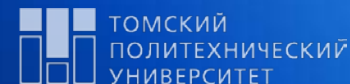




**Petroleum
Learning Centre**

Центр подготовки и переподготовки
специалистов нефтегазового дела



Создание и адаптация модели SRM-6

Грачик Еремян

2019 | hw.tpu.ru

Содержание

- **Геология**

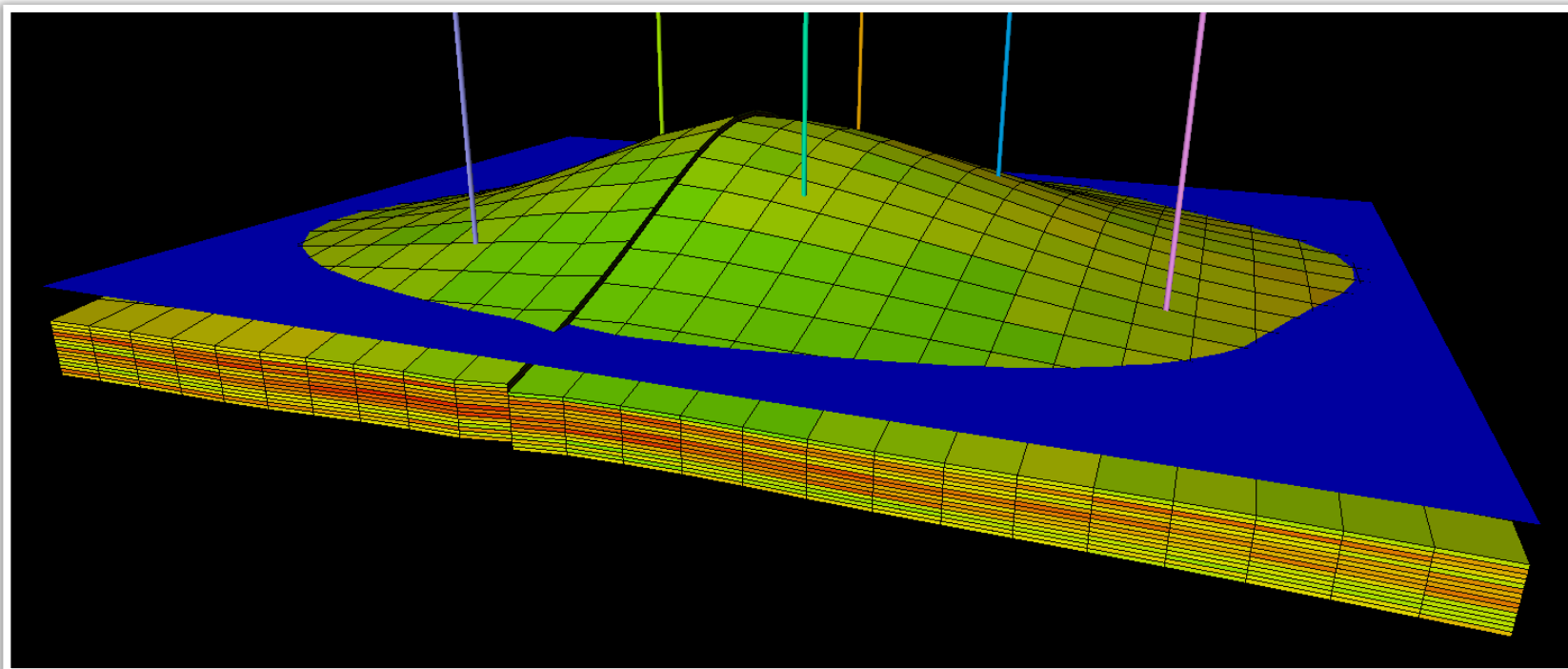
1. Краткие сведения о модели
2. Создание границы модели
3. Создание поверхности кровли пласта
4. Создание скважин
5. Создание каротажей и отбивок
6. Построение поверхности подошвы пласта
7. Задание разлома и грида
8. Задание ЗСВ
9. Расчет ФЕС по скважинам
10. Задание кубов ФЕС
11. Задание пластовых флюидов
12. Задание ОФП
13. Задание сжимаемости породы
14. Задание заканчивания скважин

- **Гидродинамика и адаптация**

15. Создание Truth Case
16. Создание Base Case
17. Задание целевой функции
18. Задание неопределенности в Workflow
19. Адаптация Base Case
20. Результаты адаптации

Краткие сведения о модели

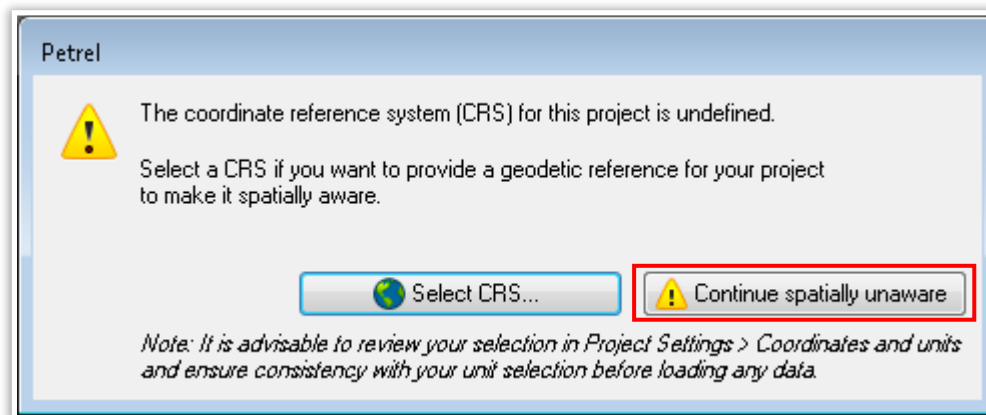
- Название **SRM-6** (synthetic reservoir model with 6 wells)
- Размер модели в плане 1800x2400м
- Толщина пласта 11-14м
- Grid 18x24x15, 6480 ячеек,
- Разработка методом заводнения
- Адаптация на синтетическую историю



Создание и сохранение нового проекта

1. Создание и сохранение нового проекта в Petrel

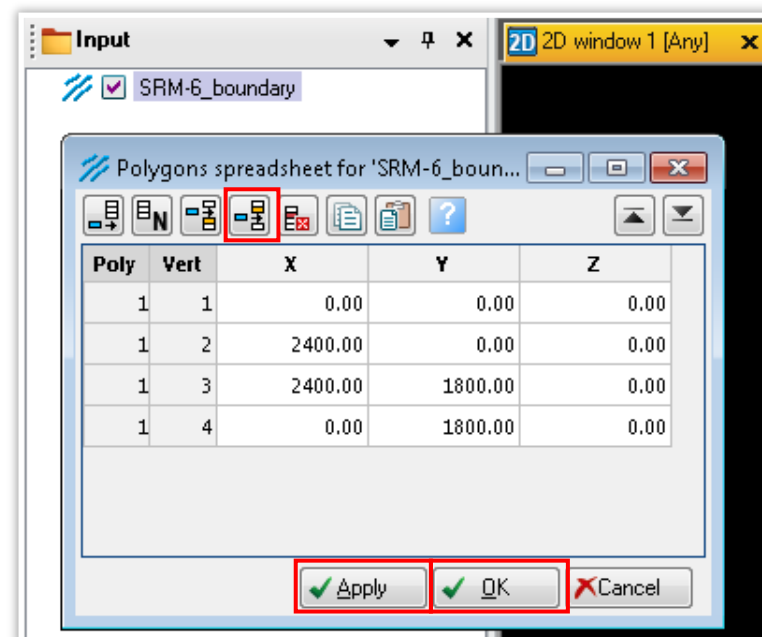
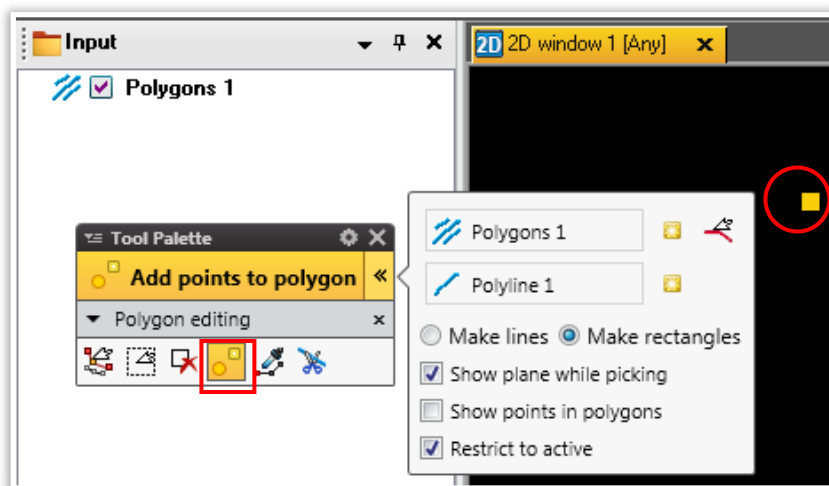
- a) **File** → **New project** → Левый клик
- b) **File** → **Save project as** → Создаем папку **SRM-6**, заходим в неё, задаем имя файла для сохранения “SRM-6” → Сохранить
- c) При вопросе о системе координат выбираем опцию «**Continue spatially unaware**»



Создание границы модели

2. Создание границы модели

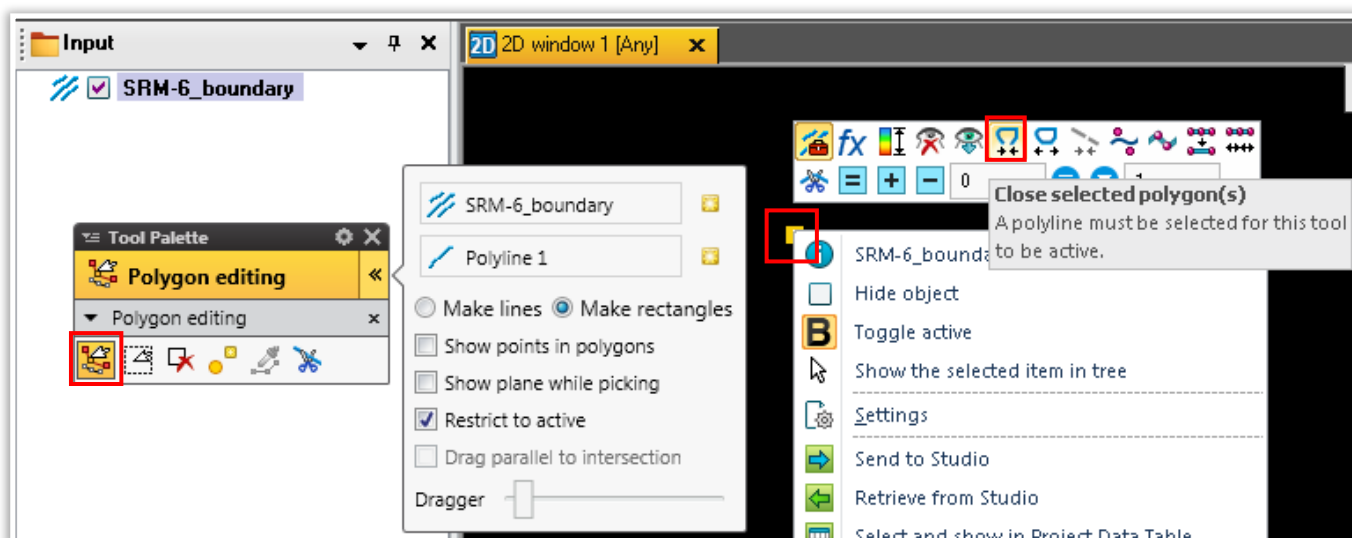
- Home** → **Window** → **2D window** → Левый клик
- Structural Modeling** → **Polygon editing** → Иконка **Add points to polygon** → Левый клик в 2D окне → Появится точка
- Правый клик на объект "Polygons 1" во вкладке **Input** → F2 → Задать имя "SRM-6_boundary"
- Правый клик на "SRM-6_boundary" → **Spreadsheet** → Вставить по 4-ой иконке ещё 3 строки и прописать координаты.



Создание границы модели

2. Создание границы модели

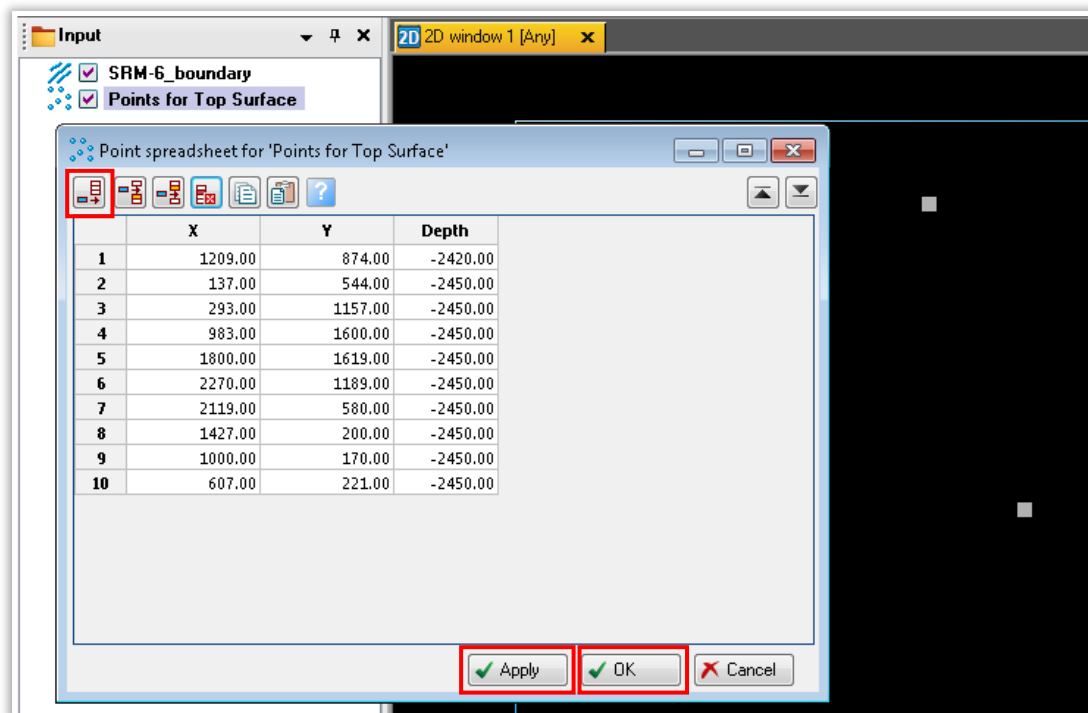
е) На **Tool Palette** клик на иконку **Polygon editing** → Правый клик на точку полигона → **Close selected polygon** → Левый клик (теперь прямоугольный полигон закрыт)



Создание поверхности кровли пласта

3. Создание поверхности кровли пласта

- Structural Modeling** → **Point editing** → Иконка **Add points to pointset** → Левый клик в 2D окне → Появится точка → Заккрыть **Tool Palette**
- Правый клик на объект "Points 1" во вкладке **Input** → F2 → Задать имя "Points for Top Surface"
- Правый клик на "Points for Top Surface" → **Spreadsheet** → Вставить по 1-ой иконке ещё 9 строк и прописать координаты для получившихся 10 точек.



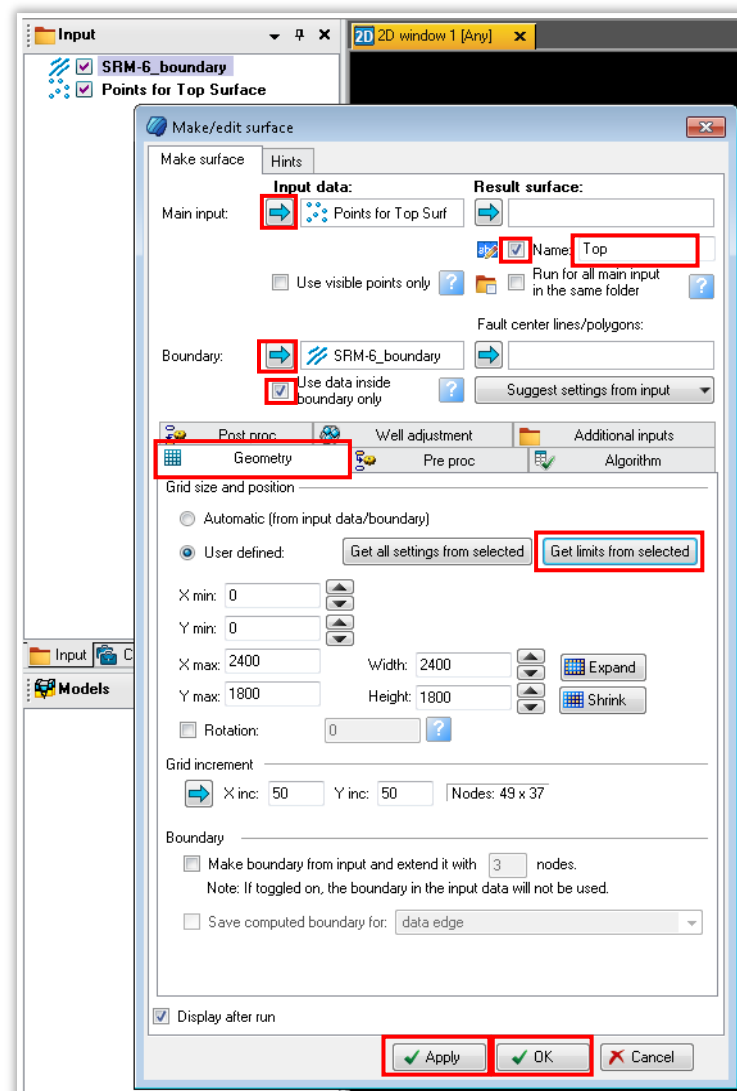
Создание поверхности кровли пласта

3. Создание поверхности кровли пласта

d) **Structural Modeling** → **Make Surface** →

Заполнить необходимые данные → **Apply**

→ Поверхность кровли пласта **Top** создана

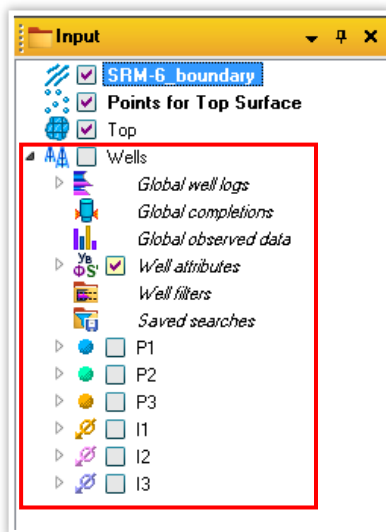


Создание скважин

4. Создание скважин

- Home → Object → New well → Левый клик
- В окне Create new well заполнить необходимые данные → Ok
- Поочередно создать 6 скважин (P – добывающие, I – нагнетательные)

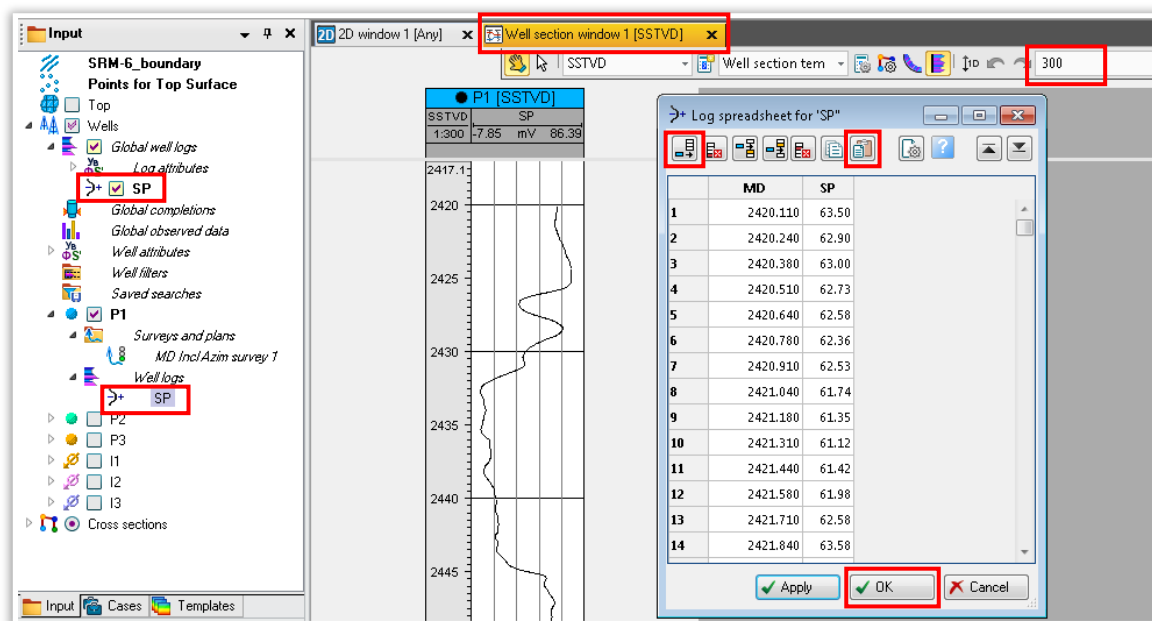
Well	X	Y	Bottom
P1	1550	1050	2480
P2	1250	650	2480
P3	760	950	2480
I1	1150	1450	2480
I2	1850	650	2480
I3	660	450	2480



