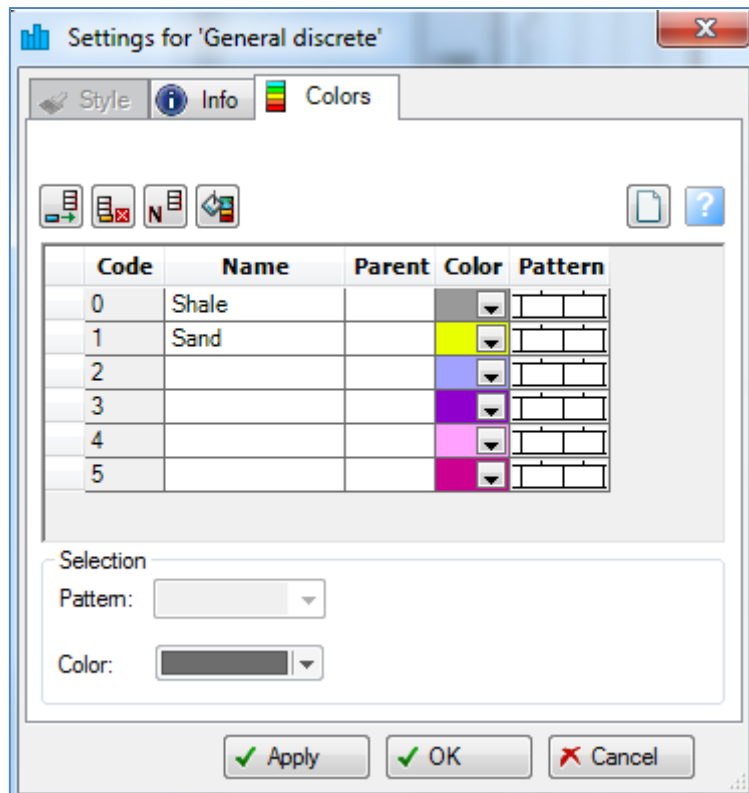


Рис.4.6.

Итак, все готово для отрисовки фаций. Нажмите правой клавишей мышки для выбора типа фации по колонке **Facies** в окне **Well section window** и проведите «кисточкой». Для отмены действия нажмите правой клавишей мышки и выберите **Undefined** (после чего проведите «кисточкой» и «закрашиваемая» область будет не цветной, а белой). Следите за тем, чтобы типы фаций были соединены, т.е., чтобы между ними не было белых пустот. (рис.4.7).

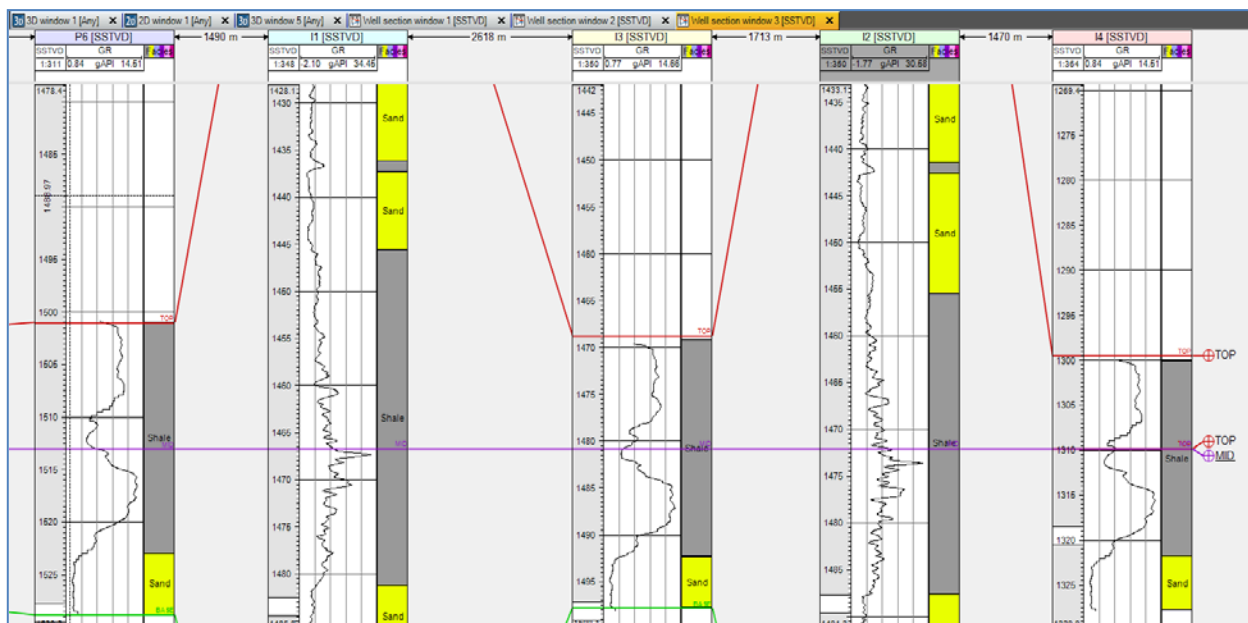


Рис.4.7.

Далее рекомендуется немного отредактировать поверхности отбивок, исходя из отрисованных фациальных колонок. Постарайтесь нарисовать фации и выправить согласно им отметки пластопересечений, как на рис.4.8 и рис.4.9.

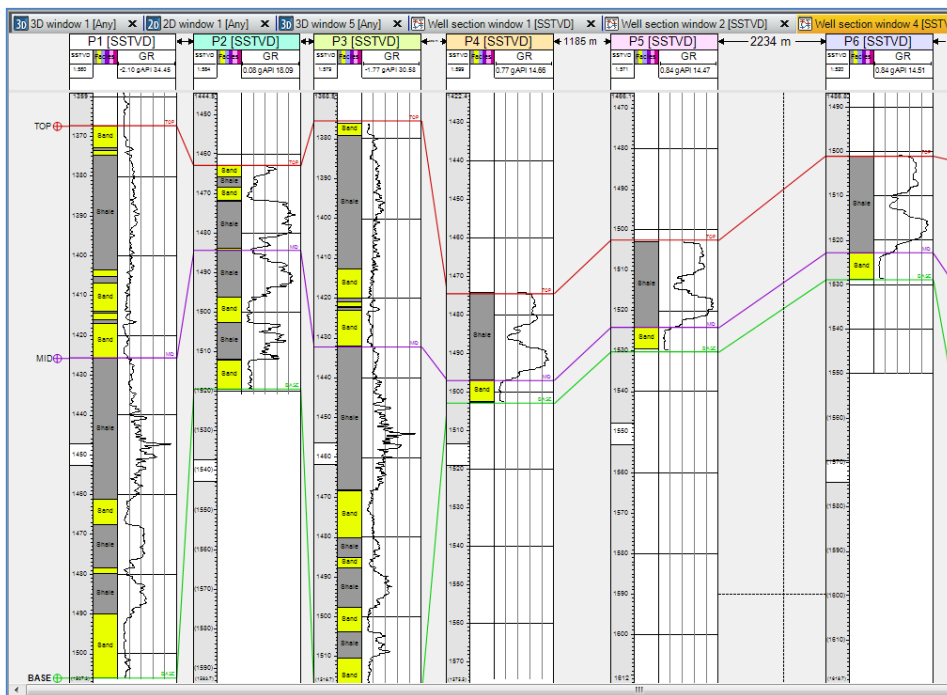


Рис.4.8.

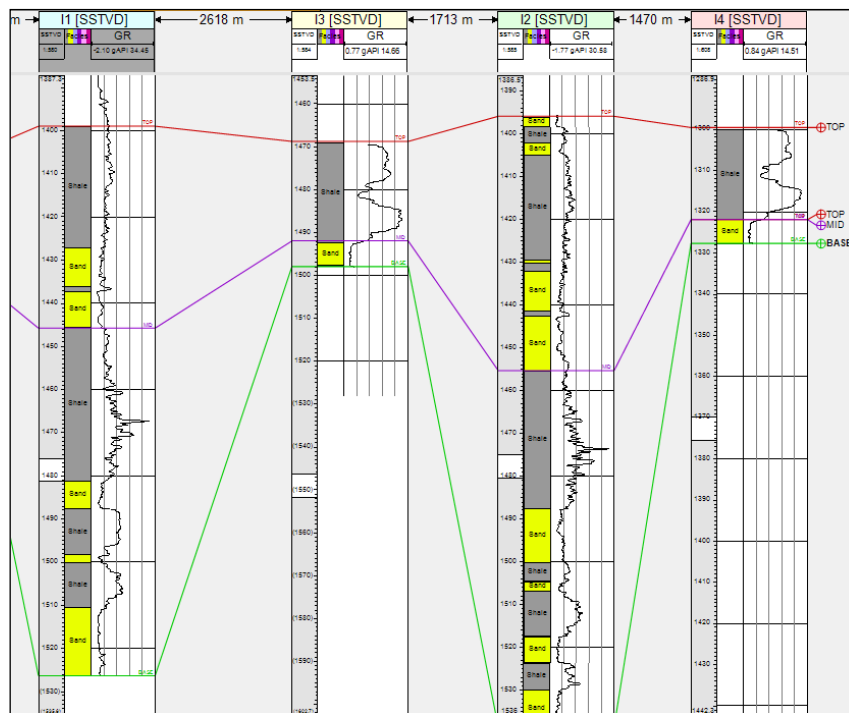


Рис.4.9.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Какой инструмент (пиктограммы или иконки) используется для "отрисовки" фациальных колонок?
- 2) Опишите процесс настройки рисования фаций типа Shale-Sand.
- 3) Проанализируйте, каким образом калибруется сигнал, полученный при помощи геофизических исследований и вычислите цену деления шкалы для каждой из скважин.

5. СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО ОТМЕТКАМИ ПЛАСТО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ СКВАЖИН. ПРОЦЕСС MAKE/EDIT SURFACE

После загрузки всех данных и самостоятельной "отрисовки" фациальных колонок, следующим процессом при построении геологической модели является построение структуры недр, т.е. создание геометрического образа моделируемого объекта.

Создание визуального образа геологического объекта включает в себя несколько этапов: создание поверхностей по отбивкам пластопересечений скважин (процесс **Make/edit surface**), создание **простой** сетки по предварительно построенным поверхностям (процесс **Make simple grid**), разбиение сетки на слои (процесс **Make Layering**), редактирование модели разломов (процесс **Fault modeling**), создание сетки на основе модели разломов (процессы **Corner point gridding**), создание горизонтов по построенной модели, в которой учитываются разломы (процесс **Make horizon**), создание модели для гидродинамических расчетов (процесс **Pillar gridding**), и др.

В данном упражнении Вы познакомитесь с процессом **Make/edit surface**.

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC>Make edit surface> Make edit surface.pet**. Не используйте проект, сохраненный после предыдущего упражнения.

При создании геометрических образов Вы будете пользоваться различными процедурами и процессами, расположенными на вкладке **Processes** (рис.5.1).

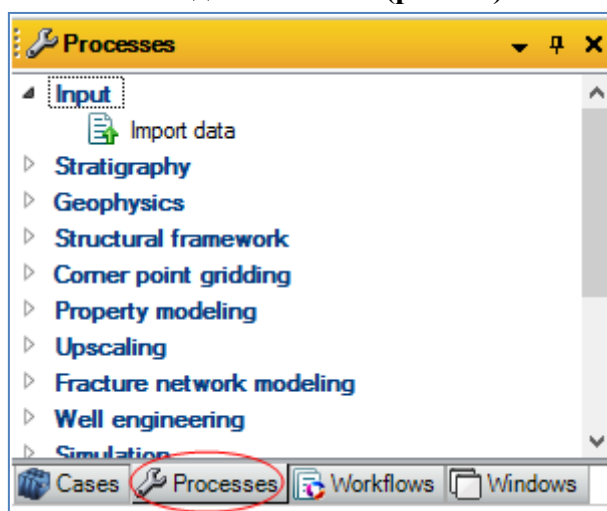


Рис.5.1.

На вкладке **Processes** раскройте каталог **Utilities** и выберите процесс **Make/edit surface** (рис.5.2).

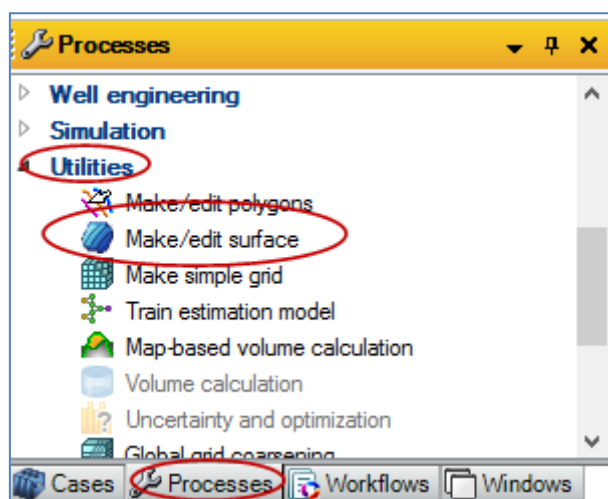


Рис.5.2.

Раскроется диалоговое окно (рис.5.3). При помощи данного окна будет загружена поверхность по ОДНОМУ УРОВНЮ отметок пластопересечений с использованием границы **Edge around**, которую Вы загрузили ранее.

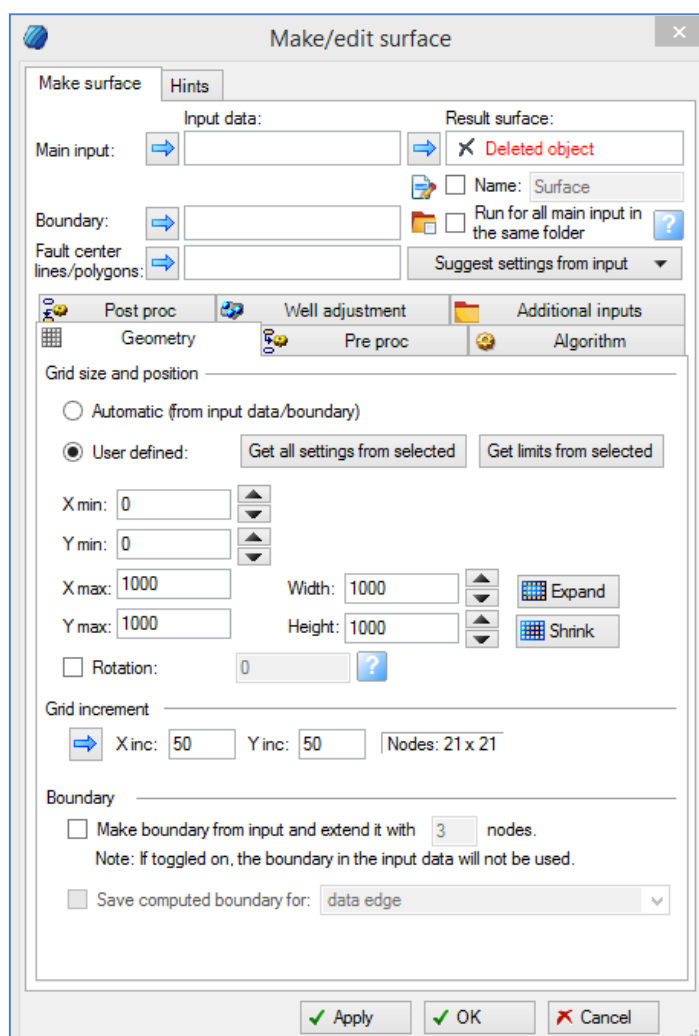


Рис.5.3.

Построим поверхность для отбивки **TOP**. Для этого выделите отбивку **TOP** во вкладке **Stratigraphy** на панели Input и нажмите на синюю стрелку около меню **Main input** вкладки **Geometry** окна **Make/edit surface**. Выделенный уровень пластопересечения появится в поле **Main input** (рис.5.4).

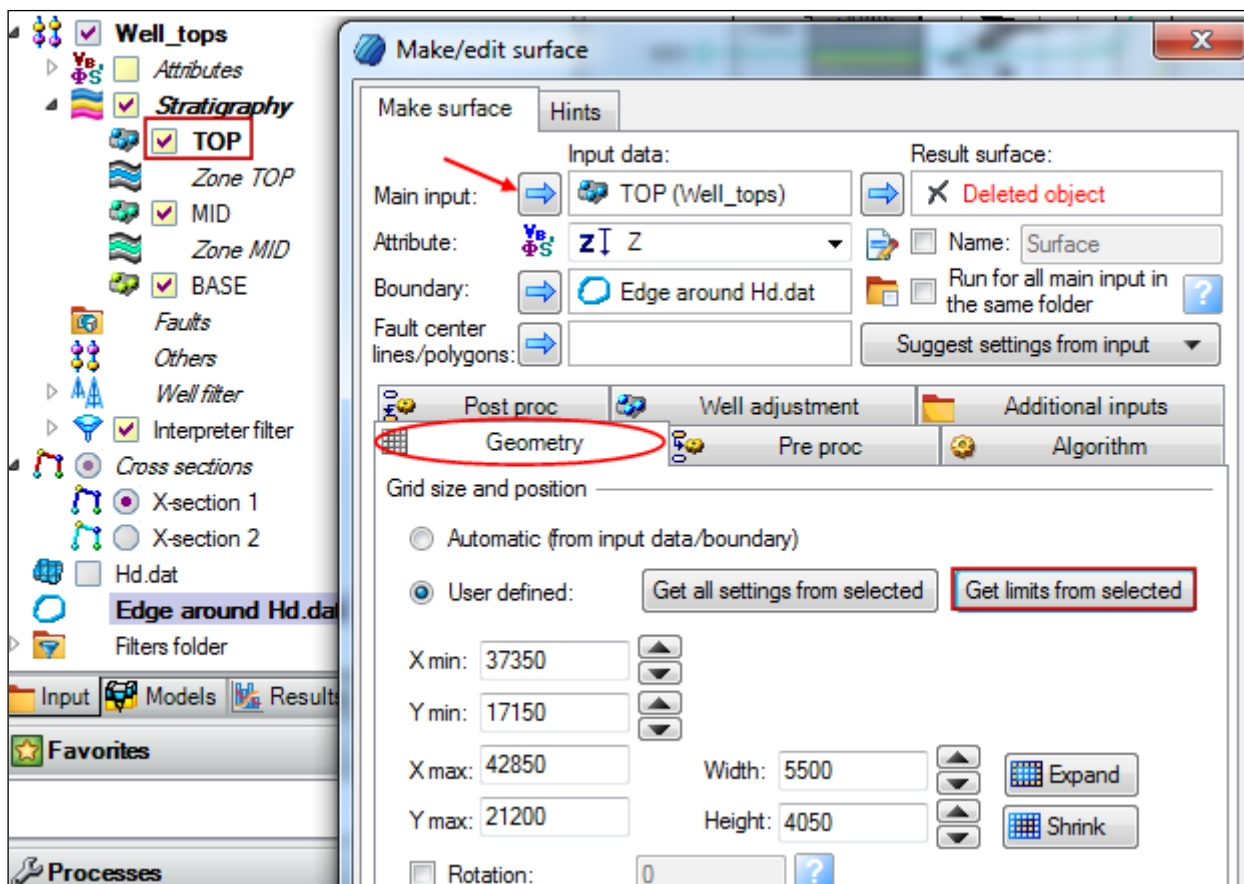


Рис.5.4.

Далее загрузим границу геологической модели. Для этого выделите границу **Edge around Hd.dat** на панели **Input** и нажмите на синюю стрелку около меню **Boundary** вкладки **Geometry** окна **Make/edit surface**. Выделенный граница области отобразится в поле **Boundary** (рис.5.4).

Далее выберите режим **Automatic** (from input data/boundary) - **рис.5.5**. Выбрав эту опцию, Вы подтверждаете, что граница области совпадает с границей **Edge around Hd.dat**, которую вы загрузили в поле **Boundary**.

Замечание. Если Вы выберите **User defined** и нажмите на **Get limits from selected**, то граница области будет привязана к минимальной и максимальной координатам загруженных скважин. Сделайте эту процедуру самостоятельно.

В поле **Grid increment** вводятся значения, характеризующие степень "плавности" построения поверхности. Чем меньше данные значения, тем поверхность более "гладкая". Поэкспериментируйте самостоятельно с данными значениями.

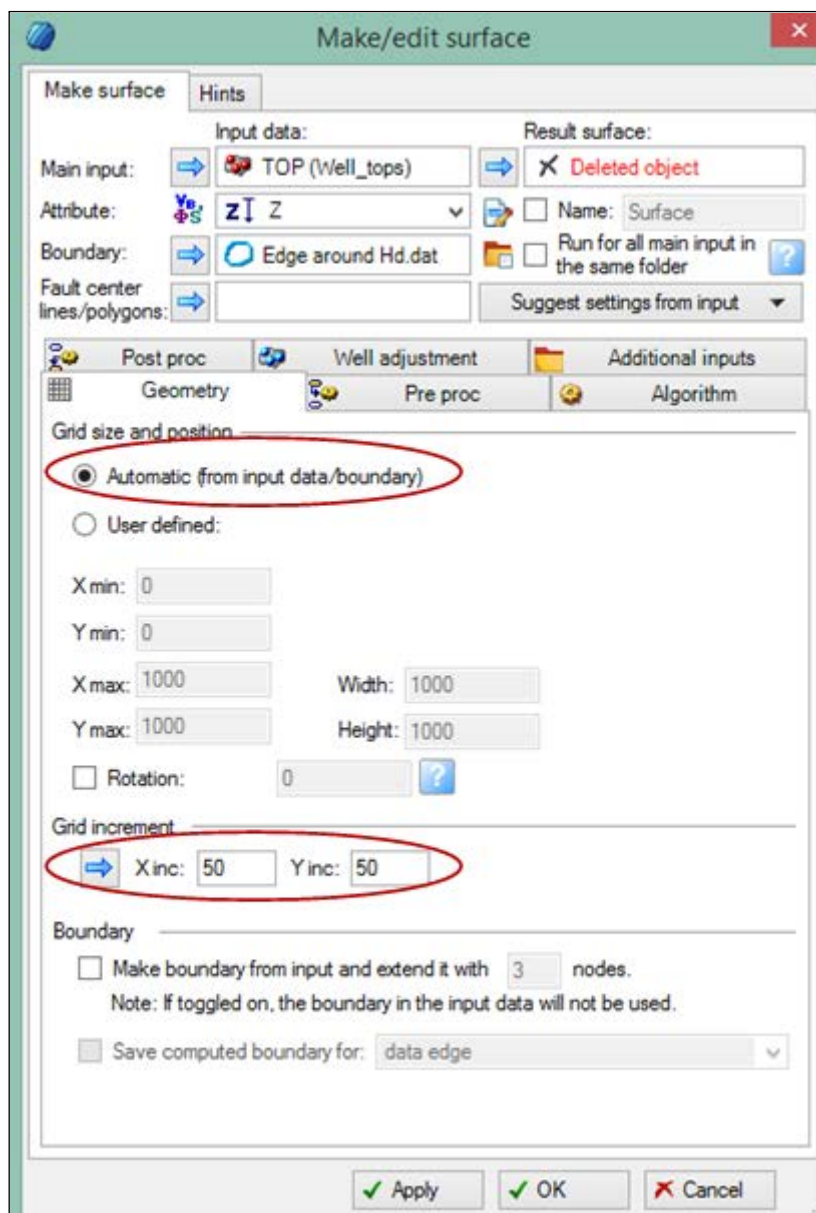


Рис.5.5.

Далее перейдите на вкладку **Well adjustment** окна **Make/edit surface**. Выберите вкладку **TOP** во вкладке **Stratigraphy** на панели **Input** и нажмите на синюю стрелку около меню **Well tops** вкладки **Well adjustment** окна **Make/edit surface** (рис.5.6).

На следующем этапе перейдите на вкладку **Algorithm** и в поле **Method** (в данном поле заложен математический аппарат построения поверхностей) выберите **Isochore interpolation** (рис.5.7).

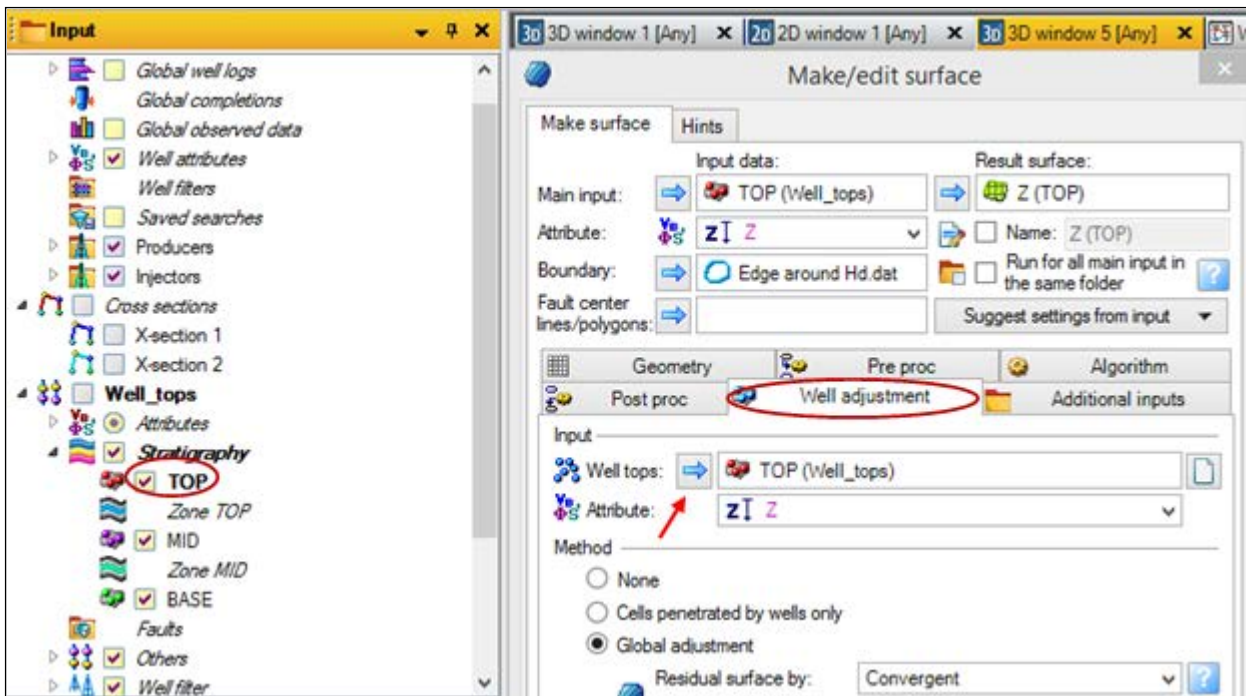


Рис.5.6.

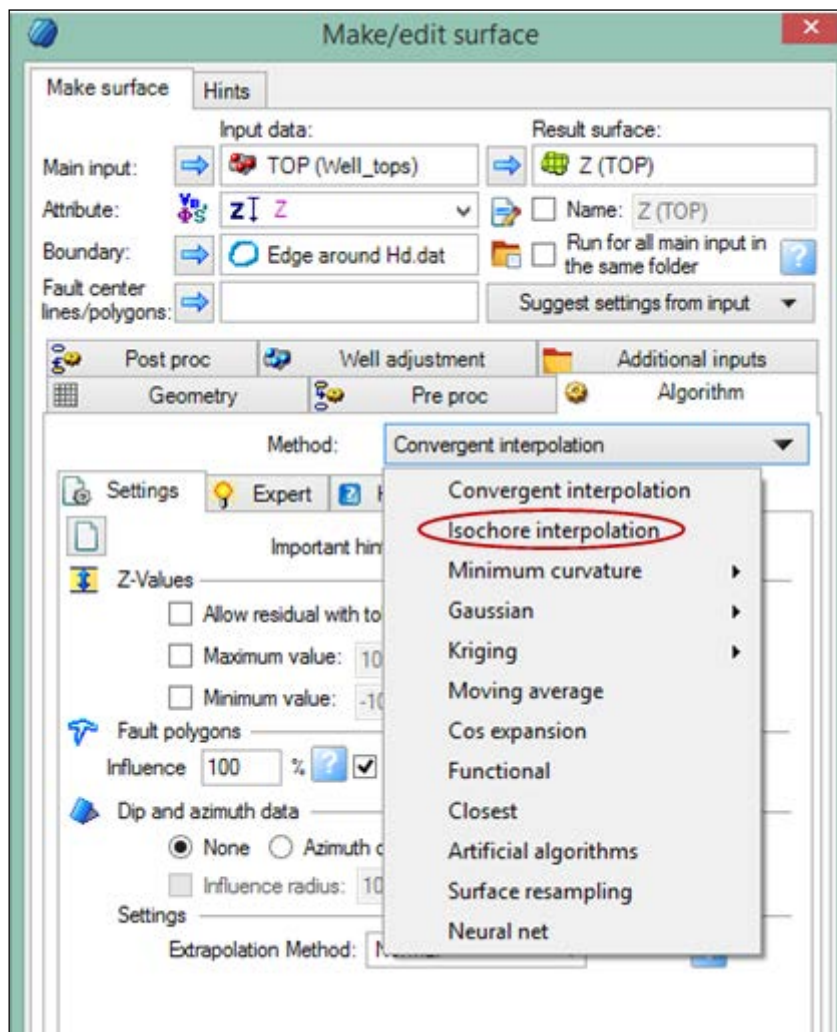


Рис.5.7.

Загрузка данных для процесса **Make/edit surface** закончена. Нажмите **ОК**.

Загруженная поверхность **Z(TOP)** отразилась на панели **Input** (рис.5.8). Визуализируйте ее в окне **3D window** (рис.5.9).

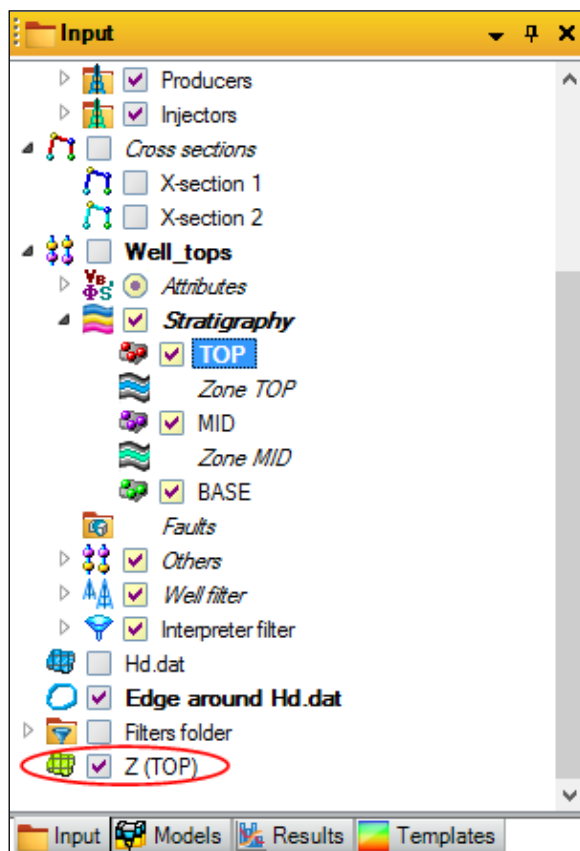


Рис.5.8.

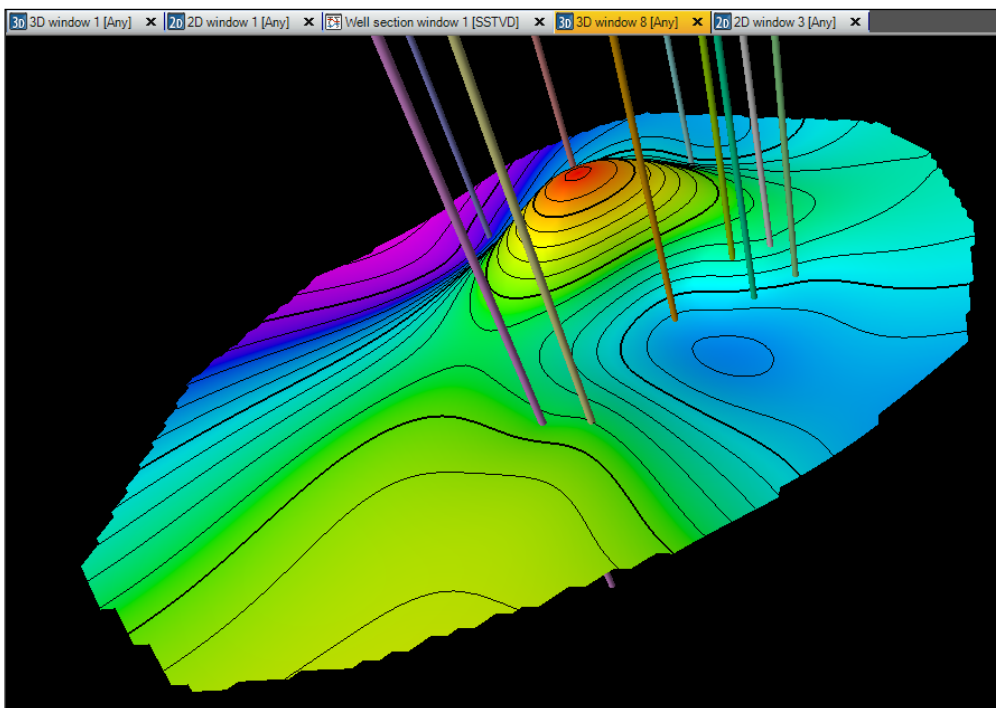


Рис.5.9.

Отредактируйте "цветовую схему" отображения поверхности. Нажмите правой клавишей по поверхности **Z(TOP)** на панели **Input** и выберите **Edit global color table** (рис.5.10).

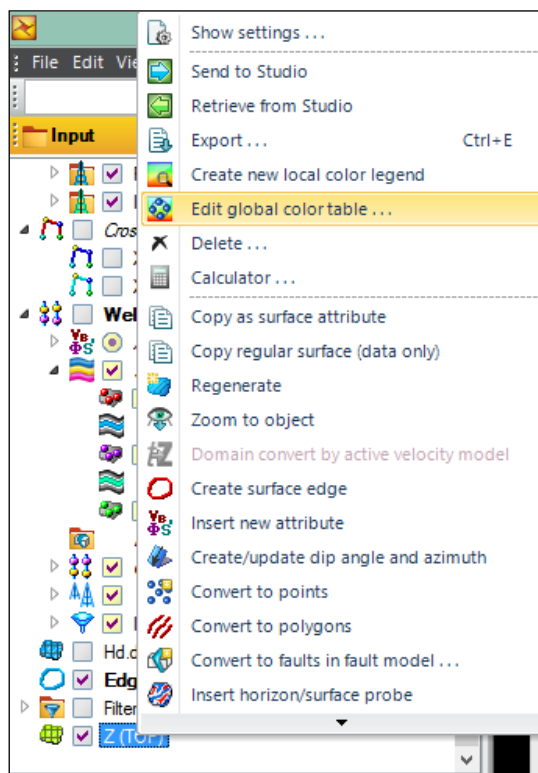


Рис.5.10.

Нажмите на стрелки около поля **Min** и **Max**, чтобы цветовая схема была откалибрована по максимальному и минимальному уровню поверхности (рис.5.11).

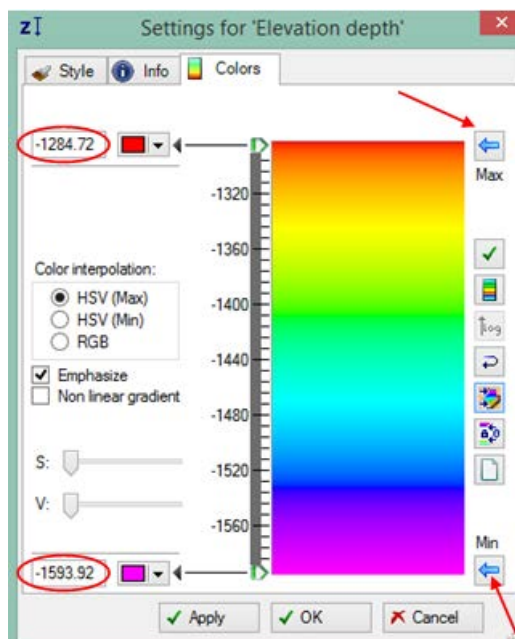



Рис.5.11.

Нажав на иконку  в окне **3D Window**, можно отобразить вид Вашей цветовой схемы поверхности.

Теперь постройте поверхности для уровней **MID** и **BASE** (получившиеся результаты на **рис.5.12**).

ВАЖНО: Для того, чтобы Petrel новые поверхности записывал в новые файлы, в поле Result surface окна Make/edit surface удаляйте старую поверхность (рис.5.6).

После построения трех поверхностей Z(TOP), Z(MID), Z(BASE), создайте папку (**Insert-New folder**) и назовите ее **Surfaces**. Перетащите поверхности в данную папку.

Сохраните проект.

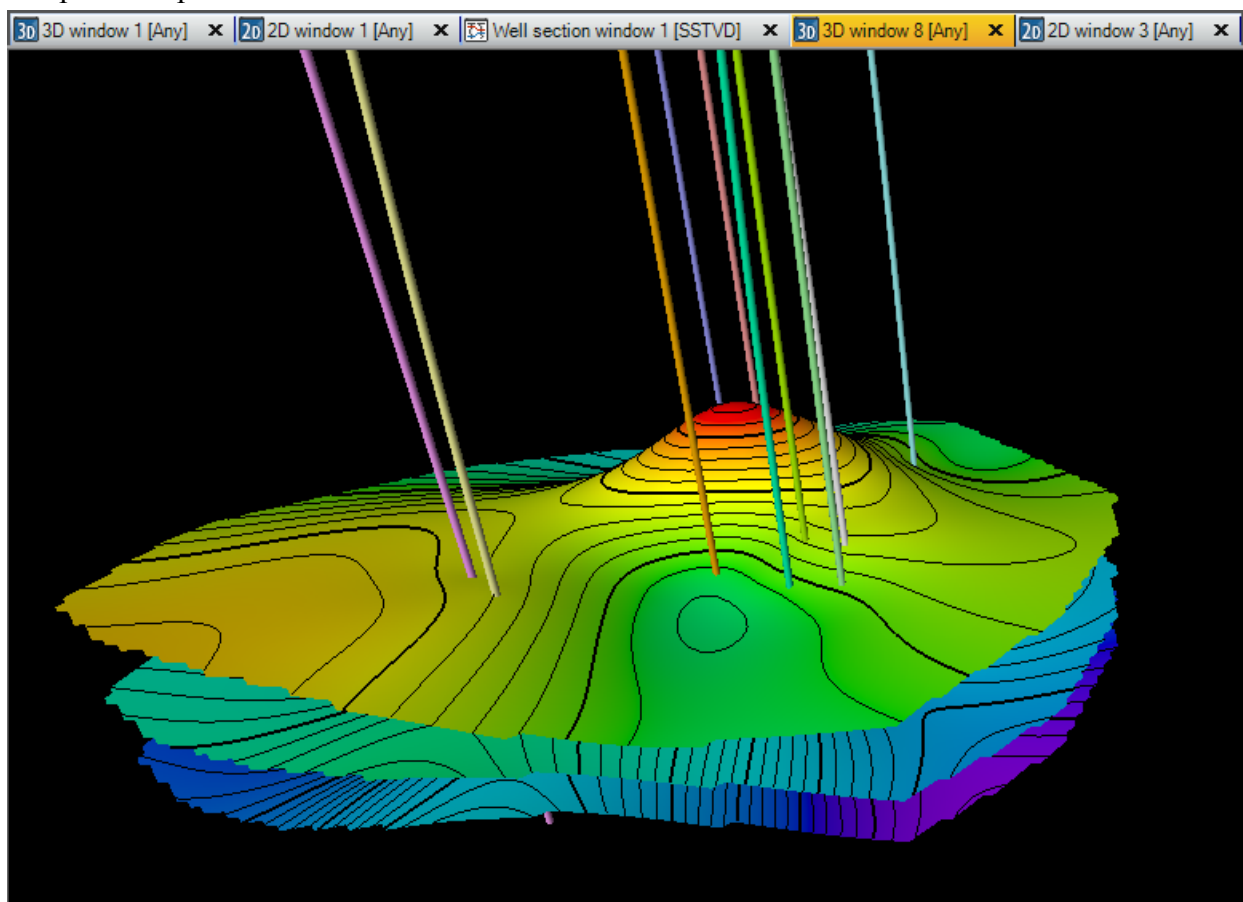


Рис.5.13.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) На какой панели и на какой вкладке расположен процесс **Make/edit surface**, применяемый для построения поверхностей?
- 2) Какие из загруженных входных данных используются для построения поверхностей и какой принцип лежит основе построения поверхности?
- 3) Сформулируйте, какие параметры закладываются в поле **Grid increment** в диалоговом окне **Make/edit surface**?
- 4) На какой панели будут расположены поверхности после их построения?
- 5) Какие методы интерполяции используются для построения поверхностей?
- 6) Опишите последовательность действий, направленные на изменение цветовой схемы изображения?

6. СОЗДАНИЕ ПРОСТОЙ СЕТКИ. ПРОЦЕСС MAKE SIMPLE GRID И LAYERING

Продолжаем процесс создание геологической модели недр. В прошлом упражнении были построены 3 поверхности по отбивкам скважин. Следующим этапом является дискретизация построенных поверхностей – то есть создание простой сетки. Сетка в математическом толковании представляет собой узлы, которые соединены между собой линиями. Если сетка двухмерная, то ячейка, как правило, представляет собой параллелограмм, треугольник или шестигранник. Если рассматривается трехмерная область, то ячейка представляет собой параллелепипед, октаэдр, или другие геометрические формы. В рамках работы с Petrel, мы столкнемся с ячейками, в основании которых лежат четырехугольные фигуры.

Для работы над этим упражнением откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC>Make edit surface> Make simple grid.pet.** или работайте в проекте, который был сохранен после предыдущего упражнения.

Особенностью процесса **Make simple grid** является то, что при построении сетки не учитываются модель разломов.

Раскройте вкладку **Utilities** на панели **Processes** (рис.6.1) и откройте процесс **Make simple grid**.

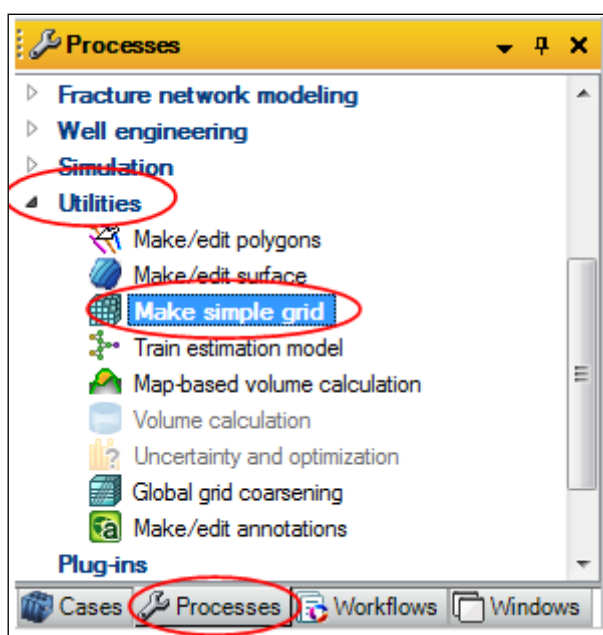


Рис.6.1.

В поле **Create new** на вкладке **Input data** окна **Make simple grid** (рис.6.2) введите имя сетки (рекомендуется **3D grid**). Выбрав опцию **Insert surfaces**, сетка будет построена на основе построенных поверхностей.

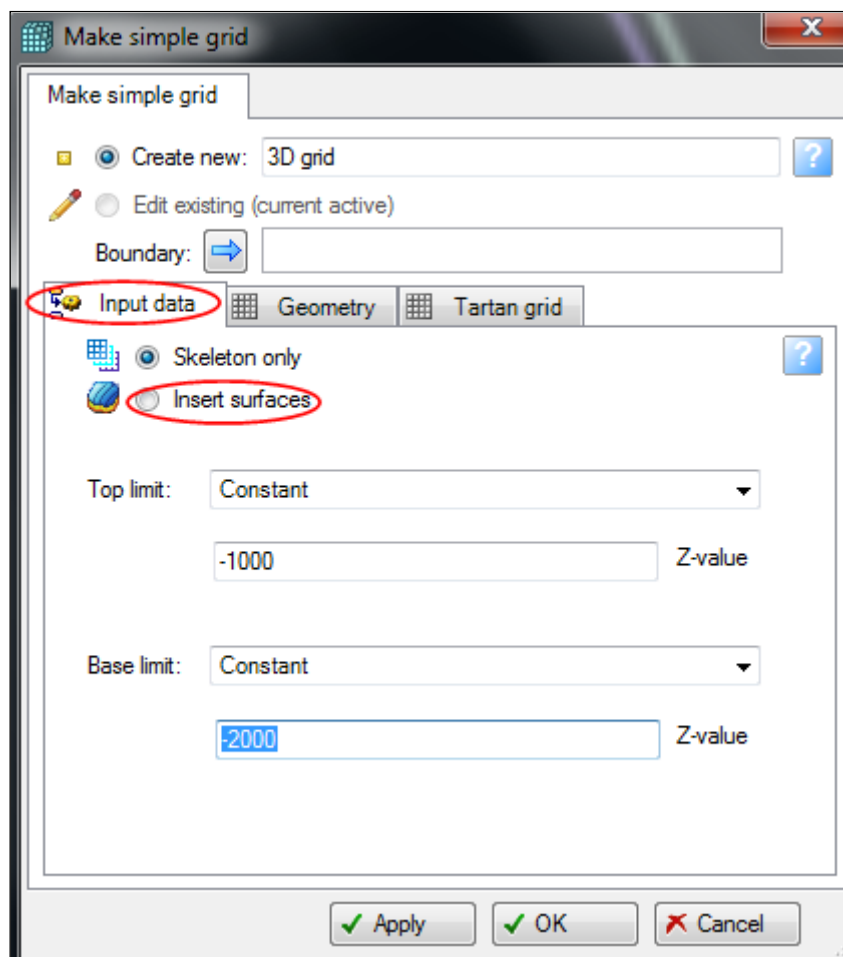



Рис.6.2.

Выберите поверхности Z(BASE), Z(MID), Z(TOP) и нажмите на иконку  (append item in the table), далее границу поверхности **Edge around Hd.dat** и нажмите на стрелочку около **Boundary** (рис.6.3).

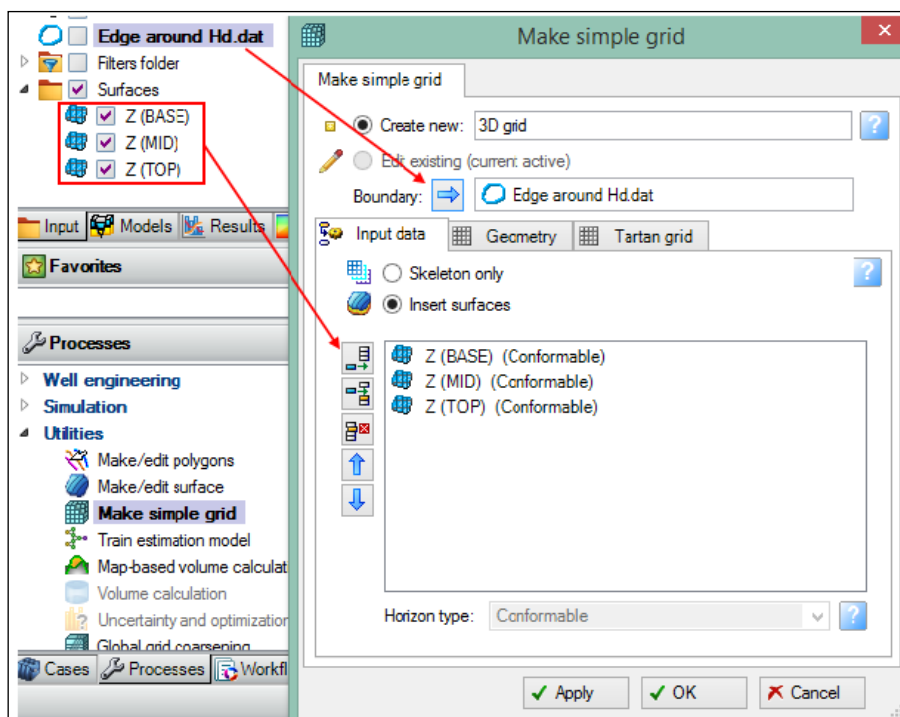


Рис.6.3.

