

# Тренинг по пакету программ MUFITS

День 1

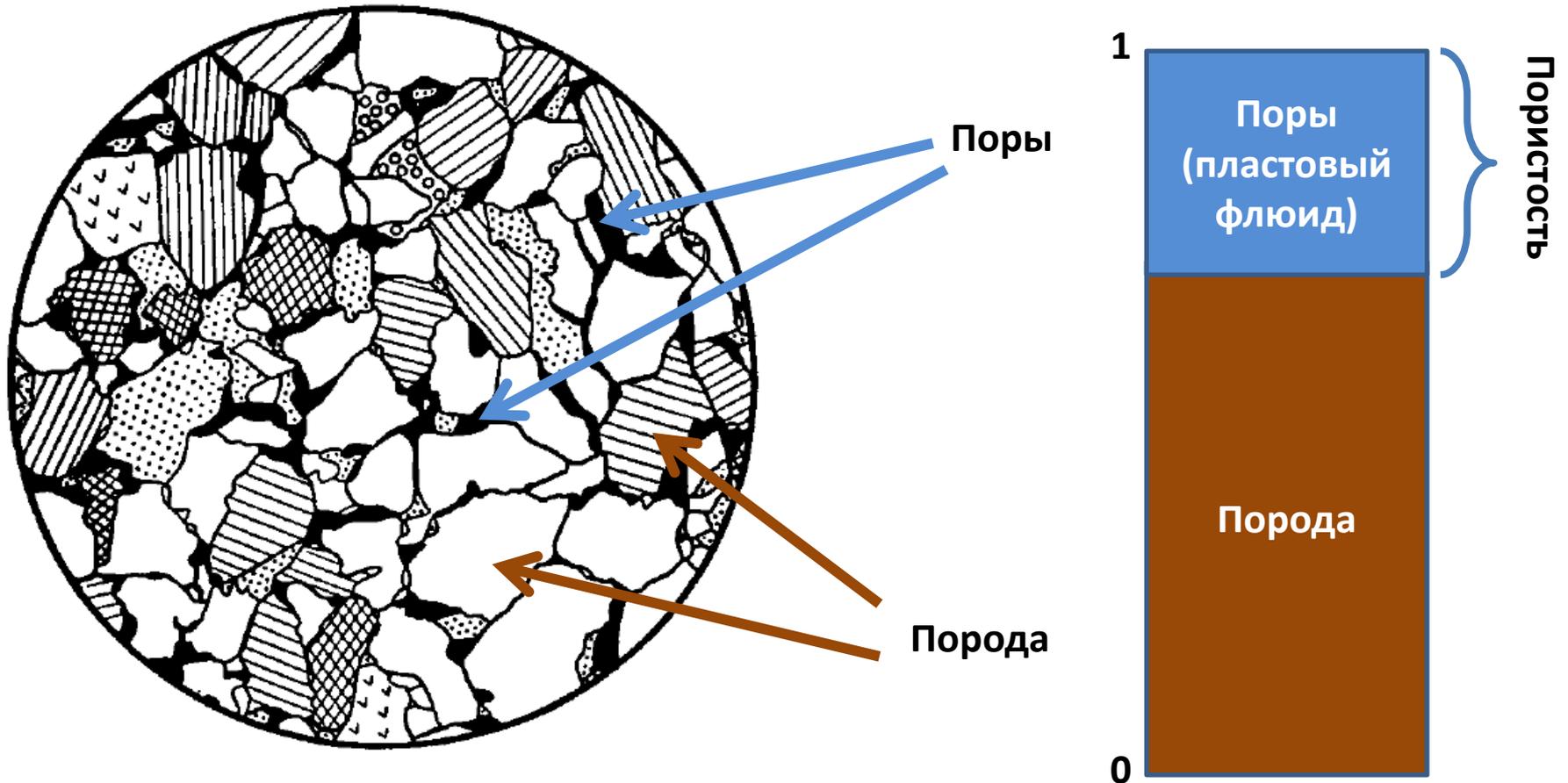
Введение; Основные понятия;  
Загрузка массивов данных

# Программа

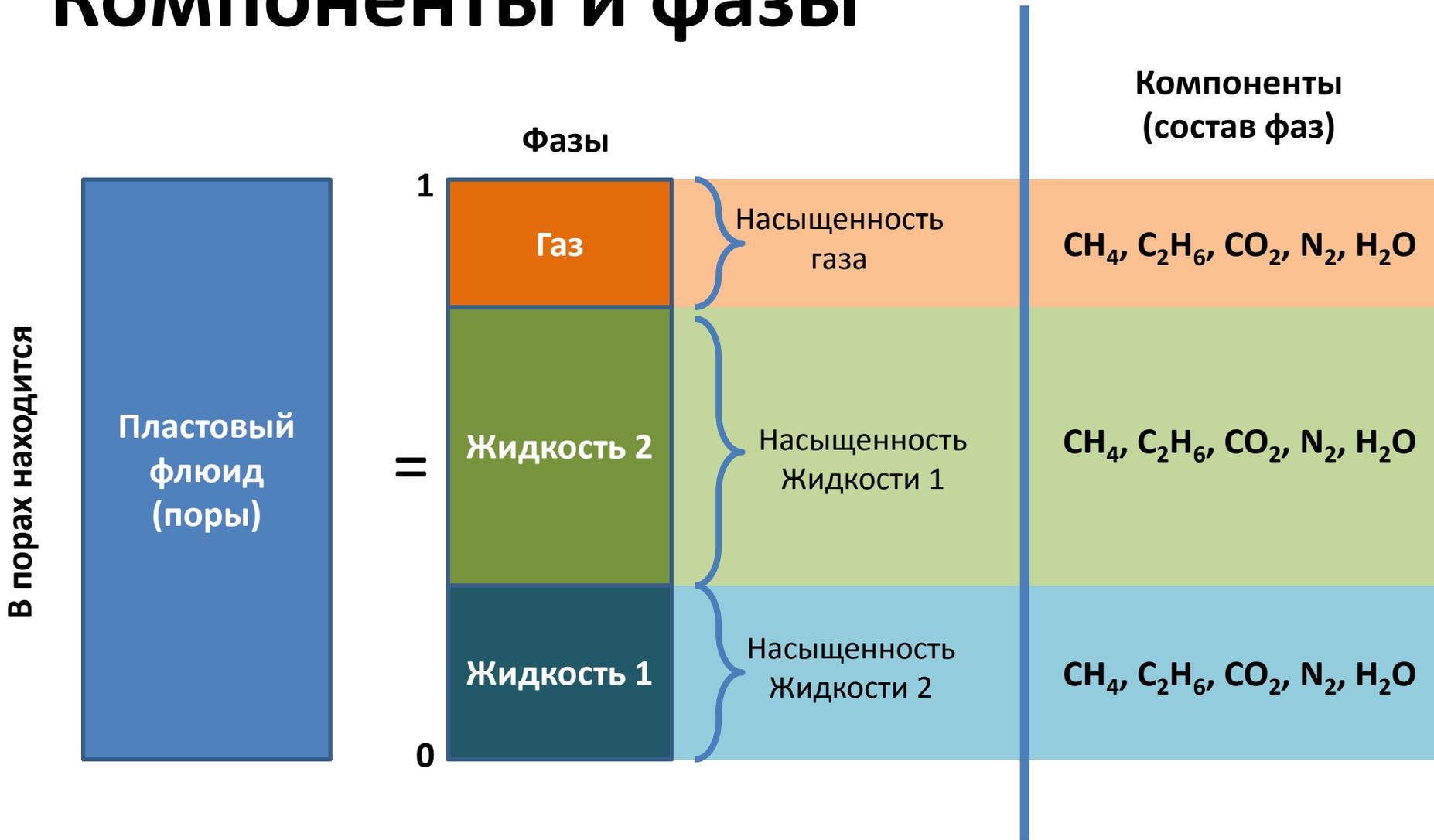
- Введение (уравнения фильтрации, модули уравнений состояния);
- RUN-файл (подготовка входных данных);
- Загрузка массивов/кубов данных, начальные условия, отчетные моменты времени;
- ОФП, капиллярное давление, сжимаемость породы;
- Начальное капиллярно-гравитационное равновесие.

# Введение

# Пористая среда



# Компоненты и фазы



# Математическая модель

Уравнения многофазных многокомпонентных течений пористой среде:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \phi \sum_{i=1}^p \rho_i c_{i(j)} s_i \right) + \operatorname{div} \left( \sum_{i=1}^p \rho_i c_{i(j)} \mathbf{w}_i + \Psi_{(j)} \right) = q_{(j)}, \quad j = 1, \dots, c$$

- закон сохранения  
массы j-й  
компоненты

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \phi \sum_{i=1}^p \rho_i e_i s_i + (1 - \phi) \rho_r e_r \right) + \operatorname{div} \left( \sum_{i=1}^p \rho_i h_i \mathbf{w}_i + \Psi_{(j)} \right) = q_{(e)}$$

- закон сохранения  
энергии

$$\mathbf{w}_i = -K \frac{k_{r,i}}{\mu_i} (\mathbf{grad} P_i - \rho_i \mathbf{g})$$

- Закон Дарси

$$k_{r,i} = k_{r,i}(s), \quad P_i - P_k = P_{c,ik}(s)$$

- относительные фазовые проницаемости  
(ОФП) и кривые капиллярного давления.

$$\sum_{i=1}^p s_i = 1, \quad \sum_{j=1}^c c_{i(j)} = 1$$

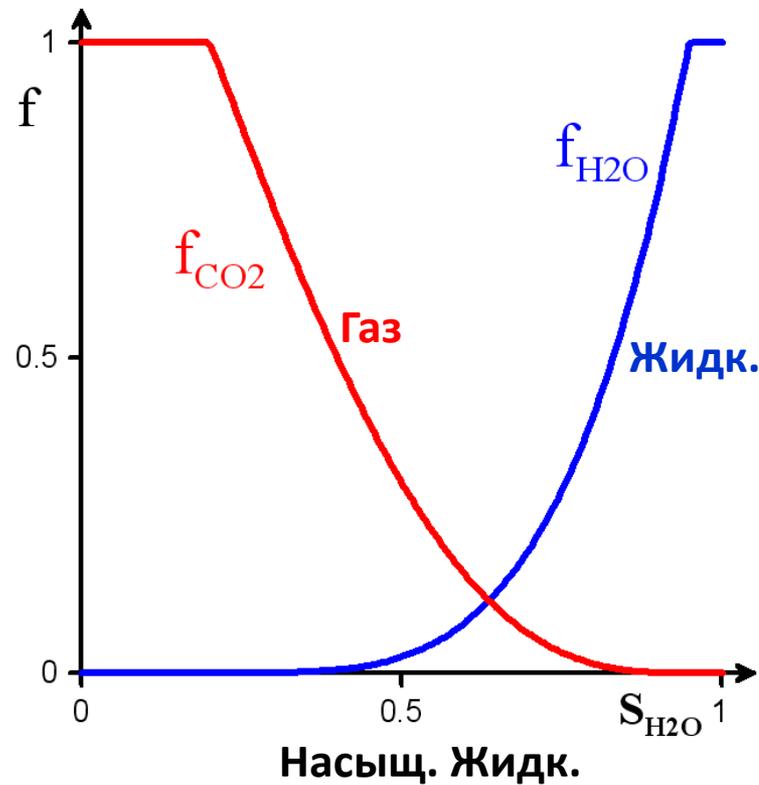
- Замыкающие соотношения

**+ Уравнения состояния для жидкости и породы  
(PVT; EOS)**

# Закон Дарси

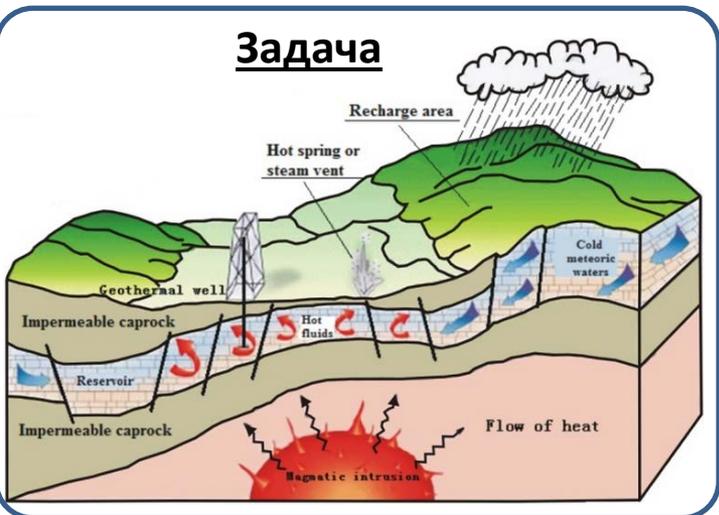


$$\mathbf{w}_i = -K \frac{f_i(s)}{\mu} (\mathbf{grad} P_i - \rho_i \mathbf{g})$$



# Схема проведения расчёта

## Задача



## RUN-file

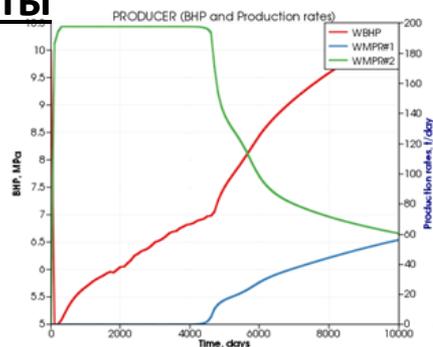
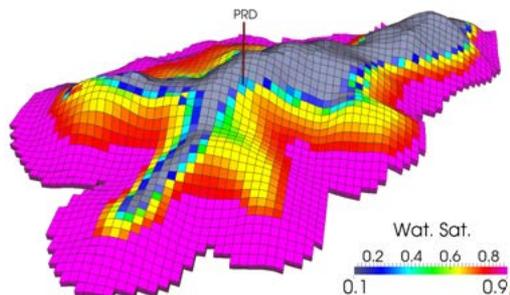
- Сетка;
- Пористость и проницаемость;
- Начальные и граничные условия;
- ОФП;
- Скважины и точ. источники;
- Report time;
- и т.д.