Создание каротажей и отбивок

5. Создание каротажей и отбивок

- Home → Window → Well section window → Левый клик → Ок
- Input → Wells → Global well logs → Правый клик → Insert global well log (cont.)
- Раскрыть список **Global well logs** → Правый клик по Log1 → Левый клик по **Settings**
- В окне **Settings** выбрать вкладку **Info** → Задать имя "SP", выбрать template "**Spontaneous potential**" → Ок → Шаблон для каротажа SP создан
- Чтобы создать сами каротажы для каждой скважины: правый клик по скважине → **Add empty "SP" log to well** (для каждой из 6)
- Скважина → **Well logs** → Правый клик по SP → **Spreadsheet** → Заполнить таблицу → Ок



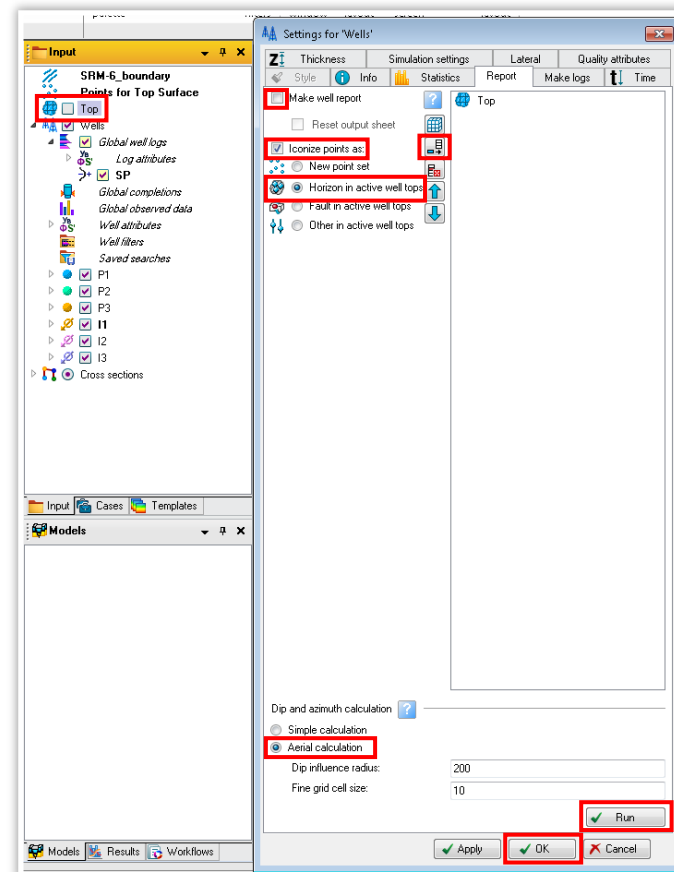
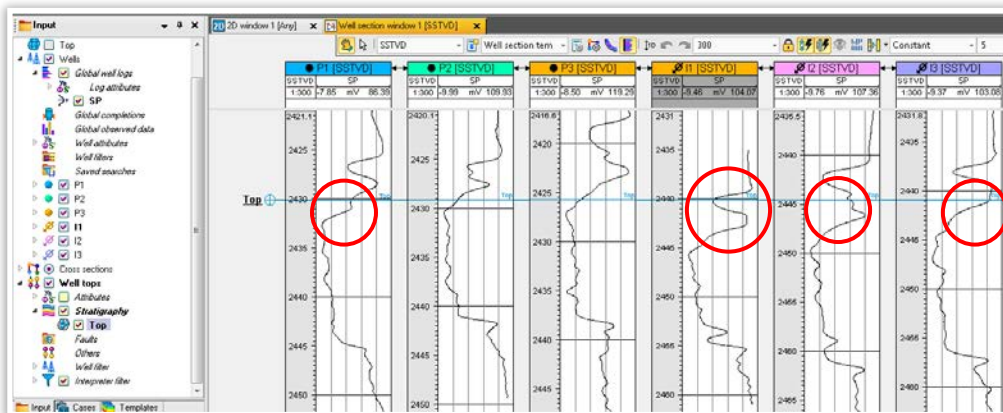
Создание каротажей и отбивок

5. Создание каротажей и отбивок

г) Для создания пластопересечений Правый клик на **Wells** во вкладке **Input** → **Settings** → Левый клик → Вкладка **Report** → Заполнить необходимые данные → **Run** → **Ок**

→ Получили пересечения скважин с поверхностью кровли (папка **Well tops** во вкладке **Input**)

h) Отобразим каротажи с выравниванием от полученных точек кровли: **Well tops** → **Stratigraphy** → Правый клик по **Top** → **Flatten well section on well top** (видно расхождение от каротажей)



Создание каротажей и отбивок

5. Создание каротажей и отбивок

i) Добавим отбивку подошвы по SP:

Stratigraphy → **Edit well tops** → В окне Well section window поставить отбивку подошвы левым кликом на каждой скважине (отбивка Top не должна быть активной (выделенной жирным) для создание именно новой отбивки) → Появится **Horizon 1** → Переименовать его в "Bottom".

j) Скорректируем отбивки в соответствии с каротажем SP: Правый клик на **Well tops** → **Spreadsheet** → Выбрать **MD** из списка **Edit point** → Записать отбивки кровли и подошвы по SP → **Apply** → **Ok**

Well	Surface	MD
P1	Top	2431.19
P1	Bottom	2444.74
P2	Top	2428.36
P2	Bottom	2441.21
P3	Top	2424.98
P3	Bottom	2437.92
I1	Top	2443.61
I1	Bottom	2454.7
I2	Top	2447.31
I2	Bottom	2461.11
I3	Top	2442.37
I3	Bottom	2456.55

Well top spreadsheet for 'Well tops'

Edit point: MD Filtering: [OFF]

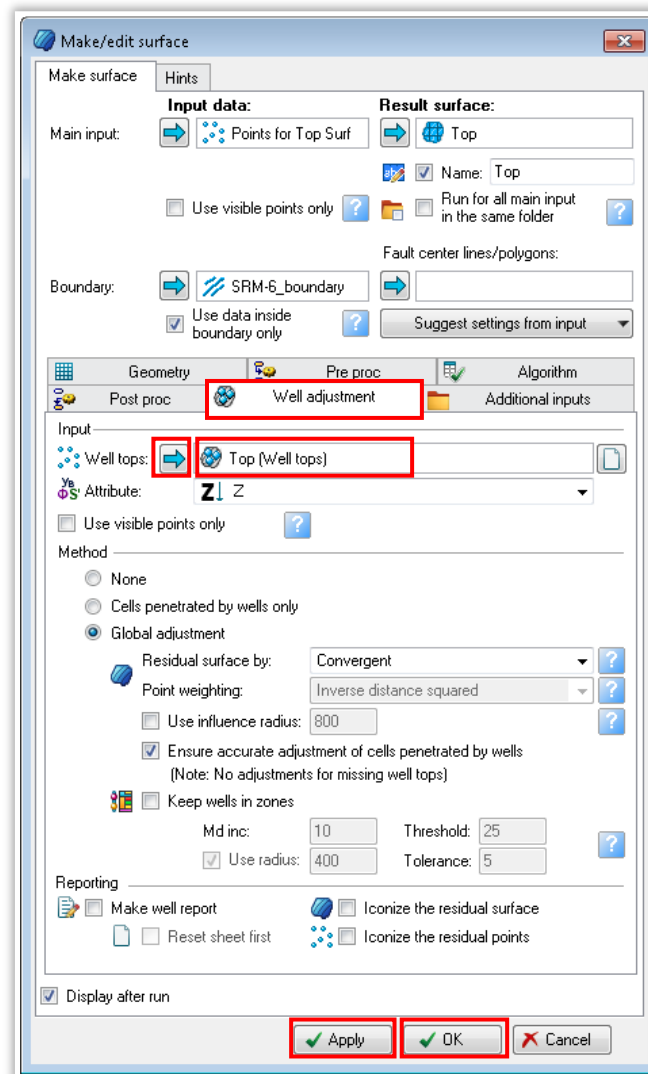
	Well identifier	Surface	X	Y	Z	MD	TWT picked	TWT auto	Geological age	TVT	TST	Interpreter
4	I1	Top	1150.00	1450.00	-2443.61	2443.61						EremyanGA
10	I1	Bottom	1150.00	1450.00	-2454.70	2454.70						EremyanGA
5	I2	Top	1850.00	650.00	-2447.31	2447.31						EremyanGA
11	I2	Bottom	1850.00	650.00	-2461.11	2461.11						EremyanGA
6	I3	Top	660.00	450.00	-2442.37	2442.37						EremyanGA
12	I3	Bottom	660.00	450.00	-2456.55	2456.55						EremyanGA
1	P1	Top	1550.00	1050.00	-2431.19	2431.19						EremyanGA
7	P1	Bottom	1550.00	1050.00	-2444.74	2444.74						EremyanGA
2	P2	Top	1250.00	650.00	-2428.36	2428.36						EremyanGA
8	P2	Bottom	1250.00	650.00	-2441.21	2441.21						EremyanGA
3	P3	Top	760.00	950.00	-2424.98	2424.98						EremyanGA
9	P3	Bottom	760.00	950.00	-2437.92	2437.92						EremyanGA

Use in geo.mod: All None Use in depth conv: All None Sync. well symbol Refresh Send Apply OK Cancel

Построение поверхности подошвы пласта

6. Построение поверхности подошвы пласта

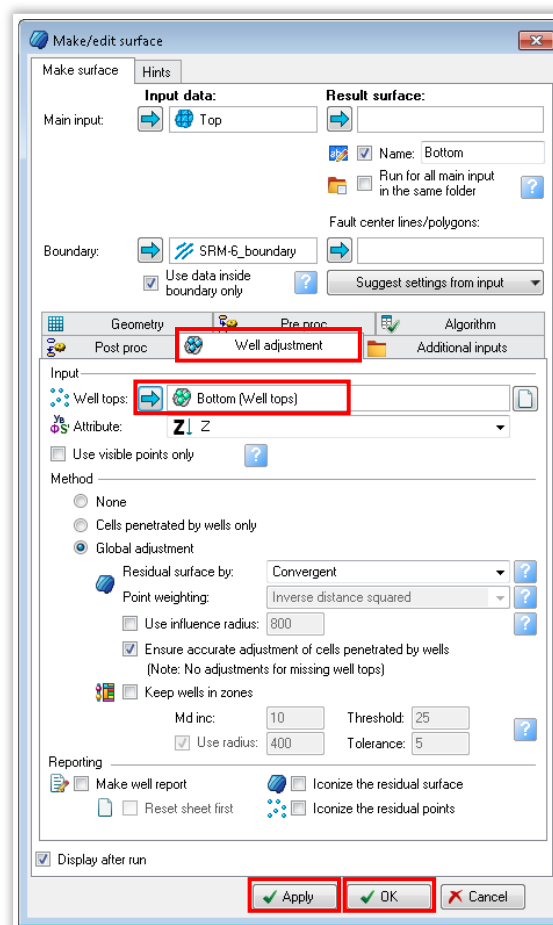
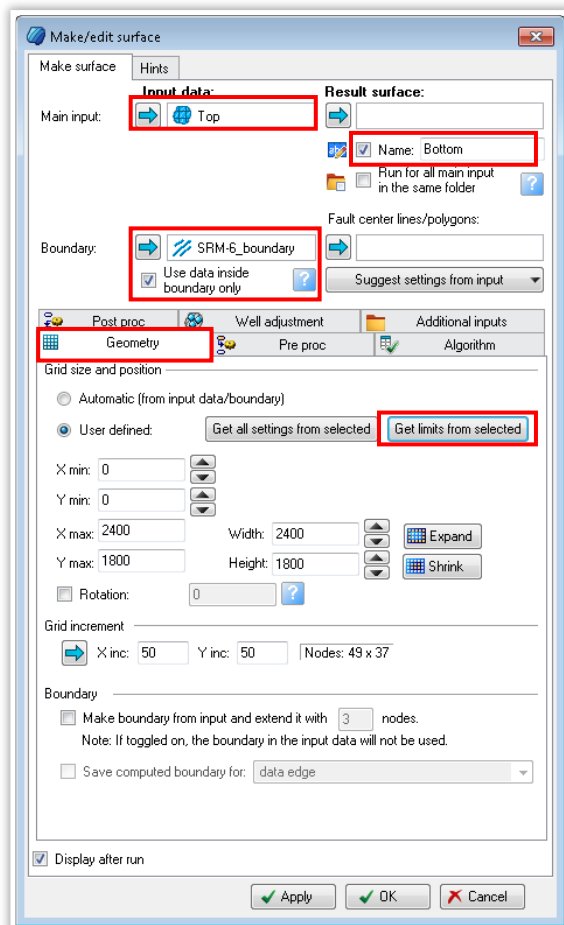
а) Подсаживаем поверхность кровли на обновленные отбивки по скважинам: **Structural Modeling** → **Make Surface** → Заполнить необходимые данные → **Apply** → Поверхность кровли пласта **Top** обновлена в соответствии с корректными отбивками по скважинам



Построение поверхности подошвы пласта

6. Построение поверхности подошвы пласта

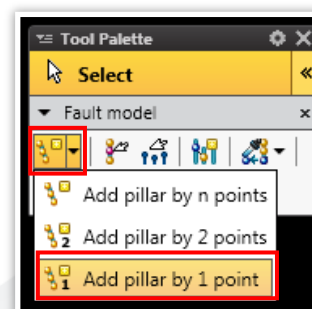
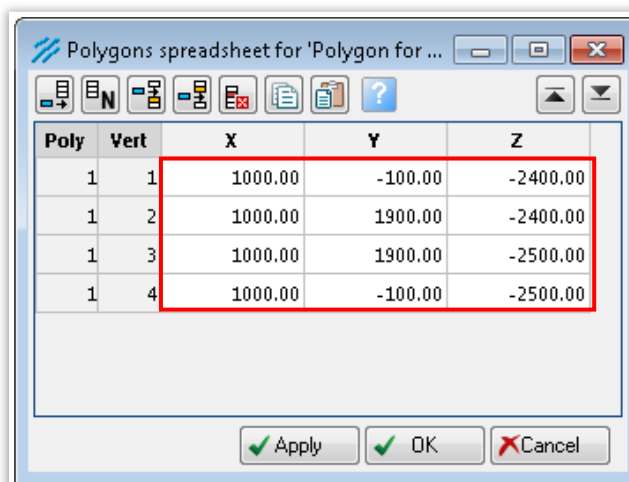
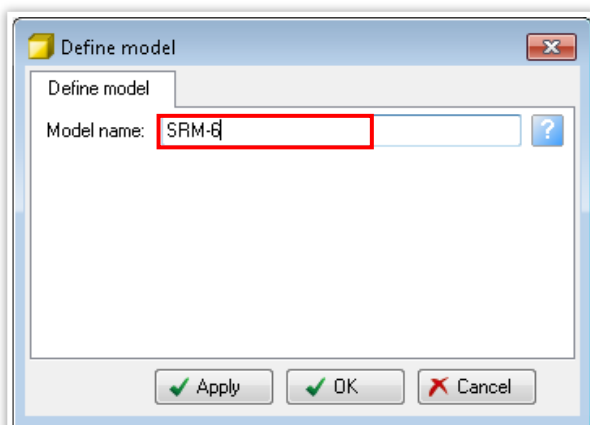
б) Строим поверхность подошвы пласта на основе поверхности кровли и отбивок подошвы в скважинах: **Structural Modeling** → **Make Surface** → Заполнить необходимые данные → **Apply**



Задание разлома и грида

7. Задание разлома и грида

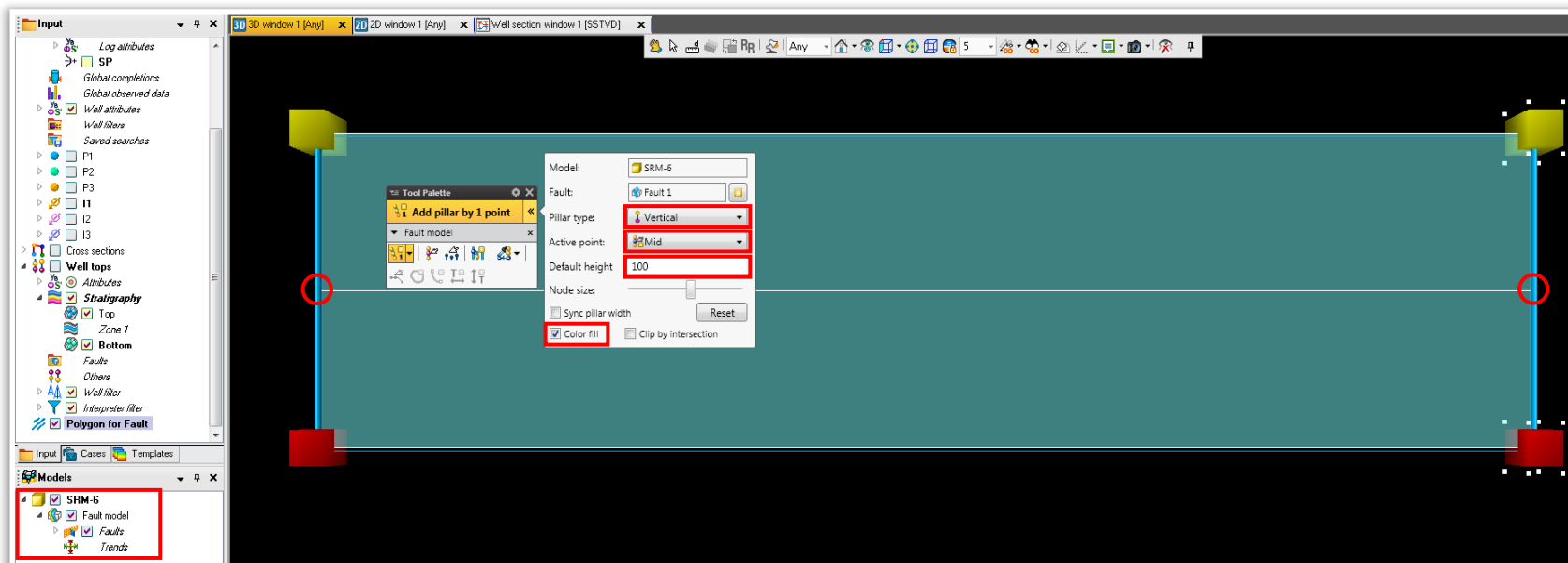
- Создаем модель с возможностью задавать разломы: **Structural modeling** → **Define model** → Задаем имя модели "SRM-6" → **Ok** (модель появится во вкладке **Models**)
- Преобразование полигона границы модели в границу модели во вкладке **Models**: Правый клик по полигону "SRM-6_boundary" → **Convert to grid boundary** → Левый клик
- Строим вспомогательный полигон для создания разлома: Выделить полигон "SRM_boundary" во вкладке **Input** → Copy/Paste (копия появится в самом низу списка) → Переименовать в "Polygon for Fault" → Правый клик по полигону → **Spreadsheet** → Задать координаты плоскости разлома → **Ok**
- Home** → **Window** → **3D window** → Левый клик
- Включить **Polygon for Fault** во вкладке **Input** → На панели инструментов выбрать **View from west** → Приблизить прямоугольник
- Structural Modeling** → **Edit fault model** → Левый клик → **Add pillar by 1 point**