Обратите внимание, что поверхности должны быть добавлены в порядке убывания то есть **TOP-MID-BASE**. В обратном случае, сетка будет построена неверно.

Далее перейдите на вкладку **Geometry** окна **Make simple grid** и выберите режим **Get limited from selected** (рис.6.4), определив таким образом численные границы области. В поле **Grid increment** введите шаг сетки (чем меньше шаг сетки, тем количество узлов на единицу длины будет больше). Поле **Nodes** укажет количество узлов. Поэкспериментируйте самостоятельно с различными шагами сетки. Нажмите **OK**.

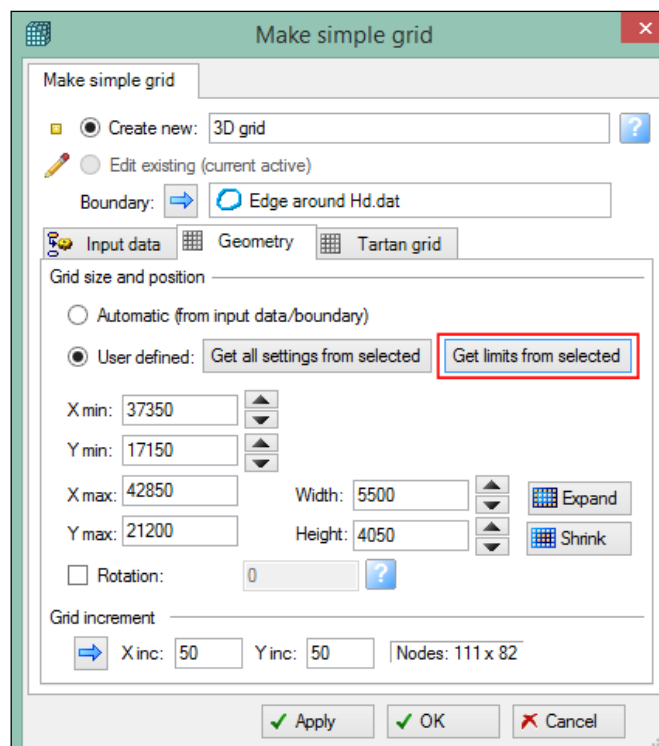


Рис.6.4.

Сетка **3D grid** отобразилась на панели **Models** (рис.6.5). Три поверхности сеток **Top**, **Mid** и **Base** находятся на вкладке **Skeleton**, а горизонты на вкладке **Horizons**.
Отобразите сетку в окне 3D window (рис.6.6).

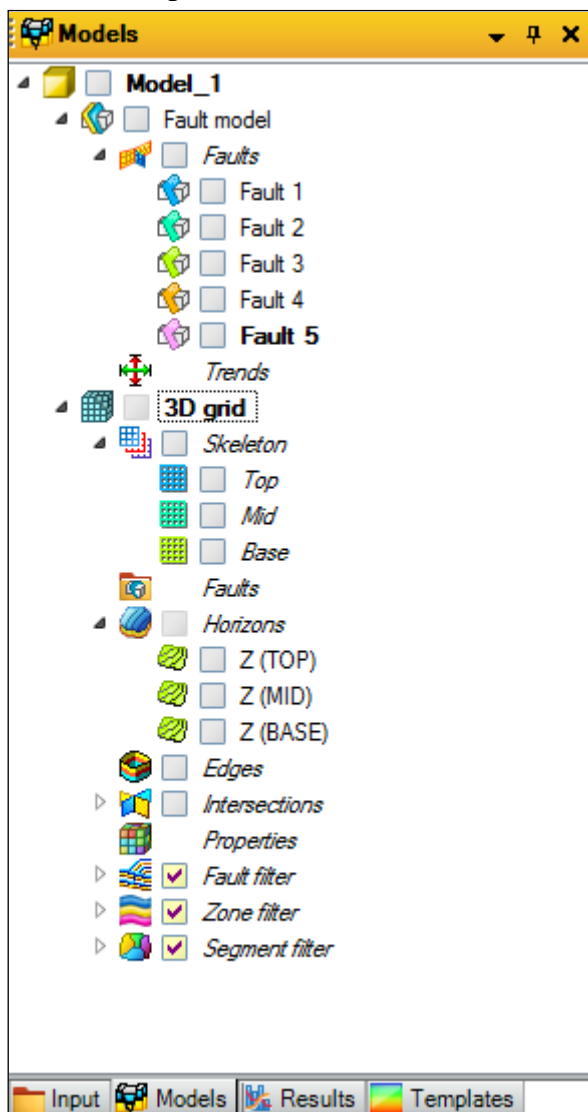


Рис.6.5.

После построения сетки, состоящей из трех уровней, необходимо разбить пространства между уровнем **Top** и **Mid**, и между уровнем **Mid** и **Base** на слои. Для этого на вкладке **Processes** выберите вкладку **Corner point gridding** и процесс **Layering** (разбиение на слои, рис.6.6). **Zone 1** – зона между уровнем **Top** и **Mid**, **Zone 2** – зона между **Mid** и **Base**. Введите количество слоев, например 10 и 5 (рис.6.7). Самостоятельно сами поэкспериментируйте с различными вариантами разбиения. Нажмите **ОК**.

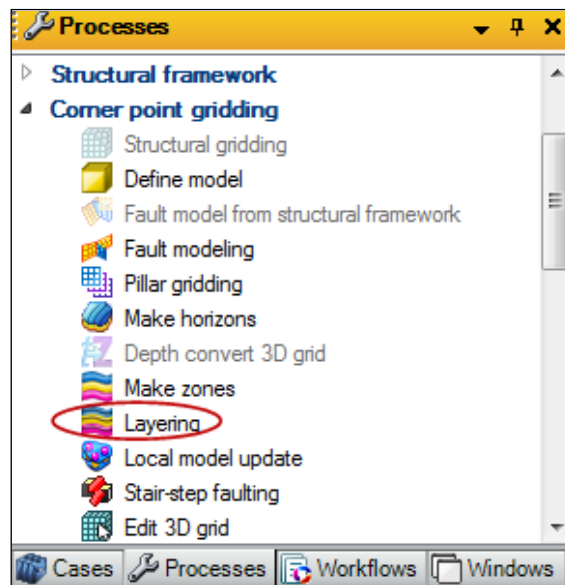


Рис.6.6.

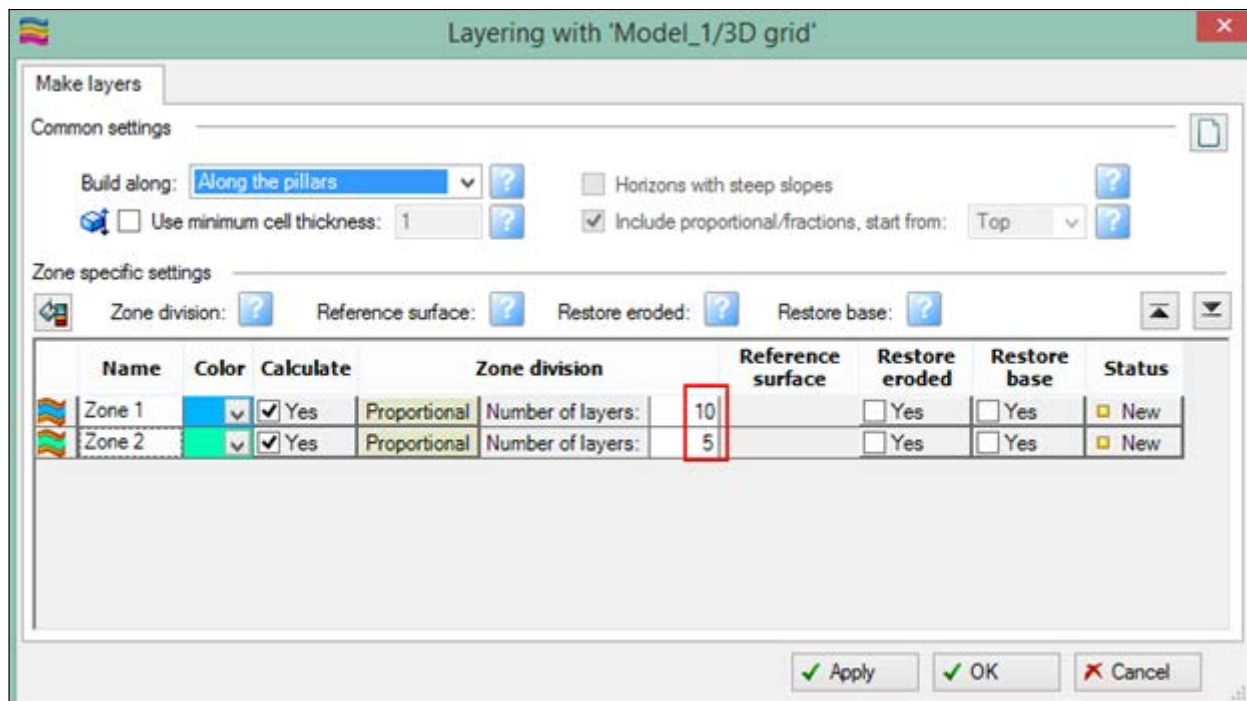


Рис.6.7.

Для того, что отобразить боковые ячейки, нажмите на окошко около **Edge** на панели **Models** во вкладке **3D grid** (рис.6.8).

Сохраните проект.

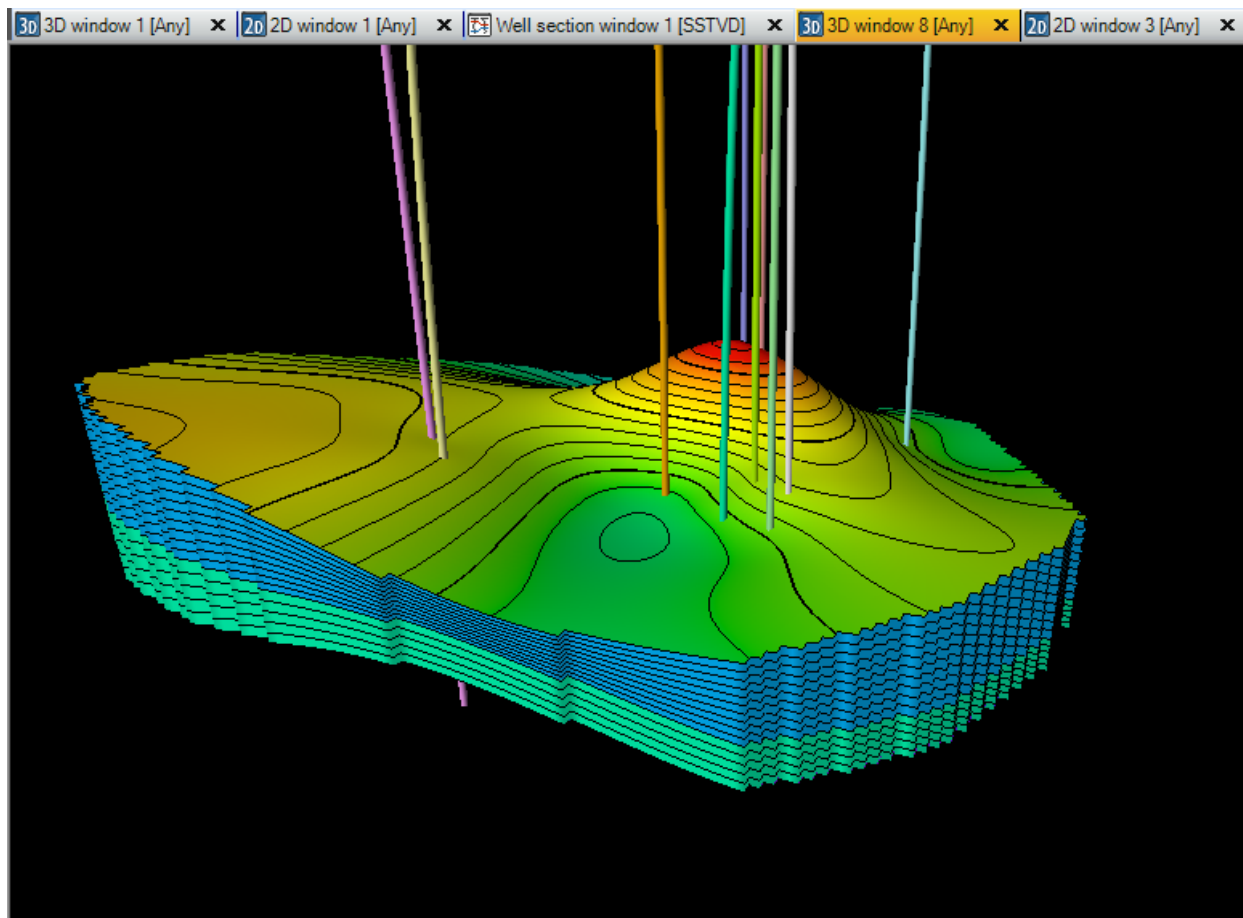


Рис.6.8.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Сформулируйте, что такое расчетная сетка? Что такое узел и шаг сетки?
- 2) На какой панели и на какой вкладке расположен процесс **Make simple grid**?
- 3) В чем особенность процесса **Make simple grid**? Почему созданная сетка называется простой?
- 4) Какие данные используются для построения простой сетки?
- 5) На какой панели располагается загруженная сетка?
- 6) Какой процесс используется для разбиения сетки на слои?
- 7) Рассчитайте, чему равен шаг сетки вдоль оси X и Y, если размеры исследуемой области 10000м×20000м, а количество узлов - 34×48?
- 8) Рассчитайте количество узлов исследуемой области вдоль X и Y направлений, если размеры модели 3450м×42325м, а шаг сетки вдоль направления X составляет 50м, а вдоль Y - 25м?

7. РЕДАКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ РАЗЛОМОВ. ПРОЦЕСС FAULT MODELING

В упражнении 1 была загружена модель разломов (**Faults**), которая расположена на панели **Models**. Основная цель данного упражнения - освоение навыков работы с поверхностью разломов, их редактирование и подготовка для построения геологической модели (сетки), в которой они учитываются.

Вы можете работать в проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении, или открыть проект из директории **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC>Fault modeling>Fault modeling.pet**.

Для работы в данном упражнении создайте новую модель. Для этого выберите процесс **Define model** на панели **Processes** во вкладке **Corner point gridding** (рис.7.1) и в поле **Model name** введите название модели **Corner point gridding** (рис.7.2). Нажмите **OK**.

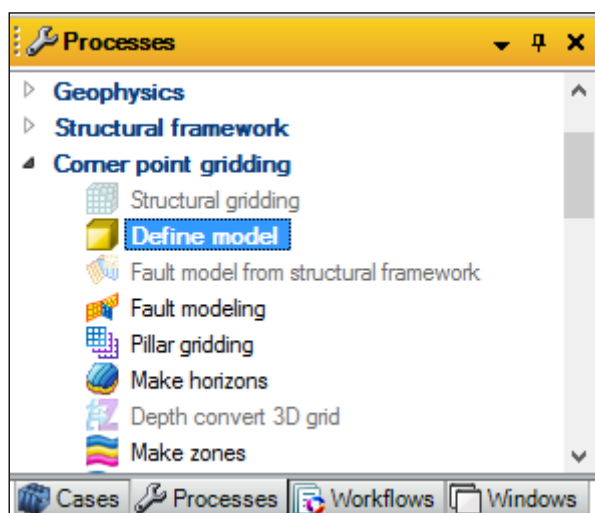


Рис.7.1.

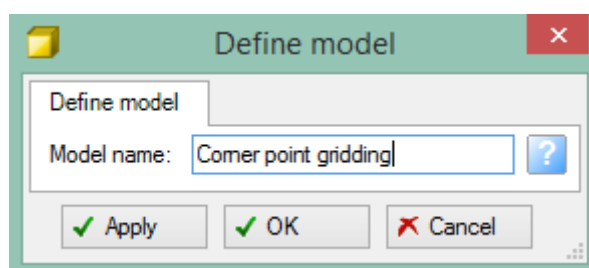


Рис.7.2.

Созданная модель под названием **Corner point gridding** отобразилась на панели **Models** (рис.7.3).

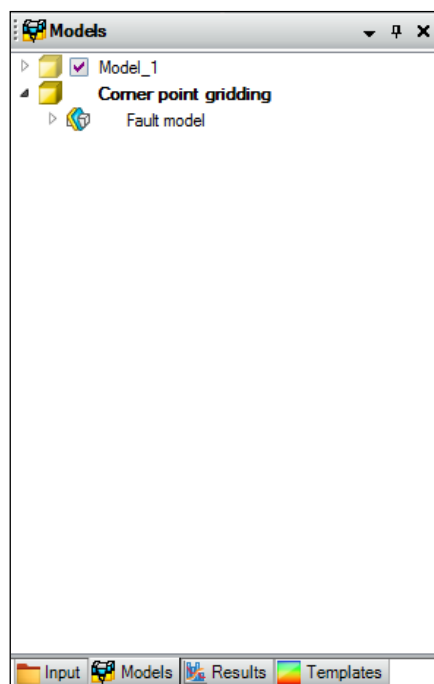


Рис.7.3.

Перед тем, как совершать следующие действия, отобразите разломы из модели **Model_1** в **3D window** (рис.7.4). Обратите внимание, что все поверхности состоят из вертикальных отрезков - пилларов. **Пиллар - это вертикальная, линейная или искривленная линия, состоящая из двух или более точек.** Объединенная группа пилларов составляет поверхность разлома и определяют его форму и наклон. Пиллары используются прежде всего для создания структурного 3D каркаса (при работе с процессом **Pillar gridding**)

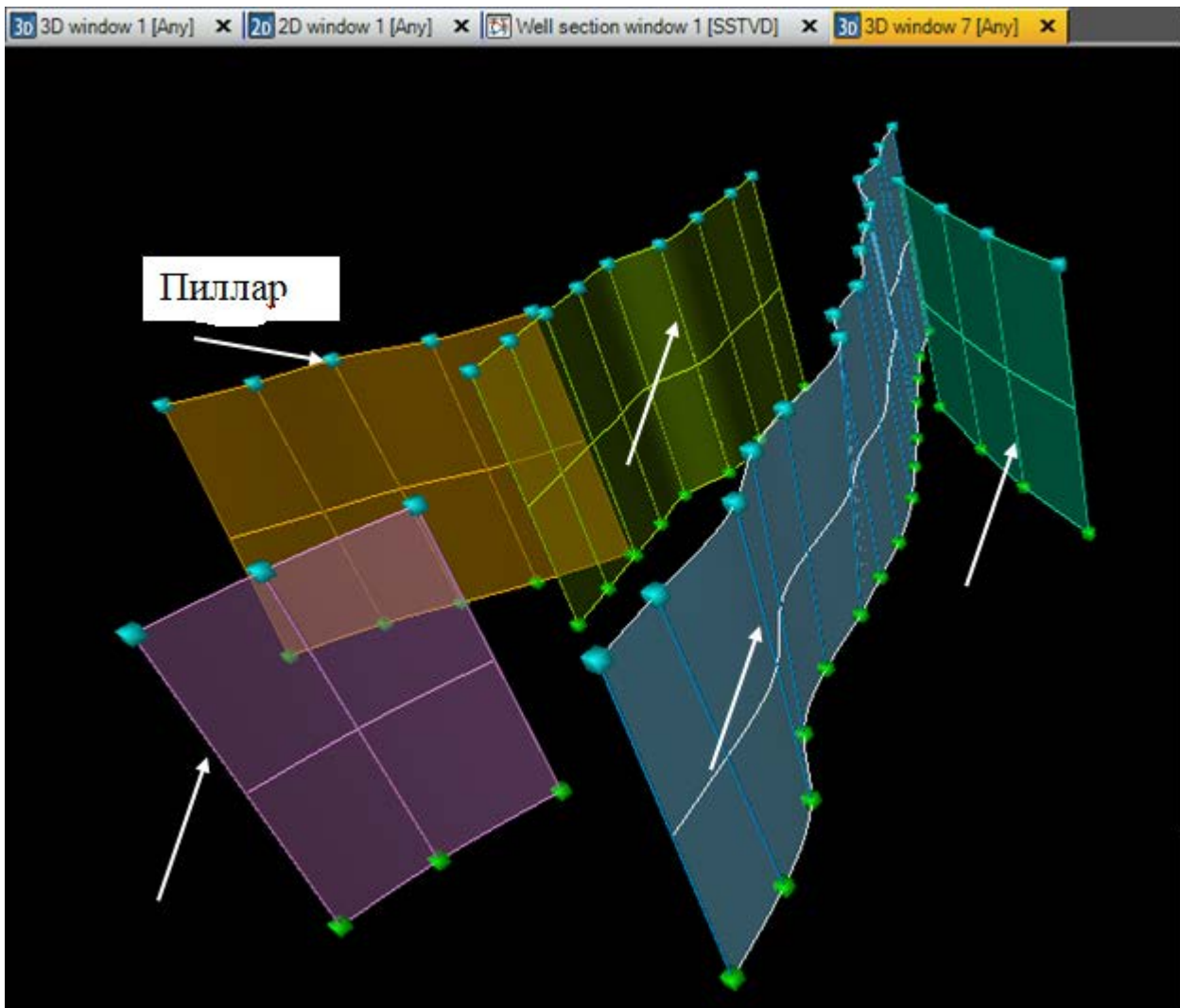


Рис.7.4.

Далее раскройте модель **Model_1** на панели **Models** и нажмите правой клавишей мыши на вкладку **Faults** и выберите **Convert to fault sticks (рис.7.5)**. Совершив данную процедуру, поверхности разломов переводятся в набор пилларов (но при этом информация о том, что каждой поверхности разломов соответствует свой набор пилларов (линейных отрезков), сохраняется).

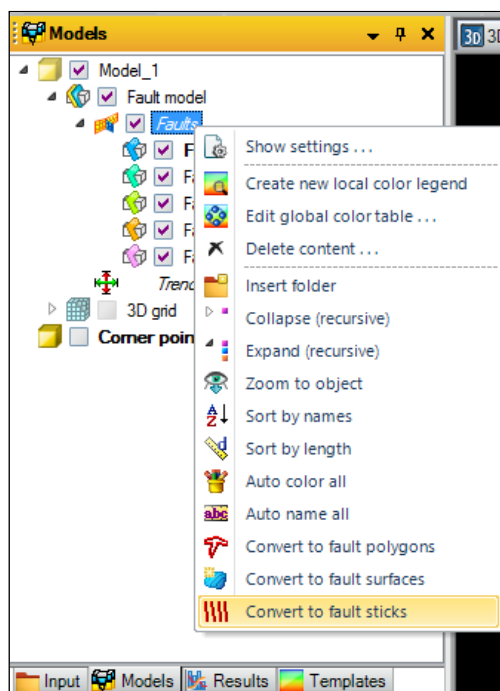


Рис.7.5.

Пиллары расположены на панели **Input** и разделены на группы, соответствующие поверхностям разломов (рис.7.6).

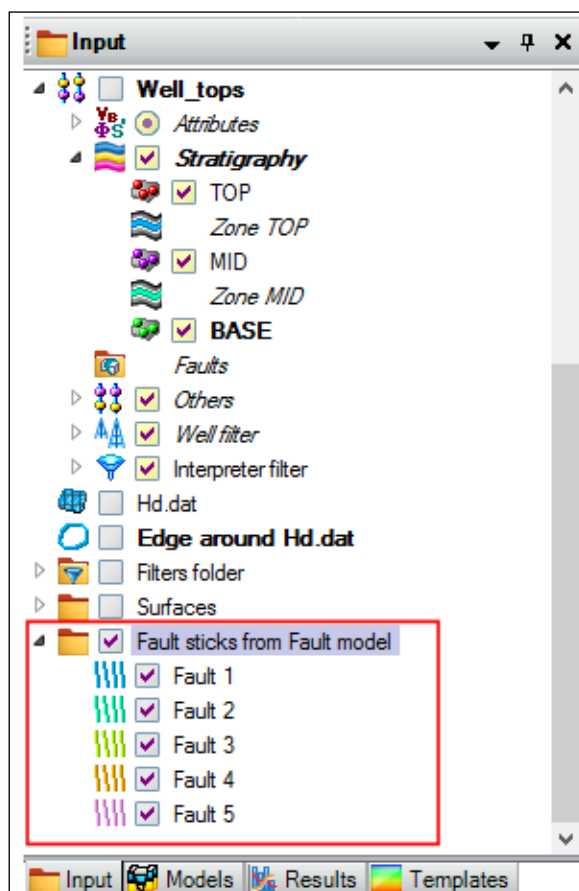


Рис.7.6.

Визуализируйте пиллары в **3D window** (рис.7.7). Как уже было сказано выше, поверхности разломов превратились в набор линейных отрезков.

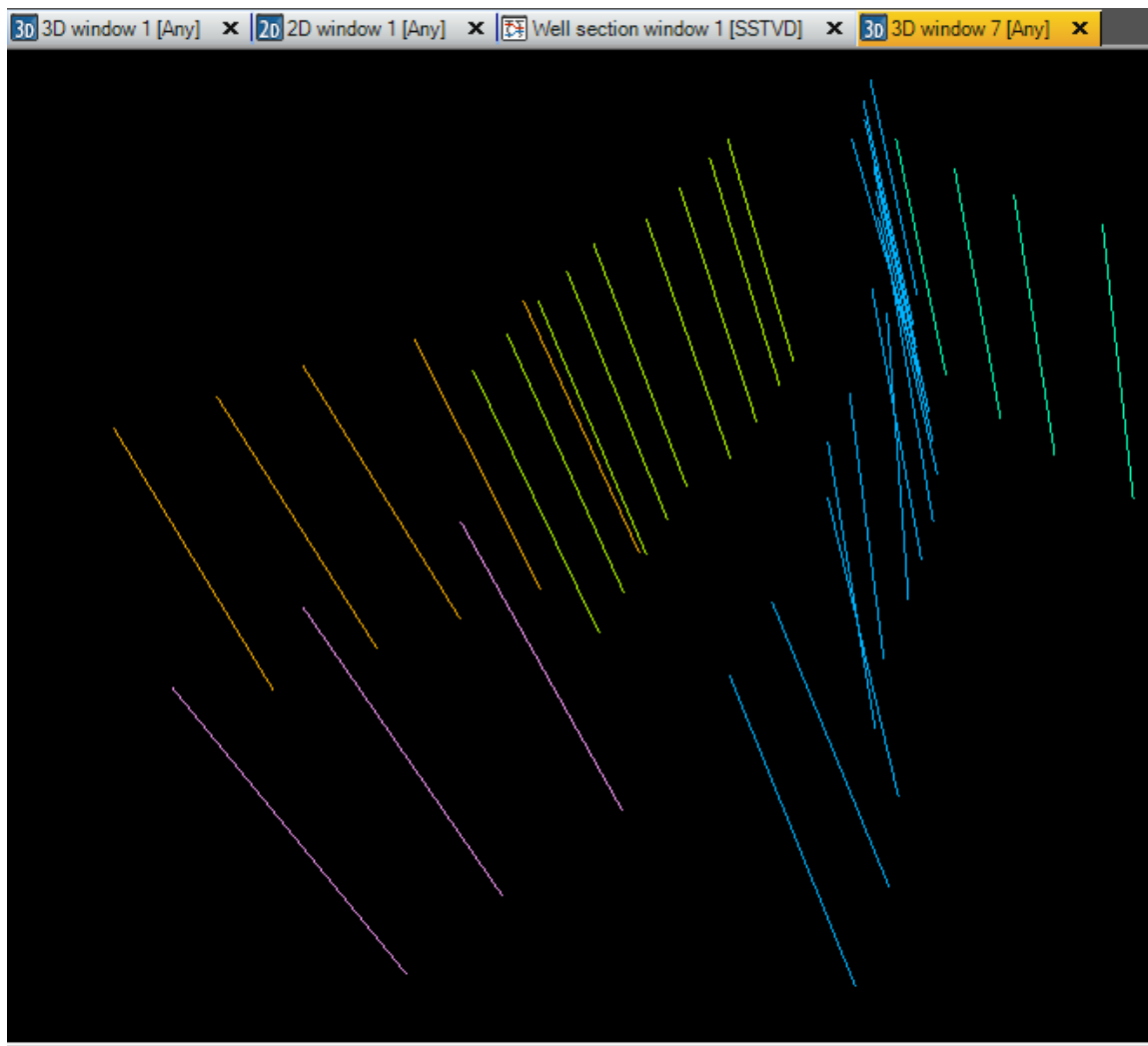


Рис.7.7.

Совершим обратный процесс - превратим пиллары в поверхность разломов. Данная процедура особенно необходима в тех случаях, когда в качестве входных данных загружены пиллары, а не готовые поверхности разломов, как в нашем случае.

Нажмите на модель **Corner Point Gridding** на панели **Models**, сделав ее жирной. Таким образом, все результаты процедур и операций будут сохранены в данной модели. Нажмите правой клавишей по папке **Fault sticks from Fault model** на панели **Input** и выберите процедуру **Convert to faults in Fault model** (рис.7.8).

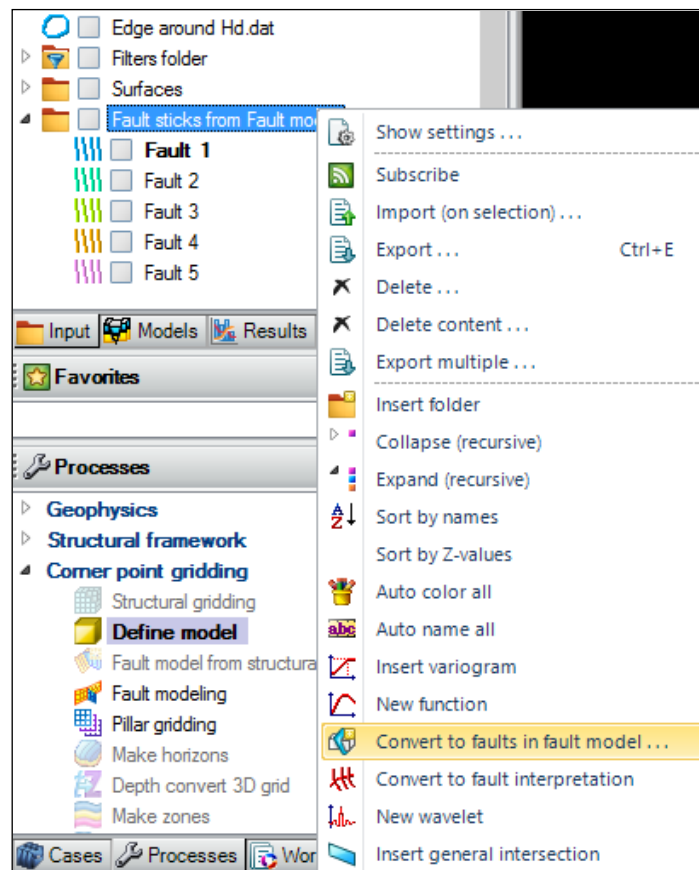


Рис.7.8.

В открывшемся диалоговом окне (рис.7.9) в поле **Make a pillar for every** введите 3, это значит, что поверхности разломов будут построены на основе каждого третьего пиллара, а все остальные учитываться не будут; в поле **Maximum search distance...** введите 300000, т.е. каждый пиллар "ищет" следующий на расстоянии не более, чем 300000 м. Нажмите **OK**.

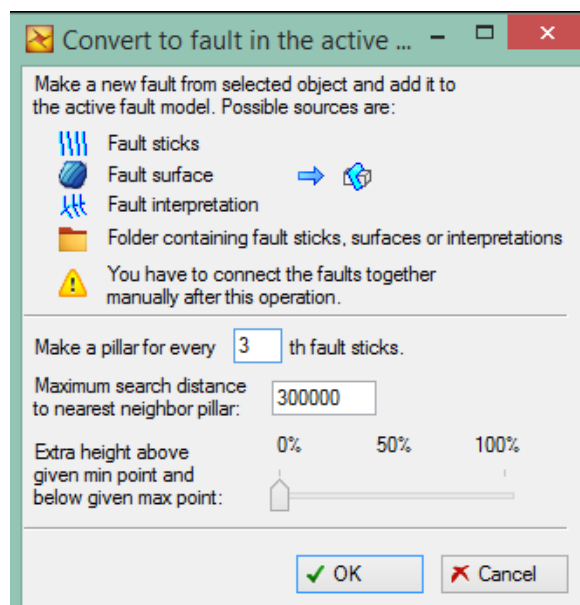


Рис.7.9.

Созданные только что поверхности разломов отображены в модели **Corner Point Gridding**, которая предварительно была выделена (рис.7.10). Визуализируйте их в **3D window**.

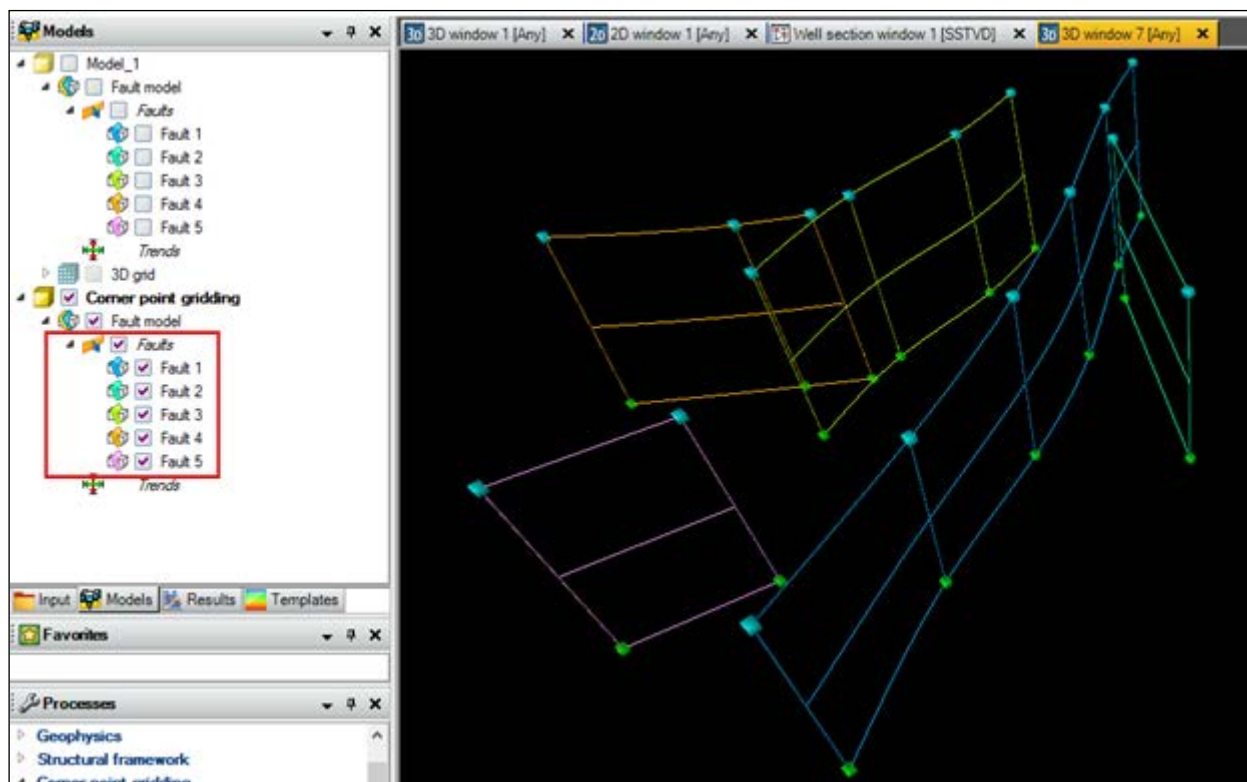


Рис.7.10.

Как можно заметить, поверхности разломов построены на основе гораздо меньшего количества пилларов, по сравнению с рис.7.4.

Теперь сгенерируем поверхности по каждому первому пиллару. Удалите старые разломы, нажав правой клавишей по вкладке **Faults** и выбрав **Delete content** (рис.7.11).

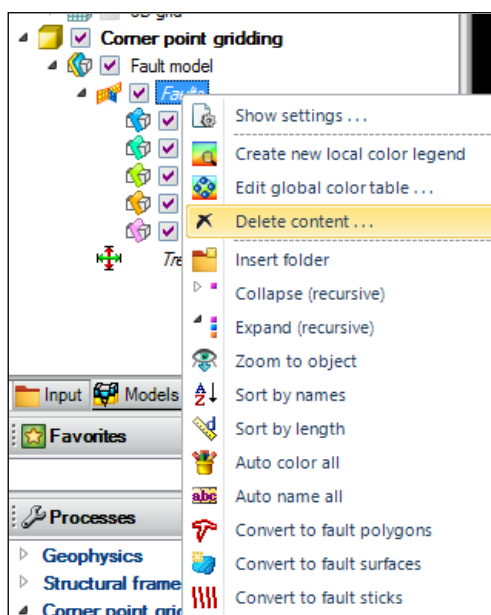


Рис.7.11.

Повторите процедуру, начиная с нажатия правой клавишей по папке **Fault sticks from Fault model** на панели **Input** и выбирая процедуру **Convert to faults in Fault model** (рис.7.8). В открывшемся диалоговом окне (рис.7.9) в поле **Make a pillar for every** введите 1, это значит, что поверхности разломов будут построены на основе каждого пиллара; в поле **Maximum search distance...** введите 300000. Нажмите **ОК**. (Не забудьте выделить модель **Corner point gridding** на панели **Models**).

Новые поверхности разломов отобразились в модели **Corner point gridding** на панели **Models** (рис.7.12). Как видно по рисунку, созданные поверхности в точности повторяют исходные разломы.

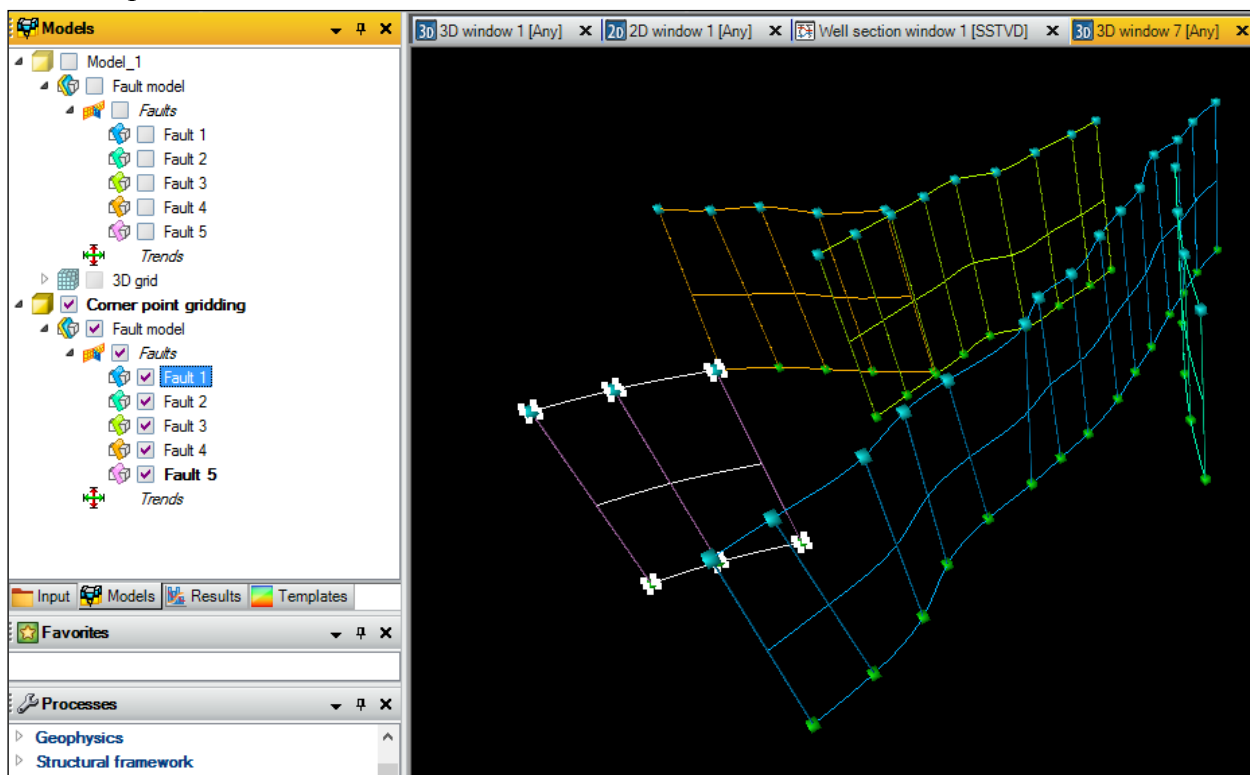


Рис.7.12.

Далее освоим навыки редактирования разломов. Нажмите на процесс **Fault modeling** на вкладке **Corner point gridding** панели **Processes**, сделав его жирным (рис.7.13).

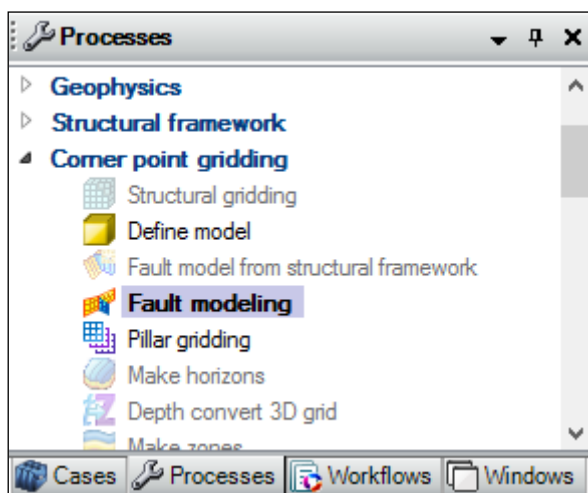



Рис.7.13.

Новые иконки появились на функциональной панели справа, и новые опции стали доступны в меню Petrel.



Закрасим поверхности разломов. Для этого нажмите на иконку  (**Toogle fill between pillars**). Можно изменить цвет поверхности каждого разлома. Для этого выделите разлом, нажав на него левой клавишей мыши (он станет жирным, а в 3D окне "подсветится"), а затем щелкните правой клавишей и выберите **Show settings**. В открывшемся диалоговом окне, можно изменить название разлома в поле **Name**, а также цвет разлома в поле **Color** (рис.7.14).

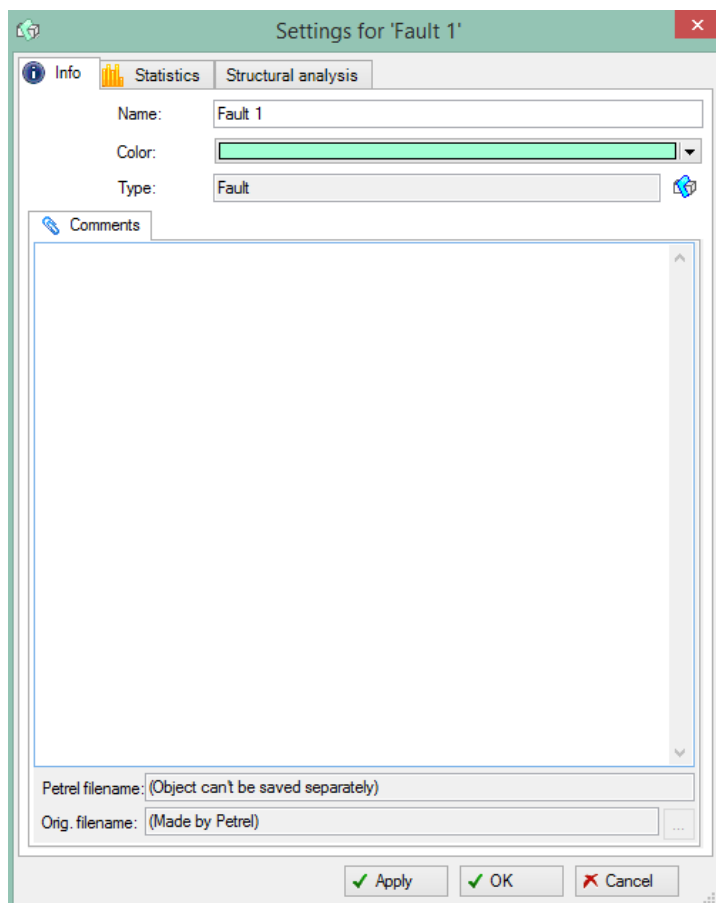


Рис.7.14.

Далее отредактируем сами разломы.

1) Объединение разломов. При построении структурного каркаса геологической модели, поверхности разломов играют ключевую роль. Как можно заметить, в загруженной модели разломов имеются поверхности, очень близко расположенные друг к другу. Эта ситуация чаще всего нефизична и должна быть исправлена, т.е. такие разломы должны быть соединены в одну поверхность. Выделите модель **Corner point gridding** и процесс **Fault**

modeling. Нажмите на иконку  **Select/pick mode (P)**.

Выделите левой кнопкой мыши пиллар разлома номер 2 (**Fault 2**) - действие 1 на **рис.7.15**, нажмите на клавишу **Ctrl** и нажмите на пиллар разлома номер 1 (**Fault 1**) - действие 2 на

рис.7.15. Далее кликните на иконку  (**Connect two faults**), совершая операцию

соединения разломов. Откроется диалоговое окно (рис.7.16), в котором предлагается "приписать" поверхность, построенную между выделенными пилларами разлому №2 (**extend fault 'Fault 2'**) или создать новый разлом. Выберите режим **extend fault 'Fault 2'** и нажмите ОК.