Файл подготавливается в текстовом редакторе

Запускается через MPI интерфейс

Симулятор

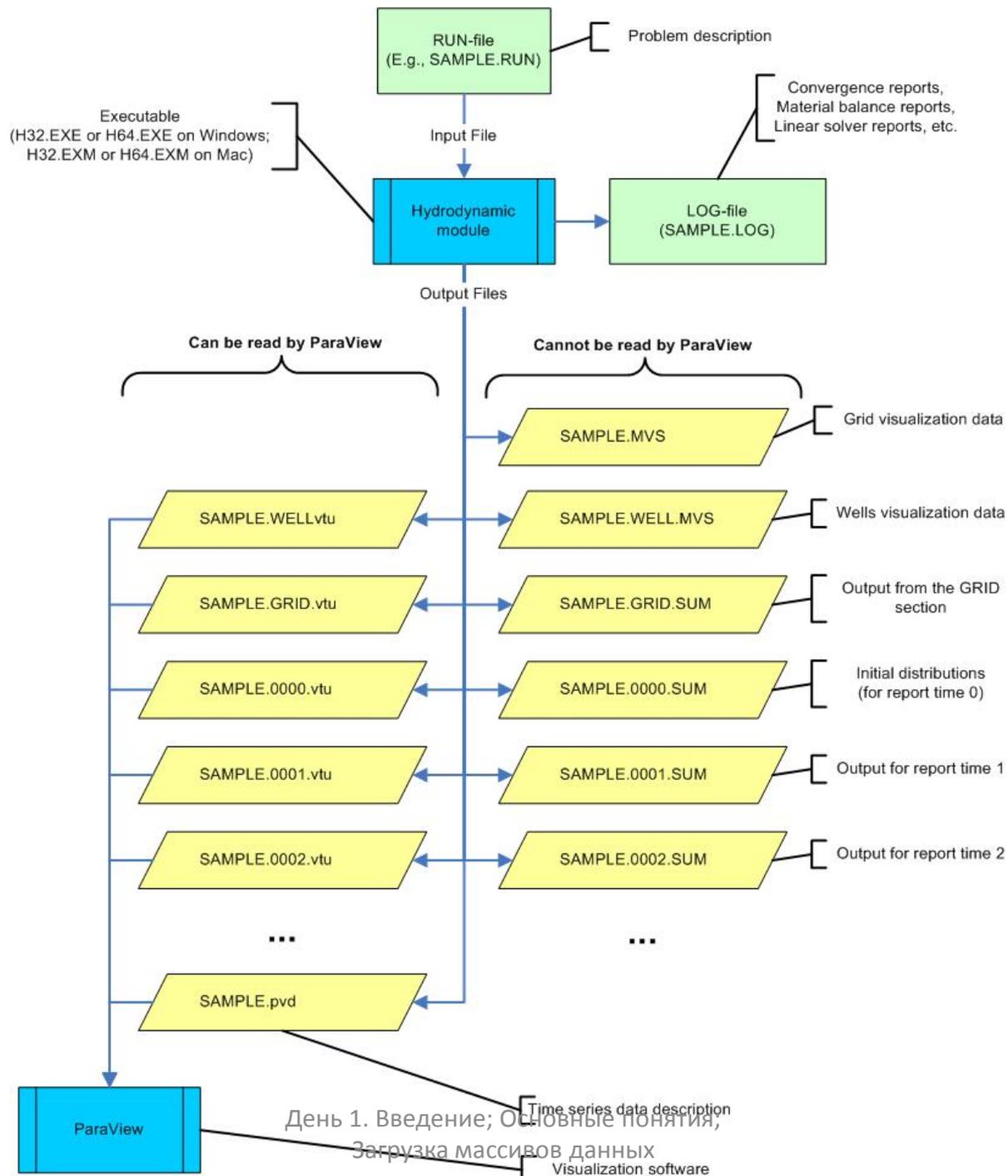
## Результаты



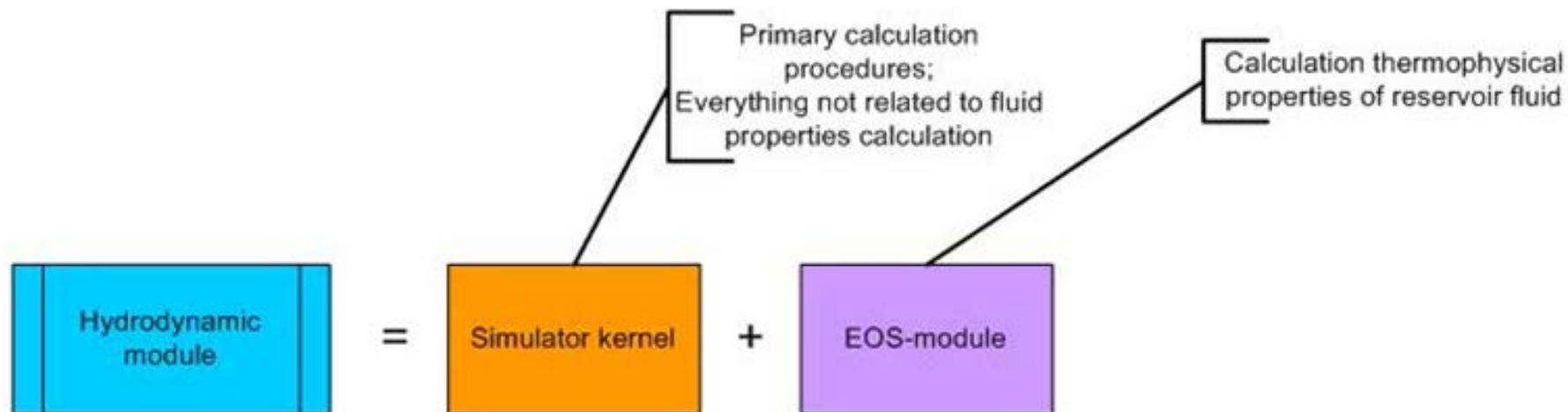
В ParaView

День 1. Введение; Основные понятия  
Загрузка массивов данных

# Схема потока данных



# EOS модули (модули уравнений состояния)



# Модули уравнений состояния пластового флюида

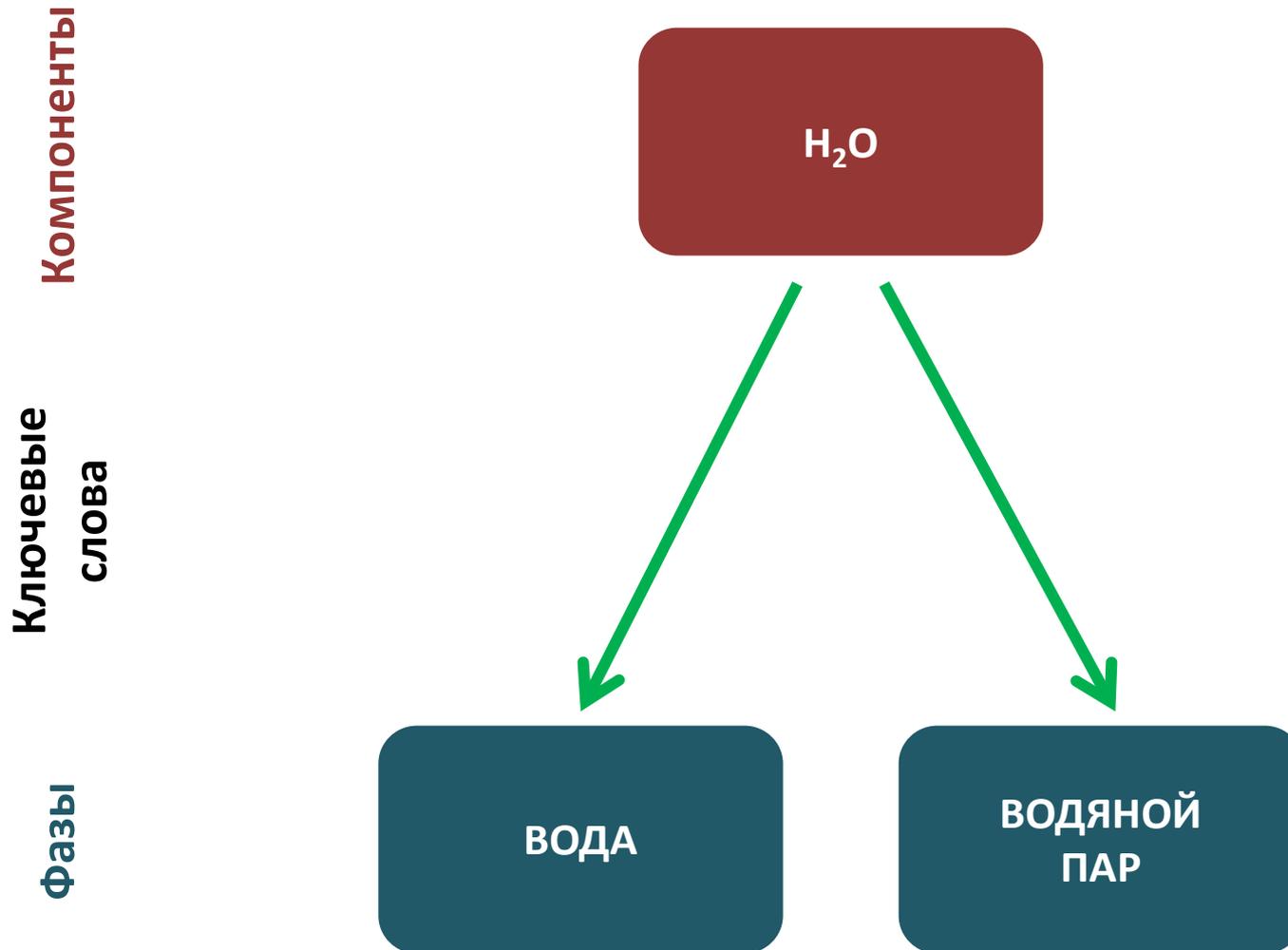
Название модуля	Компоненты / фазы	Возможные приложения
BLACKOIL	вода/нефть/газ	УВ месторождения
BINMIXT	Бинарная смесь; $H_2O/CO_2$	Геотермальные приложения; подземное захоронение $CO_2$
GASSTORE (β-версия)	вода/газ/соль; Газ = $CH_4, CO_2, N_2, H_2$ Соль = NaCl	Геотерм. Прил.; подземное хранение газа/захоронение $CO_2$
SIMPLMOD	Одна компонента/фаза (+ любое число дополнительных компонент/фаз)	Несмешивающиеся вытеснение в пористой среде
T2EOS1	вода/водяной пар	Геотермальные приложения