Задание разлома и грида

7. Задание разлома и грида

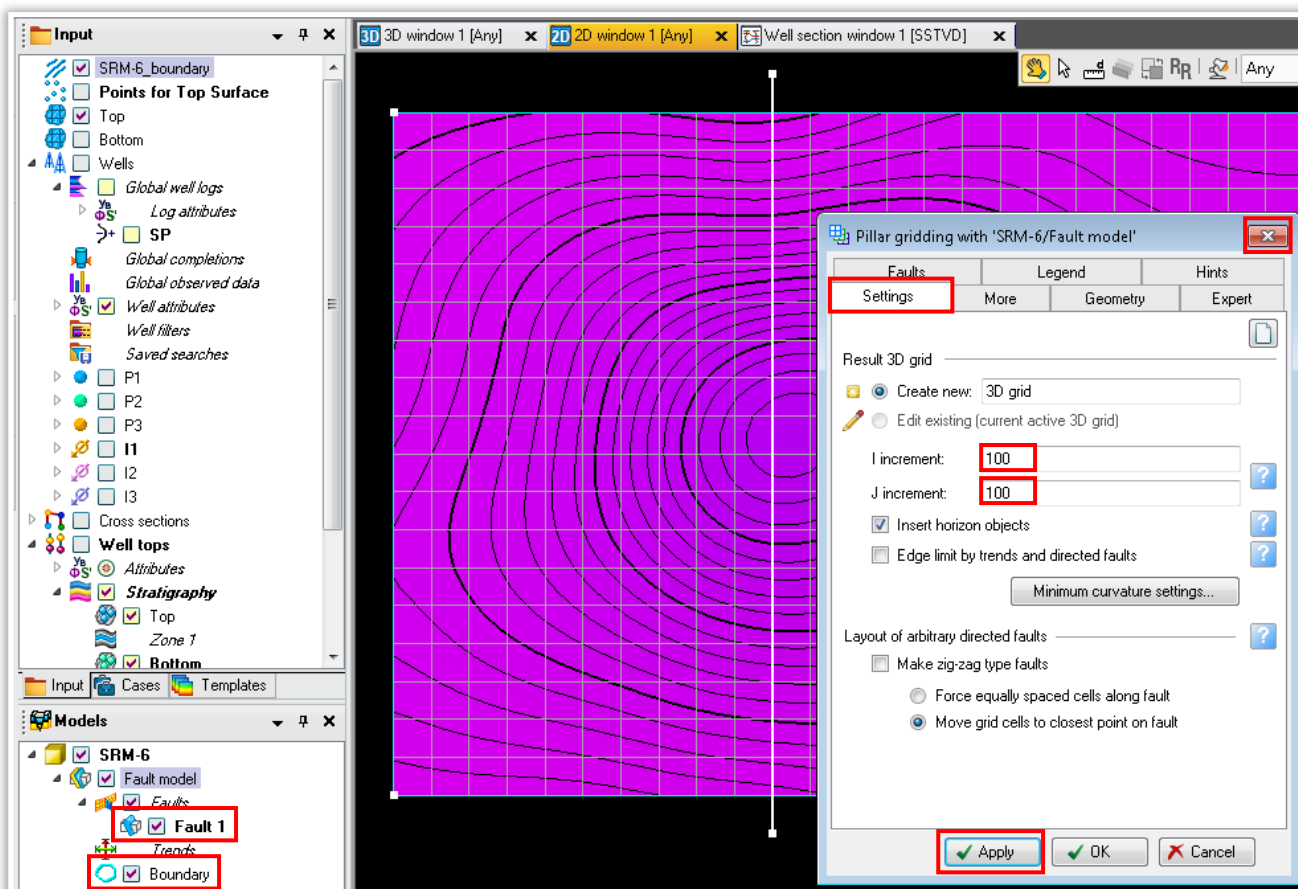
- г) Задаем параметры разлома и вставляем 2 отрезка (pillars) левым кликом мыши на середину левой и правой стороны полигона → Модель разлома создана во вкладке **Models**
- h) Построение грида: Выбрать **2D окно** → Включить модель разлома **Fault 1** и границу модели **Boundary** во вкладке **Models**



Задание разлома и грида

7. Задание разлома и грида

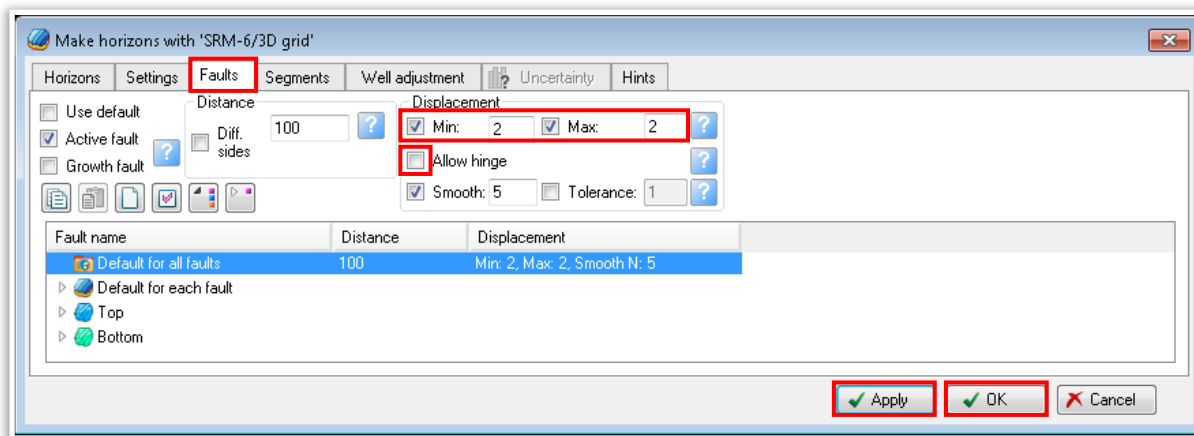
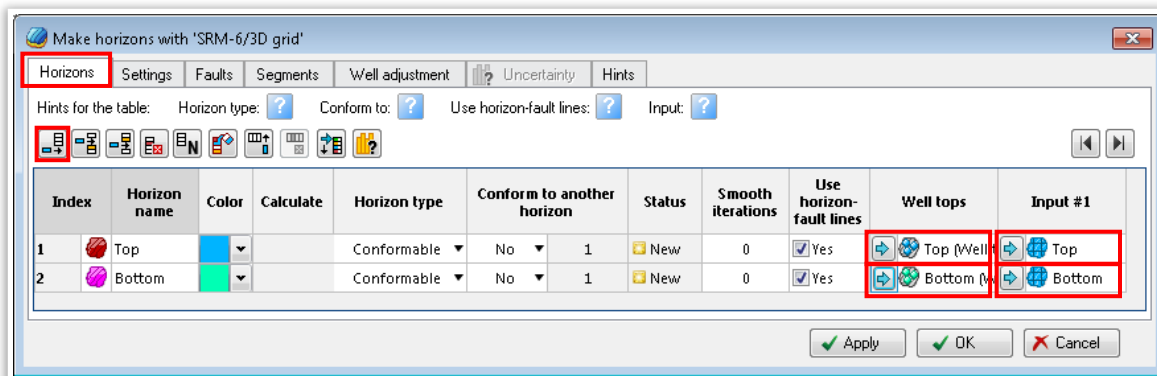
i) Задаем грид: **Structural Modeling** → **Pillar gridding** → По умолчанию 100x100м → **Apply** → **Ok** → **Yes**



Задание разлома и грида

7. Задание разлома и грида

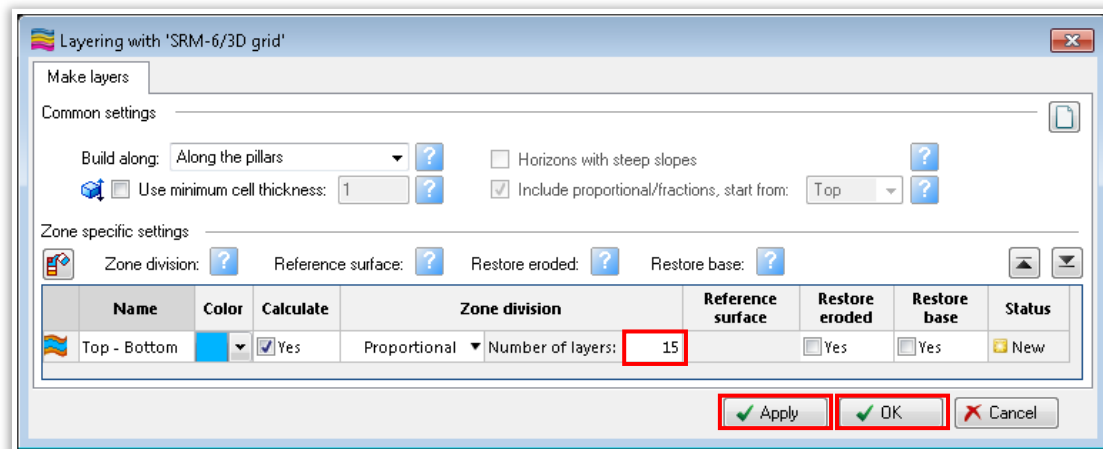
j) Задаем объект **Horizons** для грида во вкладке **Models** на основе отбивок и поверхностей кровли и подошвы: **Structural Modeling** → **Horizons** → Добавляем 2 строки и задаем поверхности и отбивки → Переходим во вкладку **Faults** → Настраиваем параметры разлома → **Apply** → **Ok**



Задание разлома и грида

7. Задание разлома и грида

к) Задаем разбиение на слои по вертикали: **Structural Modeling** → **Layering** → Задаем количество слоев → **Apply** → **Ok** → Грид 18x24x15 ячеек с разломом создан



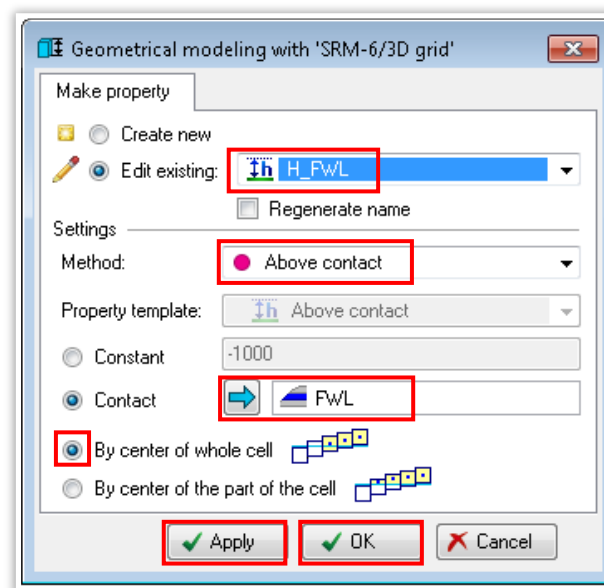
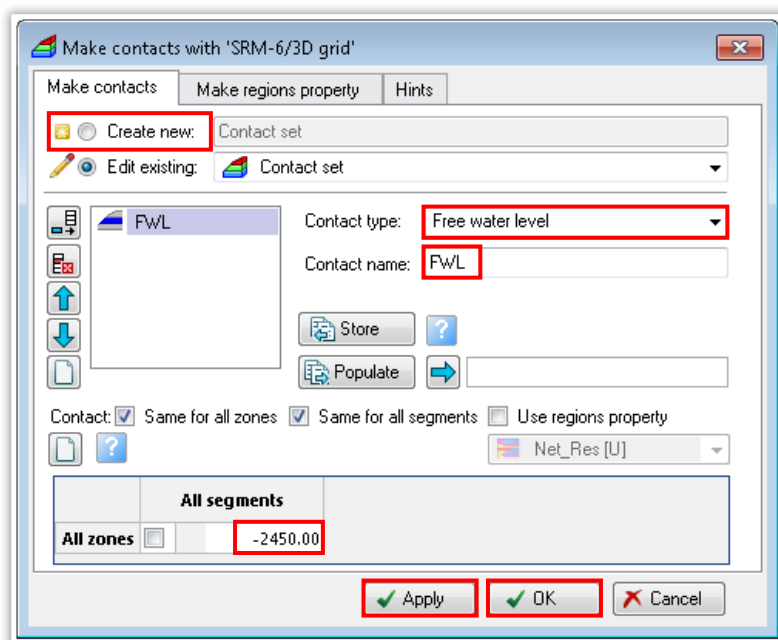
Задание 3CB

8. Задание 3CB (FWL)

a) Property **Modeling** → **Contacts** → Задаем параметры контактов → **Apply** → **Ok**

→ Объект **FWL** создан в папке **Fluid Contacts** во вкладке **Models**

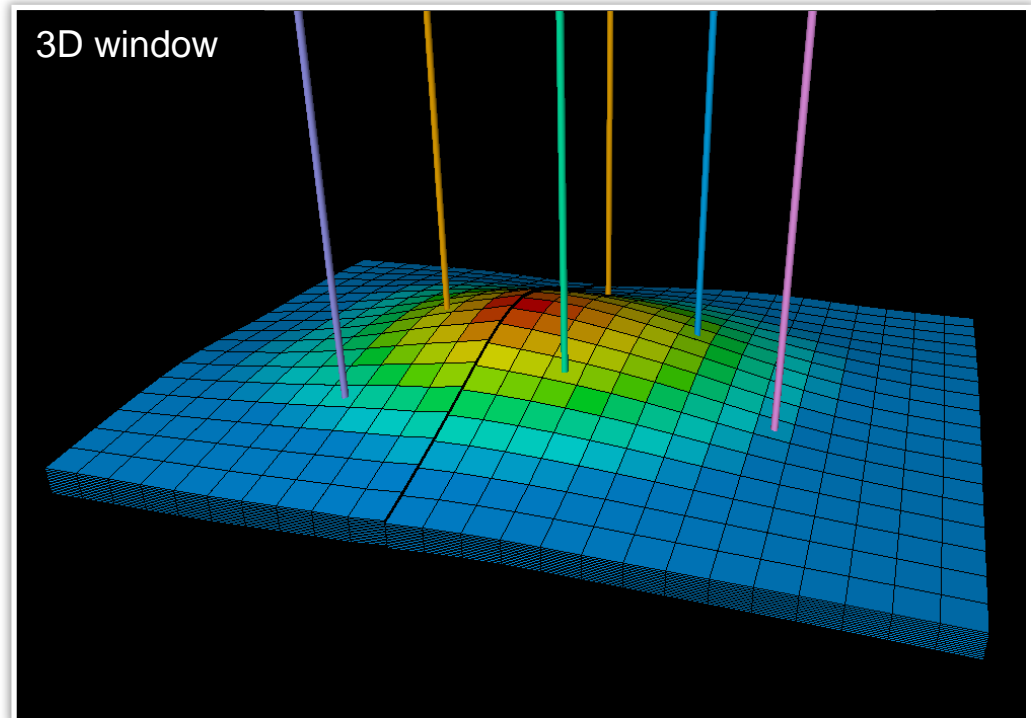
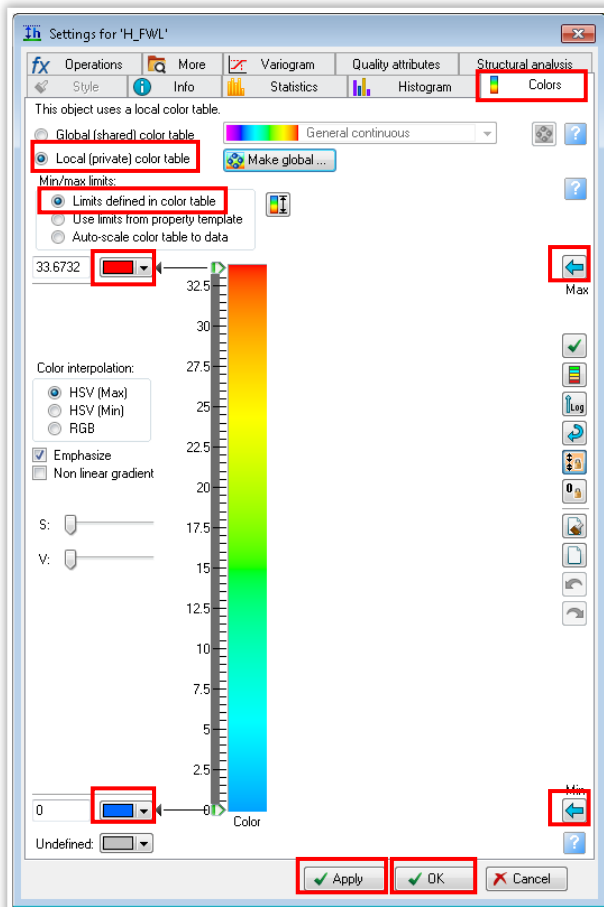
b) Для визуализации куба свойств в 3D окне создадим куб свойств высоты над уровнем FWL, который понадобится при последующих расчетах: **Property Modeling** → **Geometrical** → Выбираем Method **Above contact** и подаем на вход созданный **FWL** из вкладки **Models** → **Apply** → **Ok**



Задание 3СВ

8. Задание 3СВ (FWL)

- с) Переименуем созданный куб в Properties во вкладке **Models** в “H_FWL”
- д) Перейдем в 3D окно и отобразим куб свойств **H_FWL**
- е) Настроим цветовую шкалу: Правый клик по кубу H_FWL → **Settings** → **Colors**



Расчет ФЕС по скважинам

9. Расчет ФЕС по скважинам

а) Перейдем в окно **Well section window**

б) Правый клик на **Global well logs** в разделе **Wells** во вкладке **Input** → **Calculator** →

Рассчитаем **a_SP**, **Net_Res**, **Poro** и **Perm** по формулам → Рассчитанные кривые появятся во вкладке **Input** в папке **Global well logs** и в папках каждой скважины

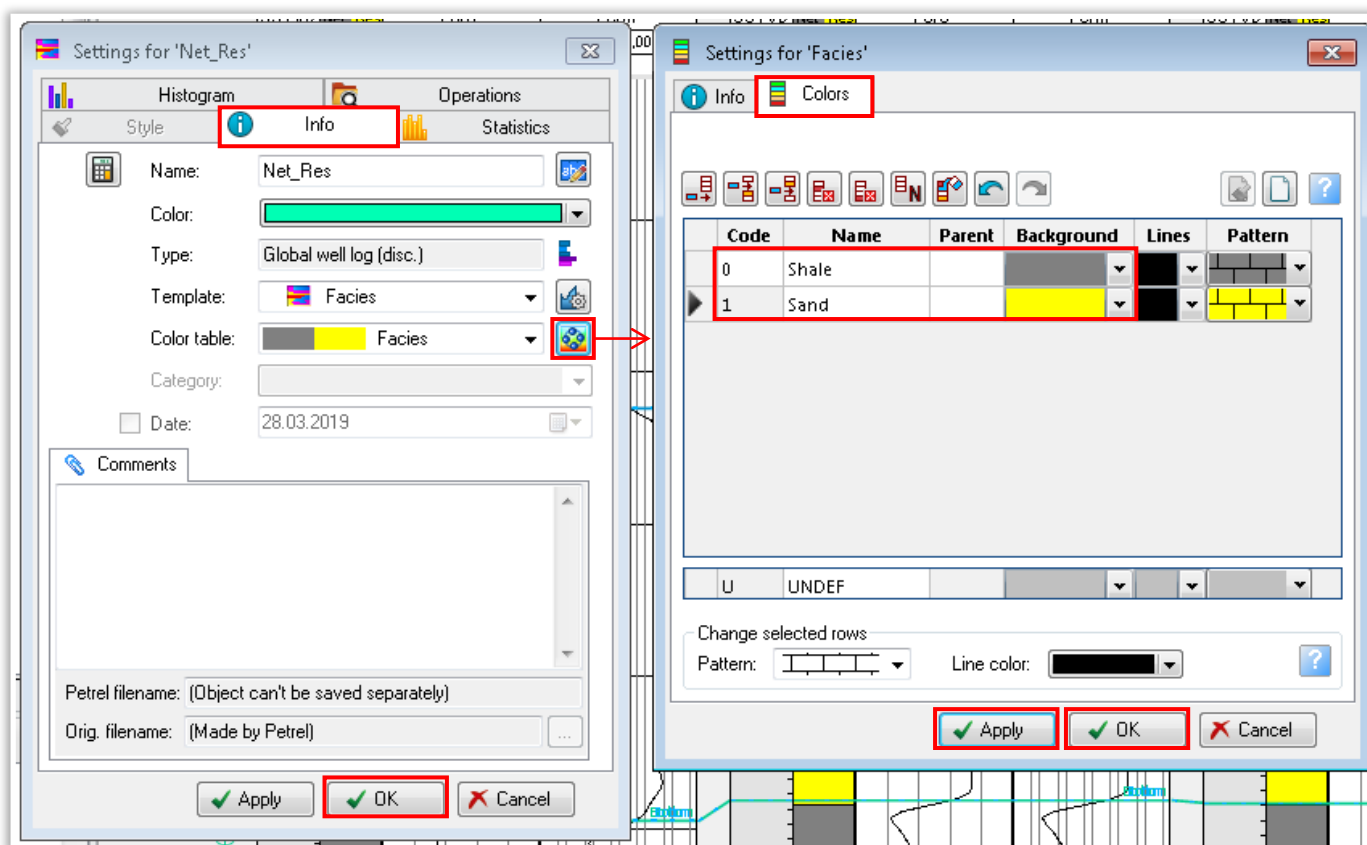
The image displays four sequential screenshots of the 'Calculator for Global well logs' window, illustrating the step-by-step calculation of various well log parameters. Each window shows a list of variables on the left, a formula input field at the top, and a 'Log settings' section at the bottom with options for 'Attach new to template', 'Resample existing', and 'Sample MD with'.