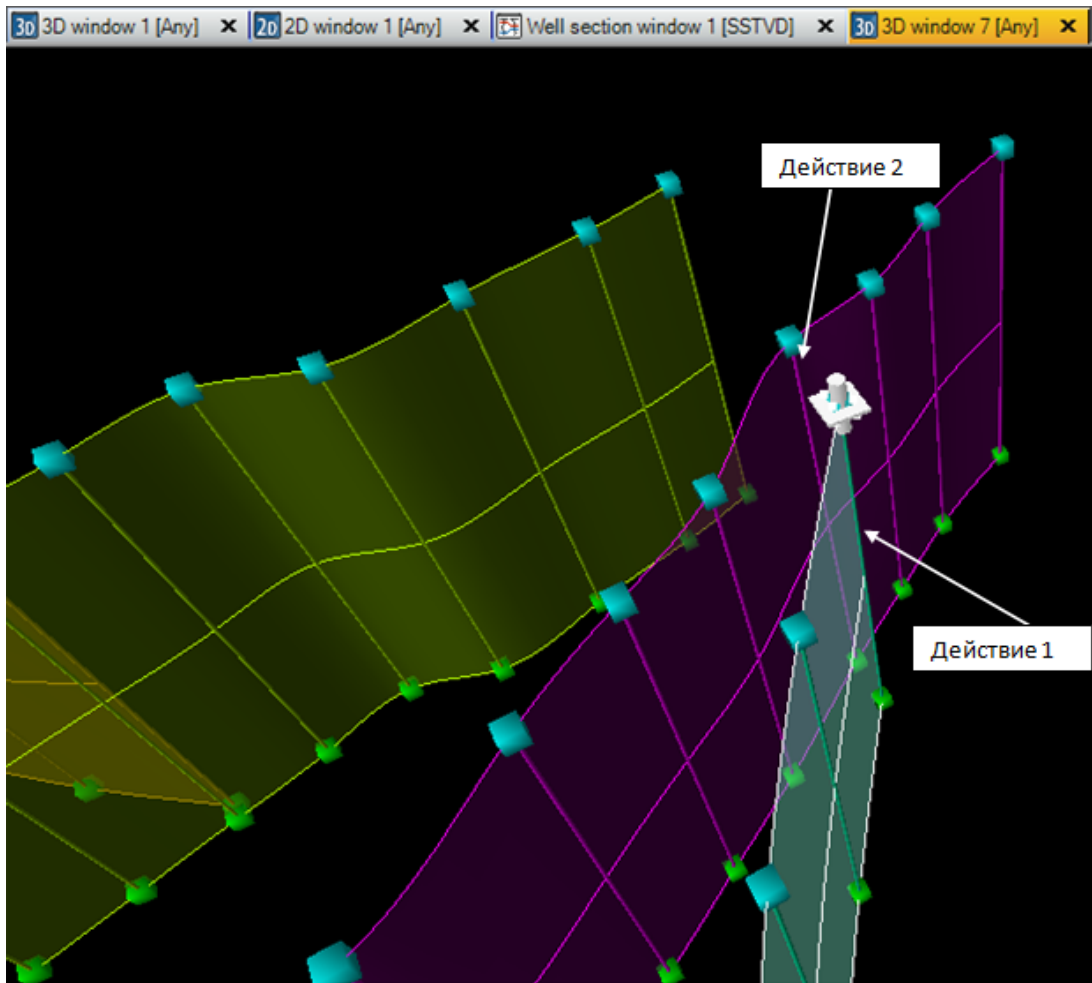


Рис.7.15.

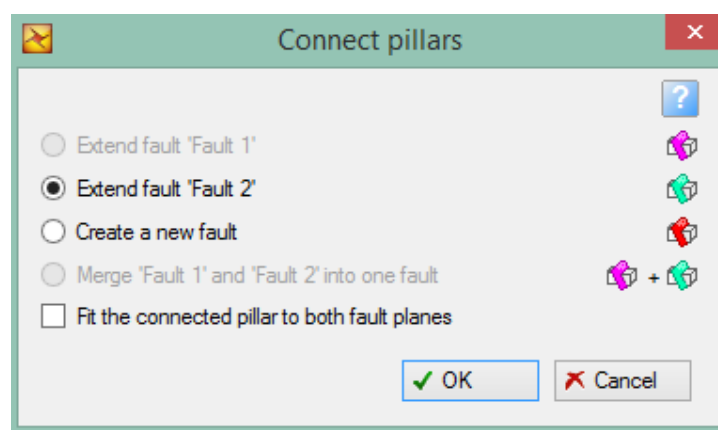


Рис.7.16.

Как видно по рис.7.17, разломы 1 и 2 соединились.

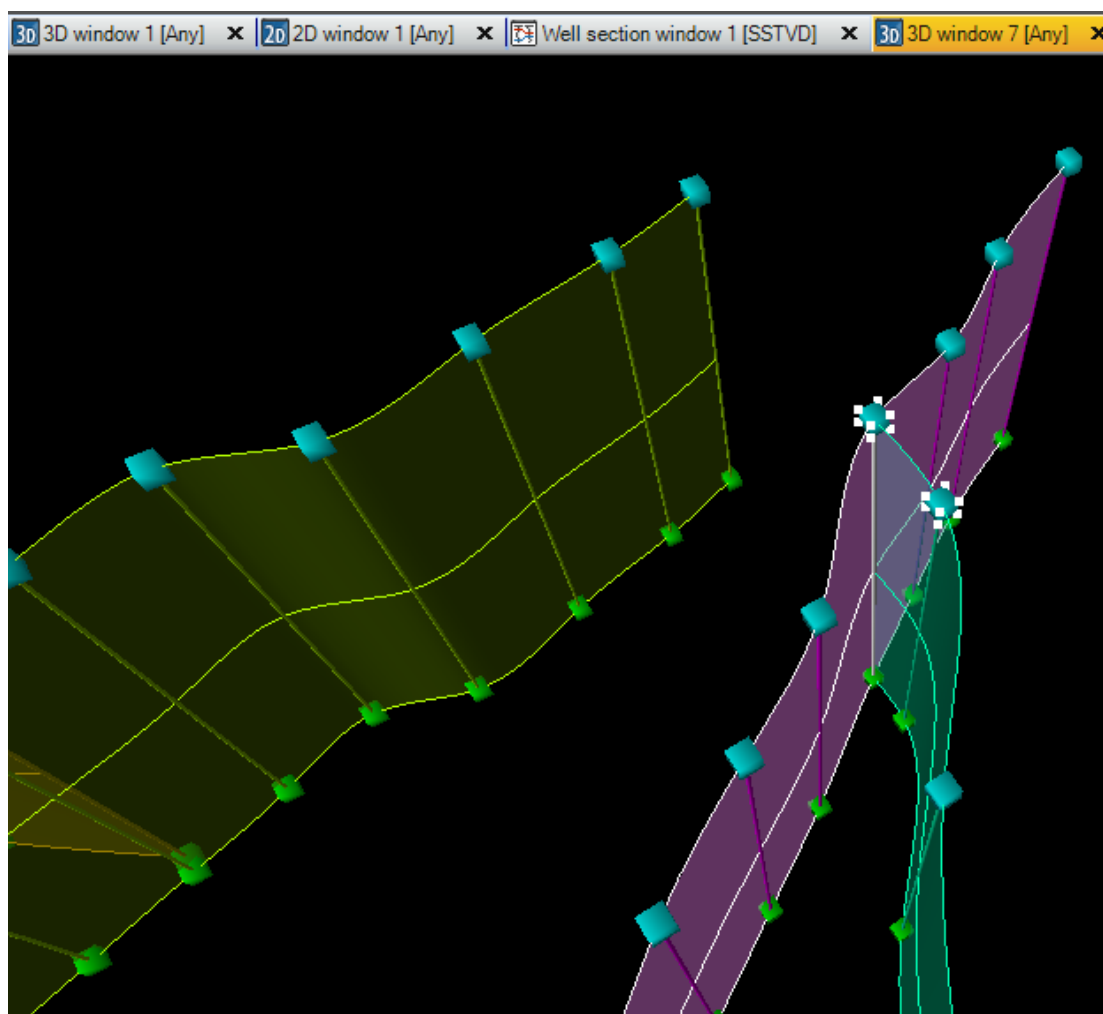





Рис.7.17.

Проделайте такую же процедуру с разломами 3 и 4.

Разъединить разломы можно путем выделения двух пилларов (при активном режиме


Select/pick mode (P) и нажатием на иконку  (**Disconnect fault**).

2) Добавление и удаление пилларов. Для того, чтобы вставить пиллар между двумя другими,

активируйте режим **Select/pick mode (P)**, нажав на иконку . Далее выберите два каких-нибудь пиллара внутри одного разлома, не забывая при этом зажать клавишу **Ctrl**, и нажмите на иконку  (**Add pillar between**). Новый пиллар появится между двумя отрезками, которые были выбраны.

Удалить пиллар можно выбрав, кликнув на него левой клавишей мыши при активном режиме **Select/pick mode (P)** и нажав на клавиатуре **Delete**.

3) Расширение границ разломов путем добавления новых пилларов. Выделите крайний

(граничный) пиллар разлома 5 (Fault 5) и нажмите на иконку  (**Add pillar to end**) (рис.7.18).

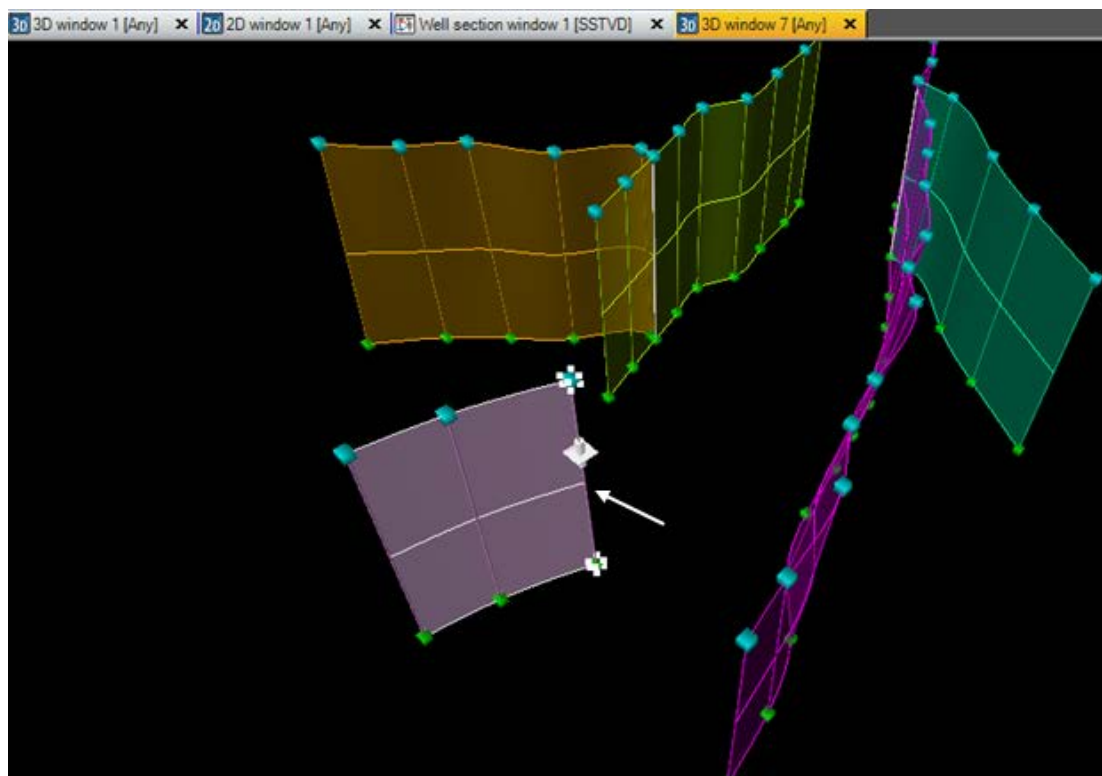


Рис.7.18.

К данному граничному пиллару добавится еще один (рис.7.19). Обратите внимание, что расстояние между граничным пилларом и теми, что справа и слева от него, одинаковое.

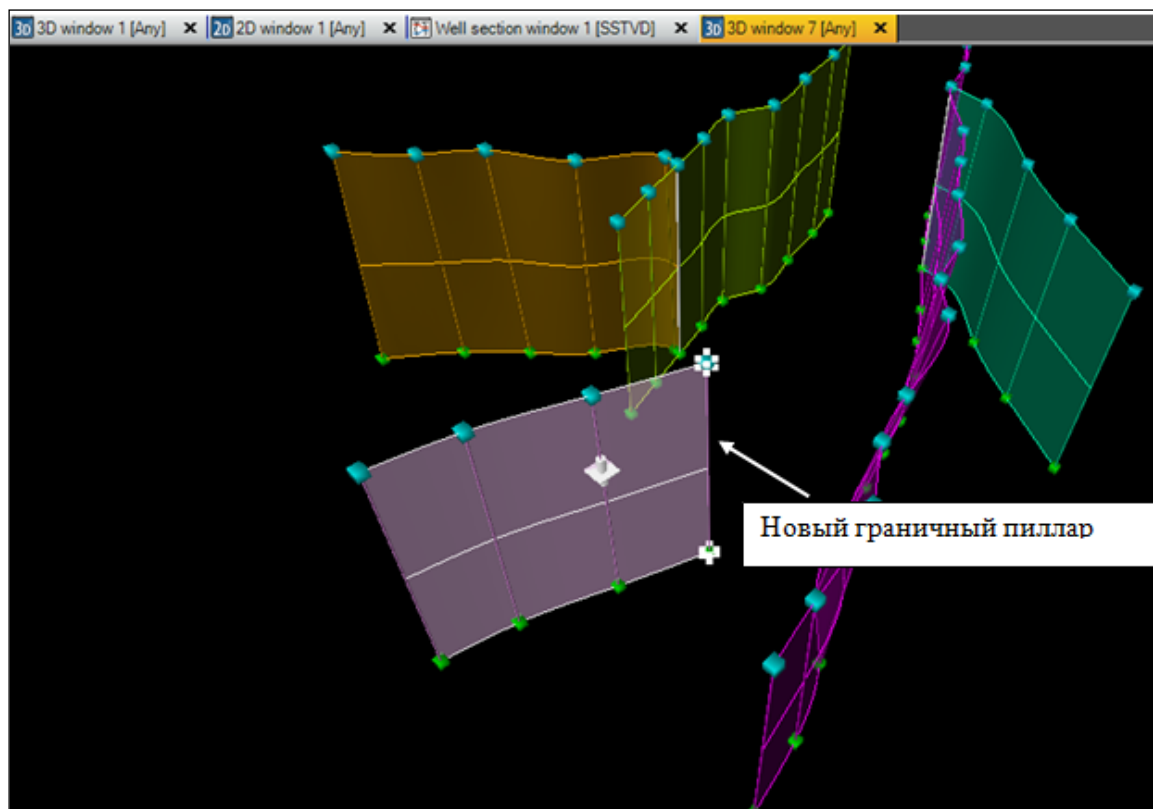


Рис.7.19.

Сохраните проект.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) С помощью какой процедуры можно создать новую модель?
- 2) Что такое пиллар? Для чего они используются в Petrel?
- 3) С помощью какой процедуры "трансформировать" разлом в набор пилларов? На какой панели будут находиться эти пиллары и в какой вкладке (папке)?
- 4) С помощью какой процедуры "превратить" набор пилларов в поверхность разлома? Какие особенности встречаются при выполнении данной процедуры?
- 5) Как называется процесс, предусмотренный в Petrel, для редактирования разломов?
- 6) С помощью каких инструментов можно соединять, разъединять разломы, добавлять и удалять пиллары, расширять разломы?

8. ПРОЦЕССЫ GEOMETRY DEFINITION, FAULT FRAMEWORK MODELING И HORIZON MODELING. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО КАРКАСА, УЧИТЫВАЮЩЕГО РАЗЛОМЫ

Процессы, расположенные на вкладке **Structural framework** панели **Processes** также формирует модель разломов, которая в дальнейшем может быть использована для 3D построений. Но если сравнивать с процессом **Fault modeling**, процесс **Fail framework modeling**, о котором говорится в данном упражнении, создает модель разломов автоматически, без возможности ручного редактирования. А процесс **Horizon modeling** создает горизонты (или поверхности), в которые данные разломы будут встроены.

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC>Structural framework> Structural framework.pet** или продолжайте работать в проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении.

Для начала создадим новую модель, в которой будут представлены разломы. Перейдите на вкладку **Structural framework** на панели **Processes** и выберите процедуру **Geometry definition** (рис.8.1). Данный процесс позволяет определить граничные значения области моделирования.

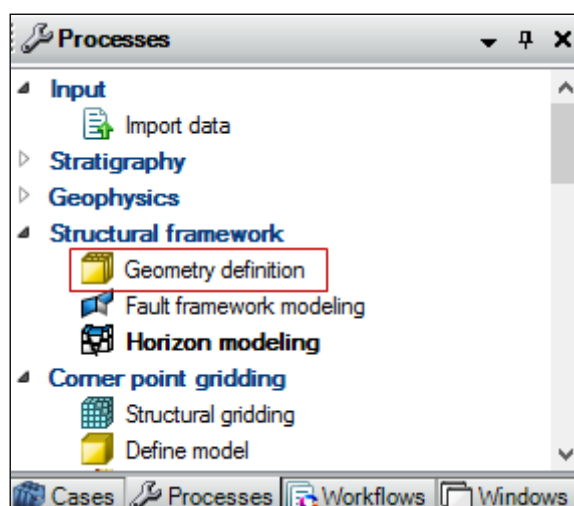


Рис.8.1.

Выбрав данный процесс, откроется диалоговое окно (рис.8.2). В поле **Create new** введите название модели " **Structural framework** ". Для того, чтобы заполнить поле **Geometry**, необходимо определить геометрические размеры модели. В более ранних упражнениях была создана простая сетка 3D grid. Именно ее используем для определения данных параметров. Щелкните правой клавишей мыши по сетке **3D grid**, которая была создана в упражнении 6 и выберите **Show settings** (рис.8.3).

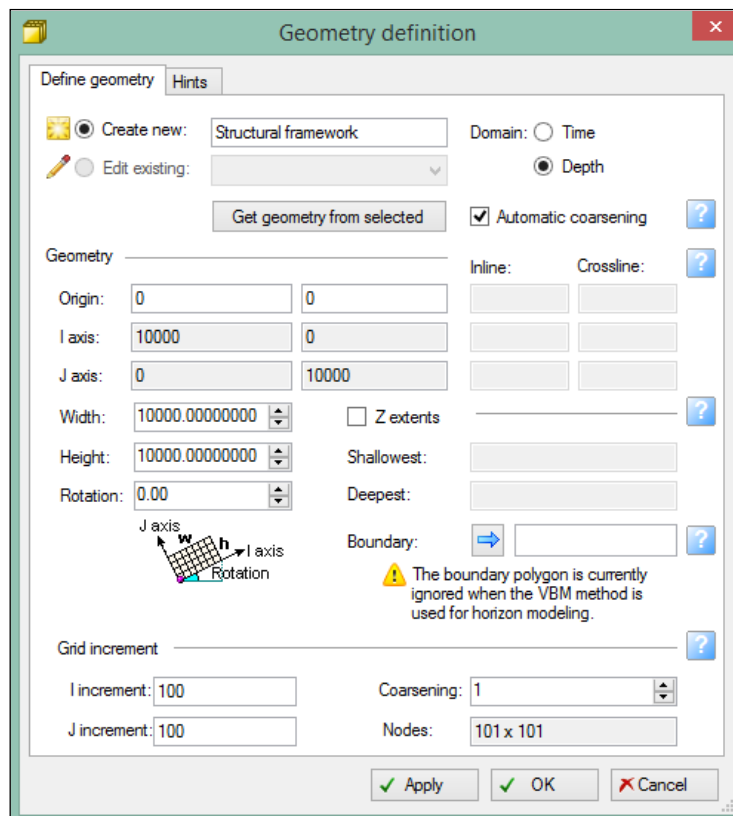


Рис.8.2.

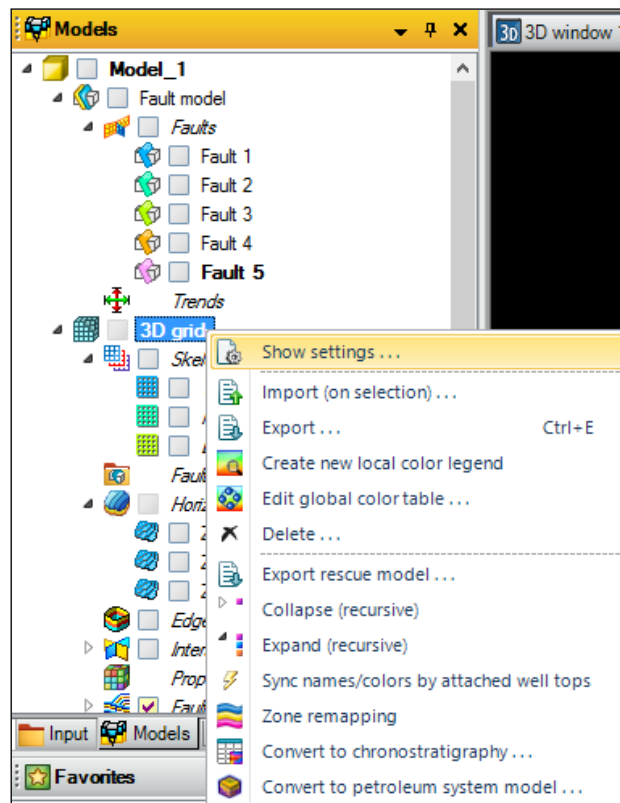


Рис.8.3.

В открывшемся диалоговом окне перейдите на вкладку **Statistics** (рис.8.4). На данной вкладке указано минимальное и максимальное значения X и Y координат расчетной области,

а также расстояние между минимальным и максимальным и максимальным значениями координат (столбец **Delta**).

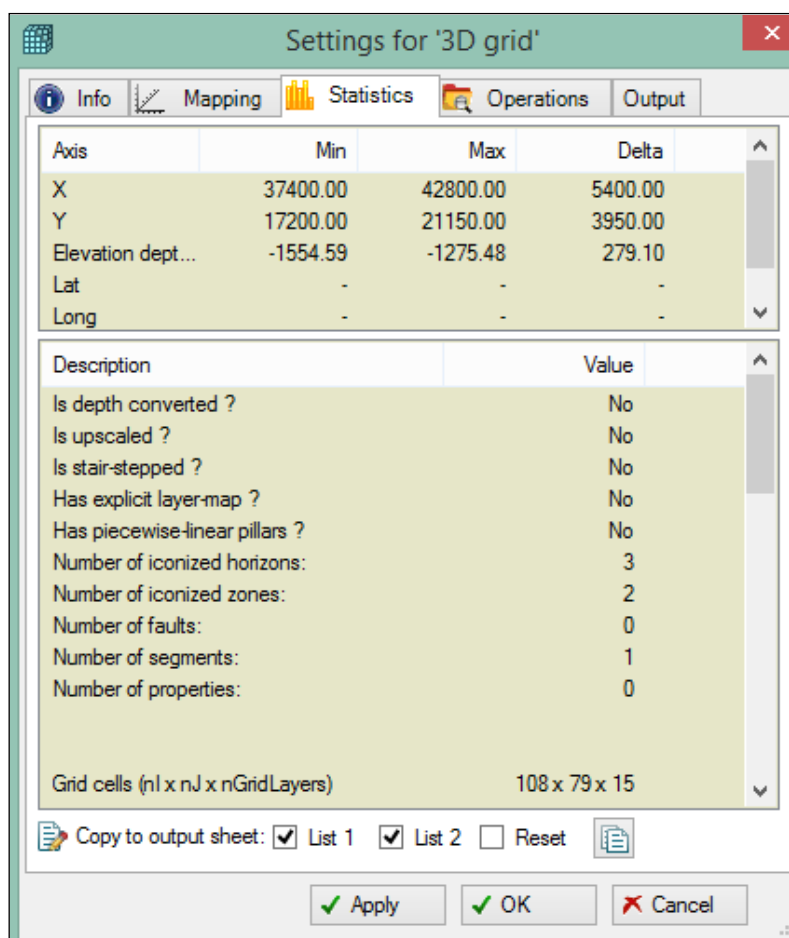


Рис.8.4.

В диалоговое окно **Geometry definition** (рис.8.2) в поле **Origin** введите 37400 и 17200 соответственно, а в поле **Width** и **Height** значения 5400 и 3950. Поля **I axis** и **J axis** заполнятся автоматически. В поле **Boundary**, нажав на синюю стрелку, "перетащите" границу **Edge around Hd.dat** из панели **Input**. В поле **Grid Increment** указаны шаги сетки (в метрах), а в поле **Nodes** количество узлов сетки создаваемой расчетной области (рис.8.5). Нажмите **OK**. Выплет предупреждение, что заданные границы выходят за пределы **Edge around Hd.dat** (рис.8.6). Игнорируйте, нажав **OK**.

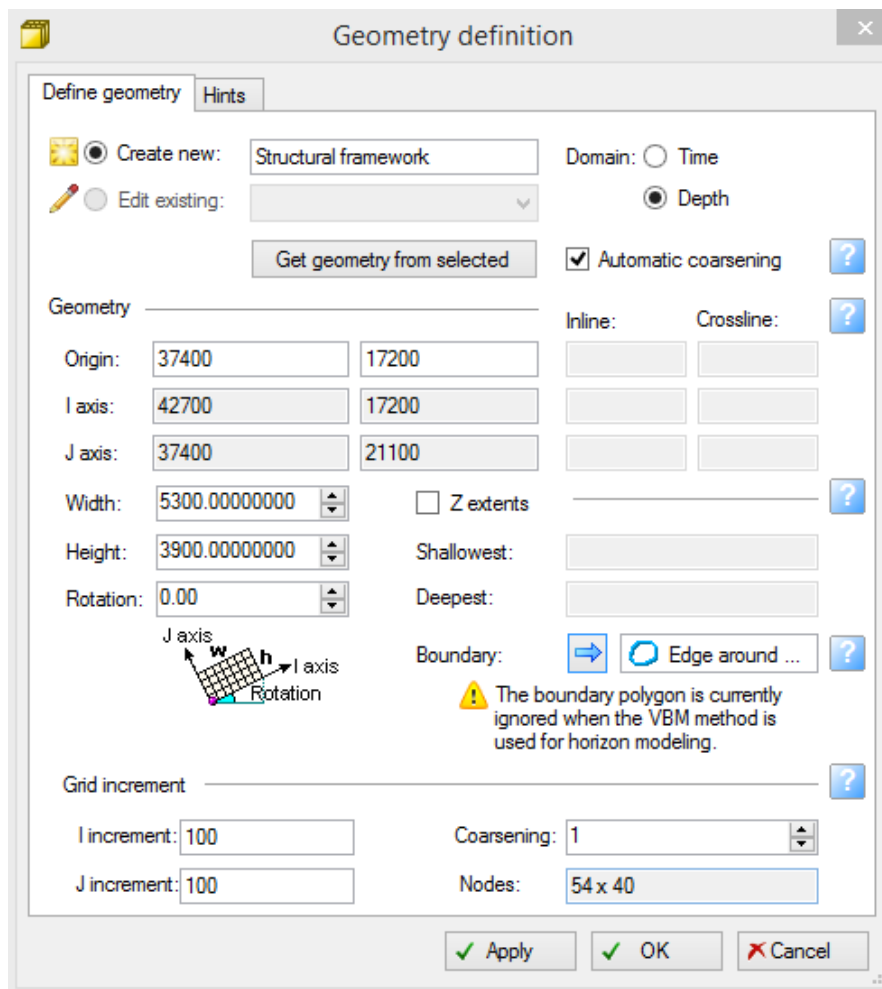


Рис.8.5.

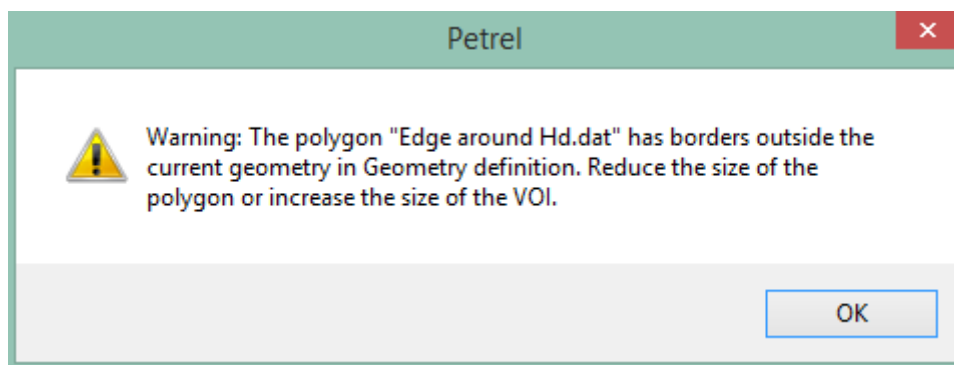


Рис.8.6.

Новая модель **Structural framework** отобразилась на панели **Models**.

Далее необходимо создать модель разломов из пилларов, которые расположены на панели **Input** и были созданы в упражнении 7. Перейдите на вкладку **Structural framework** на панели **Processes** и выберите процедуру **Fault framework modeling** (рис.8.7). Откроется диалоговое окно (рис.8.8), в которое надо перетащить пиллары из панели **Input**. В Petrel существует упрощенная процедура добавления большого количества элементов в диалоговые окна, будь то поверхности, отбивки, пиллары и т.д.

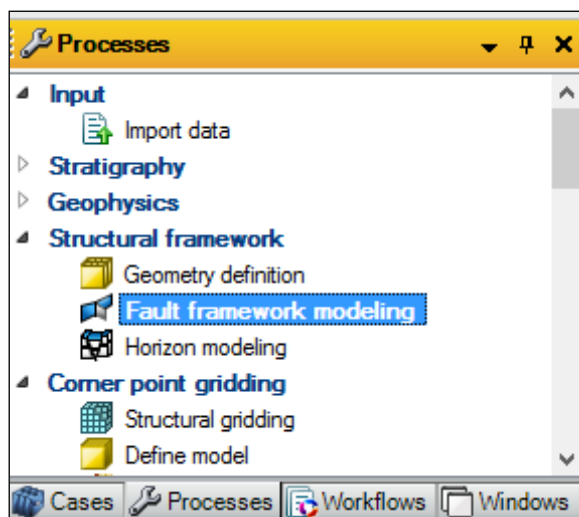


Рис.8.7.

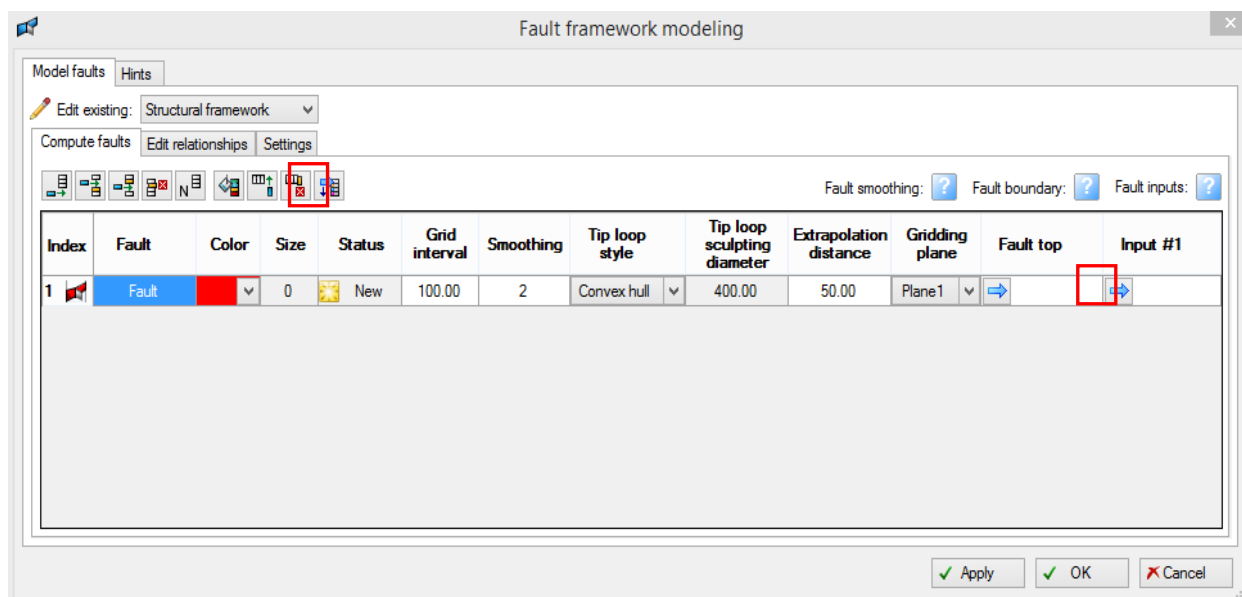


Рис.8.8.

Для этого:

1) перейдите на панель **Input**, и нажмите на набор пилларов **Fault 1**, который соответствует первому разлому (рис.8.9).



2) Затем нажмите на иконку **Multiple drop** (рис.8.8) и на синюю стрелку около меню **Input #1**. Все пиллары отображены в окне **Fault framework modeling** (рис.8.10). Нажмите **OK**.

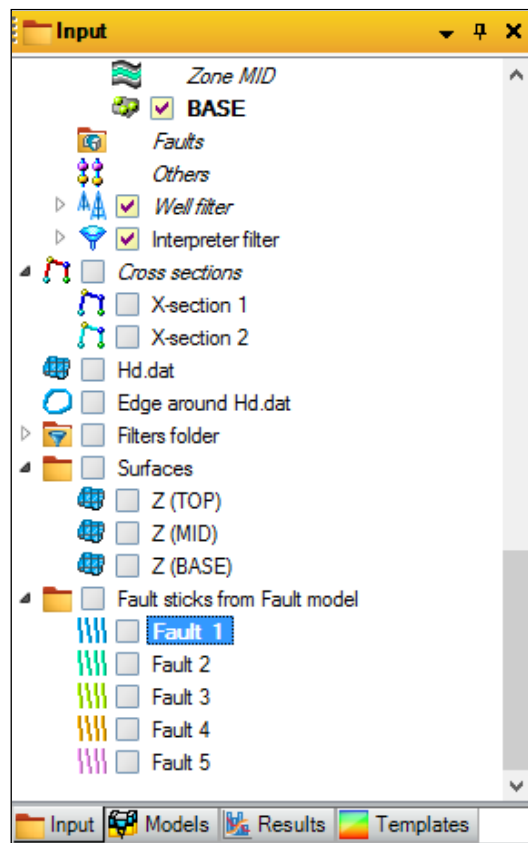


Рис.8.9.

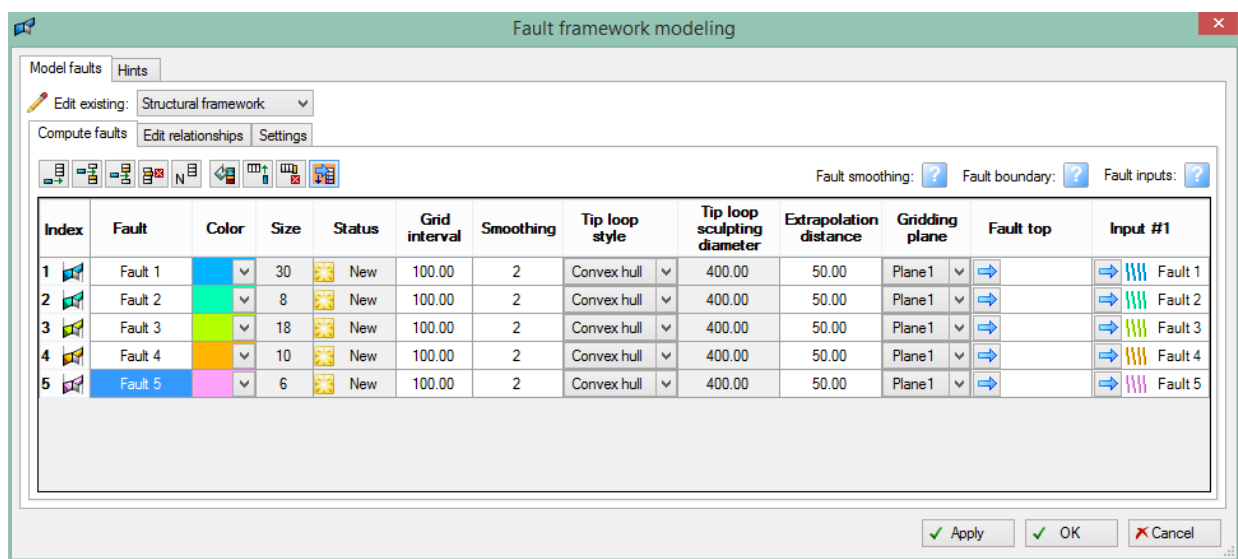


Рис.8.10.

Созданные разломы при помощи данного процесса отобразились в модели **Structural Framework** во вкладке **Faults** (рис.8.11). Визуализируйте их в трехмерном окне.

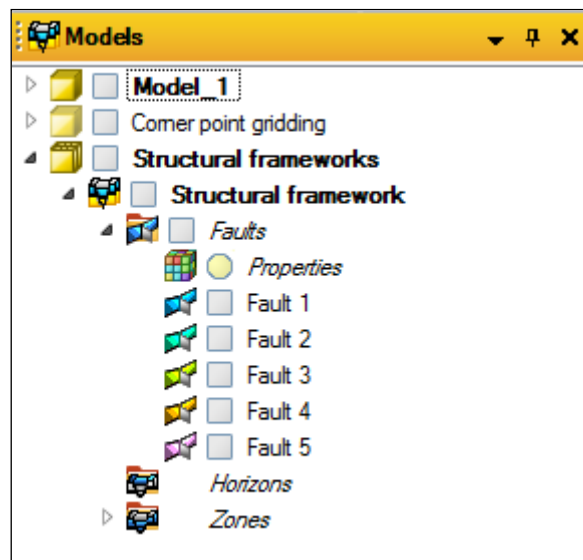


Рис.8.11.

Следующим этапом при формировании структурного каркаса является построение горизонтов, в которых учитываются поверхности разломов, созданных при помощи процесса **Fault framework modeling**. Для создания данных поверхностей воспользуемся процедурой **Horizon modeling**, которая расположена на вкладке **Structural framework** на панели **Processes** (рис.8.7). Выбрав данную опцию, откроется диалоговое окно (рис.8.12). В поле **Input #1** перетащите поверхности Z(TOP), Z(MID) и Z(BASE) из панели **Input** способом, который был описан для пилларов. В поле **Horizon modeling technique** выберите режим **Fault center and dislocation**.

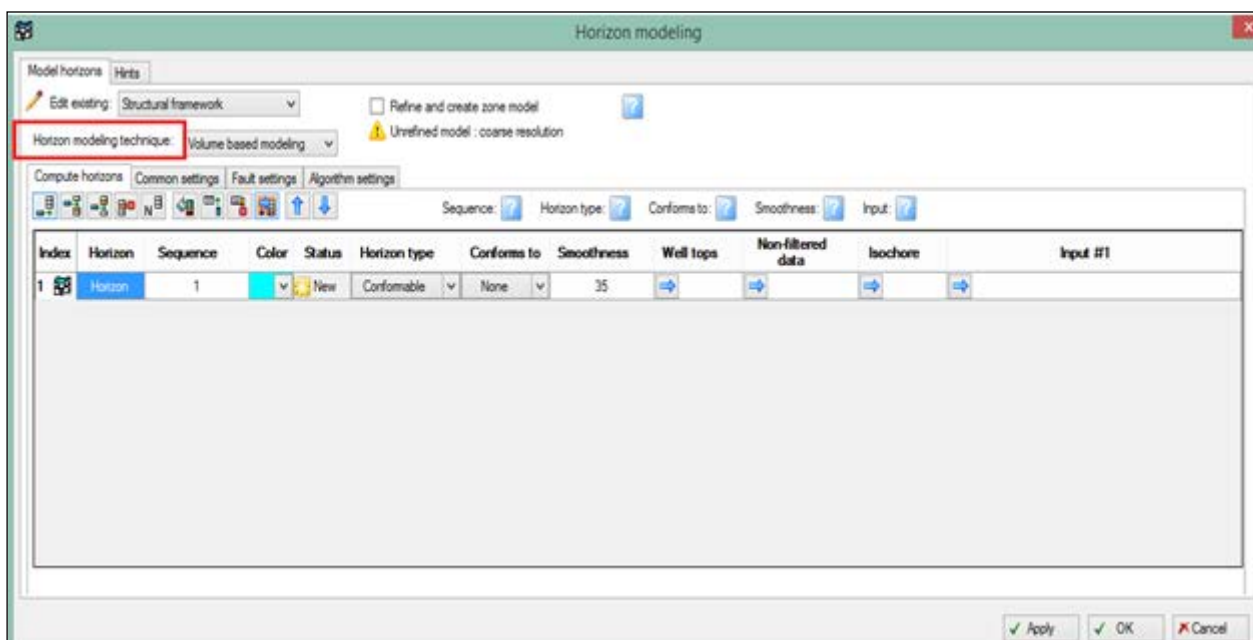


Рис.8.12.

Выбрав режим **Fault center and dislocation** появится опция **Apply geological rules and create zone model** (рис.8.13), активировав которую становится возможным использование созданных горизонтов при работе с другими процессами. Нажмите **OK**. Процесс построения поверхностей может занять некоторое время.

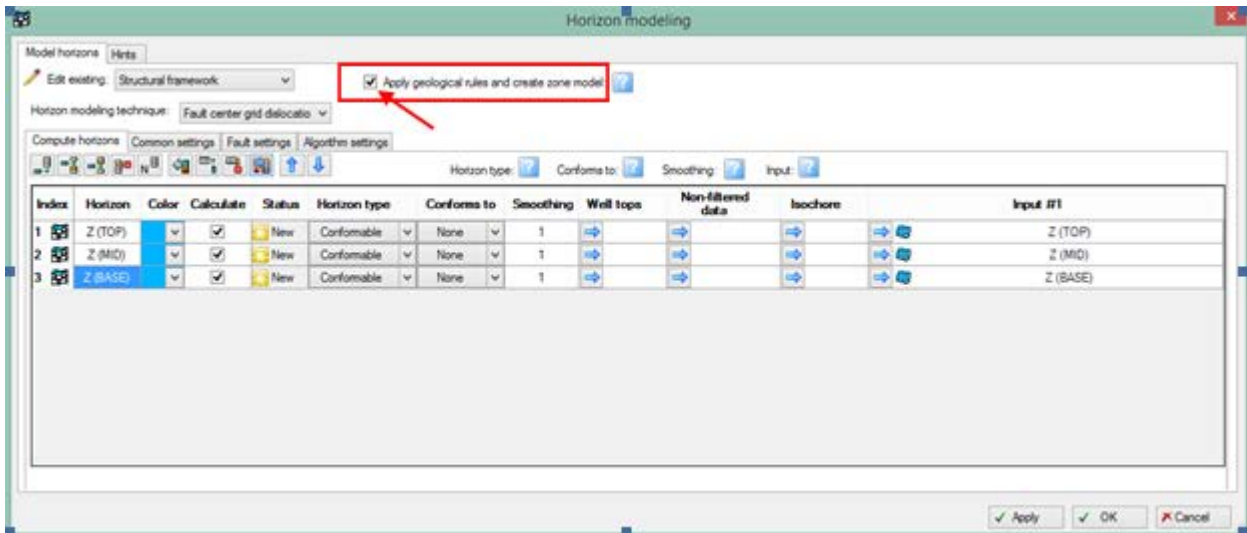


Рис.8.13.

Поверхности отобразились на вкладке **Horizons** модели **Structural Framework** (рис.8.14).

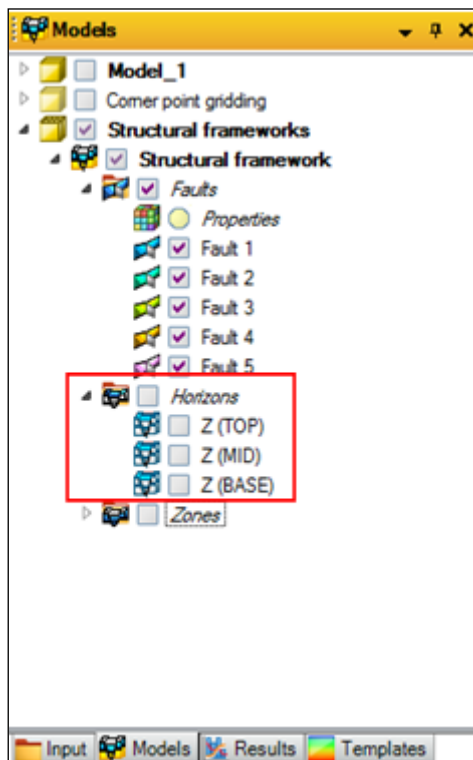


Рис.8.14.

Отобразите построенные поверхности в окне визуализации. Как можно заметить, внутри горизонтов наблюдаются разрывы в местах пересечений с поверхностями разломов (рис.8.15).

Сохраните проект.

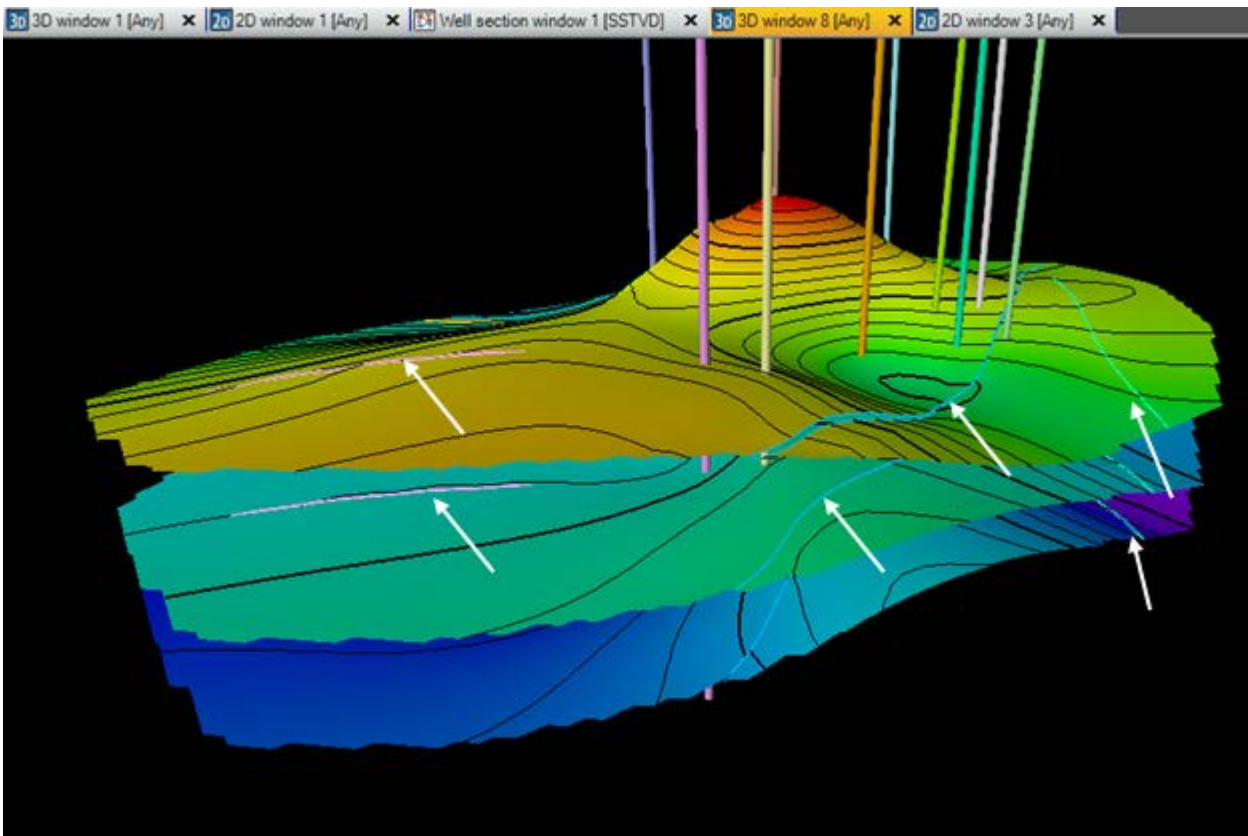


Рис.8.15.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) В чем основное отличие процесса **Fault framework modeling** от процесса **Fault modeling**?
- 2) Какой процесс используется для создания новой модели, а также на какой панели и вкладке он расположен?
- 3) Какие входные данные используются для создания поверхности разлома при работе с процессом **Fault framework modeling**?
- 4) Опишите процедуру добавления большого количества входных данных (пилларов, поверхностей и т.д.), используя пиктограмму **Multiple drop**.
- 5) Какой процесс используется для создания горизонтов, учитывающих разломы, которые были созданы при помощи процедуры **Fault framework modeling**? На какой панели и вкладке данный процесс расположен? Опишите основные особенности данного процесса.

9. ПРОЦЕСС FAULT MODEL FROM STRUCTURAL FRAMEWORKS. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАЗЛОМОВ ИЗ STRUCTURAL FRAMEWORK В CORNER POINT GRIDDING

После построения структурного каркаса разломов может возникнуть необходимость в его ручном редактировании. Для возможности редактирования разломов, созданных при помощи процесса **Fault framework modeling**, они должны быть описаны ключевыми пилларами, сгенерированными при помощи процесса **Fault modeling**. Иными словами, задача сводится к преобразованию модели разломов, созданных при помощи процесса **Fault framework modeling**, к формату поверхностей, которые описаны пилларами и могут быть отредактированы, используя процесс **Fault modeling**.

