

**Учебный курс:**  
**«Создание геологической  
модели месторождения  
«Учебное» с помощью  
программного пакета RMS»**

**Урок 11  
«Создание  
гидродинамической сетки.  
Upscaling»**

# Внимание!

*Выполняя упражнения данного курса помните, что методики, описанные в этих уроках, оптимальны только для данного конкретного учебного примера с определенным набором исходными данными.*

*Построение каждой геологической модели – это всегда разные исходные данные, разные объекты моделирования. Поэтому последовательность действий и используемые методики моделирования в Вашем случае и для Ваших исходных данных всегда будут в той или иной степени отличаться от методик, предлагающихся в данном учебном курсе.*

*Выполнив уроки, Вы познакомитесь с интерфейсом программного комплекса RMS, а также освоите ряд методик геологического моделирования, подходящих именно для используемого в обучении набора исходных данных.*

*По всем возникающим вопросам Вы можете связаться с группой технической поддержки ROXAR:*

*Москва: тел. +7 (495) 504 34 05, e-mail: [software.moscow@roxar.com](mailto:software.moscow@roxar.com);*

*Тюмень: тел. +7 (3452) 49 44 59, e-mail: [software.tyumen@roxar.com](mailto:software.tyumen@roxar.com).*



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION

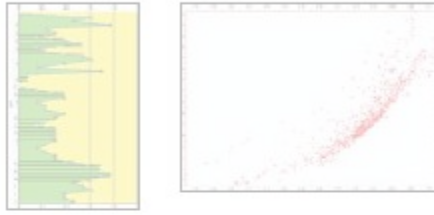
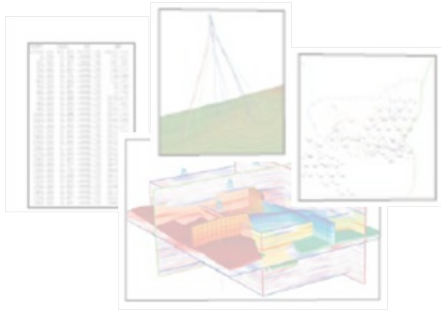


PRODUCTION & PROCESS

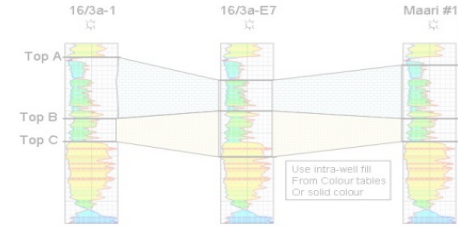
# Цикл геологического моделирования

## Анализ исходной информации

### Импорт/экспорт данных



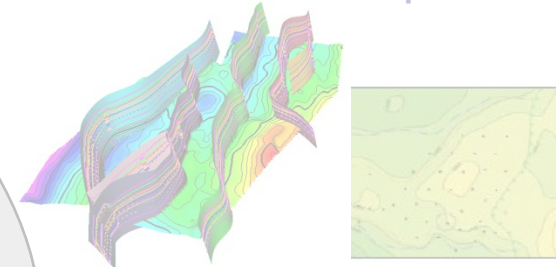
### Корреляция



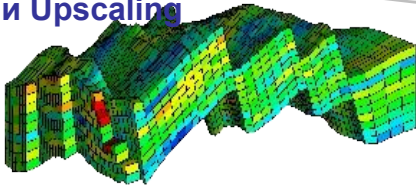
### Подсчет запасов

Столбец	Итерация	Статус	Ран-001	Ран-002	Ран-003	Ран-004	Ран-005
1	1,1	Итерация	0	0	0	0	0
2	1,1	Итерация_1	2,41158e+03	0	0	0	0
3	1,1	Итерация_2	1,82933e+07	1,40758e+07	761810	0	0
4	1,1	Итерация_3	2,00959e+03	1,44433e+03	1,12001e+03	0	0
5	1,1	Итерация_4	2,72026e+07	2,22496e+07	2,24776e+06	0	0
6	1,1	Итерация_5	4,67902e+03	1,81433e+03	1,23336e+03	0	0
7	1,1	Итерация_6	3,69932e+07	0	0	0	0
8	1,1	Итерация_7	0	0	0	0	0
9	1,1	Итерация_8	49101	36921	36852,7	0	0
10	1,1	Итерация_9	1,24617e+03	1,03029e+03	1,24617e+03	0	0
11	1,1	Итерация_10	1,41172e+07	1,21764e+07	2,00176e+06	0	0
12	1,1	Итерация_11	1,07705e+03	1,10079e+03	1,70885e+03	0	0
13	1,1	Итерация_12	2,79723e+07	0	0	0	0
14	1,1	Итерация_13	0	0	0	0	0

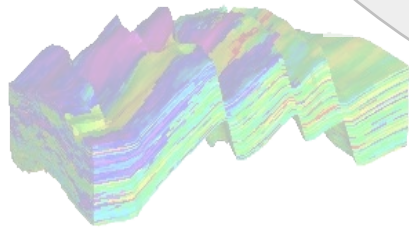
### елирование



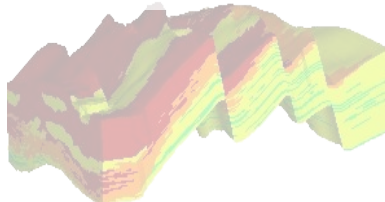
### Гидродинамическая сетка и Upscaling



### Петрофизическое моделирование



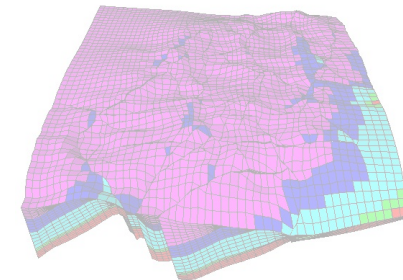
### Фациальное моделирование



### Осреднение скважинных данных



### Создание трехмерной сетки



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

В данном уроке будут рассмотрены различные варианты создания гидродинамических сеток с помощью инструментов **RMS**, а также процедура ремасштабирования параметров с геологической сетки на гидродинамическую.

Прежде всего, мы разберем последовательность действий при равномерном укрупнении сетки как по латерали, так и по вертикали, поскольку почти всегда он является оптимальным при выполнении процедуры upscaling.

Кроме этого, дополнительно рассмотрим вариант укрупнения сетки с помощью контрольных линий.

Перед тем, как приступить к рассмотрению инструментов, остановимся на некоторых теоретических аспектах, которые будут полезны для понимания выполнения последующей процедуры.

При необходимости Вы можете загрузить проект **Training\_base\_10\_Saturation\_3D\_volumetrics.pro** и продолжить создание модели по текущему уроку в данном проекте.



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

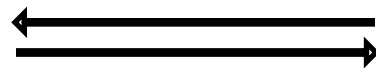
Как правило, геологическая модель является основой для гидродинамического моделирования, в рамках которого модель адаптируют по истории разработки месторождения, далее рассчитывают прогнозные варианты, КИН, выбирают оптимальные сценарии разработки, анализируя возможные проведения мероприятий по скважинам.

Одной из целей геологического моделирования является детальное отражение неоднородности залежей. По этой причине геологическую сетку строят достаточно детальной и она имеет большое количество ячеек. Из-за этого, непосредственно на геологической сетке проводить полномасштабные гидродинамические расчеты невозможно.

Поэтому для того, чтобы передать геологическую модель для последующего гидродинамического моделирования, ее несколько преобразуют. Кратко процесс преобразования можно представить двумя этапами: создание новой более крупной гидродинамической сетки и перенос на нее параметров с геологической сетки. Данный вариант оптимален, если моделируемая площадь не нарушена тектоническими нарушениями.

Также возможен и другой вариант – первоначально построить более крупную гидродинамическую сетку, далее измельчить ее, создать геологическую модель, а затем перенести параметры с геологической сетки на уже готовую гидродинамическую.

**Геологическая модель**  
1,000,000 - 50,000,000 активных ячеек



**Гидродинамическая модель**  
10,000 - 500,000 активных ячеек

**Статическая**

**Динамическая**



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

При переходе от детальной сетки к более грубой, необходимо учесть следующие условия:

- сетка должна состоять из наименьшего количества ячеек;
- однако, этого количества должно быть достаточно для того, чтобы сохранить неоднородность и особенности распределения свойств, отраженные на детальной сетке;
- по форме ячейки должны быть в плане максимально приближены к прямоугольным;
- линии разломов должны оставаться как можно более плавными.
- сохранить те же направления линий тока на грубой сетке, которые были рассчитаны на детальной сетке.

Легко заметить, что эти условия противоречат друг другу. В этом и состоит основная проблема при переходе от детальных сеток к более грубым – поиск «золотой середины».



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



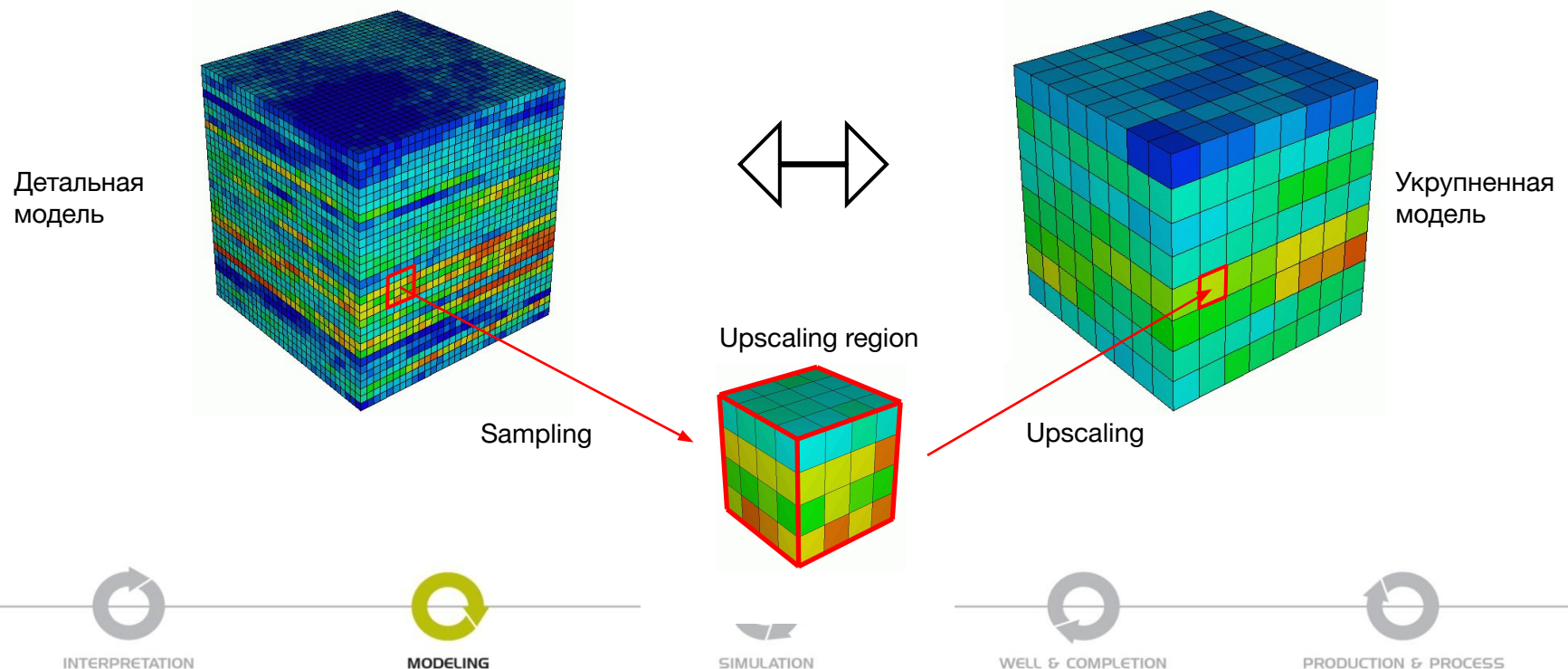
WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

Если рассмотреть процесс подготовки геологической модели к гидродинамическому моделированию более детально, можно выделить следующие этапы:

- 1) **Upgridding** – переход от мелкой сетки к крупной (построение новой менее детальной гидродинамической сетки);
- 2) **Sampling** – процессе определения соответствия между ячейками геологической и гидродинамической сеток (какие ячейки геологической сетки будут учтены при осреднении значений на более крупную ячейку гидродинамической сетки);
- 3) **Upscaling** – осреднение свойств, при котором статические и динамические параметры детальной модели (геологической) приближенно аппроксимируются на более грубую модель (гидродинамическую);
- 4) **оценка качества осреднения** – одним из условий корректного перехода от детальной модели к грубой, является сохранение отраженной в геологической модели неоднородности и особенностей распределения свойств. Инструменты оценки качества выполненного осреднения данных позволят оценить выполнение данного условия.

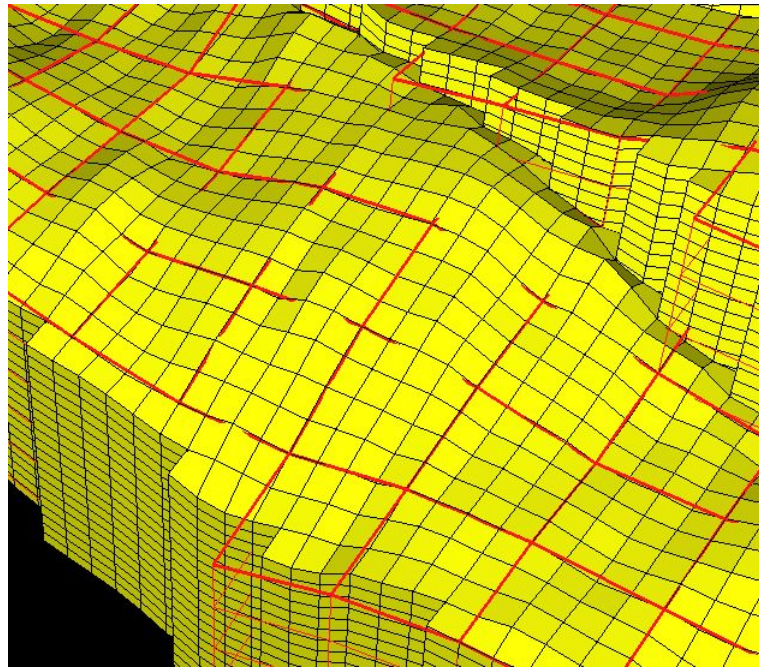


**Regridding** – изменение геометрии сетки за счет объединения ячеек (*downgridding*) или их измельчения (*upgridding*).

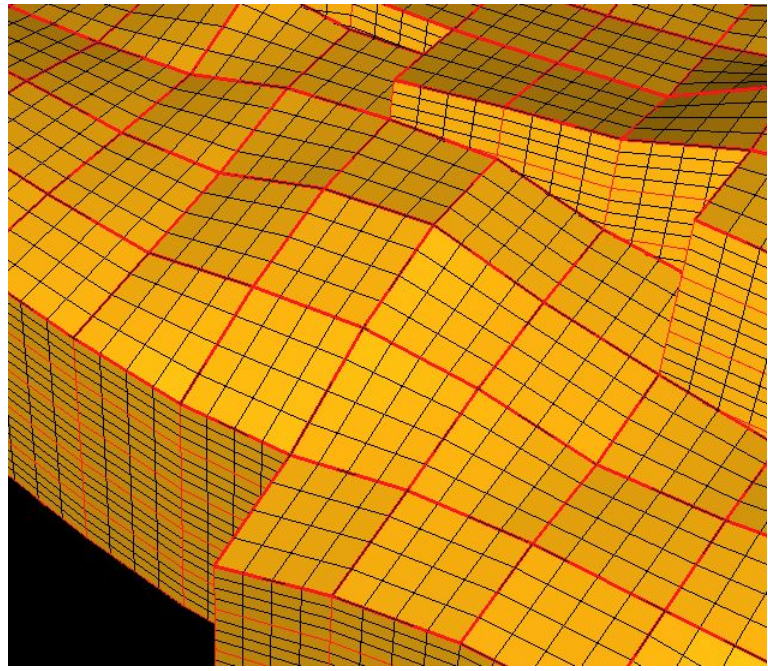
## Regridding

### Upgridding

### Downgridding



переход от мелкой сетки к крупной



переход от крупной сетки к мелкой



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS



# Upgridding (2)

Укрупнение сетки выполняют как по площади, так и по вертикали. Укрупнение можно выполнить пропорционально и непропорционально первоначальной размерности сетки.

## Upgridding

### По площади

### По вертикали

пропорционально

непропорционально

пропорционально

непропорционально

50×50 □ 200×200

50×50 □ неравномерная

36 слоя □ 12 слоев

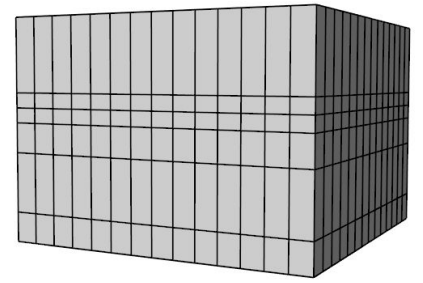
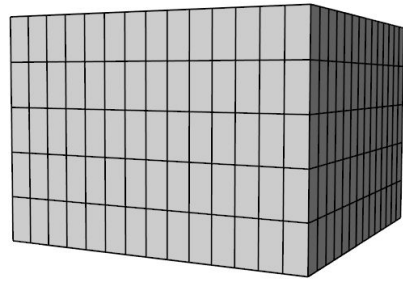
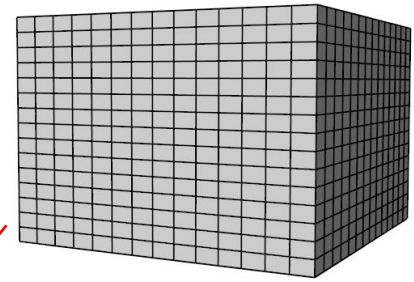
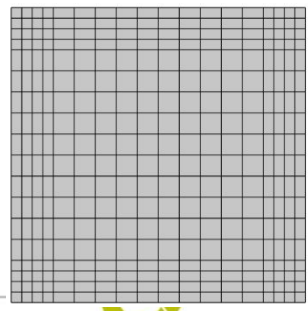
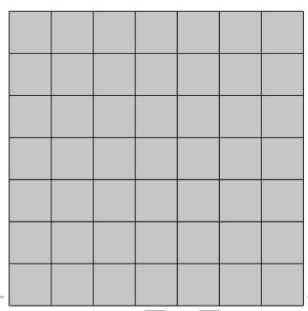
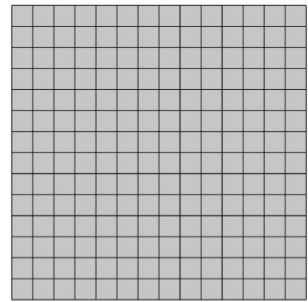
36 слоя □ 12 слоев

Сетка строится в тех же границах

Сетка строится в тех же границах

Кратно уменьшаем количество слоев, каждые три слоя геологической сетки объединены в один слой гидродинамической

Количество слоев сокращено, НО в первый слой гидродинамической сетки входят первые 4 слоя, во второй – один слой, в третий – два, в четвертый – четыре и т.д.



INTERPRETATION

MODELING

SIMULATION

WELL & COMPLETION

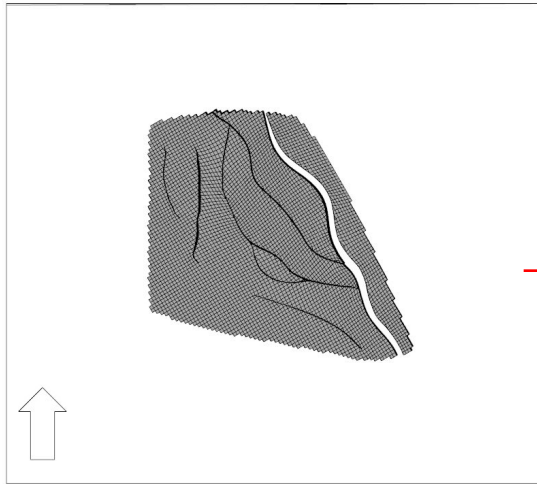
PRODUCTION & PROCESS

# Изменение строения сетки по вертикали

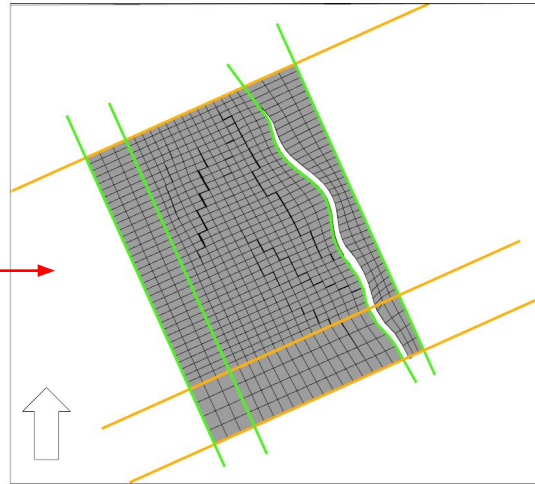
Кроме примеров равномерного изменения строения сетки по площади, нужно упомянуть возможность неравномерного изменения строения сетки по площади с помощью контрольных линий.

Вы можете нарисовать контрольные столбцы и контрольные строки, между которыми указать количество ячеек. При выборе данного варианта изменения площадного строения сетки необходимо помнить об условиях, которым должна соответствовать новая гидродинамическая сетка.

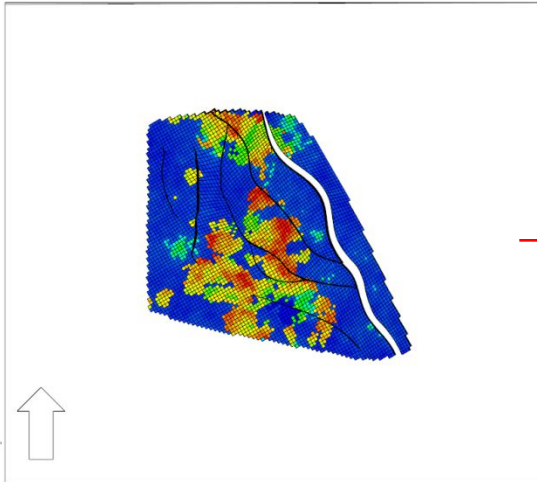
Детальная геологическая сетка



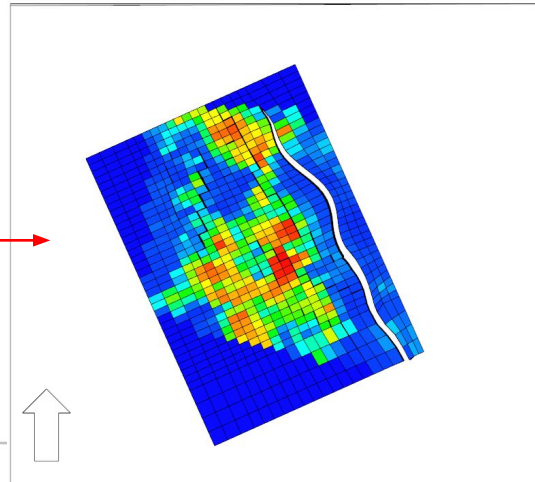
Укрупненная гидродинамическая сетка



Исходное распределение пористости на геологической сетке



Распределение пористости, осредненное на гидродинамическую сетку

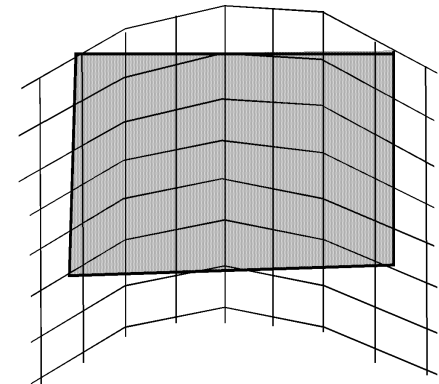
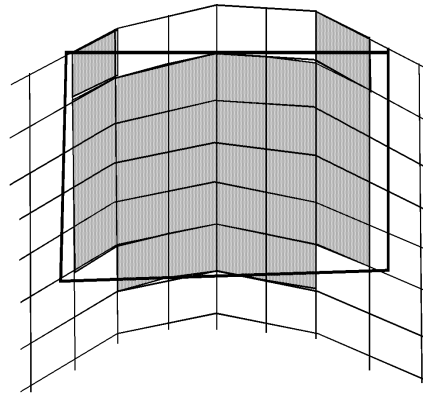


Далее определяем какие ячейки геологической сетки будут учтены при осреднении значений на более крупную ячейку гидродинамической сетки – процесс Sampling. Выделяют indirect sampling (ненаправленный) и direct sampling (направленный).

## Sampling

indirect sampling (resampling)      direct sampling

n	n	n	n	n	n
n	n	n	n	n	n
n	n	n	n	n	n
n	n	n	n	n	n
n	n	n	n	n	n



**С использованием опции  
Use volume fractions**

Sampling выполняется через дополнительный шаг. Вначале свойства с геологической сетки сэмпляются на псевдо-сетку, которая создана внутри гидродинамической. Значения псевдо-сетка получает в зависимости от того куда попал центр псевдо-ячейки, затем значения с псевдо-сетки осредняются на гидродинамическую. Данный подход не очень точный, но достаточно быстрый.

При направленном сэмплинге учитываются только те ячейки геологической сетки, которые попали половиной или больше своего объема в гидродинамическую ячейку.

Еще более точный сэмплинг будет выполнен при использовании опции Use volume fractions. В этом случае каждая ячейка будет вносить вклад в определение значения ячейки гидродинамической сетки пропорционально захваченному объему. Но использование данной опции связано с некоторыми нюансами, которые могут ограничить ее практическое использование.

При направленном сэмплинге мы также можем напрямую задать соответствие слоев, колонок и столбцов геологической и гидродинамической сеток.



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

После того, как создана новая крупная сетка и определено, какой тип сэмплинга будет использован, следующий шаг – перенесение параметров с геологической сетки на ячейки гидродинамической сетки.

Процедура **upscaling** - процесс ремасштабирования, в рамках которого статические и динамические параметры мелкомасштабной модели приближенно аппроксимируются на грубую модель с помощью различных математических методов.

## Основные методы осреднения:

Простые аналитические методы:

- Арифметическое осреднение (**Arithmetic average**)
- Геометрическое осреднение (**Geometric average**)
- Гармоническое осреднение (**Harmonic average**)

Композитные методы:

- Арифметико – гармоническое осреднение (**Arithmetic-harmonic average**)
- Гармонико – арифметическое осреднение (**Harmonic-arithmetic average**)

Численные однофазные методы:

- Диагональный тензор проницаемости (**Diagonal permeability tensor**)
- Полный тензор проницаемости (**Full permeability**)

Более подробную информацию о методах осреднения можно найти в руководстве пользователя.



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

*Ремасштабирование параметров на  
примере пропорционально укрупненной  
сетки*



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



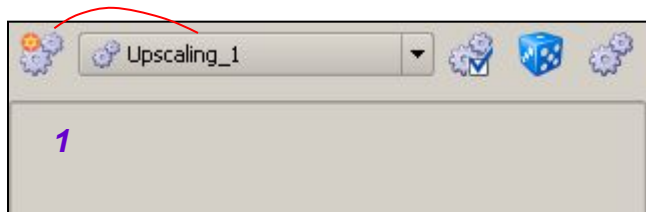
PRODUCTION & PROCESS

# Создание гидродинамической сетки (1)

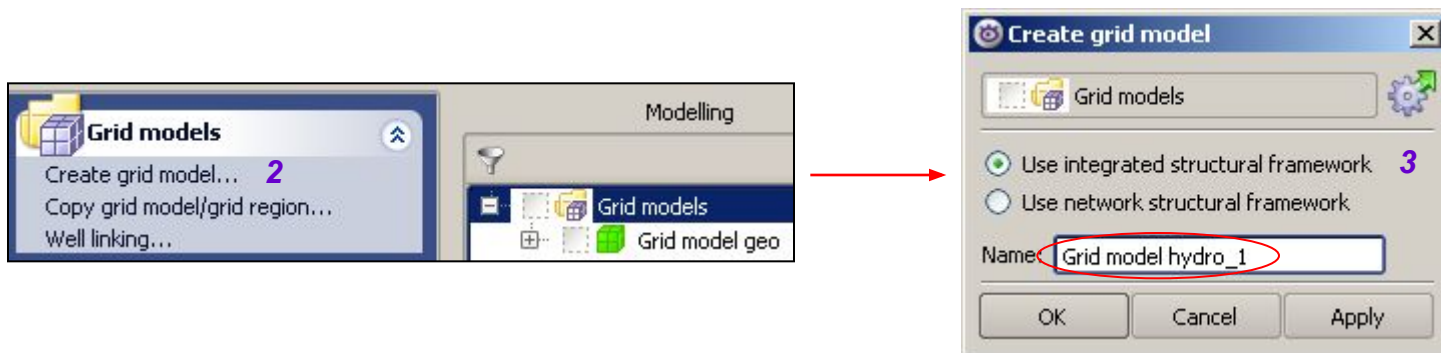
Немного разобравшись с теорией приступим к выполнению процедуры **Upscaling** на практике.

Как уже было сказано выше, мы начнем с построения более грубой, в сравнении с геологической, гидродинамической сетки. Для создания гидродинамической модели геологическая сетка будет равномерно укрупнена в два раза как по латерали, так и по вертикали.

Сразу же создадим новый **Workflow** (1) – *Upscaling\_1* (далее рассмотрим вариант создания сетки на основе контрольных линий).



Создадим новую модель сетки **Grid models** □ **Create grid model...**(2). Введите имя новой модели (3).