Неизотермические модули

**T≠const**

Геотермальные  
приложения

# EOS модуль T2EOS1

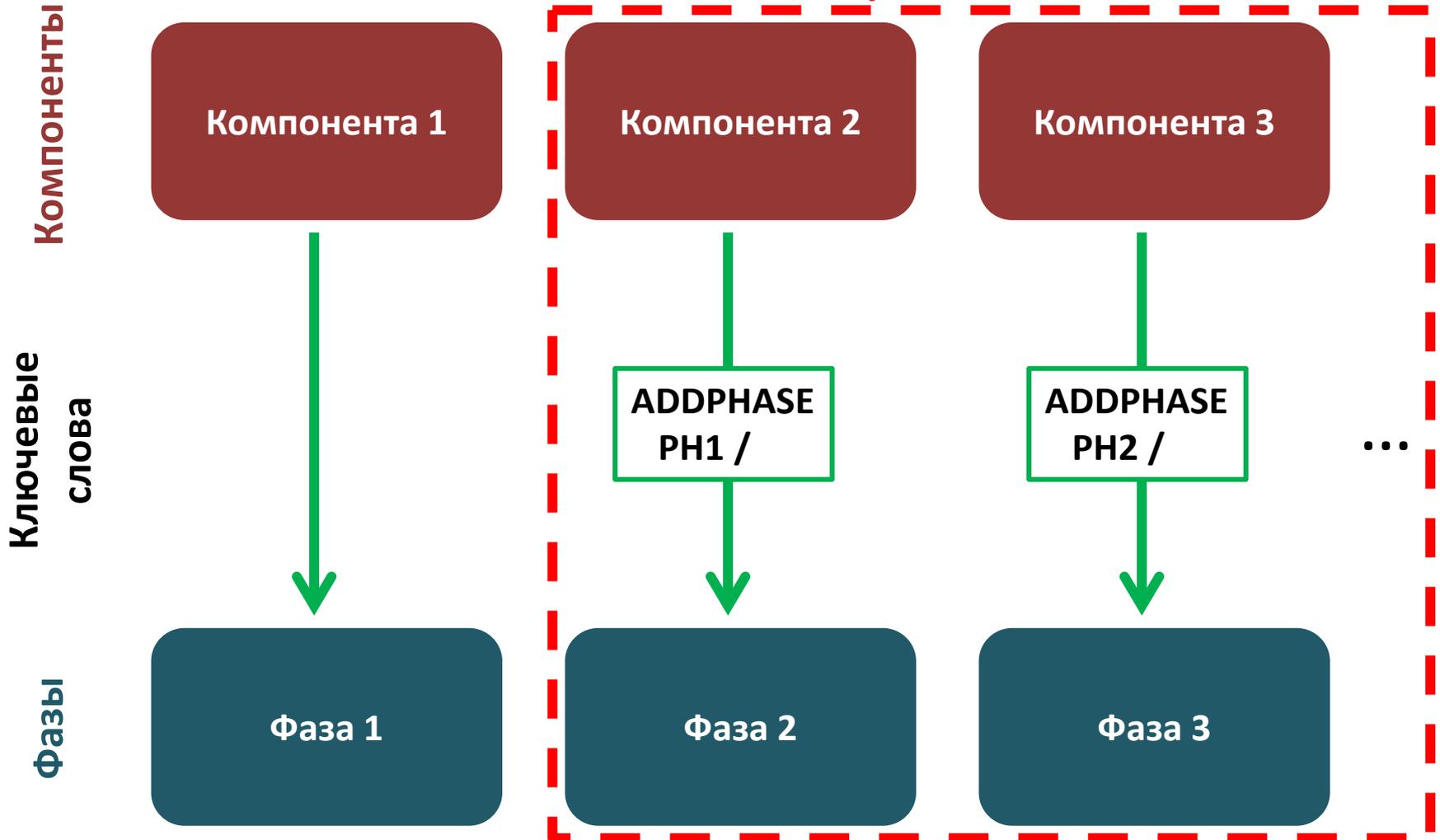


# EOS модуль SIMPLMOD

**T≠const**

Фильтрация  
несмешивающих  
ся флюидов

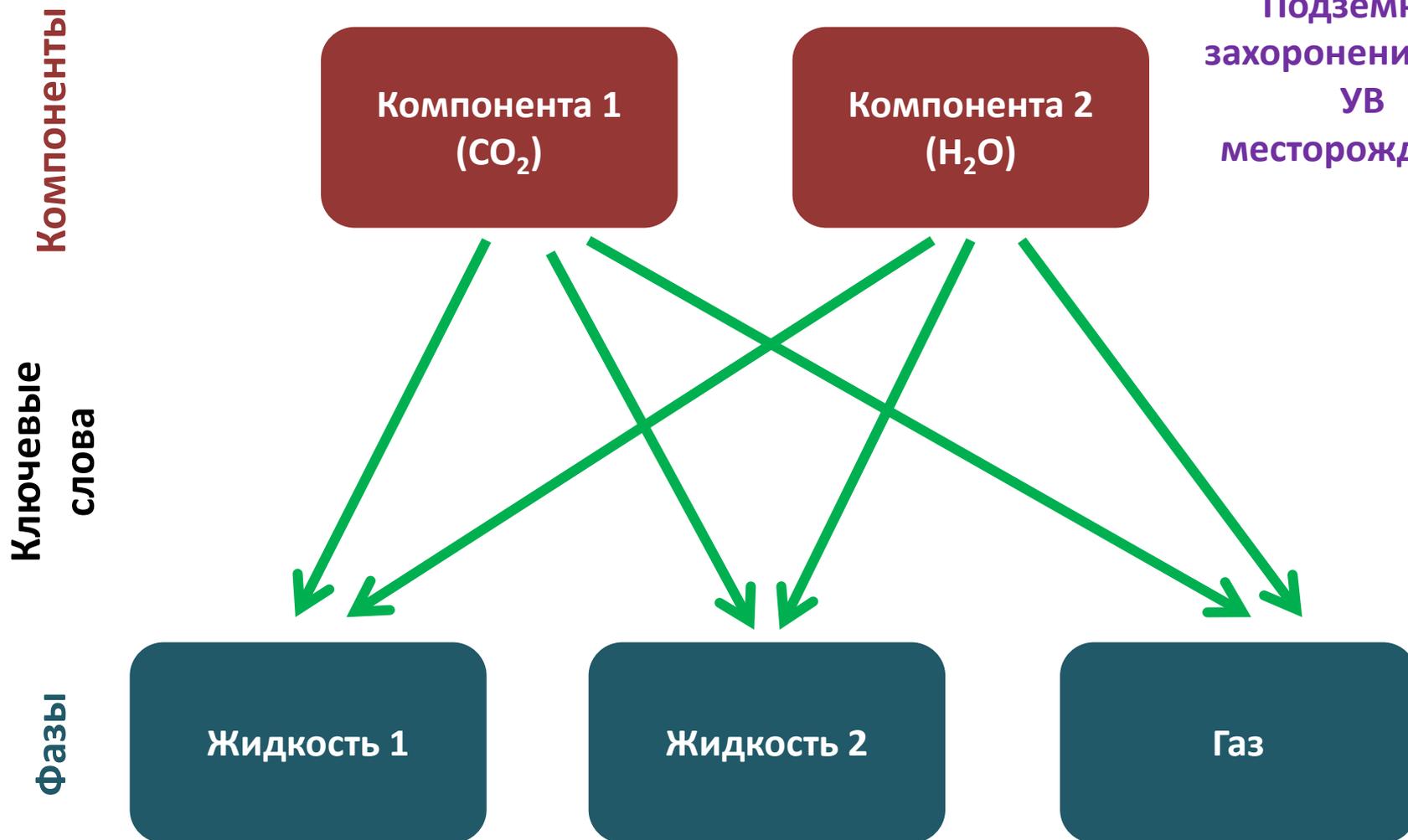
**Опция ADDPHASE**



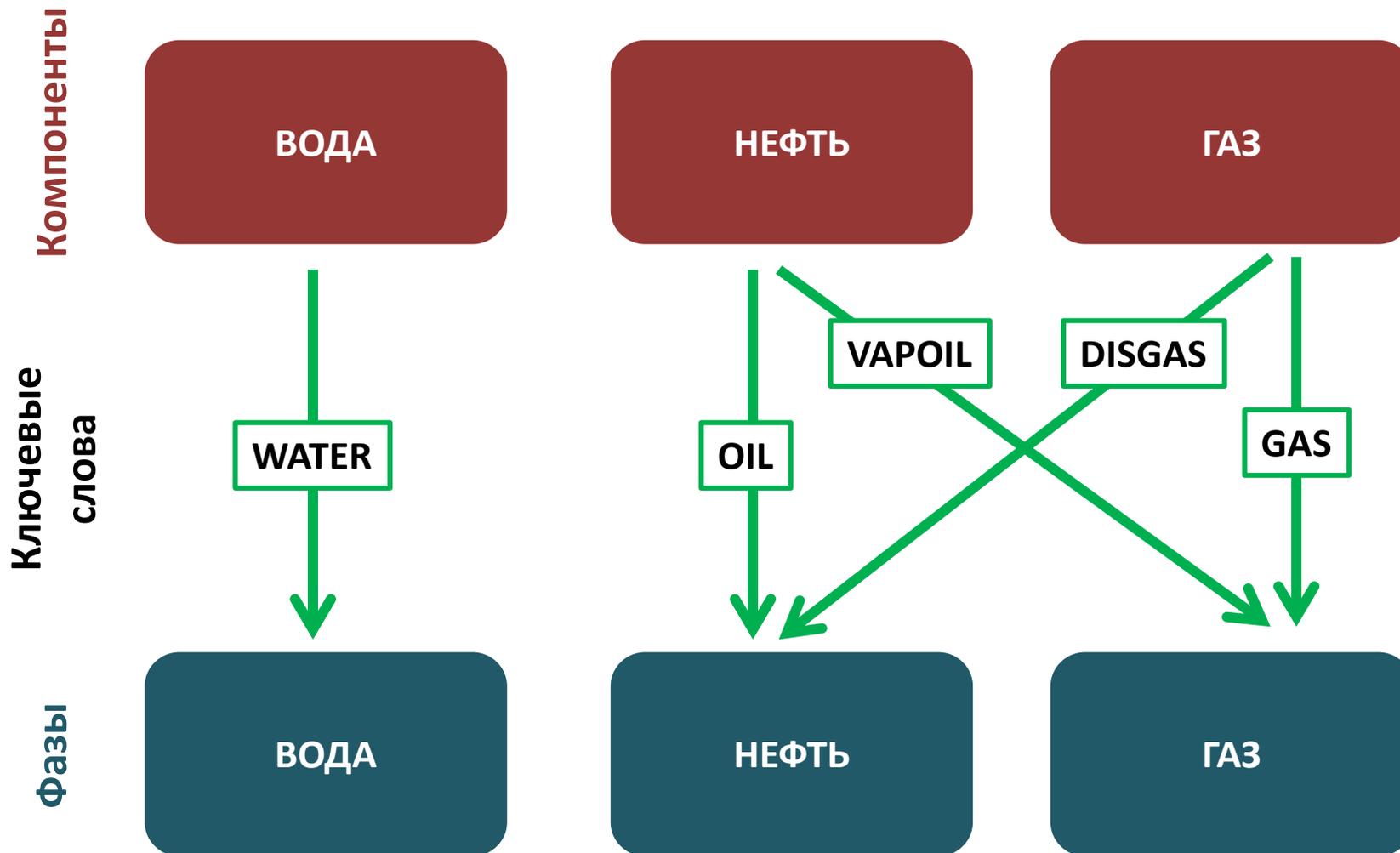
T≠const

# EOS модуль BINMIXT

Геотермальные приложения;  
Подземное захоронение CO<sub>2</sub>;  
УВ месторождения



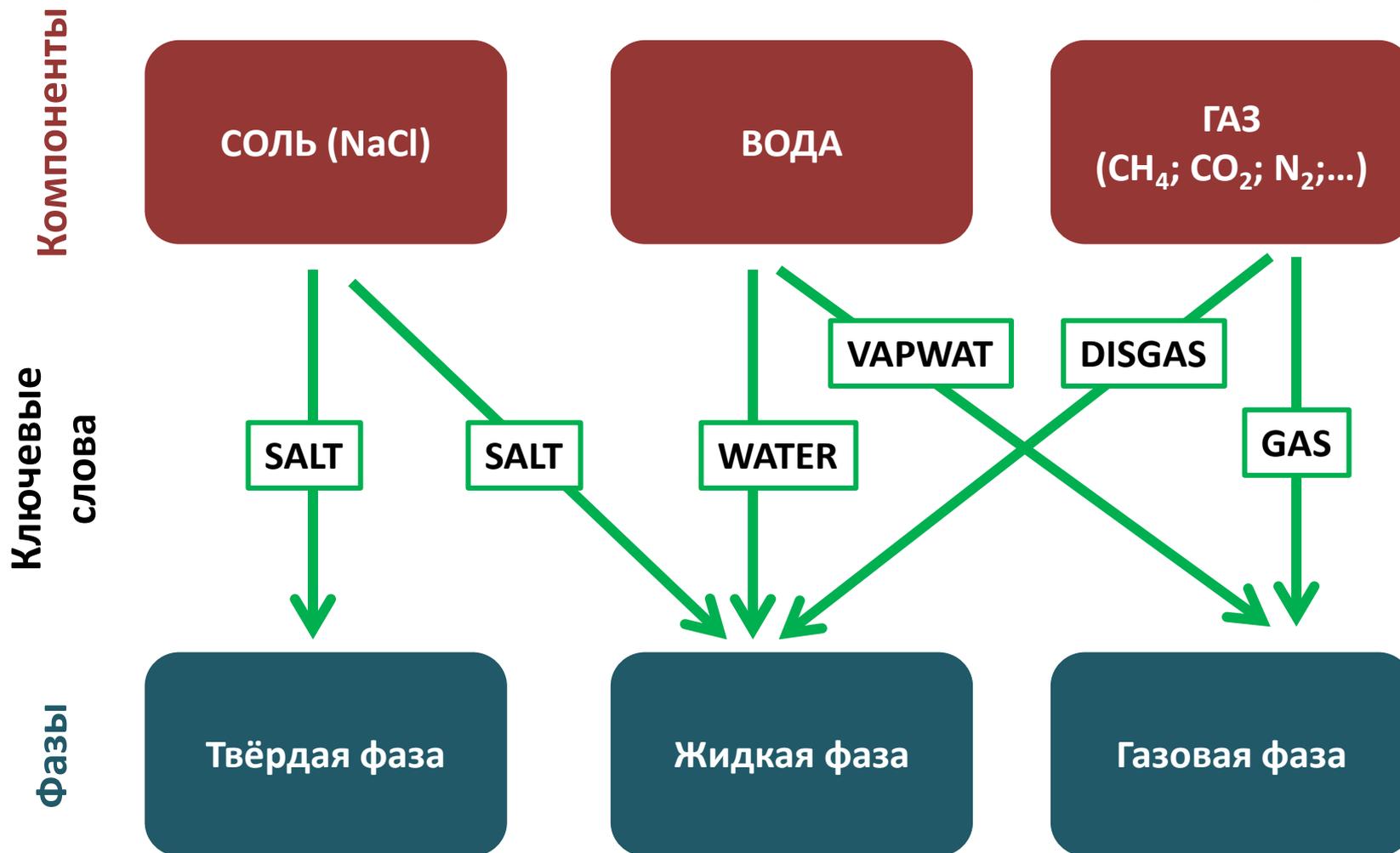
# EOS модуль BLACKOIL



T≠const

Подземное  
хранение газа;  
захоронение CO<sub>2</sub>

# EOS модуль GASSTORE



# **RUN-файл (или data-файл)**

# RUN-файл (пример 1)

Откройте RUN-файл  
(SCENARIO-B1.RUN)

# Ключевые слова

Ключевые слова – команды в RUN-файле симулятору. С помощью ключевых слов задаётся сетка, PVT свойства флюидов, относительные фазовые проницаемости и т.д.

Ключевые слова должны:

- начинаться с первого символа строки;
- состоять только из заглавных символов;
- состоять не более чем из 8 символов.

## Примеры ключевых слов

```
MAKE
  CART    20  1  5  /
XYZBOUND
  0    200    -5  5  1000 1050  /
ENDMAKE
PORO
  100x0.25  /
```

Синтаксис ключевых слов приведён в Справочном руководстве (раздел Keywords)

# Мнемоники

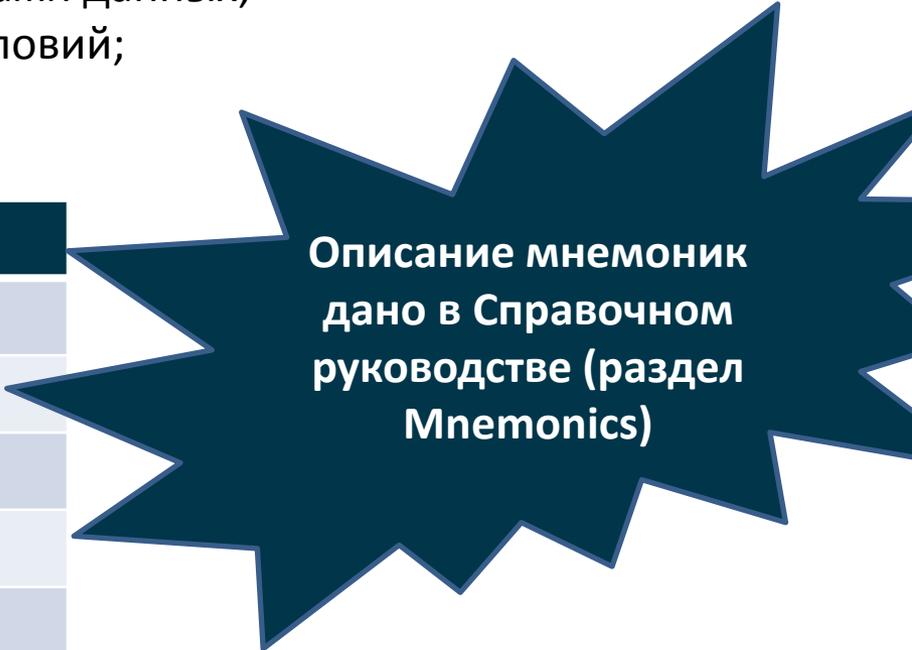
Мнемоники – аббревиатуры для физических, геологических, геометрических, логических параметров .