Прежде чем начинать выполнять данное упражнение, необходимо сделать небольшое замечание. Можно заметить, что модель разломов, сформированная в предыдущем упражнении при помощи **Fault framework modeling**, уже итак создавалась на основе пилларов. Это действительно так. Особенность процесса **Fault model from structural framework** заключается в том, что используя его основные инструменты, поверхность разлома можно описать необходимым количеством пилларов, вручную задавая расстояние между ними и количество точек, из которых они состоят, что позволит в дальнейшем проводить более качественное редактирование разлома.

Для работы в данном упражнении, откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Fault model from framework > Fault model from framework.pet** или работайте в проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении.

Откройте процесс **Fault model from structural framework**, из вкладки **Corner point gridding** на панели **Processes** (рис.9.1). В открывшемся диалоговом окне (рис.9.2) в поле **Create new** предлагается создать новую модель **New model**, а модель разломов конвертируется из модели **Structural framework**, которая была создана в упражнении 8. В поле **Horizons** обозначены нижние и верхние поверхности горизонтов, также созданные при работе с процессом **Horizon modeling** в предыдущем упражнении, т.е. это уровни по которым разломы будут обрезаны (рис.9.3). В нижней части данного окна в поле **Set all shape points** предлагается создавать пиллары из 2-х, 3-х, или 5 точек (рис.9.4); в поле **Padding above/below interval** предлагается поднять (опустить) уровень разломов над поверхностями Z(TOP) и Z(BASE) на нужное количество метров (50 м на рис.9.2). В поле **Pillar spacing** указано расстояние между пилларами (200 м, рис.9.2). Нажмите **Apply**.

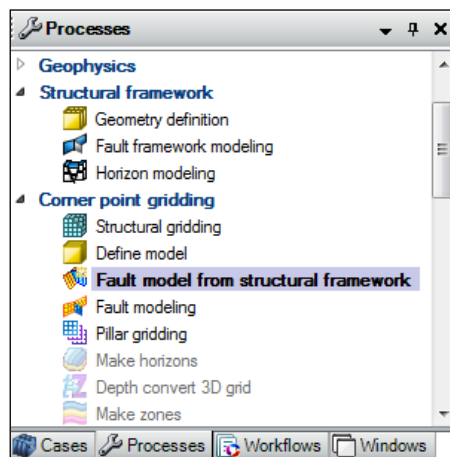


Рис.9.1.

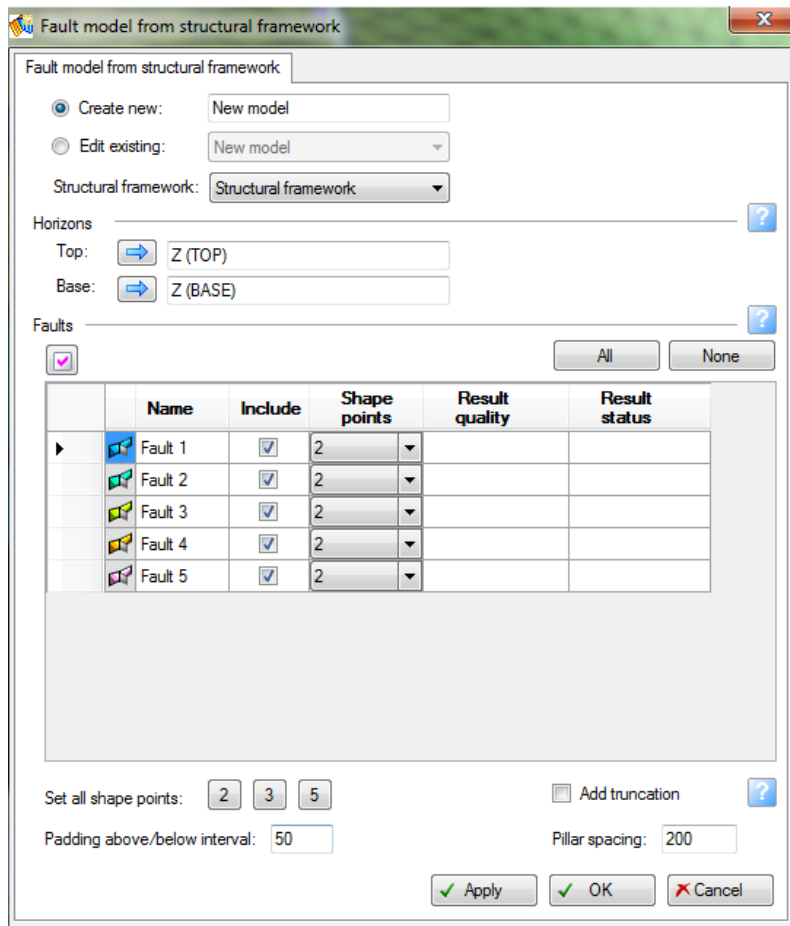


Рис.9.2.

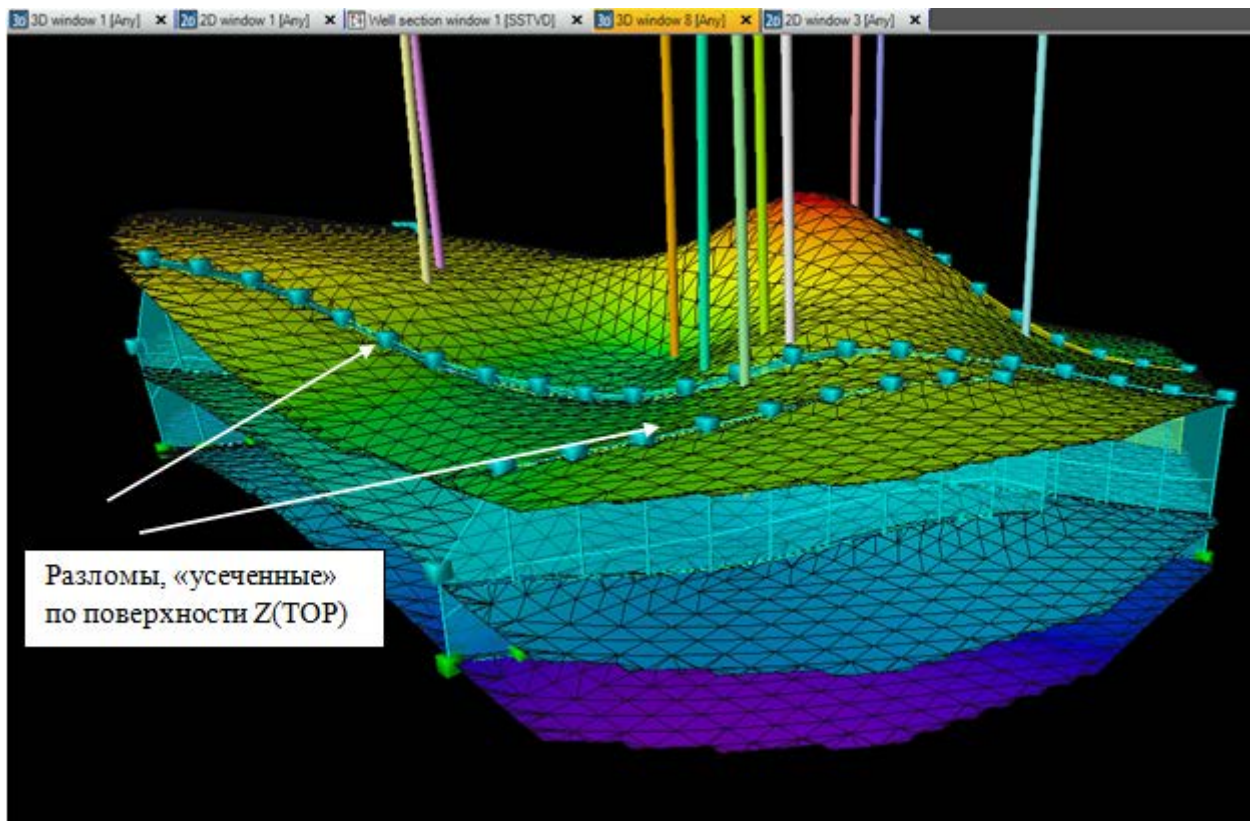


Рис.9.3.

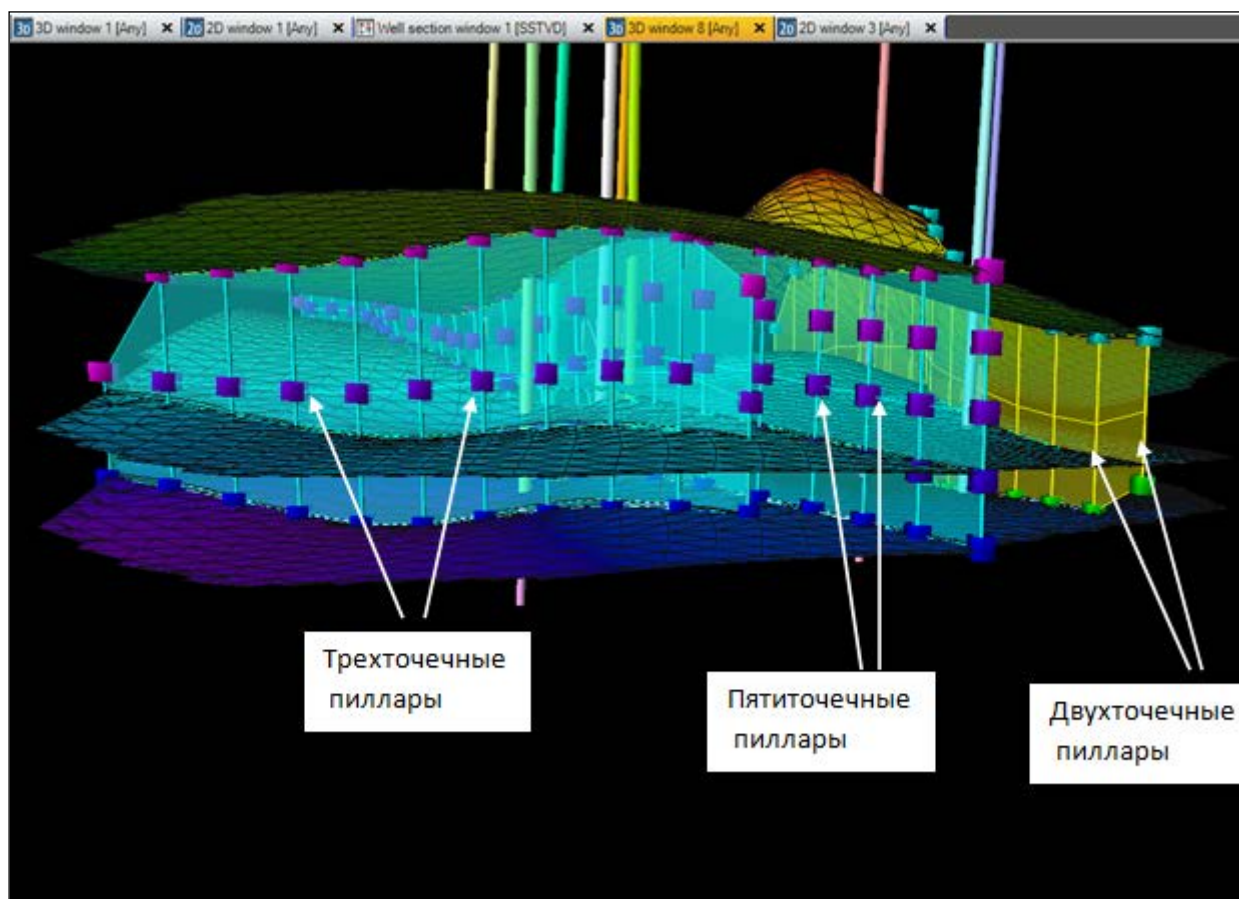


Рис.9.4.

В поле **Shape points** (рис.9.2) количество узлов, из которых состоит пиллар, можно задавать для каждого из разломов отдельно.

Самостоятельно преобразуйте разломы, варьируя параметры **Set all shape points, Padding above/below interval, Pillar spacing**, не забывая при этом сохранять изменения в уже созданную модель **New model**, выбрав опцию **Edit existing** на рис.9.2. При завершении работы с данным окном, нажмите **ОК**.

После того, как разломы, созданные при процедуре **Fault framework modeling** в упражнении 8, описаны при помощи пилларов, их можно редактировать, используя **Fault modeling** (на вкладке **Corner point gridding**). Основы работы с данным процессом описаны в упражнении 7.

Сохраните проект.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Сформулируйте, для чего используется процесс **Fault model from structural framework**? Для чего нужны поверхности, созданные при работе с процессом **Horizon modeling** в предыдущем упражнении?
- 2) Что такое двух-, трех- и пятиточечные пиллары?
- 3) Сформулируйте, для чего можно увеличивать или уменьшать расстояние между пилларами внутри разлома (**Pillar spacing**)?

10. ПРОЦЕСС STRUCTURAL GRIDDING. ПОСТРОЕНИЕ СЕТКИ НА ОСНОВЕ РАЗЛОМОВ И ПОВЕРХНОСТЕЙ, СОЗДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ STRUCTURAL FRAMEWORK

В данном упражнении будут освоены навыки построения сетки на основе разломов и поверхностей, которые были созданы с использованием процедур, расположенных на вкладке **Structural Framework** в упражнении 8.

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Structural Gridding > Structural Gridding.pet** или работайте в проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении.

Создайте новую модель. Для этого откройте процесс **Define model** на вкладке **Corner point gridding** панели **Processes** и введите название модели **Structural gridding** (рис.10.1). Нажмите **ОК**. Данная модель отображена на панели **Models**.

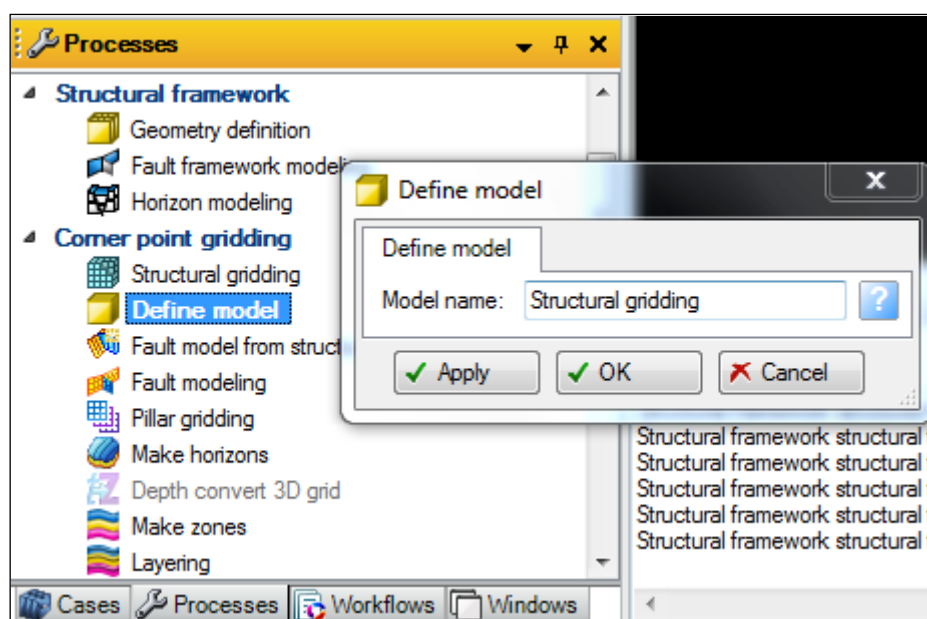


Рис.10.1.

Далее откройте процесс **Structural gridding** на вкладке **Corner point gridding** панели **Processes**. В открывшемся диалоговом окне (рис.10.2) в поле **Create new** введите имя сетки **Structural grid 1**. Важно: нажмите на модель **Structural Framework** на панели **Models**, сделав ее жирной. Тем самым, сетка **Structural grid 1** будет использовать разломы и поверхности, относящиеся к модели **Structural Framework**.

В поле **Structural framework** автоматически выбраны поверхности и разломы из одноименной модели. В поле **Zone layering** предлагается разбить зоны между поверхностями на слои.

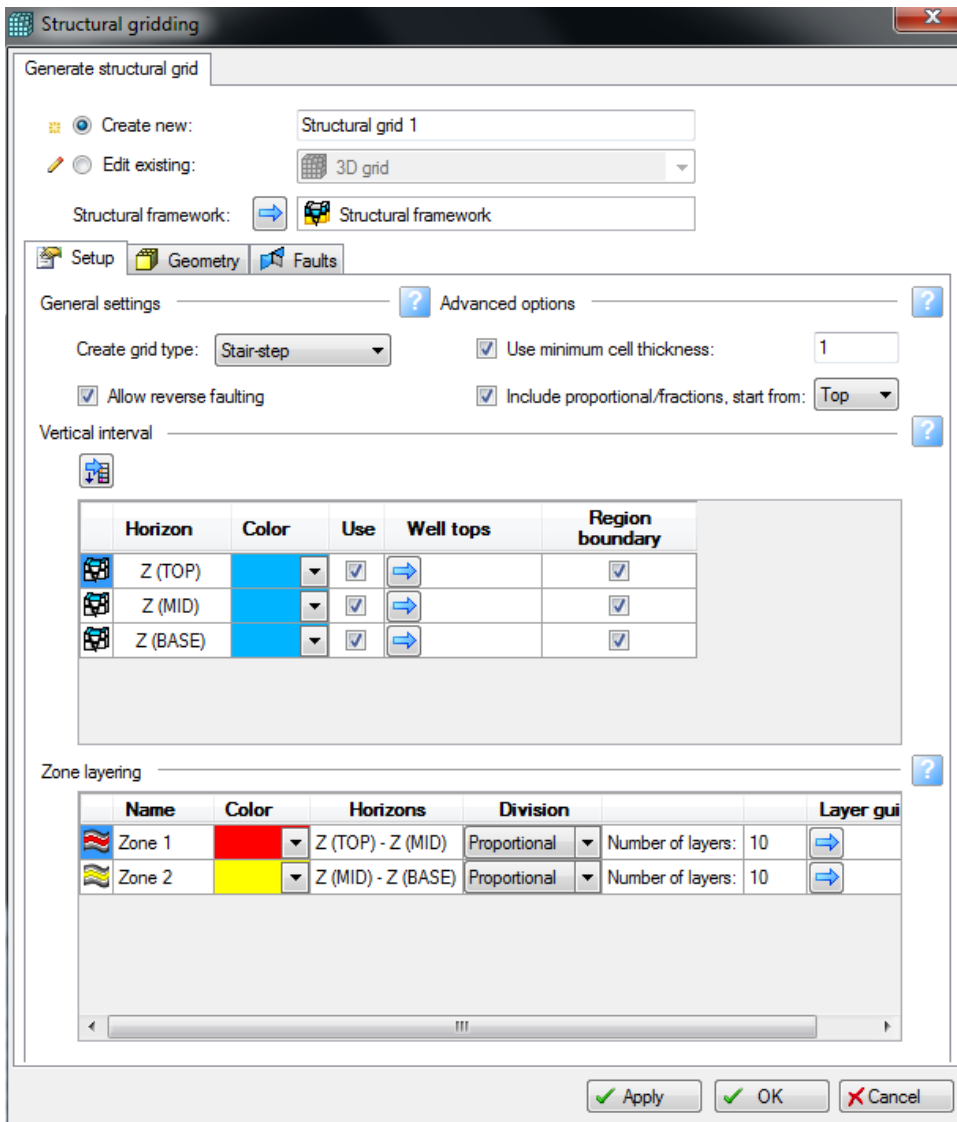


Рис.10.2.

Далее перейдите на вкладку **Geometry** диалогового окна **Structural gridding** (рис.10.3). «Перетащите» **Edge around Hd.dat** в поле **Boundary**, нажав на стрелку. В поле **Grid column size** введите шаг сетки по X и Y направлениям (в метрах). Количество узлов сетки указано в колонке **Column count (approx.)** поля **Statistics**.

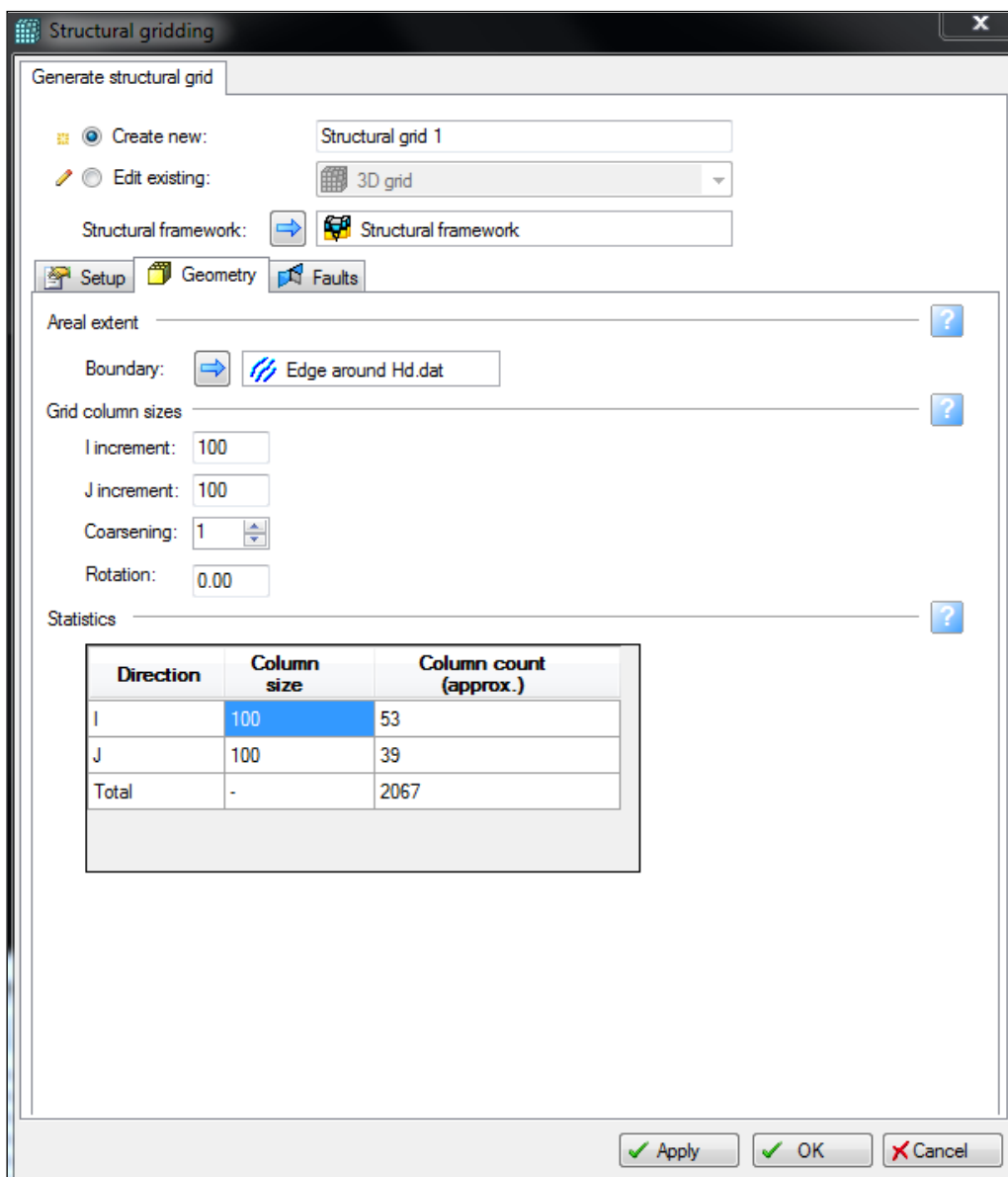


Рис.10.3.

На вкладке **Faults** данного диалогового окна (рис.10.4) указаны разломы, которые будут учитываться при построении сетки. При необходимости любой из разломов можно исключить из данного процесса сняв галочку из соответствующего окошка. Нажмите **OK**. Сетка **Structural grid 1** появилась в модели **Structural gridding**.

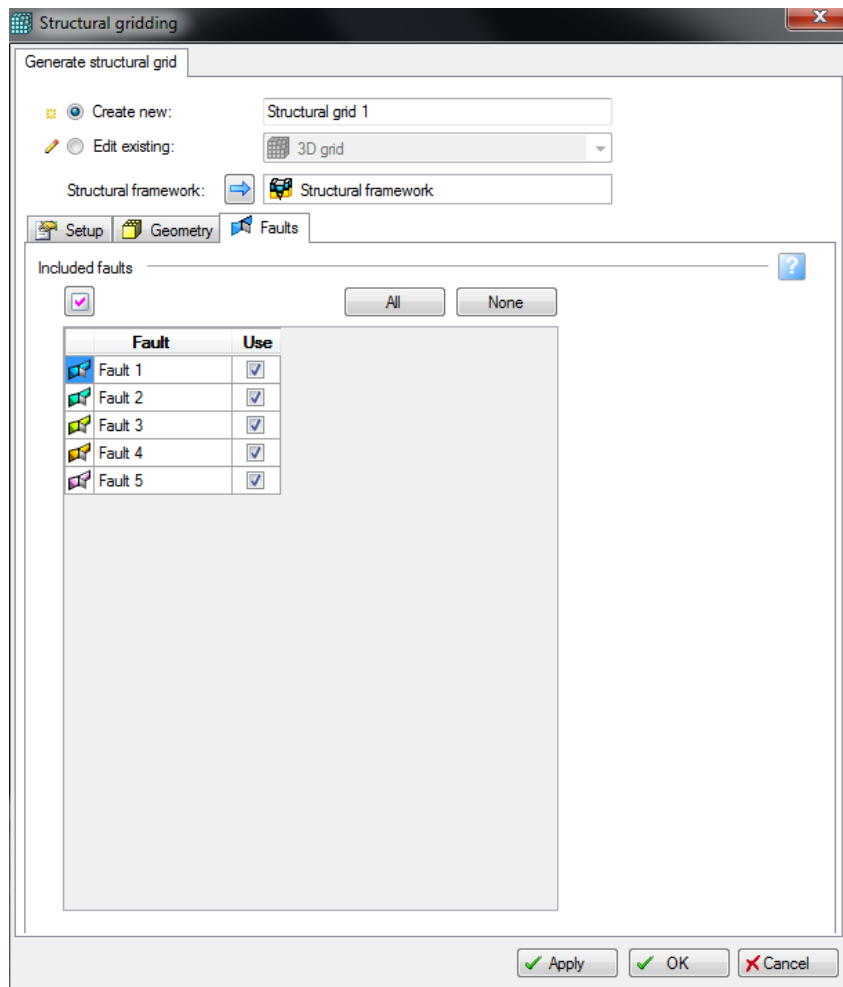


Рис.10.4.

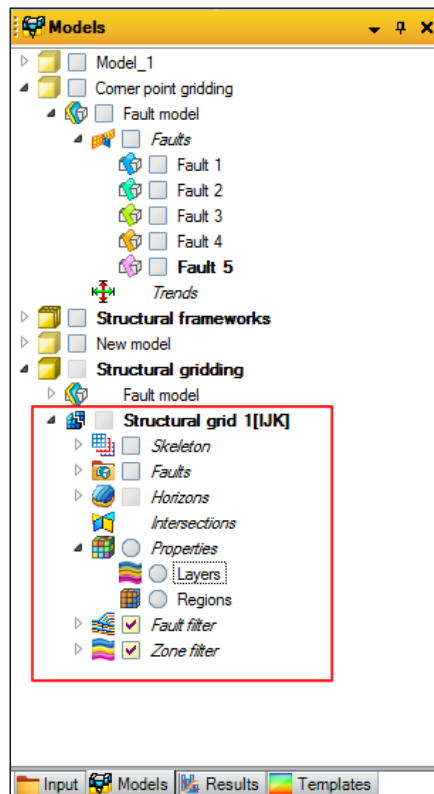


Рис.10.5.

Отобразите сетку и разломы в 3D окне. Обратите внимание, что разломы из плавных поверхностей превратились в «зигзагообразные», т.е. встроились в построенную сетку (рис.10.6).

Сохраните проект.

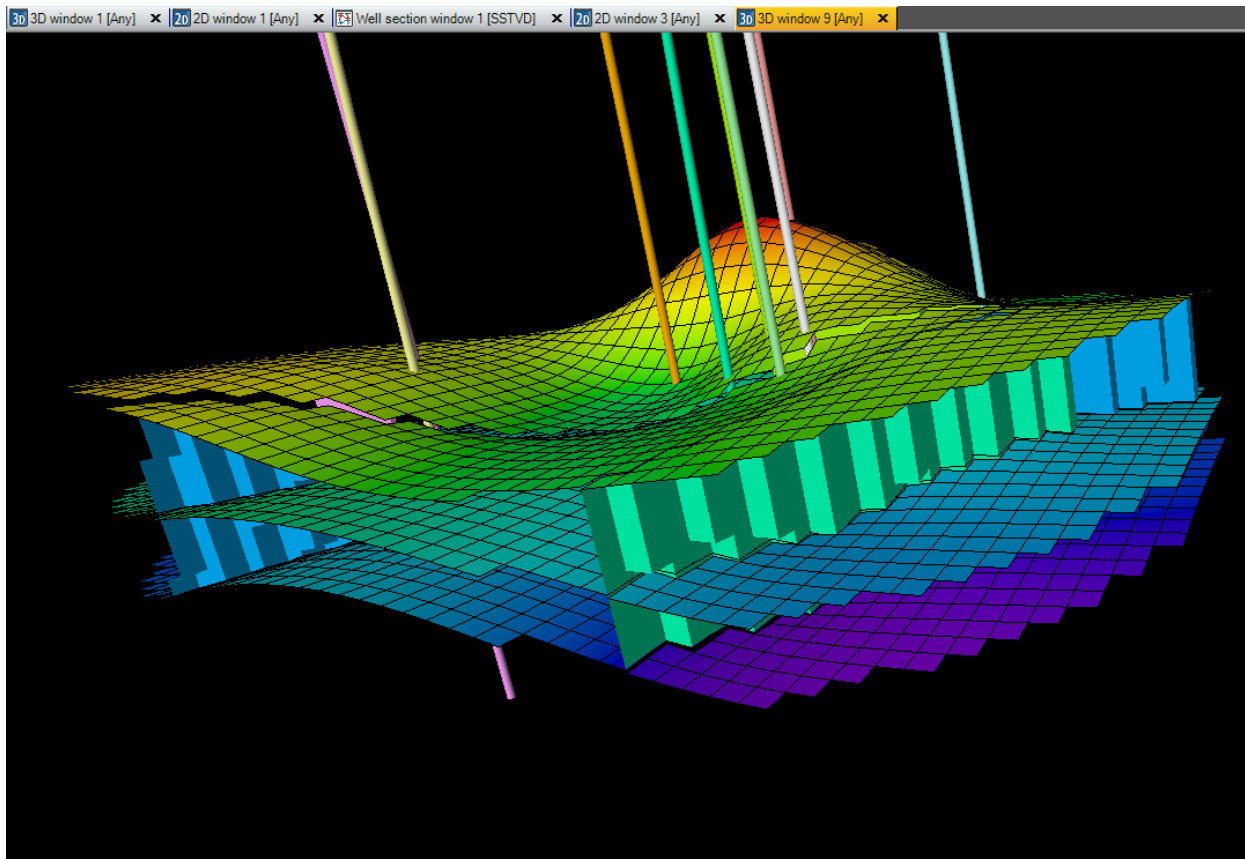


Рис.10.6.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) В чем особенность процесса **Structural gridding**?
- 2) Для чего, при работе с процессом **Structural gridding**, нужно выделить модель **Structural framework**?
- 3) Опишите процедуру и особенности создания сетки, при работе с процессом **Structural gridding**?
- 4) Проанализируйте, как изменится сетка и разломы, встроенные в нее, при увеличении или уменьшении шага сетки?

11. ПРОЦЕСС PILLAR GRIDDING. РУЧНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ СЕТКИ

Процесс **Pillar Gridding** - это процесс генерации пространственного скелета (структурного каркаса) на основе разломов, которые (при необходимости) могли быть отредактированы с использованием процедуры **Fault modeling** (упражнение 8). Основная особенность и отличие процесса **Pillar gridding** от **Structural gridding** в том, что при работе с **Pillar gridding** имеется возможность редактировать направления сетки вручную путем задания «трендов» или «приказывать» сетке придерживаться направления разломов. Данный процесс чаще всего является вспомогательным для построения расчетной гидродинамической сетки, т.к. вид, масштаб и структура ячеек играет важную роль при фильтрационных процессах в нефтяных коллекторах.

После процесса **не будет** создана готовая сетка, которая опишет свойства геологической модели. На основе процесса **Pillar gridding** будут созданы структурные каркасы, «одетые» на разломы. Данные структурные каркасы будут представлять собой набор пилларов, по которым будут построены горизонты (процесс **Make horizon**)

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Pillar_gridding > Pillar_gridding.pet** или работайте в проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении.

Для работы в данном упражнении понадобится модель разломов из модели **Corner point gridding**.

Откройте процесс **Pillar gridding** на вкладке **Corner point gridding** на панели **Processes** (рис.11.1).

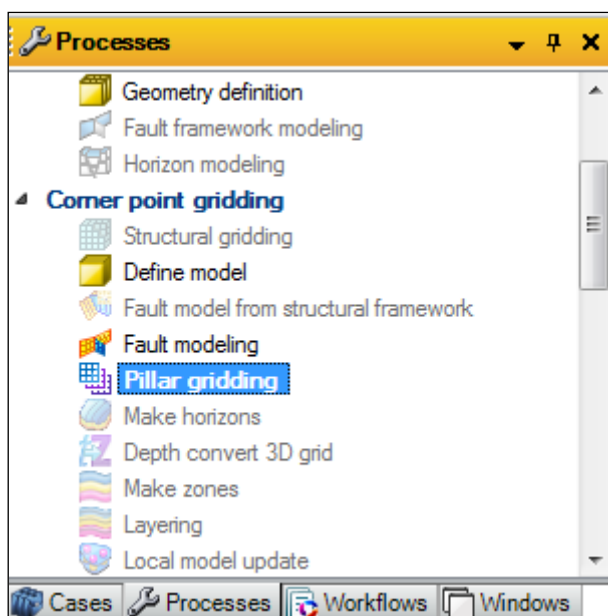


Рис.11.1.

Откроется диалоговое окно (рис.11.2). Выделите модель **Corner point gridding** на панели **Models**, таким образом подтверждая, что новый каркас (**Skeleton**) будет создан в данной модели. В поле **Create new** введите имя модели **Pillar gridding**. В поле **I- и J-increment** вводятся шаги сетки по X и Y направлениям. Оставьте данные значения по умолчанию. Поставьте галочку около **Insert horizon objects**; поставьте галочку около **Make zig-zag type faults** (создание зигзагообразных разломов). **Не нажимайте Apply**.

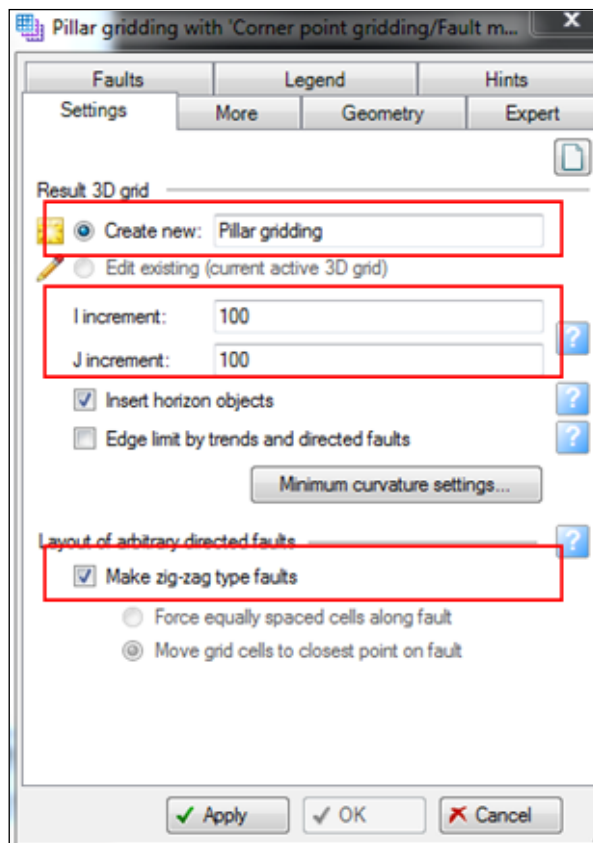


Рис.11.2.

Для дальнейшей работы непрерывную границу области **Edge around Hd.dat** (на панели **Input**) необходимо конвертировать в сеточную область. Перейдите на панель **Input**, нажмите правой клавишей по **Edge around Hd.dat** и выберите **Convert to grid boundary** (рис.11.3). Граница **Boundary** отображена в модели **Corner point gridding** на панели **Models** (рис.11.4). (Процесс **Pillar gridding** при этом все еще открыт).

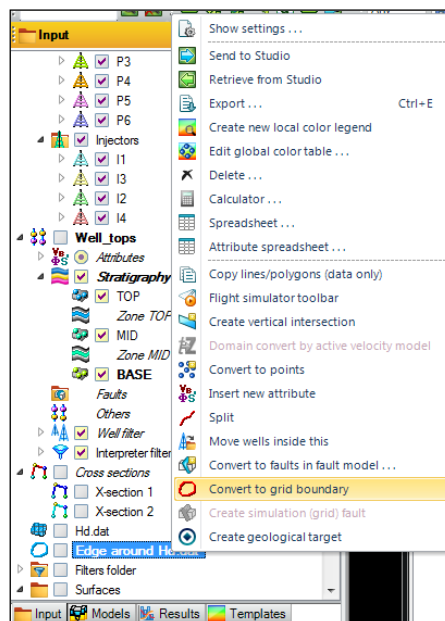


Рис.11.3.

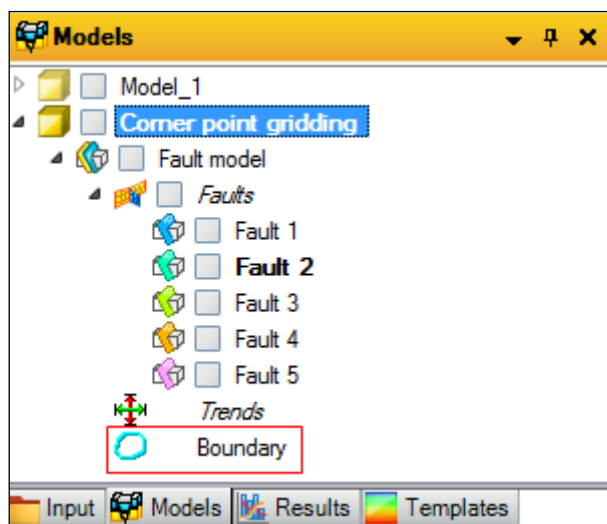


Рис.11.4.

Далее работы необходимо отобразить разломы **Faults** и границу **Boundary** в 2D окне, а также выполнить некоторые предварительные процедуры. Перейдите на вкладку **Geometry** и оставьте галочки только около пилларов с формой **Vertical** и **Linear**, таким образом подтверждая, что пиллары сетки не будут изогнутыми и пересекающимися (рис.11.5).

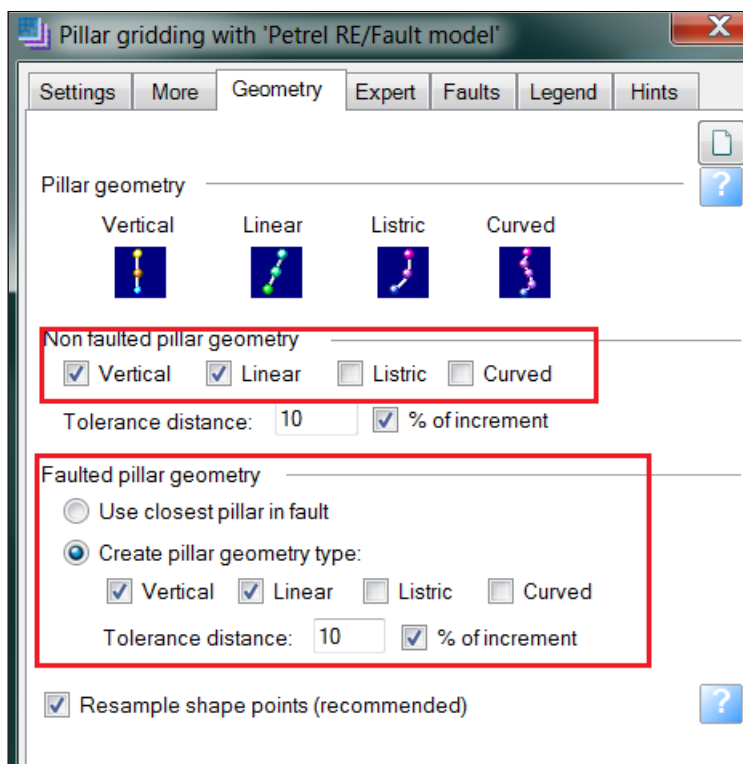


Рис.11.5.


Далее перейдите на вкладку **More** и выберите режим построения **Vector field method**. Нажмите **Apply**. Сетка построенная на основе процесса **Pillar gridding** отображена в 2D окне (рис.11.6). Как видно по данному рисунку, поверхности разломов были встроены в сетку в виде зигзагообразных линий (т.к. выбран режим **Make zig-zag type faults**).


Далее необходимо редактировать данную сетку, используя основные методы, предлагаемые в Petrel.


1) «Точное» встраивание сетки по направлению выбранного разлома.

Активировав процесс **Pillar gridding**, на правой панели окна отобразились различные иконки для редактирования сетки. Для того, чтобы сетка точно встроилась в выбранный разлом


используются иконки  и  (**Set I- direction (или J)**).

Перейдите в режим Select/pick mode  и щелкните на разлом находящийся, например, в правом верхнем углу, а затем на

иконку . Разлом окрасился в зеленый цвет. Нажмите **Apply**. Как можно заметить, сетка полностью встроилась в выбранный разлом. Повторите данную процедуру с другими

разломами, выбирая данные режимы (**рис.11.7**). При работе в режиме , разлом окрашивается в красный цвет.

Если разлом имеет преимущественное направление вдоль оси X, не рекомендуется

использовать режим  и наоборот. В противном случае, Petrel выдаст ошибку или зависнет.

Не нажимайте ОК, не будучи уверенными, что редактирование сетки завершено.

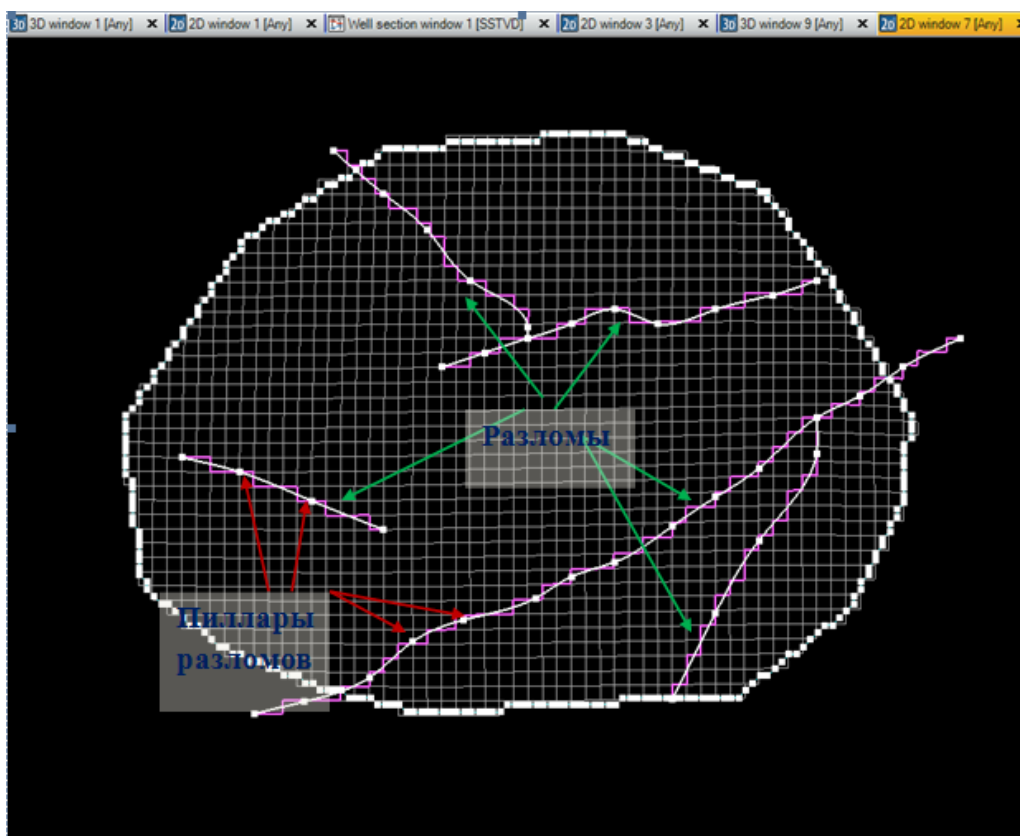


Рис.11.6.

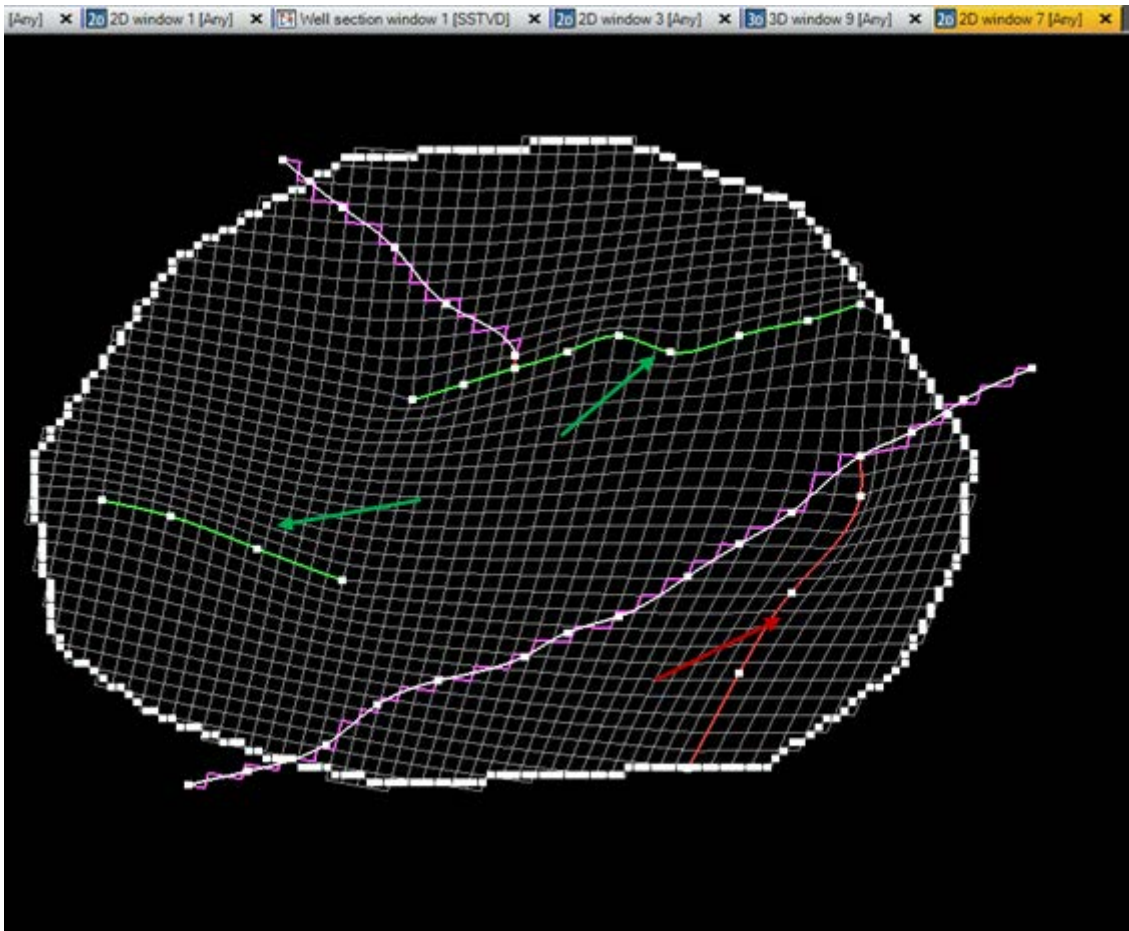






Рис.11.7.