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



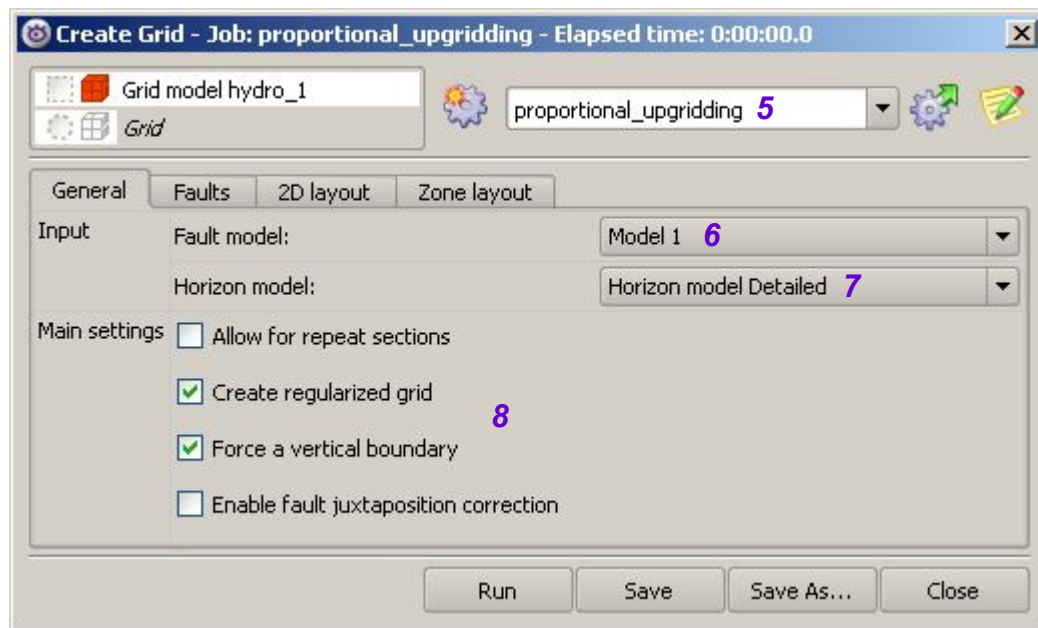
WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS



Grid □ Create grid...(4).



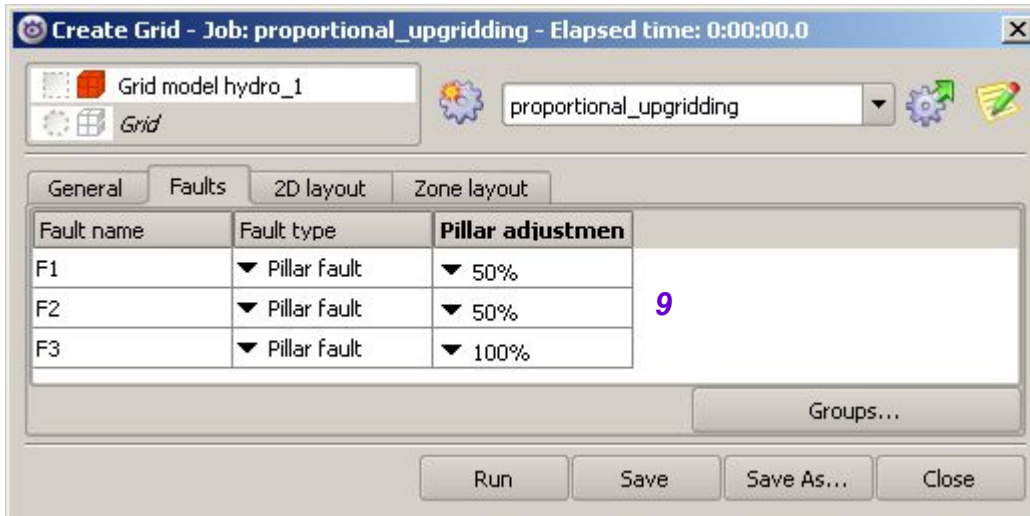
Создайте новую задачу (5).

Выберите модель разломов (6), модель горизонтов (7).

Включите опции Create regularized grid и Force a vertical boundary (8).

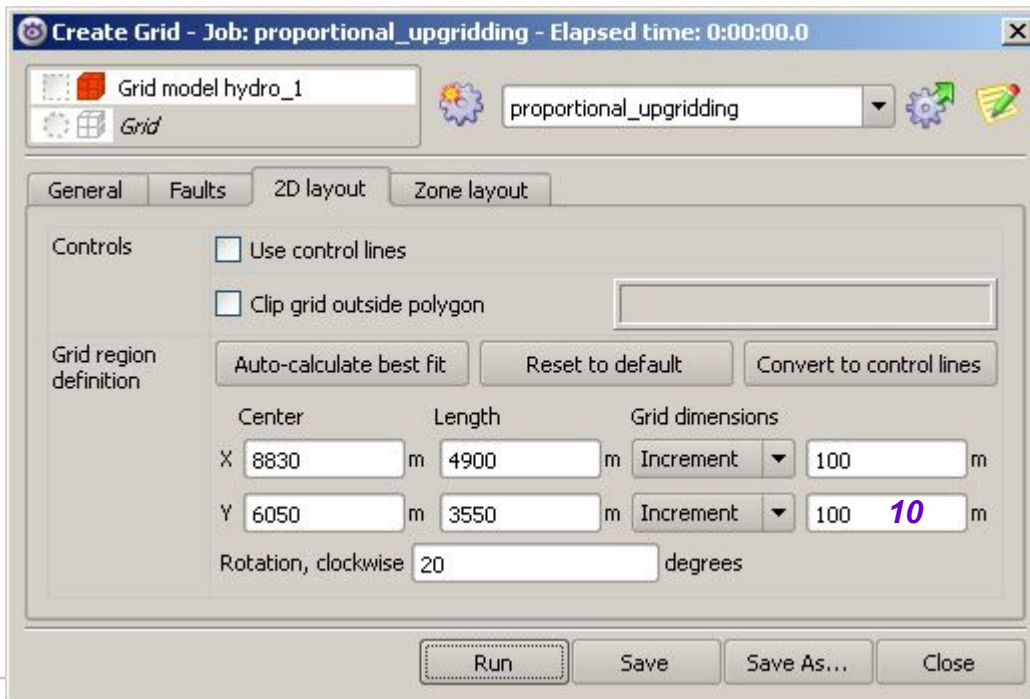


# Создание гидродинамической сетки (3)



Закладка Faults.

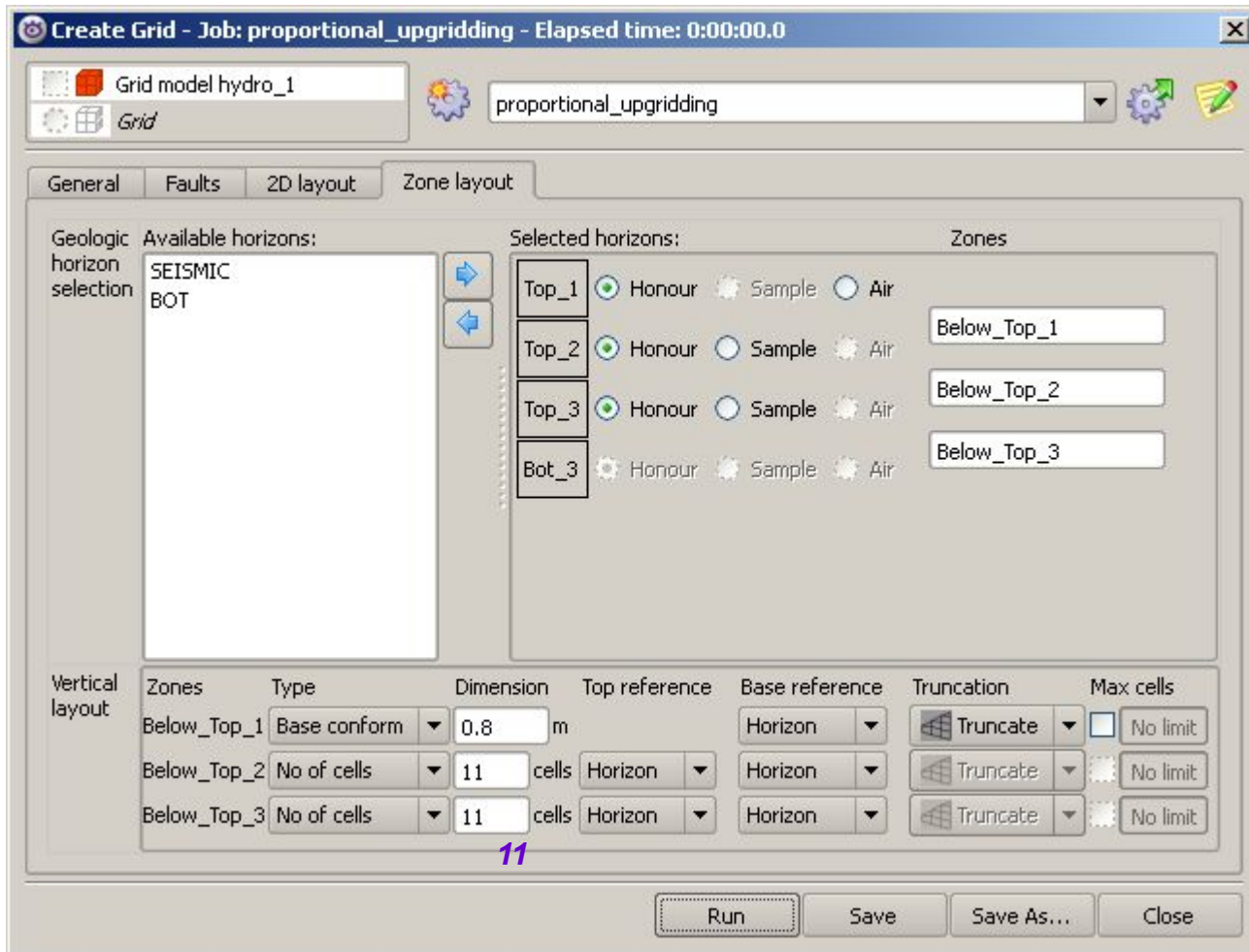
Выставьте настройки разломов как указано слева (9).



Закладка 2D layout.

Сетка будет построена в тех же границах и с тем же углом поворота, но с инкрементом 100×100 (10).





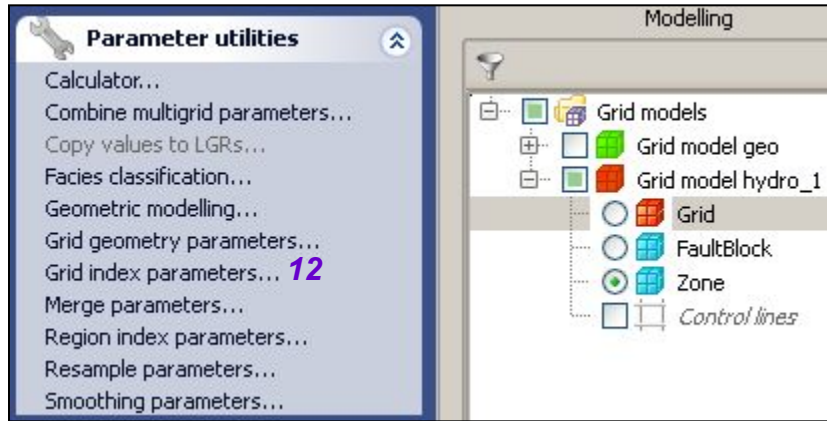
Закладка Zone layout.

Сетка будет единой для всех пластов. Для пласта H\_1 также будет выбрана непропорциональная нарезка от подошвы, пласты H\_2 и H\_3 будут иметь пропорциональное строение. Единственно, толщина слоя для первого пласта будет увеличена в два раза в сравнении с геологической сеткой, так же как будет сокращено число слоев для второго и третьего пластов (11).

Запустите задачу на расчет и добавьте в Workflow.



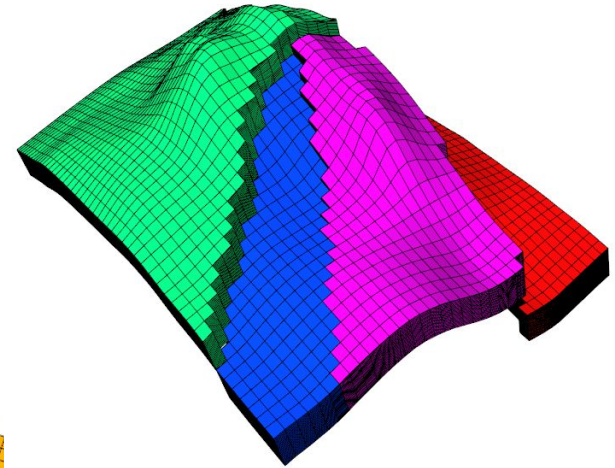
# Создание гидродинамической сетки (5)



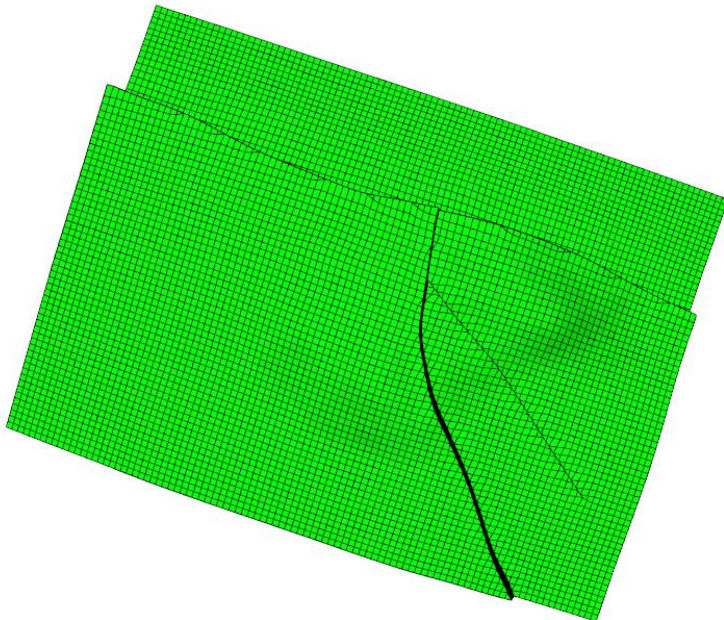
Создайте вспомогательные параметры.

**Grid** □ **Parameter utilities** □ **Grid index parameters...(12)**.

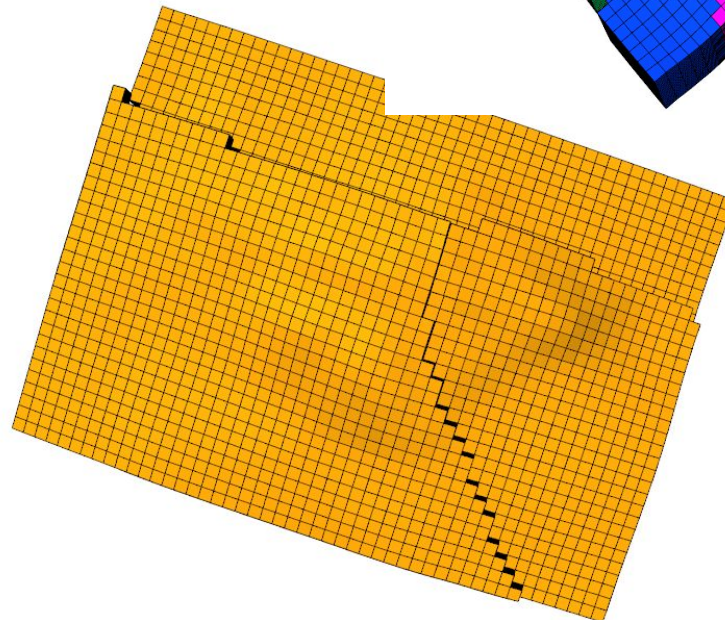
Просмотрите созданную сетку. Сравните с геологической сеткой.



Геологическая сетка



Гидродинамическая сетка



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION

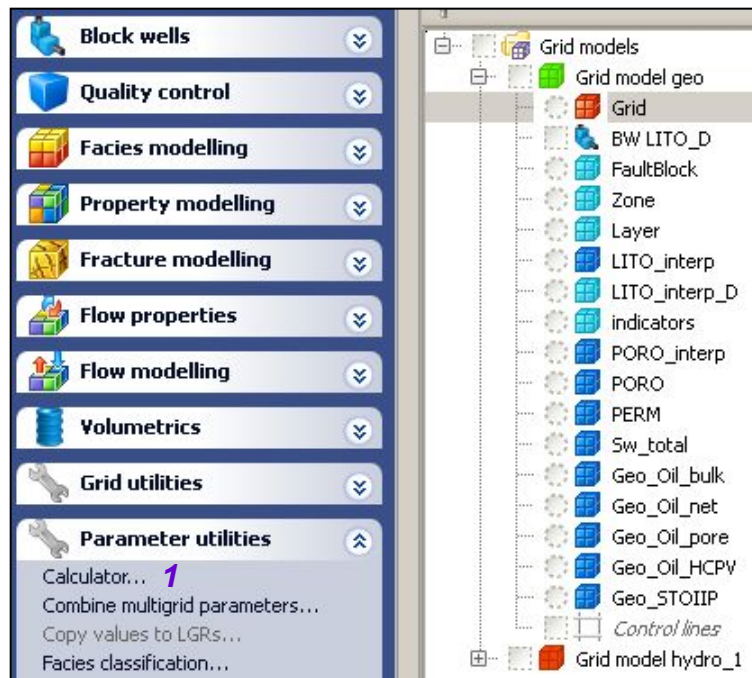


PRODUCTION & PROCESS

# Конвертация параметра литологии

Процедуру ремасштабирования параметров начнем с создания непрерывного параметра литологии на геологической сетке, который будет идентичен параметру *indicators*, но непрерывный.

Откройте панель **Parameter calculator** (1) (геологическая сетка).



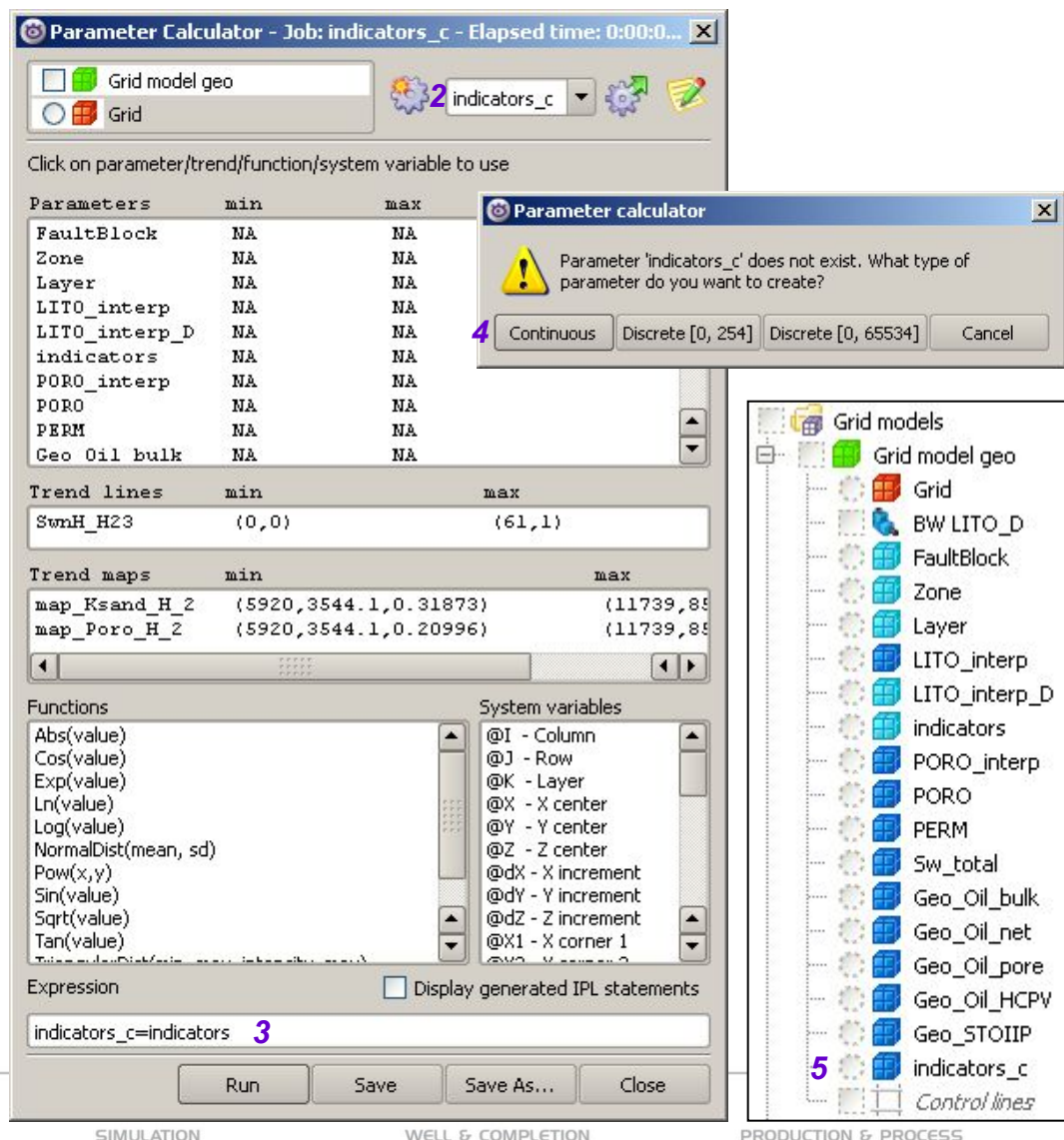
Создайте новую задачу (2).

В строке выражений задайте следующее условие:

***indicators\_c=indicators*** (3).

Запустите задачу на расчет, в информационной панели выберите **Continuous** (4).

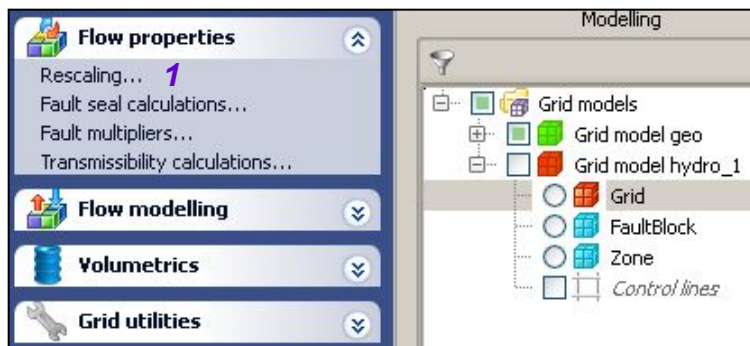
На геологической сетке будет создан новый непрерывный параметр *indicators\_c* (5) идентичный *indicators*.



# Ремасштабирование параметров (1)

Процедура ремасштабирования параметров будет выполнена в панели **Rescaling**.

**Grid** □ **Flow properties** □ **Rescaling...** (1)



Создайте новую задачу (2).

Панель **Rescaling** состоит из двух закладок.

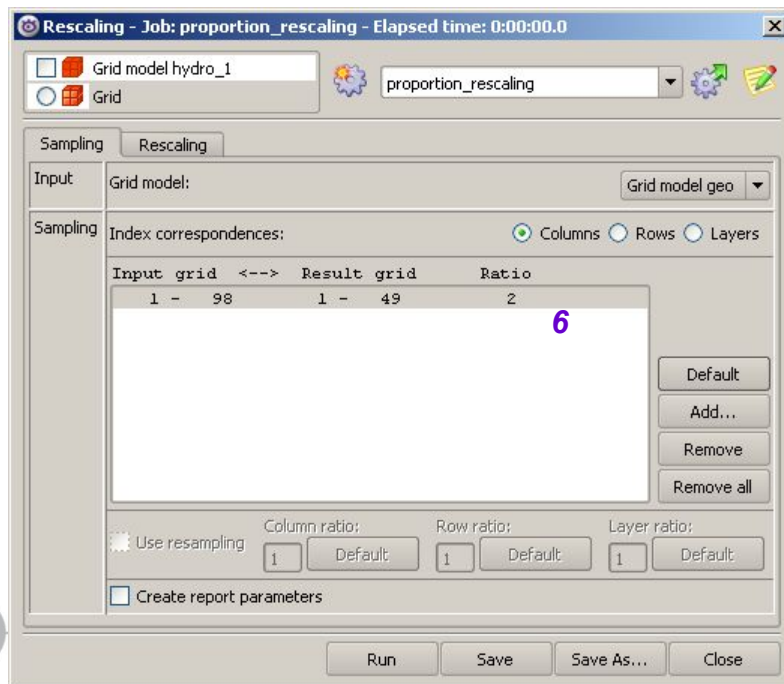
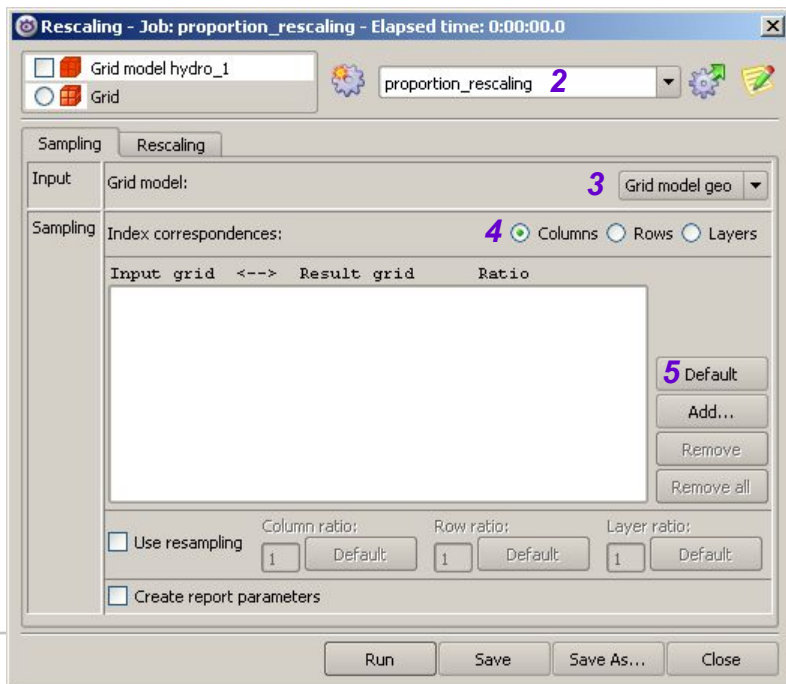
Закладка **Sampling** предназначена для определения соответствия между слоями геологической и гидродинамической сеток. В закладке **Rescaling** Вы выбираете параметры, которые будут осреднены, и методы осреднения.

В первой закладке необходимо выбрать исходную сетку (в нашем случае она одна) (3).

Чтобы программа попыталась автоматически найти соответствие, необходимо нажать кнопку **Default**. В случае, если соответствия нет, появится предупреждение.

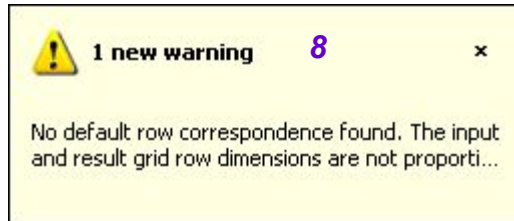
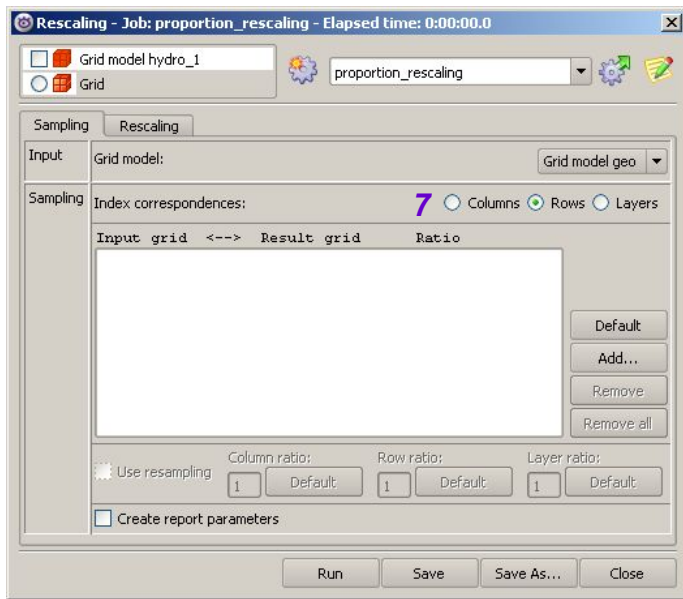
Переключитесь на Columns (4) и нажмите на кнопку Defaults (5).

Соответствие колонок определено (6).



# Ремасштабирование параметров (2)

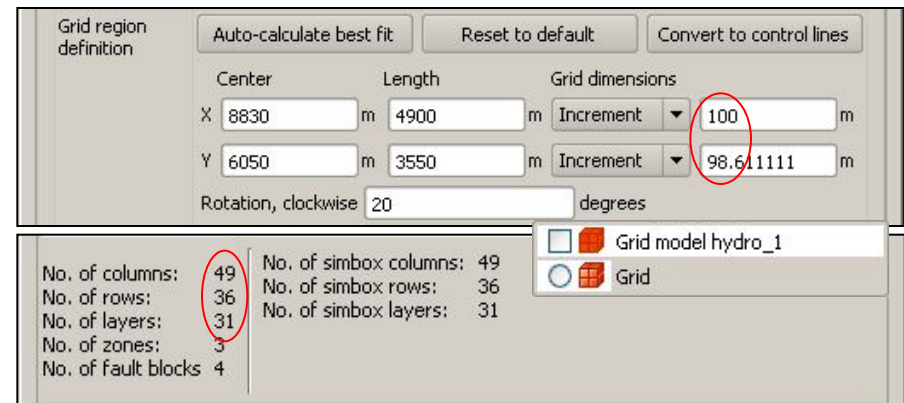
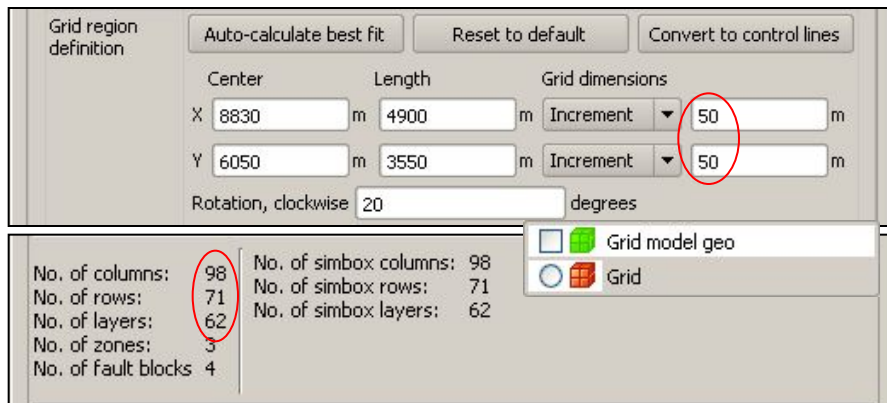
Ту же процедуру выполните для строк (7).