Мнемоники используются для

- загрузки соответствующих данных;
- арифметических операций над кубами данных;
- задания начальных и граничных условий;
- задания выходных данных.

## Примеры мнемоник

Мнемоника	Параметр
PRES	Давление
TEMP	Температура (К)
TEMPC	Температура (С)
SWAT	Насыщенность воды
PORO	Пористость
PERMZ	Проницаемость в верт. напр.



Описание мнемоник дано в Справочном руководстве (раздел Mnemonics)



# Повторяющиеся значения

Повторяющиеся значения можно кратко записать используя символ '\*'.  
**Формула:** <число повторений>\*<значение>.

```
Example of repeated counts
1 BOX
2 -- imin-imax  jmin-jmax  kmin-kmax
3   1   4   1   3   1   1 /
4
5 -- This keyword
6
7 PORO
8   0.25  0.25  0.25  0.25
9   0.25  0.25  0.25  0.25
10  0.15  0.15  0.15  0.15 /
11
12 -- is equivalent to any of the following keywords
13
14 PORO
15   4*0.25
16   4*0.25
17   4*0.15 /
18
19 PORO
20   8*0.25 4*0.15 /
21
22 PORO
23   7*0.25 0.25 2*0.15 2*0.15 /
```

# Значения по умолчанию

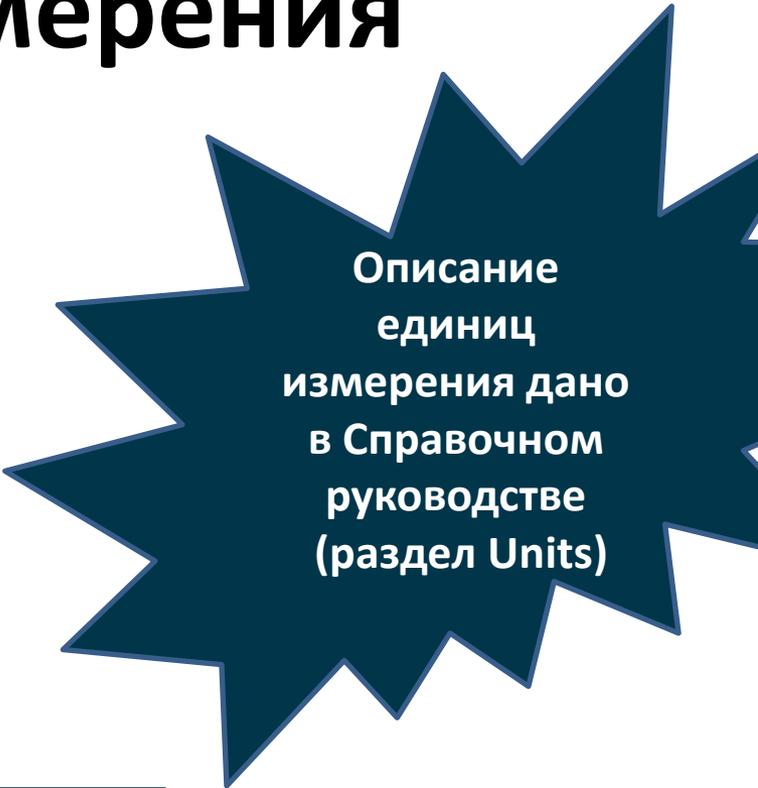
Есть две возможности задания значений по умолчанию: с помощью символа '\*' или с помощью символа '/'.

```
Example of defaulted parameters
1 BOX
2 -- imin-imax  jmin-jmax  kmin-kmax
3     1  5     1  6     1  2  /
4
5 -- keywords
6
7 =====
8
9 -- The keyword
10
11 BOX
12 -- imin-imax  jmin-jmax  kmin-kmax
13     2*     3  1*     2  /
14
15 -- is equivalent to
16
17 BOX
18 -- imin-imax  jmin-jmax  kmin-kmax
19     1  5     3  6     2  2  /
20
21 -- because the parameters imin,imax,jmax,kmax are not altered
```

# Системы единиц измерения

В MUFITS есть три системы единиц измерения:

- DEFUNITS (опция по умолчанию);
- METRIC (метрическая система);
- FIELD (английская система мер).



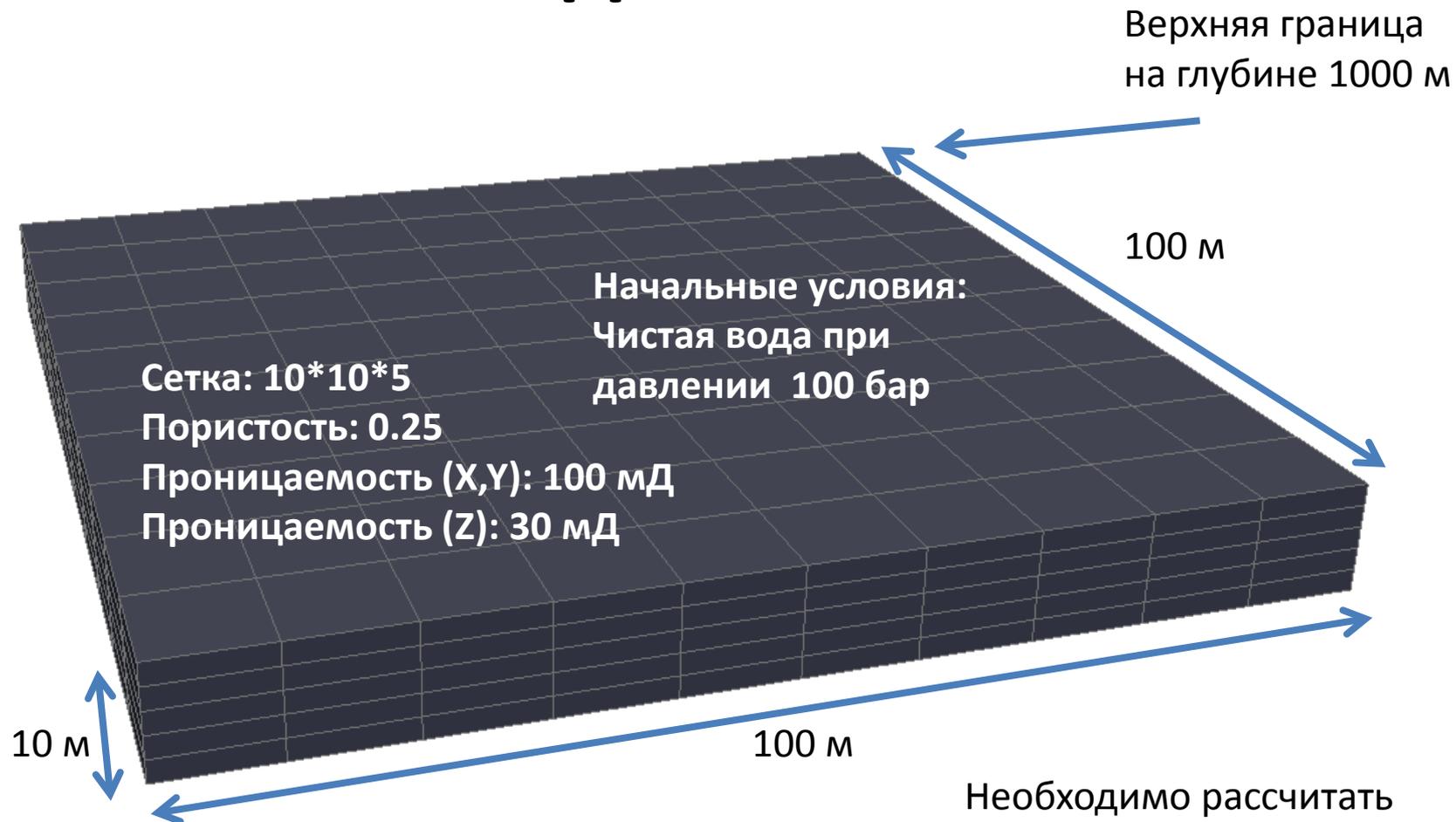
Описание  
единиц  
измерения дано  
в Справочном  
руководстве  
(раздел Units)

## Пример используемых единиц измерений

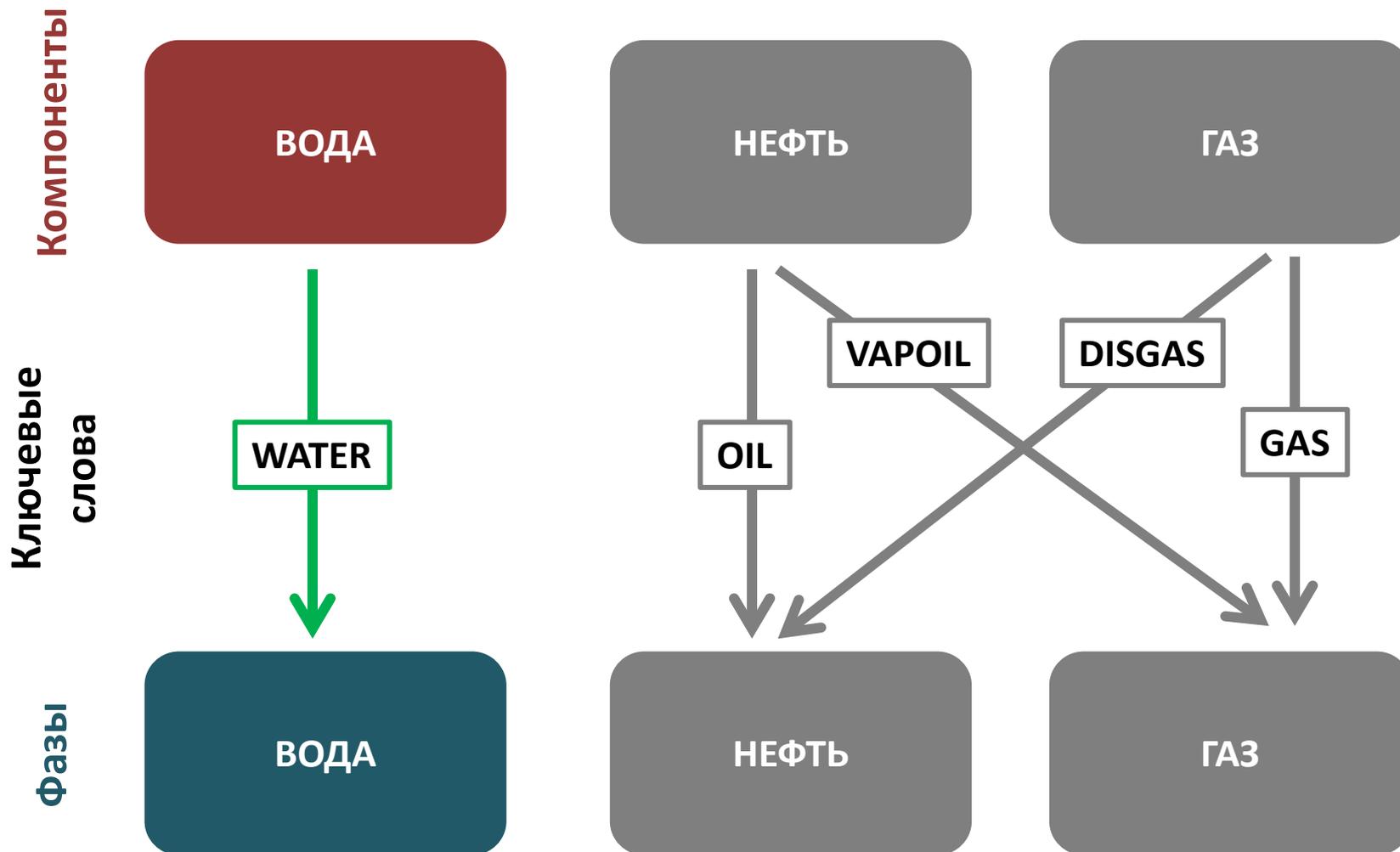
Параметр	DEFUNITS	METRIC	FIELD
Давление	MPA	BAR	PSIA
Расстояние	M	M	FT
Плотность	KG/M3	KG/M3	LBM/CF