- First Screenshot:** The formula $a_{SP} = 1 - (SP_{min} / (SP_{max} - SP_{min}))$ is entered. The 'Attach new to template' is set to 'Spontaneous', 'Resample existing' is checked, and 'Sample MD with' is set to 'Specified (in m)' with an increment of 0.2. The 'ENTER' button is highlighted.
- Second Screenshot:** The formula $Net_Res = If(a_{SP} > 0.6, 1, 0)$ is entered. The 'Attach new to template' is set to 'Facies', 'Resample existing' is checked, and 'Sample MD with' is set to 'Specified (in m)' with an increment of 0.2. The 'ENTER' button is highlighted.
- Third Screenshot:** The formula $Poro = 0.175 * a_{SP} + 0.025$ is entered. The 'Attach new to template' is set to 'Porosity', 'Resample existing' is checked, and 'Sample MD with' is set to 'Specified (in m)' with an increment of 0.2. The 'ENTER' button is highlighted.
- Fourth Screenshot:** The formula $Perm = Exp(70 * Poro - 8.2)$ is entered. The 'Attach new to template' is set to 'Permeability', 'Resample existing' is checked, and 'Sample MD with' is set to 'Specified (in m)' with an increment of 0.2. The 'ENTER' button is highlighted.

Расчет ФЕС по скважинам

9. Расчет ФЕС по скважинам

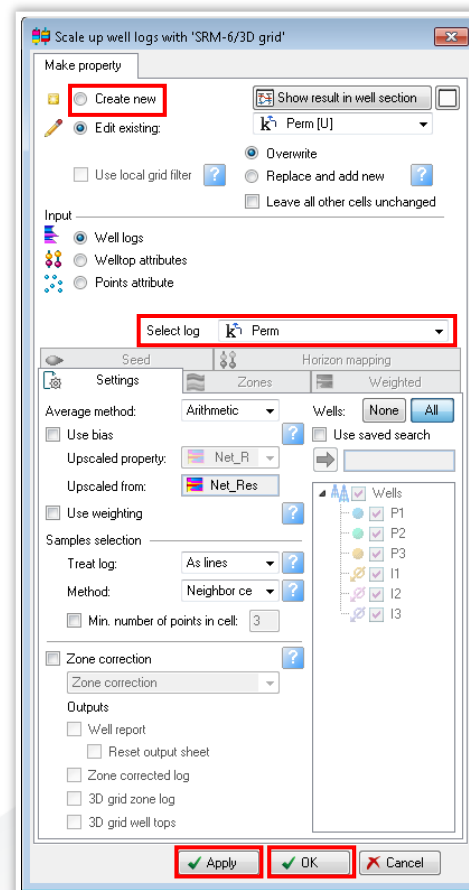
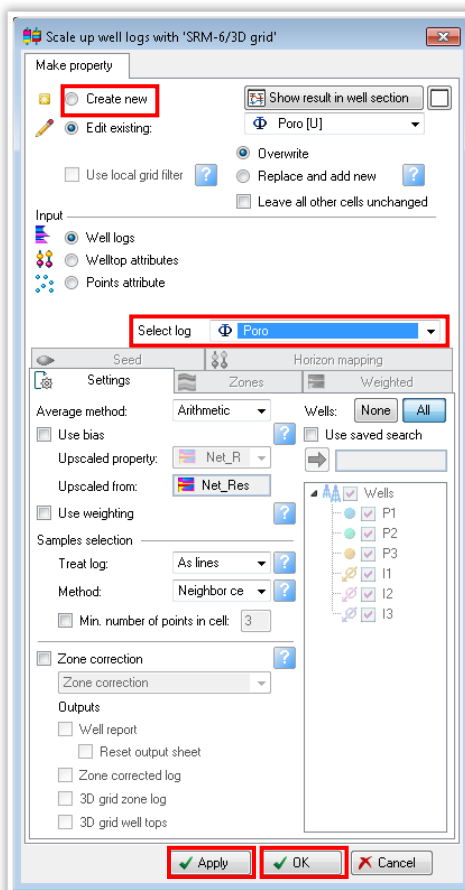
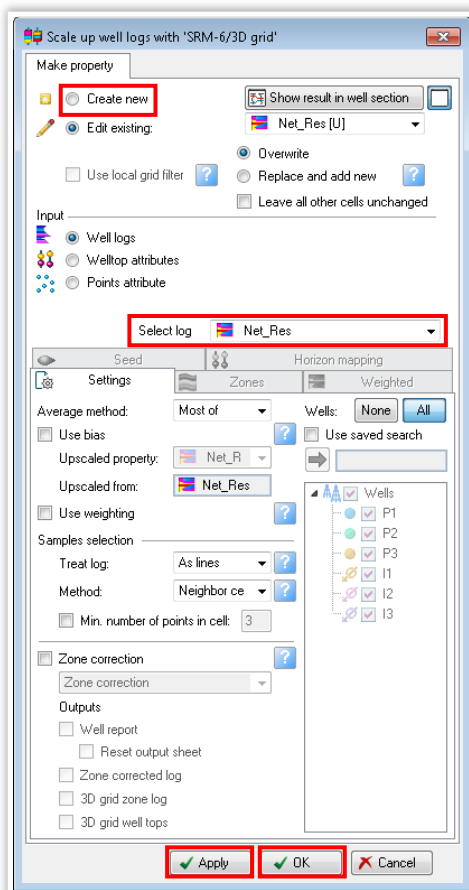
с) Настроим объект **Net_Res**: Правый клик по каротажу **Net_Res** → **Settings** → **Info** → Левый клик по **Color Table** → Настраиваем названия и цвета фаций → **Apply** → **Ok**



Задание кубов ФЕС

10. Задание кубов ФЕС

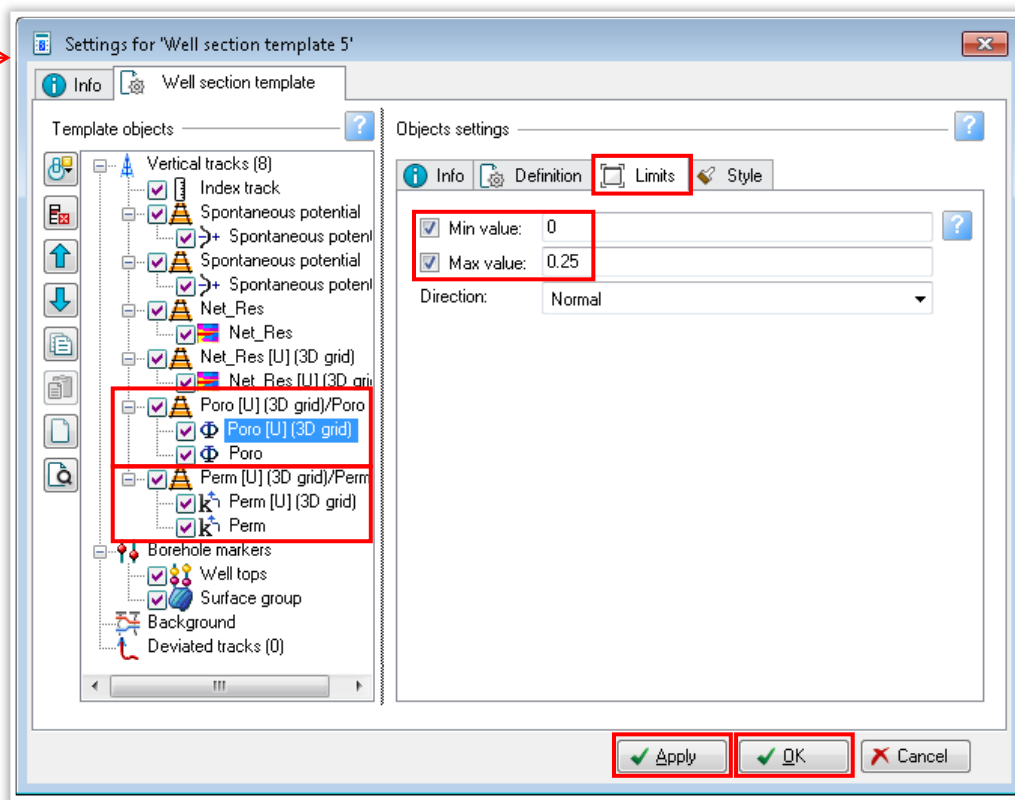
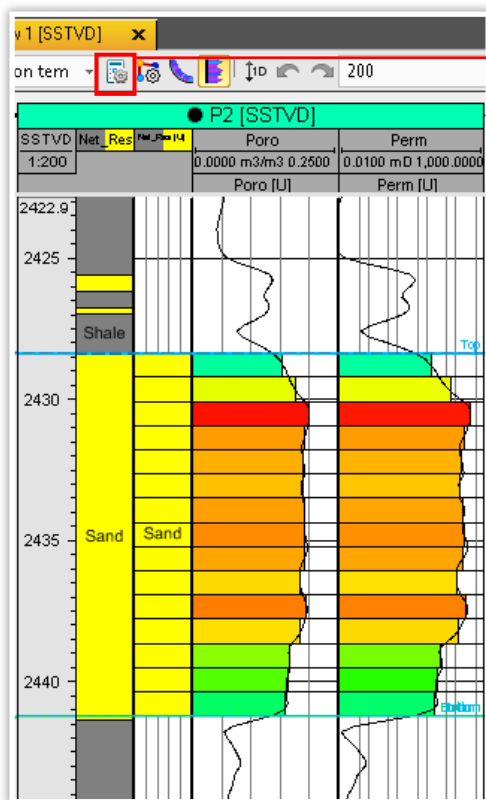
а) Произведем апскейлинг свойств **Net_Res**, **Poro** и **Perm** на ячейки модели, в которых расположены скважины: **Property Modeling** → **Well log upscaling** → Настраиваем параметры апскейлинга → **Apply** → **Ok**



Задание кубов ФЕС

10. Задание кубов ФЕС

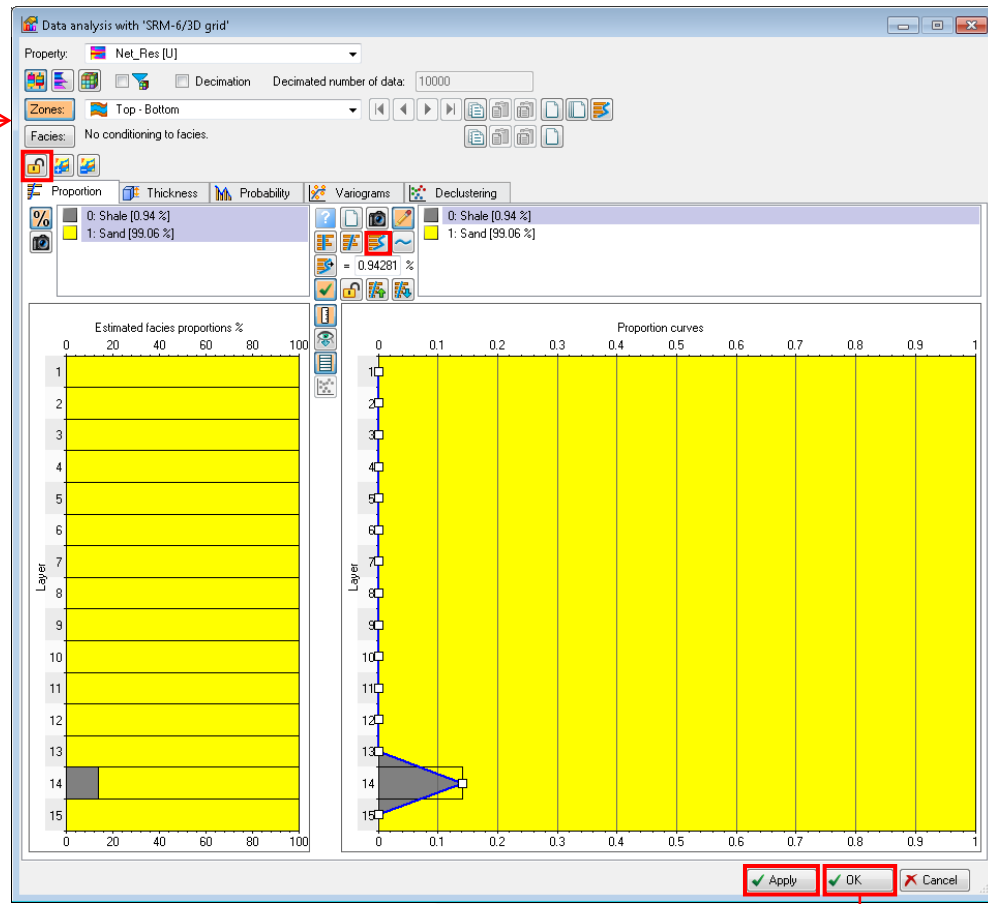
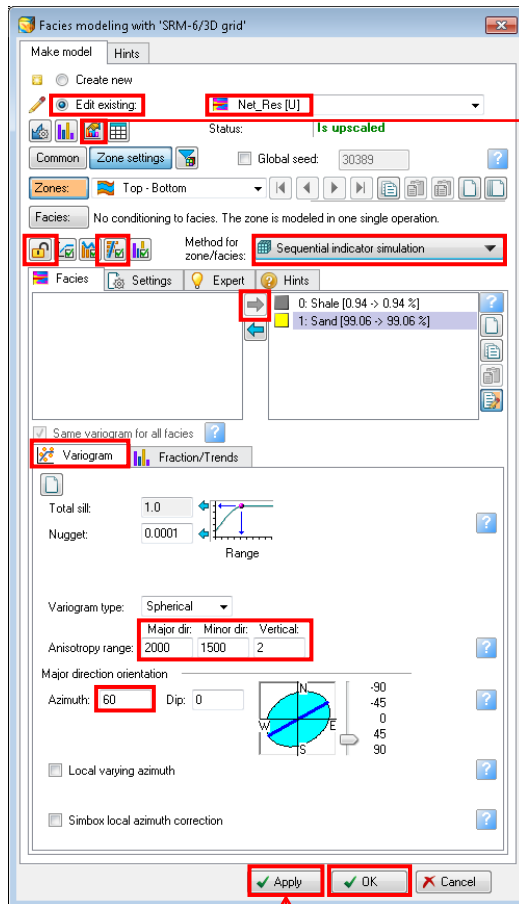
б) Для проверки результата разместим кривые и апскейленные свойства на одних и тех же треках, а так же настроим границы отображения и цветовые шкалы (для кубов)



Задание кубов ФЕС

10. Задание кубов ФЕС

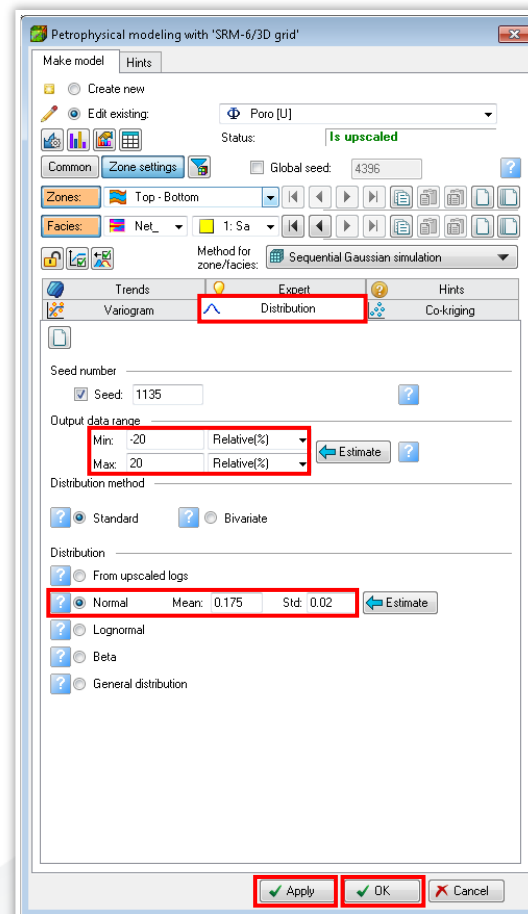
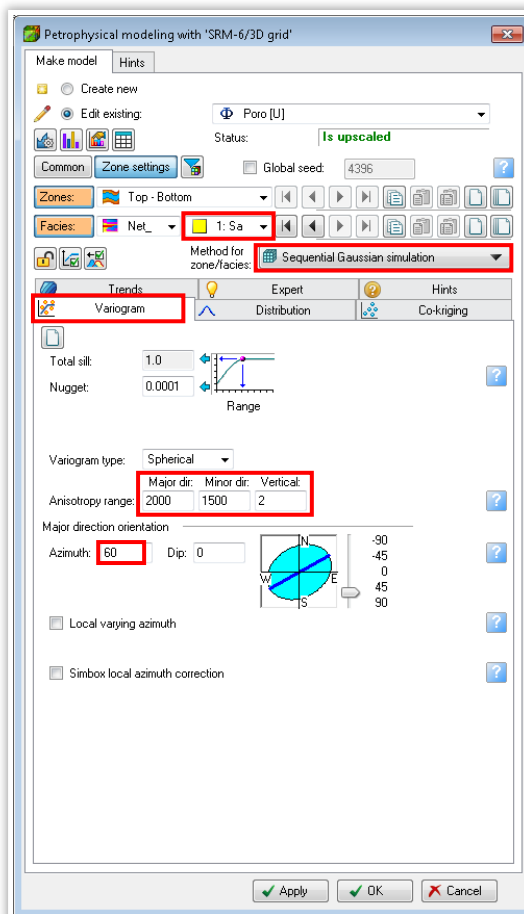
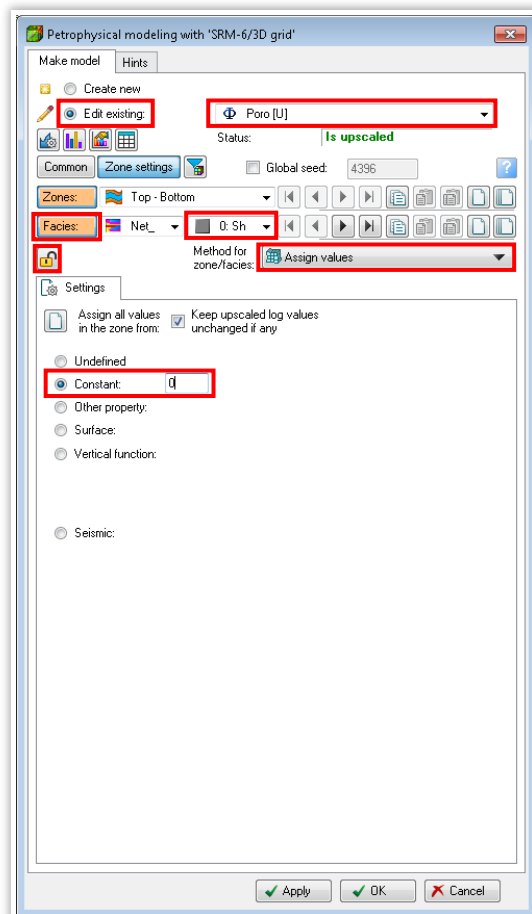
с) Задание куба коллектора: **Property Modeling** → **Facies** → Настройка параметров → **Apply** → **Ok** → Свойство **Net_Res[U]** теперь распределено по всему кубу модели



Задание кубов ФЕС

10. Задание кубов ФЕС

d) Задание куба пористости: **Property Modeling** → **Petrophysical** → Настройка параметров → **Apply** → **Ok** → Свойство **Poro[U]** теперь распределено по всему кубу модели



Задание кубов ФЕС

10. Задание кубов ФЕС

е) Задание куба проницаемости: **Property Modeling** → **Petrophysical** → Настройка параметров → **Apply** → **Ok** → Свойство **Perm[U]** теперь распределено по всему кубу модели

*Присваиваем значения 0 для фации Shale аналогично с кубом пористости

The image displays three sequential screenshots of the 'Petrophysical modeling with 'SRM-6/3D grid'' software interface, illustrating the steps to configure permeability (Perm[U]) for a 3D grid.