Когда Вы нажмете на кнопку Default, появится предупреждение о том, что между строками геологической и гидродинамической сетки соответствие определить нельзя (8).

Если мы вернемся к настройкам панели Create Grid, закладке 2D Layout для геологической и гидродинамической сеток, то увидим, что размерность геологической сетки по ширине и длине кратна 50 м, в то время как для гидродинамической сетки ширина 100 м не кратна. Именно по этой причине количество строк сеток не соответствует друг другу.

**NB!** Помните о том, что уже на этапе построения геологической сетки необходимо продумывать некоторые характеристики будущей гидродинамической сетки



Для того чтобы выполнить рескейлинг для данной модели, соответствия между строками и колонками задавать не надо.



INTERPRETATION



MODELING



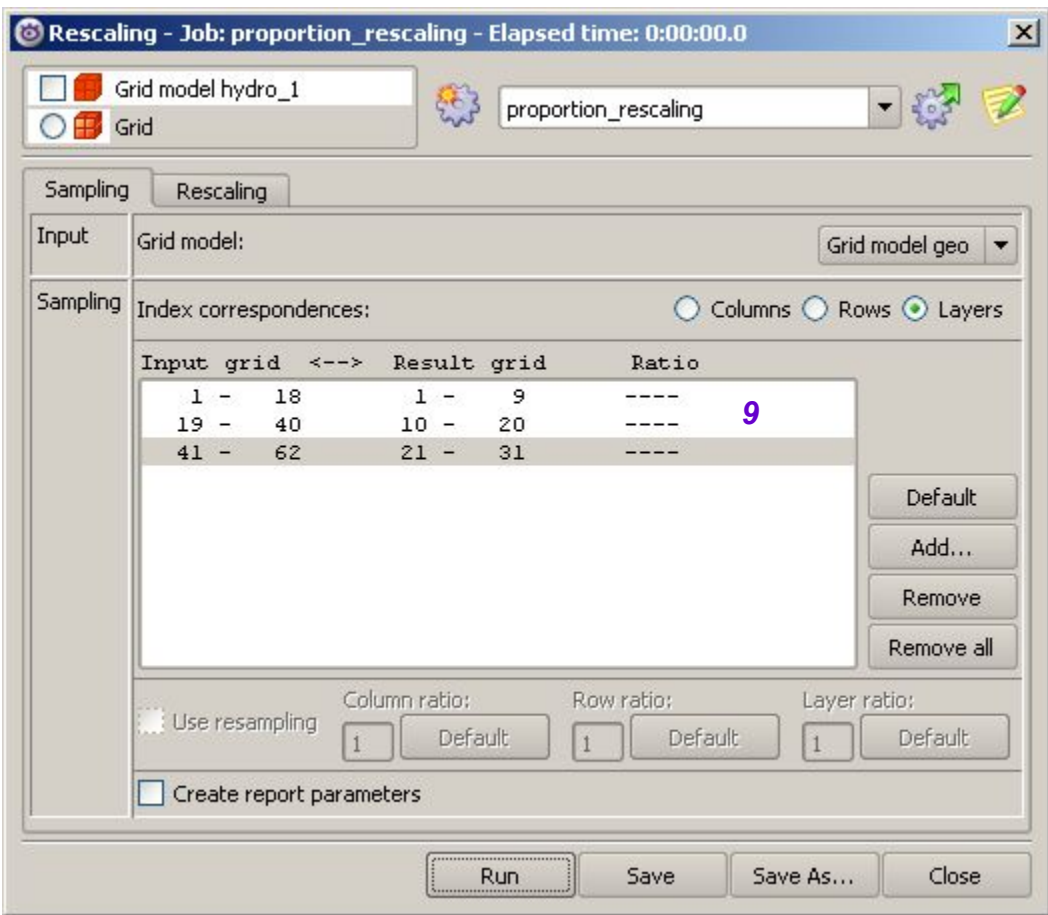
SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS



Rescaling - Job: proportion\_rescaling - Elapsed time: 0:00:00.0

Grid model hydro\_1  
Grid

proportion\_rescaling

Sampling Rescaling

Input Grid model: Grid model geo

Sampling Index correspondences: Columns Rows Layers

Input grid	Result grid	Ratio
1 - 18	1 - 9	----
19 - 40	10 - 20	----
41 - 62	21 - 31	----

Default  
Add...  
Remove  
Remove all

Use resampling Column ratio: 1 Default Row ratio: 1 Default Layer ratio: 1 Default

Create report parameters

Run Save Save As... Close

Но для слоев соответствие задать надо (9).



INTERPRETATION



MODELING



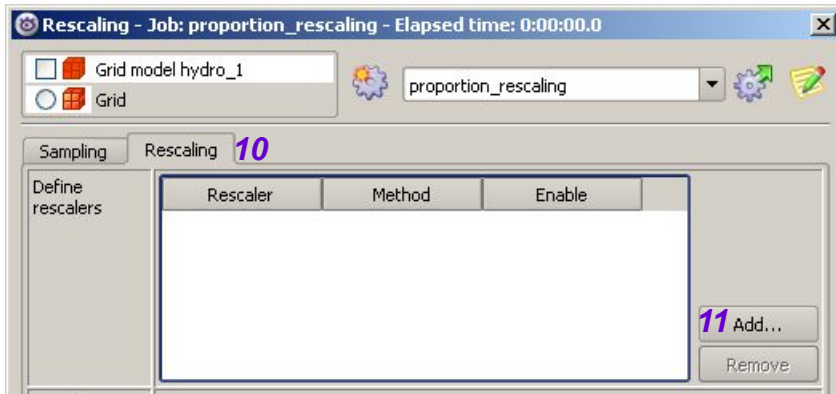
SIMULATION



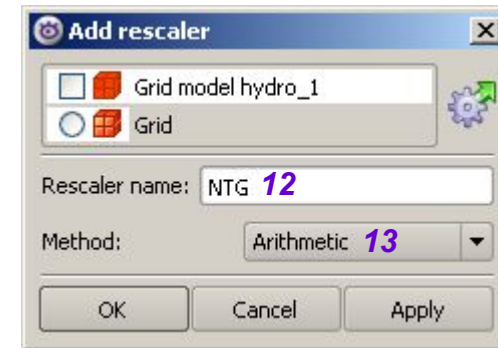
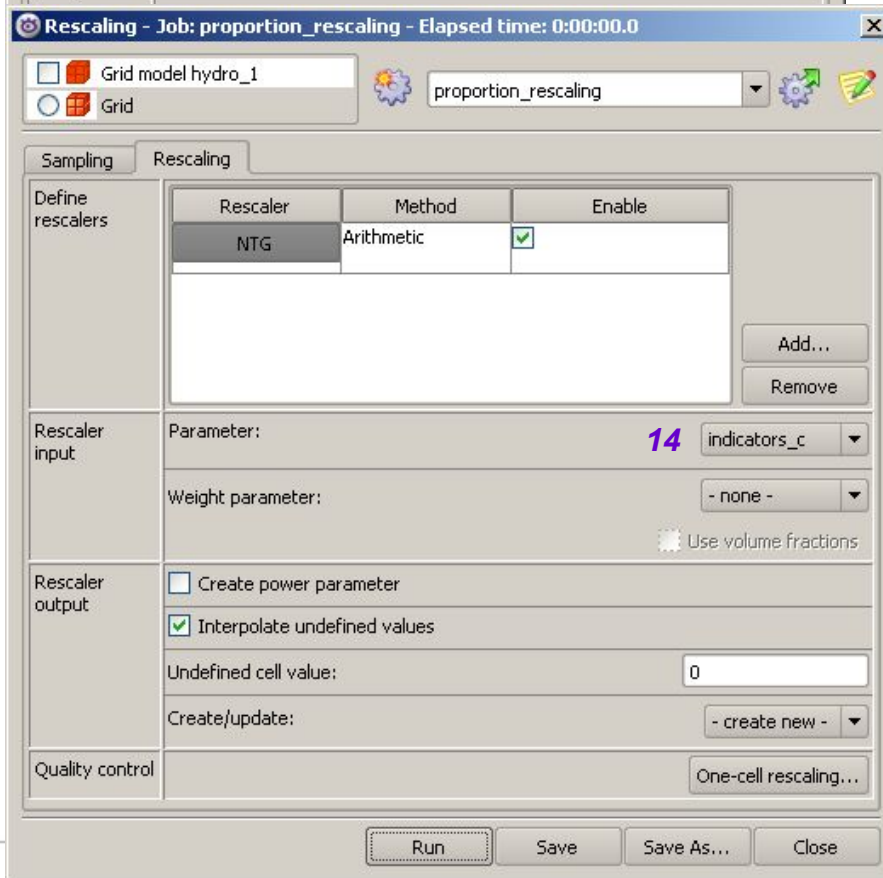
WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

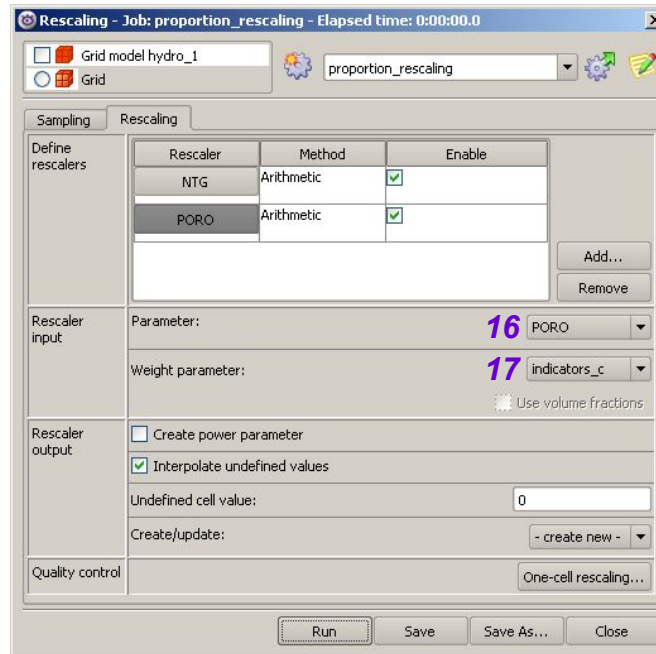


- 10. Переключитесь в закладку Rescaling (10).
- 11. Нажмите на кнопку Add... (11), чтобы добавить первый параметр.
- 12. В появившейся панели введите имя нового параметра – начнем с NTG (12).
- 13. Из выпадающего списка выберите алгоритм осреднения (13).



- 14. Из выпадающего списка параметров геологической сетки выберите непрерывный параметр indicators\_c (14). Данный параметр взвешивать не будем.
- Остальные настройки оставьте по умолчанию.

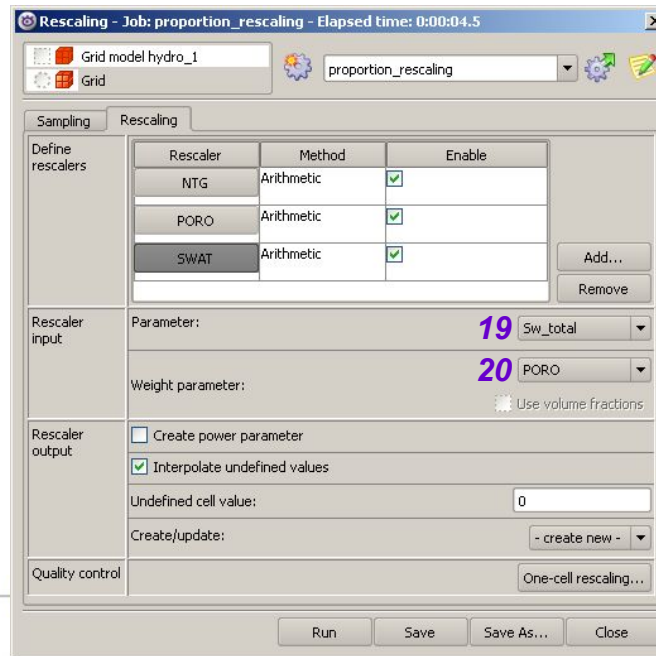
# Ремасштабирование параметров (5)



Создайте следующий параметр – PORO (15).

В секции Rescaler input выберите параметр пористости (16).

Пористость будем взвешивать по параметру непрерывной литологии (17).



Далее создадим параметр SWAT (18).

В секции Rescaler input выберите параметр водонасыщенности (19).

Насыщенность будет взвешена по пористости (20).





# Ремасштабирование параметров (6)

The screenshot shows the 'Add rescaler' dialog box in the foreground. It has a title bar 'Add rescaler' and a close button. Inside, there are two list items: 'Grid model hydro\_1' and 'Grid'. Below the lists, there is a 'Rescaler name:' field with the value 'PERM' and a blue number '21' next to it. Below that is a 'Method:' dropdown menu with 'Full tensor' selected and a blue number '22' next to it. At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Apply'.

In the background, the 'Rescaling' panel is visible. It has a title bar 'Rescaling - Job: proportion\_rescaling - Elapsed time: 0:00:04.5'. The 'Rescaling' tab is active. It contains a table with the following data:

Rescaler	Method	Enable
PORO	Arithmetic	<input checked="" type="checkbox"/>
SWAT	Arithmetic	<input checked="" type="checkbox"/>
PERM	Full tensor	<input checked="" type="checkbox"/>

Below the table are 'Add...' and 'Remove' buttons. Underneath the table is the 'Rescaler input' section with three dropdown menus for 'Kx:', 'Ky:', and 'Kz:', all set to 'PERM'. A blue number '23' is next to the 'Ky:' dropdown. Below these are 'Flow simulation geometry:' options: 'Rectangularised' (selected) and 'Real'. There is a checkbox for 'Use skin region' which is unchecked. Below that is 'Numerical resolution:' with 'Columns: 1', 'Rows: 1', and 'Layers: 1'.

The 'Rescaler output' section has a checkbox for 'Create power parameter' which is unchecked, and a checked checkbox for 'Interpolate undefined values'. Below this is an 'Undefined cell value:' field with the value '0'. There are seven rows of checkboxes and dropdown menus for 'Kx', 'Ky', 'Kz', 'Kxy', 'Kxz', and 'Kyz', all checked and set to '- create new -'.

At the bottom of the panel is a 'Quality control' section with a button for 'One-cell rescaling...'. At the very bottom of the window are four buttons: 'Run', 'Save', 'Save As...', and 'Close'.

Последний параметр – проницаемость (21).

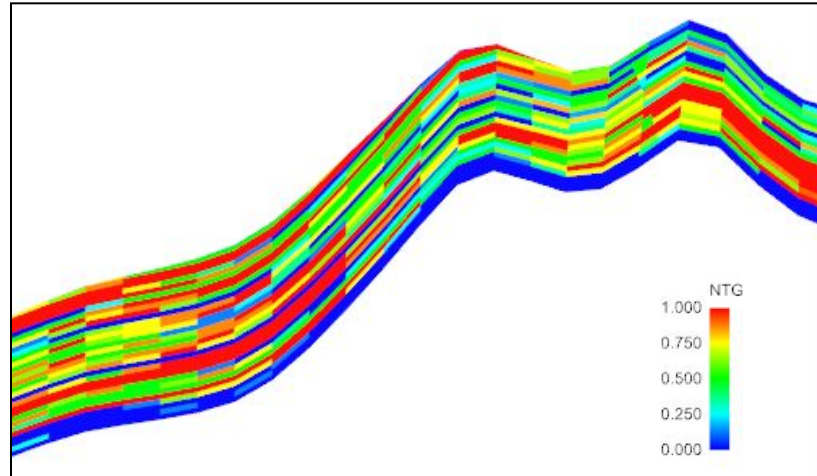
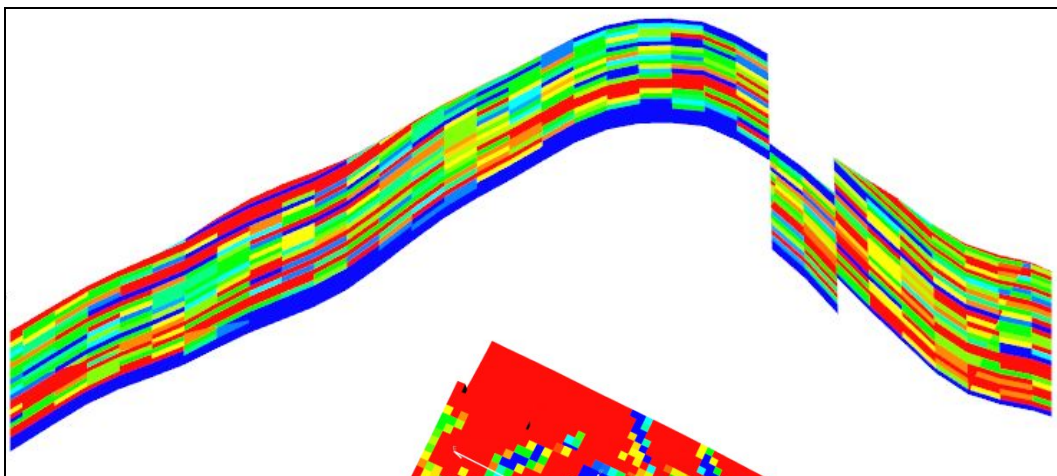
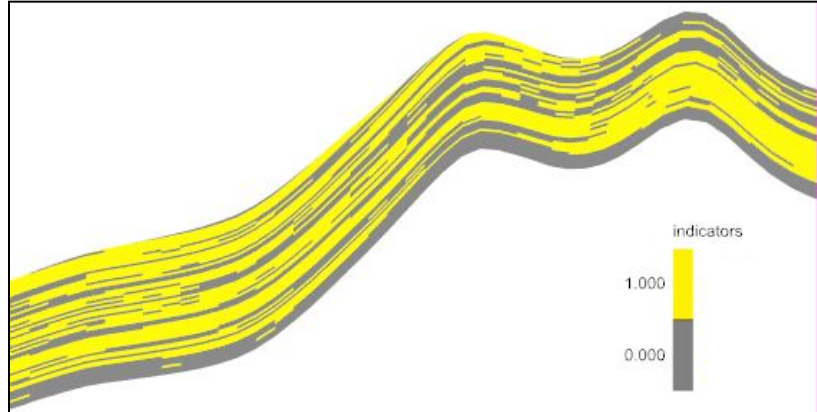
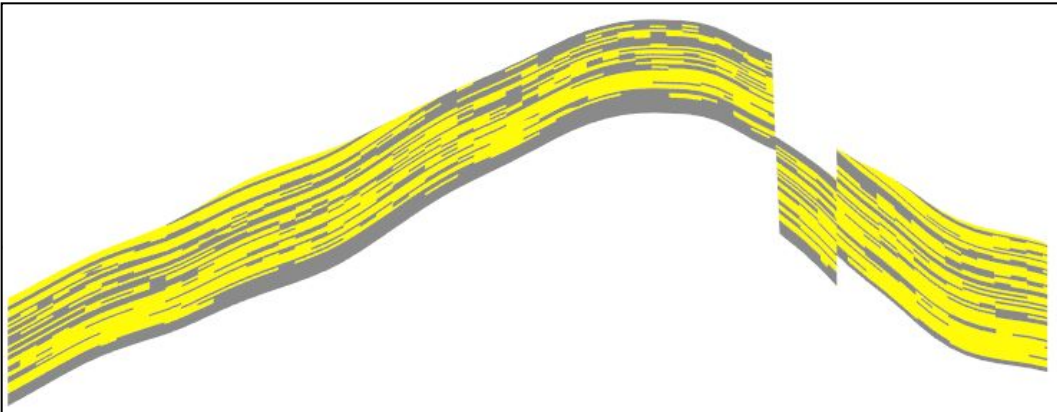
Для проницаемости будет выбрано осреднение Full tensor (22).

В закладке Rescaling выставите настройки, как показано слева (23).

Запустите задачу на расчет и добавьте в Workflow.

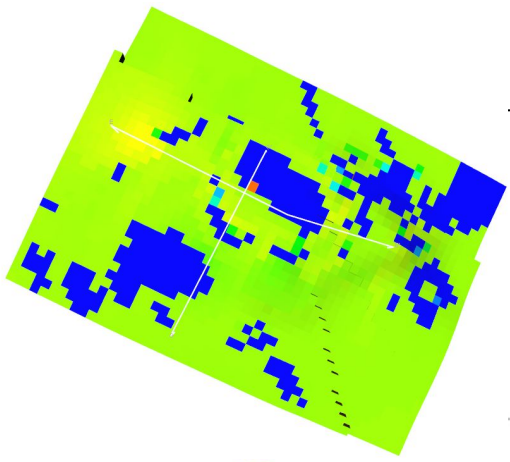
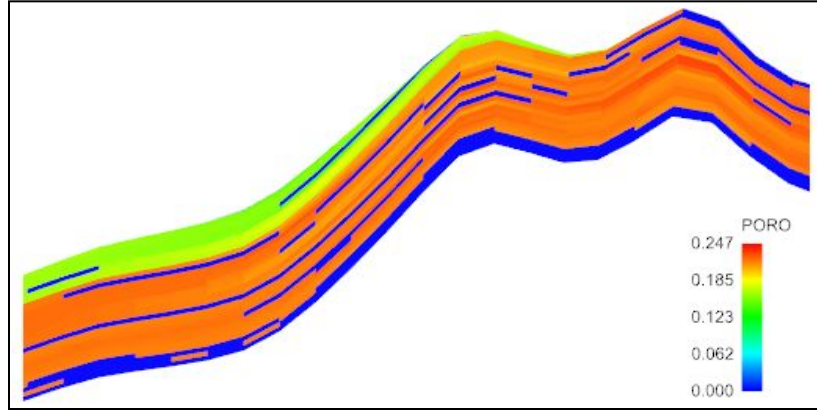
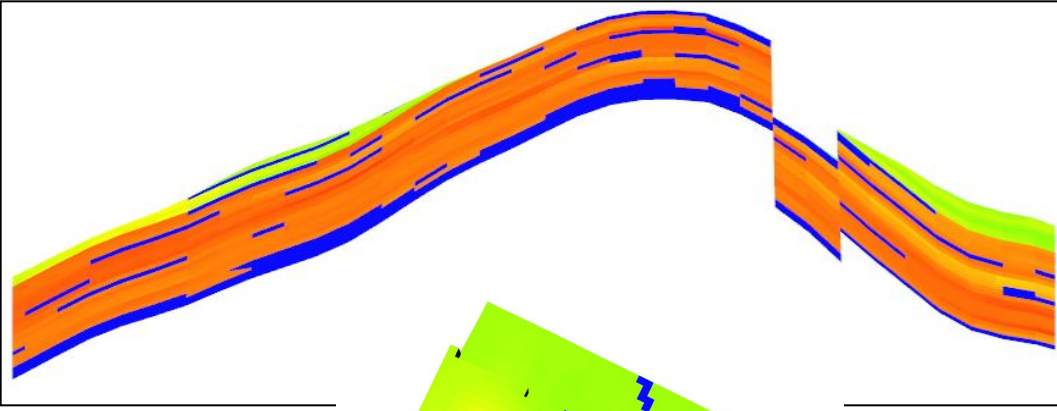
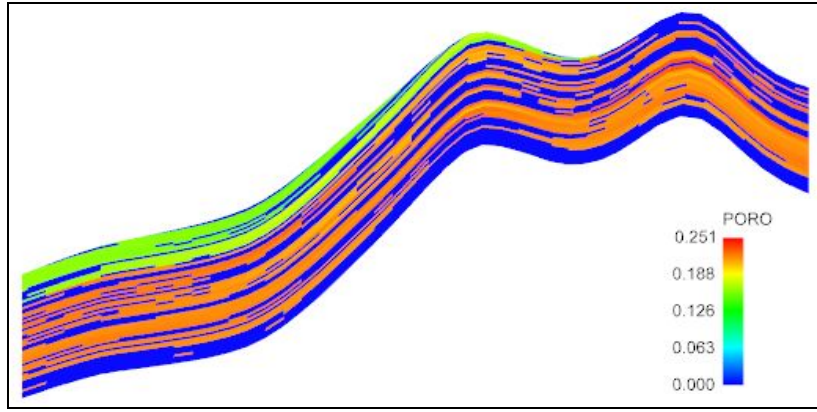
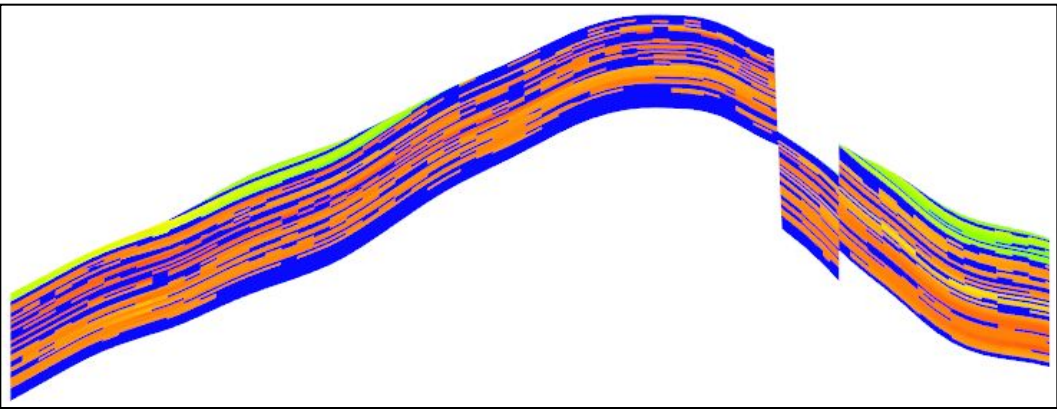
# Визуальное сопоставление параметров (1)

Литология



# Визуальное сопоставление параметров (2)

Пористость



INTERPRETATION

MODELING



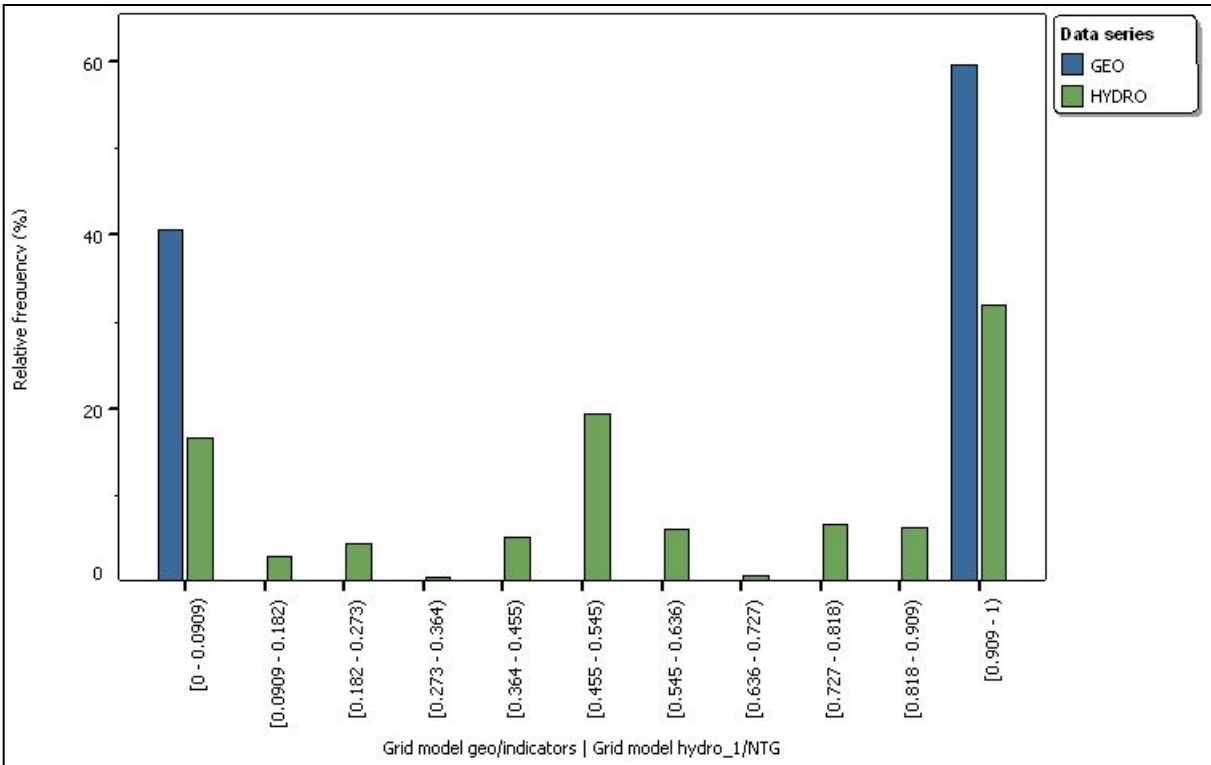
SIMULATION



WELL & COMPLETION



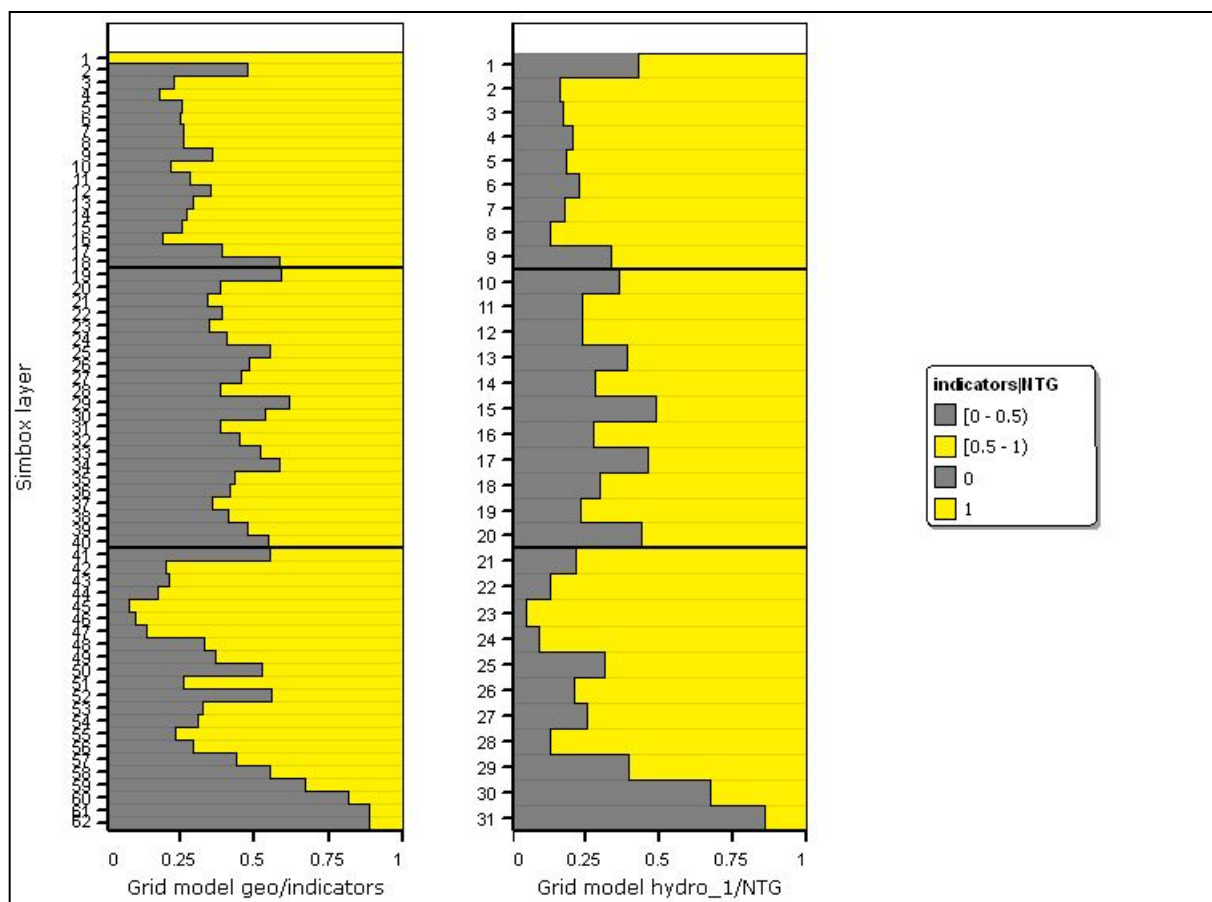
PRODUCTION & PROCESS



Для оценки качества выполненного ремасштабирования можно построить гистограммы распределения литологии (дискретный параметр литологии с геологической сетки и непрерывный параметр NTG с гидродинамической), пористости (взвесив пористость по NTG).