Если сетка, встроенная в разлом не устроила Вас, можно сделать обратную процедуру.



Перейдите в режим **Select/pick mode** , кликните на тот разлом, который необходимо исключить из тех, по которым происходит встраивание сетки и нажмите на иконку  (**Set arbitrary direction (A)**). Нажмите **Apply**. Вы заметите, что теперь сетка не «подстраивается» под данный разлом.


2) Указатель направлений, создание трендов.

Редактировать сетку можно не только при помощи ее встраивания в поверхность разлома, но

и при помощи «ручного» указания направления сетки, используя режимы  и  (**New I-trend (или J)**).

Предварительно отредактируйте разломы так, как показано на **рис.11.7**. Перейдите в режим

, появится курсор , с помощью которого вручную рисуются **тренды** – отрезки, «приказывающие» сетке встраиваться в них. Для того, чтобы «замкнуть» тренд, то есть закончить его рисование, кликните два раза по точке его окончания. Нарисуйте вертикальное

направление, используя режим  (**рис.11.8**).

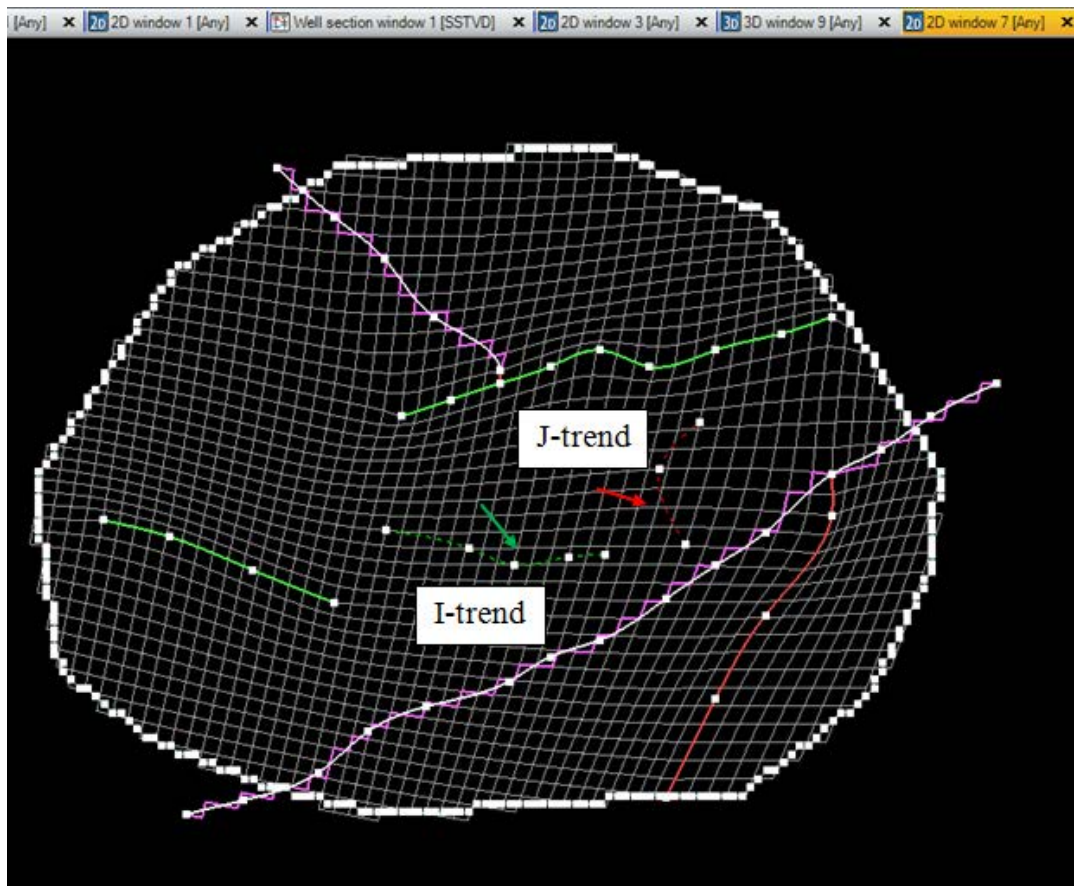


Рис.11.8.

Перейдите в диалоговое окно режима **Pillar gridding** на вкладку **Faults** (рис.11.9). Нарисованные тренды отразились в меню **All trends**. Нажмите **Apply**.

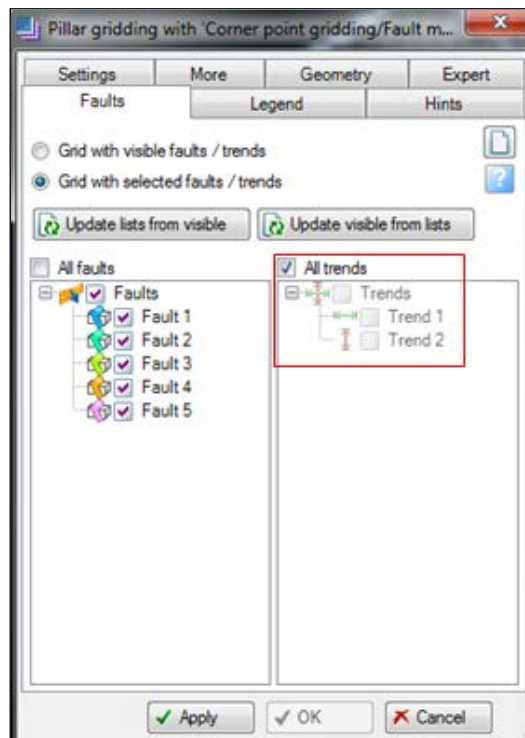



Рис.11.9.

В результате созданных трендов сетка приобрела вид, соответствующий **рис.11.10**. Сетка точно встроилась в указанные направления, но, как видно по данному рисунку, довольно неудачно встроилась по направлению j-тренда. Для того, чтобы удалить данный тренд,

перейдите в режим **Select/pick mode**  щелкните по данному тренду и нажмите **Delete** на клавиатуре. Кликните на Apply. Сетка отредактирована (**рис.11.11**).

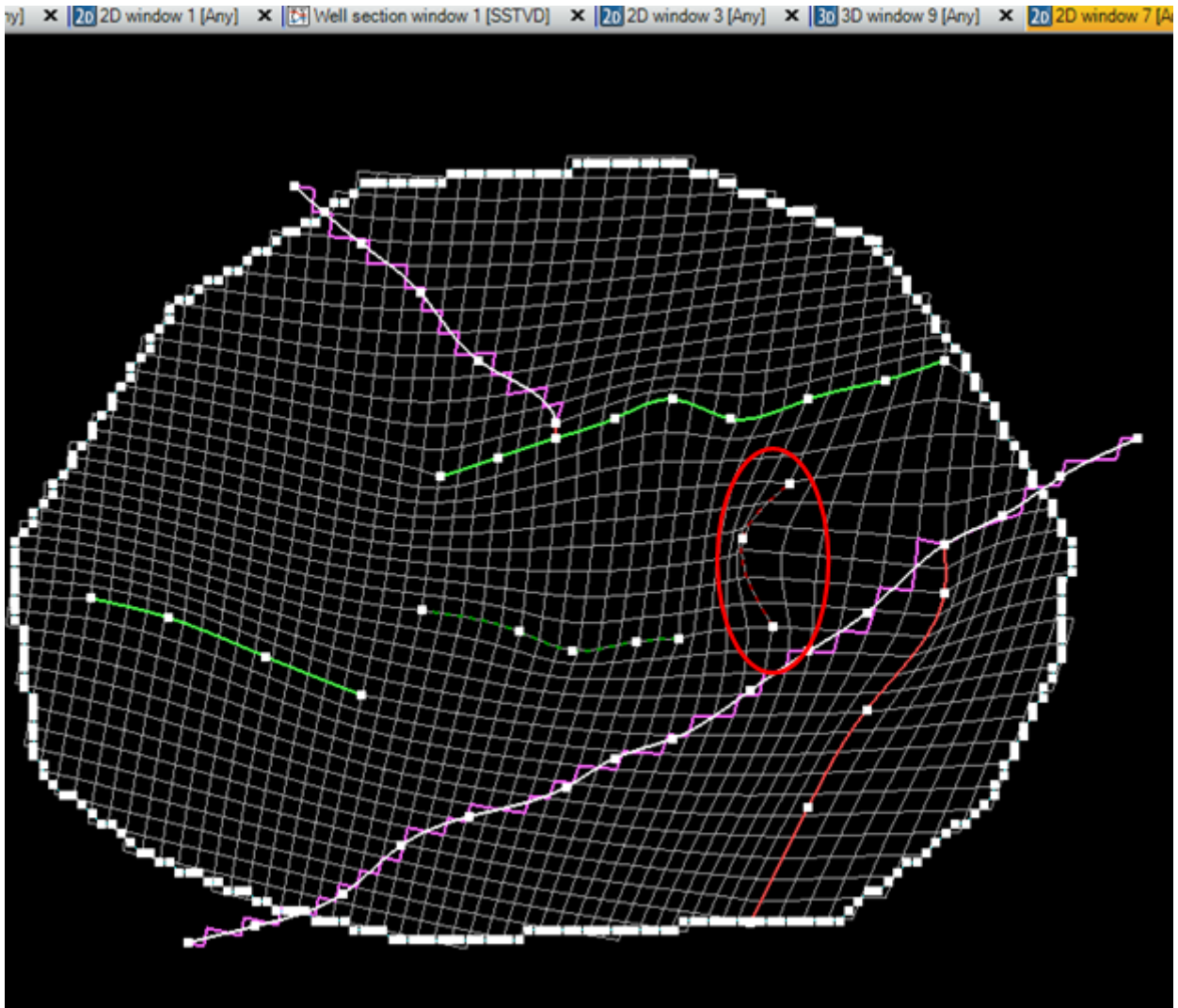


Рис.11.10.

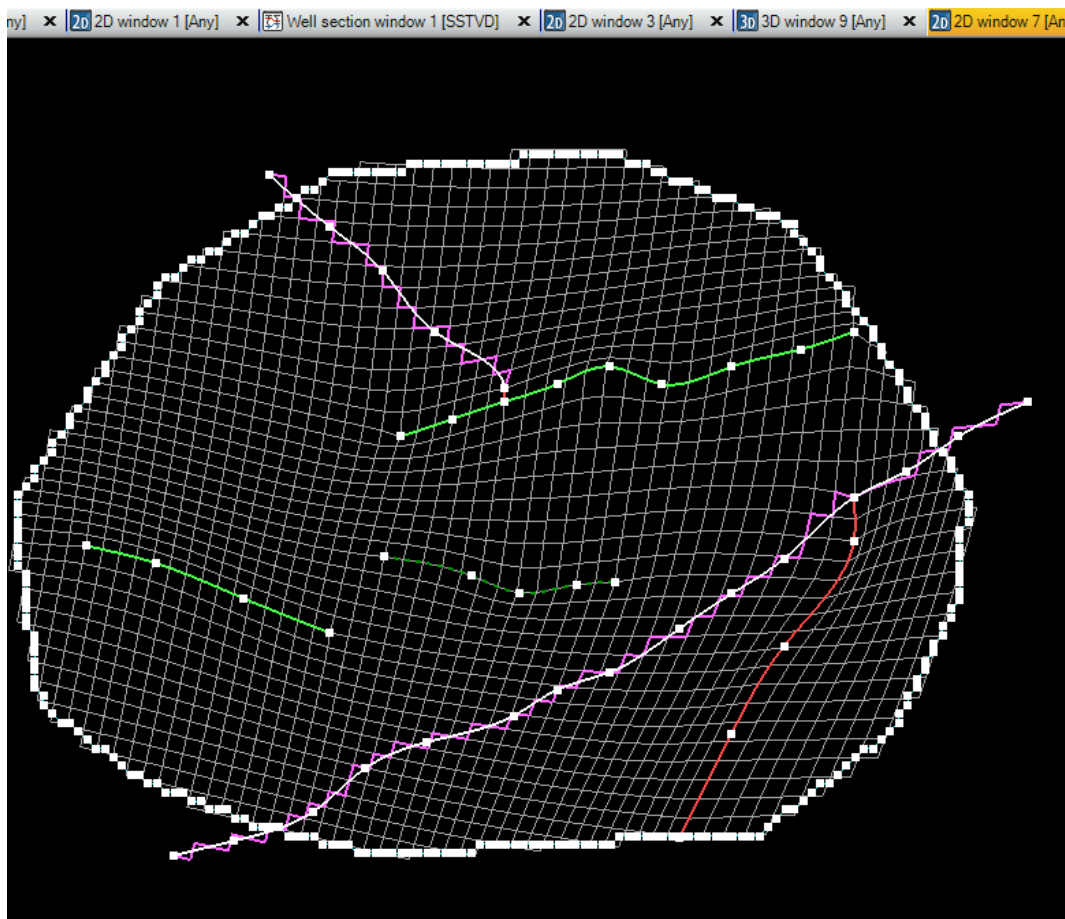



Рис.11.11.

Очень удобно редактировать тренды, используя режим  **select and edit/add points (E)**. Активируйте данный режим, и при помощи курсор мышки двигайте в любых направлениях любую из точек нарисованного тренда.

После завершения редактирования сетки нажмите **ОК**. Выйдет диалоговое окно, спрашивающее пользователя, действительно ли завершен процесс редактирования и можно ли генерировать структурный каркас (рис.11.12). Нажмите **ОК**.

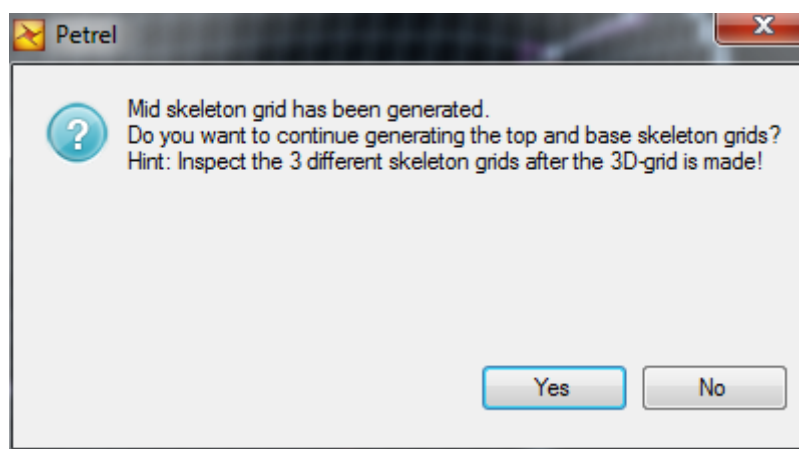


Рис.11.12.

Построенный **каркас Pillar gridding** отображен в модели **Corner point gridding** на панели **Models** (рис.11.13).

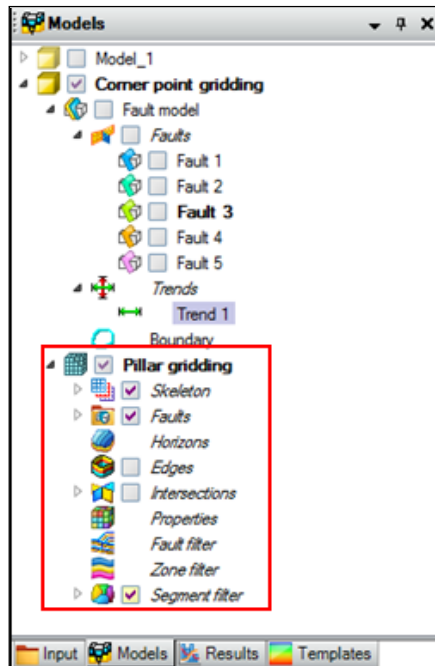


Рис.11.13.

Отобразите каркас **Skeleton** и разломы **Faults** в 3D окне (рис.11.14). Обратите внимание, что построенные сеточные поверхности не являются горизонтами геологической модели, а лишь структурными каркасами, в которые врезаны разломы. Сохраните проект.

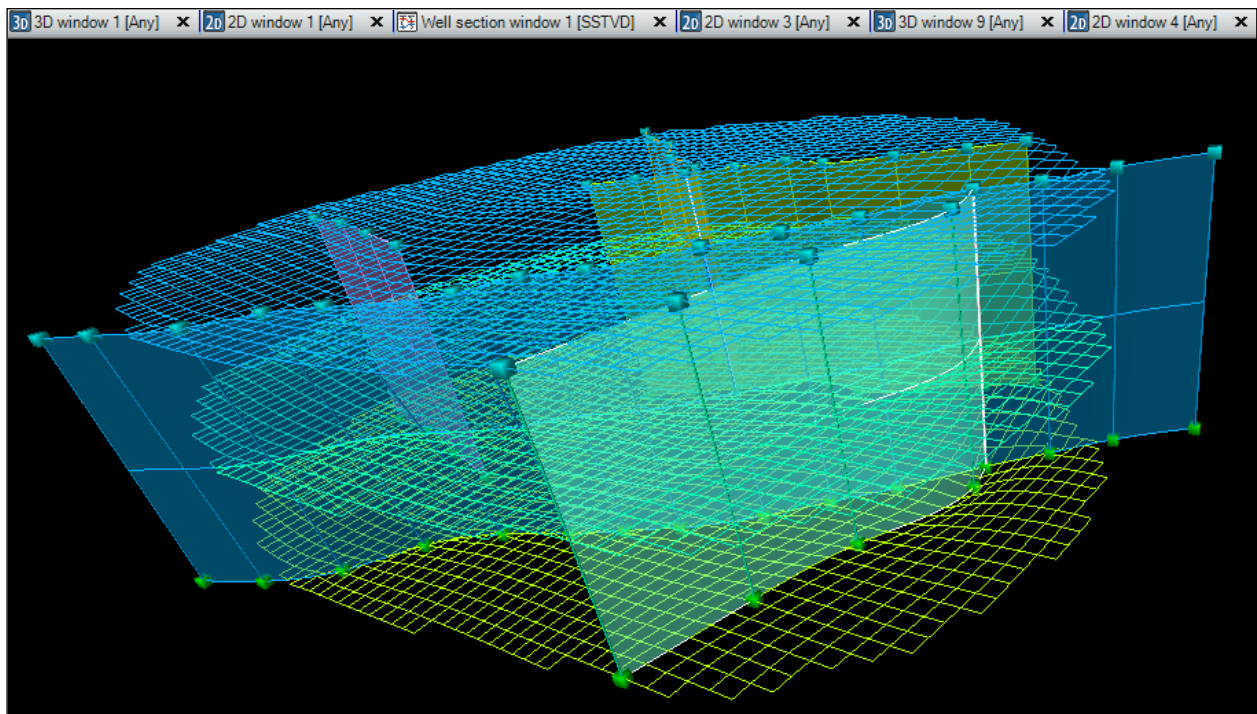


Рис.11.14.

12. ПРОЦЕСС MAKE HORIZONS. ВСТРАИВАНИЕ РАЗЛОМОВ В СТРУКТУРНЫЙ КАРКАС, СОЗДАНЫЙ В ПРОЦЕДУРЕ PILLAR GRIDDING

В предыдущем упражнении была создан структурный каркас, состоящий из пилларов. Следующим этапом при построении модели является встраивание разломов в созданный при помощи процесса **Pillar gridding** структурный каркас. Данный процесс осуществляется при помощи процедуры **Make horizons**.

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Make horizons > Make horizons.pet** или работайте в своем проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении.

Откройте процесс **Make horizons**, который расположен на вкладке **Corner point gridding** на панели **Processes**.

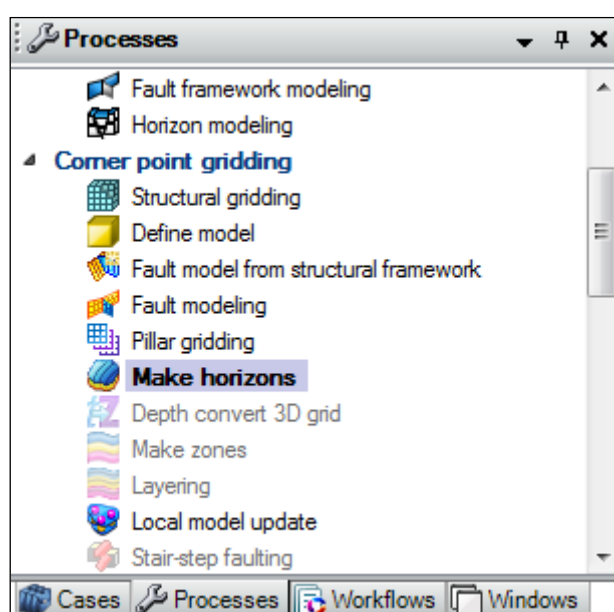



Рис.12.1.

В открывшемся диалоговом окне перейдите на вкладку **Horizons** (рис.12.2). В данном упражнении в качестве начальных горизонтов будут использоваться поверхности из модели

Structural framework. Добавьте три строчки, нажав на иконку  три раза и перетащите в поле **Input#1** поверхности Z(TOP), Z(MID) и Z(BASE) из модели **Structural framework** (или из панели **Input**). Модель **Corner point gridding** должна быть активна, чтобы генерированные разломы были сохранены в ней. Нажмите **ОК**.

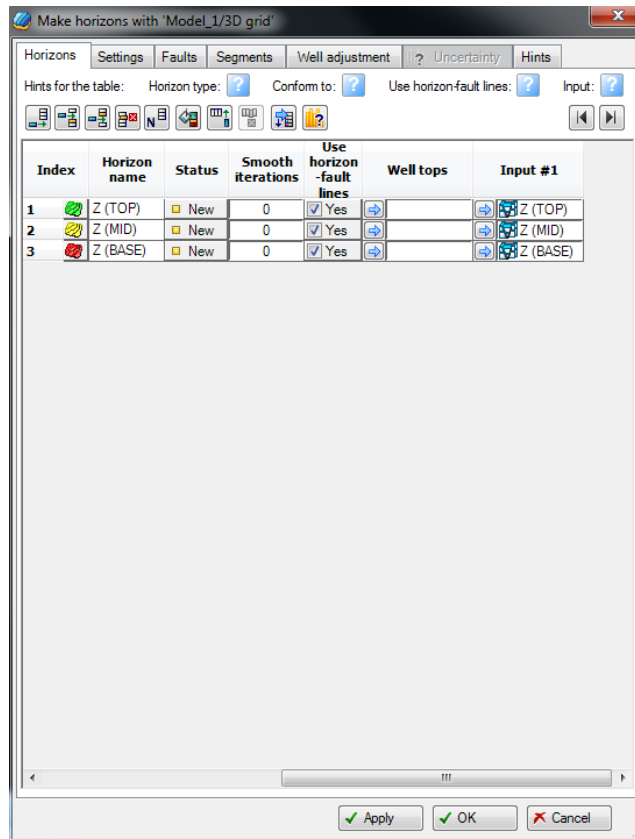


Рис.12.2.

Поверхности, построенные на основании сетки, созданной при процессе **Pillar gridding** отобразились в модели **Corner point gridding** в сетке с названием **Pillar gridding** (рис.12.3). Разбейте модель на слои, используя процесс **Layering** (рис.12.4, упражнение 6).

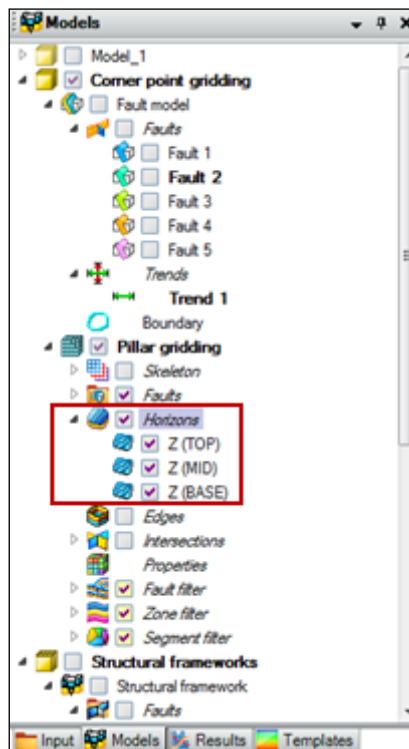


Рис.12.3.

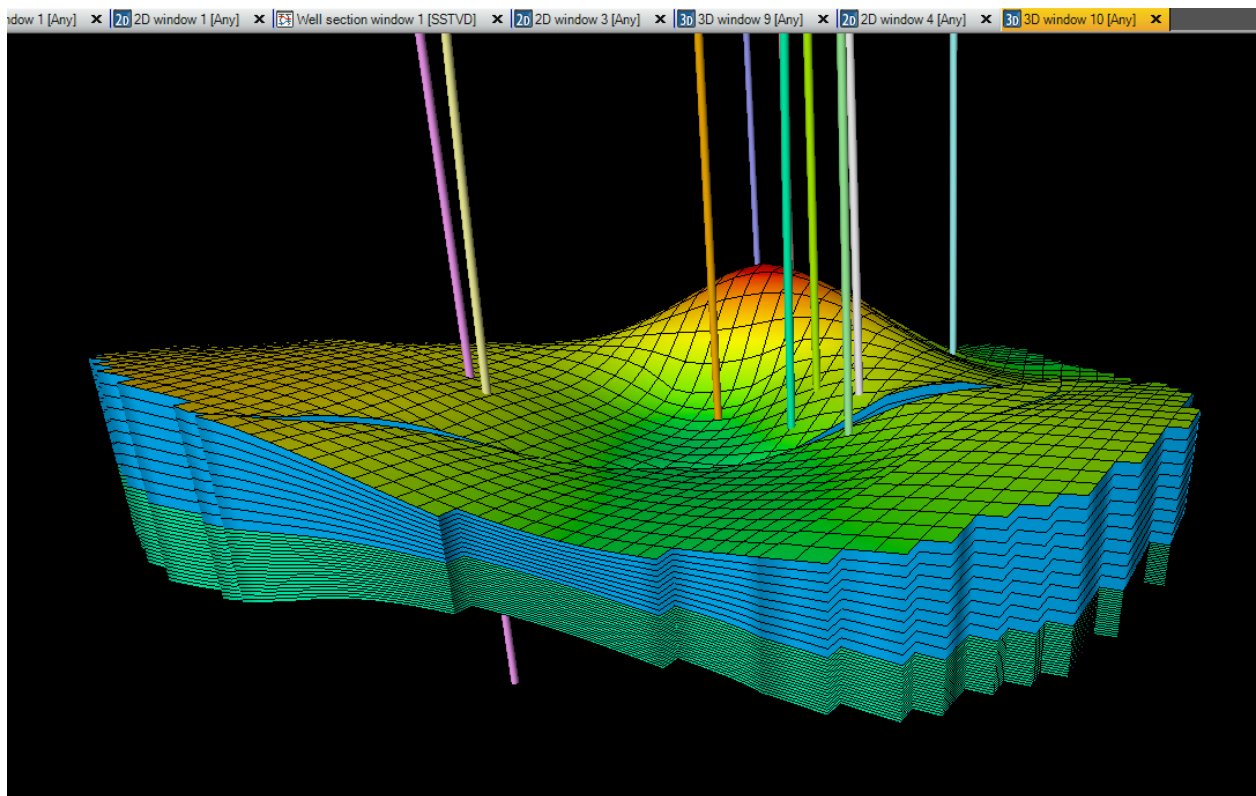


Рис.12.4.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ (к упражнениям 11 и 12)

- 1) В чем главное особенность процесса **Pillar gridding**? Чем данный процесс отличается от процедур **Make simple grid**, **Structural framework** и **Structural gridding**?
- 2) В чем его основное преимущество процесса **Pillar gridding** от процедур создания сеток, описанных в предыдущих упражнениях?
- 3) Что будет создано при завершении работы с процессом **Pillar gridding**?
- 4) Какие входные данные используются для работы с процессом **Pillar gridding**?
- 5) В чем особенность использования трендов и направлений при редактировании сетки?
- 6) При помощи какого процесса поверхности модели встраиваются в структурный каркас? Каковы основные особенности данной процедуры?

13. СОЗДАНИЕ ФАЦИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ. ПРОЦЕССЫ SCALE UP WELL LOGS И FACIES MODELING

После освоения навыков построения сеток различными методами, предусмотренными в Petrel, следующим этапом при построении геологической модели является создание моделей, характеризующих различные свойства геологических недр – пористость, абсолютная проницаемость, фации. Поле пористости и проницаемости строятся на основе каротажных данных (КР, КРем), а поле фаций на основе "отрисованных" вручную в упражнении 4 фациальных колонок.

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Facies modeling > Facies modeling.pet** или работайте в своем проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении.

На первом этапе построения фациальной модели необходимо «отобразить» фации, которые были "отрисованы" вручную, на сетку. У нас есть приличный выбор сеток для выбора той, на которой будем создавать интересующие нас поля – **3D grid** в модели **Model_1**, **Pillar Gridding** в модели **Corner point gridding** и **Structural grid 1** в модели **Structural gridding**.

В данном упражнении (и в следующих) предлагается использовать сетку **Pillar Gridding**, которая расположена в модели **Corner point gridding**. Проверьте, разбита ли данная сетка на слои, отобразив скважины и нажав галочку около **Edges**. Если сетка **Pillar Gridding** не разбита на слои, то выделите модель **Corner point gridding** (сделав ее жирной) и откройте процесс **Layering**, который расположен на вкладке **Corner point gridding** на панели **Processes**. Разбейте сетку таким образом, чтобы на каждую зону приходилось по 10 слоев (рис.13.1).

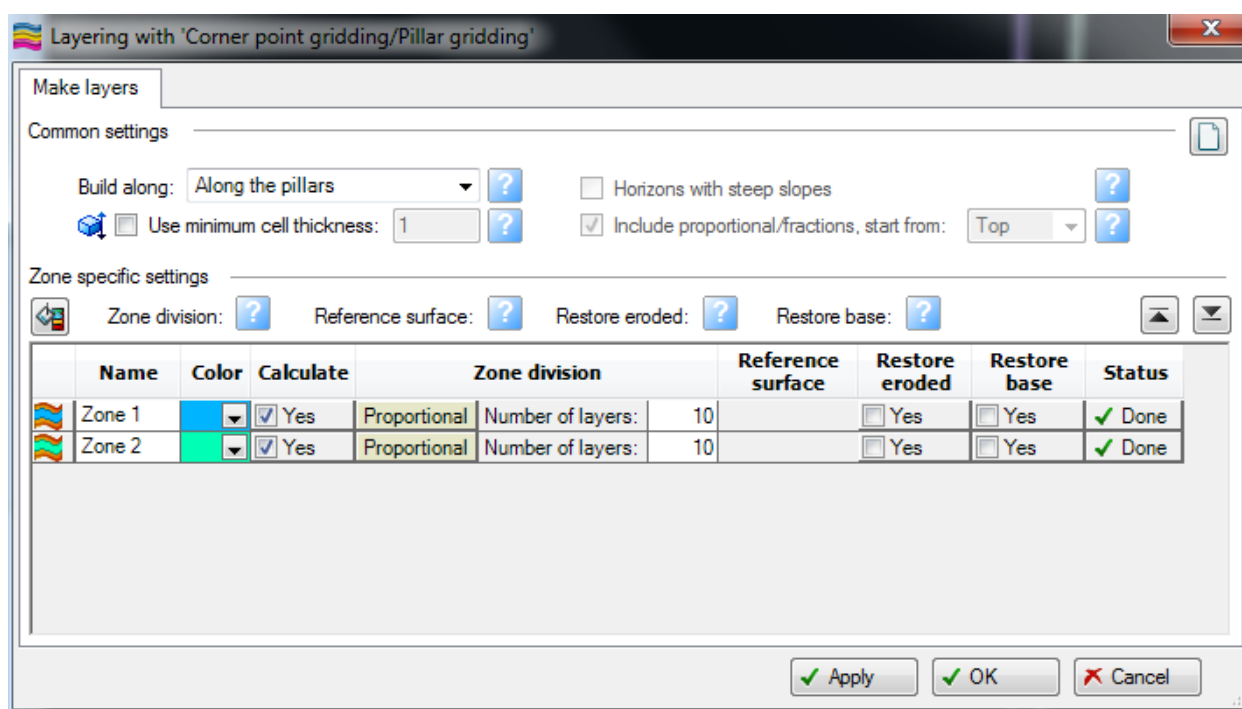


Рис.13.1.

Далее откройте процесс **Scale up well logs**, расположенный на вкладке **Property modeling** на панели **Processes** (рис.13.2). При помощи данного процесса, фациальная колонка будет "одета" на сетку вдоль скважин.

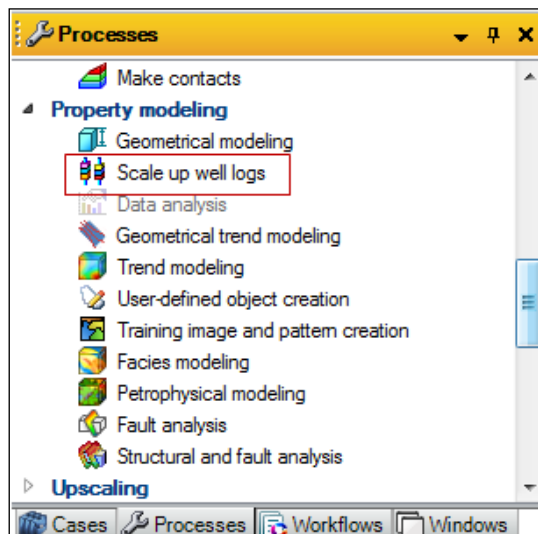


Рис.13.2.

Откроется диалоговое окно (см. рис.13.3, при этом модель **Corner point gridding** и сетка **Pillar gridding** должна быть выделена). Выберите **Create new** и **Well logs** в поле **Input**, подтверждая тем самым, что в качестве входных данных используются каротажные данные из вкладки **Global well logs** на панели **Input**. В поле **Select** выберите **Facies**, тем самым фациальная модель будет строиться на основе фациальных колонок. Нажмите **OK**.

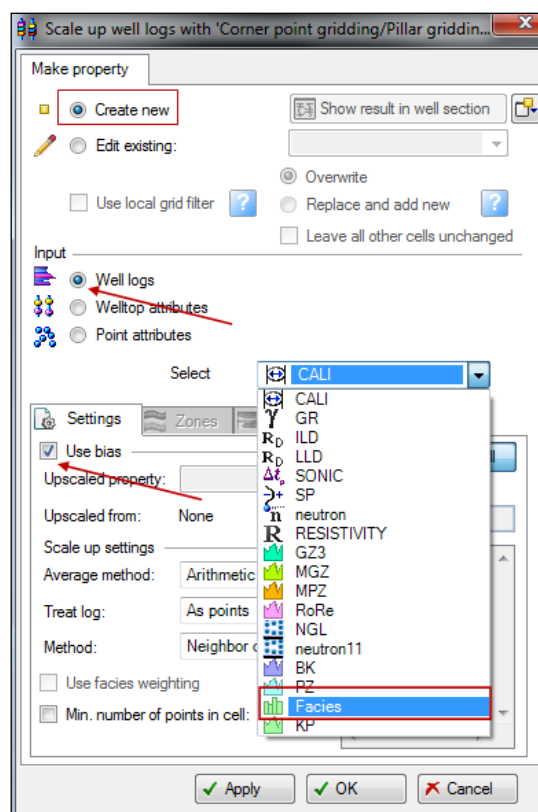


Рис.13.3.

На панели **Models** в модели **Corner point gridding** и сетке **Pillar gridding** в поле **Properties** появилась вкладка **Facies(U)** (рис.13.4).

Отобразите все скважины и **Facies(U)** в 3D окне (рис.13.5). Как видно по данному рисунку, фациальные колонки «легли» на сетку согласно ее слоистому разбиению.

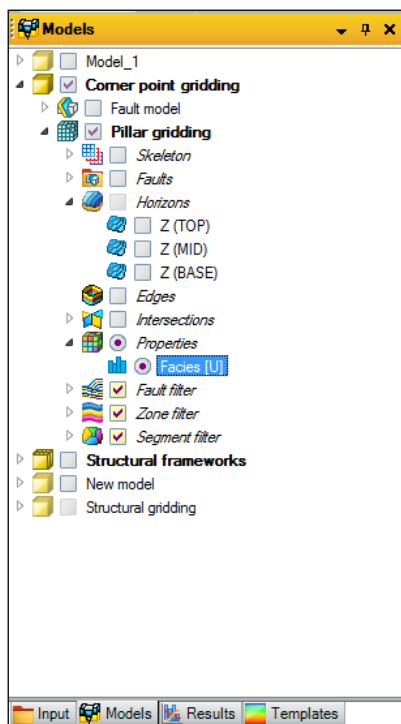


Рис.13.4.

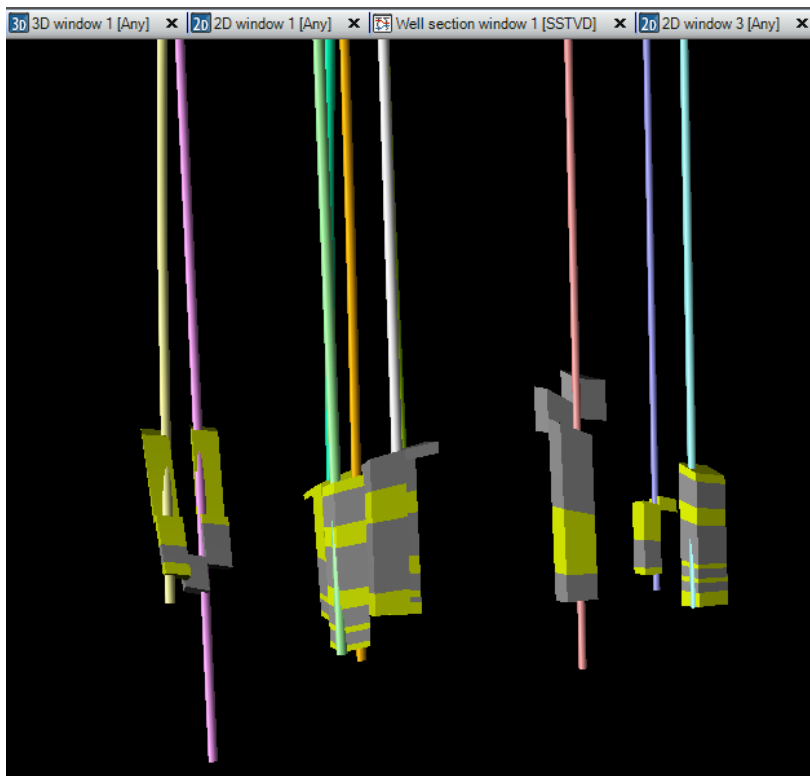


Рис.13.5.

Для того, чтобы процесс **Scale up well logs** был более понятен, откройте окно **Well section window**, отобразите на нем каротажные данные **Facies** из панели **Input**, вкладки **Global well logs** и **Facies(U)** из модели **Corner point gridding** (рис.13.6). Как видно по данному рисунку, каждая из зон колонки **Facies(U)** разбита на 10 слоев.

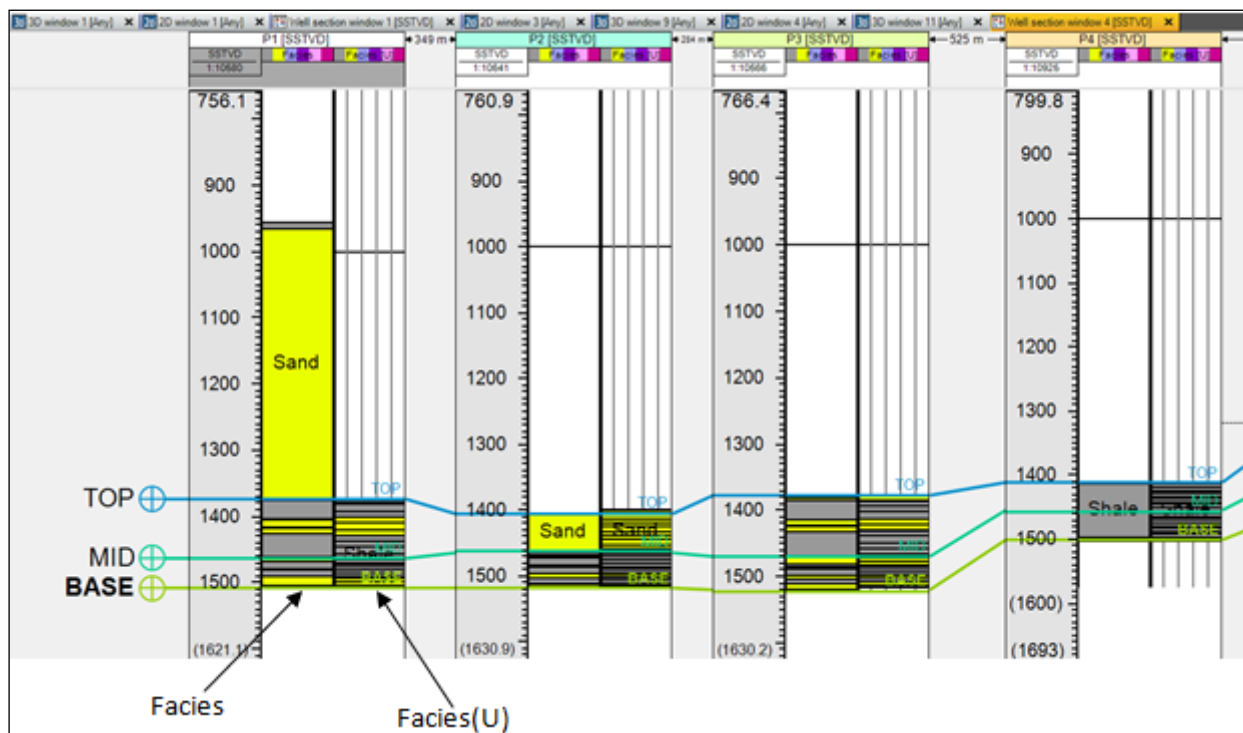


Рис.13.6.

На следующем этапе построения фациальной модели будет использоваться процесс **Facies modeling**, который расположен во вкладке **Property modeling** на панели **Processes** (рис.13.7).

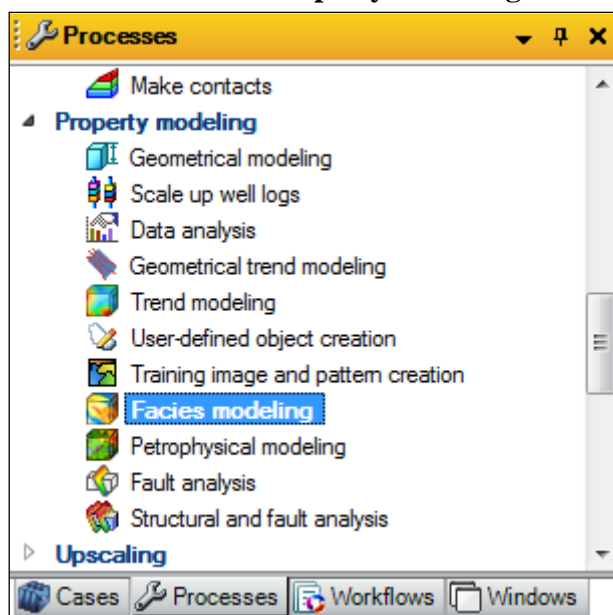


Рис.13.7.

Активируйте (откройте) данную процедуру. В открывшемся диалоговом окне (рис.13.8) выберите **Edit existing**, тем самым для построения модели будут использоваться фации,

наложенные на сетку, и результирующее поле будет записано в **Facies(U)**. Затем, кликнув левой кнопкой мышки на иконку с замочком, раскроется меню (рис.13.9).

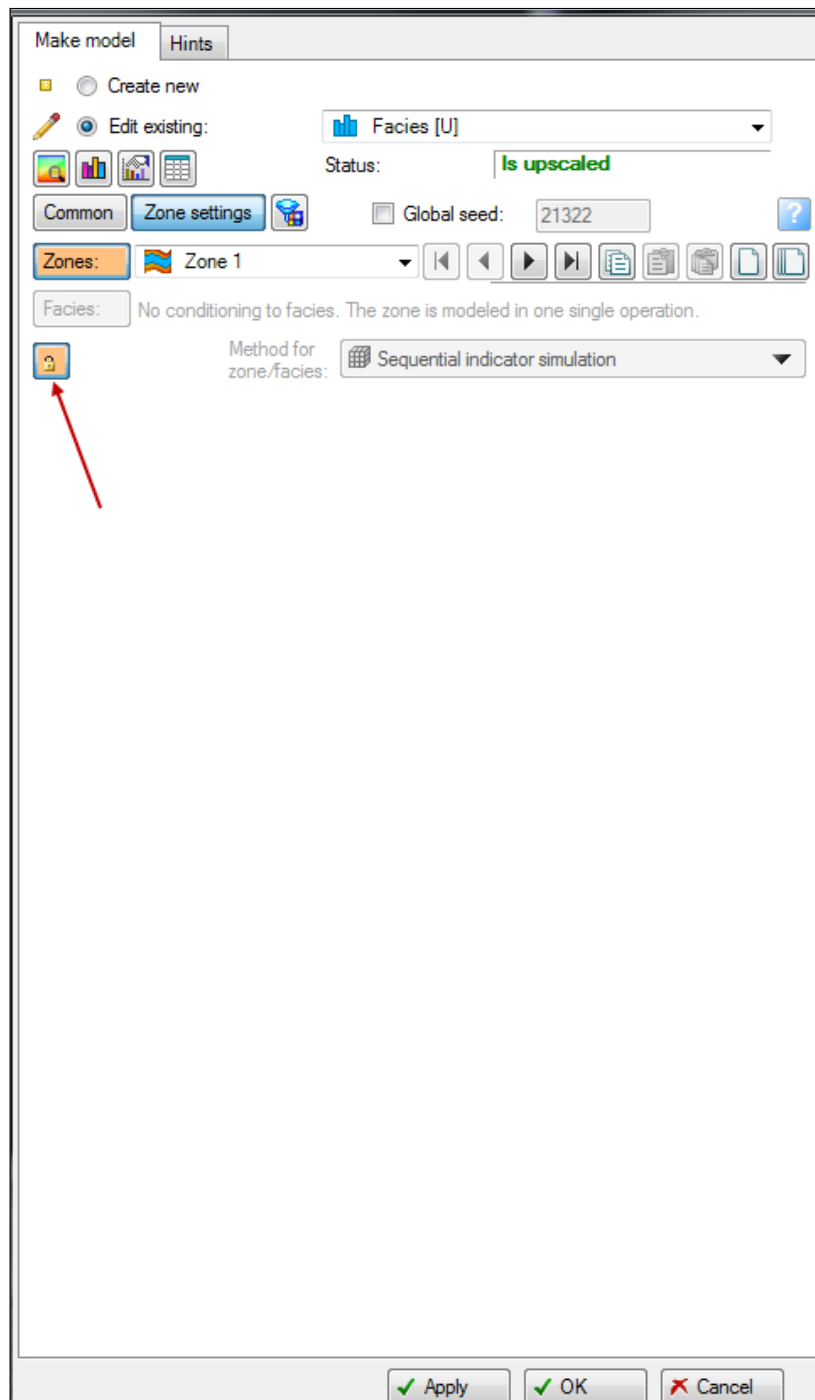


Рис.13.8.