Screenshot 1: Make model tab
 - **Make model** tab is active.
 - **Edit existing:** Perm [U]
 - **Status:** Is upscaled
 - **Global seed:** 30244
 - **Zones:** Top - Bottom
 - **Facies:** Net_ (highlighted)
 - **Method for zone/facies:** Sequential Gaussian simulation
 - **Variogram** tab is selected in the bottom panel.
 - **Variogram type:** Spherical
 - **Major dir:** 2000, **Minor dir:** 1500, **Vertical:** 2 (highlighted)
 - **Major direction orientation:** Azimuth: 60, Dip: 0 (highlighted)

Screenshot 2: Distribution tab
 - **Distribution** tab is selected in the bottom panel.
 - **Seed number:** 3592
 - **Output data range:** Min: 1, Max: 500 (highlighted)
 - **Distribution method:** Standard (selected)
 - **Distribution:** From upscaled logs (highlighted)

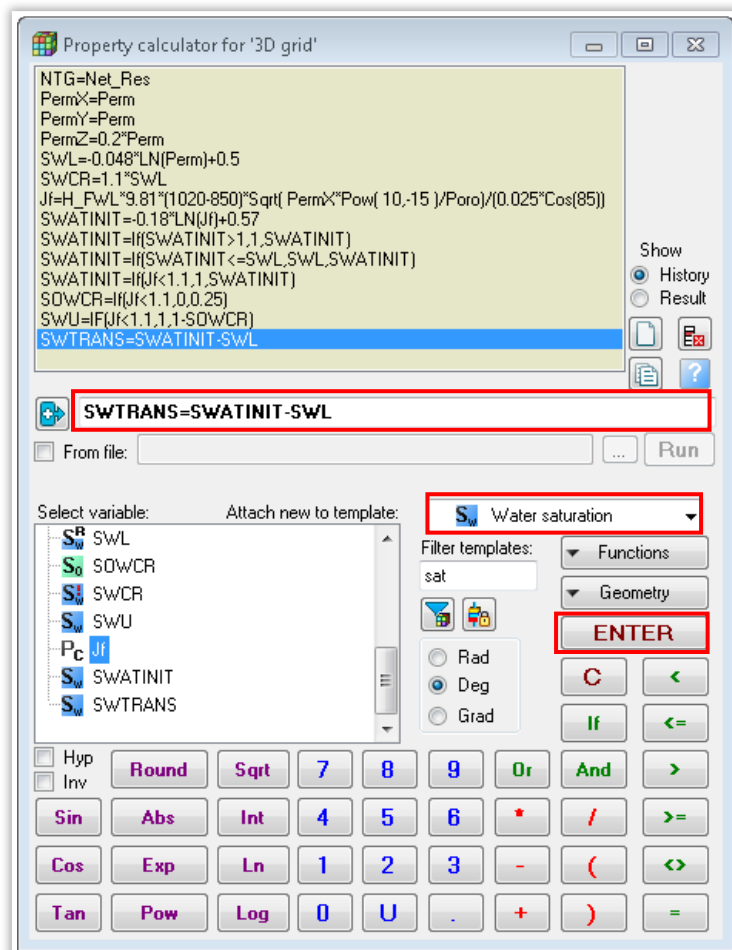
Screenshot 3: Co-kriging tab
 - **Co-kriging** tab is selected in the bottom panel.
 - **Secondary variable:** Volume (selected)
 - **Method:** Collocated co-kriging (selected)
 - **Coefficient:** Constant, 0.99 (highlighted)
 - **Secondary variable transformation:** Normal score transform (selected)

Задание кубов ФЕС

10. Задание кубов ФЕС

ф) Задание недостающих кубов с помощью калькулятора свойств (**один из методов**):

Property Modeling → **Calculator** → Задание формулы и выбор правильного шаблона → **Enter**



Зависимости

$$\varphi = 0.175\alpha_{sp} + 0.025$$

$$\ln k = 70\varphi - 8.2$$

$$S_{wc} = -0.048\ln k + 0.5$$

$$J_f = \frac{\Delta\rho g \Delta h \sqrt{k/\varphi}}{\sigma \cos\theta}$$

$$S_w = -0.11\ln J_f + 0.48$$

Кубы свойств

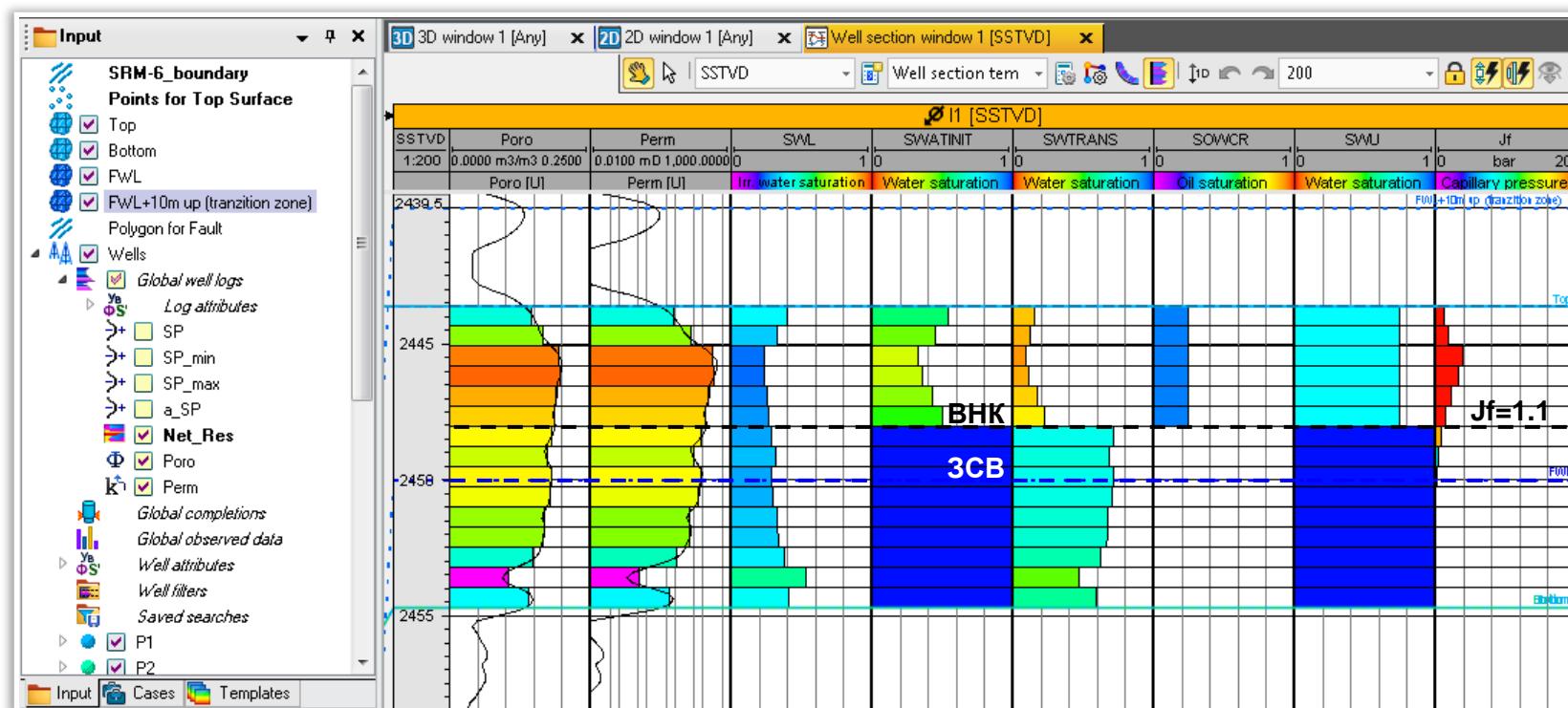
Properties	
H_FWL	- Высота над уровнем ЗСВ
Net_Res [U]	- Коллектор (формат "фации")
Porosity [U]	- Пористость
Perm [U]	- Проницаемость
NTG	- Коллектор (формат "Net/Gross")
PermX	- Проницаемость в направлении X
PermY	- Проницаемость в направлении Y
PermZ	- Проницаемость в направлении Z
SWL	- Связанная водонасыщенность
SOWCR	- Остаточная нефтенасыщенность
SWCR	- Критическая водонасыщенность
SWU	- Максимальная водонасыщенность
Jf	- J-функция
SWATINIT	- Начальная водонасыщенность
SWTRANS	- Подвижная водонасыщенность

***Значение Jf=1.1 соответствует входному капиллярному давлению и позволяет моделировать ВНК**

Задание кубов ФЕС

10. Задание кубов ФЕС

г) Для проверки отобразим кубы **SWL**, **SWATINIT**, **SWTRANS**, **SOWCR**, **SWU**, **Jf** в окне **Well section window**, настроив шкалы насыщенностей от 0 до 1 и Jf от 0 до 20.



Задание пластовых флюидов

11. Задание пластовых флюидов

а) Reservoir Engineering

→ Fluid model → Use presets

→ Dead oil → Настройка параметров → Apply → Ok

→ Пластовые флюиды заданы (папка Fluids в Input)

Make fluid model

Create new: Dead oil

Model type: Black oil

General Gas Oil Water Initial conditions

Phases

Gas Oil Water

Known separator conditions

Pressure: bar Temperature: degC

Reservoir conditions

Minimum pressure: 50.0000 bar Maximum pressure: 500 bar

Temperature: 80.00 degC Reference pressure: 241.3583 bar

API tracking

Brine tracking

Use presets

Apply OK Cancel

Make fluid model

Create new: Dead oil

Model type: Black oil

General Gas Oil Water Initial conditions

Density: 850.0000 kg/m3

Gravity: 34.80644 dAPI

Bubble point pressure: 50 bar

Solution gas/oil ratio: sm3/sm

Create tables from correlations

Table entries: 20

Bubble-point pressure: (default)

Solution gas/oil ratio: (default)

Formation volume factor: (default)

Density: (default)

Stock tank viscosity: (default)

Saturated viscosity: (default)

Undersaturated viscosity: (default)

Apply OK Cancel

Make fluid model

Create new: Dead oil

Model type: Black oil

General Gas Oil Water Initial conditions

Use contact set

Target number of initial conditions: 5

Surface elevation: 0.00 m

Fill table from contact

Name	Unit	Region
Pressure	bar	241.3583
Datum depth	m	-2450.00
Water contact	m	-2450.00
Pc at water contact	bar	0.0000

Apply OK Cancel

Задание ОФП

12. Задание ОФП

а) **Reservoir Engineering** → **Rock physics** → Настройка параметров во вкладках **Saturation** → **Apply** → **Ok** → ОФП задана (папка **Rock physics functions** в **Input**)

Make rock physics functions

Saturation | Compaction | Adsorption | J-function parameters

Create new: []
Edit existing: Shaly sand

Use presets

Table parameters:

Phases: Gas [] Oil [x] Water [x]

Relative permeability

Use correlation [x]

Table entries: 20

Sgcr: 0.1 Sorw: 0.01 Swmin: 0
Corey gas: 6 Sorg: 0.25 Swcr: 0
Krg@Swmin: 0.8 Corey O/W: 5 Corey water: 1.2
Krg@Sorg: 0.7 Corey O/G: 3 Krw@Sorw: 0.7
Kro@Somax: 1 Krw@S=1: 1

Capillary pressure

Use correlation for oil-water []

Table entries: 11

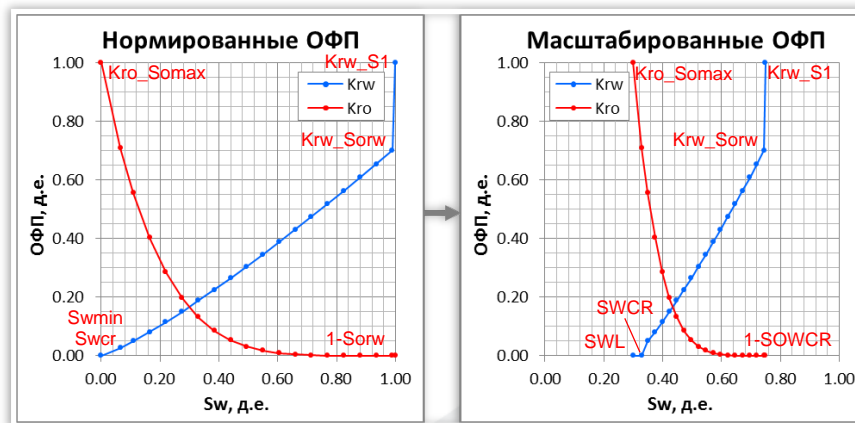
Max Pc: 0.89631845 bar Sw@Pc=0: 0.65
Bro/Cor ao: 2.49 Bro/Cor aw: 2.49

Use J-function for oil-water [] Use J-function for gas-oil []

a: 30.795
b: -0.0553

Apply OK Cancel

Параметр	Знач.	Комментарий
Swmin	0.00	Связанная водонасыщенность
Swcr	0.00	Критическая водонасыщенность
Sorw	0.01	Остаточная нефтенасыщенность
Corey_O_W	5.00	Степень уравнения Кори по нефти
Corey_water	1.20	Степень уравнения Кори по воде
Krw_Sorw	0.70	Концевая точка ОФП по воде Krw при Sorw
Krw_S1	1.00	Макс. ОФП по воде Krw при Sw=1
Kro_Somax	1.00	ОФП по нефти Kro при макс. при So



$$Sw_{scaled} = Sw_{norm}(1 - SOWCR - SWL) + SWL$$

***ОФП будут масштабироваться на каждую ячейку на значения рассчитанных кубов SWL, SWCR, SOWCR**

Задание сжимаемости породы

13. Задание сжимаемости породы

a) **Reservoir Engineering** → **Rock physics** → Настройка параметров во вкладке **Compaction** → **Apply** → **Ok** → Сжимаемость породы задана (папка **Rock physics functions** в **Input**)

The screenshot shows the 'Make rock physics functions' dialog box with the 'Compaction' tab selected. The following parameters are highlighted with red boxes:

- Compaction** (tab)
- Consolidated sandstone** (rock type)
- Use presets** (dropdown)
- Table entries**: 20
- Minimum pressure**: 100 bar
- Maximum pressure**: 600 bar
- Reference pressure**: 400 bar
- Porosity**: 0.18
- Apply** button
- OK** button

Задание заканчивания скважин

14. Задание заканчивания скважин

a) **Well Engineering** → **Automated design** → Настройка параметров → **Run** → **Ok** →
 Поочередное создание заканчиваний скважин в соответствии с заданными датами
 → Во вкладке **Input** у каждой скважины появится подпапка **Completions**

Скважина	Бурение
P1	01.01.2010
I2	01.07.2010
P2	01.01.2011
I3	01.07.2011
P3	01.01.2012
I1	01.07.2012

The screenshot shows the 'Well completion design' window. In the 'Operations' section, 'Create new: Completion operations' is selected. The 'Settings' section has a table with 'Operation' and 'Run' columns. The 'Advanced' section is expanded, showing a table with 'Type', 'Property', 'Condition', 'Value', and 'Combine' columns. The 'Run' button is highlighted.

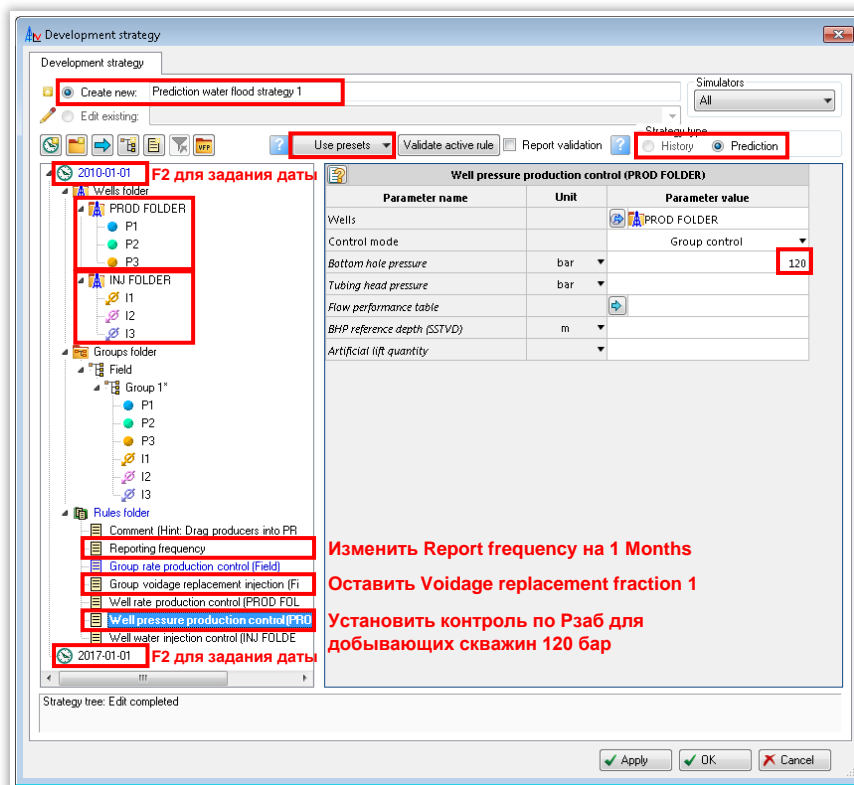
Operation	Run
Create completion events	<input checked="" type="checkbox"/>

Type	Property	Condition	Value	Combine
1	NTG	=	1.000	AND

Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

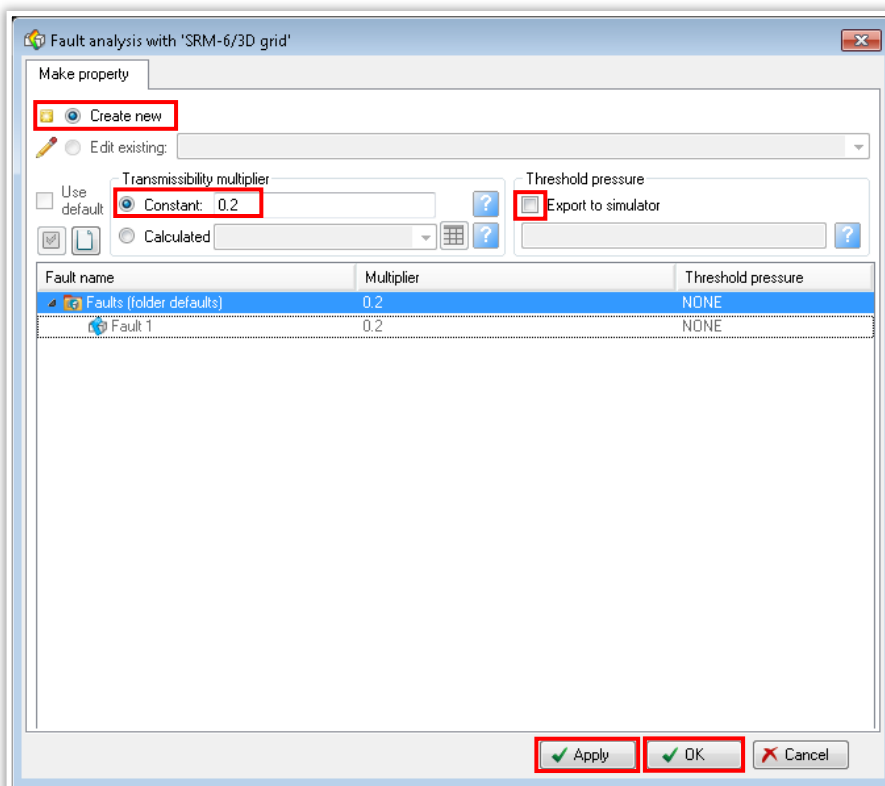
а) Для создания Truth Case с “истинными” значениями параметров модели сначала нужно рассчитать модель “на прогноз” с заданными забойными давлениями. Для этого нужно создать объект **Development strategy** с датами моделирования **2010.01.01 до 2017.01.01**. **Well Engineering** → **Development strategy** → Настройка параметров → **Apply** → **Ok**
→ Во вкладке **Input** появится папка **Development strategies**



Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

b) Зададим в качестве настроечного параметра (обладающего неопределенностью) проводимость разлома. Для Truth Case “истинная” проводимость разлома будет **0.2**.
Reservoir Engineering → **Assign multiplier** → Настройка параметров → **Apply** → **Ok**
 → Во вкладке **Models** папке **3D grid – Fault – Fault properties** появится объект **Transmissibility multiplier** со значением 0.2

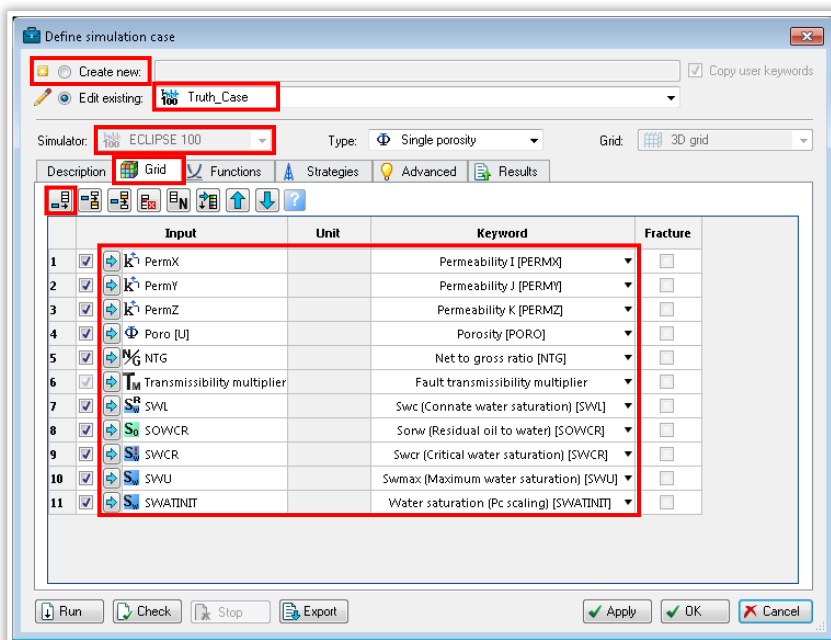


Создание Truth Case

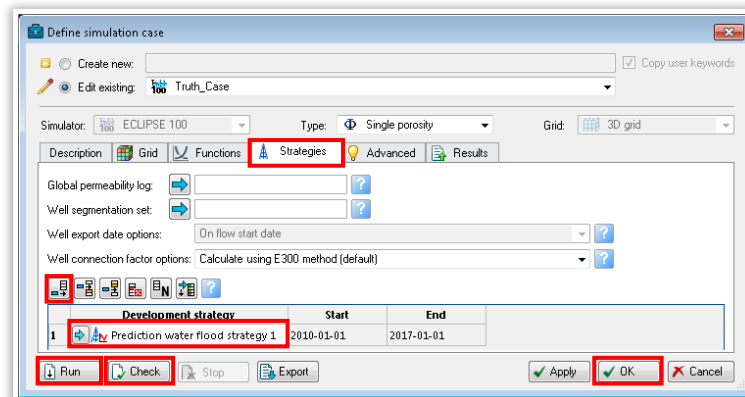
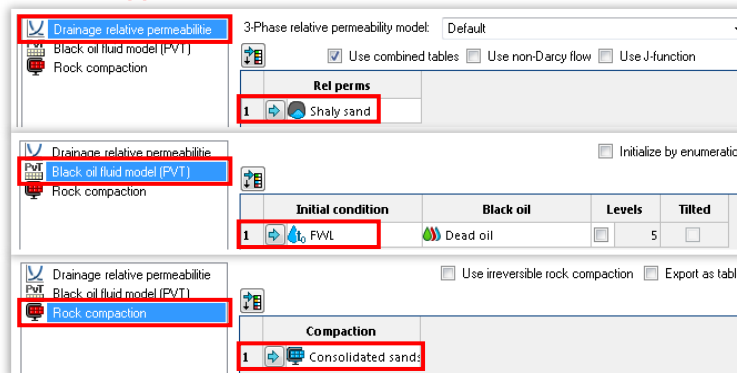
15. Создание Truth Case

с) Рассчитаем **Truth Case** модель при проводимости разлома **0.2**:

Simulation → **Define case** → Настройка параметров → **Check** (инициализация)
→ **Run** (расчет) → **Ok** (закрыть окно) → **Truth_Case** рассчитан (появился во вкладке **Cases**),
в папке с проектом Петрель появилась папка **SRM-6.sim** с результатами расчетов



Во вкладке Functions



Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

d) Пересчитаем Truth Case с добавленными переменными результатов:

Simulation → Define case → Advanced → Editor → Добавление переменных → Apply → Ok → Run → Ok → Truth_Case рассчитан со всеми необходимыми для аналитики переменными (новые кейсы будут автоматически основаны на этом шаблоне)

Выбираем переменные:

FWITH	WWCT
FWIT	WWITH
FWIRH	WWIT
FWIR	WWIRH
FWPTH	WWIR
FWPT	WWPRH
FWPRH	WWPR
FWPR	WOPTH
FOPTH	WOPTH
FOPT	WOPRH
FOPRH	WOPR
FOPR	WGPTH
WBP9	WGPT
FGPTH	WGPRH
FGPT	WGPR
FGPRH	WLPTH
FGPR	WLPT
FLPTH	WLPRH
FLPT	WLPR
FLPRH	WBHP
FLPR	WBHPH
FPR	FWCTH
WWCTH	FWCT

Создание Truth Case

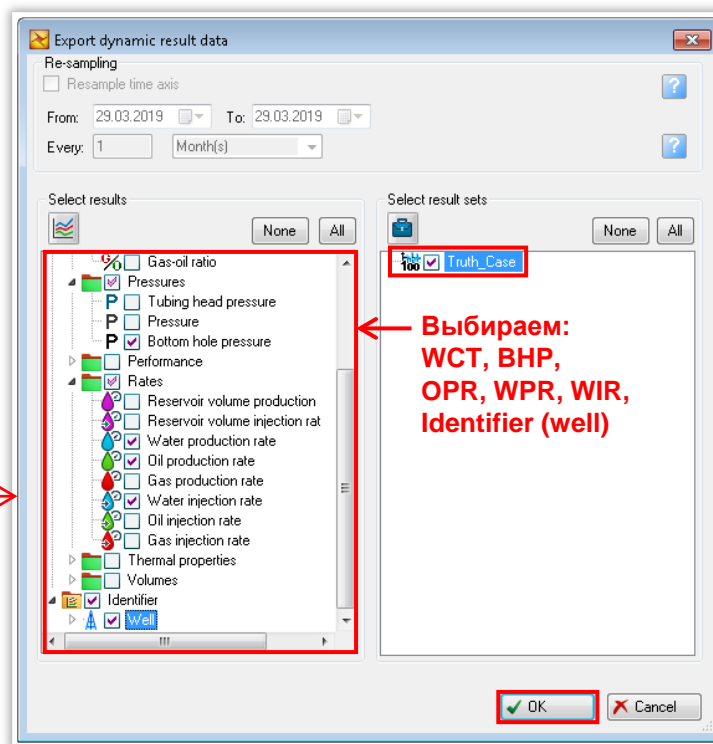
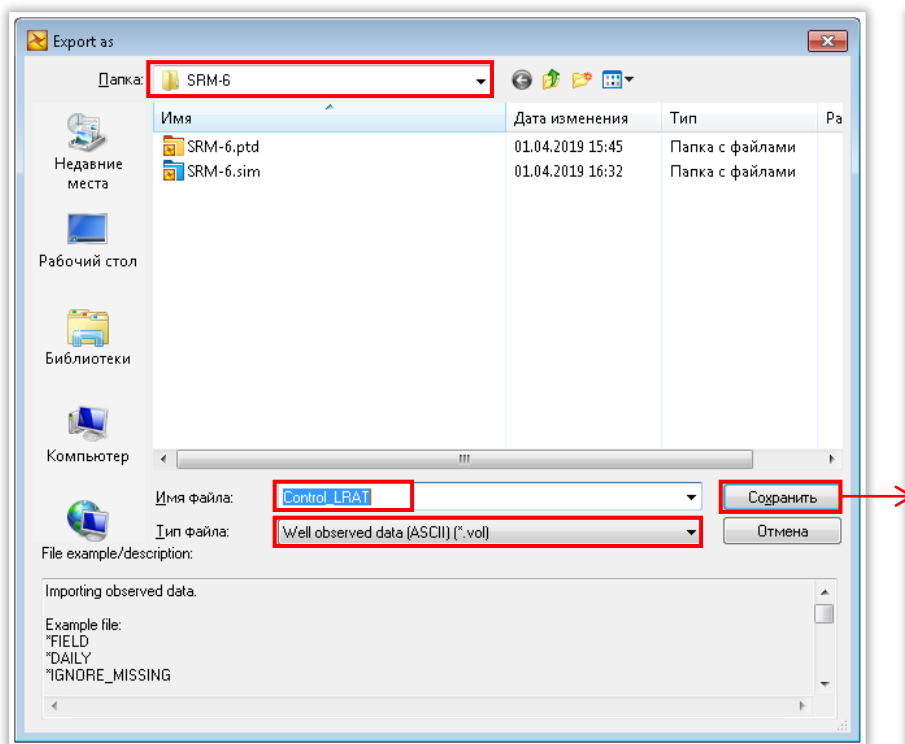
15. Создание Truth Case

е) Выгрузим результаты расчетов **Truth_Case** в формате **.vol** для последующего использования в качестве контроля по жидкости для **Development strategy**:

Вкладка **Results** → Папка **Dynamic results data** → Раскрыть папку **Rates** (можно любую)

→ Правый клик по любому дебиту внутри → Левый клик по **Export object** → Указываем путь, формат и имя для сохранения → **Сохранить** → Выбираем необходимые данные → **Ok**

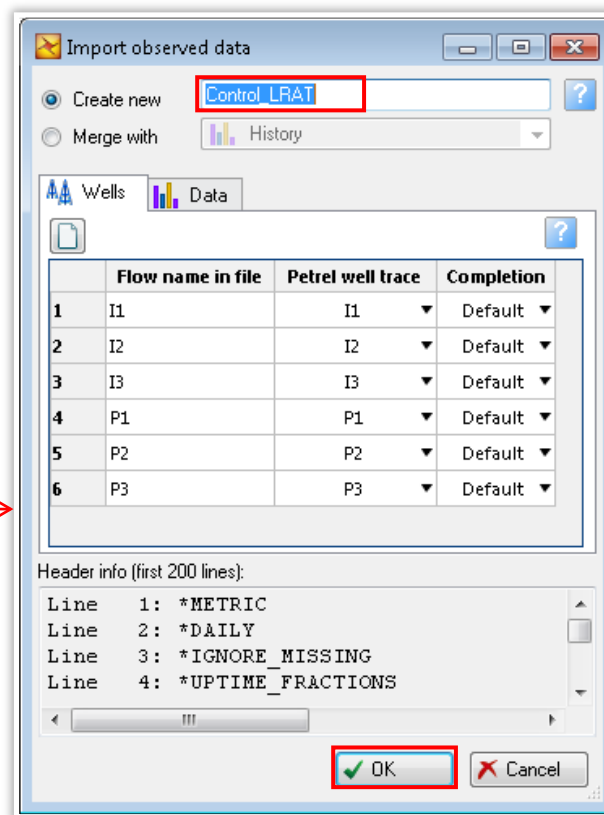
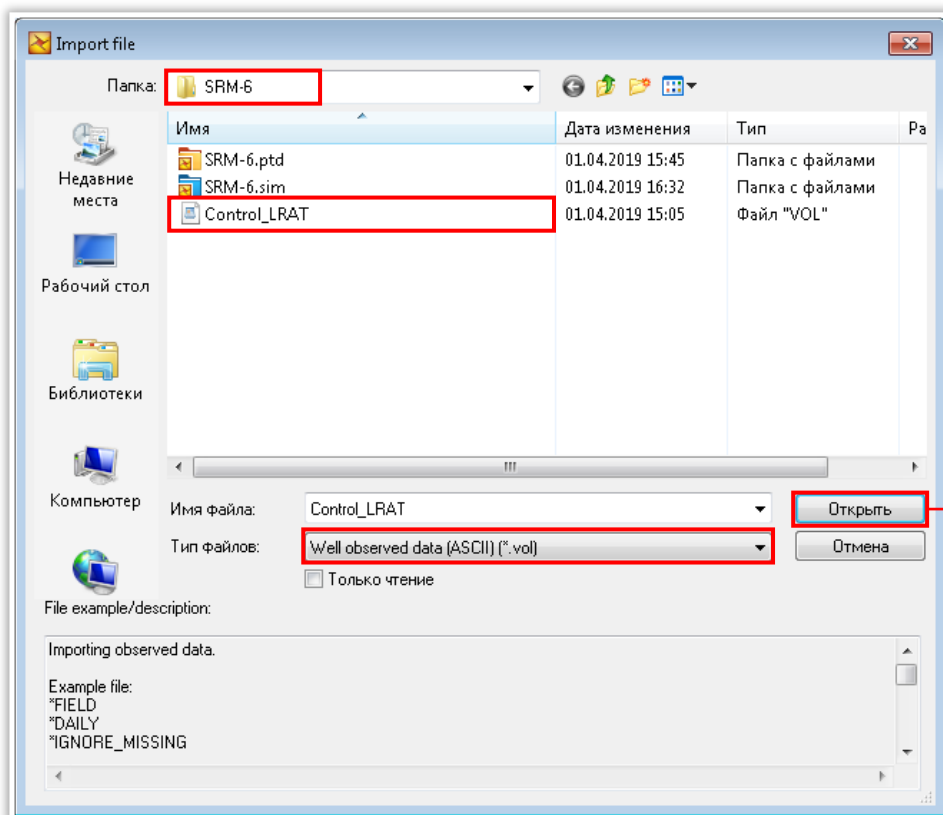
→ Файл **Control_LRAT.vol** сохранится в указанной папке



Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

f) Загрузим **Control_LRAT.vol** для использования в качестве контроля для **Development strategy**: Вкладка **Input** → Правый клик по **Wells** → Левый клик по **Import (on selection)** → Указать путь к **Control_LRAT.vol** → Выбрать файл → **Открыть** → Ok
→ Данные загружены во складку **Input**



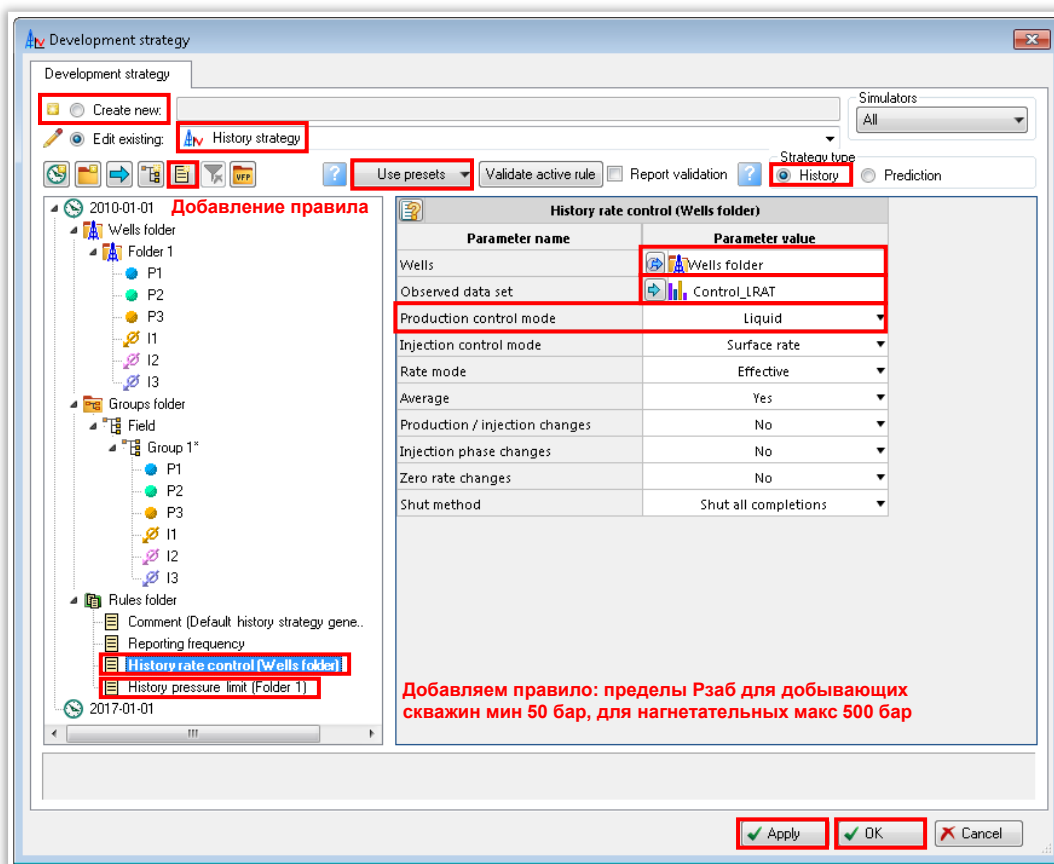
Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

g) Создадим Development strategy типа History с контролем по жидкости

Well Engineering → **Development strategy** → Настройка параметров → **Apply** → **Ok**

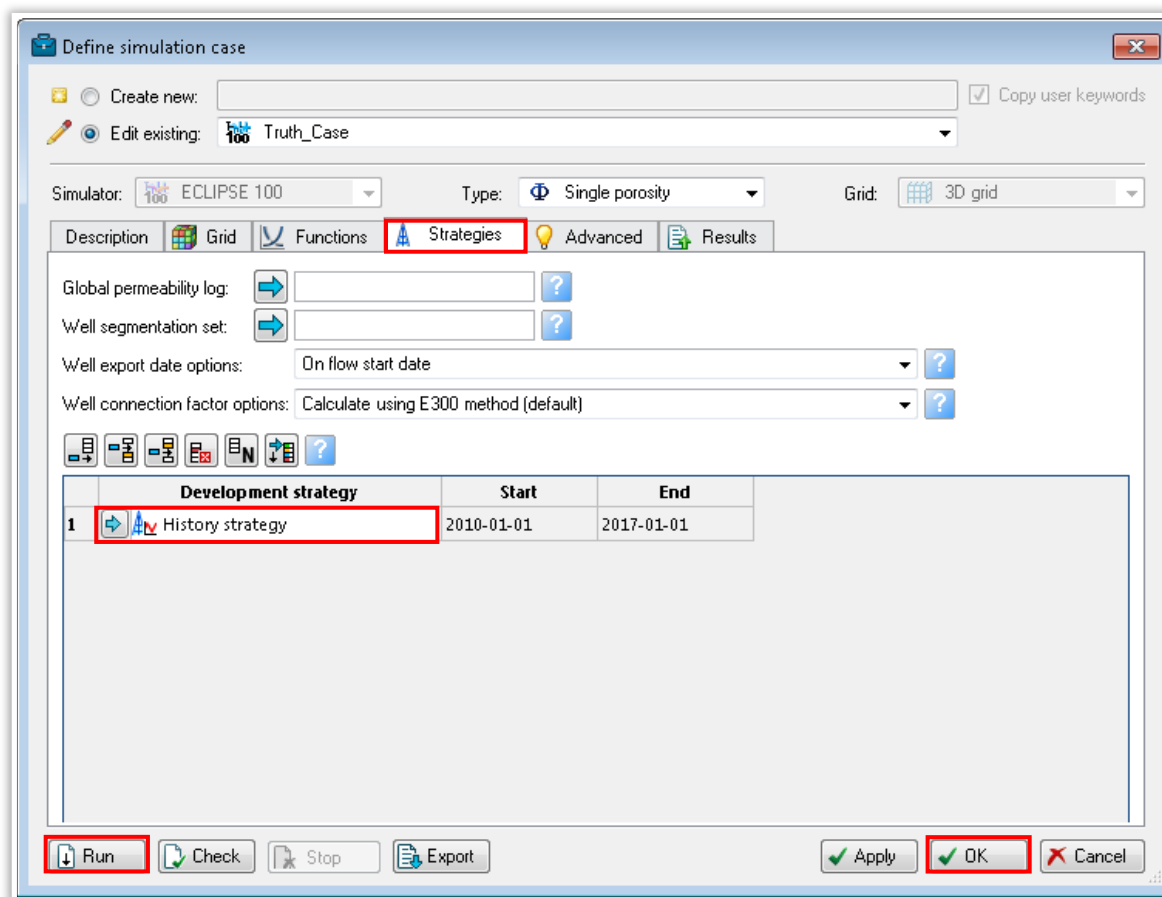
→ Во вкладке **Input** в папка **Development strategies** появится объект **History strategy**



Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

h) Пересчитываем Truth Case, указав Development strategy **History strategy**
Simulation → **Define case** → Настройка параметров → **Run** → **Ok**



Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

- i) Выгрузим результаты расчета **Truth Case** как **History.vol**, выбрав параметры: **WCT, BHP, OPR, WPR, WIR, Identifier (well)**
- j) Загрузим файл **History.vol** в качестве синтетической истории для скважин, с которой будут сравниваться расчеты по адаптации.