Слева приведен пример распределения литологии по геологической и гидродинамической моделям.

Filter information							
Series	Zone	Sample	Value	No. of observations			
GEO	All	100.00 [Auto]	[Off]	383365			
HYD RO	All	100.00 [Auto]	[Off]	49317			
Statistical information							
Series	Min	Max	Mean	Median	Mode	Std	Skewness
GEO	0	1	0.594246	1	1	0.491038	-0.383862
HYD RO	0	1	0.595622	0.625		0.365001	-0.367336

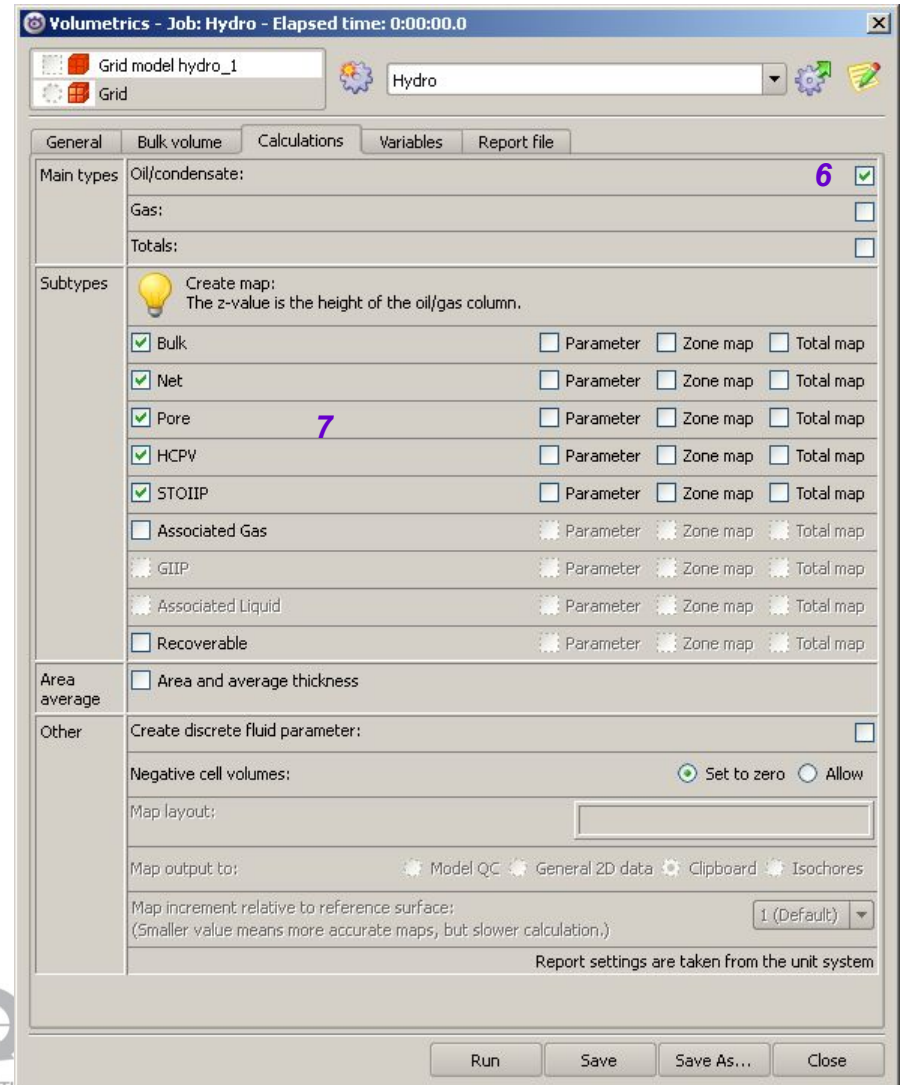
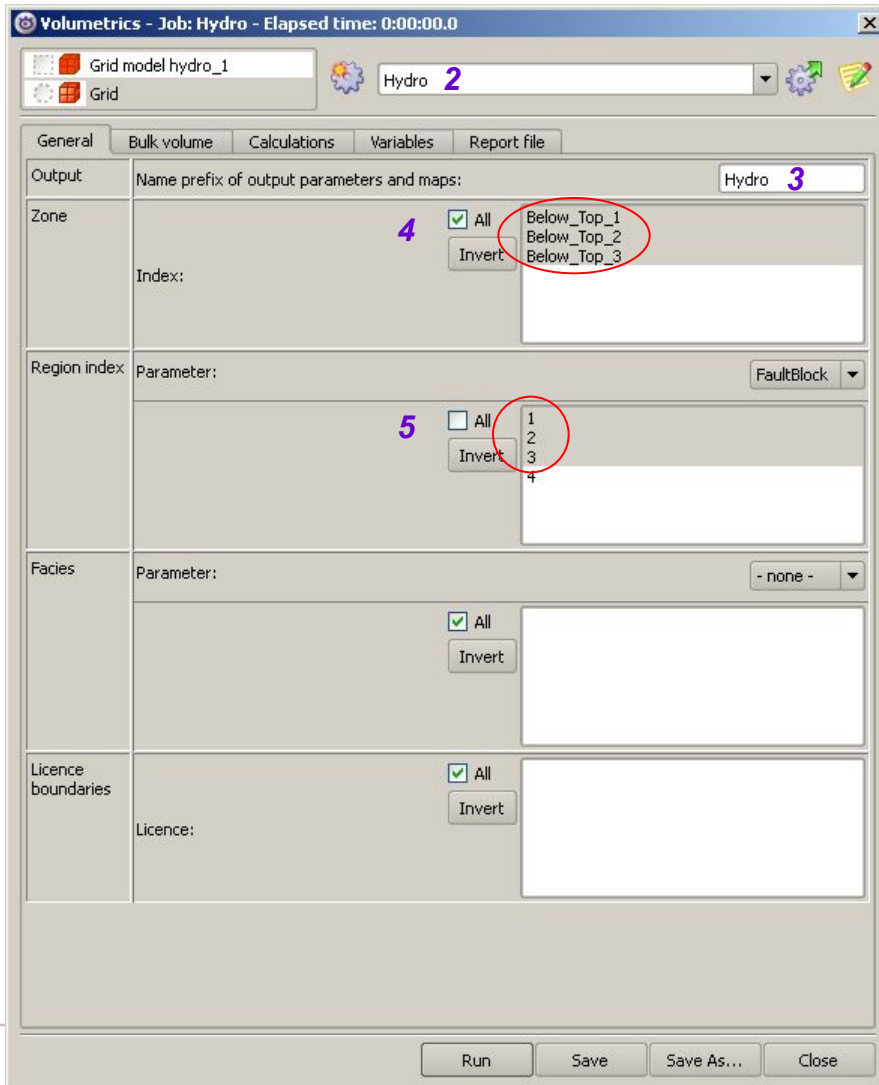
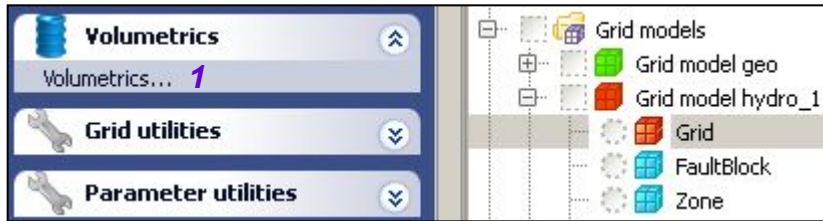


Для того чтобы убедиться в том, что были сохранены все особенности распределения свойств по вертикали, можно построить ГСР.

Слева приведены примеры ГСР по геологической модели и гидродинамической.

Filter information				
Series	Zone	Sample	Value	No. of observations
GEO	All	100.00 [Auto]	[Off]	383365
HYD RO	All	100.00 [Auto]	[Off]	49317

# Подсчет запасов по гидродинамической модели (1)



# Подсчет запасов по гидродинамической модели (2)

Type

Variable class: **Oil variables**  
Formation variables

Variable: **8**  
Oil/Water contact (project depth units)  
Water saturation (fraction)  
Bo factor (dimensionless)

Give values for:  Each zone  Each region  Each zone/region  All zones/regions

Table link: (Columns = 1, rows = 1) - none -

Use surface **Surface**

All zones  x

Type

Variable class: **Oil variables**  
Formation variables

Variable: **9**  
Oil/Water contact (project depth units)  
Water saturation (fraction)  
Bo factor (dimensionless)

Give values for:  Each zone  Each region  Each zone/region  All zones/regions

Table link: (Columns = 1, rows = 1) - none -

Use param. **Parameter**

All zones  x

Type

Variable class: **Oil variables**  
Formation variables

Variable: **10**  
Oil/Water contact (project depth units)  
Water saturation (fraction)  
Bo factor (dimensionless)

Give values for:  Each zone  Each region  Each zone/region  All zones/regions

Table link: (Columns = 1, rows = 1) - none -

Use param.

All zones  **1.1789**

- Grid model hydro\_1
- Grid
  - FaultBlock
  - Zone
  - NTG
  - PORO
  - SWAT
  - PERMX
  - PERMY
  - PERMZ
  - PERMXY
  - PERMXZ

Type

Variable class: **Oil variables**  
**Formation variables**

Variable: **11**  
Net/Gross (fraction)  
Porosity (fraction)

Give values for:  Each zone  Each region  Each zone/region  All zones/regions

Table link: (Columns = 1, rows = 1) - none -

Use param. **Parameter**

All zones  x

Type

Variable class: **Oil variables**  
**Formation variables**

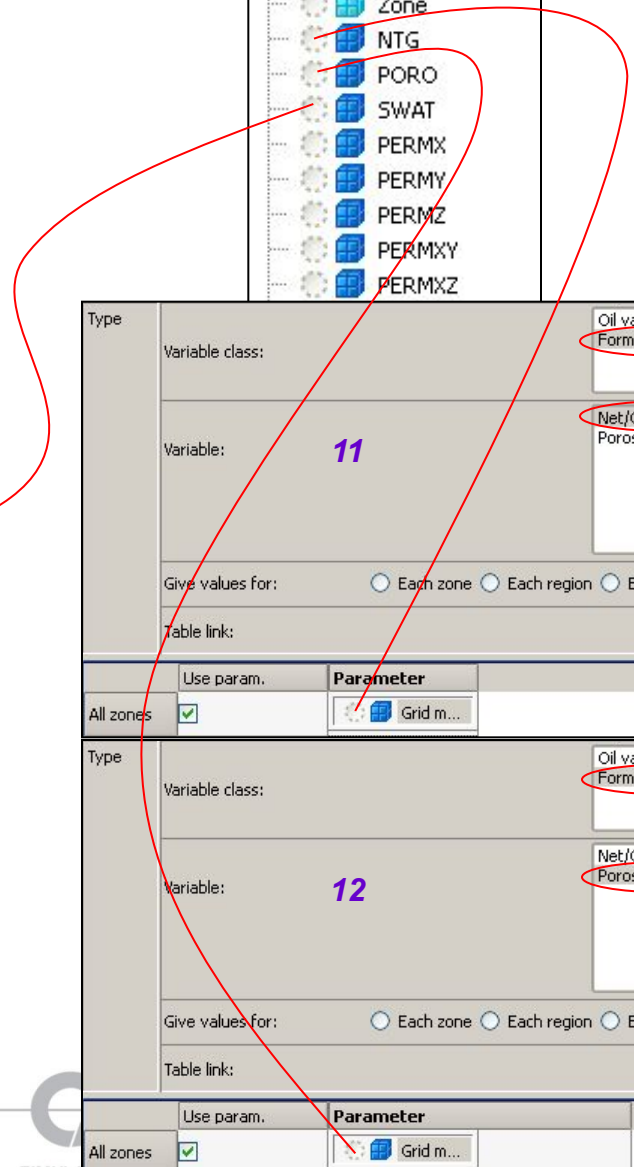
Variable: **12**  
Net/Gross (fraction)  
Porosity (fraction)

Give values for:  Each zone  Each region  Each zone/region  All zones/regions

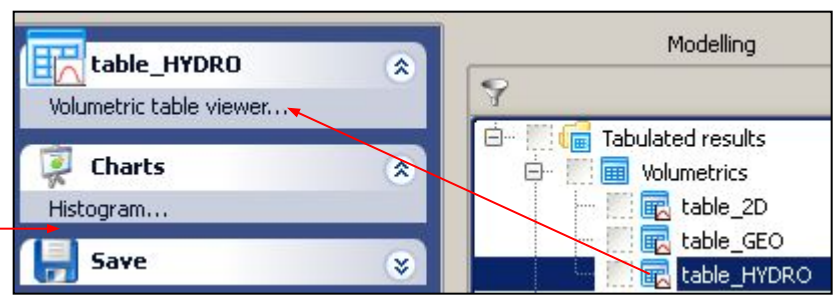
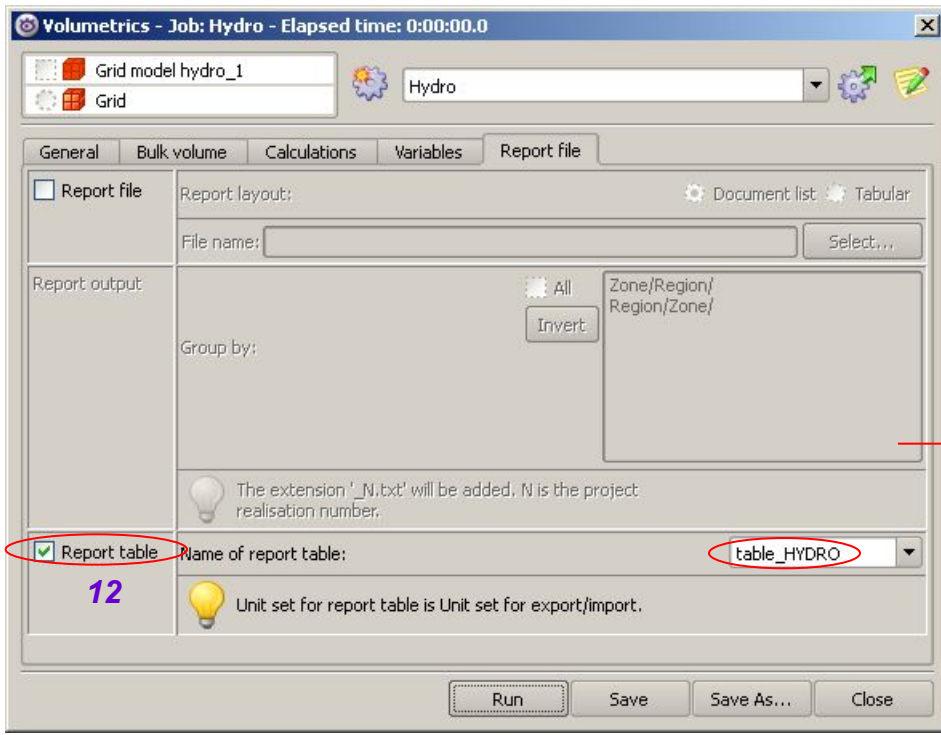
Table link: (Columns = 1, rows = 1) - none -

Use param. **Parameter**

All zones  x



# Подсчет запасов по гидродинамической модели (3)



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS



# Сравнение запасов по моделям

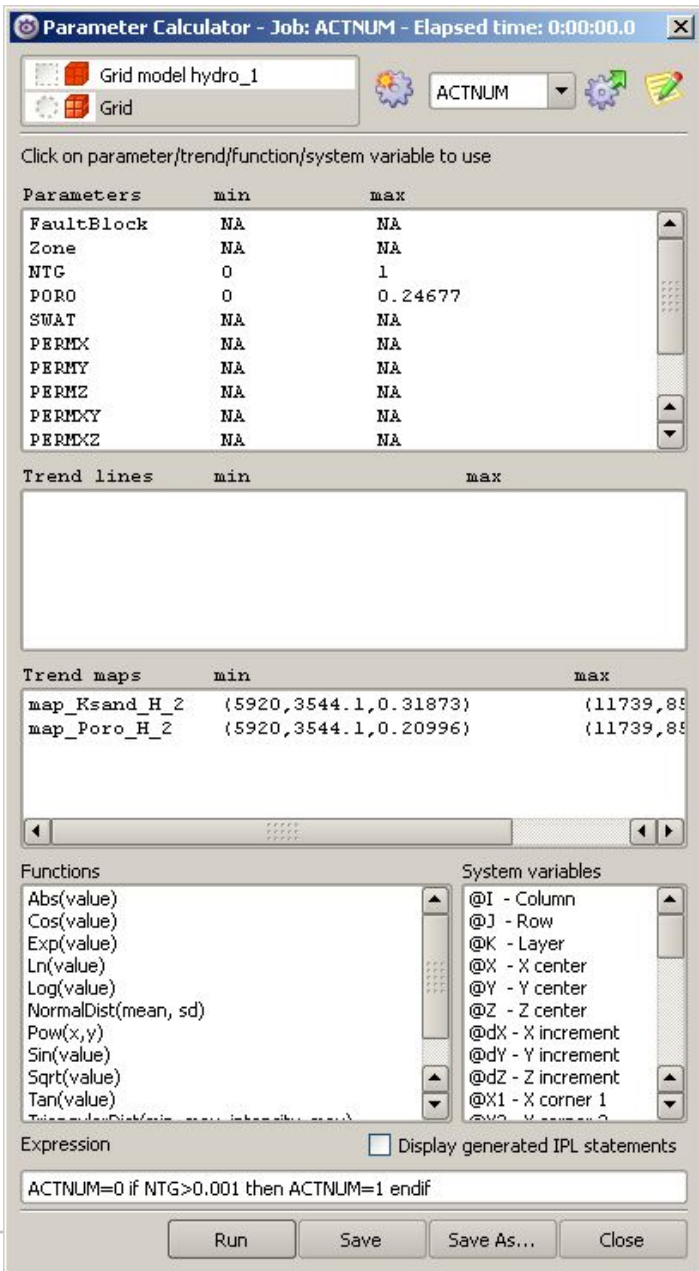
Proj. real.	Zone	Segment	BulkOil	NetOil	PoreOil	HCPVOil	STOIP	Proj. real.	Zone	Segment	Facies	BulkOil	NetOil	PoreOil	HCPVOil	STOIP	
1	1	Below_Top_1	4.34403e+06	2.69154e+06	446704	374662	317807	1	1	Below_Top_1	1	2.75449e+06	2.75449e+06	458219	384688	326311	
2	1	Below_Top_1	1.41577e+06	1.14566e+06	192600	160532	136171	2	1	Below_Top_1	2	1.17136e+06	1.17136e+06	196758	163776	138922	
3	1	Below_Top_1	1.22476e+07	9.3034e+06	1.52906e+06	1.27838e+06	1.08439e+06	3	1	Below_Top_1	3	9.41638e+06	9.41638e+06	1.54639e+06	1.29264e+06	1.09648e+06	
4	1	Below_Top_1	Totals	1.80074e+07	1.31406e+07	2.16836e+06	1.81358e+06	1.53836e+06	4	1	Below_Top_1	Totals	1.33422e+07	1.33422e+07	2.20137e+06	1.8411e+06	1.56171e+06
5	1	Below_Top_2	1.80074e+07	1.31406e+07	2.16836e+06	1.81358e+06	1.53836e+06	5	1	Below_Top_2	1	4.45462e+06	4.45462e+06	954488	676685	573997	
6	1	Below_Top_2	2.64809e+06	1.81773e+06	399120	276121	234220	6	1	Below_Top_2	2	1.84868e+06	1.84868e+06	405816	282853	239929	
7	1	Below_Top_2	2.74158e+07	1.38515e+07	3.05851e+06	2.07872e+06	1.76327e+06	7	1	Below_Top_2	3	1.37913e+07	1.37913e+07	3.04795e+06	2.1455e+06	1.81992e+06	
8	1	Below_Top_2	Totals	3.77732e+07	2.00499e+07	4.39597e+06	2.96591e+06	2.51583e+06	8	1	Below_Top_2	Totals	2.00946e+07	2.00946e+07	4.40826e+06	3.10504e+06	2.63385e+06
9	1	Below_Top_3	5.82657e+06	3.5315e+06	784522	507866	430796	9	1	Below_Top_3	1	3.65702e+06	3.65702e+06	811763	550619	467062	
10	1	Below_Top_3	1.8391e+06	1.15975e+06	255499	171549	145516	10	1	Below_Top_3	2	1.14981e+06	1.14981e+06	253484	171540	145508	
11	1	Below_Top_3	2.11335e+07	1.14712e+07	2.52948e+06	1.68764e+06	1.43154e+06	11	1	Below_Top_3	3	1.15188e+07	1.15188e+07	2.54016e+06	1.78286e+06	1.51231e+06	
12	1	Below_Top_3	Totals	2.87992e+07	1.61625e+07	3.5695e+06	2.36705e+06	2.00785e+06	12	1	Below_Top_3	Totals	1.63256e+07	1.63256e+07	3.60541e+06	2.50502e+06	2.12488e+06
13	1	Totals	1.78799e+07	1.06037e+07	2.16957e+06	1.4936e+06	1.26694e+06	13	1	Totals	1	1.08661e+07	1.08661e+07	2.22447e+06	1.61199e+06	1.36737e+06	
14	1	Totals	5.90296e+06	4.12314e+06	847218	608202	515906	14	1	Totals	2	4.16986e+06	4.16986e+06	856059	618168	524360	
15	1	Totals	6.07969e+07	3.46261e+07	7.11705e+06	5.04474e+06	4.2792e+06	15	1	Totals	3	3.47264e+07	3.47264e+07	7.13451e+06	5.221e+06	4.42871e+06	
16	1	Totals	Totals	8.45798e+07	4.93529e+07	1.01338e+07	7.14654e+06	6.06204e+06	16	1	Totals	Totals	4.97624e+07	4.97624e+07	1.0215e+07	7.45116e+06	6.32044e+06

Сопоставление начальных геологических запасов по пластам отдельно и в общем.

Расхождения составляют более 1% по всем пластам, по всей вероятности из-за достаточно грубого укрупнения сетки.

	Геологическая модель	Гидродинамическая модель	Погрешность, %
Пласт Н_1, тыс. м <sup>3</sup>	1 562	1 538	-1.5
Пласт Н_2, тыс. м <sup>3</sup>	2 634	2516	-4.5
Пласт Н_3, тыс. м <sup>3</sup>	2 125	2008	-5.5
Всего по пластам, тыс. м <sup>3</sup>	6 320	6 062	-4.1





Parameter Calculator - Job: ACTNUM - Elapsed time: 0:00:00.0

Grid model hydro\_1  
Grid

ACTNUM

Click on parameter/trend/function/system variable to use

Parameters	min	max
FaultBlock	NA	NA
Zone	NA	NA
NTG	0	1
PORO	0	0.24677
SWAT	NA	NA
PERMX	NA	NA
PERMY	NA	NA
PERMZ	NA	NA
PERMXZ	NA	NA

Trend lines

Trend lines	min	max
-------------	-----	-----

Trend maps

Trend maps	min	max
map_Ksand_H_2	{5920,3544.1,0.31873}	{11739,85}
map_Poro_H_2	{5920,3544.1,0.20996}	{11739,85}

Functions

- Abs(value)
- Cos(value)
- Exp(value)
- Ln(value)
- Log(value)
- NormalDist(mean, sd)
- Pow(x,y)
- Sin(value)
- Sqrt(value)
- Tan(value)
- TriangularDist(mean, min, intensity, max)

System variables

- @I - Column
- @J - Row
- @K - Layer
- @X - X center
- @Y - Y center
- @Z - Z center
- @dX - X increment
- @dY - Y increment
- @dZ - Z increment
- @X1 - X corner 1
- @X2 - X corner 2

Expression  Display generated IPL statements

ACTNUM=0 if NTG>0.001 then ACTNUM=1 endif

Run Save Save As... Close

Дискретный параметр АСТNUM содержит два значения 0 и 1. Значение 1 содержится в ячейках, которые гидродинамически активны, значение 0 содержится в ячейках, которые гидродинамически неактивны.

Если гидродинамическая ячейка содержит какую-либо долю коллектора, то ее можно считать гидродинамически активной.

Для создания параметра АСТNUM в панели Parameter calculator необходимо прописать условие:

ACTNUM=0 if NTG>0.001 then ACTNUM=1 endif

Таким образом, гидродинамически активными ячейками будут те, коэффициент песчаности в которых больше 0,1%.

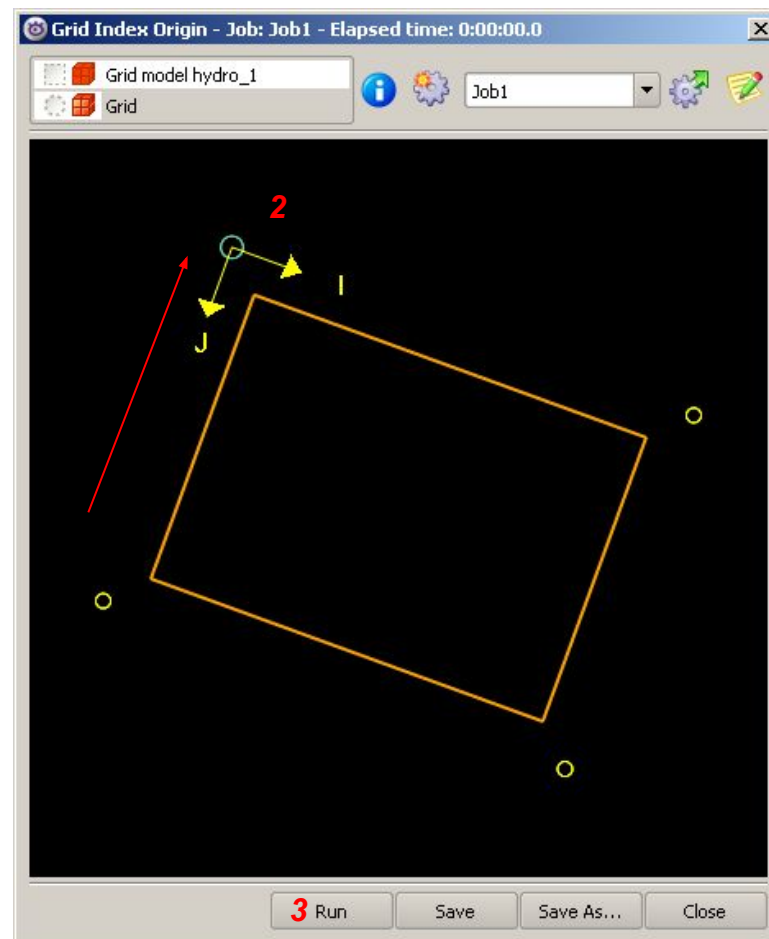
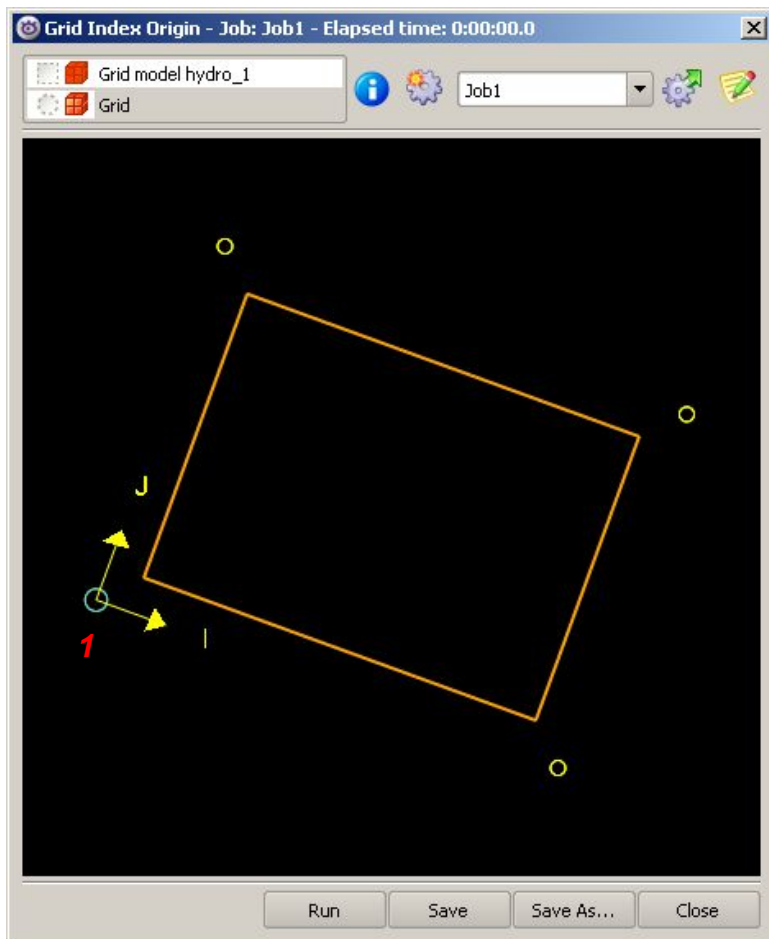
Для создания параметра АСТNUM можно задавать и какие-то дополнительные условия, например, ограничить значение минимального объема ячейки.