Перейдите на вкладку **Facies**. В данной вкладке отображены виды фаций, используемые для построения модели и их процентное содержание (в скобках). При помощи синей стрелки перетащите фации **Shale** и **Sand** в правое окошко (Обратите внимание, что все действия делаются для Zone 1). Выберите метод построения **Sequential indicator simulation**. Нажмите **Apply**.

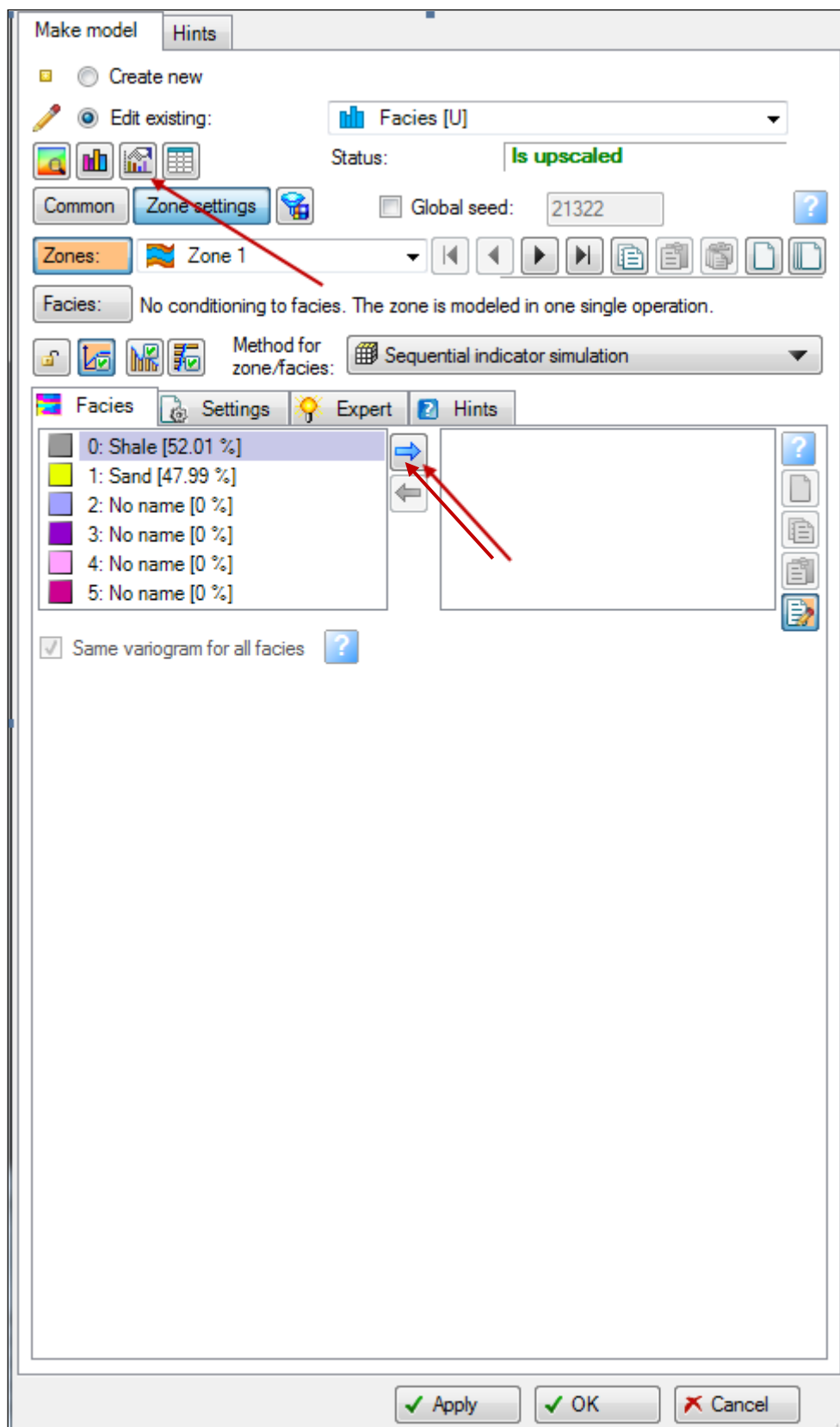




Рис.13.9.

После проделанных действий, нажмите на иконку  (**Show data analysis dialog, рис.13.9**).

Активируйте режим **Use upscaled**, выделив иконку , выберите **Zone 1** в поле **Zones** и нажмите на иконку  (**рис.13.10**).

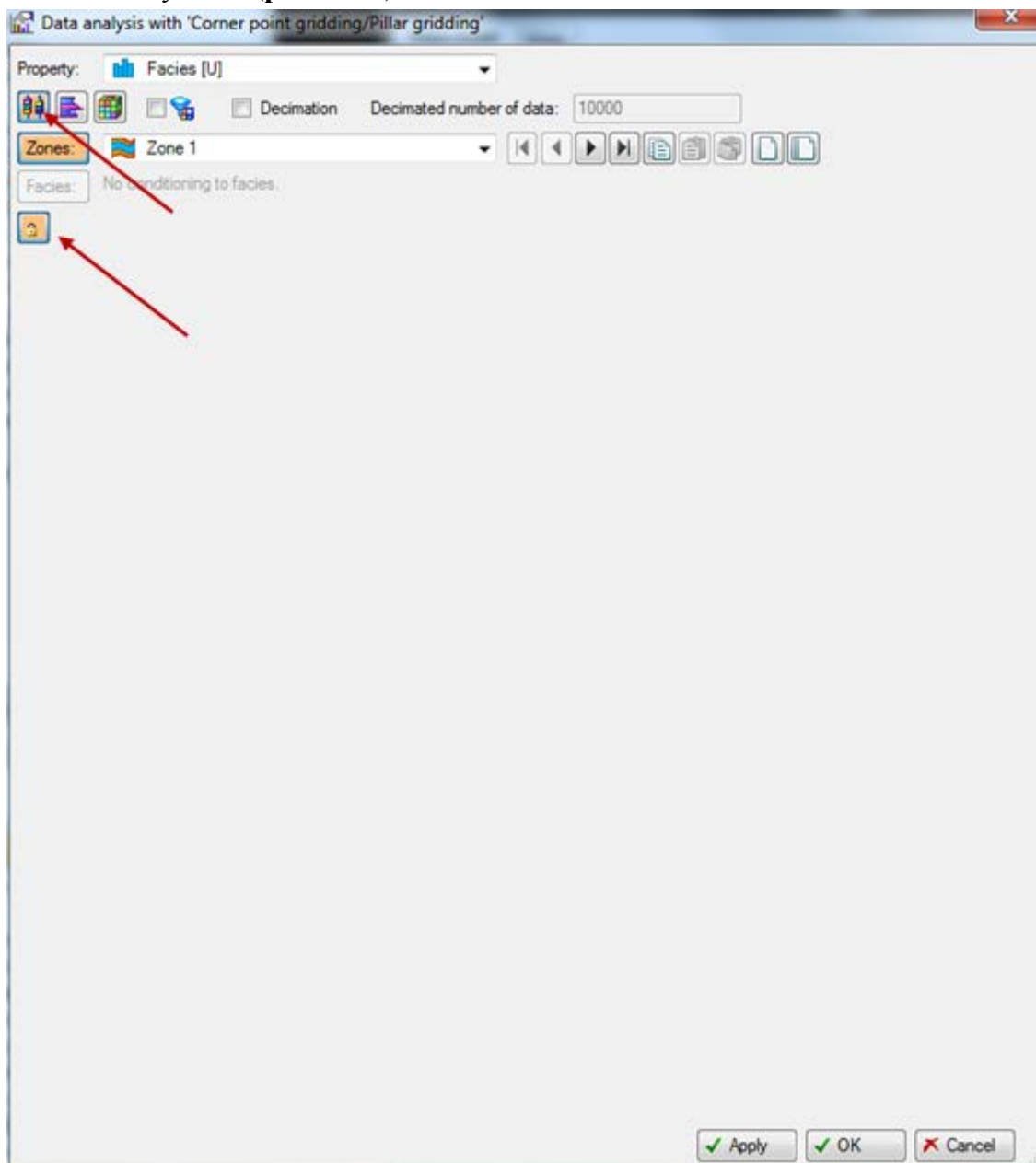


Рис.13.10.

Как и в предыдущем случае, раскроется меню (**рис.13.11**), в котором предоставляется возможность использовать вероятностные механизмы построения фильтрационно-емкостных и петрофизических свойств геологической модели (совместно с методом интерполяции, которые были выбраны в окне, соответствующем **рис.13.9**). Используйте различные варианты корреляции скважин, используя режимы, показанные на **рис.13.11** красными стрелками. Каждый слой характеризует долю каждой фации в нем. Узлы кривой можно перемещать, удерживая левую кнопку мыши. Редактирование кривой позволит изменить долю песчаника в том или ином слое 3D сетки. Нажмите **ОК**.

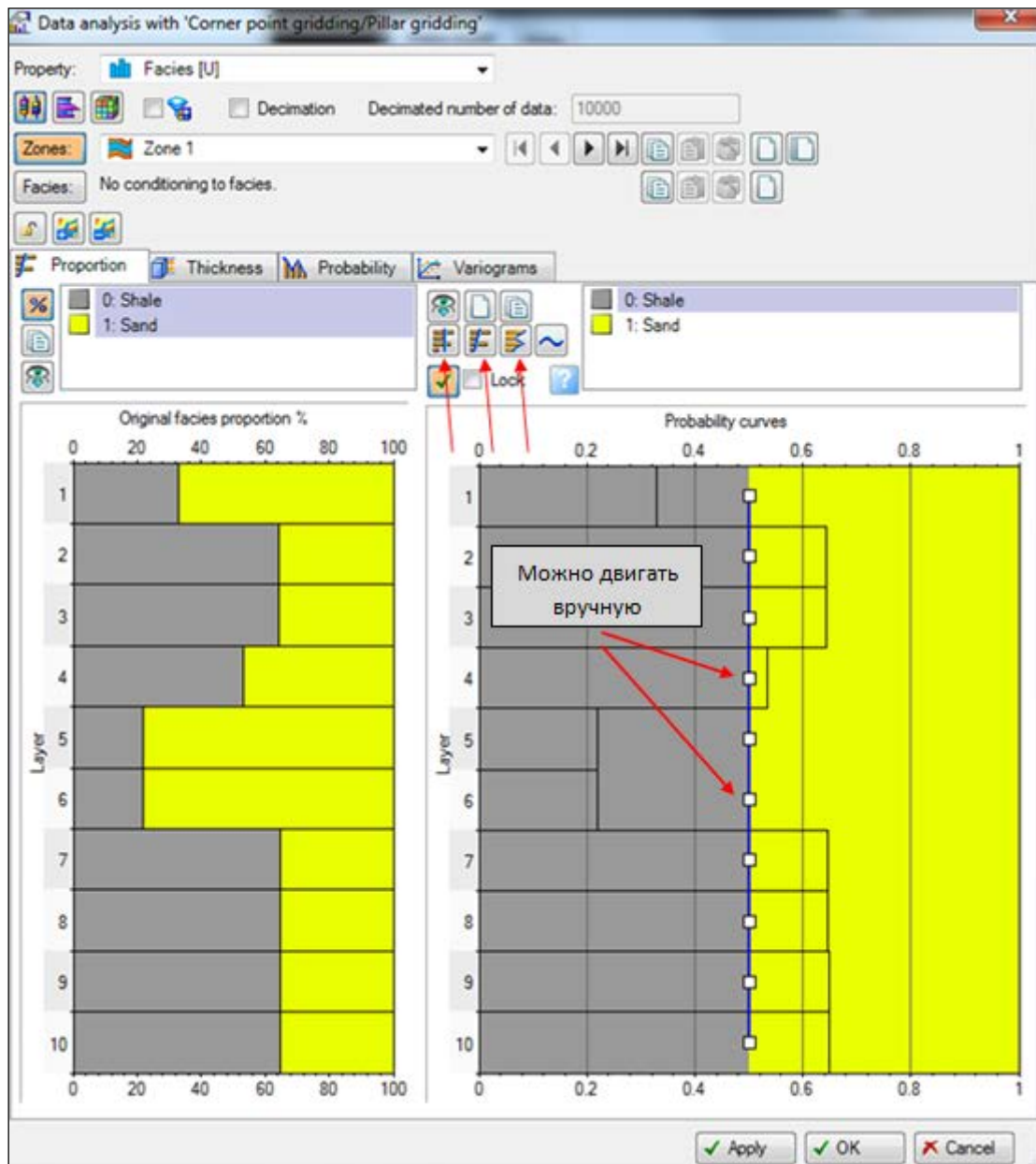


Рис.13.11.

Нажмите **ОК**. Вы снова оказались в диалоговом окне, как на **рис.13.9**. В поле **Zones** выберите **Zone 2** и повторите описанную процедуру. Нажмите **ОК**. Итак, фаціальная модель **Facies(U)** построена. Отобразите данную модель в 3D окне (**рис.13.12**).

Рекомендуется построить различные варианты фаціальных моделей, используя разные методы интерполяции (**Method for zone /facies, рис.13.9**) и режимы, указанные стрелками на **рис.13.11**.

Сохраните проект.

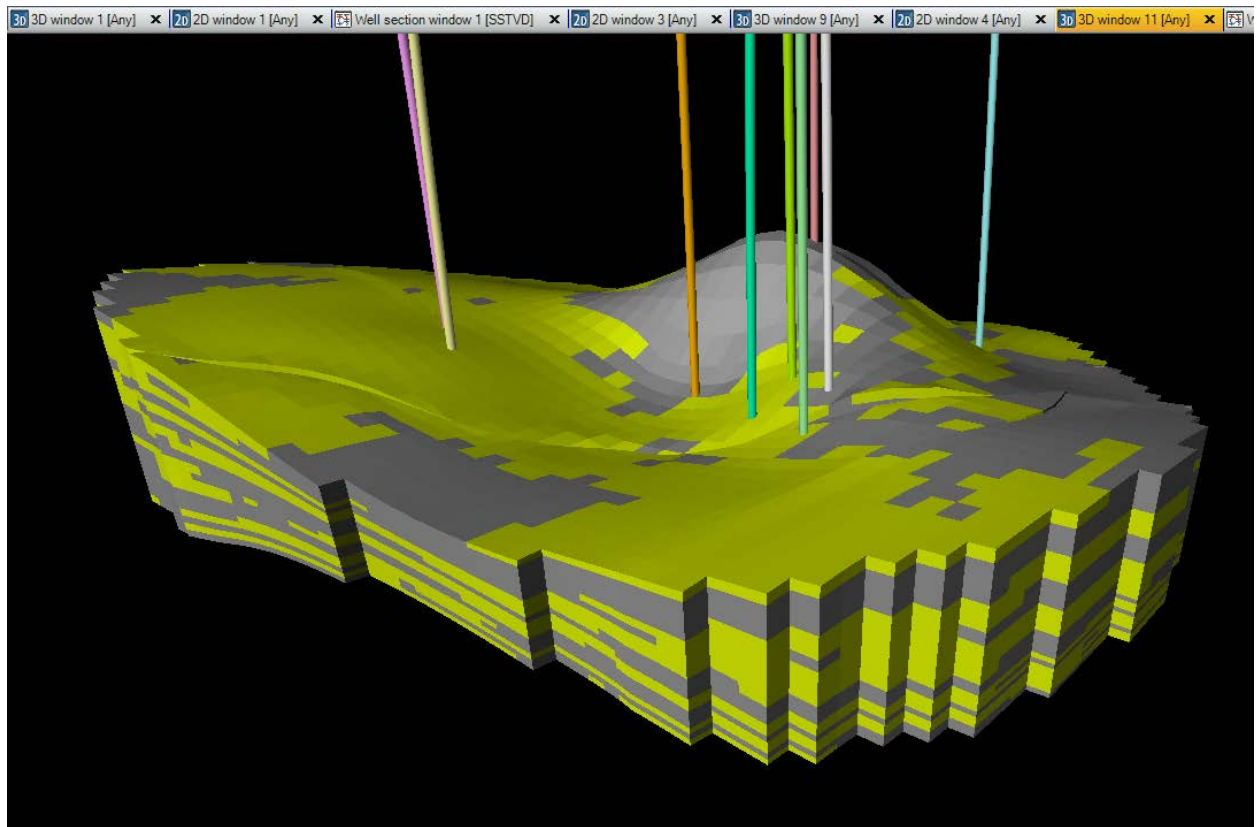


Рис.13.12.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) На основании чего строится модель фаций?
- 2) Для чего используется процесс **Scale up well logs**?
- 3) Какой процесс используется для построения фациальной модели?
- 4) Назовите методы интерполяции, которые применяются для построения модели?
- 5) Какие существуют инструменты при работе с процессом **Facies modeling** для варьирования доли каждой из фации в каждом слое?

14. НАСТРОЙКА ШАБЛОНОВ ОТОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОКНА WELL SECTION

Для работы в данном упражнении откройте проект, сохраненный после предыдущего упражнения.

В межскважинном пространстве окна **Well section** можно отобразить разрез какого-либо свойства 3D сетки для более удобной корреляции скважин. Основное удобство использования шаблонов изображения заключается в том, что один раз создав правило, по которому данные будут отображаться в окнах визуализации, данный шаблон можно применять ко всем окнам, принадлежащих к типу (Well section, 2D, 3D и т.д.), для которого этот шаблон был создан.

Откройте окно **Well section** и отобразите все скважины, фациальные колонки из вкладки **Global well logs** и **Facies(U)** из модели **Corner point gridding**, которая расположена на панели **Models**.

В правом верхнем угле окна Petrel указан шаблон отображения **Well section** **template 2** (рис.14.1).

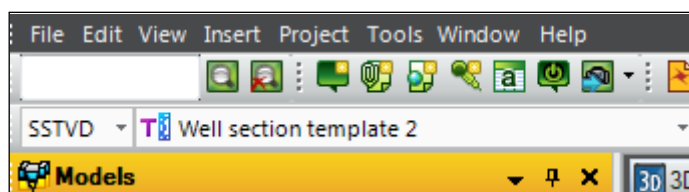


Рис.14.1.

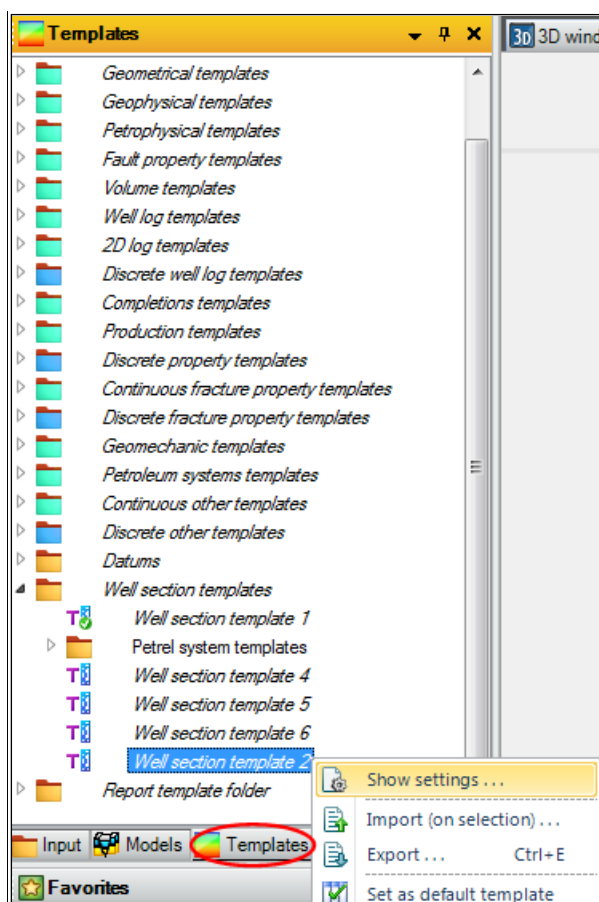



Рис.14.2.

Перейдите на панель **Templates**, щелкните правой клавишей мыши по **Well section template 2** и выберите **Show settings** (рис.14.2).

Перейдя на вкладку **Well section template** данного диалогового окна, выделите режим **Background**, нажмите на иконку  и выберите **Property** (рис.14.3).

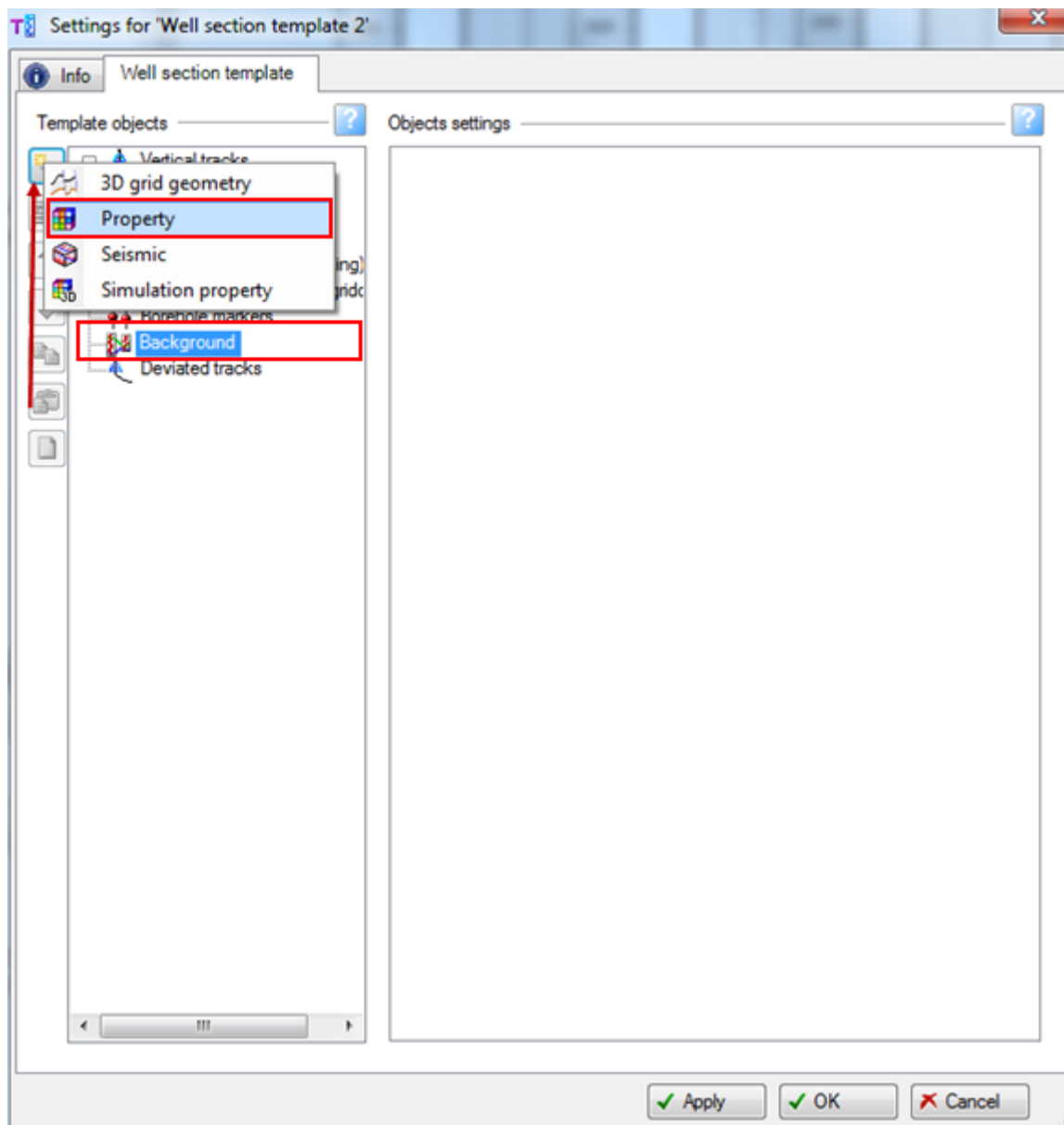


Рис.14.3.

В данном окне раскроется новое меню (рис.14.4). Перейдите на вкладку **Definition**. В поле **Templates** выберите **Facies**, а в поле **Grids** выберите **Pillar gridding**, т.к. фациальная модель была создана именно на данной сетке. В поле **Local grid sets** выберите **Facies**, тем самым разрез сетки между скважин будет создан только для фаций. Как видно, подходящее свойство подставилось автоматически. Нажмите **OK**.

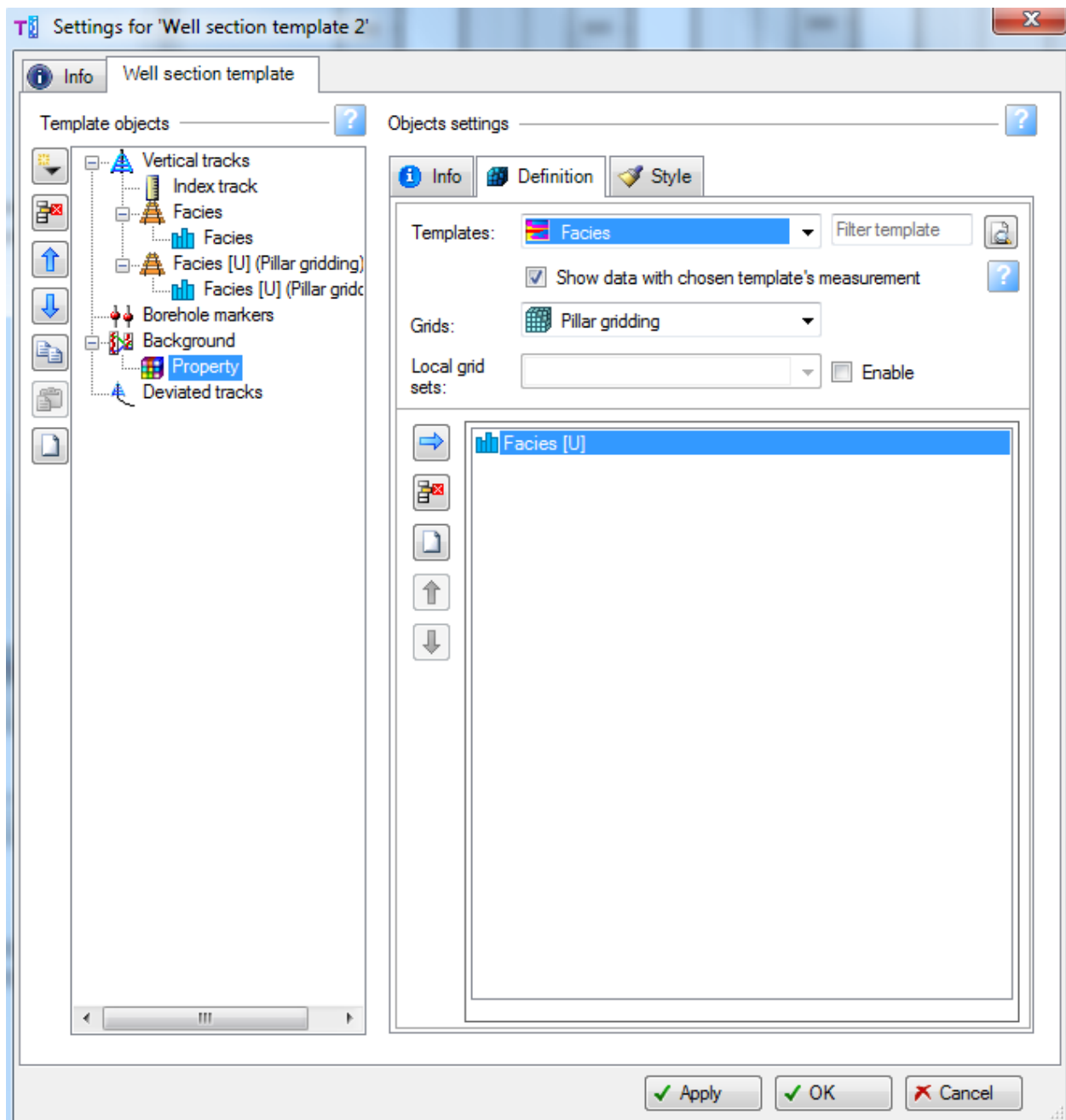


Рис.14.4.

Как видно по **рис.14.5**, после редактирования шаблона отображения, в окне **Well section window** отобразился разрез в межскважинном пространстве для свойства типа фаций. Теперь при открытии нескольких окон, можно использовать один шаблон, максимально удобный для пользователя. Шаблон можно выбрать из списка, который расположен в левом верхнем окне Petrel (**рис.14.1**).

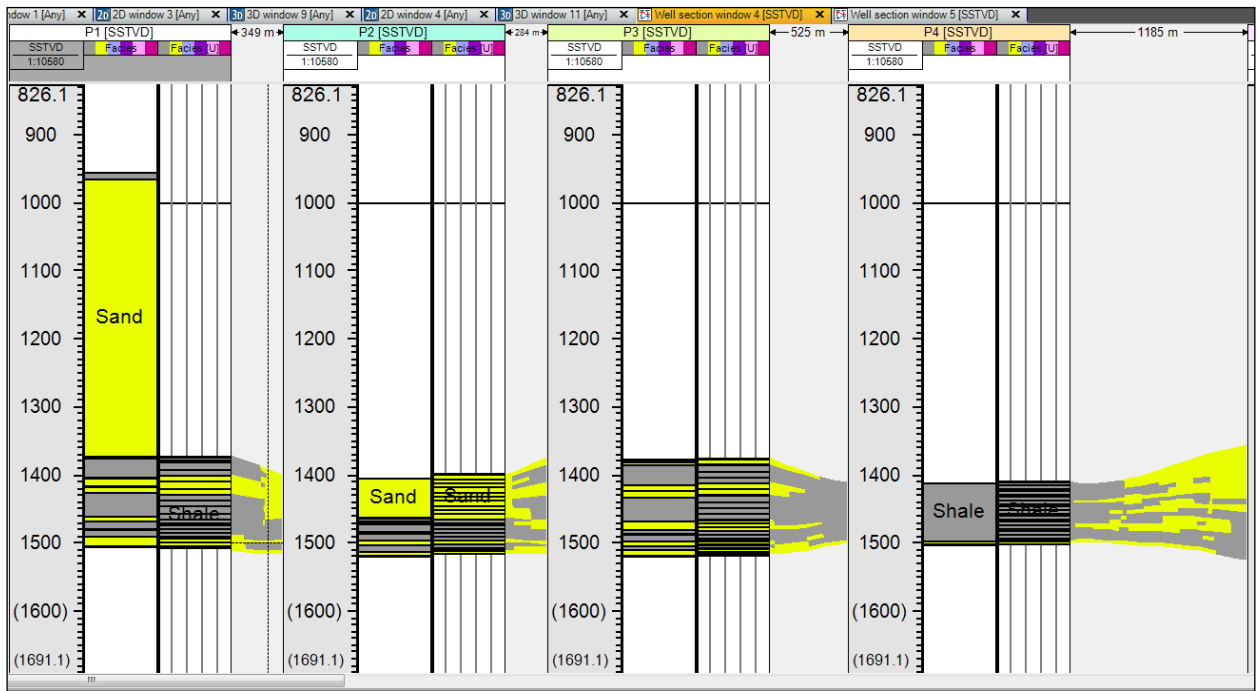


Рис.14.5.

Сохраните проект.

15. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПОРИСТОСТИ. ПРОЦЕСС PETROPHYSICAL MODELING

Для работы в данном упражнении **рекомендуется** открыть проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC>Property modeling > Property modeling.pet**.

Алгоритм построения модели пористости будет во многом повторять алгоритм построения фациальной модели.

В первую очередь, необходимо спроецировать каротажные кривые **КР** (напомним, что именно они характеризуют пористость) сетку. В данном упражнении, как и в предыдущем, будет использоваться модель **Corner point gridding** и сетку **Pillar Gridding**. Нажмите на данную сетку, выделив ее жирным шрифтом. Модель пористости будет сохранена в данную модель.

Откройте процесс **Scale up well logs** из вкладки **Property modeling** на панели **Processes** (рис.15.1). Выберите **Create new**, тем самым создавая новое поле в модели **Corner point gridding**. В поле **Input** выберите **Well logs**, таким образом, модель пористости будет построена на основе каротажных данных; в поле **Select** выберите **КР** (каротажные кривые пористости **КР**). Нажмите **OK**.

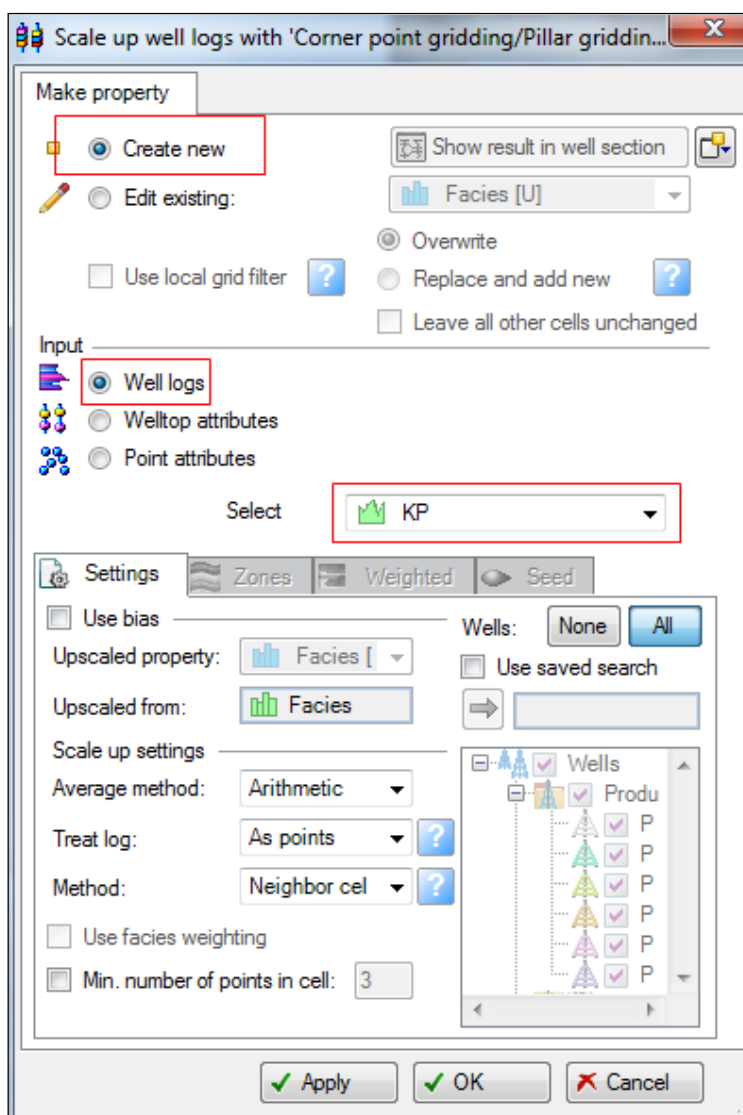


Рис.15.1.

«Отображенные» на скважины каротажные кривые **KP(U)** отобразились на вкладке **Properties** модели **Corner point gridding** (рис.15.2).

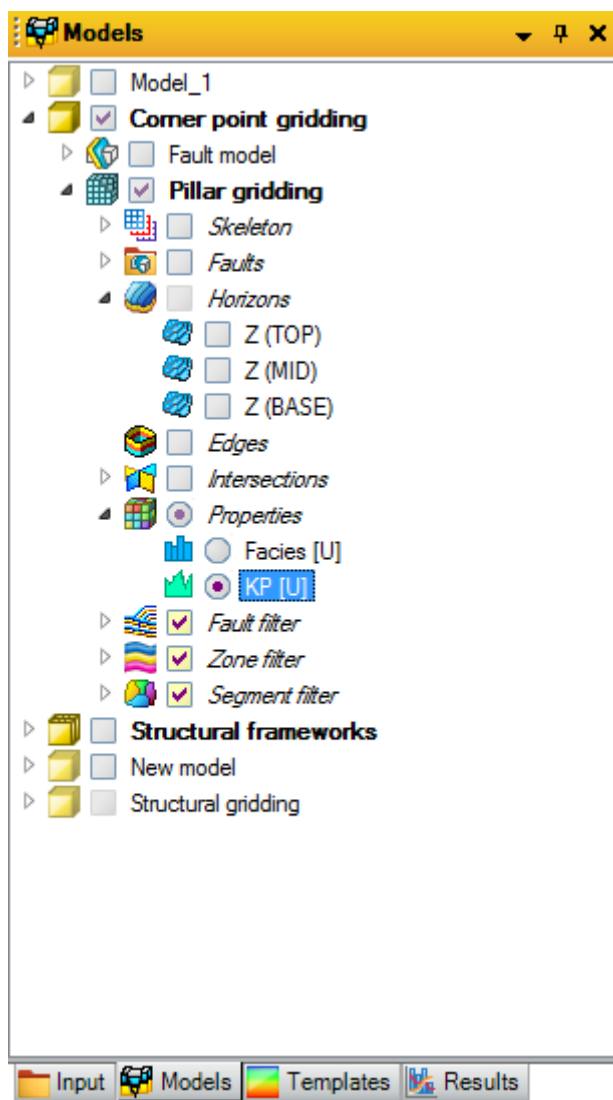



Рис.15.2.

В 3D окне отобразите все скважины и **KP(U)** из модели **Corner point gridding** (рис.15.3). Как можно заметить, каротажные кривые, как и в случае с фациальными характеристиками, «легли» на сетку вдоль каждой из скважин.

Отредактируйте цветовую схему изображения. Для этого нажмите правой клавишей мыши на **KP(U)** и выберите **Edit global color table**. В открывшемся диалоговом окне (рис.15.4) можно откалибровать цветовую схему по максимальному и минимальному значению пористости, нажав на стрелочки около **Min** и **Max**. Нажмите ОК. Чтобы сама цветовая палитра была отображена в 3D окне, нажмите на иконку  .

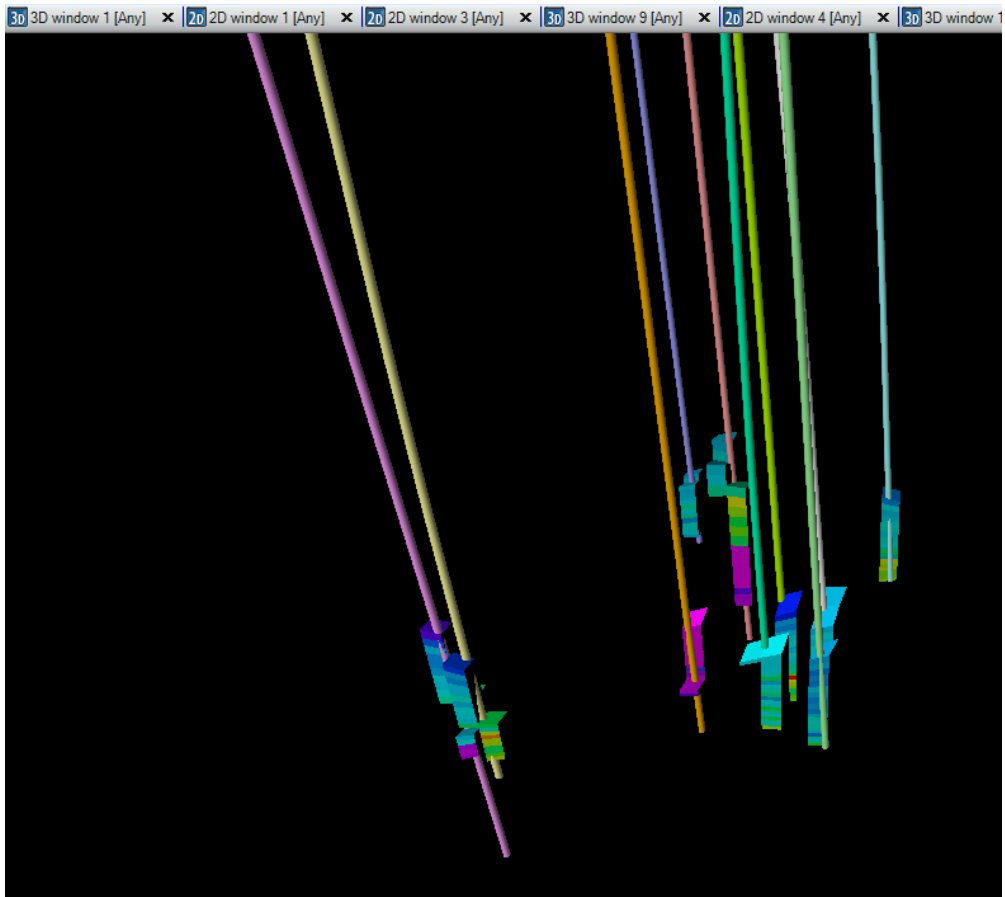


Рис.15.3.

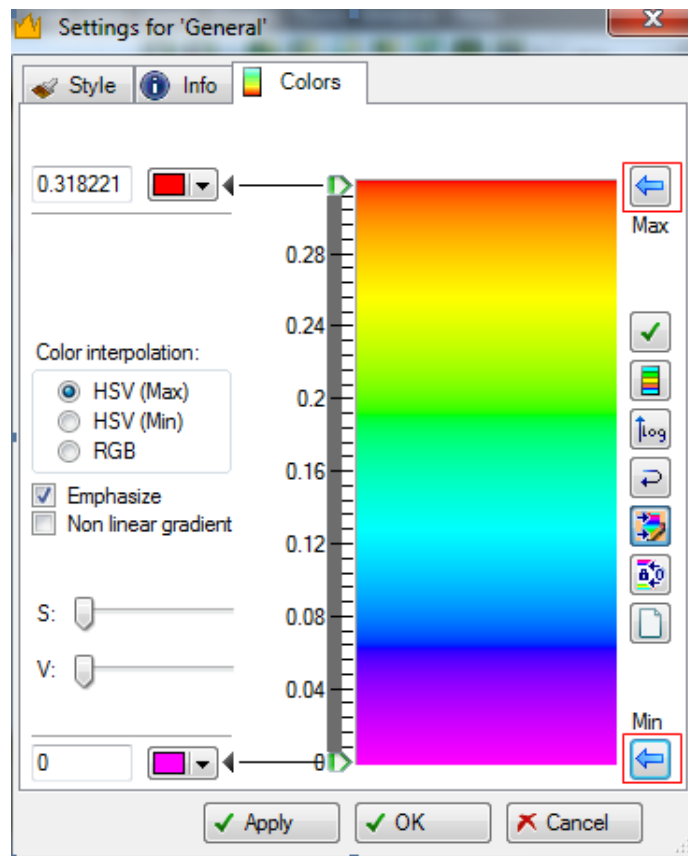


Рис.15.4.

Далее откройте процесс **Petrophysical modeling**, который расположен на вкладке **Property modeling** панели **Processes** (рис.15.5).

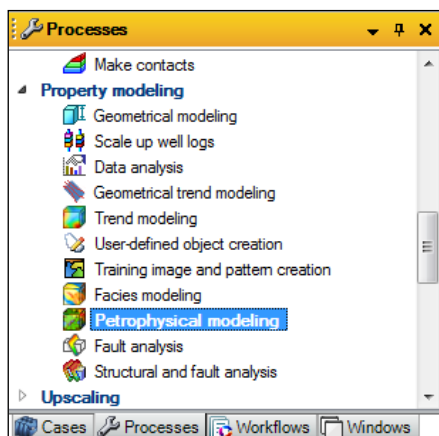



Рис.15.5.

Откроется новое диалоговое окно (рис.15.6). Выберите **Create new** и оставьте значение по умолчанию **Porosity**. В поле **Zones** выберите **Zone 1** и нажмите на иконку .

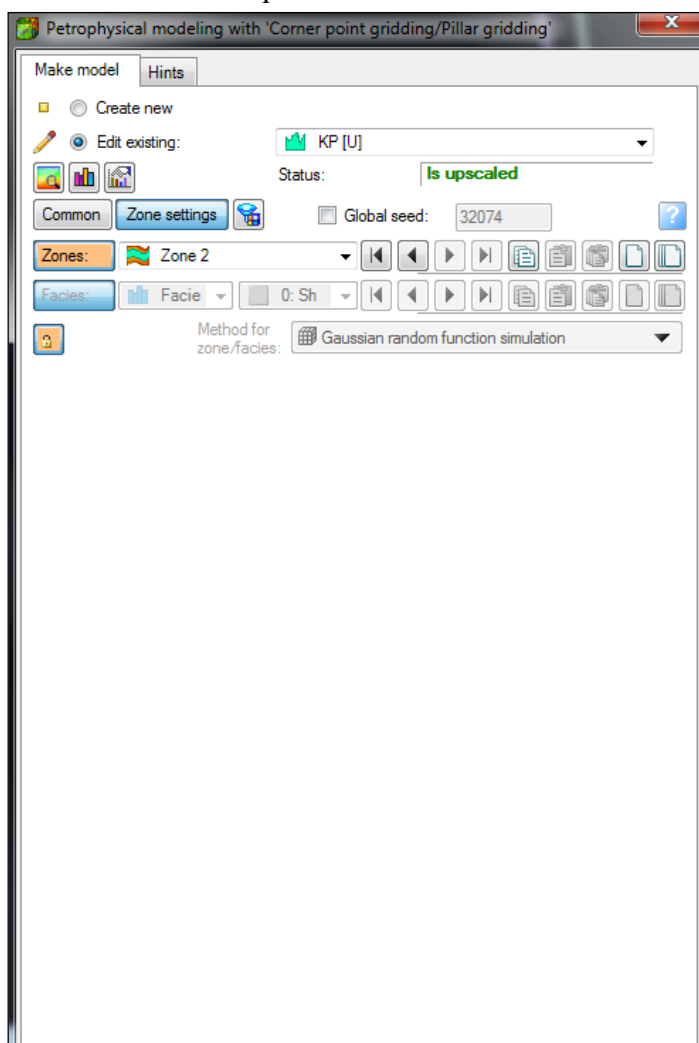


Рис.15.6.

Нажмите на иконку **Facies** (рис.15.7) и проконтролируйте, правильно ли откалибрована фациальная модель по принципу «проницаемый-непроницаемый коллектор» - **0: Shale, 1:**

Sand. В поле **Method zone/facies** выберите **Gaussian random function simulation**. На вкладках **Variogram**, **Distribution**, **Trends** задаются различные параметры вероятностных схем интерполяции значений коротажных кривых. Подробно в данном упражнении их касаться не будем.

Повторите данные операции для второй зоны, выбирая в поле **Zones** - **Zone 2**.

После выполненной процедуры, нажмите **OK**.