# Пример 1

# Постановка задачи



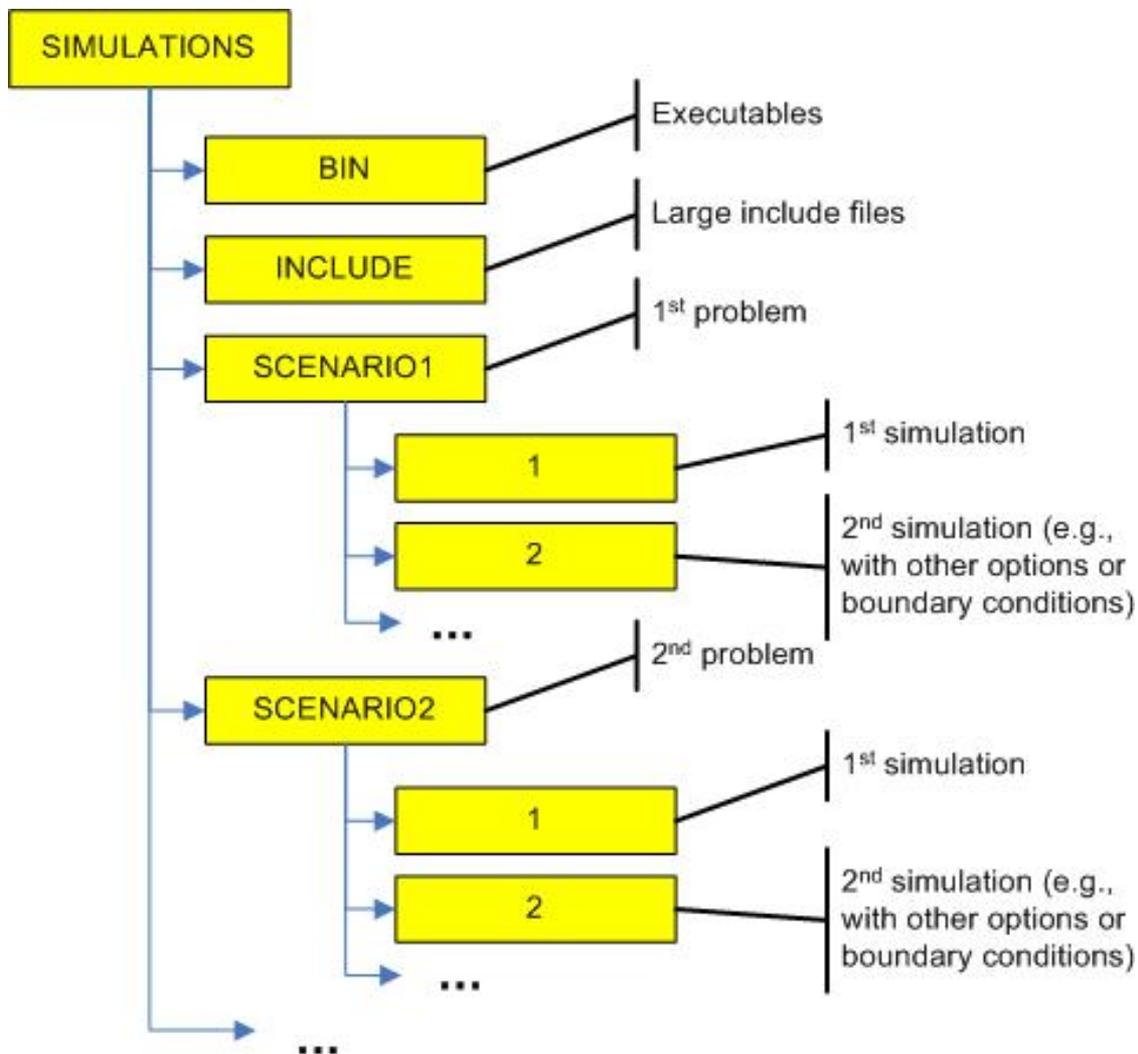
# EOS модуль BLACKOIL



# RUN-файл (пример 1)

Откройте RUN-файл  
(SCENARIO-B1.RUN)

# Иерархия директорий



# Команда для запуска расчёта

В директории SIMULATIONS/SCENARIO-B1/0/ выполните

Mac:

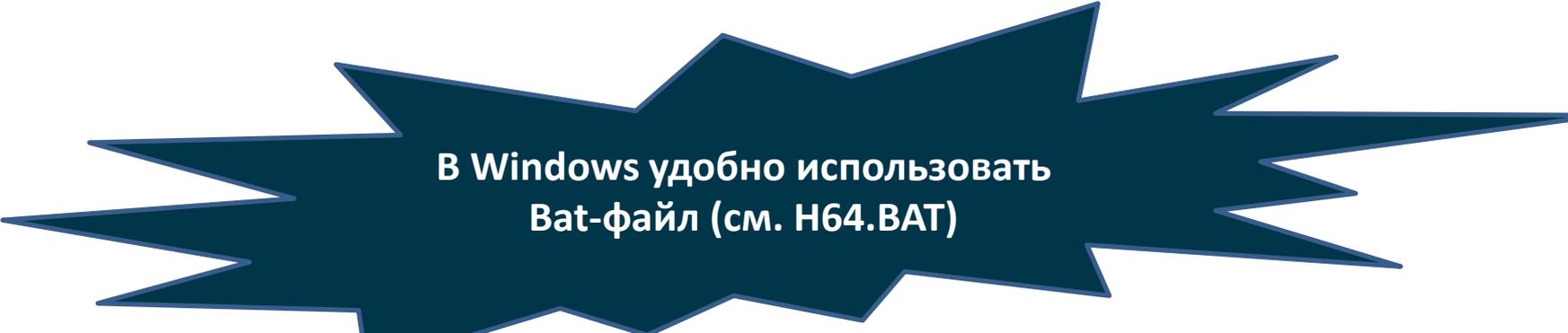
```
mpirun -n 1 ../../BIN/H64.EXM SCENARIO-B1.RUN > SCENARIO-B1.LOG
```

Linux:

```
mpirun -n 1 ../../BIN/H64.EXL SCENARIO-B1.RUN > SCENARIO-B1.LOG
```

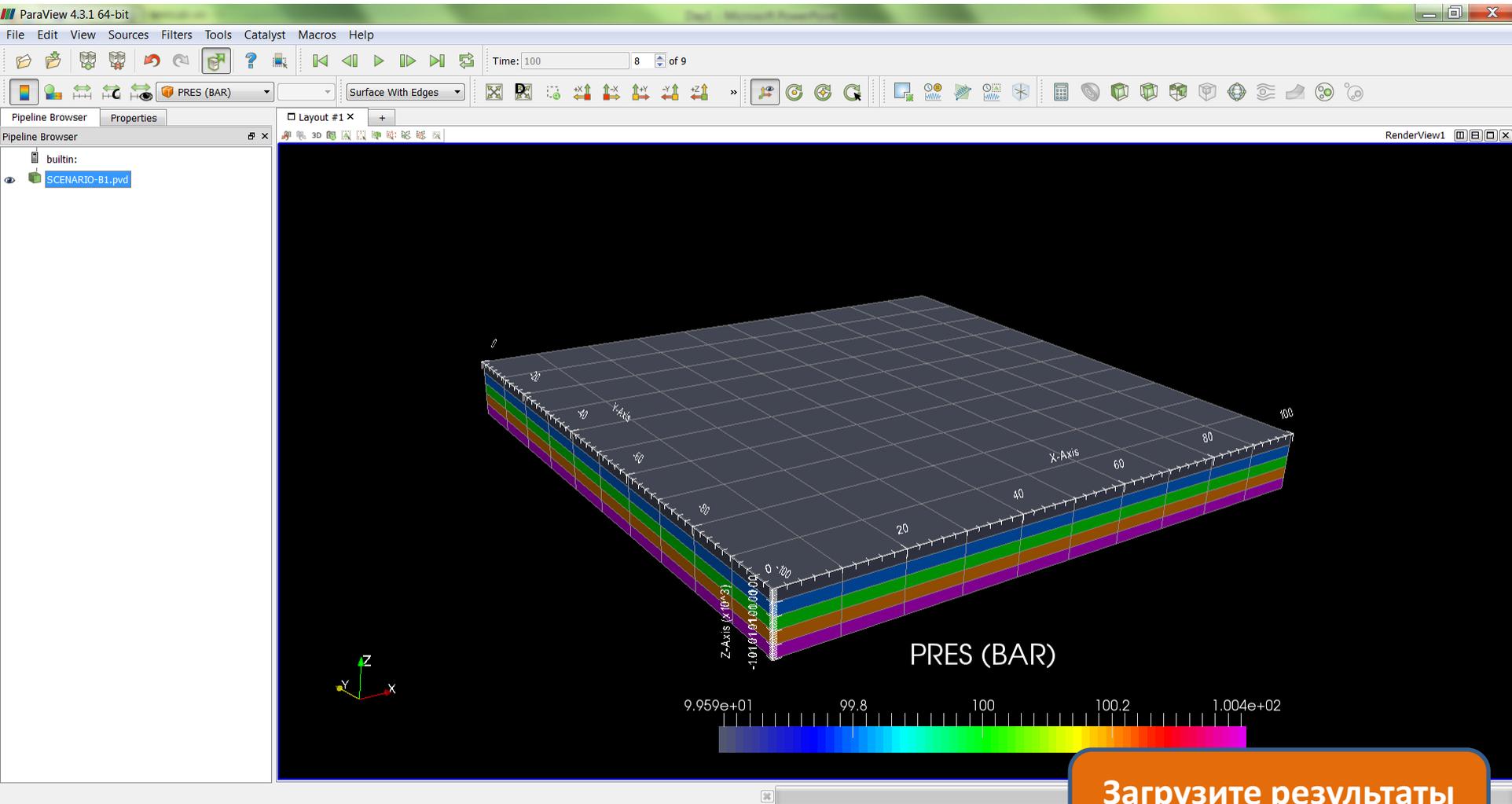
Windows:

```
"...mpiexec.exe" -n 1 ../../BIN/H64.EXE SCENARIO-B1.RUN > SCENARIO-B1.LOG
```



**В Windows удобно использовать  
Bat-файл (см. H64.BAT)**

# Результаты в ParaView



Загрузите результаты  
расчёта в ParaView

День 1. Введение; Основные понятия;  
Загрузка массивов данных

# Основные элементы/приёмы задания входных/выходных данных

# Задание выходных данных

Параметры, сохраняемые в файле SCENARIO-B1.GRID.SUM, задаются ключевым словом **RPTGRID**

*RPTGRID syntax*

```
1 -- in GRID section
2
3 RPTGRID
4   mnemonic1 mnemonic2 mnemonic3 ... /
5
6 -----
7
8   mnemonic# - is the mnemonic of a property saved in the file *.GRID.SUM.
9               If one of the mnemonics is ASCII then the formatted file
10              is saved.
```

**Упражнение: Сохраните  
координаты ячеек**

Параметры, сохраняемые в файлах SCENARIO-B1.####.SUM, задаются ключевым словом **RPTSUM**

*RPTSUM syntax*

```
1 -- in INIT or SCHEDULE section
2
3 RPTSUM
4   mnemonic1 mnemonic2 mnemonic3 ... /
5
6 -----
7
8   mnemonic# - is the mnemonic of a property saved in the files *.0000.SUM,
9               *.0001.SUM, *.0000.SUM, etc. If one of the mnemonics is ASCII
10              then the formatted file is saved.
```

**Упражнение: Сохраните  
плотность и вязкость воды**

# Декартовы сетки

Число ячеек вдоль каждой из осей координат задаются ключевым словом **MAKE**

*MAKE-ENDMAKE syntax*

```
1 -- in GRID section
2
3 MAKE
4   gridtype  ni nj nk /
5
6 -- other keywords
7
8 ENDMAKE
9
10 =====
11
12   gridtype = CART    - Cartesian Grid
13             = RADIAL - Radial Grid
14             = CORNER - Corner-Point grid
15
16   ni - number of grid blocks along i-indexation axis
17   nj - number of grid blocks along j-indexation axis
18   nk - number of grid blocks along k-indexation axis
```

**Упражнение: Пересчитайте  
Пример 1 используя сетку  
15\*8\*5 ячеек.**

# Декартовы сетки

Границы расчётной области задаются ключевым словом **XYZBOUND**

```
1  -- within MAKE/ENDMAKE brackets.
2
3  XYZBOUND
4    xmin xmax  ymin ymax  zmin zmax  xincr yincr zincr /
5
6  =====
7
8    xmin/xmax - the domain boundaries along axis x (xmin<xmax)
9    ymin/ymax - the domain boundaries along axis y (ymin<ymax)
10   zmin/zmax - the domain boundaries along axis z (zmin<zmax)
```

**Упражнение: Расположите верхнюю границу расчётной области на глубине 1500 метров, а нижнюю на глубине 1520 метров.**



# Декартовы сетки

Размеры ячеек вдоль осей задаются ключевыми словами **DXV**, **DYV**, **DZV**

```
1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
2
3  DXV
4  dx(1) dx(2) dx(3) ... dx(nx) /
5
6  =====
7
8  dx(#) - grid blocks extensions along axis X.
9  nx    - number of grid block along axis X. nx is the 2nd argument of the
10         keyword MAKE.
```

**Упражнение: пересчитайте  
Пример 1, используя  
следующие толщины пластов:  
1 м, 3 м, 2 м, 1 м, 4 м**



**Данная граница  
переопределяется  
кл.словом DXV**

# Загрузка массивов

```
1  -- in GRID section
2
3  PORO
4  value1 value2 value3 ... value(nbox) /
5
6  -----
7
8  value(#) - value assigned to the corresponding grid block in the input box.
9             The grid blocks are ordered with i index cycling fastest,
10            followed by j and k indexes.
11
12  nbox      - number of grid blocks in the current input box.
13            nbox=(imax-imin+1)*(jmax-jmin+1)*(kmax-kmin+1), where
14            imin, imax, jmin, jmax, kmin, kmax are defined by the keyword
            BOX.
```

*PORO syntax*

Мнемоника загружаемого массива (например, PERMX, PERMY, PRES)

Пример для сетки 4\*1\*3:

Индекс j	Знач. 9	Знач. 10	Знач. 11	Знач. 12
	Знач. 5	Знач. 6	Знач. 7	Знач. 8
	Знач. 1	Знач. 2	Знач. 3	Знач. 4
	Индекс i			

**Замечание:**

Индекс i – ось X  
Индекс j – ось Y  
Индекс k – ось Z

# Загрузка массивов

Пример для сетки  $4 \times 1 \times 3$ :

Индекс $j$	Знач. 9	Знач. 10	Знач. 11	Знач. 12
	Знач. 5	Знач. 6	Знач. 7	Знач. 8
	Знач. 1	Знач. 2	Знач. 3	Знач. 4
	Индекс $i$			

**Замечание:**

Индекс  $i$  – ось X

Индекс  $j$  – ось Y

Индекс  $k$  – ось Z

Наиболее быстро повторяется индекс  $i$ , затем  $j$  и наиболее медленно повторяется индекс  $k$

**Упражнение: Увеличьте в два раза проницаемость в пластах 3 и 4 и пересчитайте Пример 1**

# Загрузка массивов

Пример для сетки 4\*1\*3:

Индекс j	Знач. 9	Знач. 10	Знач. 11	Знач. 12
	Знач. 5	Знач. 6	Знач. 7	Знач. 8
	Знач. 1	Знач. 2	Знач. 3	Знач. 4
	Индекс i			

## Замечание:

Индекс i – ось X

Индекс j – ось Y

Индекс k – ось Z

Наиболее быстро повторяется индекс i, затем j и наиболее медленно повторяется индекс k

**Упражнение:** При  $j=1, \dots, 5$  задайте начальное давление 100 бар, а при  $j=6, \dots, 10$  задайте начальное давление 105 бар и пересчитайте Пример 1.