# Изменение начала координат сетки

По умолчанию в RMS нумерации строк и столбцов начинается в левом нижнем угле (1). Началом координат в гидродинамических симуляторах считается левый верхний угол сетки. Таким образом, для правильного отображения параметров в гидродинамическом симуляторе необходимо поменять начало координат.

Изменить начало координат можно в панели Grid Index Origin (Grid  Grid utilities  Set grid index origin...). Задайте угол начала (2) и нажмите на кнопку Run (3).



INTERPRETATION



MODELING



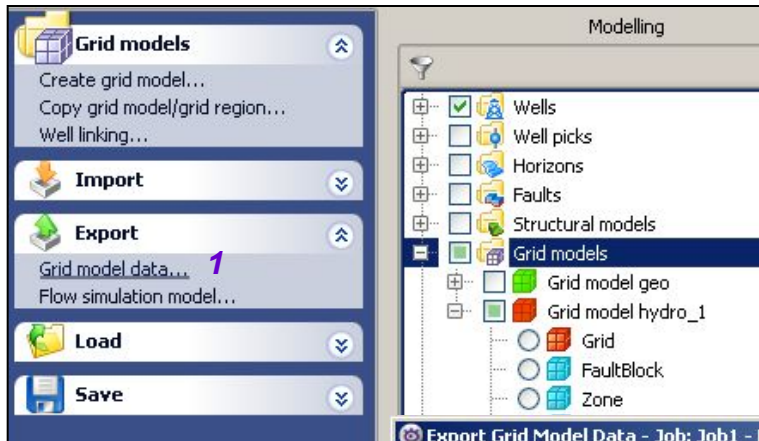
SIMULATION



WELL & COMPLETION

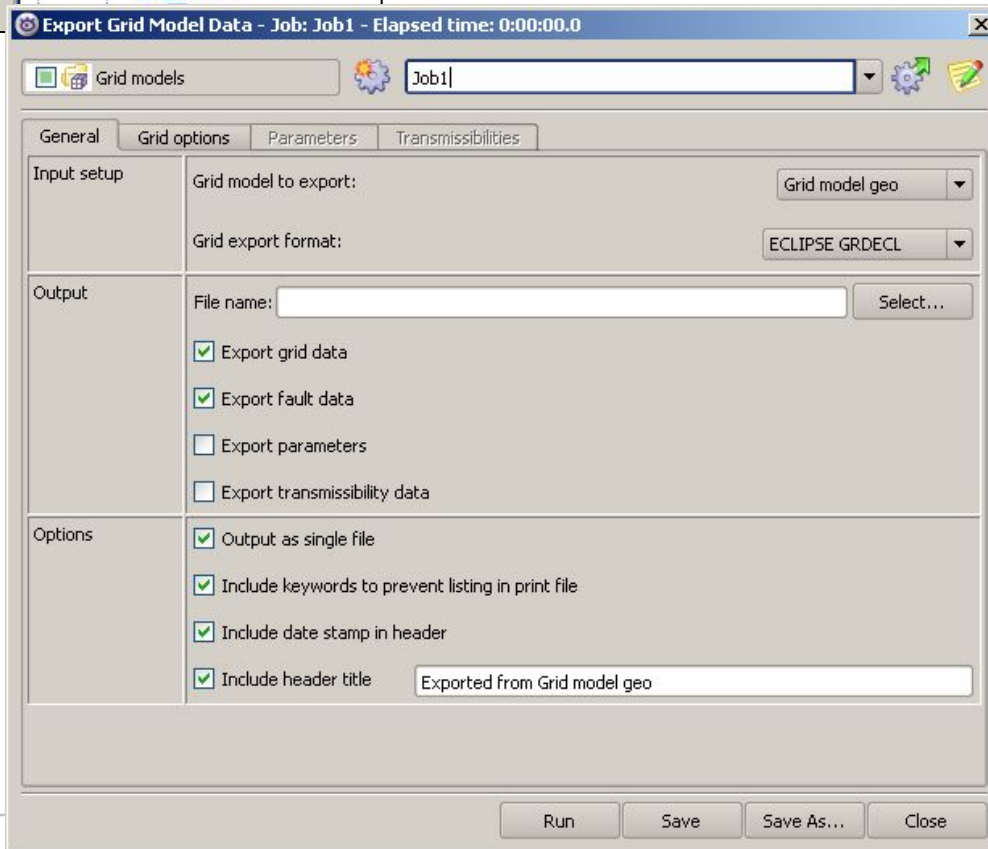


PRODUCTION & PROCESS



После того, как завершены все операции по подготовке сетке к гидродинамическому моделированию, на сетку перенесены параметры, эти объекты необходимо экспортировать для дальнейшего использования в гидродинамическом симуляторе.

Для экспорта геометрии сетки и параметров откройте панель Export Grid Model Data, которая доступна из меню контейнера Grid models □ Export □ Grid model data...(1), либо данную панель можно вызвать из списка File □ Export □ Grid models □ Grid model data...

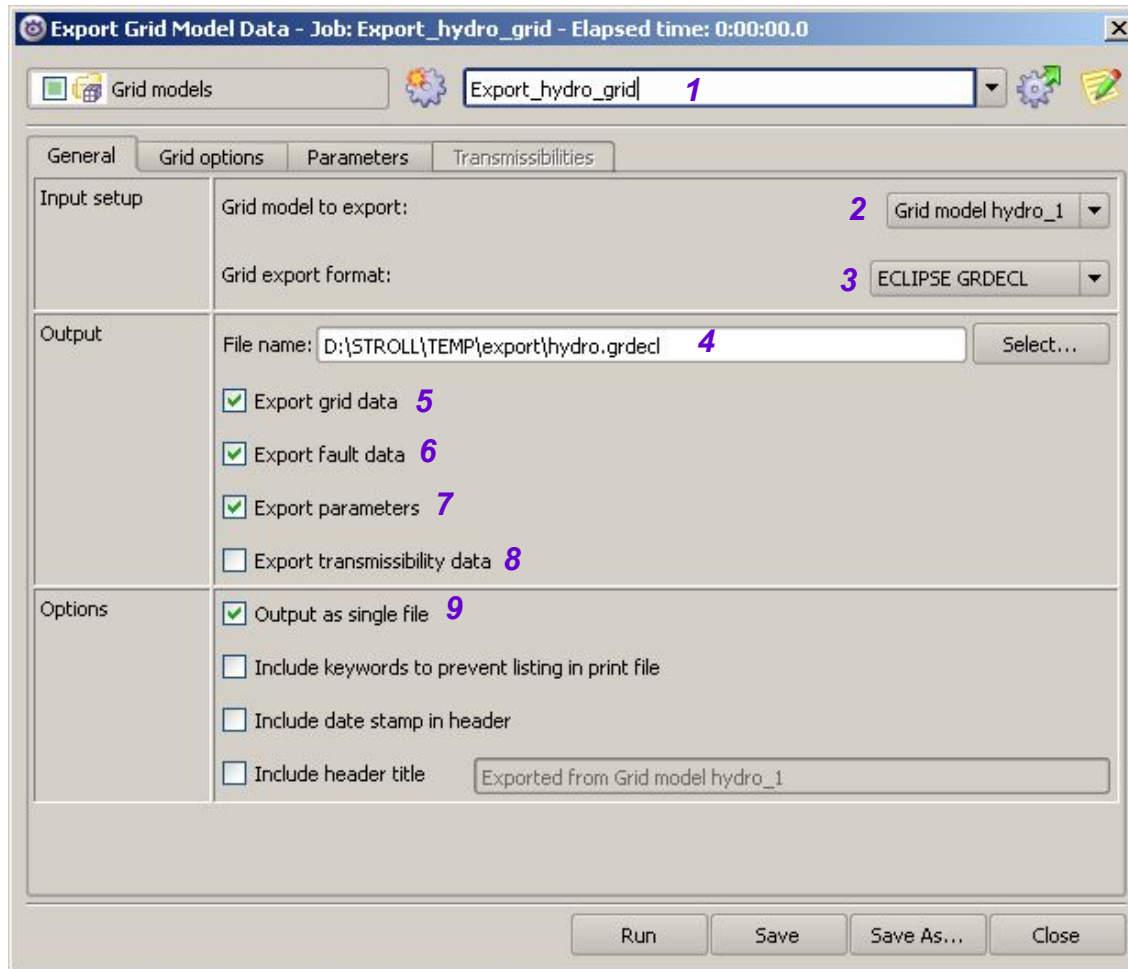


# Экспорт модели (2)

Создайте новую задачу (1).

Выберите из выпадающего списка трехмерную модель для экспорта (2).

Выберите из выпадающего списка формат экспорта (3). Чаще всего сетку выгружают в формате Eclipse GRDECL.



Секция Output.

Укажите путь, куда будет сохранен выходной файл, и задайте его имя (4).

Отдельно могут быть экспортированы: геометрия сетки (5), описание разломов, встроенных в сетку (6), трехмерные параметры (7), массивы сообщаемости (8).

Секция Options.

При выборе опции Output as single file, все данные будут выгружены в отдельный файл (9). Чтобы данные были экспортированы в отдельные файлы, необходимо отключить данную опцию.

Остальные опции данной секции позволяют включить в шапку экспортируемых файлов дополнительное описание экспортируемых объектов.



INTERPRETATION



MODELING



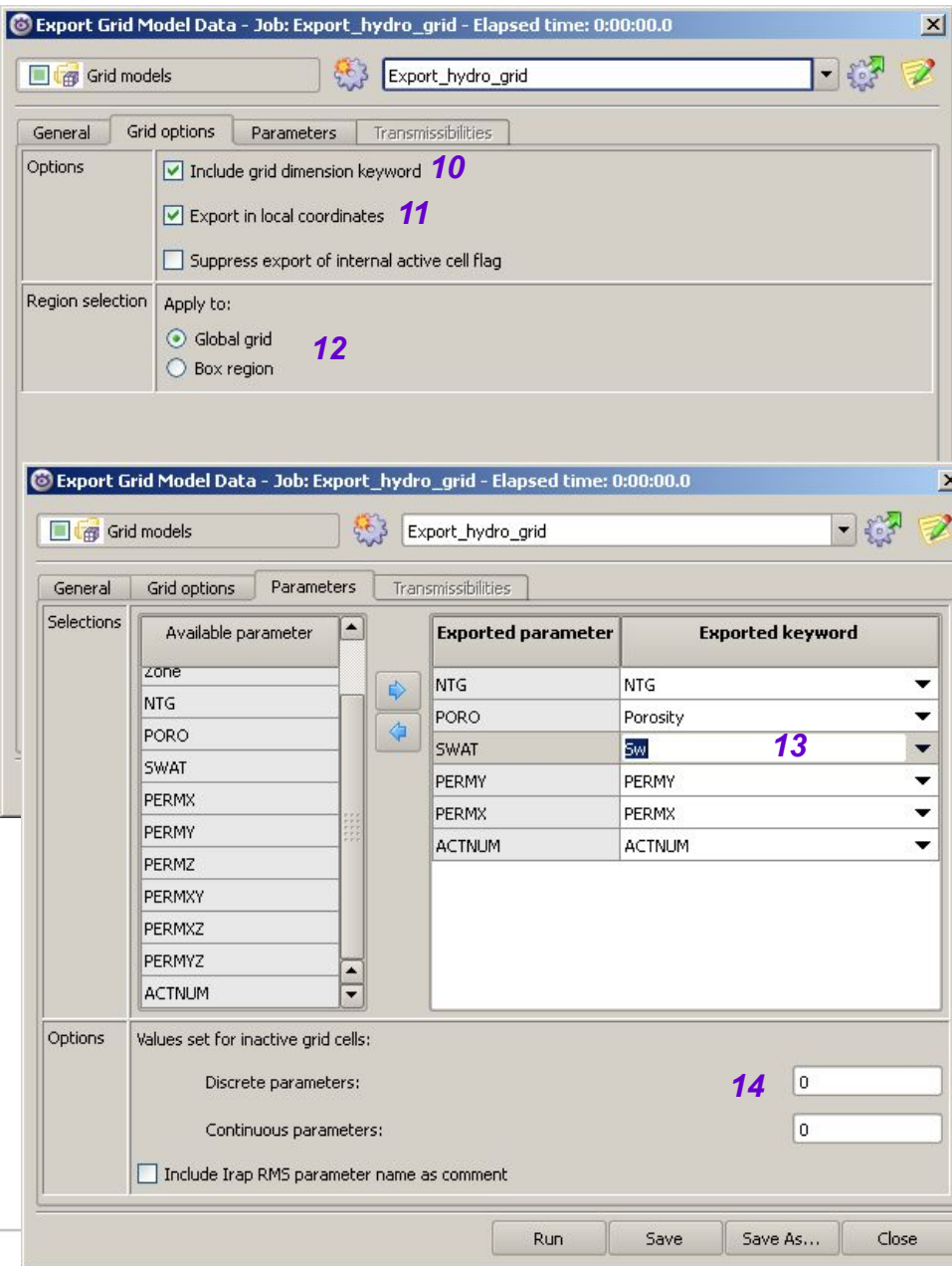
SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS



В закладке Grid options необходимо задать настройки для экспорта трехмерной сетки.

При выборе опции Include grid dimension keyword в файл будет включена информация и размерности сетки (10). Обычно включается.

При выборе опции Export in local coordinates в описание геометрии сетки будет добавлена секция, которая содержит описание смещения координат (11). Смещение осуществляется таким образом, чтобы начало координат было в точке 0:0.

Данная опция факультативна. Если модель предполагается выгрузить и загрузить снова, данную опцию можно не использовать.

Опция Global grid позволяет выгрузить сетку полностью. При выборе опции Box region Вы можете выгрузить сетку в заданном диапазоне I J K, либо в пределах созданного ранее сегмента (12).

Закладка Parameters активная при выборе опции Export parameters в закладке General.

Здесь необходимо выбрать из списка Available parameter параметры для экспорта и с помощью стрелки перенести их в поле Exported.

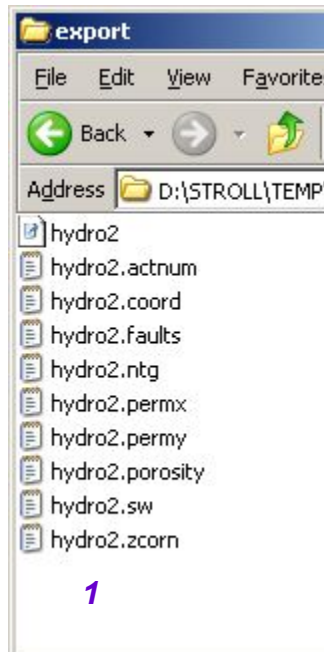
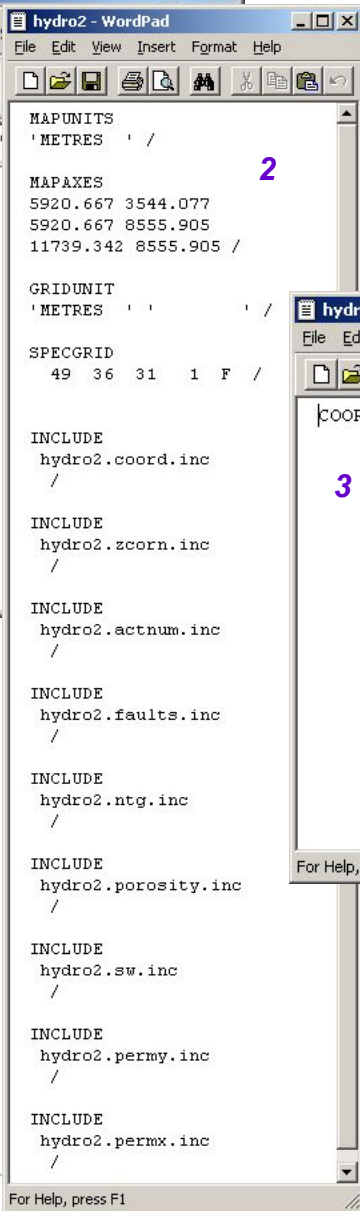
При необходимости можно поменять имя экспортируемого параметра в колонке Exported keyword (13).

В секции Options можно задать значение для неактивных ячеек дискретного и непрерывного параметров (14).







```

MAPUNITS
'METRES ' /

MAPAXES
5920.667 3544.077
5920.667 8555.905
11739.342 8555.905 /

GRIDUNIT
'METRES ' ' ' ' /

SPECGRID
49 36 31 1 F /

INCLUDE
hydro2.coord.inc
/

INCLUDE
hydro2.zcorn.inc
/

INCLUDE
hydro2.actnum.inc
/

INCLUDE
hydro2.faults.inc
/

INCLUDE
hydro2.ntg.inc
/

INCLUDE
hydro2.porosity.inc
/

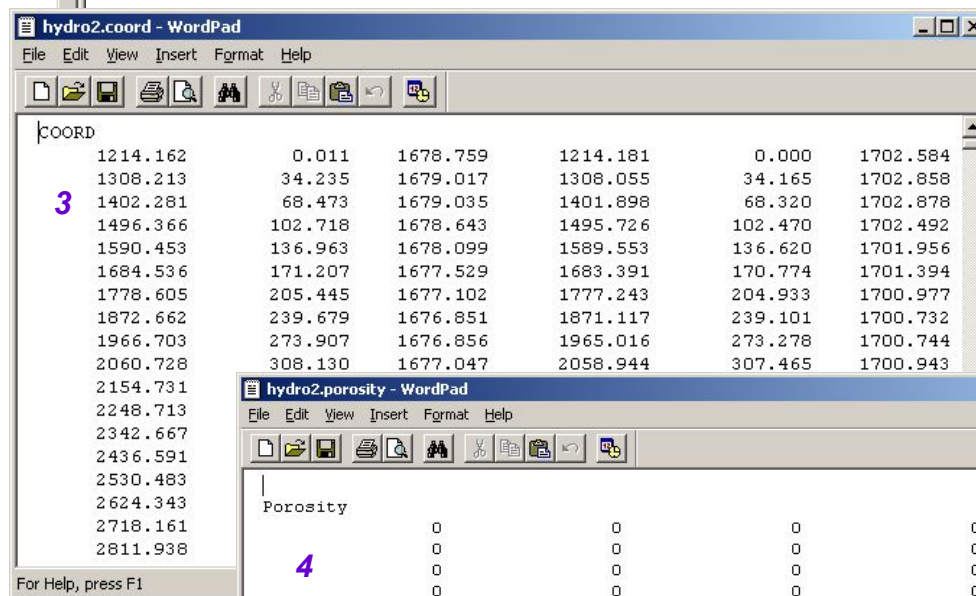
INCLUDE
hydro2.sw.inc
/

INCLUDE
hydro2.permy.inc
/

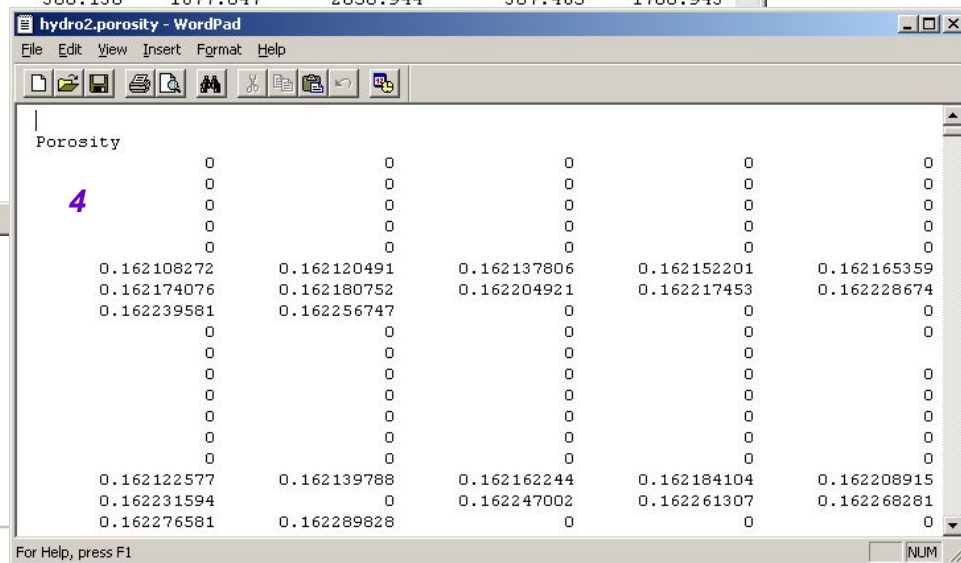
INCLUDE
hydro2.permx.inc
/
    
```

При отключении опции Output as single file, данные будут экспортироваться в отдельные файлы (1).

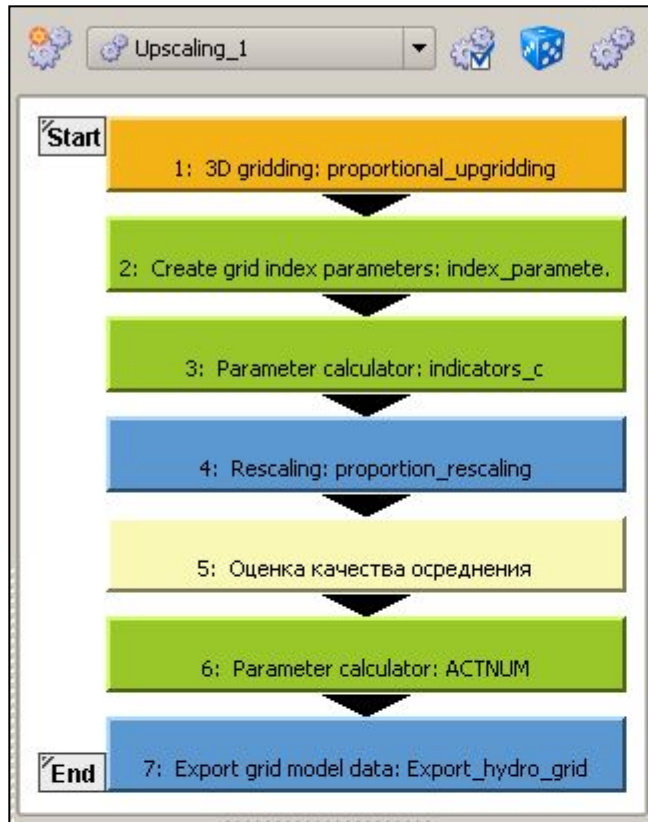
Слева приведен пример основного файла (2), который содержит локальные координаты, размерность сетки, а далее список всех файлов, которые содержат описание экспортируемых данных, например, ниже приведены примеры файлов с описанием геометрии сетки (3) и параметра (4).



COORD						
1214.162	0.011	1678.759	1214.181	0.000	1702.584	
1308.213	34.235	1679.017	1308.055	34.165	1702.858	
1402.281	68.473	1679.035	1401.898	68.320	1702.878	
1496.366	102.718	1678.643	1495.726	102.470	1702.492	
1590.453	136.963	1678.099	1589.553	136.620	1701.956	
1684.536	171.207	1677.529	1683.391	170.774	1701.394	
1778.605	205.445	1677.102	1777.243	204.933	1700.977	
1872.662	239.679	1676.851	1871.117	239.101	1700.732	
1966.703	273.907	1676.856	1965.016	273.278	1700.744	
2060.728	308.130	1677.047	2058.944	307.465	1700.943	
2154.731						
2248.713						
2342.667						
2436.591						
2530.483						
2624.343						
2718.161						
2811.938						



Porosity					
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0.162108272	0.162120491	0.162137806	0.162152201	0.162165359	0.162178517
0.162174076	0.162180752	0.162204921	0.162217453	0.162228674	0.162240000
0.162239581	0.162256747	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0.162122577	0.162139788	0.162162244	0.162184104	0.162208915	0.162231594
0.162231594	0	0.162247002	0.162261307	0.16228281	0
0.162276581	0.162289828	0	0	0	0



Чтобы обобщить все выполненные задачи при выполнении данного урока, приведем вид **Workflow**, который должен получиться.

При необходимости Вы можете просмотреть готовый проект, созданный по данному уроку.

Проект можно найти

***Projects/Training\_base\_11\_Upscaling.pro***



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

*Ремасштабирование параметров на  
примере непропорционально укрупненной  
сетки*



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



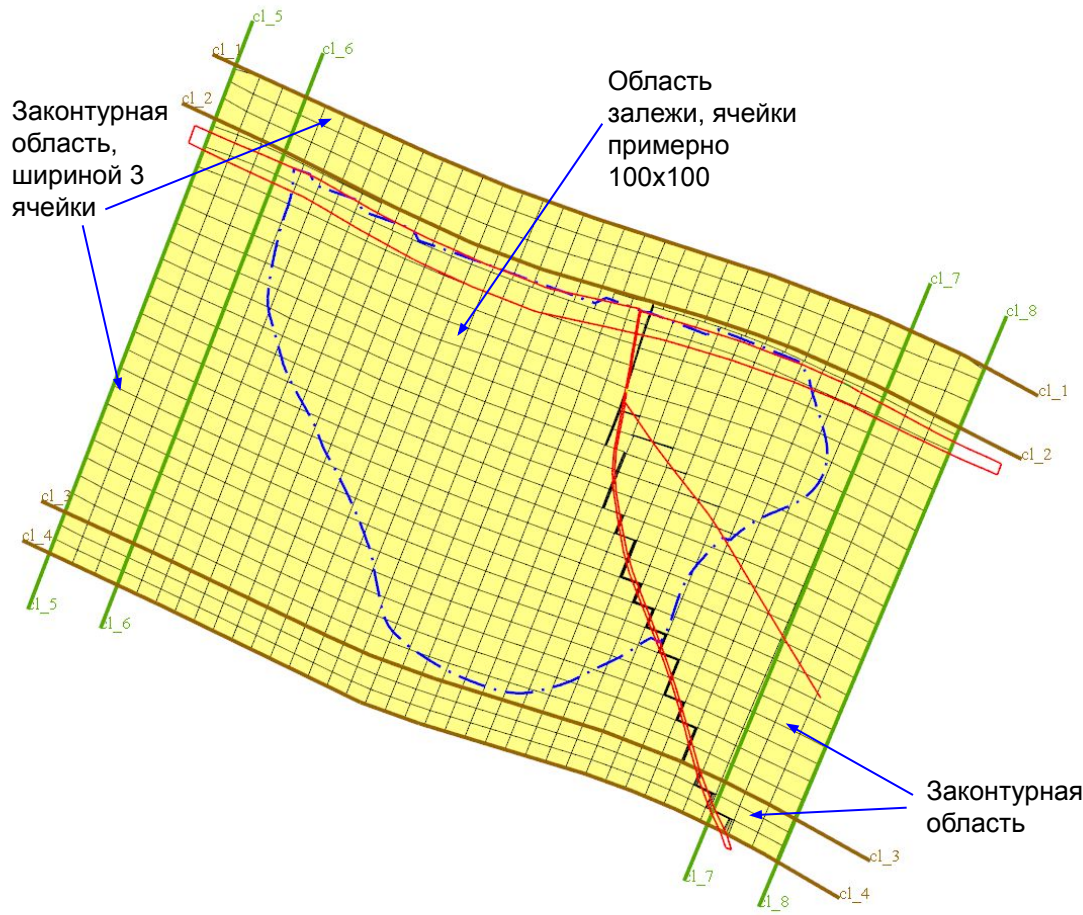
WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

Теперь рассмотрим создание гидродинамической сетки, которая будет неравномерна как по площади, так и по вертикали. В нашем случае неравномерная гидродинамическая сетка должна отвечать четырем основным условиям:

- Состоять из наименьшего количества ячеек;
- Однако количество ячеек должно быть достаточным для сохранения геологической неоднородности;
- Ячейки должны иметь форму, максимально приближенную к квадрату (в плане);
- Линии разломов должны оставаться как можно более плавными. Легко заметить, что эти условия противоречат друг другу. В этом и состоит основная проблема создания гидродинамических сеток – поиск «золотой середины».



На рисунке слева изображен конечный вид гидродинамической сетки, которую мы должны получить.

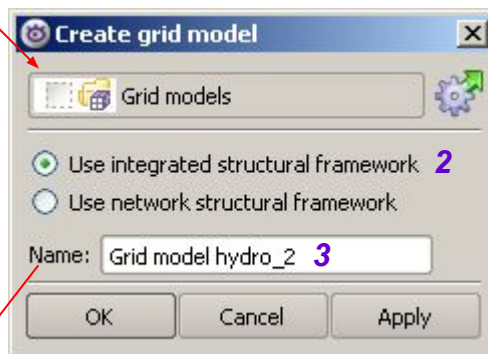
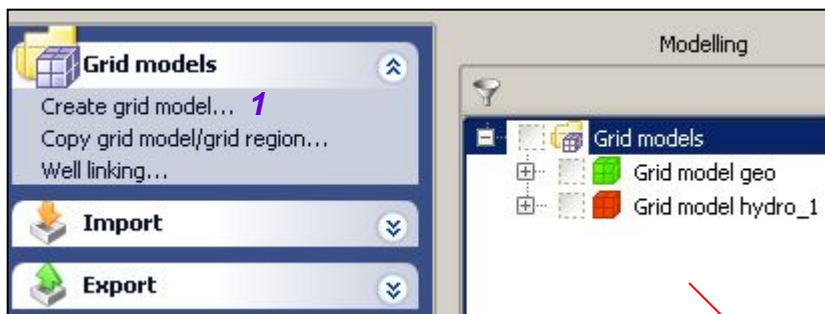
Со всех сторон сетка ограничена *законтурной областью* шириной в 3 ячейки.