*Данную операцию с созданием синтетической истории после создания файла для контроля по жидкости мы выполнили по причине того, что Development strategy типов Prediction и History работают несколько по-разному. В данном случае, мы получили аналог исторических данных, на которые можно адаптировать несадаптированную модель.

*В любых расчетах контроль по жидкости устанавливается данными в файле **Control_LRAT.vol**

Создание Truth Case

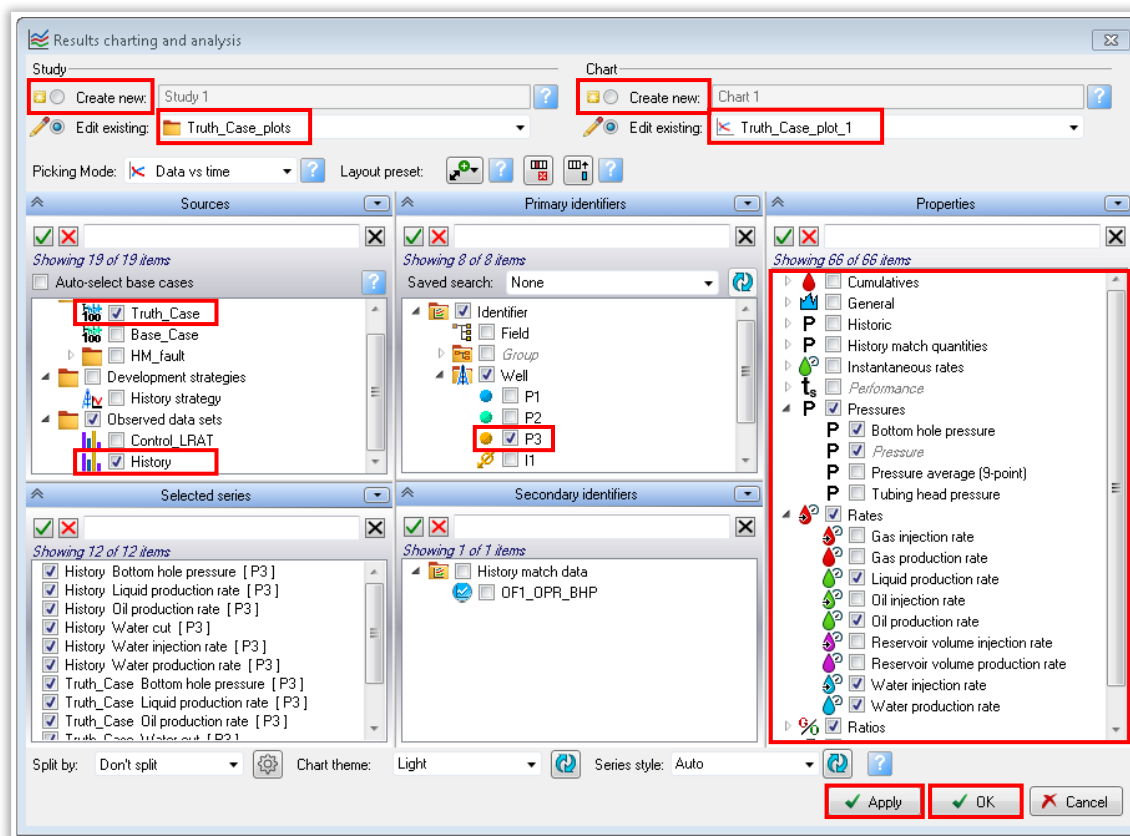
15. Создание Truth Case

к) Визуализируем рассчитанные показатели разработки залежи:

Home → Window → Charting window → Левый клик

Simulation → Results charting → Левый клик → Настройка параметров → **Apply → Ok**

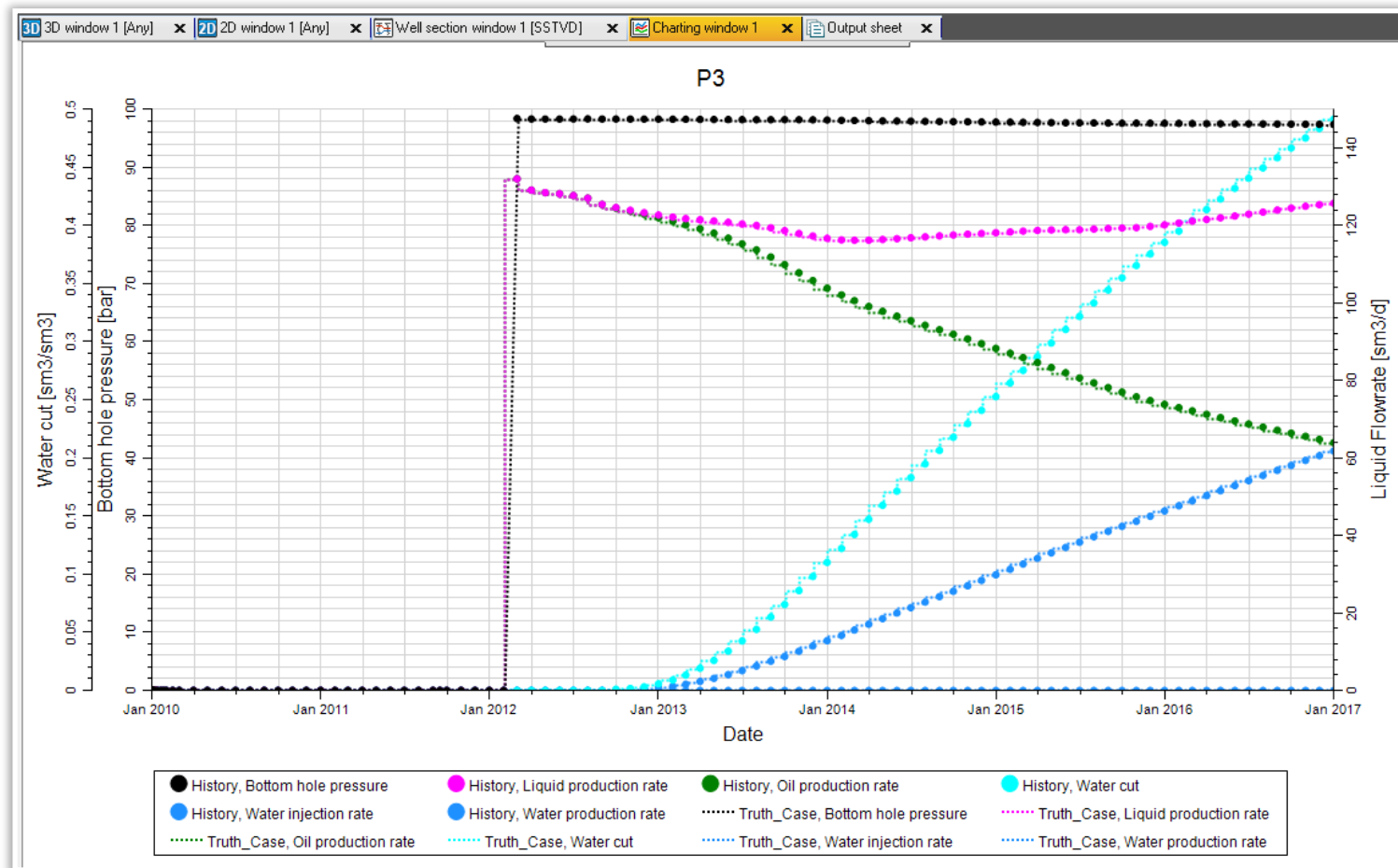
→ Шаблоны графиков сохранятся во вкладке **Results** в папке **Results charts and analyses**



Создание Truth Case

15. Создание Truth Case

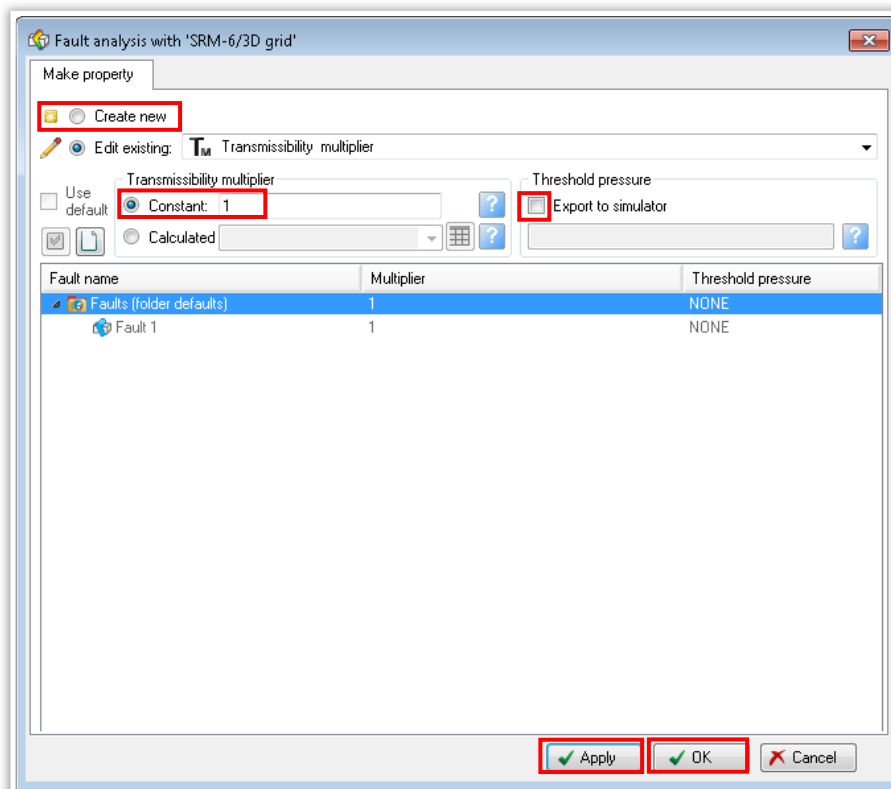
1) Построенные графики можно наблюдать на вкладке **Charting window**



Создание Base Case

16. Создание Base Case

а) **Base Case** – модель в первом приближении для процесса адаптации. Для создания **Base Case** изменим проводимость разлома на **1**. В процессе автоматизированной адаптации алгоритму необходимо будет итеративно подобрать истинную проводимость разлома (**0.2**).
Reservoir Engineering → **Assign multiplier** → **Edit existing** → Изменить **Transmissibility multiplier constant** на **1** → **Apply** → **Ok**

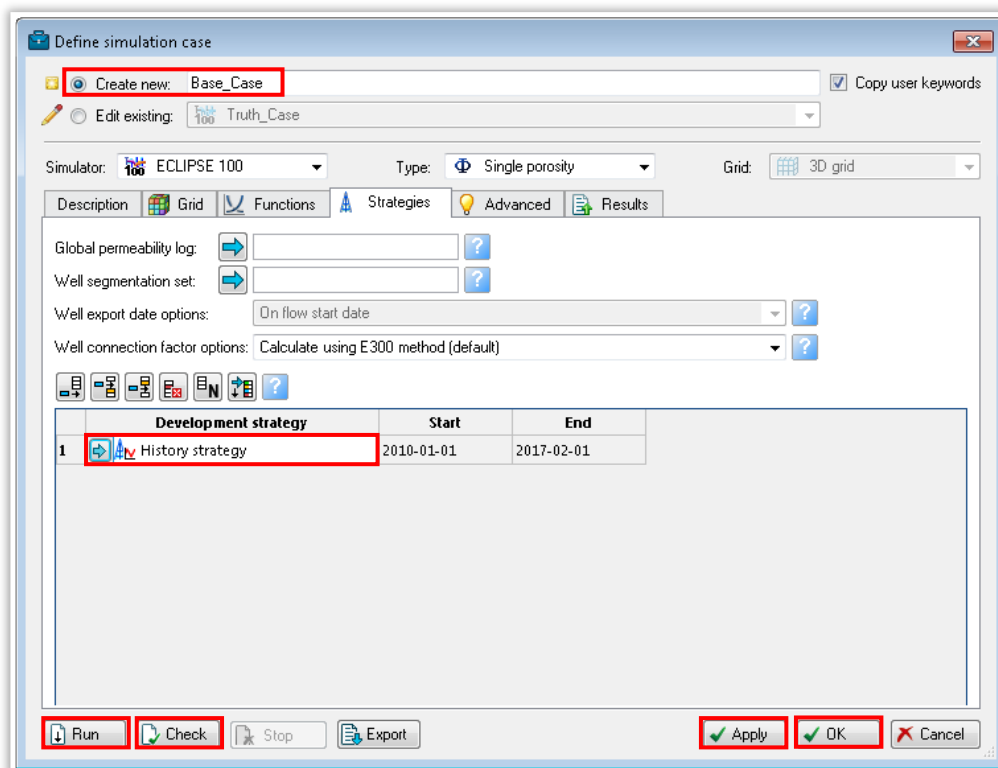


Создание Base Case

16. Создание Base Case

b) Рассчитаем **Base Case** модель при измененной проводимости разлома 1:

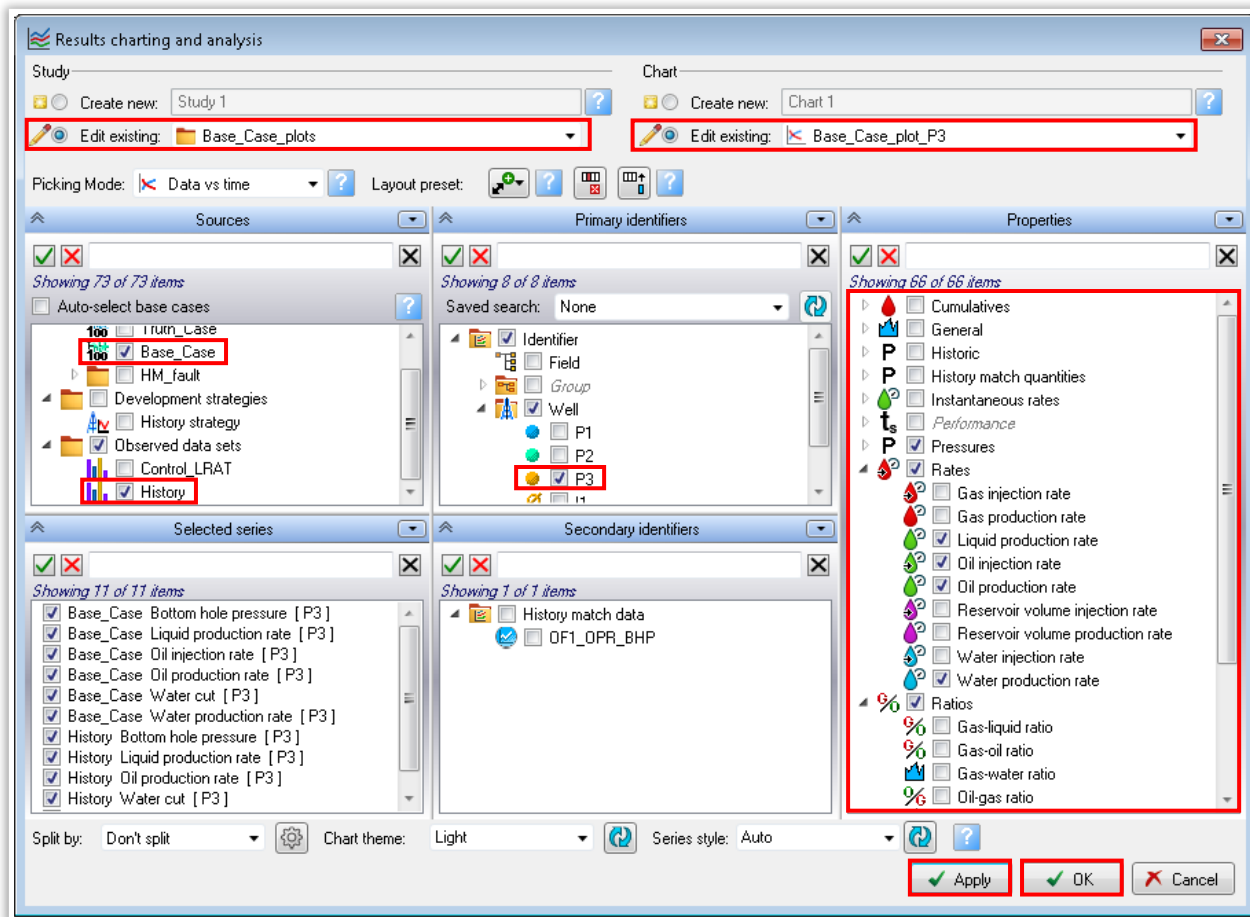
Simulation → **Define case** → **Create new** → Название меняем на **Base Case** → **Check** → **Run** → **Ok** → **Base_Case** рассчитан (появился во вкладке **Cases** и в папке с проектом Петрель SRM-6.sim)



Создание Base Case

16. Создание Base Case

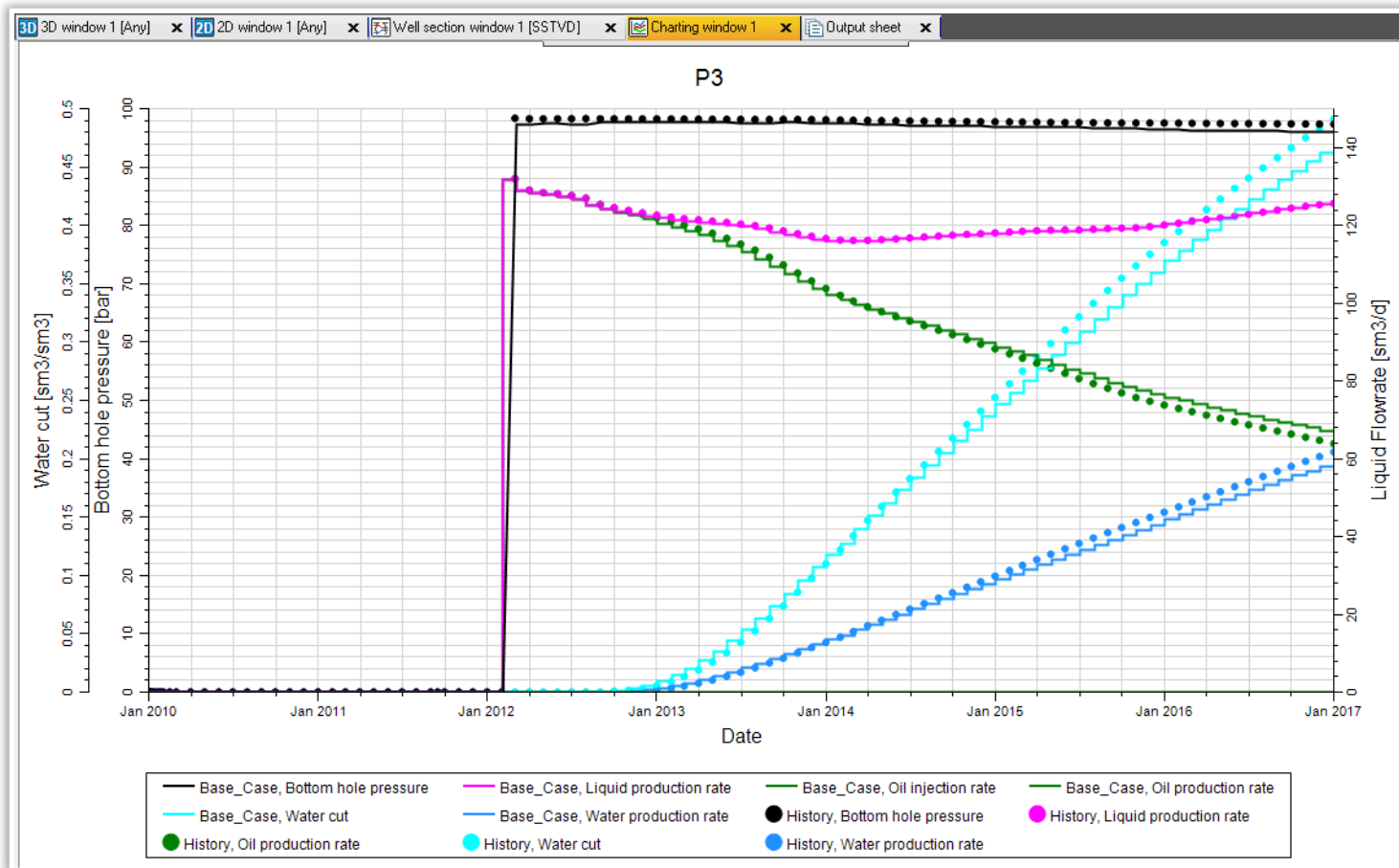
с) Отообразим показатели разработки модели **Base Case** на графиках в **Charting window** для скважины **P3**. Для этого создадим и настроим график для **Base Case**.