# Ключевое слово BOX

```

                                BOX syntax
1  -- in all sections except RUNSPEC and POST
2
3  BOX
4    imin imax  jmin jmax  kmin kmax /
5
6  =====
7
8    imin/imax - the boundaries of the input box along i-indexation axis.
9                By default imin=1 and imax=ni, where ni is the 2nd argument
10               of the keyword MAKE.
11
12   jmin/jmax - the boundaries of the input box along j-indexation axis.
13               By default jmin=1 and jmax=nj, where nj is the 3rd argument
14               of the keyword MAKE.
15
16   kmin/kmax - the boundaries of the input box along k-indexation axis.
17               By default kmin=1 and kmax=nk, where nk is the 4th argument
18               of the keyword MAKE.
```

С помощью ключевого слова **BOX** можно выделить область коллектора (область ввода) для загрузки массивов. В выделенной области массивы загружаются поблочно, как если бы эта область была всей расчётной областью.

Ключевое слово **ENDBOX** позволяет сбросить «область ввода» в состояние, соответствующее всей расчётной области .

***В начале новой секции «область ввода» сбрасывается.***

# Ключевое слово BOX

Например, ключевое слово

BOX

3 11 2\* 2 3 /

выделяет следующую область для загрузки массивов



Наиболее быстро повторяется индекс  $i$ , затем  $j$  и наиболее медленно повторяется индекс  $k$

# Ключевое слово BOX

Пример для сетки  $4 \times 1 \times 3$ :

Индекс $j$	Знач. 9	Знач. 10	Знач. 11	Знач. 12
	Знач. 5	Знач. 6	Знач. 7	Знач. 8
	Знач. 1	Знач. 2	Знач. 3	Знач. 4
	Индекс $i$			

**Замечание:**

Индекс  $i$  – ось X

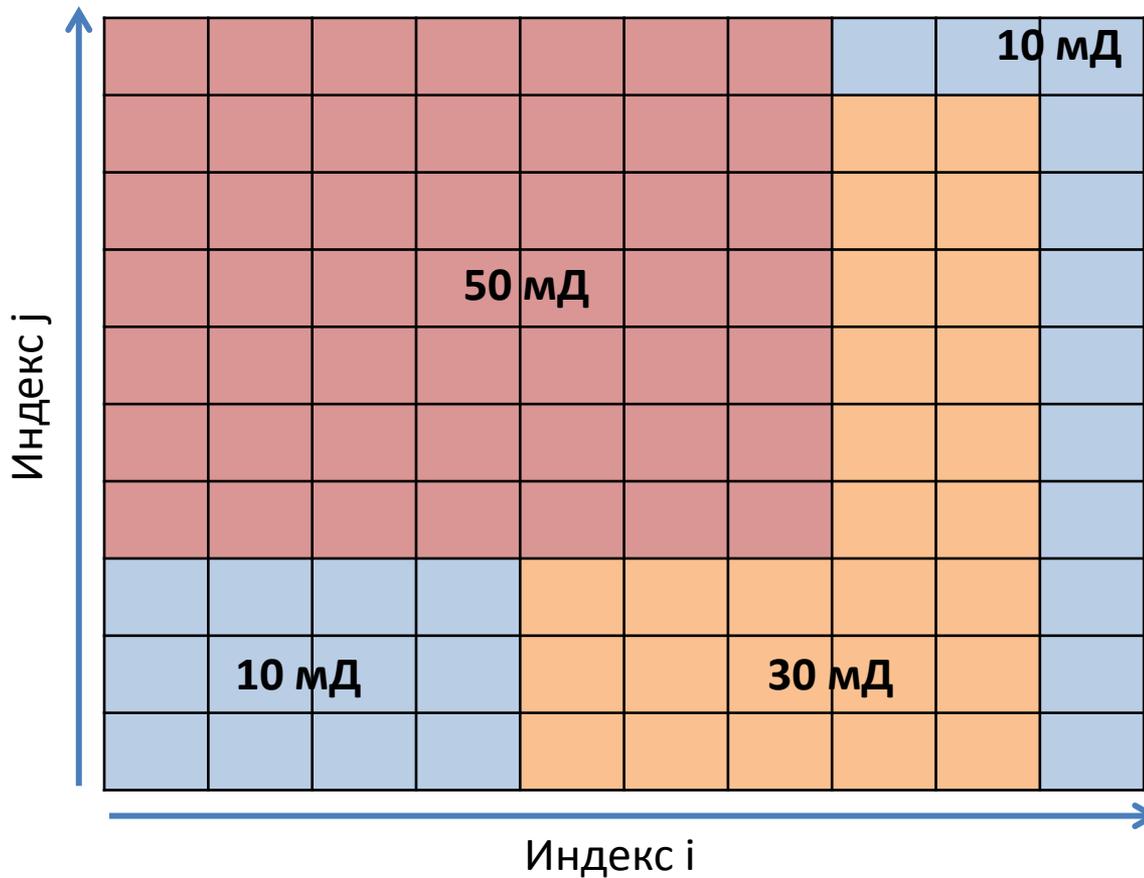
Индекс  $j$  – ось Y

Индекс  $k$  – ось Z

Наиболее быстро повторяется индекс  $i$ , затем  $j$  и наиболее медленно повторяется индекс  $k$

**Упражнение:** При  $j=1, \dots, 5$  задайте начальное давление 100 бар, а при  $j=6, \dots, 10$  задайте начальное давление 105 бар и пересчитайте Пример 1. Используйте ключевое слово BOX.

# Ключевое слово VOX



**Упражнение:**  
Задайте следующее распределение проницаемости вдоль оси Z и пересчитайте Пример 1.

# Свойства породы

Теплофизические свойства породы задаются внутри скобок **ROCK-ENDROCK**.  
В неизотермических расчётах плотность и теплоёмкость породы задаются  
ключевым словом **ROCKDH**:

```
----- ROCKDH syntax -----  
1  -- within ROCK-ENDROCK brackets  
2  
3  ROCKDH  
4    dens  heatcap /  
5  
6  =====  
7  
8    dens    - rock density  
9    heatcap - rock heat capacity
```

В изотермических расчётах опорное давление и сжимаемость породы задаются  
ключевым словом **ROCKECL**:

```
----- ROCKECL syntax -----  
1  -- within ROCK-ENDROCK brackets  
2  
3  ROCKECL  
4    pref  compr /  
5  
6  =====  
7  
8    pref    - the reference pressure;  
9    compr   - the rock compressibility.
```

# Свойства породы

Задайте сжимаемость породы  $7e-5 \text{ бар}^{-1}$  при 105 бар и пересчитайте  
Пример 1.

В изотермических расчётах опорное давление и сжимаемость породы задаются ключевым словом **ROCKECL**:

```
----- ROCKECL syntax -----  
1 -- within ROCK-ENDROCK brackets  
2  
3 ROCKECL  
4   pref  compr /  
5  
6 =====  
7  
8   pref  - the reference pressure;  
9   compr - the rock compressibility.
```

# Теплофизические свойства флюида

Теплофизические свойства пластовых жидкостей и газов задаются внутри скобок **EOS-ENDEOS**.

Параметры воды можно задать ключевым словами **DENSITY** и **PVTW**.

```

1  -- within EOS-ENDEOS brackets
2
3  DENSITY
4  denoil denwat dengas /
5
6  =====
7
8  denoil - oil density at stock-tank conditions;
9  denwat - water density at stock-tank conditions;
10 dengas - gas density at stock-tank conditions.
```

Данное ключевое слово можно использовать только с модулем **BLACKOIL** (см. Справочное руководство)

# Теплофизические свойства флюида

Теплофизические свойства пластовых жидкостей и газов задаются внутри скобок **EOS-ENDEOS**.

Параметры воды можно задать ключевым словами **DENSITY** и **PVTW**.

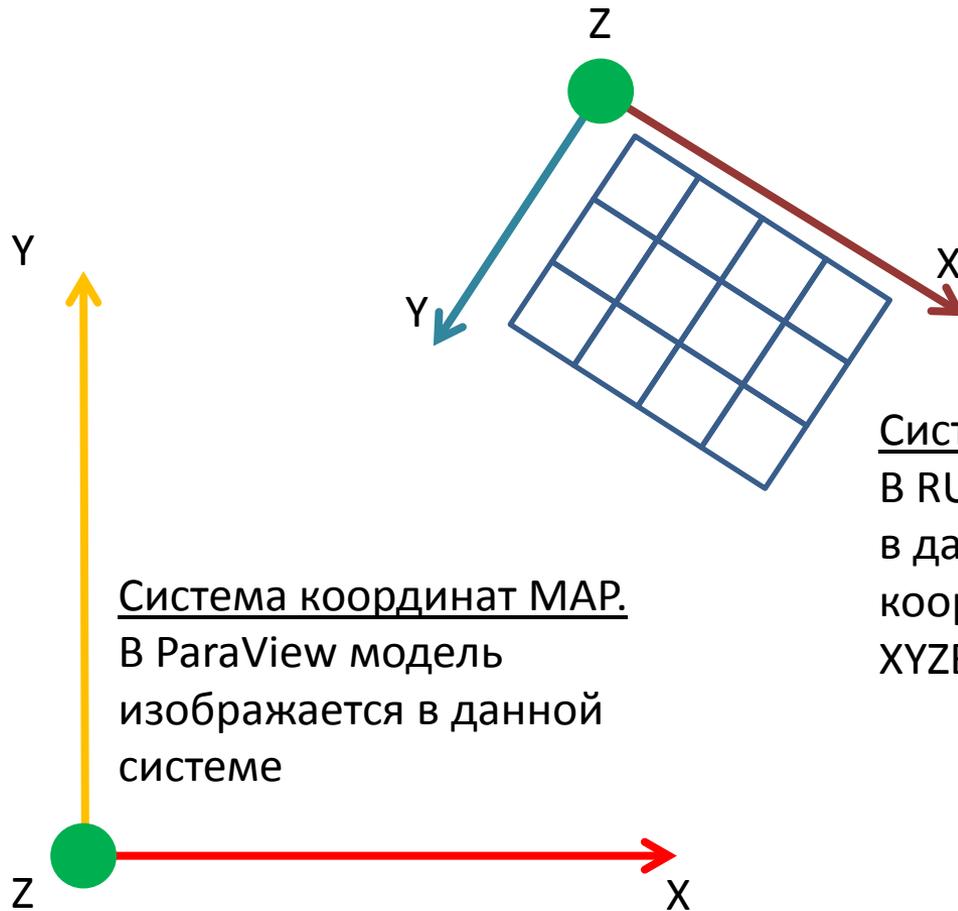
## *PVTW syntax*

```
1 -- within EOS-ENDEOS brackets
2
3 PVTW
4   pref  bw  comprw  mw  viscmw /
5
6 =====
7
8   pref  - reference presssure;
9   bw    - water formation volume factor at the reference pressure;
10  comprw - water compressibility at the reference pressure;
11  mw     - water viscosity at the reference pressure;
12  viscmw - water 'viscosibility' at the reference pressure.
```

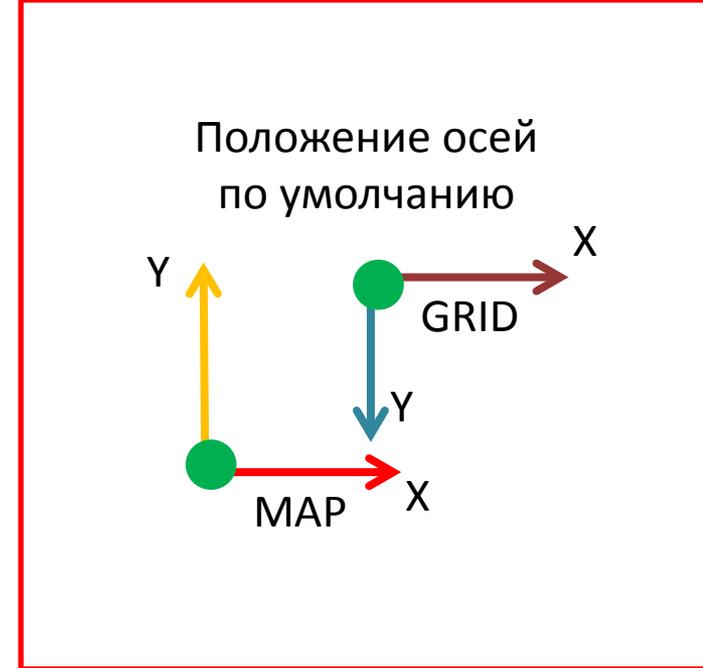
Данное ключевое слово можно использовать только с модулем **BLACKOIL** (см. Справочное руководство)