В пределах же контура ВНК ячейки имеют размер примерно 100x100.

Обратите внимание, что ячейки ориентированы по линии разлома F\_1. Это сделано для того, чтобы наиболее корректно встроить разлом, при этом сократив количество гидродинамических ячеек, сохранив их форму, приближенную к квадрату, при максимальном качестве сетки и «плавных» разломах.

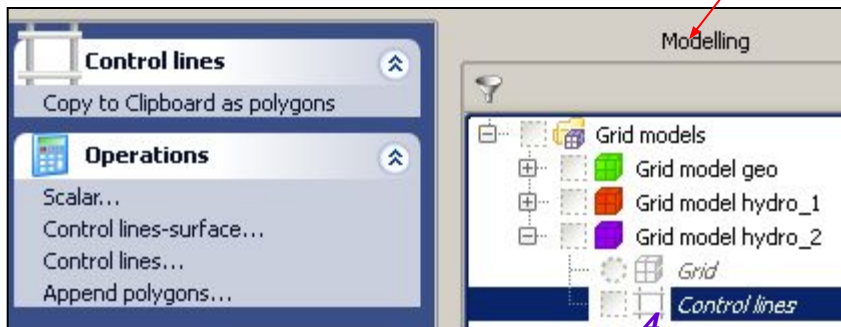
Как было сказано выше неравномерную сетку по площади можно создать с помощью контрольных линий.

Контрольные линии содержатся в модели сетки, с создания которой мы и начнем.



В списке операций контейнера **Grid models** выберите опцию **Create grid model** (1).

Гидродинамическая сетка также будет построена с помощью инструментов интегрированной структурной модели. В панели **Create grid model** выберите опцию **Use integrated structural framework** (2) и введите в поле **Name** имя будущей модели сетки (3).



В контейнере **Grid models** появилась еще одна модель сетки (4), которая содержит пока еще пустой объект **Control lines**, с которым далее мы и продолжим работать.



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



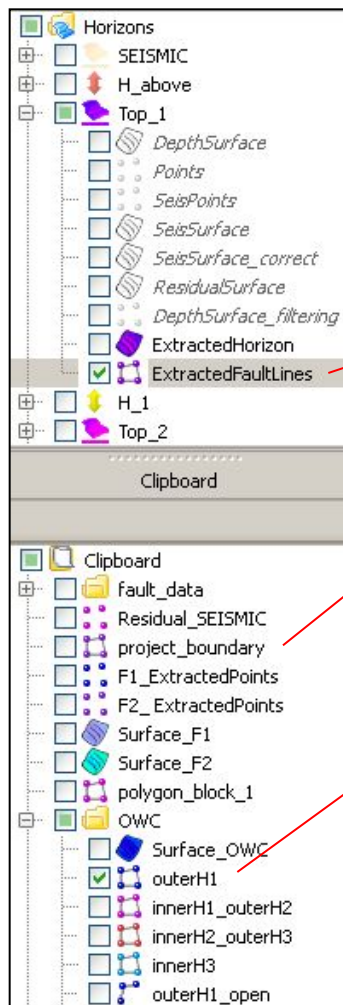
PRODUCTION & PROCESS

# Создание контрольных линий (1)

Контрольные линии можно разделить на продольные и поперечные, то есть параллельные строкам и столбцам сетки соответственно.

При создании контрольных линий мы будем ориентироваться на границы залежи, а также на линии разломов. Визуализируйте перечисленные объекты. Кроме этого визуализируйте и границы построений.

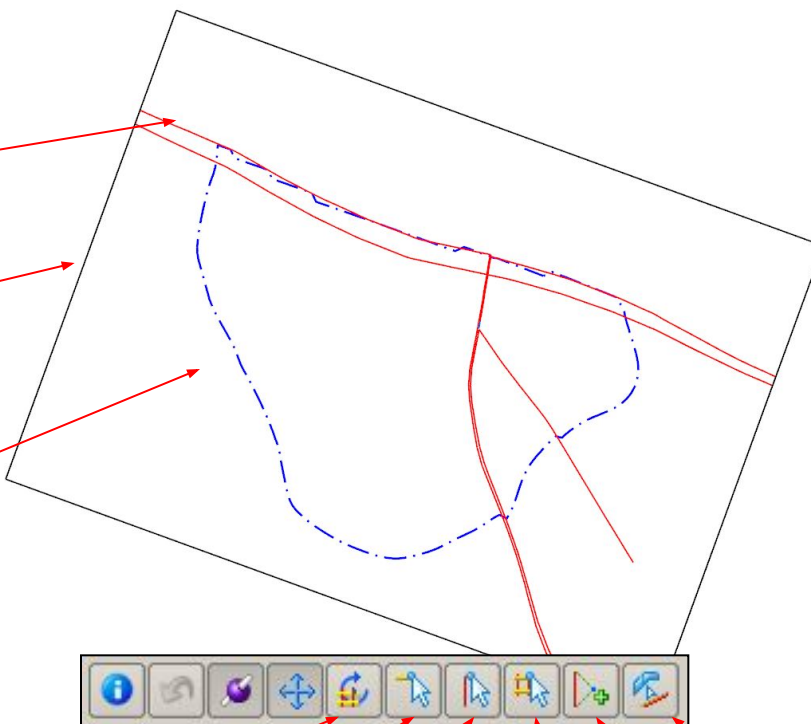
Перейдите в режим редактирования контрольных линий. В нижней части панели появятся инструменты работы с контрольными линиями.



Линии разломов по кровле пласта H\_1

Область построения модели

Внешний контур нефтеносности пласта H\_1



Повернуть все контр. линии

Создать контр. строку

Создать контр. столбец

Добавить точку на контр. линию

Создать прямоугольную область

Присоединить контр.линию к разлому



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION




PRODUCTION & PROCESS

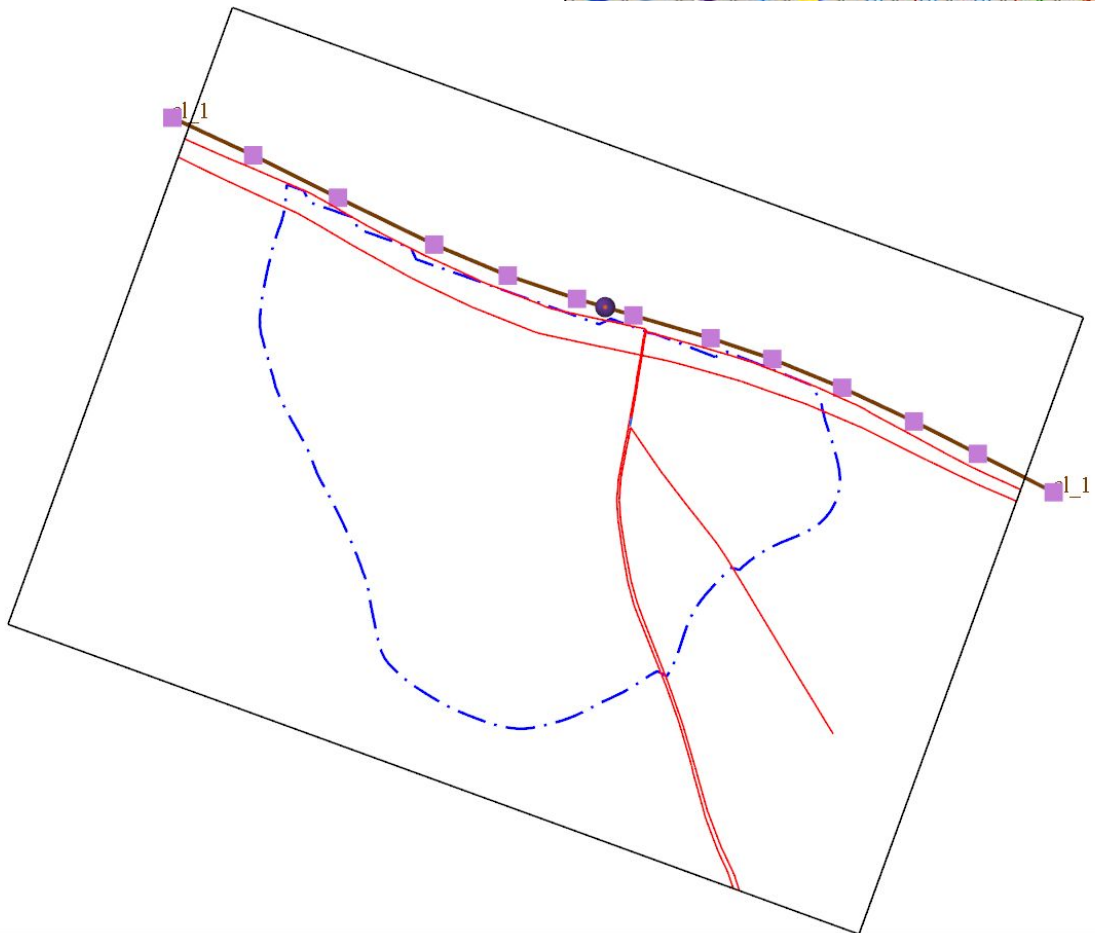
# Создание контрольных линий (2)



Выберите опцию Digitize new row и создайте первую контрольную строку параллельную линии разлома F\_1.



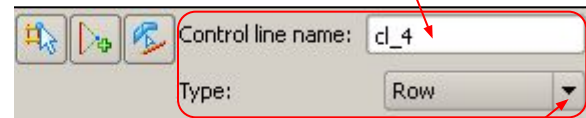
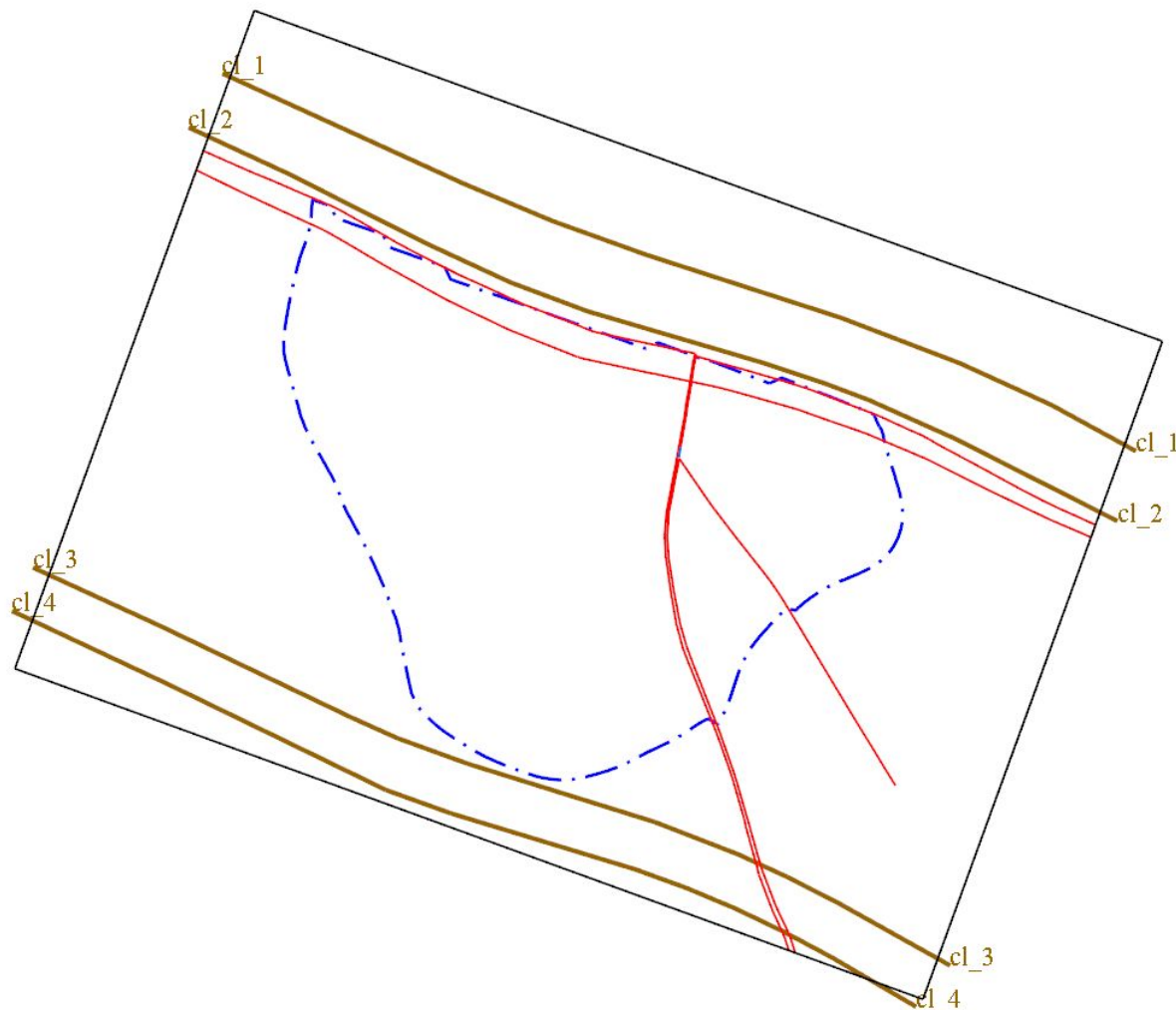
Control line name: cl\_1  
Type: Row



# Создание контрольных линий (3)

Далее можно воспользоваться сочетаниями клавиш **Ctrl+C** и **Ctrl+V**, для того чтобы копировать уже нарисованную линию.

Ширина законтурной области обычно равна 500-1000м. Расположите линии по порядку. Необязательно менять линии местами, их можно просто переименовать.



Ввести новое имя  
можно сюда

При необходимости  
можно поменять тип  
линии

Обратите внимание на расположение контрольных линий 3 и 4. Расстояние между ними меньше, чем расстояние между линиями 1 и 2, поскольку необходимо, чтобы они лежали в пределах области построения модели.



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS



# Создание контрольных линий (4)

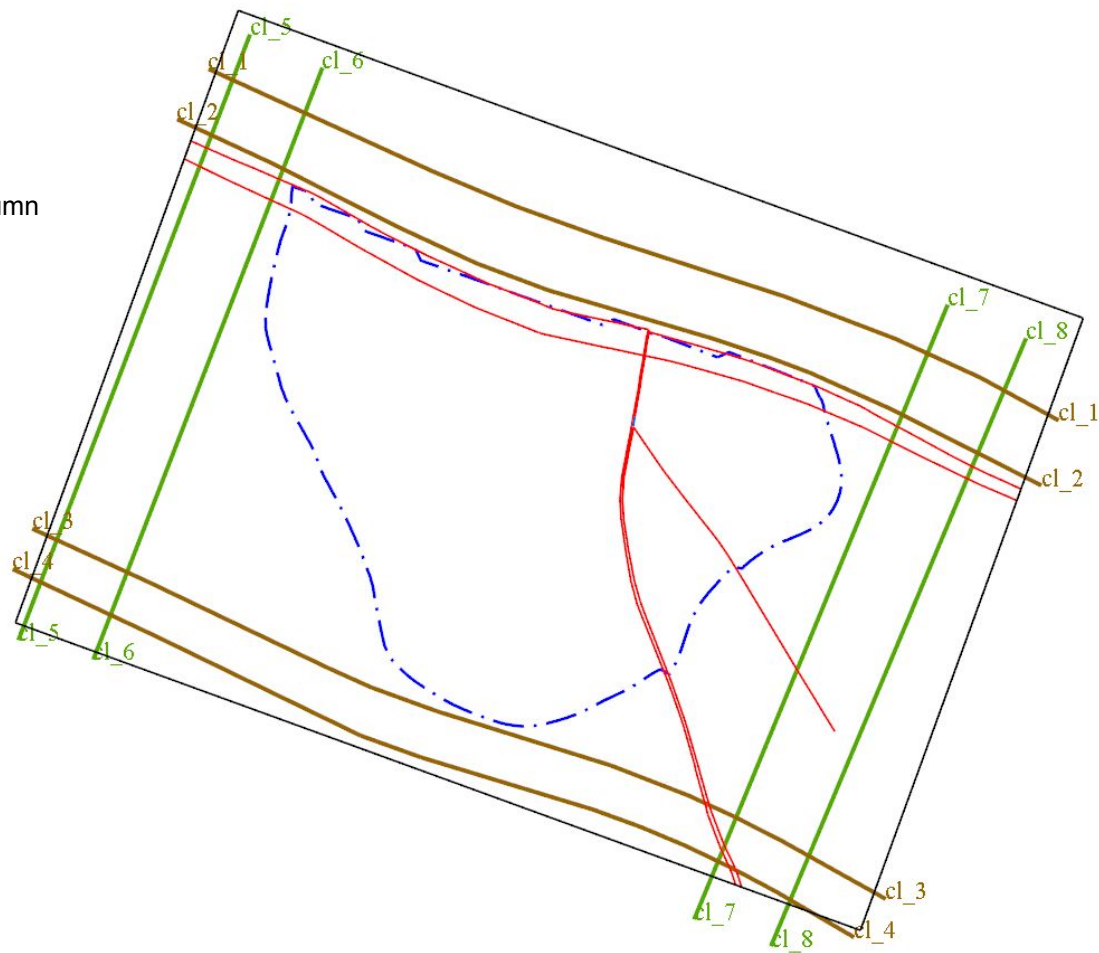
Следующий шаг – создание контрольных столбцов, которые должны быть максимально перпендикулярны строкам, чтобы выполнить условие регуляризации ячеек.

Можно также создать один контрольный столбец, а далее копировать его, не забывая потом задать новые имена для копий столбцов.

В итоге должна получиться приведенная ниже картина.



Digitize new column



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION

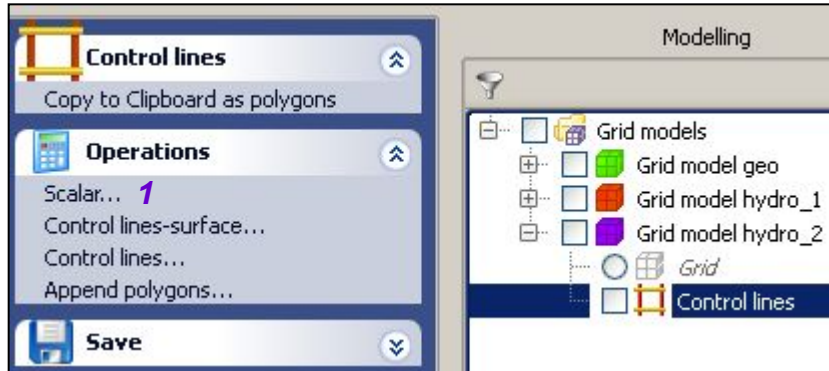


WELL & COMPLETION

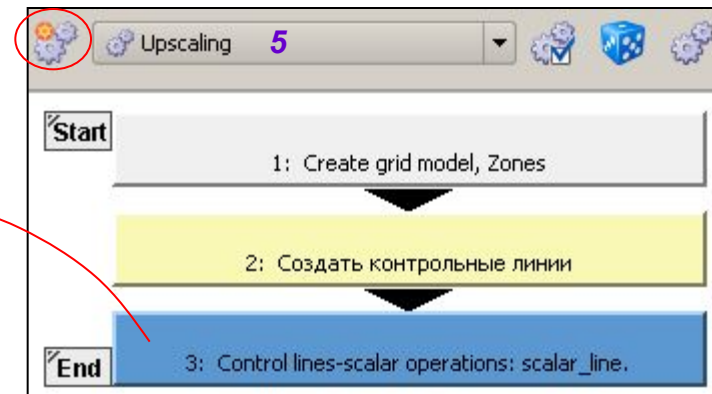
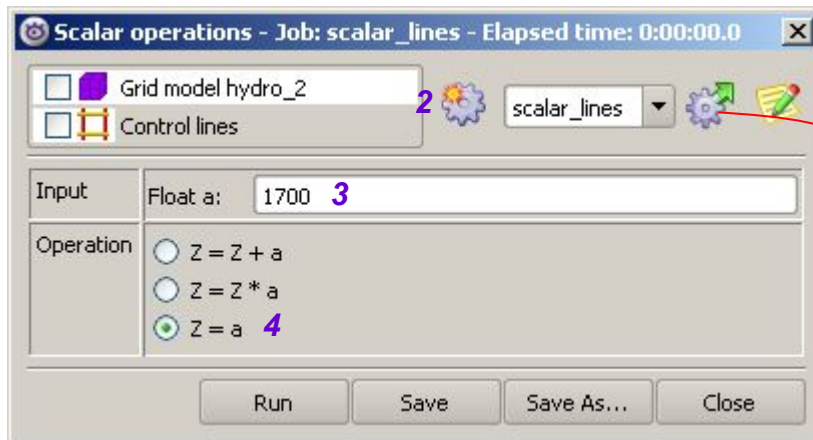


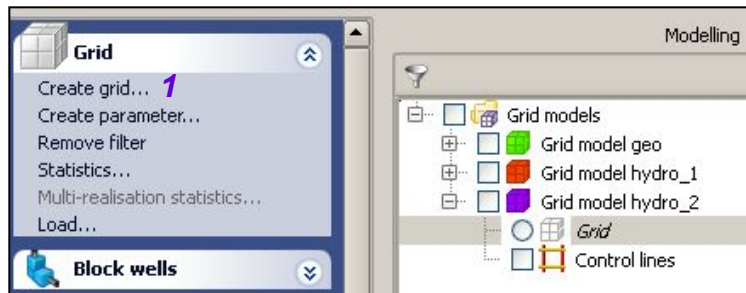
PRODUCTION & PROCESS

И последний шаг, который необходимо сделать для создания в будущем корректной сетки - присвоить узлам контрольных линий значения поверхности кровли будущей сетки (как один из вариантов), либо можно всем узлам контрольных линий присвоить одинаковое значение глубины, значение которой находится в границах значений глубин залегания исследуемых пластов. Например, глубины залегания пласта H\_1 изменяются от 1542 до 1727 м, в итоге всем узлам контрольных линий можно присвоить значение 1700 м.



- 1. В списке операций объекта **Control lines** выберите **Scalar** (1).
- 2. В появившейся панели создайте новую задачу (2).
- 3. Введите значение переменной (3).
- 4. Выберите операцию (4).
- 5. Добавьте выполненную задачу в **Workflow** (5).

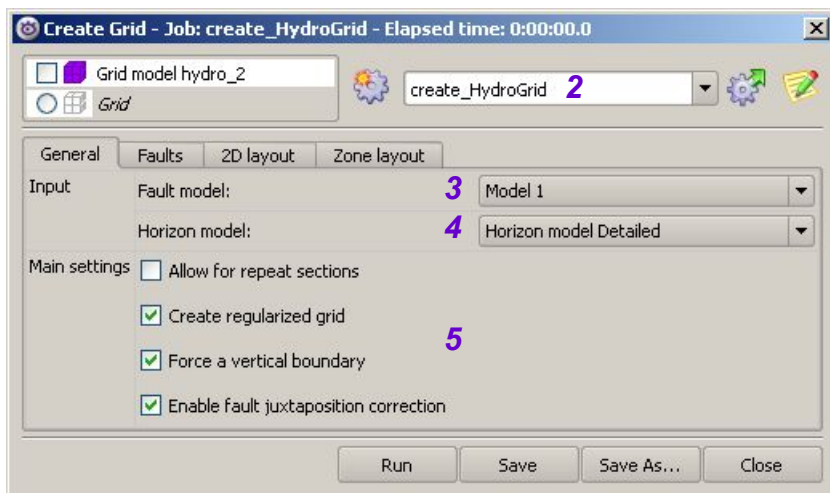




Контрольные линии созданы. Приступим к созданию сетки.

**Grid** □ **Create grid...** (1).

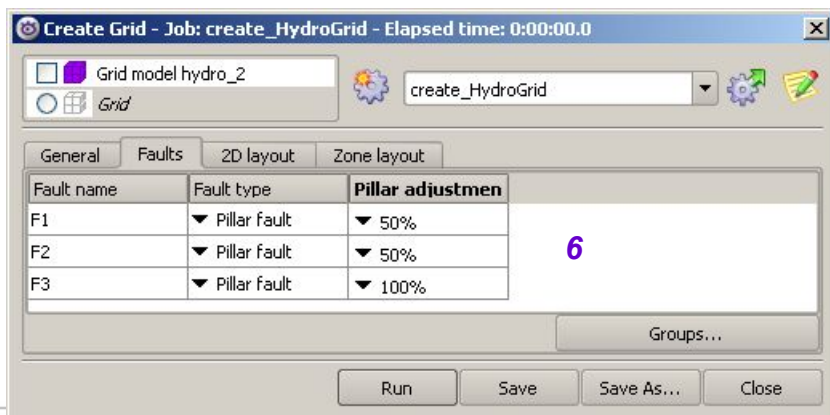
В панели **Create Grid** создайте новую задачу (2).



В качестве исходных данных также как и для геологической сетки будут использованы модель разломов (3) и детальная модель горизонтов (4).

Включите опции, как указано слева (5). Данные опции позволят нам корректно построить гидродинамическую сетку.

Более подробно с работой данной функциональности можно познакомиться в руководстве пользователя или в Уроке 7 «Построение сетки».



Закладка **Faults**.

Разломы будут также встроены вдоль пилларов сетки, но при этом разломы *F1* и *F2* будут несколько вертикализированы. **Pillar adjustment** для этих разломов укажите равным 50% (6).

# Создание сетки (2)

## Закладка **2D layout**.

Поскольку по площади наша будущая гидродинамическая сетка будет определена контрольными линиями, выберите опцию **Use control lines** (7).

Перенесите все линии из списка **Available** в список **Used** (8) с помощью стрелок (выделить все линии одновременно можно зажав кнопку **Shift**).

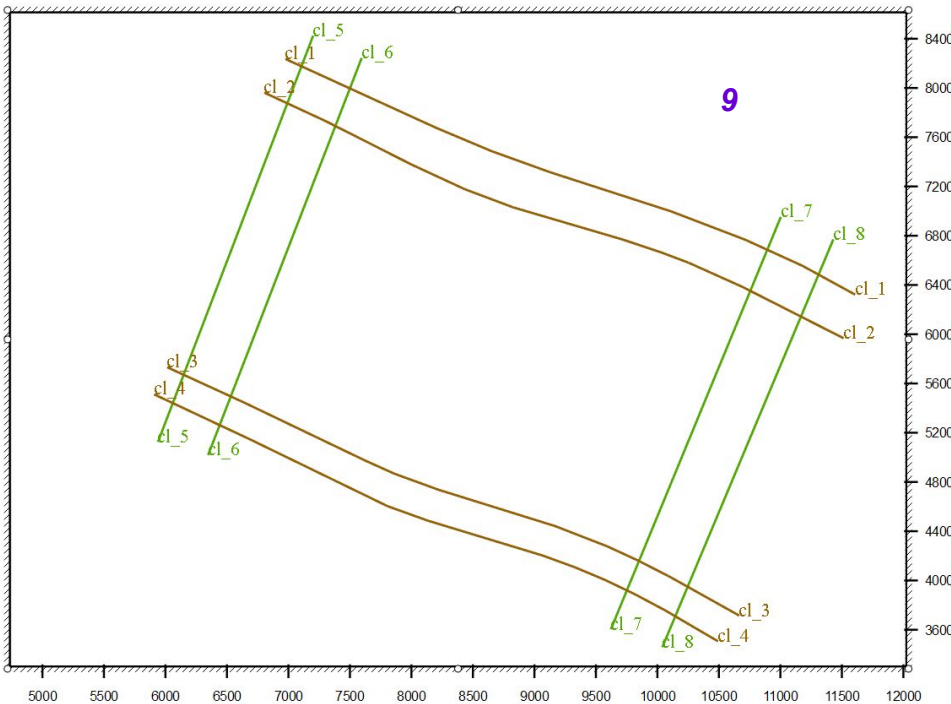
Далее необходимо определиться с количеством ячеек между парами линии. Законтурная зона будет иметь ширину в 3 ячейки, поэтому для пар линий 8-7, 6-5, 4-3 и 2-1 введите количество ячеек равное 3.

Что касается строения области залежи. По площади, гидродинамическая сетка будет в два раза крупнее геологической, ячейки будут размерностью 100x100.

Соответственно, чтобы получить ячейки необходимого размера, необходимо определить расстояние между линиями 7-6 и 3-2.

Визуализировав **2D** окно в режиме **multi view** и включив аннотации, можно приблизительно определить что расстояние между 7 и 6 линиями равно 3000 м, а расстояние между 3 и 2 равно 2200 м (9).

Следовательно, чтобы иметь ячейки размерностью 100x100, области необходимо разбить на 30 и 22 ячейки соответственно (10, 11).



Create Grid - Job: create\_HydroGrid - Elapsed time: 0:00:00.0

Grid model hydro\_2 | create\_HydroGrid

General | Faults | **2D layout** | Zone layout

Controls

- Use control lines **7**
- Clip grid outside polygon

Columns

Available	Used	Dimension (cells)
	cl_5	3
	cl_6	30 <b>10</b>
	cl_7	3
	cl_8	

Rows

Available	Used	Dimension (cells)
	cl_4	3
	cl_3	22 <b>11</b>
	cl_2	
	cl_1	3

Run | Save | Save As... | Close

WELL & COMPLETION | PRODUCTION & PROCESS

Закладка **Zone layout**.

Перенесите горизонты *SEISMIC* и *BOT* в список **Available horizons** с помощью стрелки (12).