Создание Base Case

16. Создание Base Case

д) Из графика показателей работы скважины **P3** видна невязка по всем показателям по причине того, что проводимость разлома **Base Case** равна **1** и отличается от истинной **0.2**.



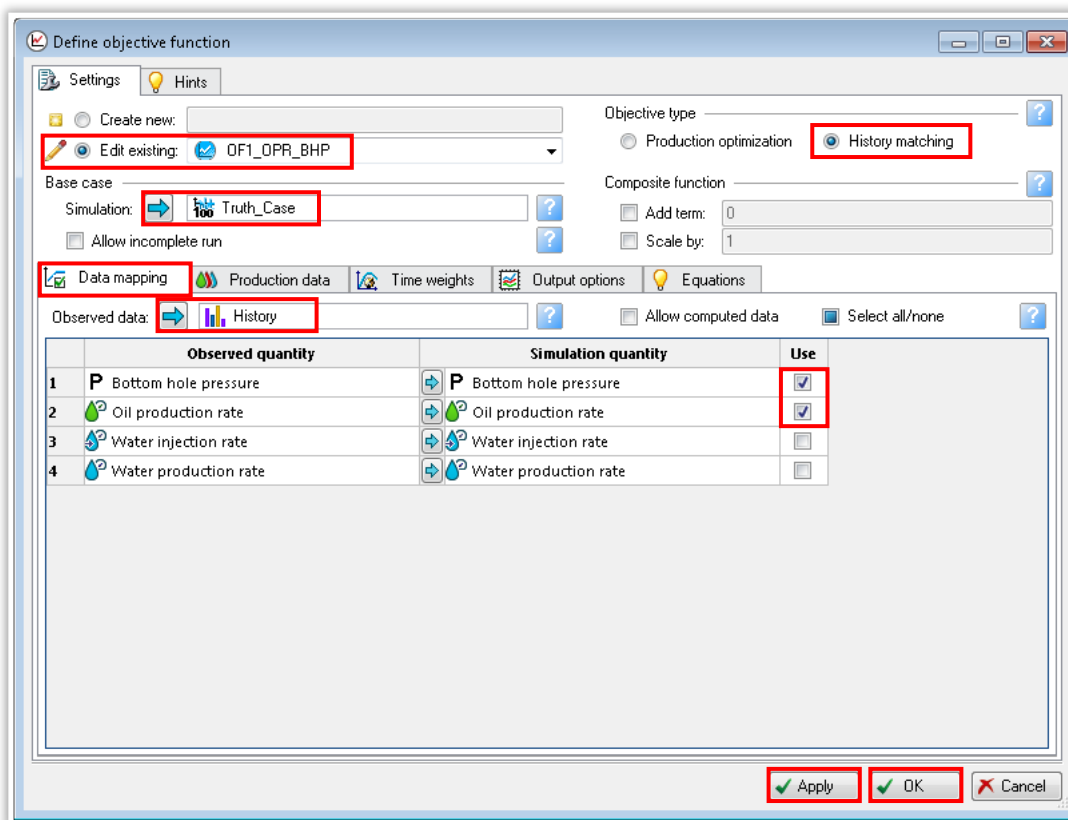
Задание целевой функции

17. Задание целевой функции

а) Для того, чтобы перейти к процессу автоматизированной адаптации необходимо задать целевую функцию, которая будет характеризовать расхождение расчета с историей.

Simulation → **Objective function** → Настройка параметров → **Apply** → **Ok**

→ Созданная целевая функция появится в папке **Objective functions** во вкладке **Input**

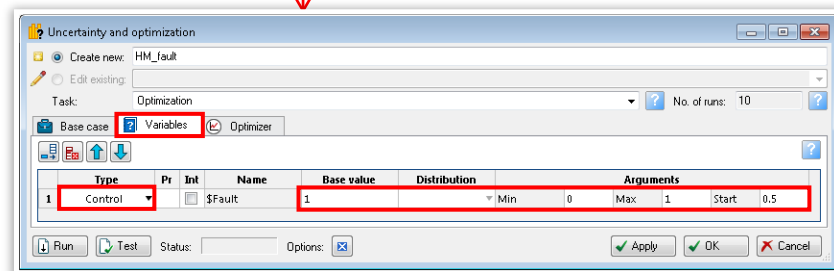
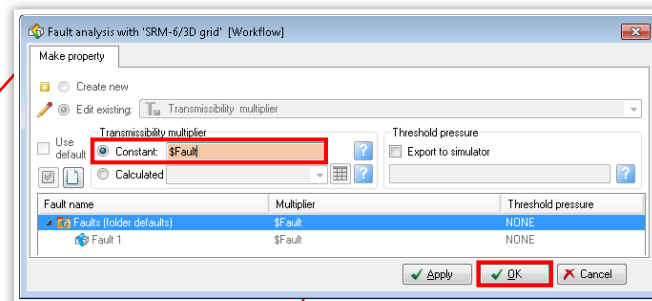
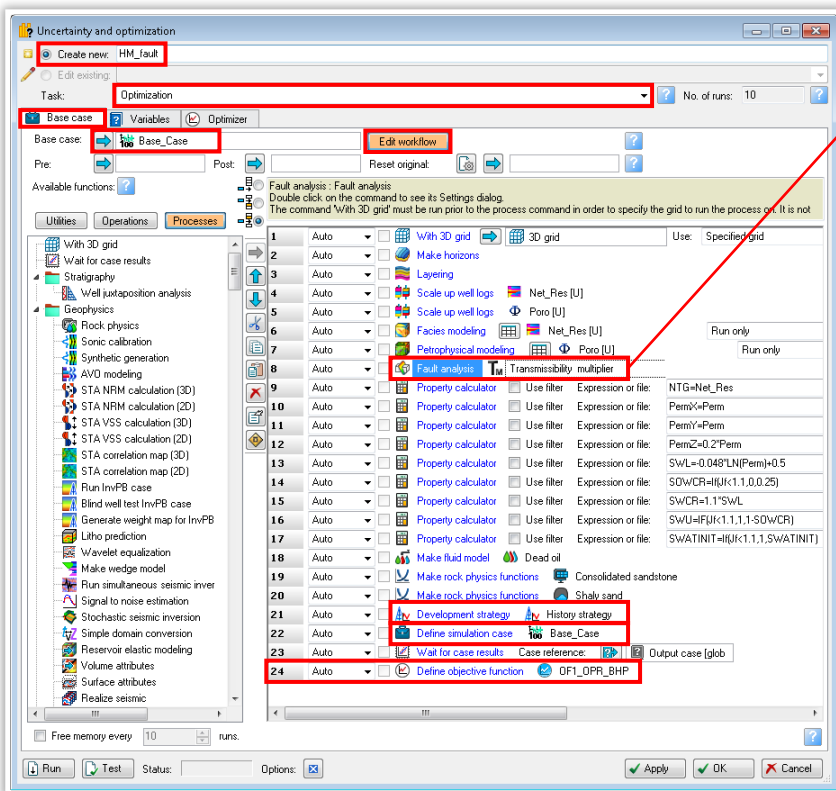


Задание неопределенности в Workflow

18. Задание неопределенности в Workflow

а) Для осуществления адаптации необходимо задать неопределенность параметру модели, при подборе которого будет достигаться сходимость расчетных параметров разработки с историей. Зададим в качестве неопределенности проводимость разлома в Workflow.

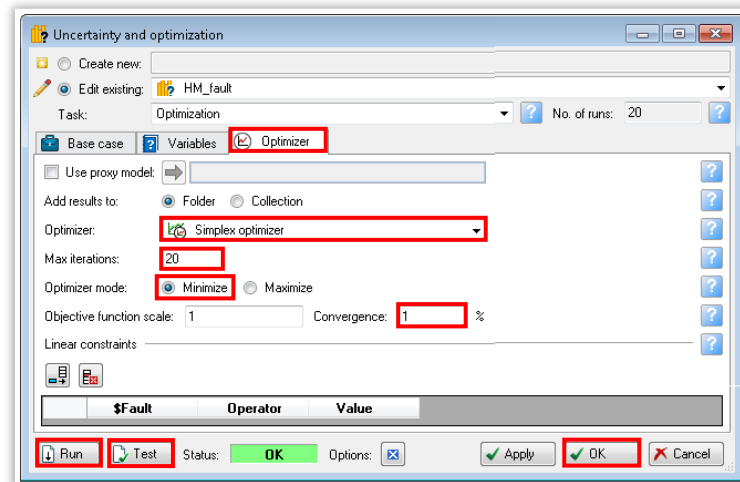
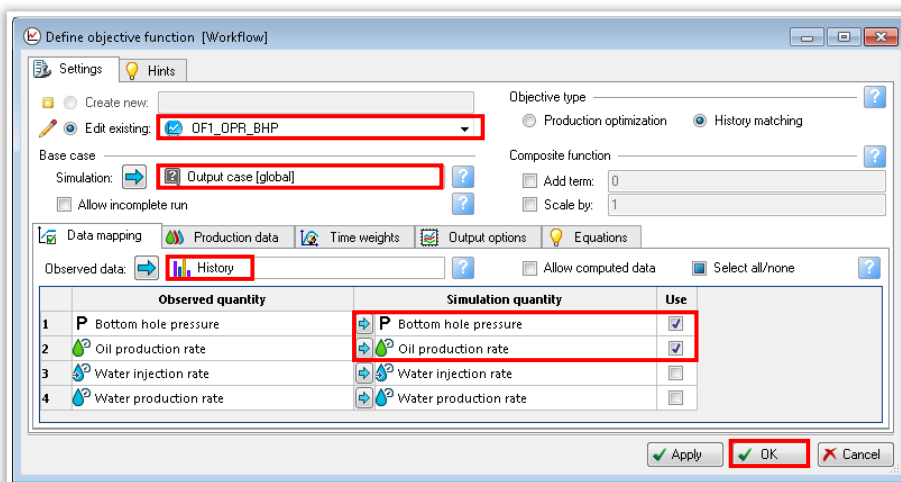
Simulation → **Uncertainty and optimization** → Настройка параметров → Добавление неопределенности в проводимость разлома → Задание диапазона изменения в **Variables**



Адаптация Base Case

19. Адаптация Base Case

а) Выберем и настроим оптимизационный алгоритм. Возьмем для примера **Simplex optimizer**. До начала расчета нужно проверить корректность задания целевой функции в Workflow, нажав двойной клик по целевой функции в теле Workflow. Для старта адаптации нажать **Test** → **Run** → Процесс автоадаптация начался

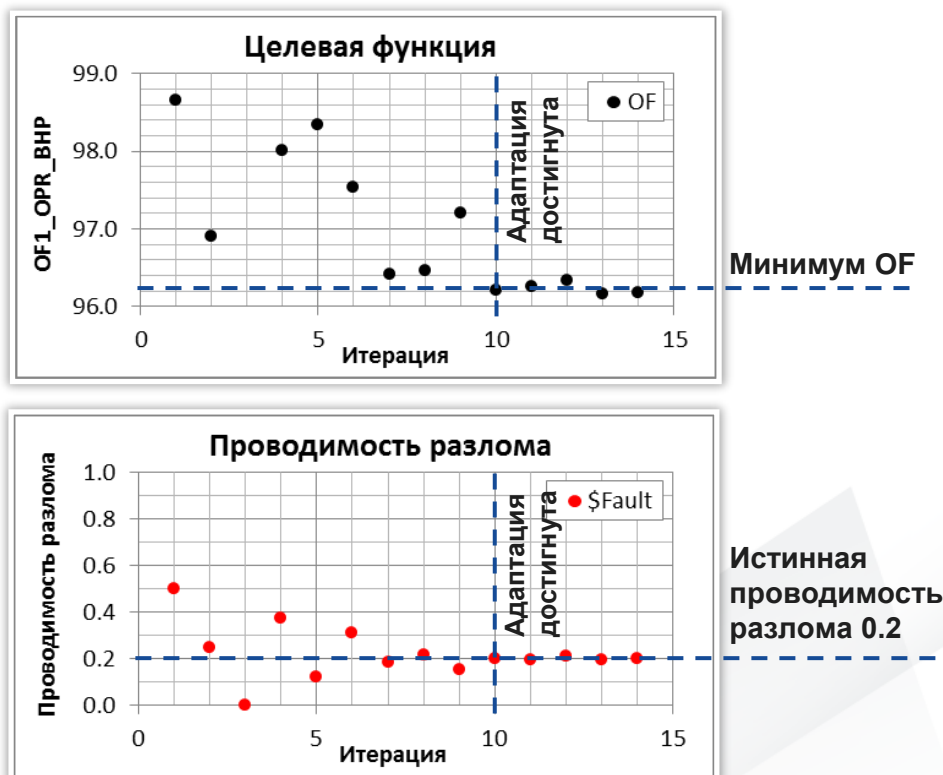


Результаты адаптации

20. Результаты адаптации

а) Просмотрим и оценим результаты адаптации. После завершения оптимизации, когда достигнута сходимость либо максимально заданное число итераций, появляется отчет в окне **Output sheet**. Как видно из таблицы, истинная проводимость разлома вычислена, начиная с 10-й итерации.

7	\$LOOP	\$Fault	\$OF1_OPR_BHP	Accepted by
8	1	0.50000000	98.66182921	true
9	2	0.25000000	96.89976431	true
10	3	0.00000000	751.61132406	true
11	4	0.37500000	98.00649784	true
12	5	0.12500000	98.34294363	true
13	6	0.31250000	97.53968544	true
14	7	0.18750000	96.41292822	true
15	8	0.21875000	96.46749966	true
16	9	0.15625000	97.21325079	true
17	10	0.20312500	96.21427807	true
18	11	0.19531250	96.25175965	true
19	12	0.21093750	96.34427257	true
20	13	0.19921875	96.16984200	true
21	14	0.20117188	96.17680310	true
22				
23	Optimization has converged.			
24	Best result is iteration 13.			
25				
26	Base_Case_13	0.19921875	96.16984200	true

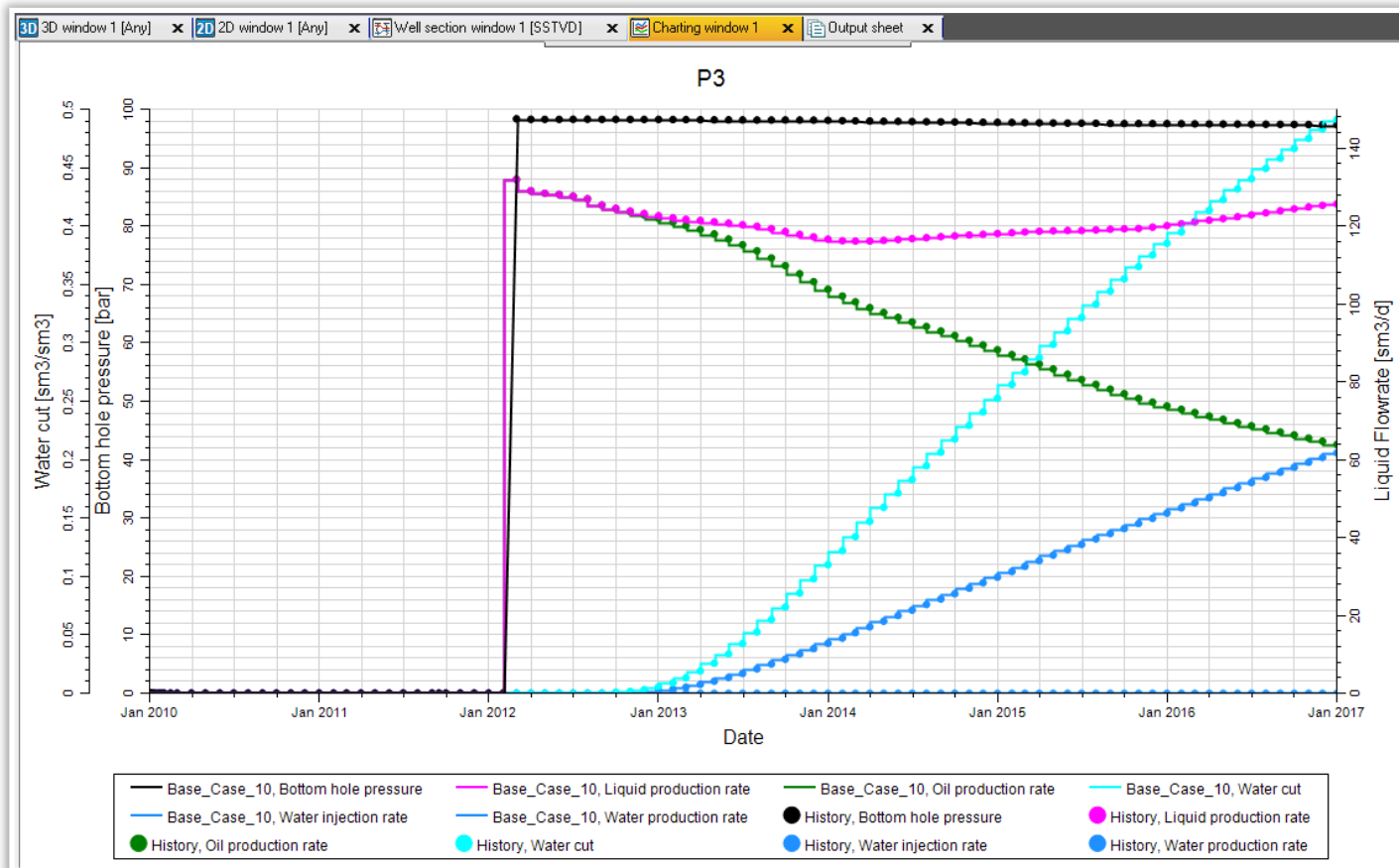


Результаты адаптации

20. Результаты адаптации

b) Визуализируем результаты 10-й итерации (**Base_Case_10**).

Таким образом, достигнута адаптация модели. Расчет 14 итераций занял 5 минут.



Спасибо за внимание

Грачик Еремян
eremyanga@pet.hw.tpu.ru

Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

**Центр подготовки и переподготовки
специалистов нефтегазового дела**

Россия, г. Томск, ул. Усова, 4а
hw.tpu.ru info@hw.tpu.ru