# Системы координат

# Системы координат



Система координат MAP.  
В ParaView модель  
изображается в данной  
системе

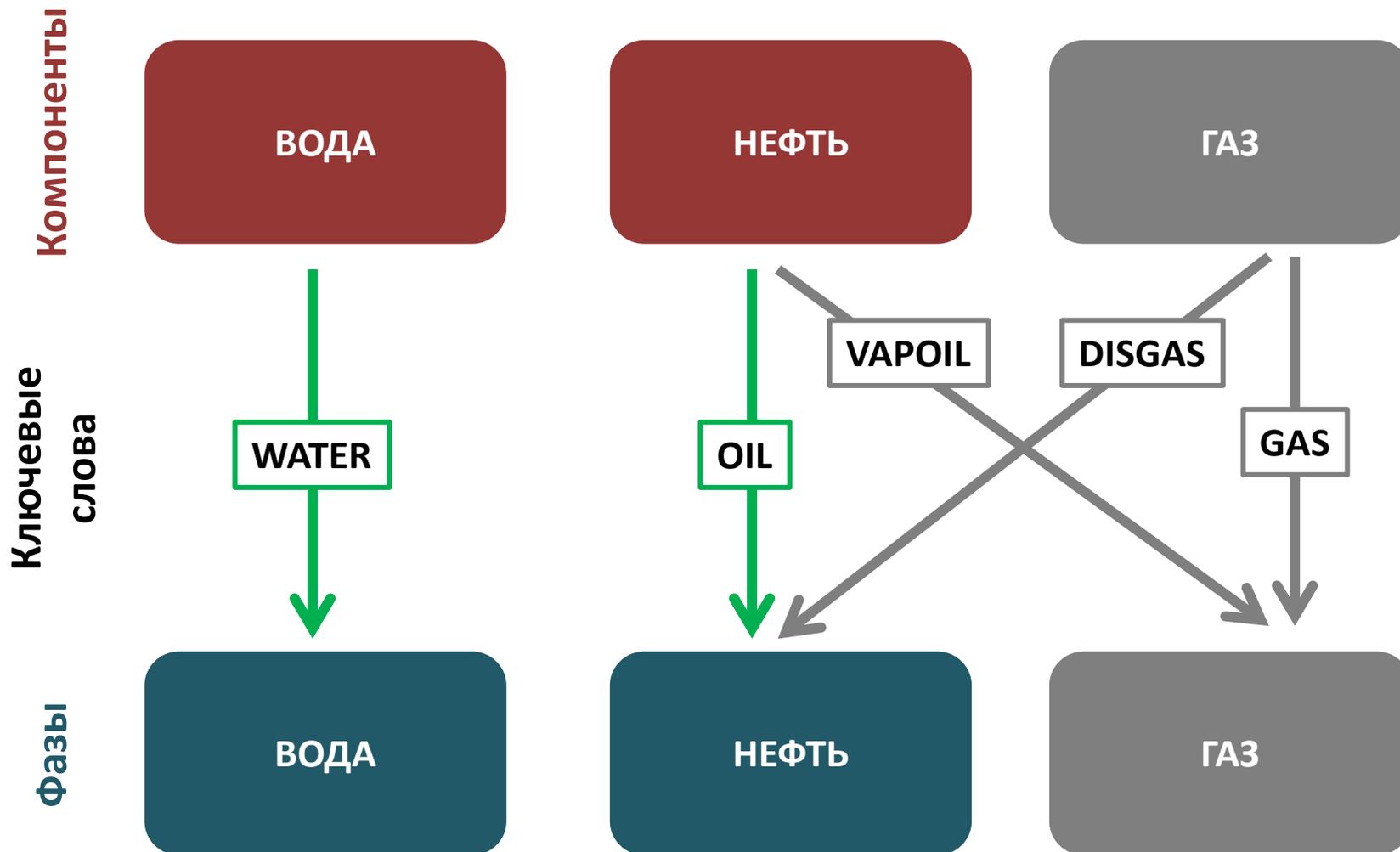


## Система координат GRID

В RUN-файле сетка строится  
в данной системе  
координат (например,  
XYZBOUND)

# Двухфазные течения нефть-вода

# EOS модуль BLACKOIL



# Кривые ОФП и капиллярное давление

Кривые ОФП и капиллярного давления задаются в скобках **SAT-ENDSAT**.  
Например, они могут быть заданы с помощью ключевого слова **SATTAB**.

## *SATTAB syntax*

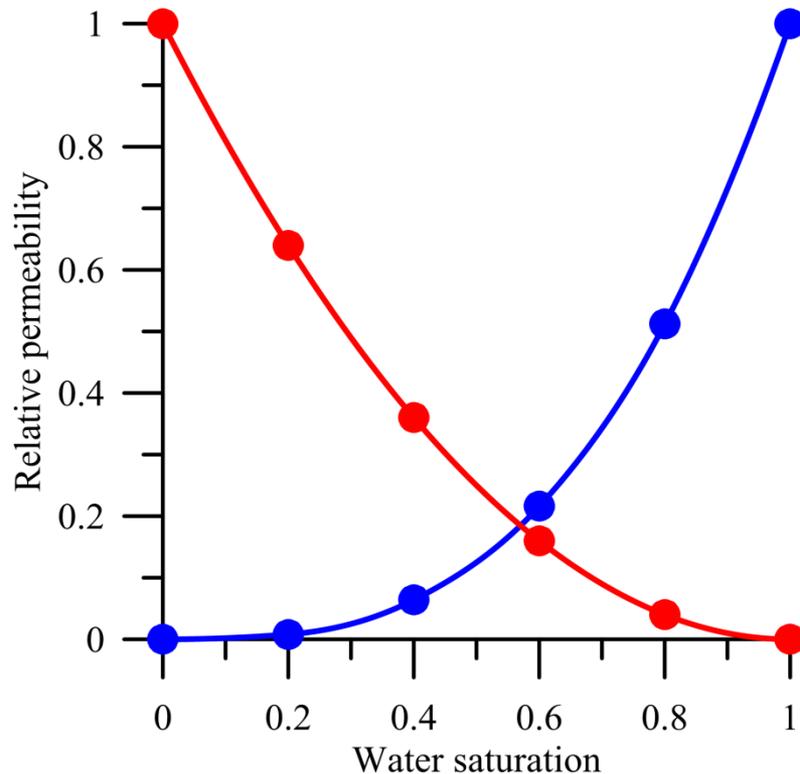
```
1  -- within SAT-ENDSAT brackets
2
3  SATTAB
4    sliq1  krliq1  krgas1  pcap1 /
5    sliq2  krliq2  krgas2  pcap2 /
6    sliq3  krliq3  krgas3  pcap3 /
7    ...
8    /
9
10 =====
11
12    sliq# - liquid phase saturation
13    krliq# - liquid phase relative permeability
14    krgas# - gas phase relative permeability
15    pcap# - capillary pressure
```

# Кривые ОФП (пример)

```
SATTAB
-- sliq    krliq    krgas
   0.0     0.0     1.0   /
   0.2     0.008  0.64  /
   0.4     0.064  0.36  /
   0.6     0.216  0.16  /
   0.8     0.512  0.04  /
   1.0     1.0    0.0   /
/
```

$$k_{r,wat}(s_{wat}) = s_{wat}^3$$

$$k_{r,oil}(s_{wat}) = (1 - s_{wat})^2$$



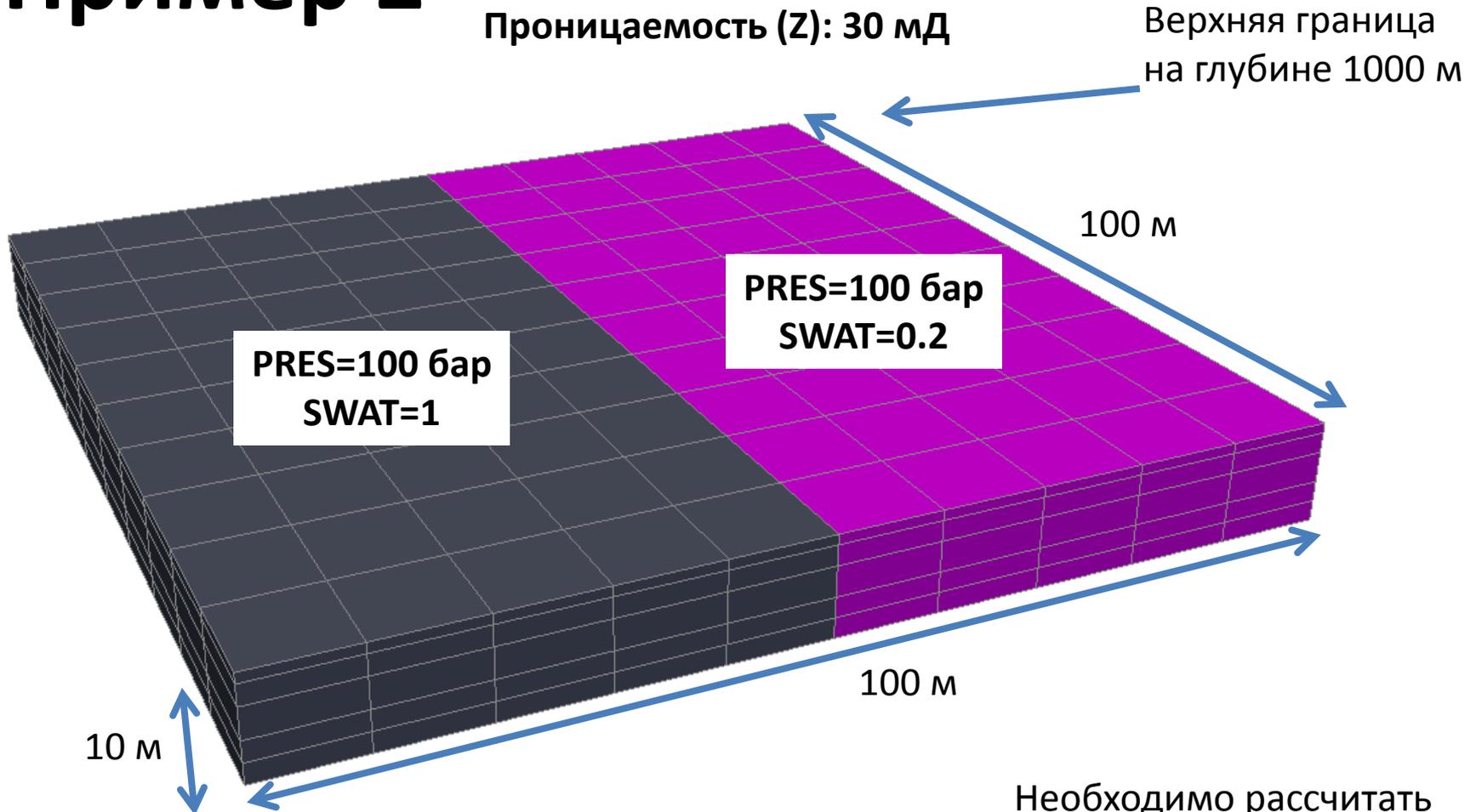
# Пример 2

Сетка:  $10 \times 10 \times 5$

Пористость: 0.25

Проницаемость (X,Y): 100 мД

Проницаемость (Z): 30 мД



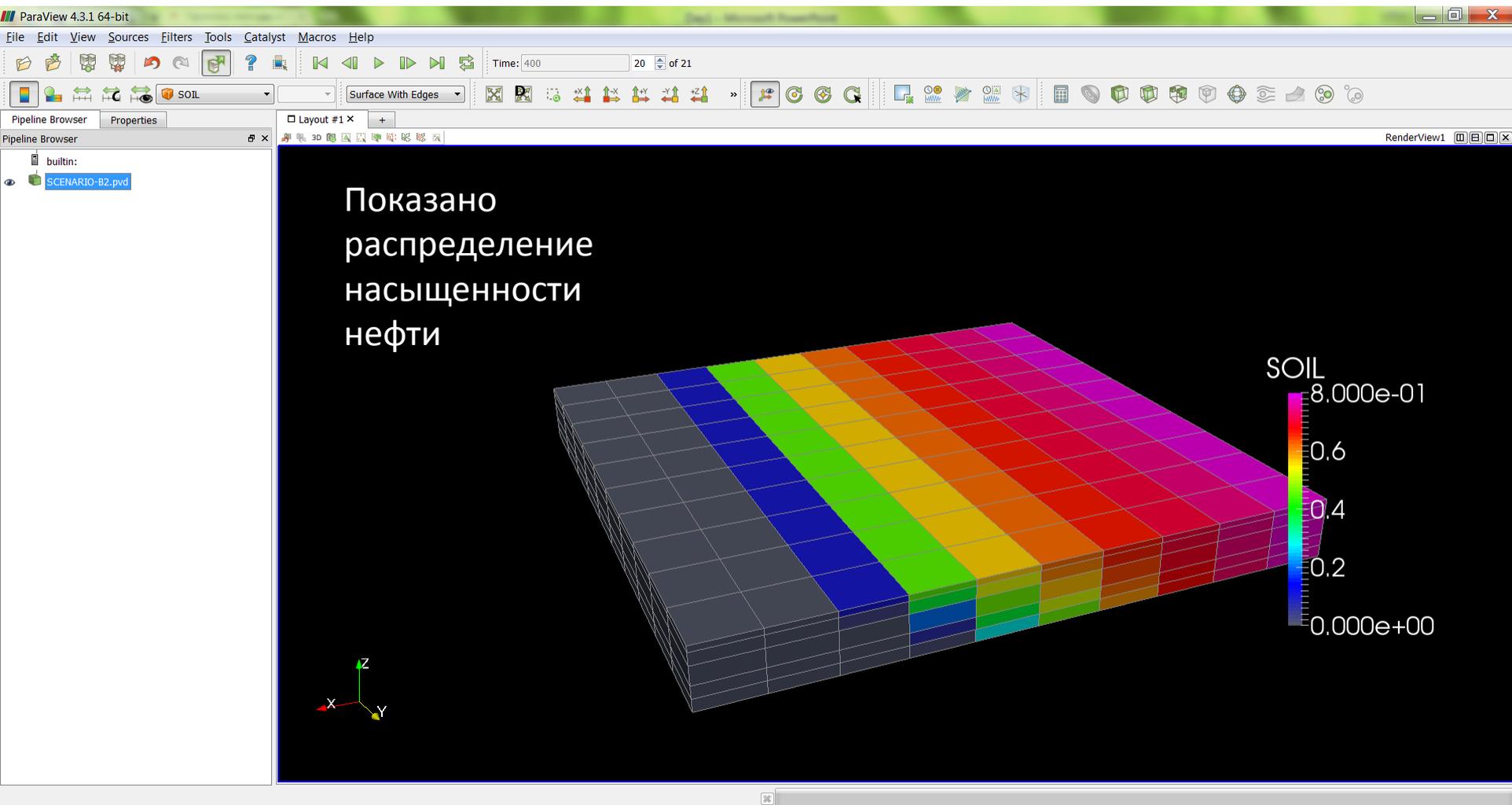
Все границы расчётной области непроницаемые.

Необходимо рассчитать эволюцию давления в течении 100 дней.