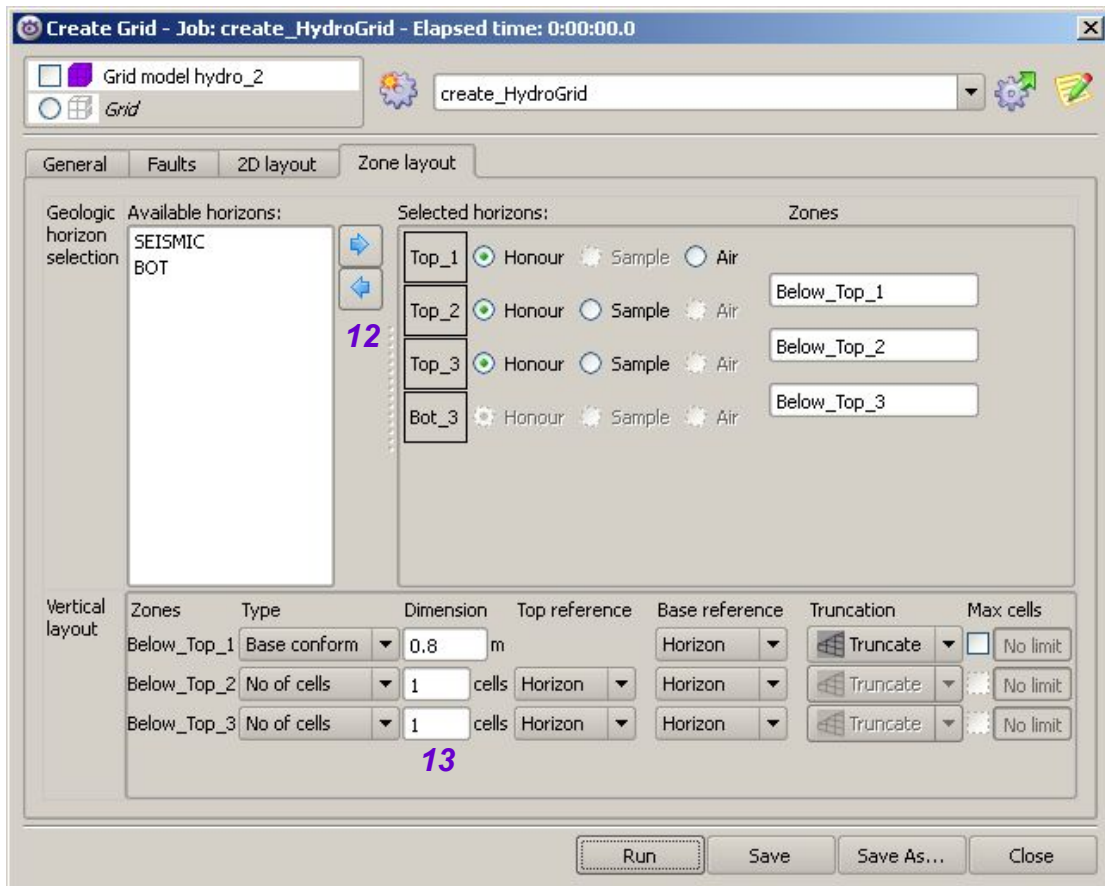
По вертикали пласты *H<sub>2</sub>* и *H<sub>3</sub>* будут разбиты неравномерно.

Пласт разбивается неравномерно в случае неоднородного коллектора. Далее мы оценим неоднородность пластов, и подумаем, в каком соотношении разбить пласты на слои относительно геологического вертикального строения сетки. Для выполнения неравномерного разбиения **RMS** имеет отдельную панель.

При выполнении данной задачи укажите количество слоев для пластов *H<sub>2</sub>* и *H<sub>3</sub>* равное 1.

Что касается пласта *H<sub>1</sub>* - данный пласт будет укрупнен равномерно в два раза. То есть при построении геологической сетки пласт был разбит параллельно подошве высотой слоя равной 0.4, а при выполнении данной задачи пласт *H<sub>1</sub>* будет также разбит на слои параллельно подошве, но с толщиной слоев равной 0.8 м (13).

Запустите задачу на расчет и добавьте в **Workflow**.



Для того, чтобы удобно было оценивать полученную сетку, давайте создадим дополнительные информационные параметры.

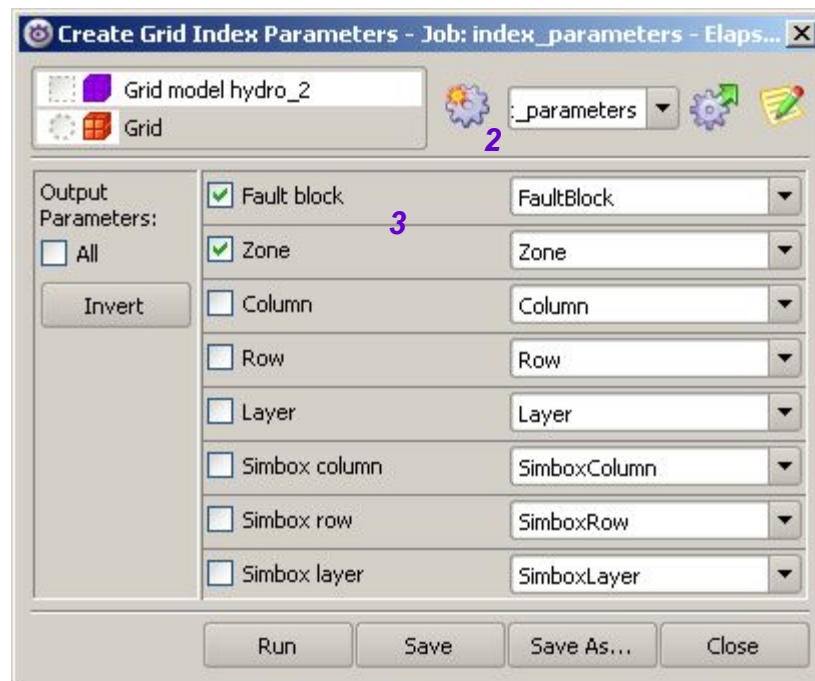


**Grid** □ **Parameter utilities** □ **Create index parameters...**(1).

Создайте новую задачу (2).

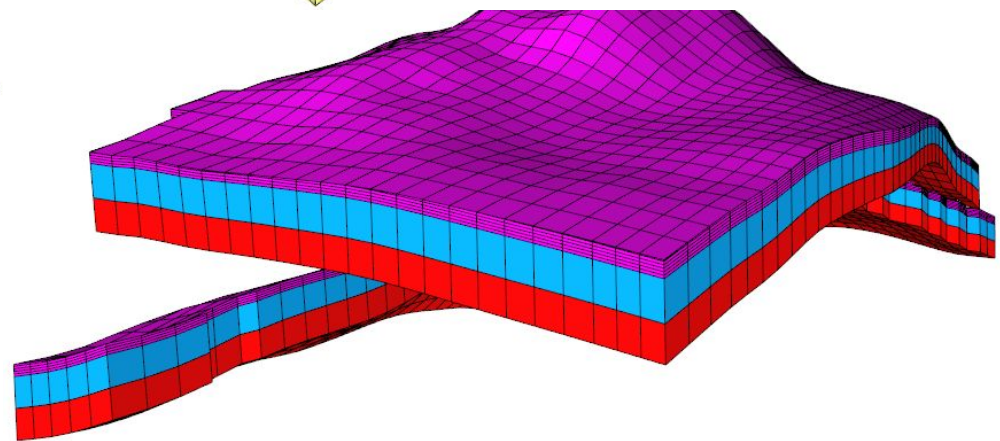
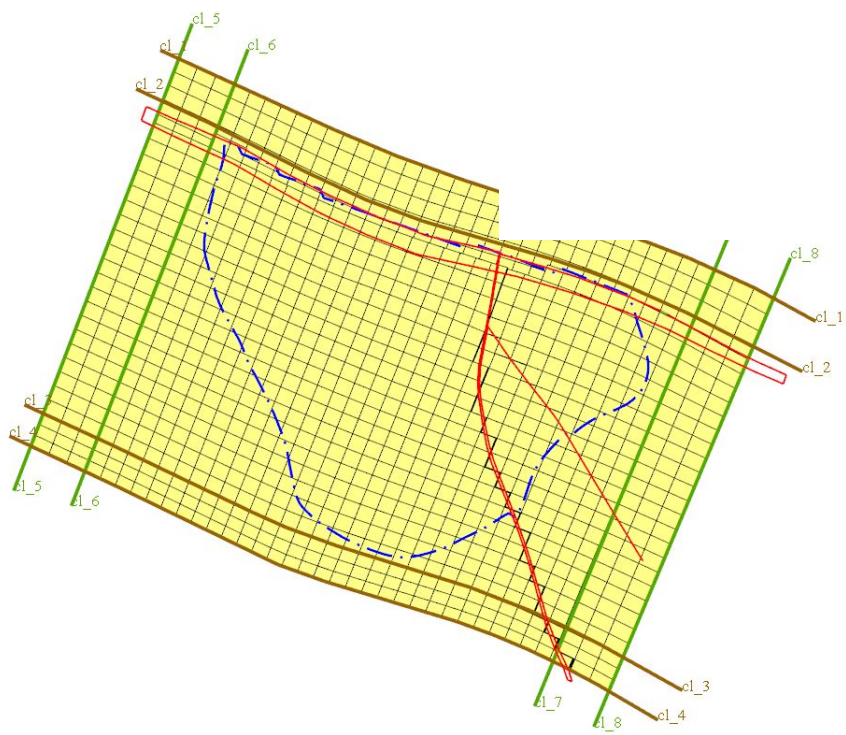
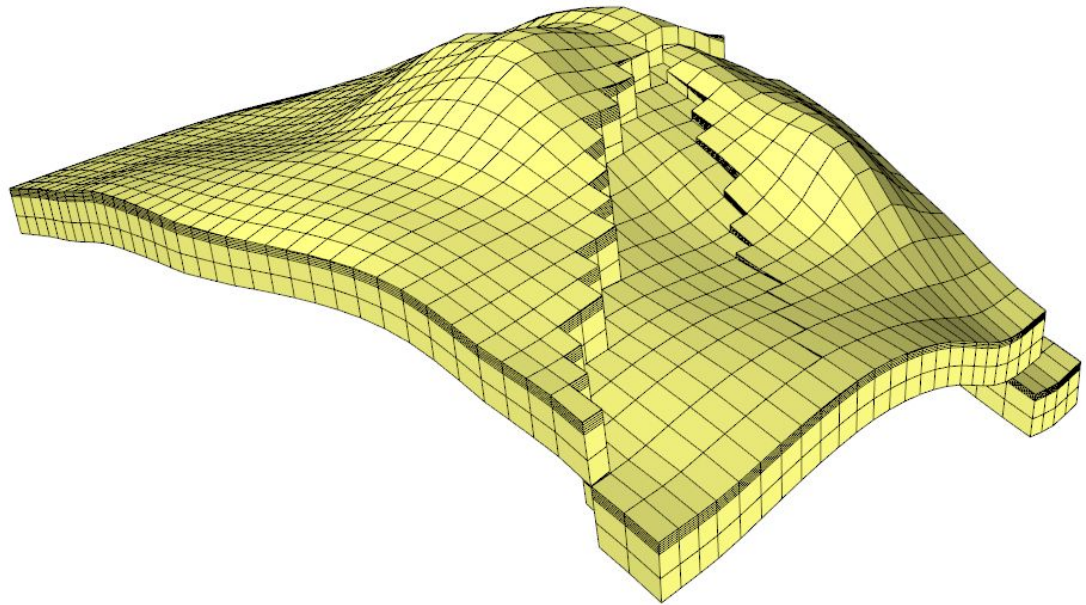
Выберите **Fault block** и **Zone** (3).

Запустите задачу на расчет, добавьте в **Workflow**.



Визуализируйте полученную сетку.

- Grid models
  - Grid model geo
  - Grid model hydro\_1
  - Grid model hydro\_2
- Grid
- FaultBlock
- Zone
- Control lines



- Zone
- 000 Below\_Top\_3
  - 2.000 Below\_Top\_2
  - 1.000 Below\_Top\_1



INTERPRETATION



MODELING

SIMULATION

WELL & COMPLETION

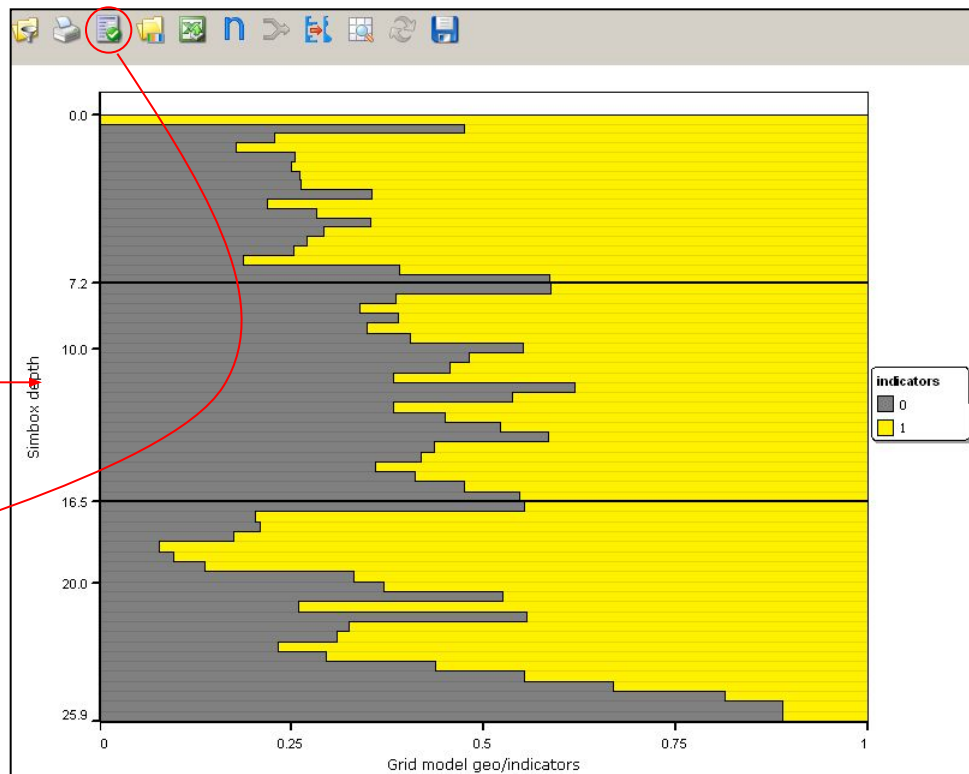
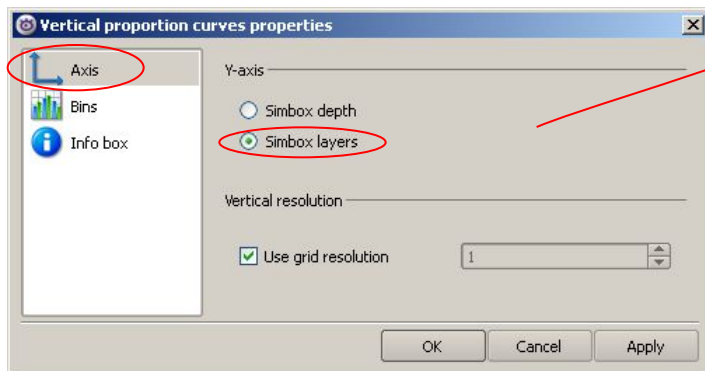
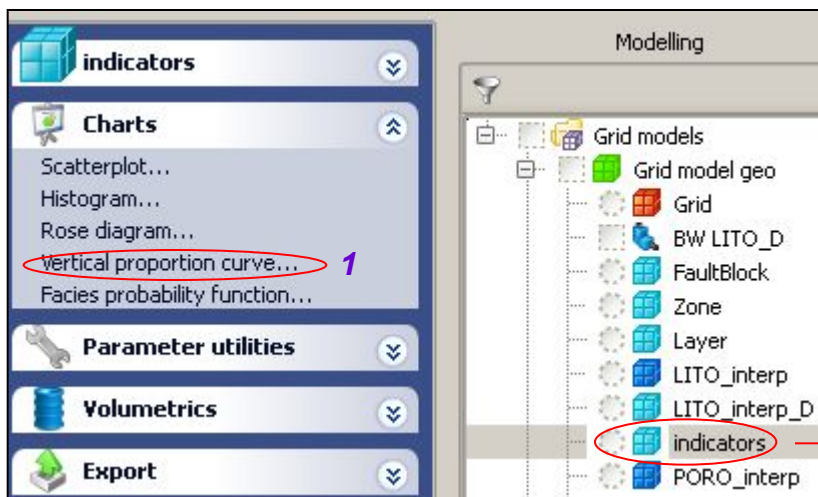
PRODUCTION & PROCESS

Обычно для характеристики неоднородности используют геостатистические разрезы (ГСР) по песчаности и пористости. Они представляют собой кривые, где по оси **Y** идет глубина, а по оси **X** – средний коэффициент песчаности или пористости для данного слоя геологической сетки. На основании этих кривых слои геологической сетки объединяют в интервалы, схожие по своим свойствам. Каждый из этих интервалов представляет собой один слой гидродинамической сетки.

Для простоты воспользуемся только одним ГСР – по песчаности.

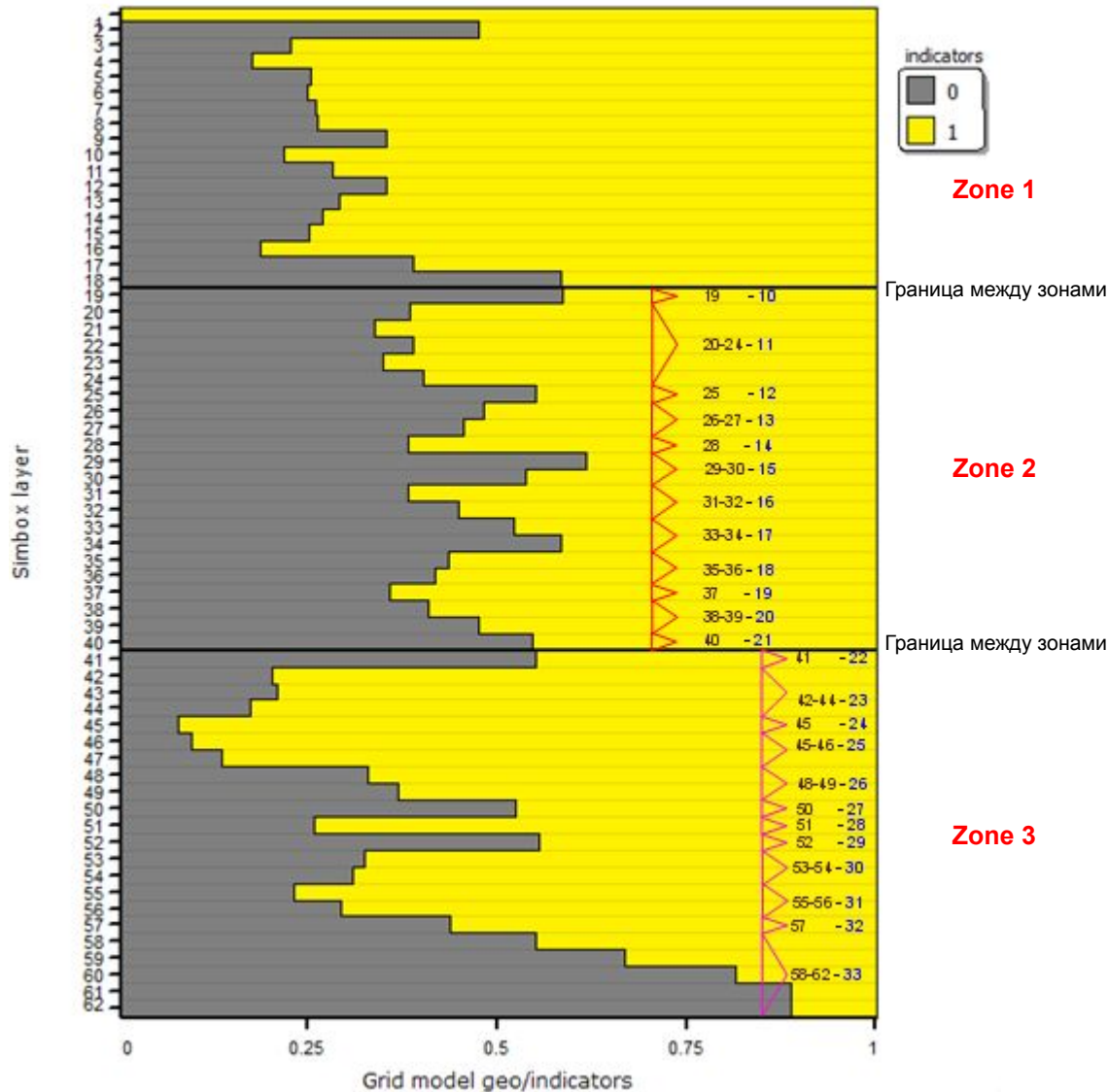
Напомним последовательность действий при создании ГСР в **RMS**.

Создадим ГСР по параметру *indicators*...



В панели настроек ГСР переключитесь на **Simbox layers**





При выделении интервалов неоднородности обратите внимание прежде всего на то, что наша сетка состоит из 3-х зон, поэтому мы можем объединить в гидродинамической сетке только слои, относящиеся к одной зоне, поскольку границы зон остались без изменений.

Зона 1 при создании гидродинамической сетки была укрупнена равномерно в два раза. Количество слоев данной зоны равно 9, следовательно, следующий слой зоны два будет 10-й.

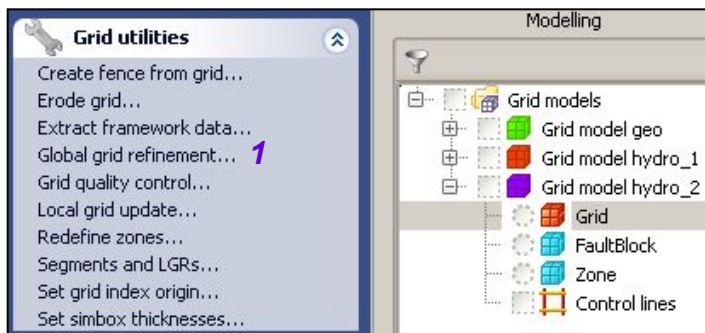
На данном слайде мы предлагаем вариант объединения слоев геологической сетки для гидродинамической сетки. Вы можете воспользоваться данными выделенными интервалами неоднородности или выделить свои.

Для удобства в дальнейшей работе создайте таблицу, в которую занесите номер гидродинамического слоя, соответствующий ему интервал слоев геологической сетки и количество слоев выделенного интервала.

Номер слоя гидродинамической сетки	Соответствующий интервал слоев геологической сетки	Количество геологических слоев, входящих в данный интервал
10	19	1
11	20-24	5
.....	.....	.....
33	58-62	5



# Неравномерное разбиение сетки (1)



После того как интервалы неоднородности выделены, приступим непосредственно к неравномерному разбиению зон 2 и 3 гидродинамической сетки на слои в выделенной пропорции.

Это можно сделать с помощью панели **Global Grid Refinement**.

**Grid** □ **Grid utilities** □ **Global grid refinement...**(1).

Создайте новую задачу (2).

Переключитесь на **Layers** (3), таблица несколько изменится.

По умолчанию таблица содержит настройки только для первой зоны, нам необходимо добавить строки для второй и третьей зон.

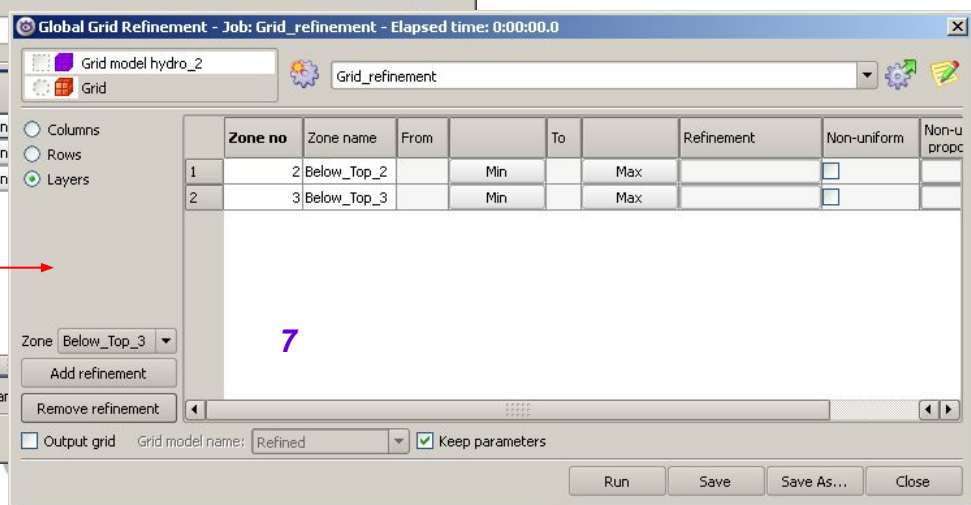
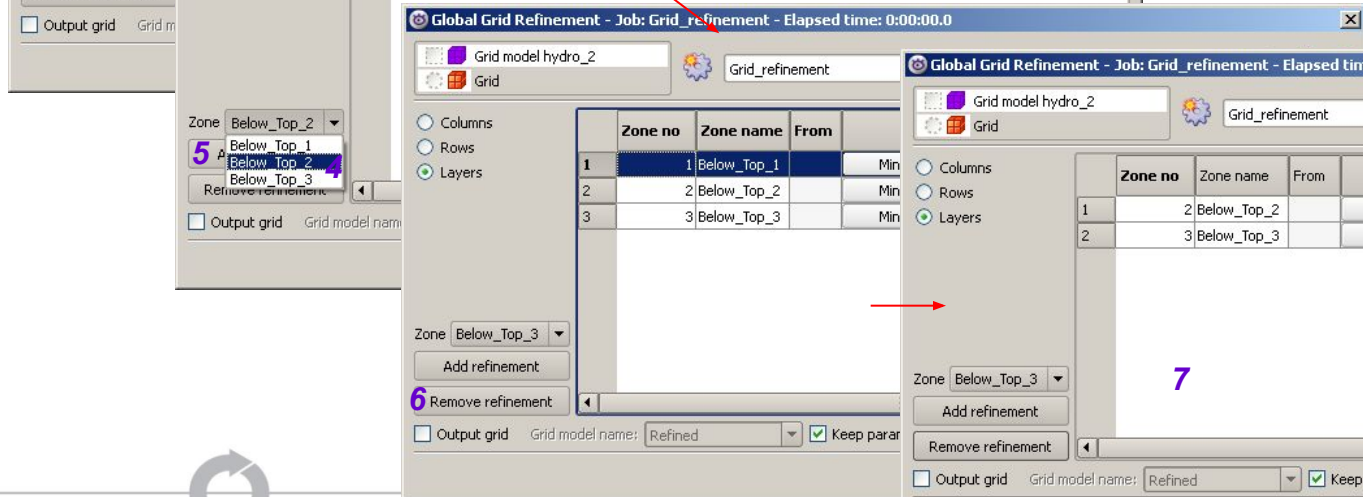
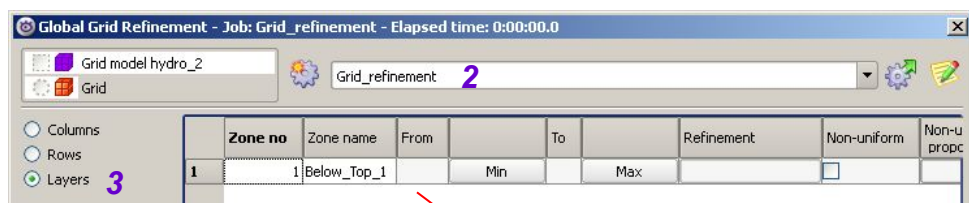
Из выпадающего списка **Zone** выберите **Below\_Top\_2** (4) и нажмите на кнопку **Add refinement** (5).

Таким же образом добавьте зону 3.

Поскольку зона 1 на слои уже разбита, ее необходимо исключить из данной задачи.

Выделить строку 1 и нажмите на кнопку **Remove refinement** (6).

Ниже приведен окончательный вид таблицы (7).



# Неравномерное разбиение сетки (2)

При определении с настройками в данной панели воспользуемся составленной вспомогательной таблицей (1).

Нажмите на кнопки **Min** (2) и **Max** (3), будут автоматически определены слои текущей сетки, которые будут детализированы.

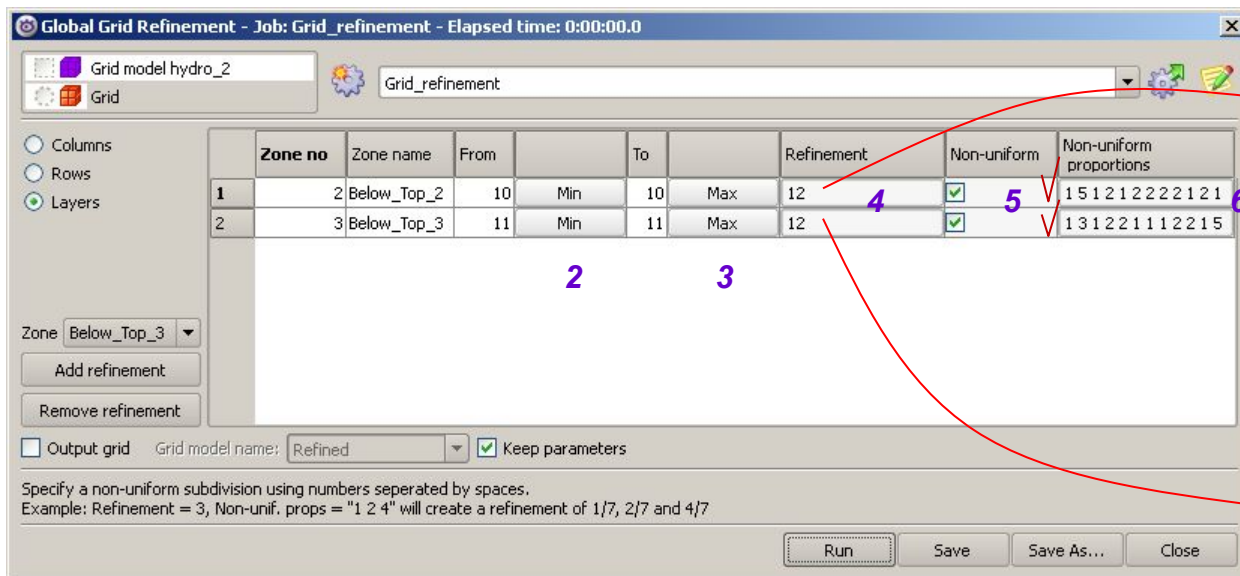
В столбец Refinement и для второй, и для третьей зоны введите число 12 – это будущее количество слоев в зоне (для обеих зон получилось одинаковое количество) (4).