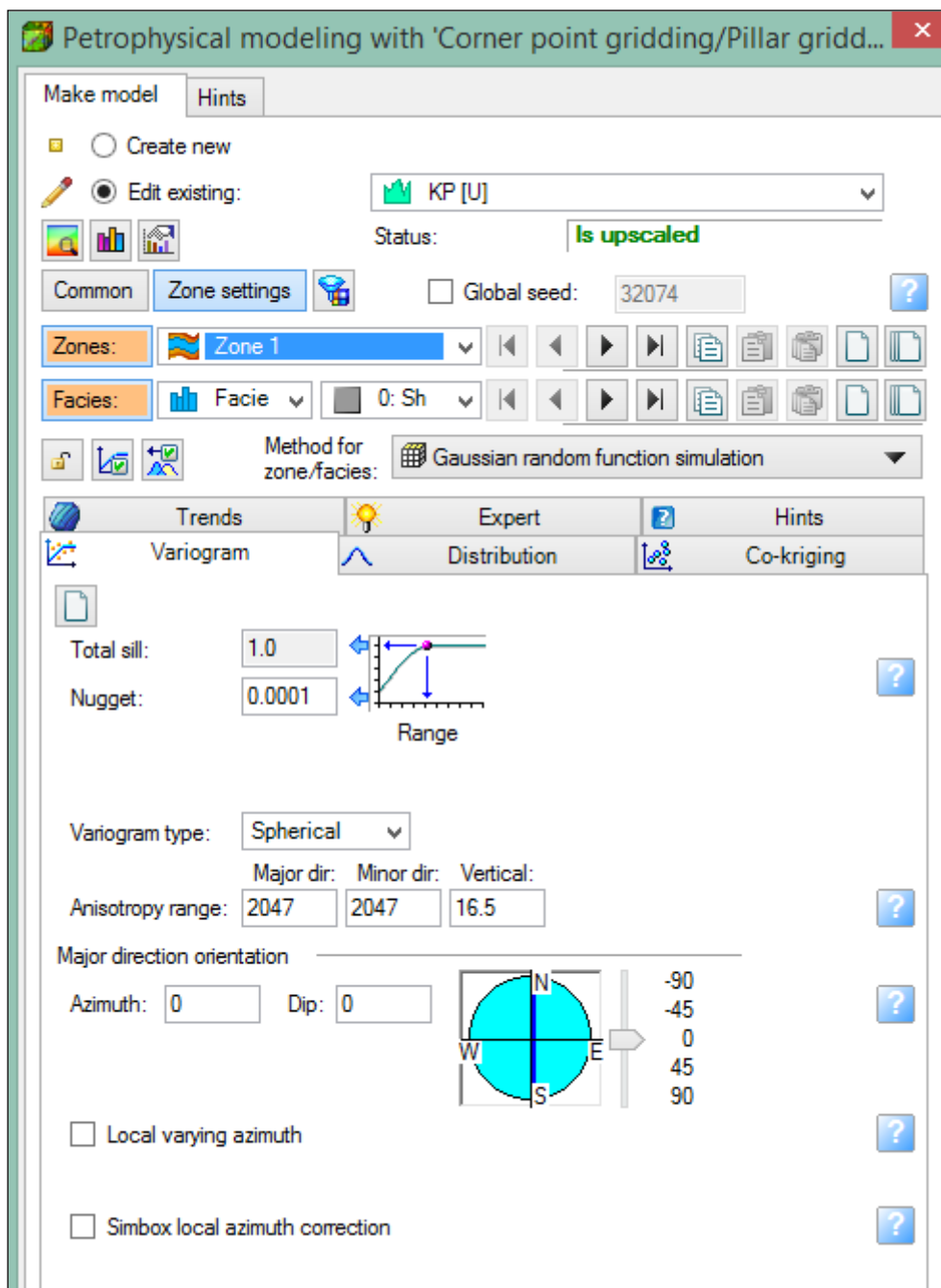


Рис.15.7.

Итак, модель пористости отобразилась на вкладке **Properties** модели **Corner point gridding**. Отобразите модель пористости и все скважины в 3D окне (рис.15.8).

Для того, что на модели были показаны линии сетки («Grid lines»), как на рис.15.8, нажмите правой клавишей мыши на **Properties** (внутри модели **Corner point gridding**), перейдите на

вкладку **Style** (рис.15.9) и поставьте галочку в окошках около **Grid** и **Solids**. Ширину и цвет линий можете изменить по своему усмотрению. Нажмите **ОК**.

Затем нажмите правой клавишей по **KP(U)**, выберите **Show settings** и изучите остальные свойства модели, перейдя на вкладки **Statistics** и **Hisrogram**.

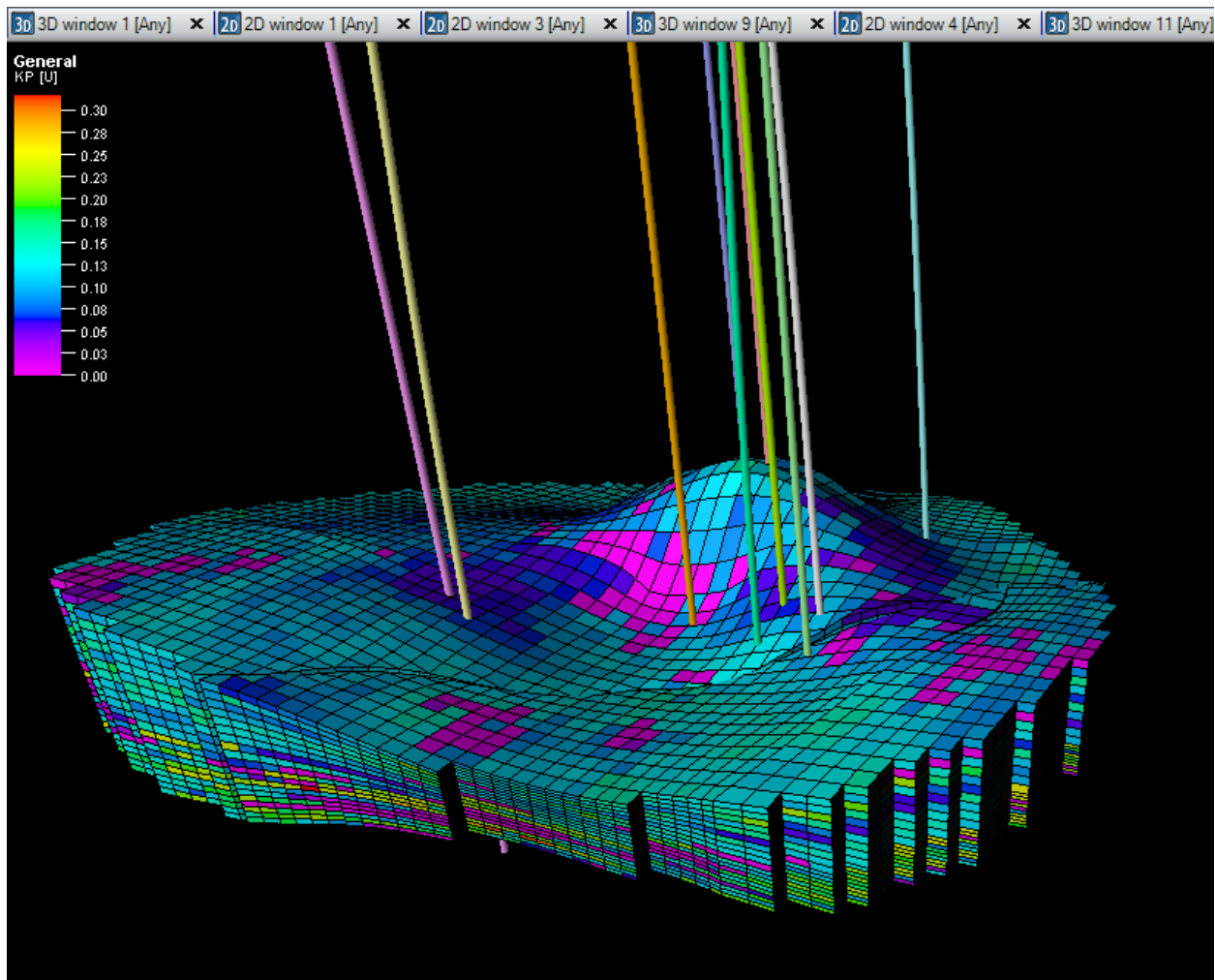


Рис.15.8.

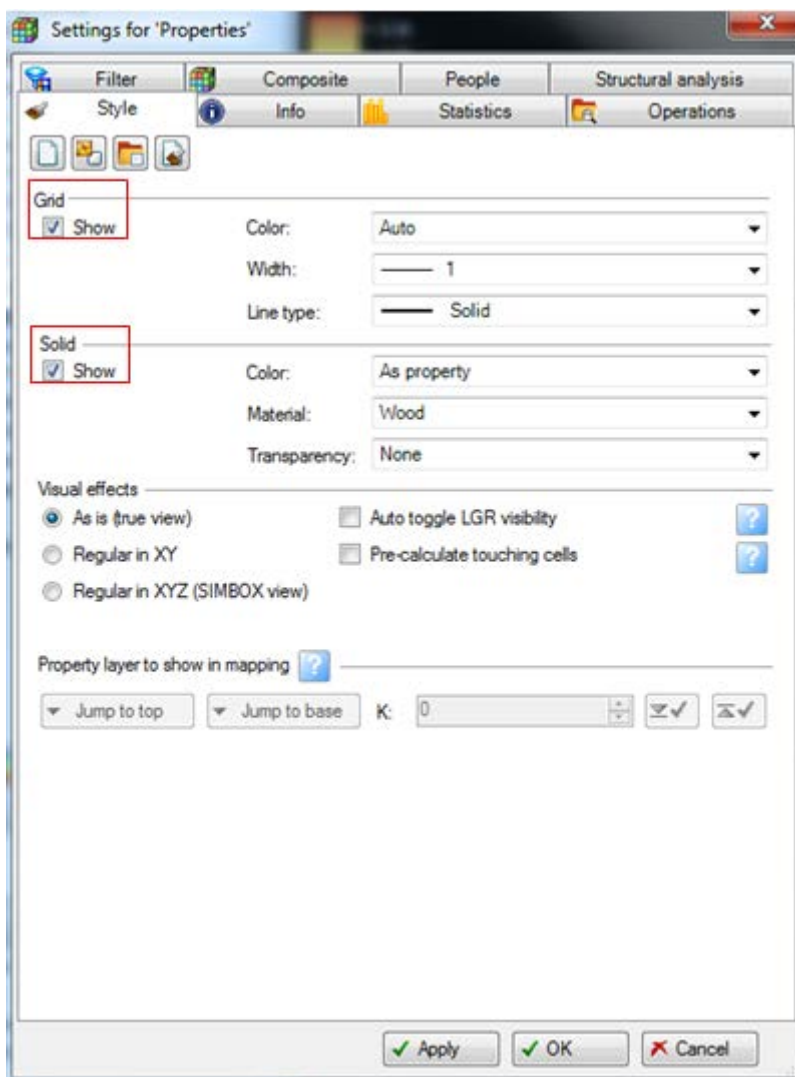


Рис.15.9.

Рекомендуется построить фаціальную модель и модель пористости для моделей «Model 1» и «Structural gridding».

После того, как построена модель одного из свойств геологических недр, актуальной задачей является узнать численное значение свойства каждой ячейки. Для этого перейдите на вкладку **View** и выберите **Time player toolbar**.

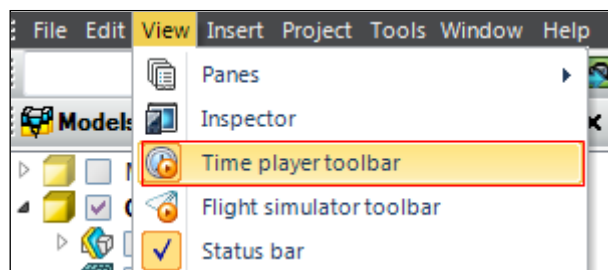



Рис.15.10.

В нижней правой части окна **Petrel** появится ряд цифр (**рис.15.11**). Перейдите в режим

Select/Pick mode, нажав на . Нажмите левой клавишей мыши на одну из ячеек модели и, пользуясь цифрами, узнайте ее координату (абсолютную в метрах), значение свойства, глубину и порядковый номер ячейки.

Selected property: KP Cell: (43 34 1) Value: 0.14 Type: Continuous Volume: 67317.5 m3 x: 41343.80 m y: 17823.82 m Depth: -1407.86 m

Рис.15.11.

Откройте окно отображения **Well section window** и отобразите в нем скважины и **KP(U)** из модели **Corner point gridding**. Как и в упражнении 14, отобразите разрез, создавая новый шаблон отображения. В данном упражнении используется шаблон **Well section template 3**. Чтобы узнать, какой из вариантов используется в Вашем проекте, посмотрите в левый верхний угол окна Petrel (см. **рис.14.1**). Перейдите на панель **Templates**, нажмите правой клавишей на **Well section template 3** и выберите **Show settings**. Прделайте ту же процедуру, что и в упражнении 14, только в поле **Templates** выберите **General** (**рис.15.12**). Нажмите **ОК**. Итак, разрез построен (**рис.15.13**).

Сохраните проект.

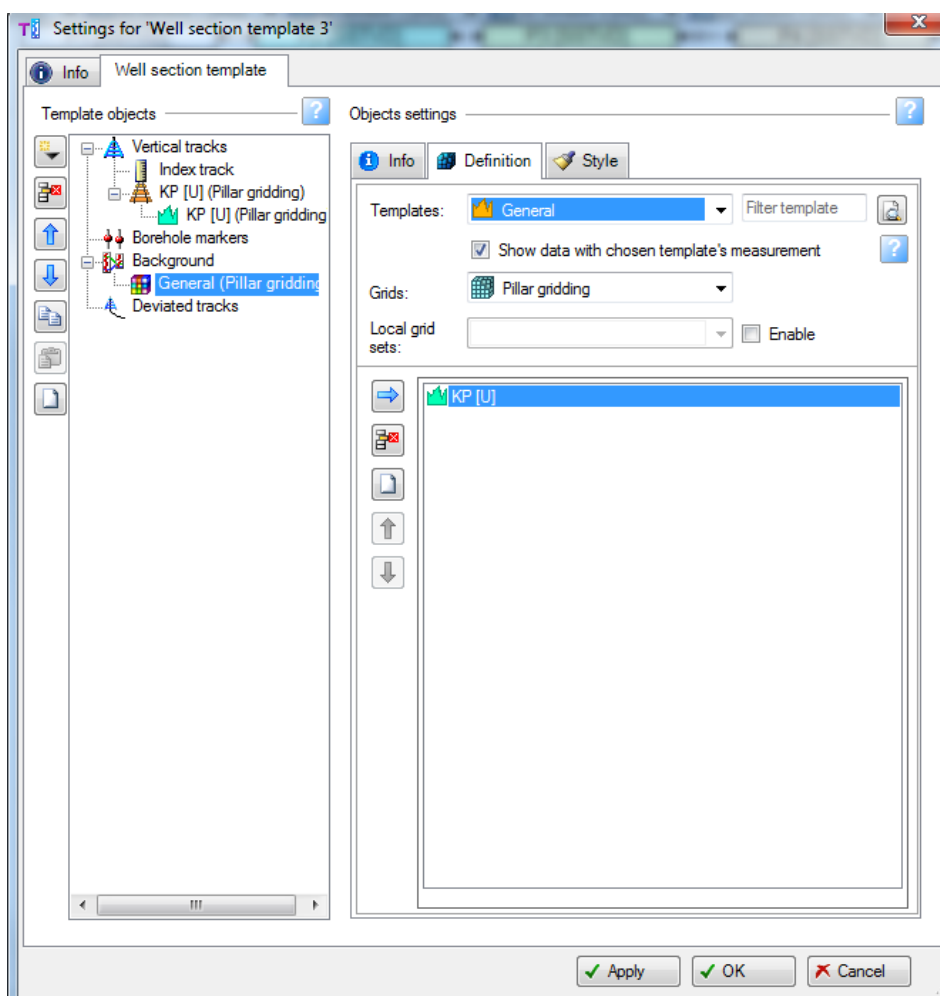


Рис.15.12.

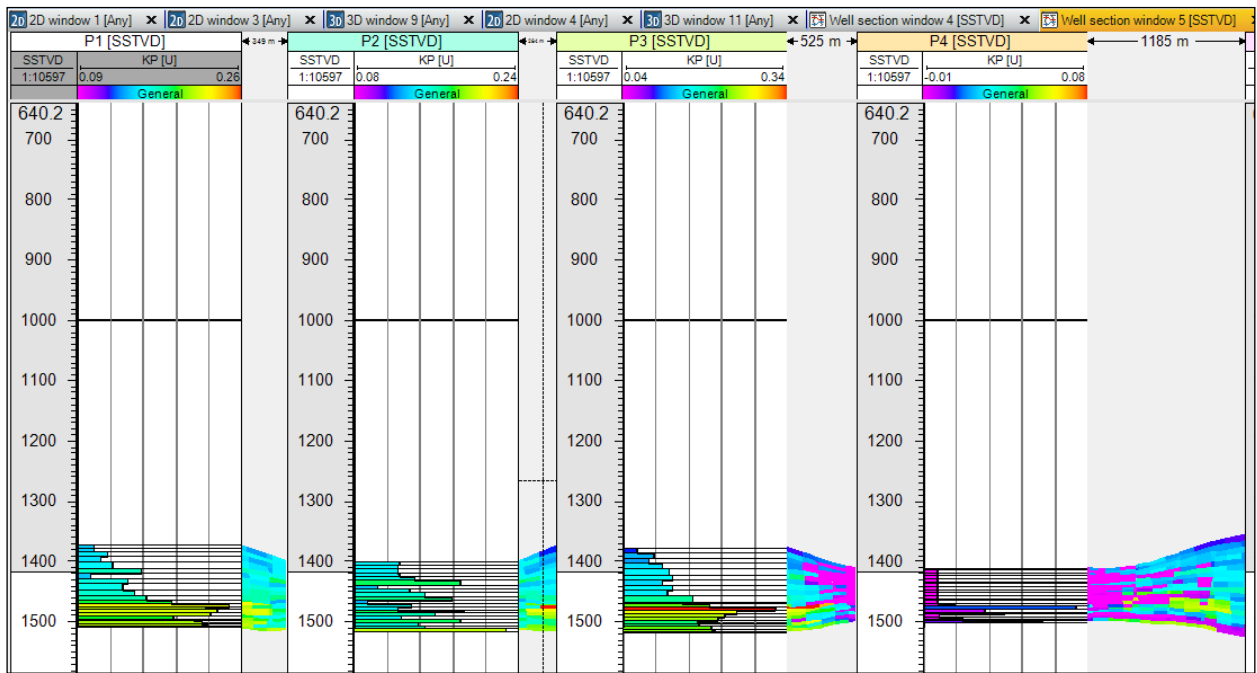


Рис.15.13.

16. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ АБСОЛЮТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

Следующим этапом при реконструкции цифровой модели месторождения является построение поля абсолютной проницаемости.

Для работы в данном упражнении **рекомендуется** открыть проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Permeability modeling > Permeability modeling.pet**.

Технология и порядок действий практически полностью повторяет те, что выполнялись при построении модели фаций и пористости.

1) Выделите модель **Corner point gridding**, сделав ее "жирной", таким образом модель пористости будет строиться с использованием сетки **Pillar gridding**;

2) "Спроецируйте" каротажные кривые **KPerm** на узлы сетки, которые совпадают со скважинами. Для этого используется процесс **Scale up well logs**. Отличие для данного упражнения заключается лишь в том, что при работе с диалоговым окном **Scale up well logs** в поле **Select** нужно выбрать **KPerm** (см. **рис.15.1**)

3) Откройте процесс **Petrophysical modeling** и повторите процедуры, которые были описаны при построении модели пористости.

4) Откалибруйте цветовую схему отображения по минимальному и максимальному значению проницаемости (см. **рис.15.4**).

5) Используя шаблоны отображения для окна типа **Well section**, создайте разрез поля проницаемости между скважинами так, как это было сделано в предыдущем упражнении.

Модель проницаемости и разрез показаны на **рис.16.1** и **рис.16.2**.

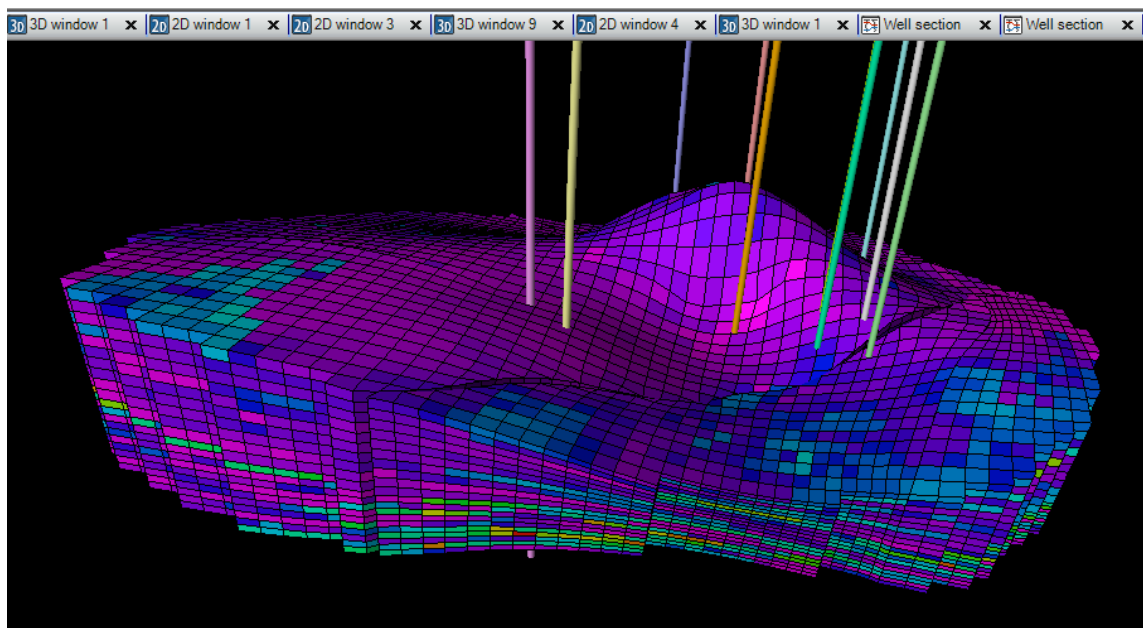


Рис.16.1.

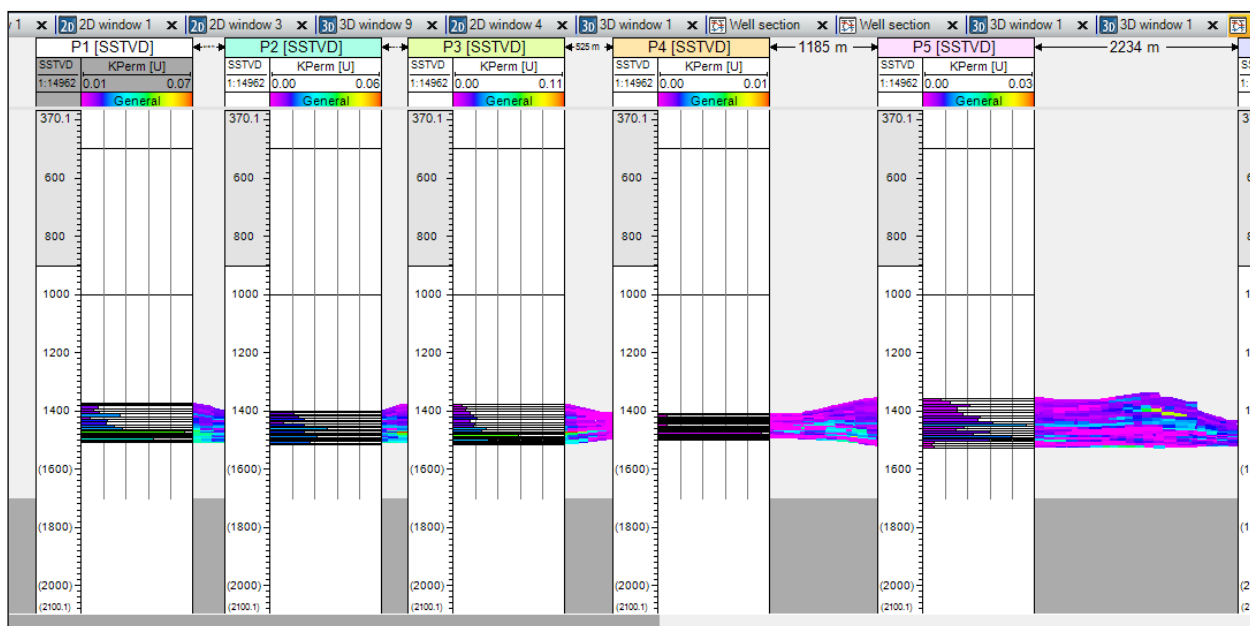


Рис.16.2.

Рекомендуется построить поле проницаемости для моделей «Model 1» и «Structural gridding».

Сохраните проект.




ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ (к упражнениям 14, 15 и 16)

- 1) Какие входные данные используются для создания модели пористости и проницаемости?
- 2) Что нужно сделать, чтобы модель пористости или проницаемости строилась на основе необходимой Вам сетки?
- 3) Для чего применяется процесс **Scale up well logs**? На какой панели и вкладке он расположен?
- 4) Опишите процедуру создания модели пористости и проницаемости, используя процесс **Petrophysical modeling**?
- 5) Какую основную функцию выполняет **Time player toolbar**?
- 6) Опишите последовательность действий для создания шаблона изображения, которое применяется для окон **Well section window**, на котором показан разрез пористости и проницаемости в межскважинном пространстве?
- 7) Постройте график равновероятного, нормального и логнормального распределения пористости в геологической модели.
- 8) Придумайте функциональную зависимость проницаемость от пористости и значения фации.

17. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ I, J И K ФИЛЬТРОВ В 3D ОКНЕ. ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ В РАЗРЕЗЕ

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Intersection_EXC > Intersection_EXC.pet.** или работайте в проекте, который был сохранен в предыдущем упражнении.

В Petrel существуют фильтры, которые можно использовать при отображении 3D свойств. Отобразите какую-нибудь из свойств построенных моделей в 3D окне (например **KPerm** модели **Corner point gridding**). В правой части окна Petrel расположены инструменты для фильтрации изображения по плоскостям (или срезам). Основные из иконок, отвечающие за

данные операции выглядят следующим образом: , , . Нажав, например, на первую, создается срез вдоль оси X. Это значит, что координата X фиксируется, остается плоскость YZ, являющаяся срезом модели вдоль направления X. (рис.17.1).

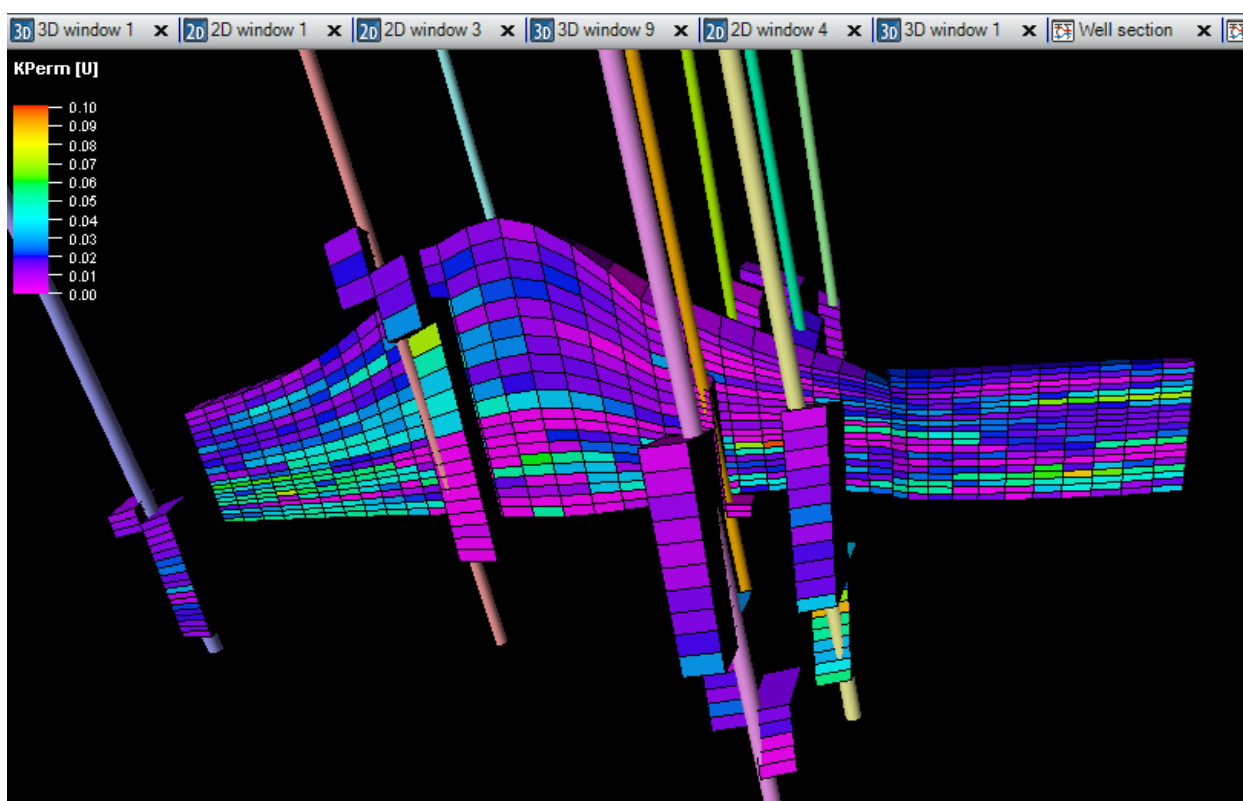


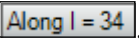


Рис.17.1.

Данный срез можно перемещать "вперед-назад", используя иконки  и . Включив **Time player toolbar** (см.рис.15.10), можно узнать номер текущего среза, по информационной иконке, расположенной в нижнем правом углу окна Petrel. Например, . Поупражняйтесь самостоятельно при работе со срезами в других направлениях.

Далее отобразим выбранный срез в новом двумерном окне.

Откройте новое 3D окно и постройте в нем поле проницаемости. **Отключите все фильтры.** Нажмите правой клавишей по вкладке **Intersections**, которая принадлежит модели **Corner Point Gridding** и выберите **Insert general intersections** (рис.17.2).

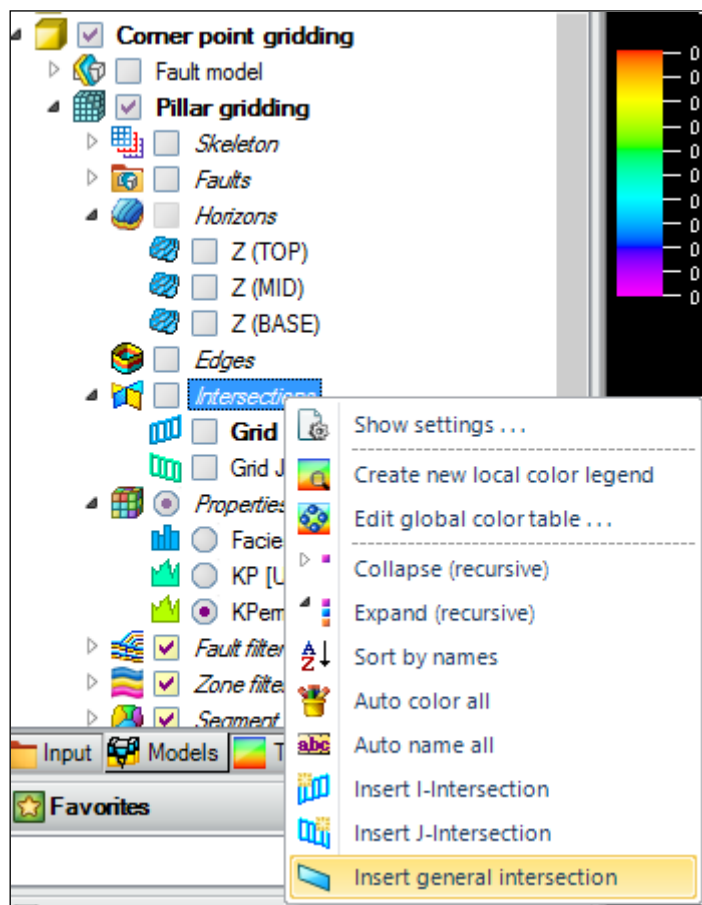


Рис.17.2.

В нижней части окна появились инструменты для работы с плоскостями (срезами, рис.17.3).

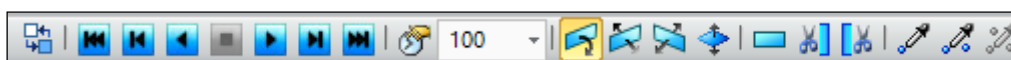




Рис.17.3.

Используйте иконки , чтобы "рассекать" модель по всем возможным направлениям, а иконки , чтобы вырезать, т.е. не отображать все то, что находится впереди или позади среза (рис.17.4). Для перемещения среза используйте кнопки плеера.

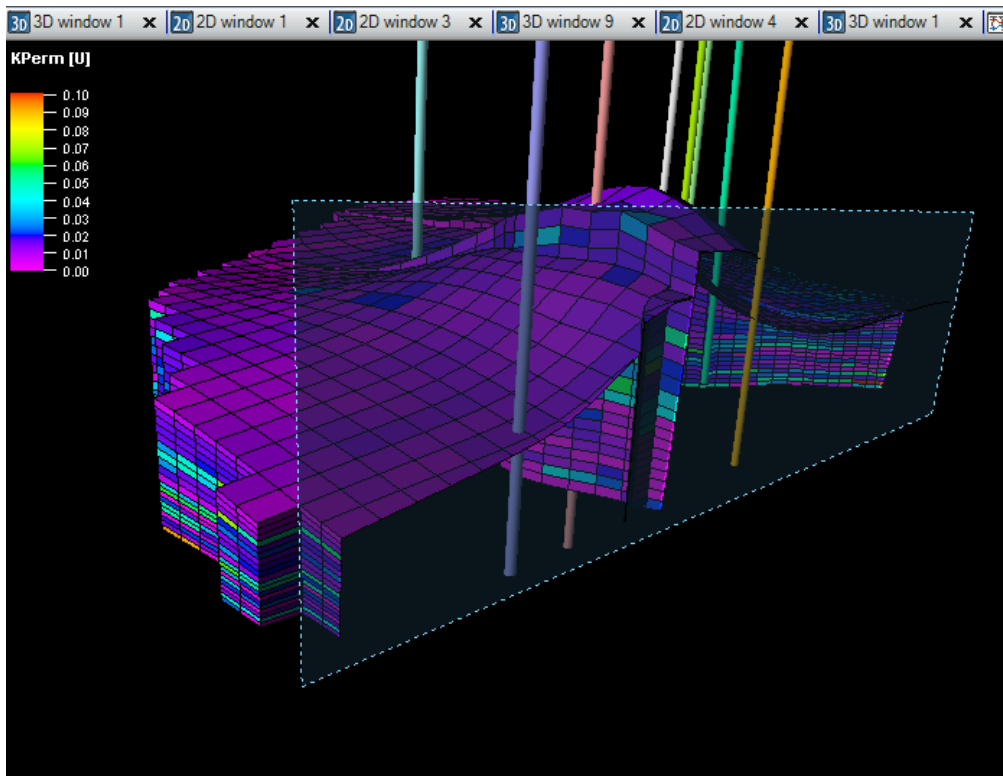



Рис.17.4.

Чтобы визуализировать данные на этом сечении, нажмите на иконку  (**Toogle visualization on plane**). Активировав данный режим, в данном сечении можно отобразить любое из свойств, построенных ранее - пористости, фаций или проницаемости. Эти модели на внутри вкладки **Properties** теперь имеют голубой квадратик (рис.17.5). Нажмите на кружочек любого из свойств, чтобы данные отобразились в сечении (рис.17.6).

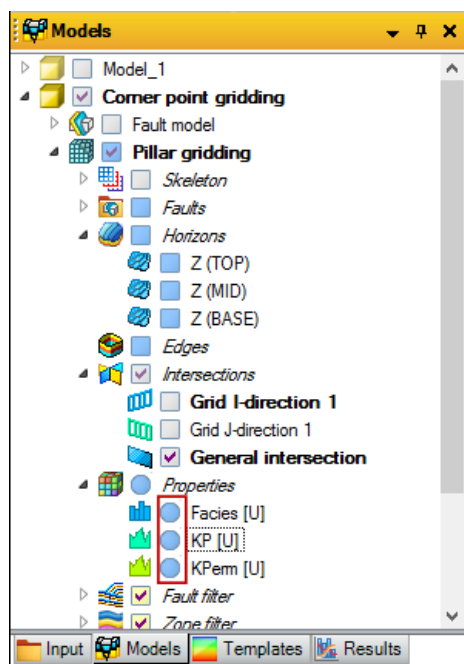


Рис.17.5.

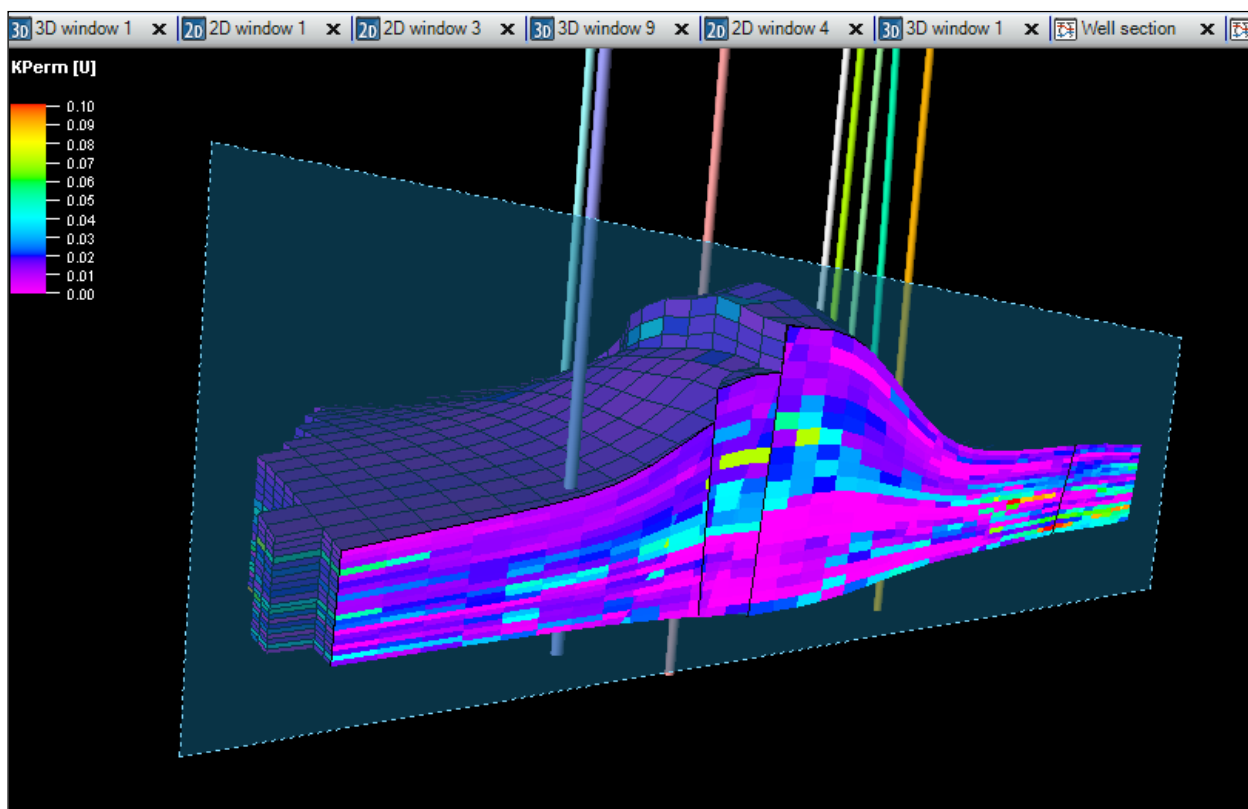


Рис.17.6.

Для отображения данного в срезе в двухмерном окне, нажмите правой клавишей по **General intersection** на вкладке **Intersections** и выберите **Create intersection window** (рис.17.7).

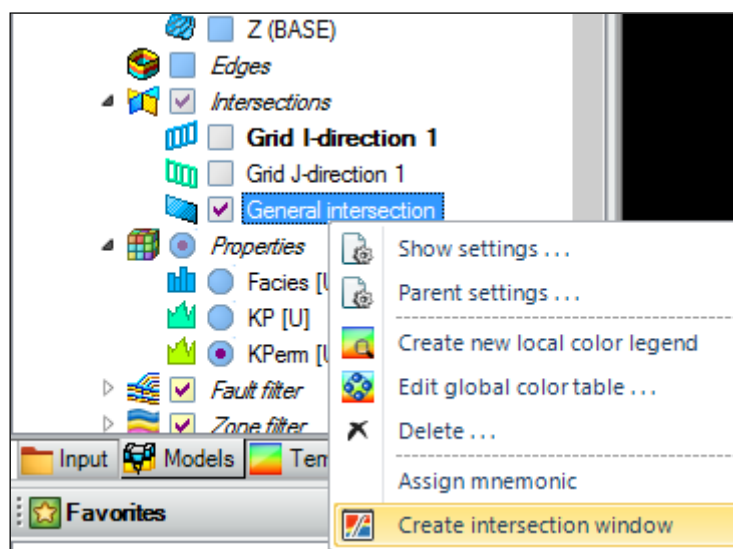


Рис.17.7.

Откроется новое окно визуализации. Для отображения в нем уже выбранного среза, нажмите на один из кружочков около моделей **Facies (U)**, **KP(U)** или **KPerm(U)** (рис.17.8).

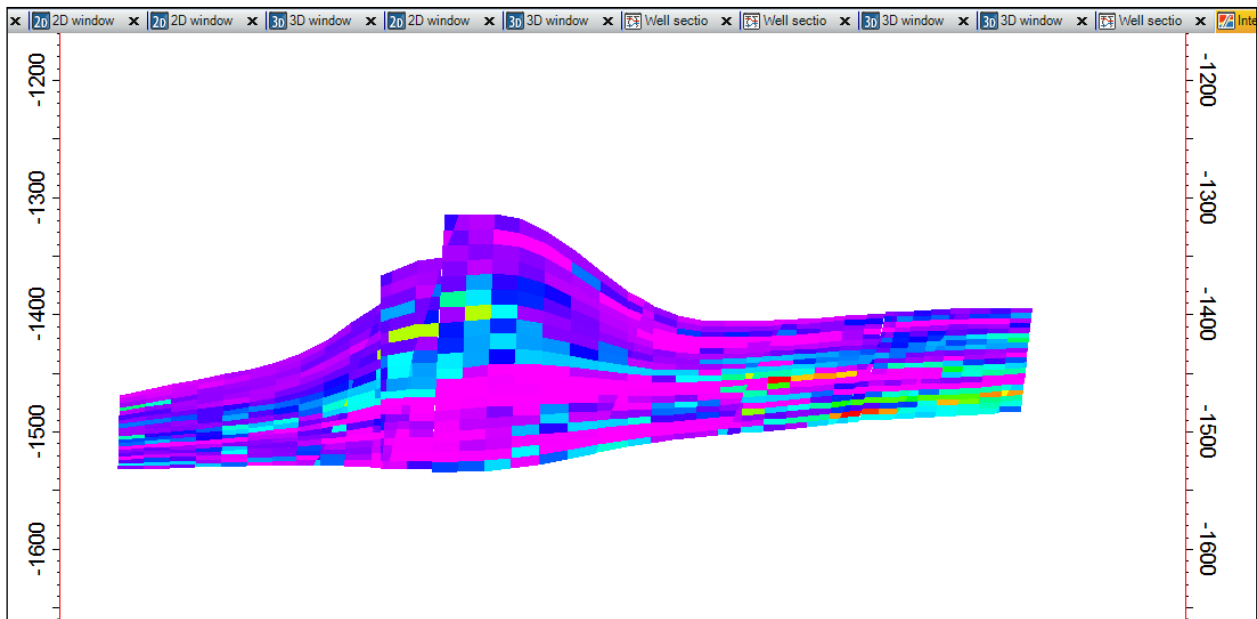


Рис.17.8.

Чтобы отобразить ячейки модели, нажмите правой клавишей по **General intersections** на вкладке **Intersections**, выберите **Show settings**. В открывшемся диалоговом окне перейдите на панель **Style**, на вкладку **3D grid settings** и нажмите на окошко около **Grid lines** (рис.17.9). Нажмите **OK**.

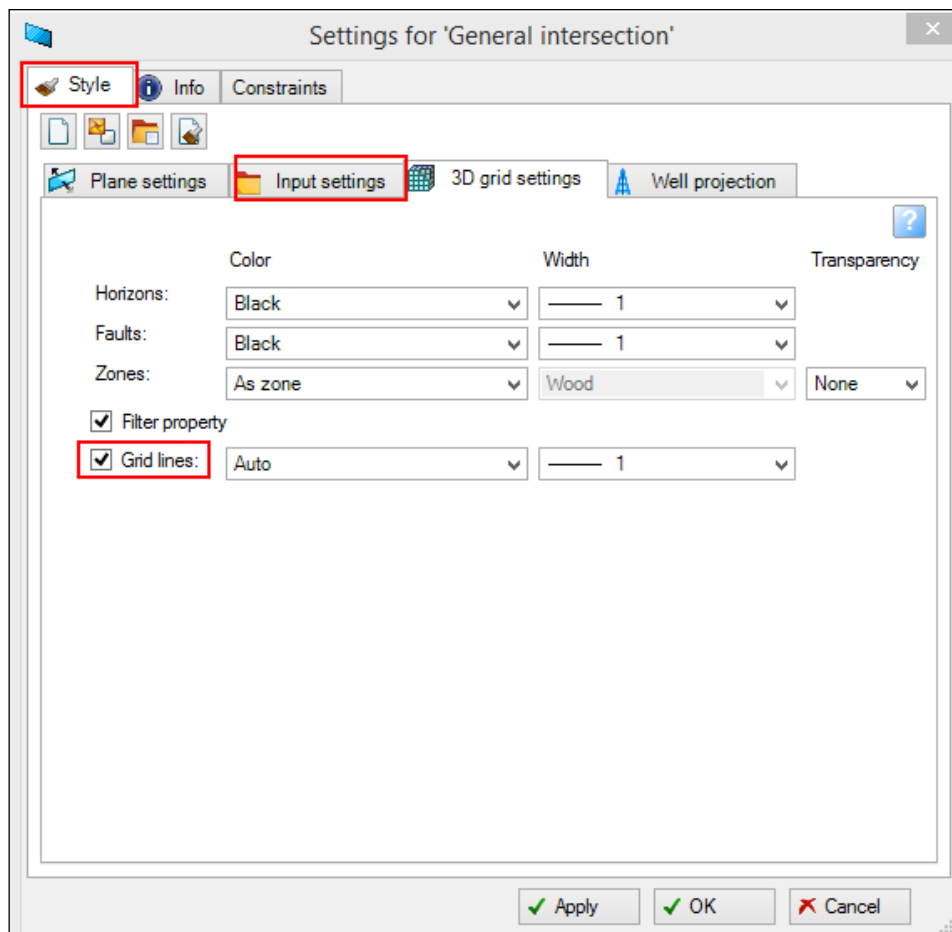



Рис.17.9.

Чтобы узнать координату, объем, свойство интересующей Вас ячейки, перейдите в режим **Select/Pick mode**, нажав на , наведите курсором мыши на любую из точек среза и в правом нижнем углу окна Petrel выведется вся необходимая информация (при включенном **Time player toolbar** - рис.15.10).

Сохраните проект.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Что такое I-,J-,K- фильтр?
- 2) Опишите процедуру (последовательность действий) для создания сечения?
- 3) Какие инструменты существуют для передвижения среза?
- 4) Каким образом узнать информацию об интересующей Вас ячейке?
- 5) Как создать двухмерное окно, на которое будет спроецировано созданное сечение?

18. ЛОКАЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СЕТКИ. СОЗДАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТОК. СОЗДАНИЕ ПОЛИГОНОВ

В большинстве случаев при построении геологической модели необходимо, чтобы некоторые участки пространства были описаны более подробно. Это касается, чаще всего, локальных участков расположения скважин, а также отдельных полигонов, которые пользователь может задать самостоятельно. Для более подробного описания свойств тех участков, где это требуется, производится дробление или локальное измельчение сетки.

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> GRID modification > GRID modification.pet** или работайте в проекте, который был сохранен после предыдущего упражнения.

Как и в предыдущих упражнениях, работа будет проводиться для модели **Corner point gridding**. Для этого нажмите на нее левой кнопкой мыши, выделив, таким образом, жирным цветом.

Откройте процесс **Make local grids**, который расположен на вкладке **Corner point gridding** на панели **Processes** (рис.18.1).

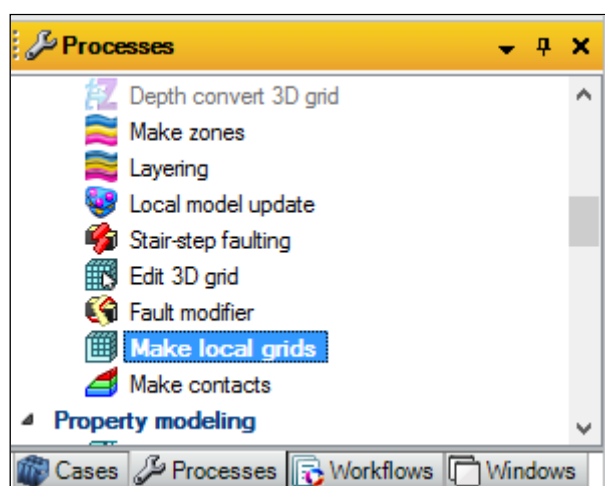


Рис.18.1.

Откроется новое диалоговое окно (рис.18.2). Выберите **Create new**, тем создавая новую сетку с локальным измельчением. Далее перейдите на панель **Input**, кликните левой клавишей мыши по вкладке **Wells**, а затем нажмите на синюю стрелку в нижней части окна (рис.18.2), "перетаскив", тем самым, все скважины. Таким образом, сетка будет измельчаться в окрестности скважин. Поля **Zone filter** и **Segment filter** заполнятся автоматически, исходя из свойств сетки **Pillar gridding**. В поле **Generation method** выберите **Cartesian Nx, Ny, Nz**. При помощи данного метода, можно дробить любую из ячеек по заданному направлению. В поле **Nx** и **Ny** введите 3, а в поле **Nz** - 1. Таким образом, шаг сетки ячеек (которые будут затронуты измельчением) уменьшится по X и Y направлению в 3 раза, а по оси Z в данном случае останется неизменным. В поле **Source influence distance** введите 100 - это то количество метров, на которое распространится измельчение сетки от каждой из скважин. Нажмите **OK**.

Новая сетка отобразилась на панели **Models** в виде папки **Local grids**. Данная папка содержит, как видно по рис.18.3 две сетки. Первая из них - **Global grid** - это начальное

состояние сетки до измельчения ее участков. Вторая из них - Local grid set 1 - содержит **только** измельченные участки отдельно по каждой из скважин.

Локальное измельчение делается для свойств сетки (Facies, KР, KPerm), а НЕ для поверхностей Z(Top), Z(Mid), Z(Base).

Процедура измельчения делается сразу же для всех полей **Facies, KPerm и KР**. Отобразите получившееся поле проницаемости **KPerm** и все скважины в 2D окне (рис.18.4).

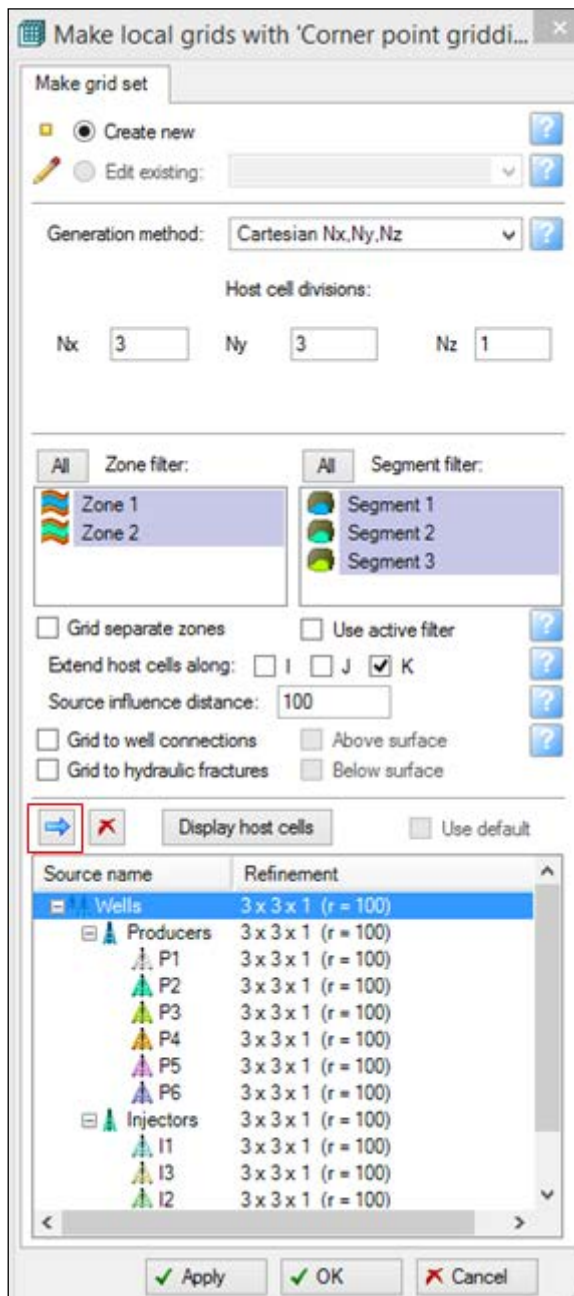


Рис.18.2.

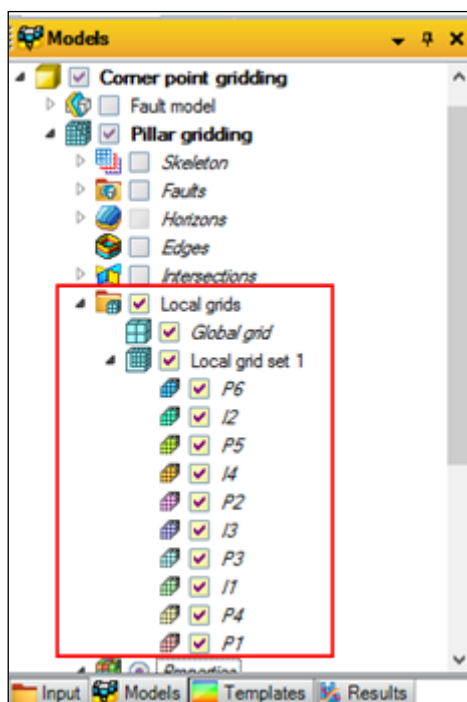


Рис.18.3.

Как видно по данному рисунку, шаг сетки в окрестности скважин не более 100 м уменьшился в 3 раза по латеральным направлениям.

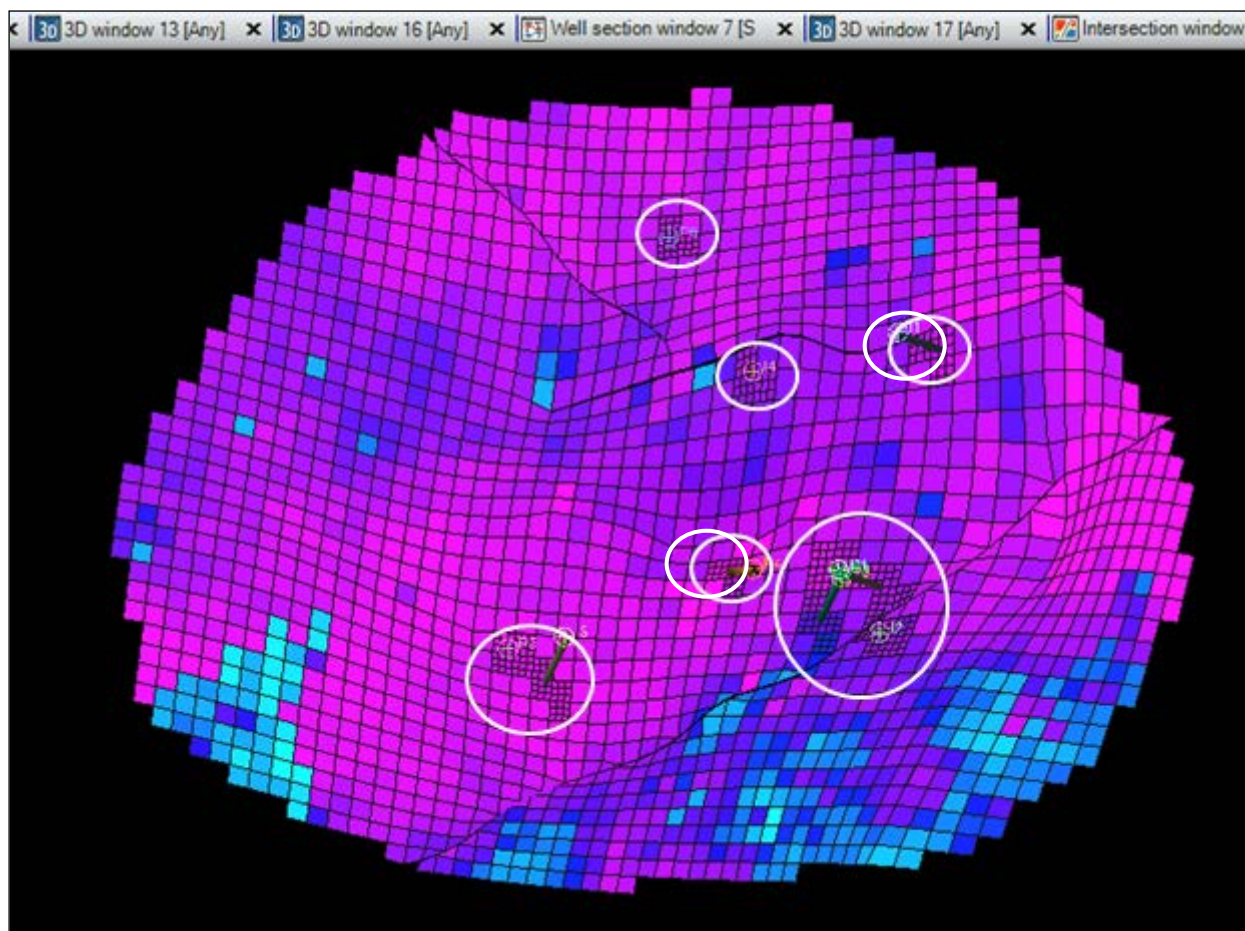


Рис.18.4.

Откройте 3D окно и отобразите на нем все скважины, поле **KPerm** и локальную сетку **Local grid set 1** (рис.18.5). На данном участке представлены все ячейки, подвергшиеся процедуре измельчения.

Поработайте самостоятельно с процедурой **Make local grids**, варьируя метод разбиения, степень измельчения N_x , N_y , N_z , а также радиус воздействия данного процесса.

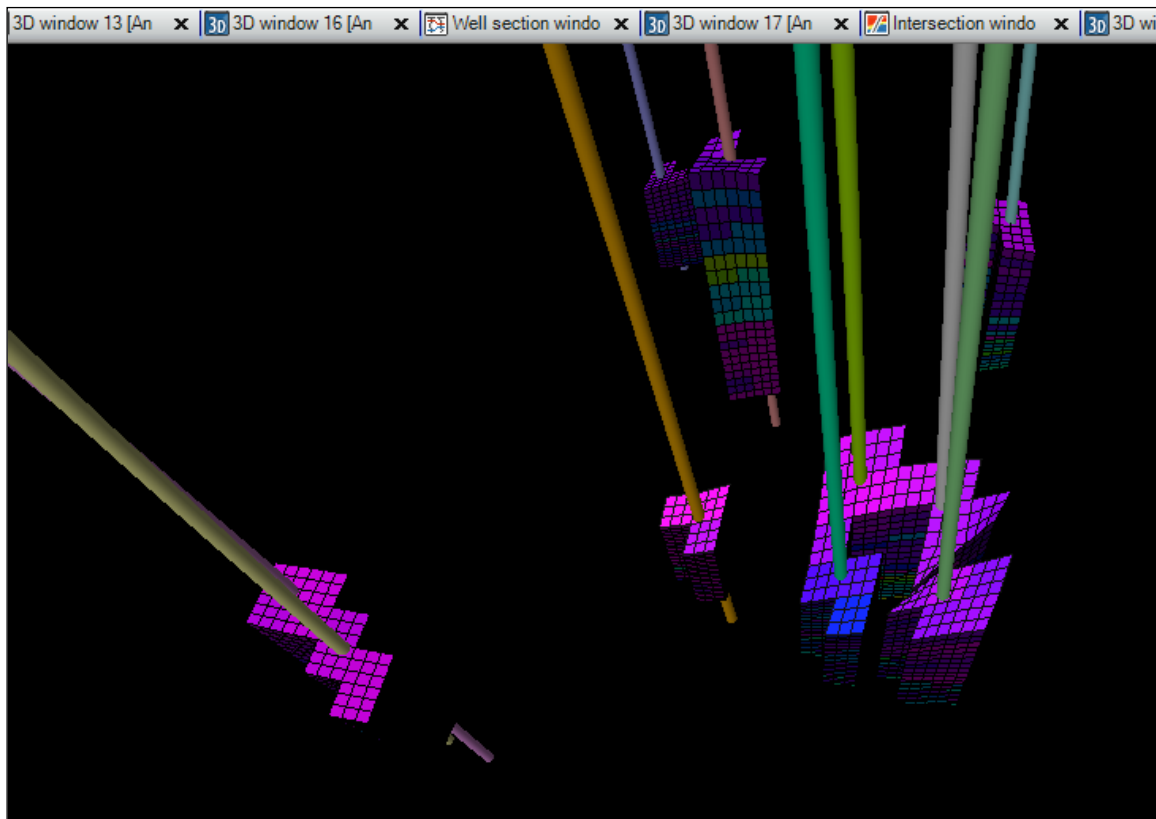


Рис.18.5.

В Petrel существуют инструменты для выделения отдельных участков произвольной формы или **ПОЛИГОНОВ**. Активируйте процесс **Make/edit polygons**, который расположен на вкладке **Utilities** на панели **Processes** (рис.18.6).

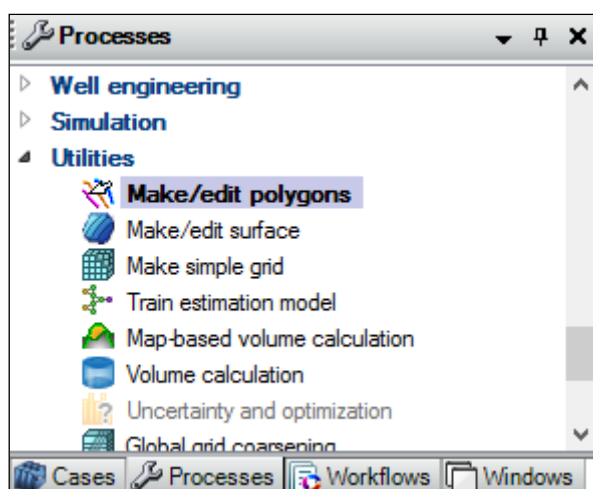




Рис.18.6.

В правой части окна Petrel появились новые иконки для рисования полигона. Отобразите в 3D окне поле пористости, нажмите на иконку  **Start new set of points** и по точкам нарисуйте замкнутую овальную линию (рис.18.7). После завершения рисования нажмите на иконку  **Close selected polygon(s)**, замкнув линию.

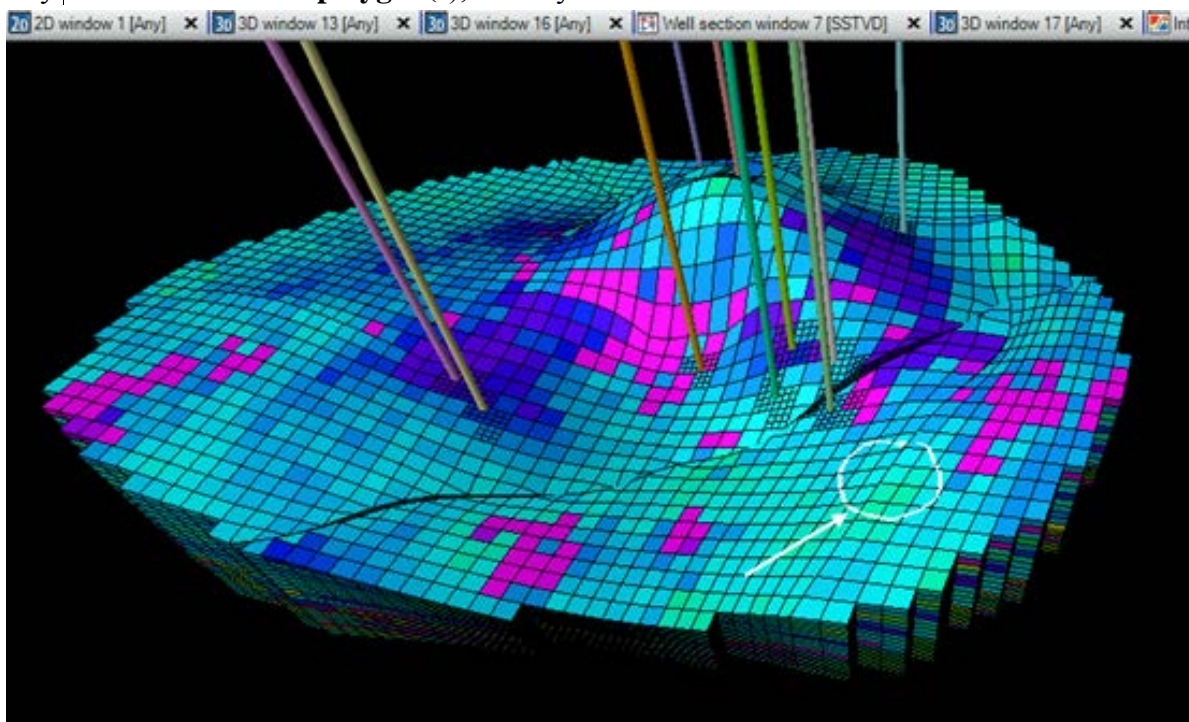


Рис.18.7.

Полигон **Polygon 1** отобразился на панели **Input** (рис.18.8). Его свойства и параметры отображения можно изучить и изменить, кликнув по нему правой клавишей и выбрав **Show settings**.

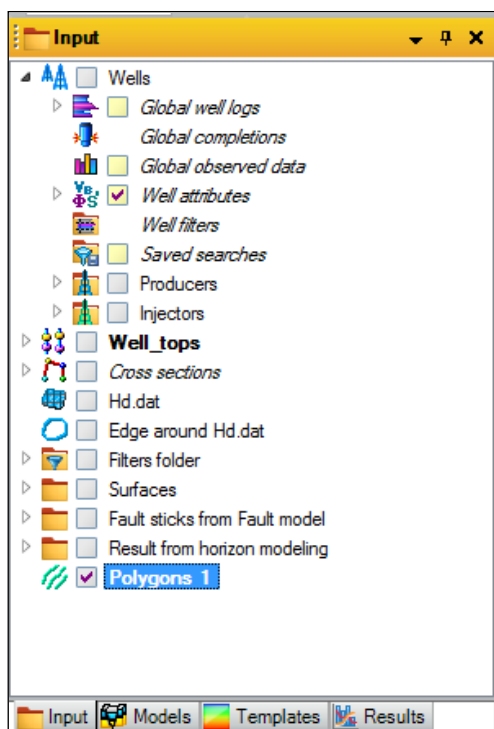


Рис.18.8.

Далее необходимо поменять свойства сетки внутри построенного полигона. Снова откройте процесс **Make local grids** (не забыв при этом выделить модель **Corner point gridding**) и в поле **Source name** при помощи синей стрелки перетащите **Polygon 1** из панели **Input** (рис.18.9). Выберите **Edit existing**, сохраняя изменения в уже созданную локальную сетку, метод **Cartesian Nx, Ny, Nz**, и соответствующие значения величин Nx, Ny и Nz. Обратите внимание, что поле **Source influence distance** неактивно, т.к. область измельчения ограничена границей полигона. Нажмите **OK**.

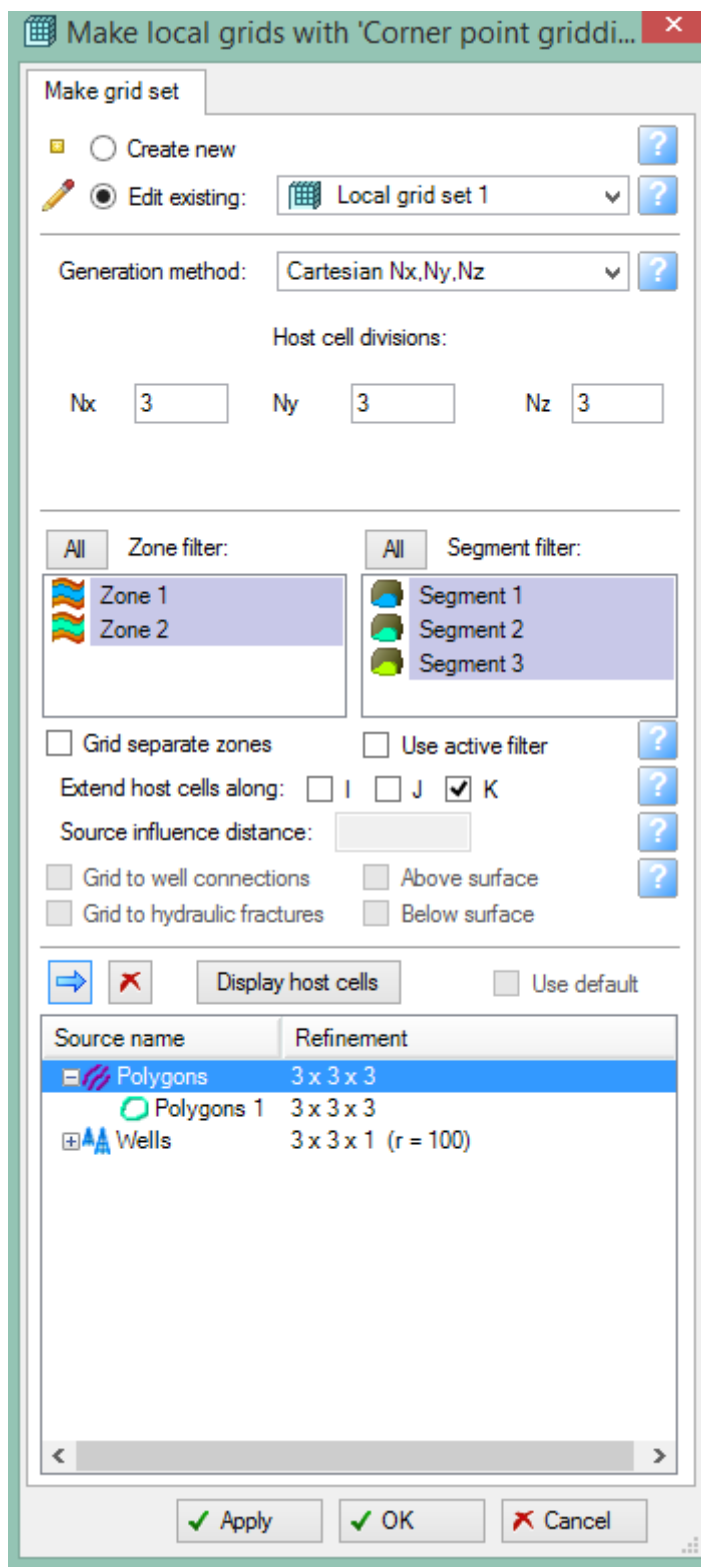


Рис.18.9.

Результат измельчения представлен на **рис.18.10**.

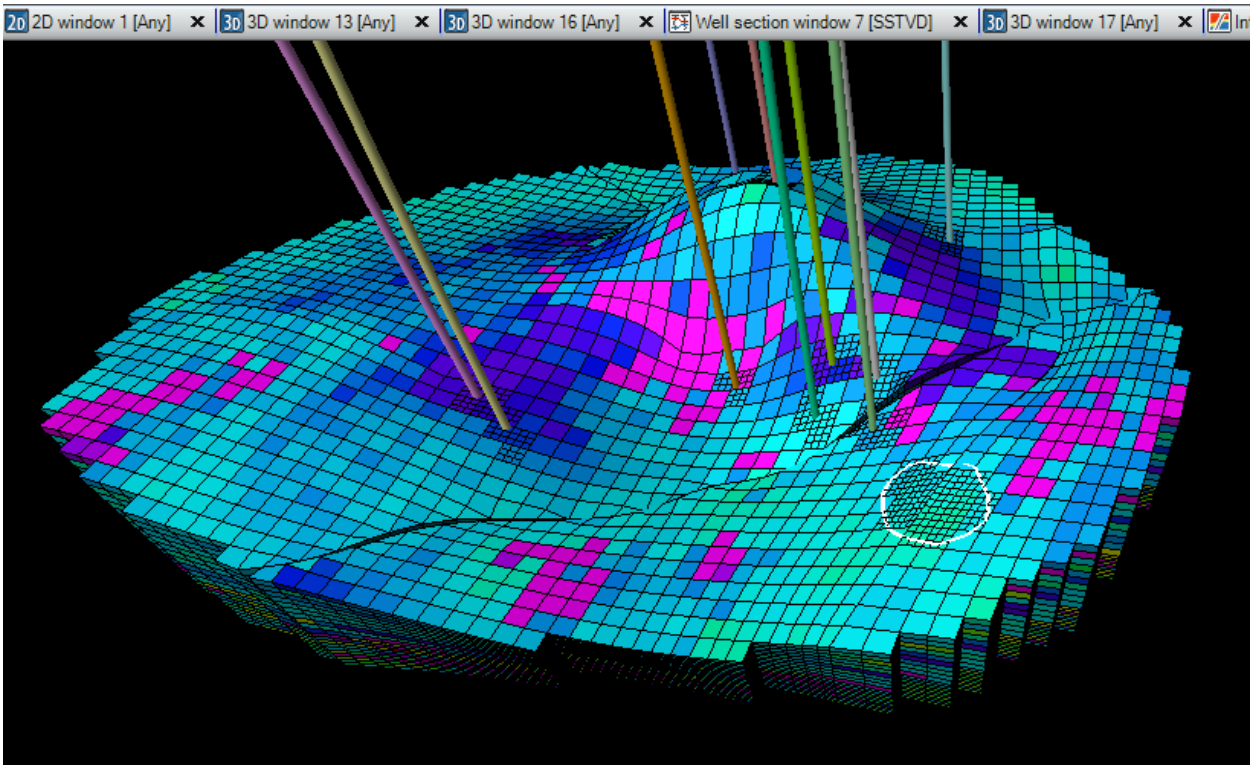


Рис.18.10.

Самостоятельно создайте несколько полигонов и сделайте измельчение сетки в окрестностях, ограниченных ими.
Сохраните проект.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Что такое локальное измельчение сетки?
- 2) Какие основные принципы работы с процедурой **Make local grids**?
- 3) Опишите процедуру создания полигона

19. СОЗДАНИЕ ФИЛЬТРОВ ПО ОБЪЕМУ ЯЧЕЕК И ИХ СВОЙСТВАМ

В более ранних упражнениях были созданы фильтры, выделяющие срезы в различных направлениях ортогональной системы координат. В Petrel существует различные варианты выборки необходимых значений и параметров, к основному числу из которых можно причислить выборку по объему ячеек (реже по углу между сторонами ячейки) или по значению их свойства (проницаемости, пористости, фации).

Для работы в данном упражнении откройте проект **D>Student_Education>Petrel>Project_EXC> Cell Filters > Cell Filters.pet** или работайте в проекте, который был сохранен после предыдущего упражнения.

Итак, на первом этапе создадим новое свойство модели, характеризующее объем ячеек, познакомившись с процедурой **Geometrical modeling**, а затем сделаем фильтр по их объемам.

Активируйте модель **Corner point gridding**, нажав на нее левой кнопкой мыши и сделав ее жирной. Таким образом, все фильтры будут созданы для объектов, созданных в данной модели. Откройте процедуру **Geometrical modeling**, расположенную на вкладке **Property modeling** на панели **Processes** (рис.19.1). Откроется новое диалоговое окно (рис.19.2). Выберите **Create new** (создание нового свойства), в поле **Method** выберите **Cell volume** (создание свойства модели, характеризующее объем ячеек) и название **Bulk volume** в поле **Property template**. Нажмите **OK**.

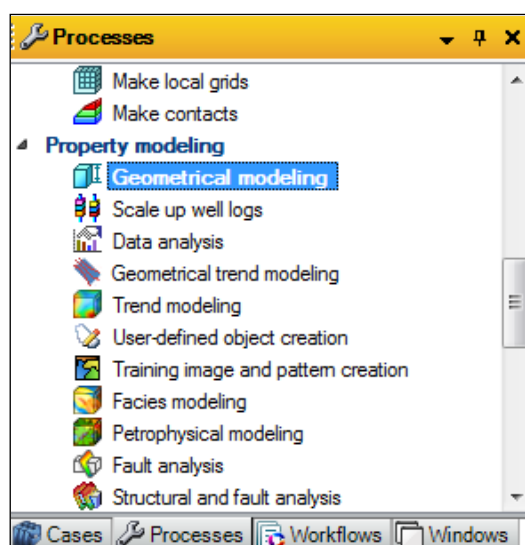


Рис.19.1.

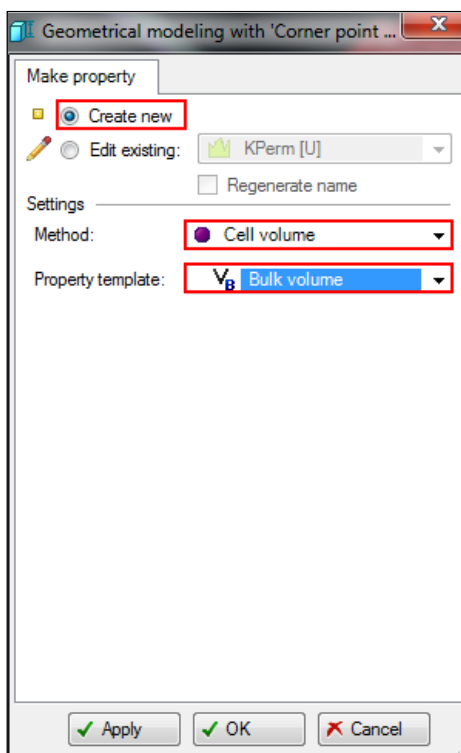


Рис.19.2.

Новое свойство **Bulk volume** отобразилось на вкладке **Properties** модели **Corner point gridding** (рис.19.3). Отключите локальные сетки и отобразите данное свойство в 3D окне (рис.19.4).

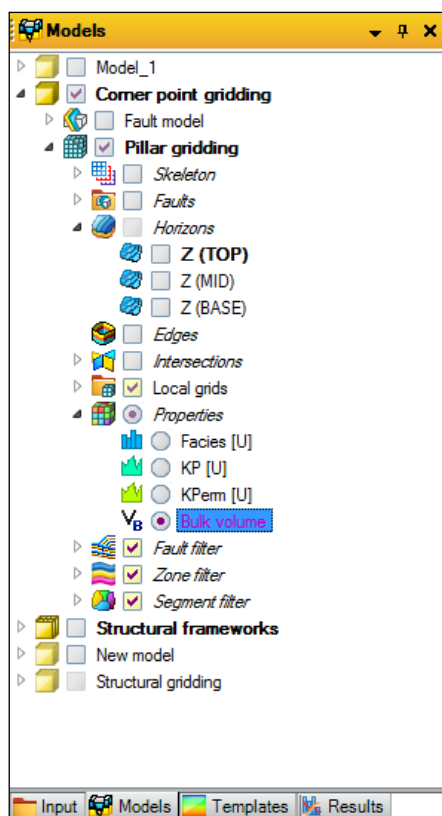


Рис.19.3.

Далее дважды щелкните левой кнопкой мыши по вкладке **Properties** и в открывшемся диалоговом окне перейдите на вкладку **Filters** (рис.19.5). Нажмите на галочку около **Use value filter**, все свойства в поле **Value filters** стали активными. Перейдите на свойство **Bulk volume**. В поле **Min** и **Max** указаны минимальное и максимальное значение объема ячеек. При помощи «ползунков» можно генерировать фильтры. Так, переместите верхнее значение объема до 200000 (м^3), а нижнее до 40000 (м^3). Итак, создан фильтр, «вырезающий» объемы ячеек более 200000 (м^3) и менее 40000 (м^3). Нажмите **Apply**. Сделанные изменения сразу же отобразились в 3D окне (рис.19.6). Как видно по данному рисунку, ячейки с объемами, выходящими за установленные нами ограничения, отфильтрованы. Чтобы отменить выборку (фильтрацию значений), уберите галочку из окошка **Use filter** (рис.19.5).

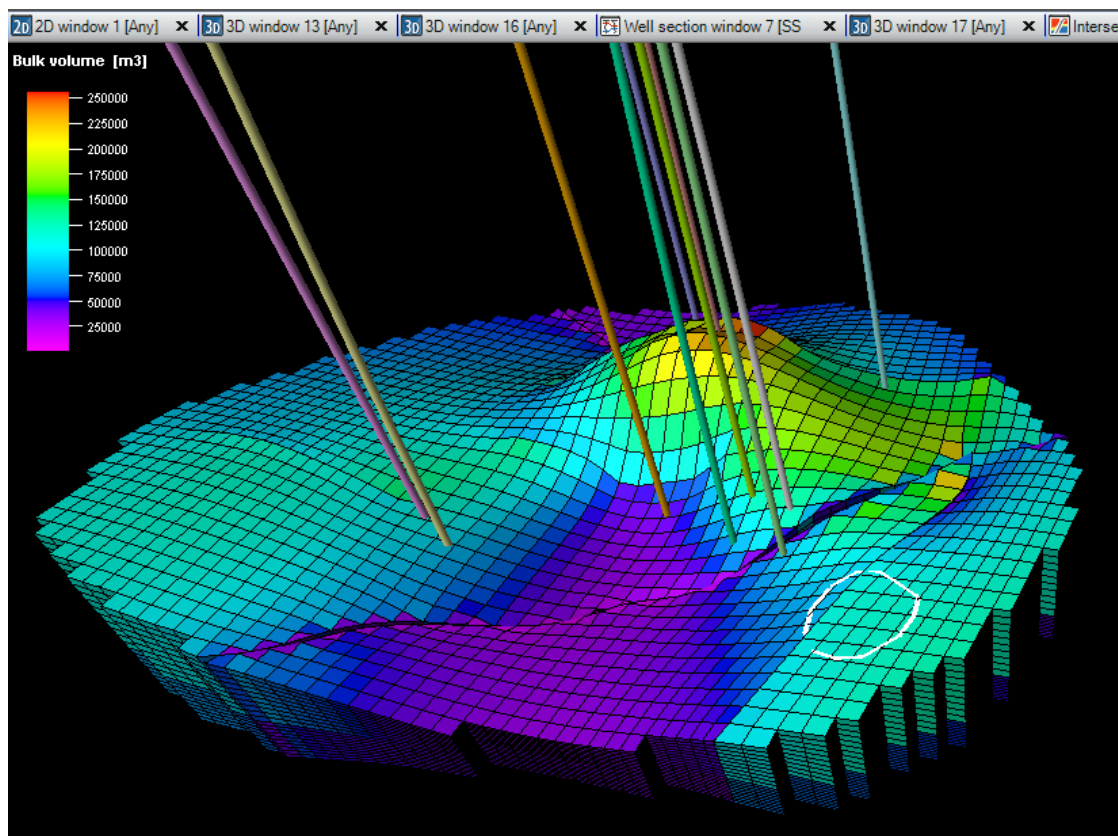


Рис.19.4.

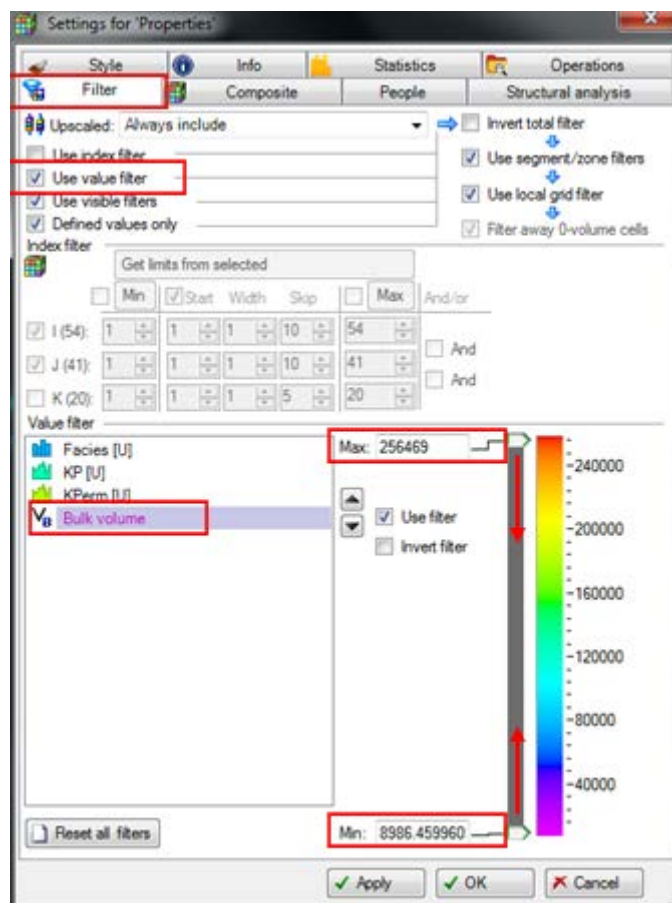


Рис.19.5.

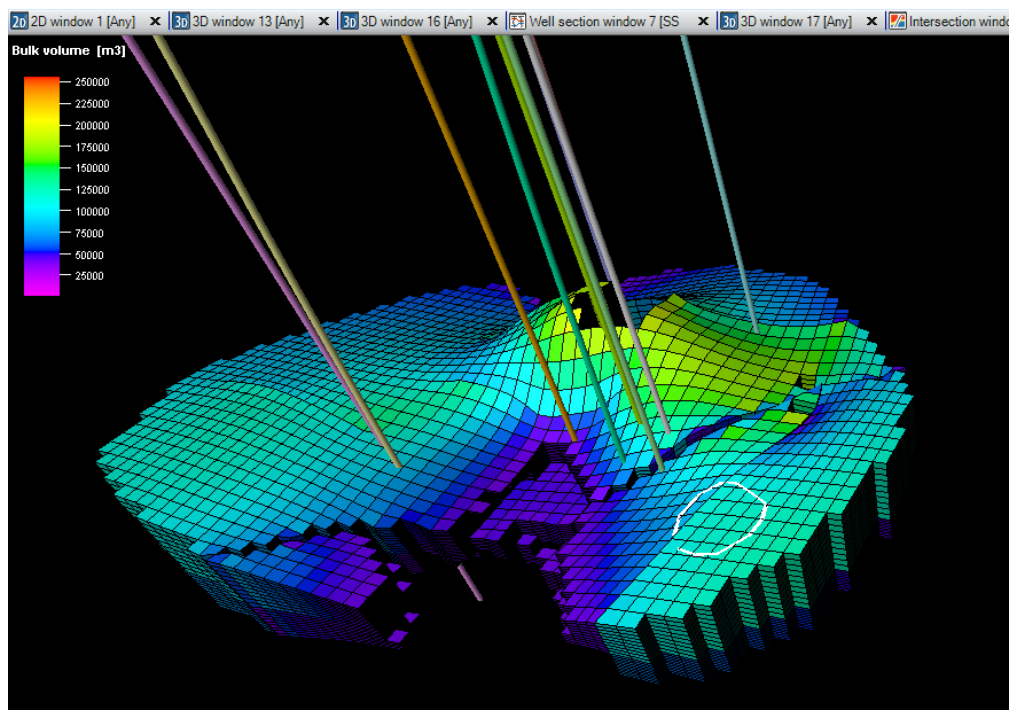


Рис.19.6.

В качестве еще одно примера, сделаем выборку по значениям фаций. Перейдите на **Facies(U)** в поле **Value filter**, нажмите на окошко около **Use filter**, затем на кнопку **None** (в таком положении отфильтрованы все значения фаций) и выделите фацию типа **Shale**, например

(рис.19.7). Нажмите **Apply**. Отобразите **Facies(U)** из модели **Corner point gridding** в 3D окне (рис.19.8).

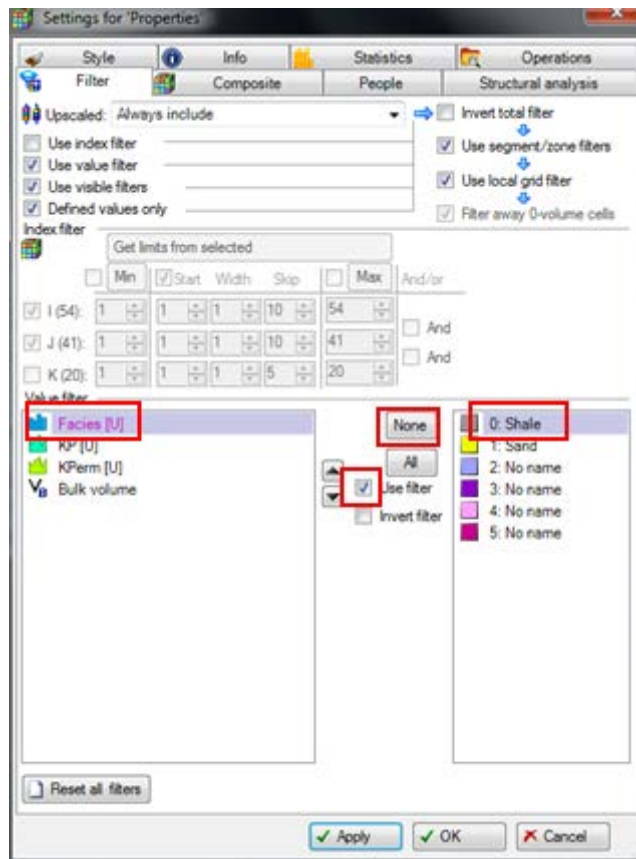


Рис.19.7.

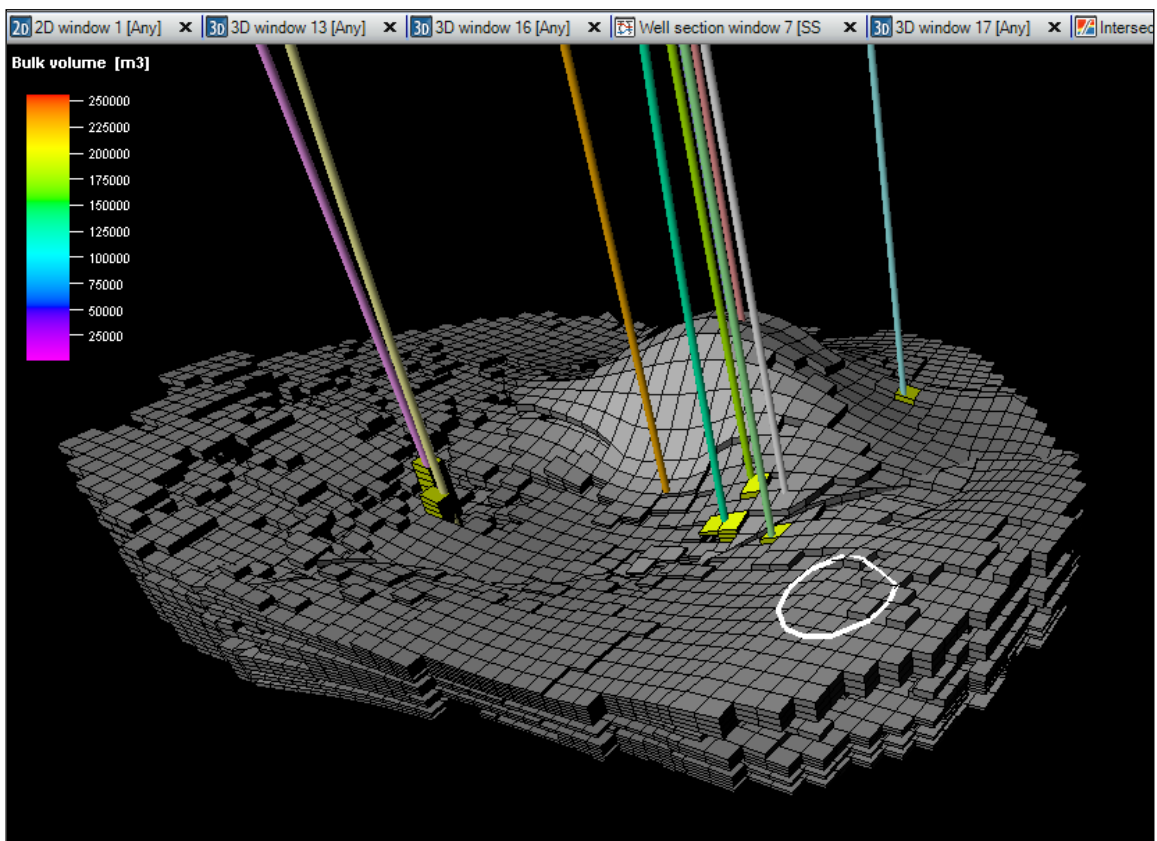


Рис.19.8.

Как видно по данному рисунку, тип фации **Sand** отфильтрован.

Для того чтобы отменить фильтр, уберите галочку из окошка **Use filter**.

Сделайте фильтры для свойств пористости и проницаемости самостоятельно.

Перед завершением данного упражнения выключите все фильтры, сняв галочку из окошка **Use value filter**.

Сохраните проект.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Опишите процедуру создания нового свойства геологической модели, которое характеризует объем ячеек? На какой панели и вкладке данное свойство расположено?
- 2) Какая последовательность действий применяется для создания фильтра по пористости, проницаемости и объему ячеек?
- 3) Какая последовательность действий применяется для создания фильтра по свойству фаций?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Булыгин Д.В., Ганиев Р.Р. Геологические основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений. – Казань: изд-во Казанского университета, 2011. – 360 с.
2. Ганиев Р.Р. Основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений: курс лекций. – Казань: изд-во Казанского университета, 2012. – 135 с.
3. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 152 с.
4. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. - М.:ООО "ИПЦ Маска". - 2009. – 129 с.

Дополнительная литература

1. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика. – М.:Недра, 1991. – 368 с.
2. Гиматудинов Ш.К. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. – М.:Недра,1983. – 455 с.
3. Гиматудинов Ш.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного и газового пласта. – М.:Недра, 1971. – 310 с.
4. Гридин В.И. Физико-геологическое моделирование природных явлений / Рос. АН, Ин-т пробл.нефти и газа; Отв. ред. А.Н. Дмитриевский.— М. : Наука, 1994 .— 204с.
5. Шилов, Г. Я. Основные проблемы и возможности оценки фаций карбонатных пород по данным геофизических исследований скважин [Электронный ресурс]. – Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина, 2010. – №4 - С.7-16.
6. Булыгин Д.В., Медведев Н.Я., Кипоть В.Л. Моделирование геологического строения и разработки залежей нефти Сургутского свода. – Казань : ДАС, 2001 .— 190 с.
7. Булыгин В.Я. Правдоподобное моделирование.— Казань: издательство Казанского университета, 1985.— 170 с.

Учебное издание

Т.Р. Закиров, И.С. Нуриев, И.А. Хузин

Компьютерные технологии в геологии

Дизайн обложки

М.А. Ахметов

Подписано в печать 14.09.2013.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Формат 60x84 1/16. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. .

Тираж экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательства Казанского университета

420008, г. Казань, ул. Профессора Нужина, 1/37
тел. (843) 233-73-59, 233-73-28