Включите для обеих зон опцию **Non-uniform** (5).

В столбец **Non-uniform proportions** введите для каждой зоны через пробел пропорцию, в которой необходимо разбить зону (6). Пропорции соответствуют количеству слоев геологической сетки, объединяемых в рамках одного гидродинамического слоя.

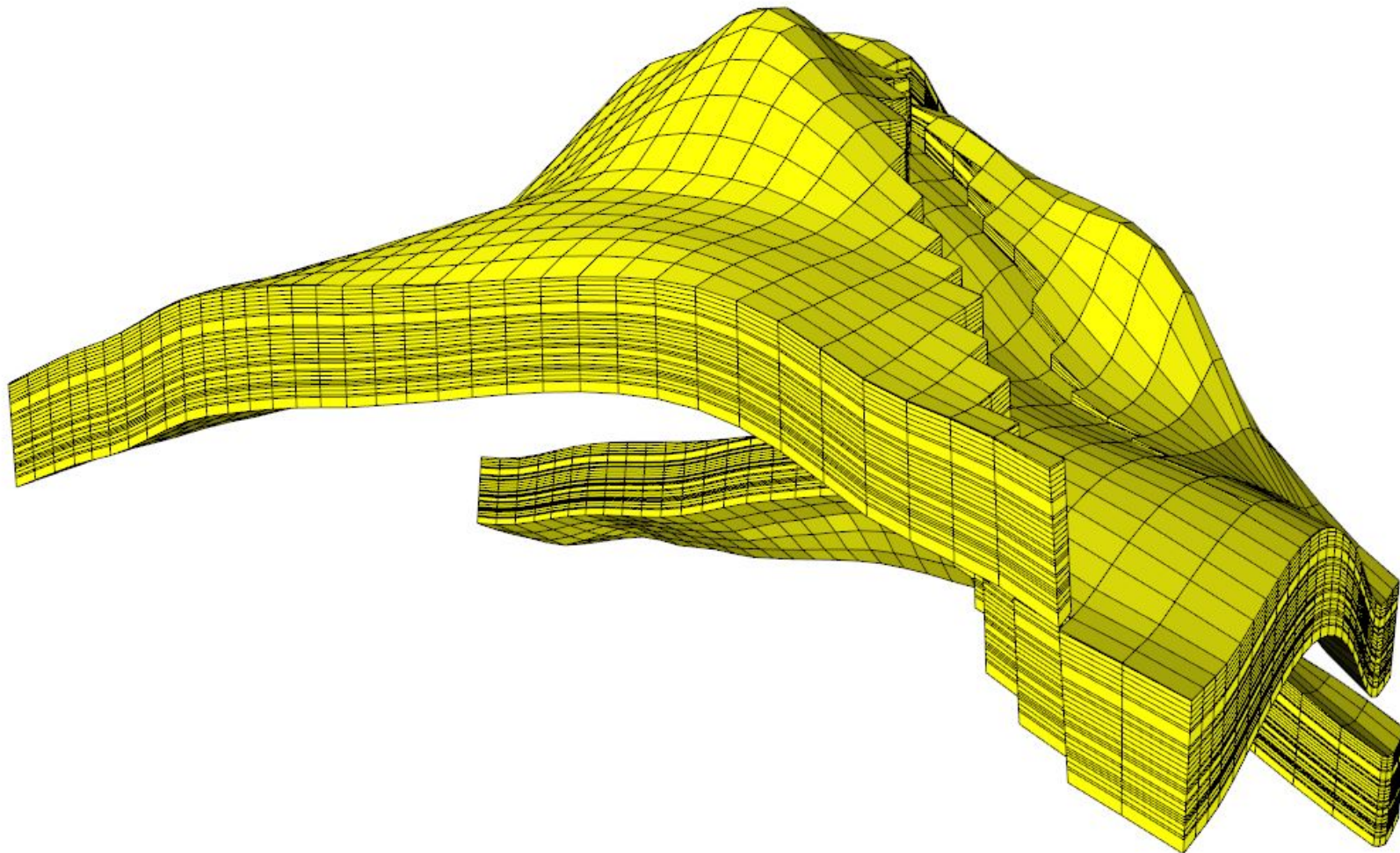
Запустите задачу на расчет и добавьте в **Workflow**.

Соответствующий интервал слоев геологической сетки	Номер слоя гидродинамической сетки	Количество слоев, входящих в данный интервал
1-2	1	2
3-4	2	2
5-6	3	2
7-8	4	2
9-10	5	2
11-12	6	2
13-14	7	2
15-16	8	2
17-18	9	2
19	10	1
20-24	11	5
25	12	1
26-27	13	2
28	14	1
29-30	15	2
31-32	16	2
33-34	17	2
35-36	18	2
37	19	1
38-39	20	2
40	21	1
41	22	1
42-44	23	3
45	24	1
46-47	25	2
48-49	26	2
50	27	1
51	28	1
52	29	1
53-54	30	2
55-56	31	2
57	32	1
58-62	33	5



Визуализируйте полученную гидродинамическую сетку.

Это финальный вариант гидродинамической сетки, она неравномерна как по площади, так и по вертикали в границах зон 2 и 3. Далее на данную сетку будут перенесены некоторые параметры с геологической сетки.



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION

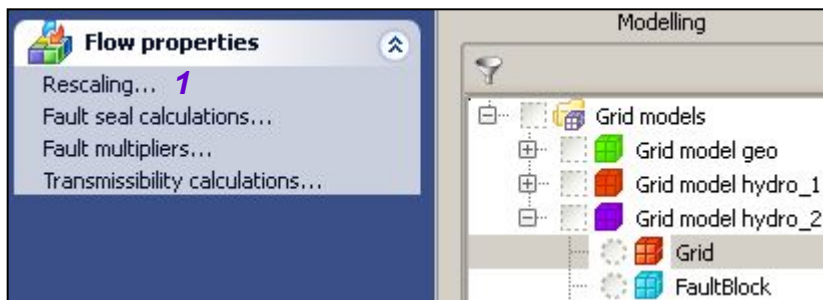


PRODUCTION & PROCESS

# Ремасштабирование параметров (1)

Процедура ремасштабирования параметров будет выполнена в панели Rescaling.

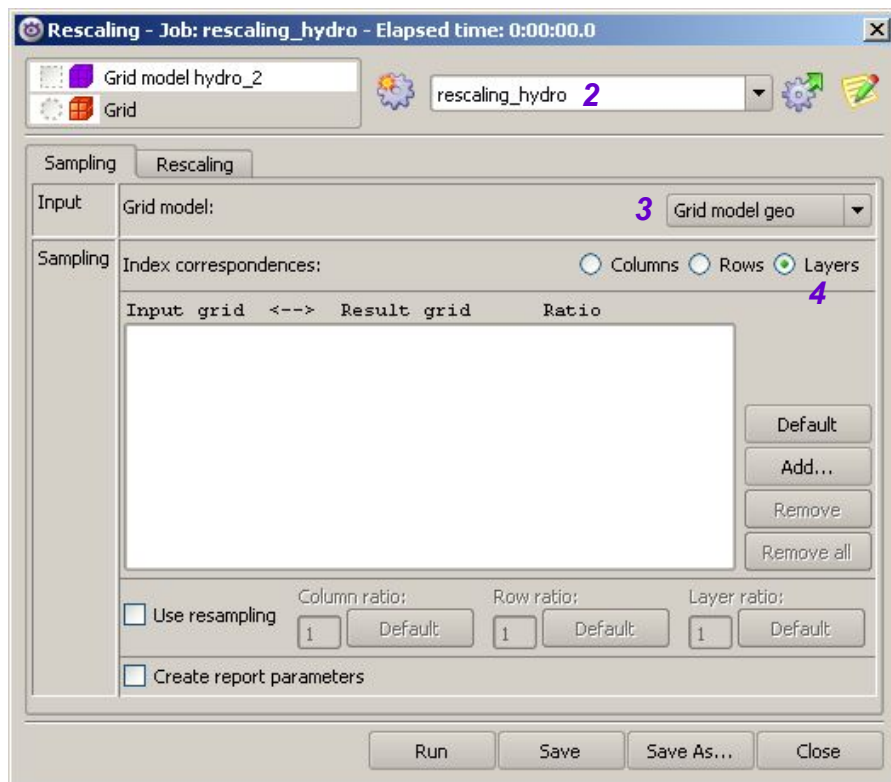
Grid □ Flow properties □ Rescaling... (1)



Создайте новую задачу (2).

Панель **Rescaling** состоит из двух закладок.

Закладка **Sampling** предназначена для определения соответствия между слоями геологической и гидродинамической сеток. В закладке Rescaling Вы выбираете параметры, которые будут осреднены, и методы осреднения.



В первой закладке необходимо выбрать исходную сетку (в нашем случае она одна) (3).

Чтобы программа попыталась автоматически найти соответствие, необходимо нажать кнопку **Default**. В случае, если соответствия нет, появится предупреждение.

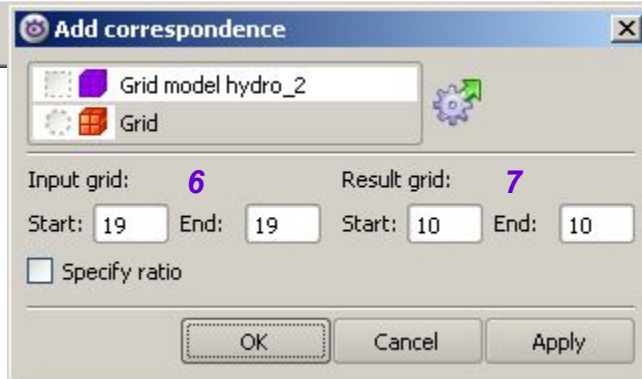
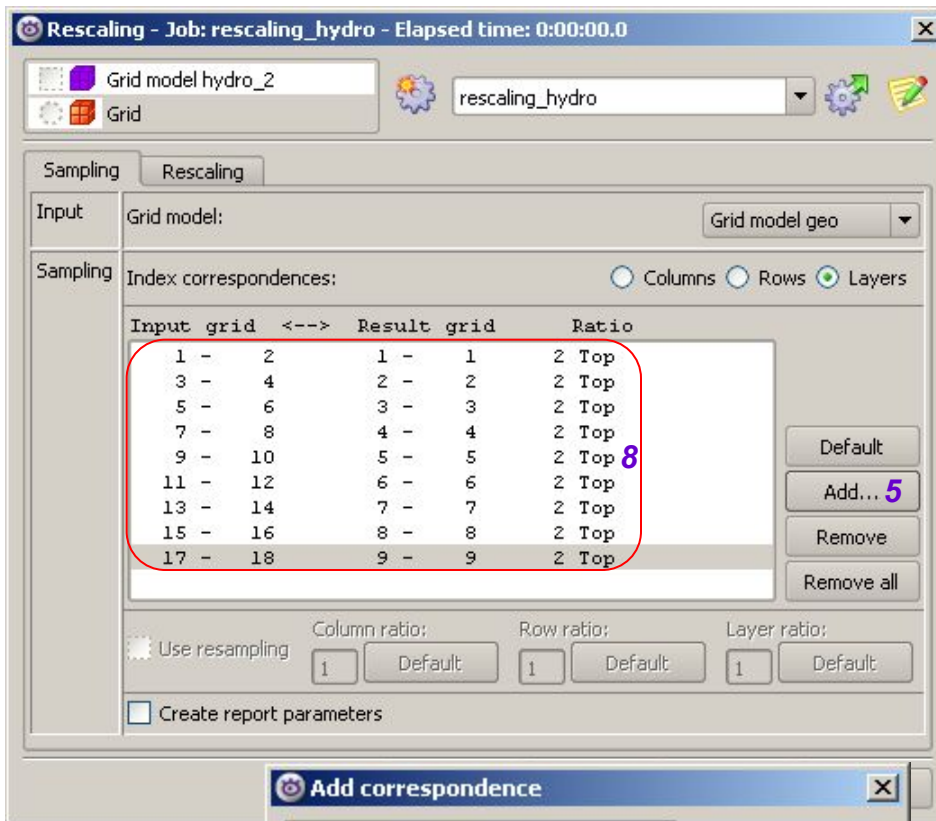
Так как наша гидродинамическая сетка в плане неравномерная, а геологическая сетка – равномерная, то соответствия между рядами и столбцами нет.

Но можно задать соответствие слоев, чтобы четко прописать, в какие слои гидродинамической сетки будут ремасштабированы данные из каких слоев геологической сетки.

Переключитесь на Layers (4) в поле Index correspondences.



# Ремасштабирование параметров (2)



Нажмите на кнопку **Add...** (5).

В появившейся панели в левой части (**Input grid**) (6) задайте первый интервал слоев геологической сетки, а в правой части (**Result grid**) (7) – соответствующий интервал слоев гидродинамической сетки. Нажмите **Apply** и повторите описанные шаги для всех интервалов геологической сетки. Обратите внимание, что интервал **Result grid** всегда начинается и заканчивается одним и тем же слоем.

Начните указывать соответствие слоев с самого первого геологического зоны 1. Поскольку мы задали толщину слоя гидродинамической сетки для зоны 1 в два раза больше, чем в геологической, здесь можно указать соответствие как приведено в примере (8).

Ниже приведены примеры определения соответствий слоев сеток (9,10).

Input grid	Result grid	Ratio
19 - 19	10 - 10	1 Top
20 - 24	11 - 11	5 Top
25 - 25	12 - 12	1 Top
26 - 27	13 - 13	2 Top
28 - 28	14 - 14	1 Top
29 - 30	15 - 15	2 Top
31 - 32	16 - 16	2 Top
33 - 34	17 - 17	2 Top
35 - 36	18 - 18	2 Top
37 - 37	19 - 19	1 Top

45 - 45	24 - 24	1 Top
46 - 47	25 - 25	2 Top
48 - 49	26 - 26	2 Top
50 - 50	27 - 27	1 Top
51 - 51	28 - 28	1 Top
52 - 52	29 - 29	1 Top
53 - 54	30 - 30	2 Top
55 - 56	31 - 31	2 Top
57 - 57	32 - 32	1 Top
58 - 62	33 - 33	5 Top



# Ремасштабирование параметров (3)

The screenshot displays the 'Rescaling' dialog box in the Roxar software. The main window is titled 'Rescaling - Job: rescaling\_hydro - Elapsed time: 0:00:00.0'. It features a 'Define rescalers' table with columns for Rescaler, Method, and Enable. An 'Add...' button is visible next to the table. Below the table, there are fields for 'Rescaler input' (Parameter: indicators\_c, Weight parameter: 11 Qgeo\_Oil\_bulk) and 'Rescaler output' (Interpolate undefined values: checked, Undefined cell value: 0). A 'Quality control' section is also present.

The 'Add rescaler' dialog box is overlaid on the main window. It contains the following information:

- Grid model hydro\_2
- Grid
- Rescaler name: NTG
- Method: Arithmetic
- Buttons: OK, Cancel, Apply

At the bottom of the main window, there are buttons for 'Run', 'Save', 'Save As...', and 'Close'. The bottom of the slide features a navigation bar with icons and labels for 'INTERPRETATION', 'MODELING', 'SIMULATION', 'WELL & COMPLETION', and 'PRODUCTION & PROCESS'.

Процесс создания рескейлеров был описан выше.

Единственно, хочется обратить внимание на вариант осреднения параметров с геологической сетки на гидродинамическую, взвешивая их по объемам.

При осреднении литологию обычно взвешивают по геометрическому объему (11), ...

# Ремасштабирование параметров (4)



**Add rescaler**

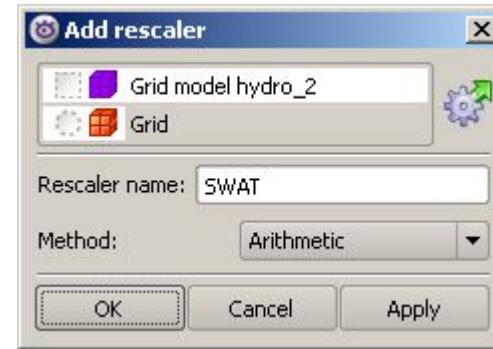
Grid model hydro\_2  
Grid

Rescaler name:

Method:

OK Cancel Apply

... пористость по эффективному объему (12), ...



**Add rescaler**

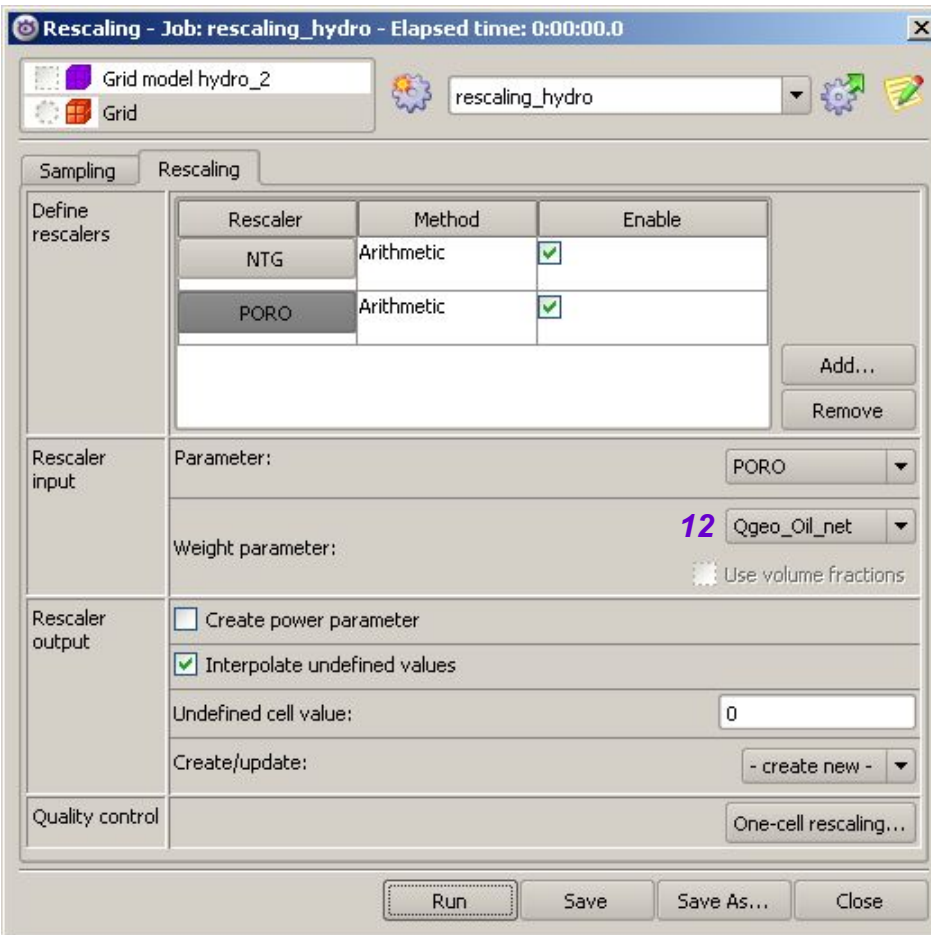
Grid model hydro\_2  
Grid

Rescaler name:

Method:

OK Cancel Apply

а насыщенность по поровому объему (13).



**Rescaling - Job: rescaling\_hydro - Elapsed time: 0:00:00.0**

Grid model hydro\_2  
Grid

rescaling\_hydro

Define rescalers

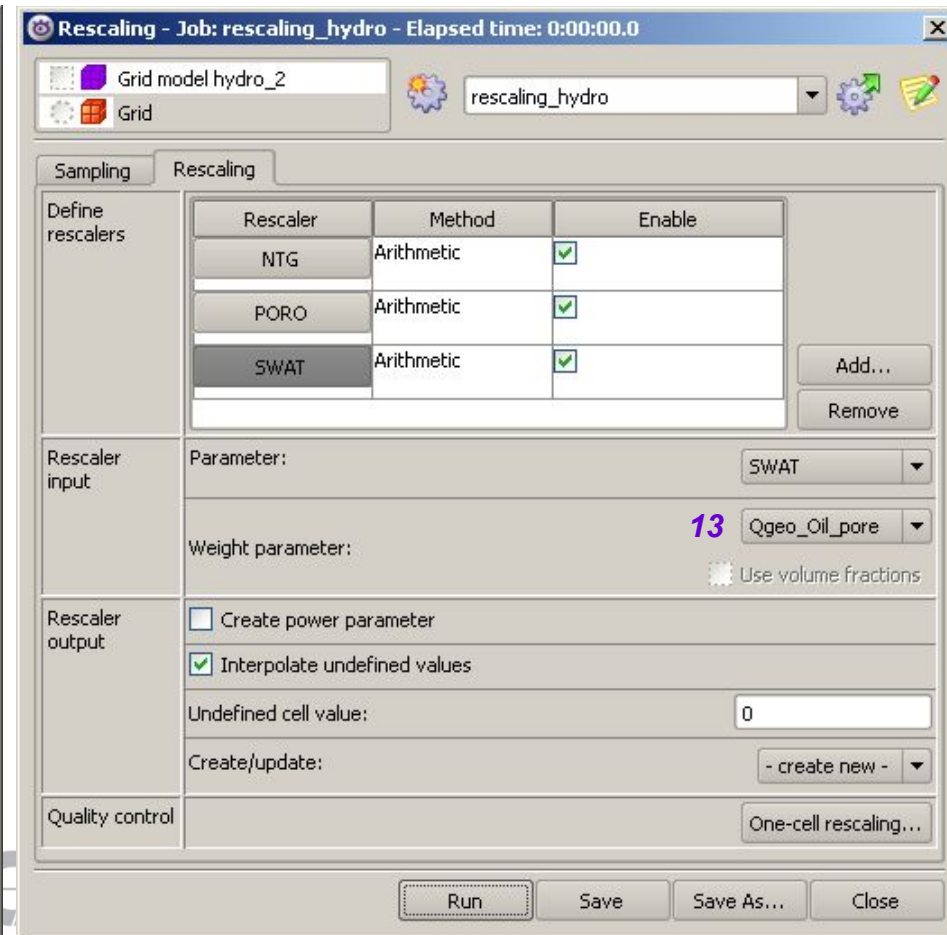
Rescaler	Method	Enable
NTG	Arithmetic	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>PORO</b>	Arithmetic	<input checked="" type="checkbox"/>

Rescaler input: Parameter:   
Weight parameter:  Qgeo\_Oil\_net

Rescaler output:  Create power parameter  
 Interpolate undefined values  
Undefined cell value:

Quality control:

Run Save Save As... Close



**Rescaling - Job: rescaling\_hydro - Elapsed time: 0:00:00.0**

Grid model hydro\_2  
Grid

rescaling\_hydro

Define rescalers

Rescaler	Method	Enable
NTG	Arithmetic	<input checked="" type="checkbox"/>
PORO	Arithmetic	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>SWAT</b>	Arithmetic	<input checked="" type="checkbox"/>

Rescaler input: Parameter:   
Weight parameter:  Qgeo\_Oil\_pore

Rescaler output:  Create power parameter  
 Interpolate undefined values  
Undefined cell value:

Quality control:

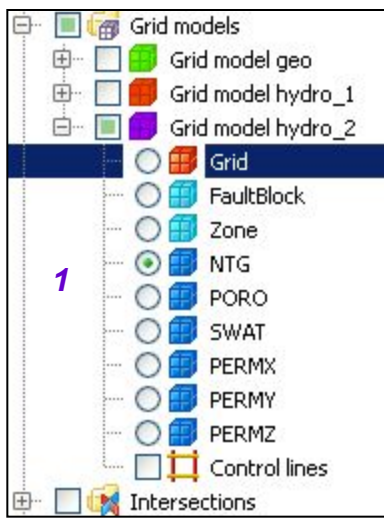
Run Save Save As... Close



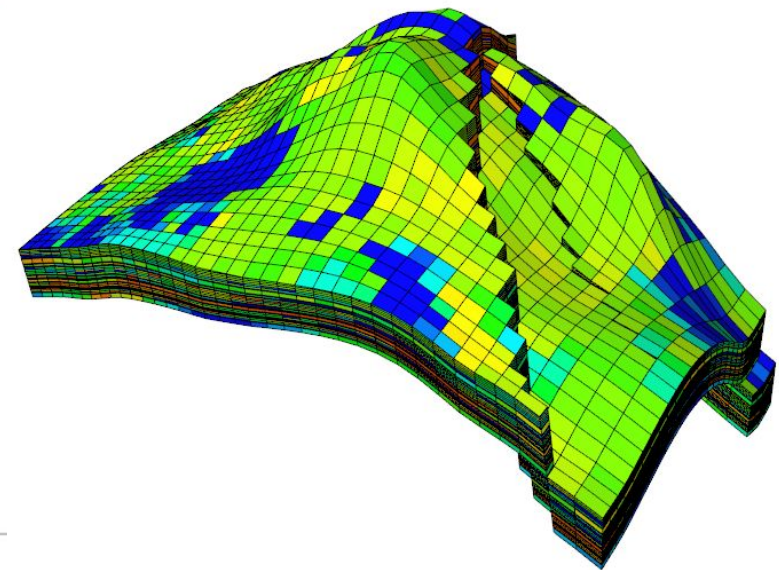
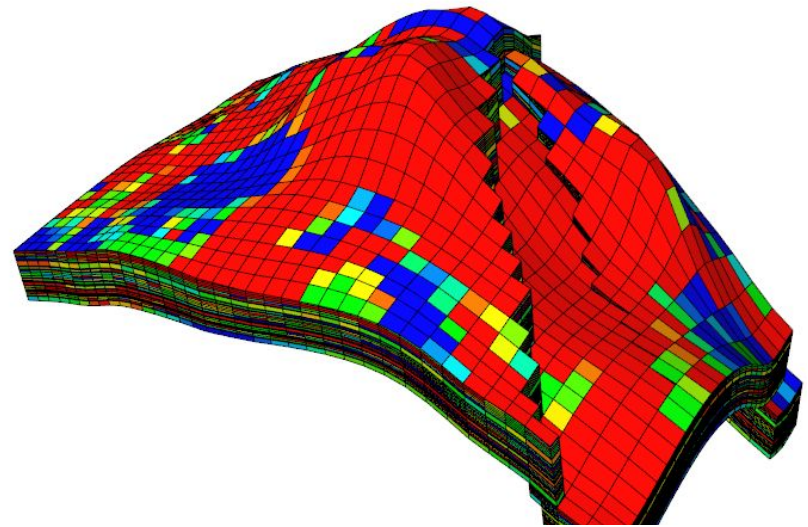
# Ремасштабирование параметров (5)

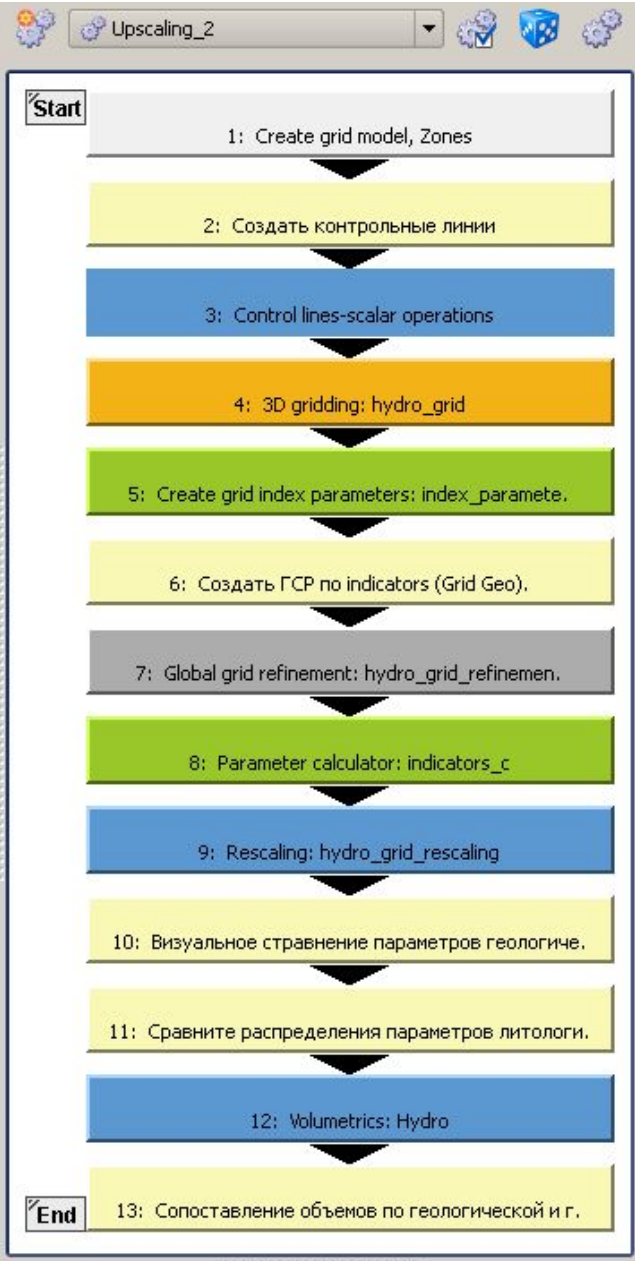
После того как задача выполнена, на гидродинамическую сетку будут осреднены выбранные параметры с геологической сетки (1).

Анализ качества осреднения выполняется так же, как было описано выше.



- Grid models
  - Grid model geo
  - Grid model hydro\_1
  - Grid model hydro\_2
- Grid**
- FaultBlock
- Zone
- NTG
- PORO
- SWAT
- PERMX
- PERMY
- PERMZ
- Control lines
- Intersections





Чтобы обобщить все выполненные задачи при выполнении данного урока, приведем вид **Workflow**, который должен получиться.

При необходимости Вы можете просмотреть готовый проект, созданный по данному уроку.

Проект можно найти ***Projects/Training\_base\_11\_Upscaling.pro***

**Спасибо за внимание.**

***Все дополнительные вопросы можно адресовать группе технической поддержки ROXAR:***

***Москва: тел. +7 (495) 504 34 05, e-mail: [software.moscow@roxar.com](mailto:software.moscow@roxar.com);***

***Тюмень: тел. +7 (3452) 49 44 59 , e-mail: [software.tyumen@roxar.com](mailto:software.tyumen@roxar.com).***