# Пример 2 (RUN-файл)

Откройте RUN-файл  
(SCENARIO-B2.RUN)

# Пример 2 (результат)



# Упражнение

**Упражнение: Пересчитайте пример 2 с в 3 раз более низкой вязкостью нефти.**

# Кривые ОФП в ParaView

Кривые ОФП могут быть загружены в ParaView с помощью ключевого слова **RPTSATTA** . Данное слово позволяет сохранить файл в формате CSV с подробными таблицами ОФП.

```
----- RPTSATTA syntax -----  
1  -- in PROPS section  
2  
3  RPTSATTA  
4    satnum filename n smin smax /  
5  
6  =====  
7  
8    satnum    - SATNUM region ID for which the output is requested;  
9    filename  - the file name in which saturation functions are saved. This  
10               file should have extension .csv;  
11    n         - number of output points in the interval [smin,smax];  
12    smin-smax - the boundaries of the output interval.
```

**Упражнение: Постройте графики кривых ОФП в ParaView.**

# Кривые ОФП (упражнение)

Упражнение: Задайте  
следующие  
относительные  
фазовые  
проницаемости

$$S_{w,\min}=0.2$$

$$S_{o,\min}=0.05$$

$$n_w=2.5$$

$$n_o=1.5.$$

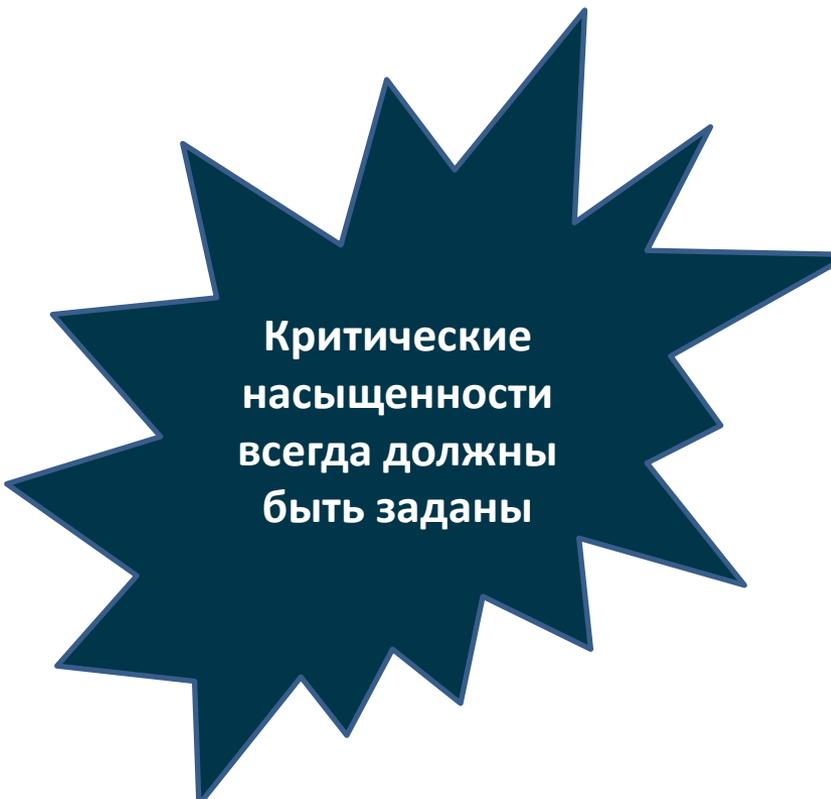
$$k_{r,wat} = \left( \frac{S_{wat} - S_{wat,\min}}{1 - S_{wat,\min} - S_{wat,\min}} \right)^{n_{wat}}$$

$$k_{r,oil} = \left( \frac{1 - S_{wat} - S_{oil,\min}}{1 - S_{wat,\min} - S_{oil,\min}} \right)^{n_{oil}}$$

# Кривые ОФП (упражнение)

Ответ:

SATTAВ			
0.2	0.0	1.0	/
0.4	0.0367	0.6279	/
0.6	0.2077	0.3187	/
0.8	0.5724	0.0894	/
0.95	1.0	0.0	/
/			



Критические  
насыщенности  
всегда должны  
быть заданы

# Капиллярное давление

По умолчанию расчёт капиллярного давления выключен. Расчёт включается с помощью ключевого слова **CAPPRES** в секции **RUNSPEC** .

**Упражнение: Пересчитайте Пример 2, не учитывая капиллярное давление.**

# Отчетные периоды

Размерность времени - день.

Продолжительность отчётных периодов задаётся в секции **SCHEDULE** с помощью ключевого слова **TSTEP**. В конце каждого отчётного периода сохраняются промежуточные результаты расчёта. Если симулятор читает в RUN-файле ключевое слово **TSTEP**, то он продолжает расчёт во времени, сохраняя в заданные моменты времени промежуточные результаты.

```
----- TSTEP syntax -----  
1  -- in SCHEDULE section  
2  
3  TSTEP  
4    tstep1 tstep2 tstep3 ... /  
5  
6  =====  
7  
8    tstep# - steps between report times (in days). Every tstep# initiates the  
9    program to advance the simulation to time->time+tstep#. After  
10   every time->time+tstep# a new *####.SUM file is saved.
```

**Упражнение: Рассчитайте Пример 2, сохраняя промежуточные результаты в моменты времени 10, 50, 75, 150, 250, 500 дней.**

# Отчётные периоды

*TIME syntax*

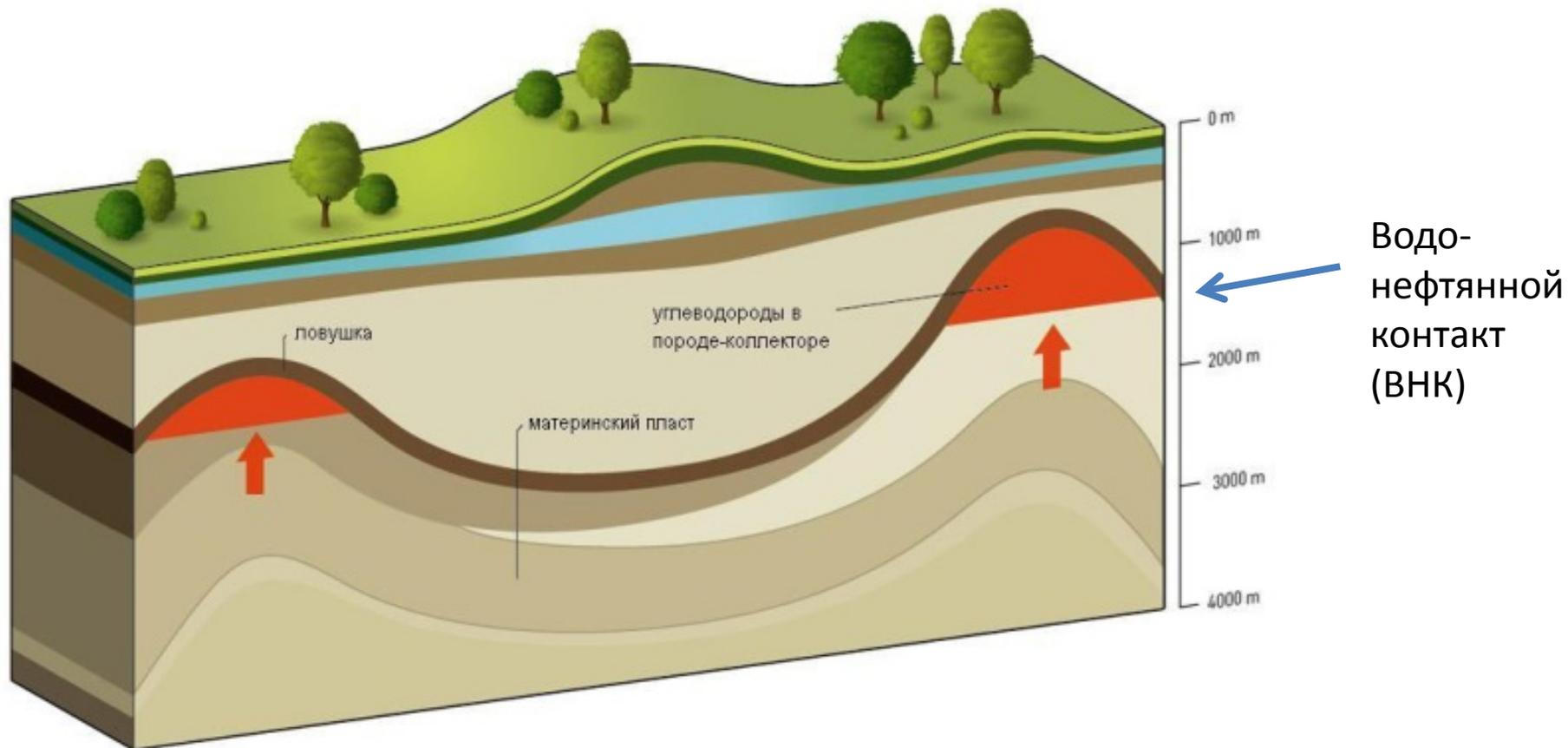
```
1  -- in SCHEDULE section
2
3  TIME
4    time1 time2 time3 ... /
5
6  =====
7
8    time# - report times (in days). Every time# initiates the
9           program to advance the simulation to this time and save a new
10          *####.SUM file.
```

**Упражнение: Рассчитайте Пример 2, сохраняя промежуточные результаты в моменты времени 10, 50, 75, 150, 250, 500 дней и используя ключевое слово TIME.**

**Упражнение: Рассчитайте Пример 2, сохраняя промежуточные результаты в моменты времени 10, 50, 75, 150, 250, 500 дней и одновременно используя ключевые слова TSTEP и TIME.**

# Начальное капиллярно-гравитационное равновесие

# Водо-нефтяной контакт



# Ключевое слово EQUIL

Глубина, на которой  
известно давление

Давление

Глубина ВНК

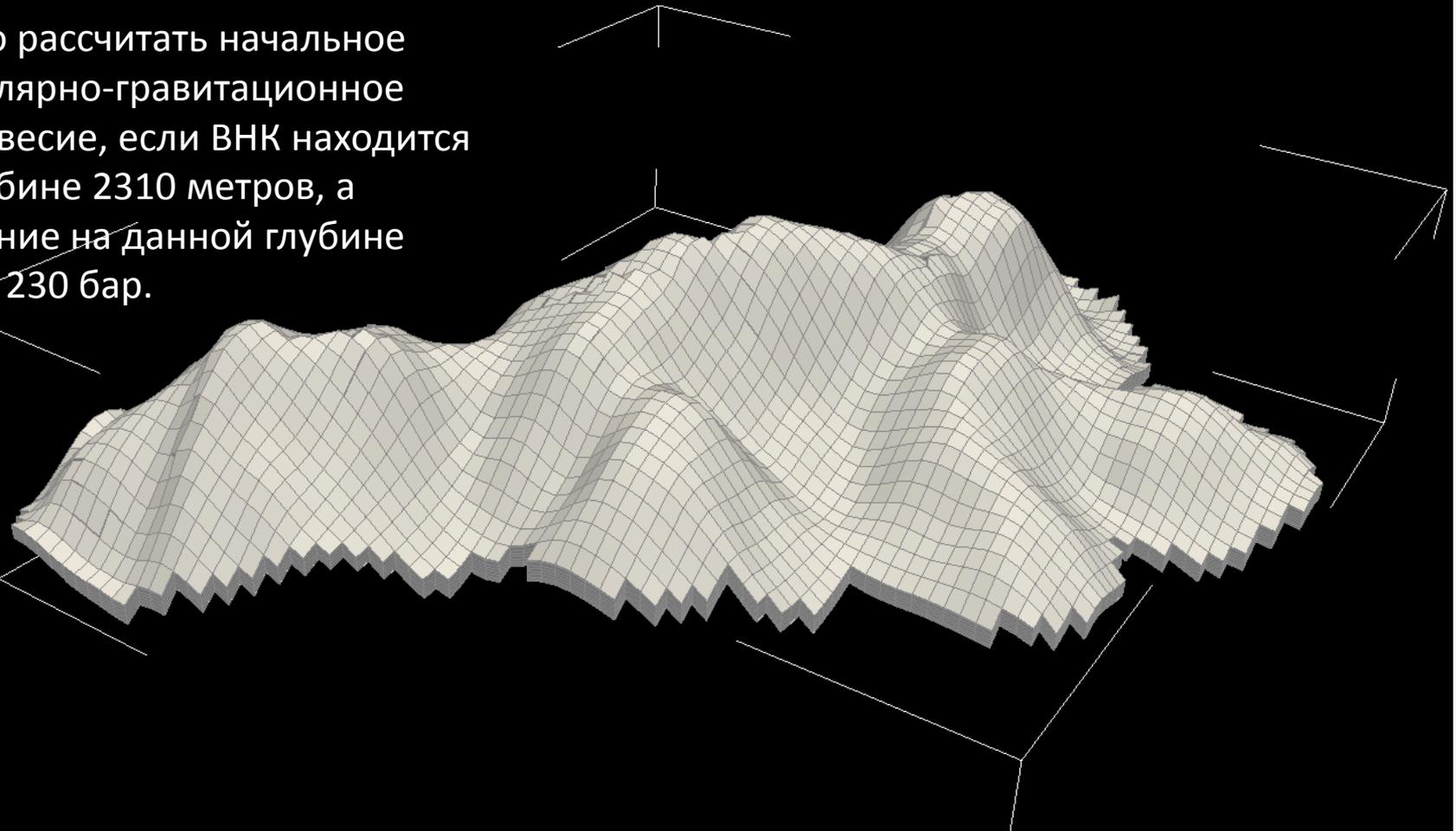
Глубина ГНК

```
1  -- within EQL-ENDEQL brackets
2
3  EQUIL
4  datum pdatum woc pcow goc pcog /
5
6  -----
7
8  datum    - datum depth;
9  pdatum   - pressure at the datum depth;
10 woc       - water-oil contact depth;
11 pcow     - capillary pressure at water-oil contact;
12 goc      - gas-oil contact depth;
13 pcog     - capillary pressure at gas-oil contact.
```

# Пример 3

Необходимо загрузить в симулятор модель реального коллектора (файл с данными о коллекторе прилагается (DEEP.GRDECL))

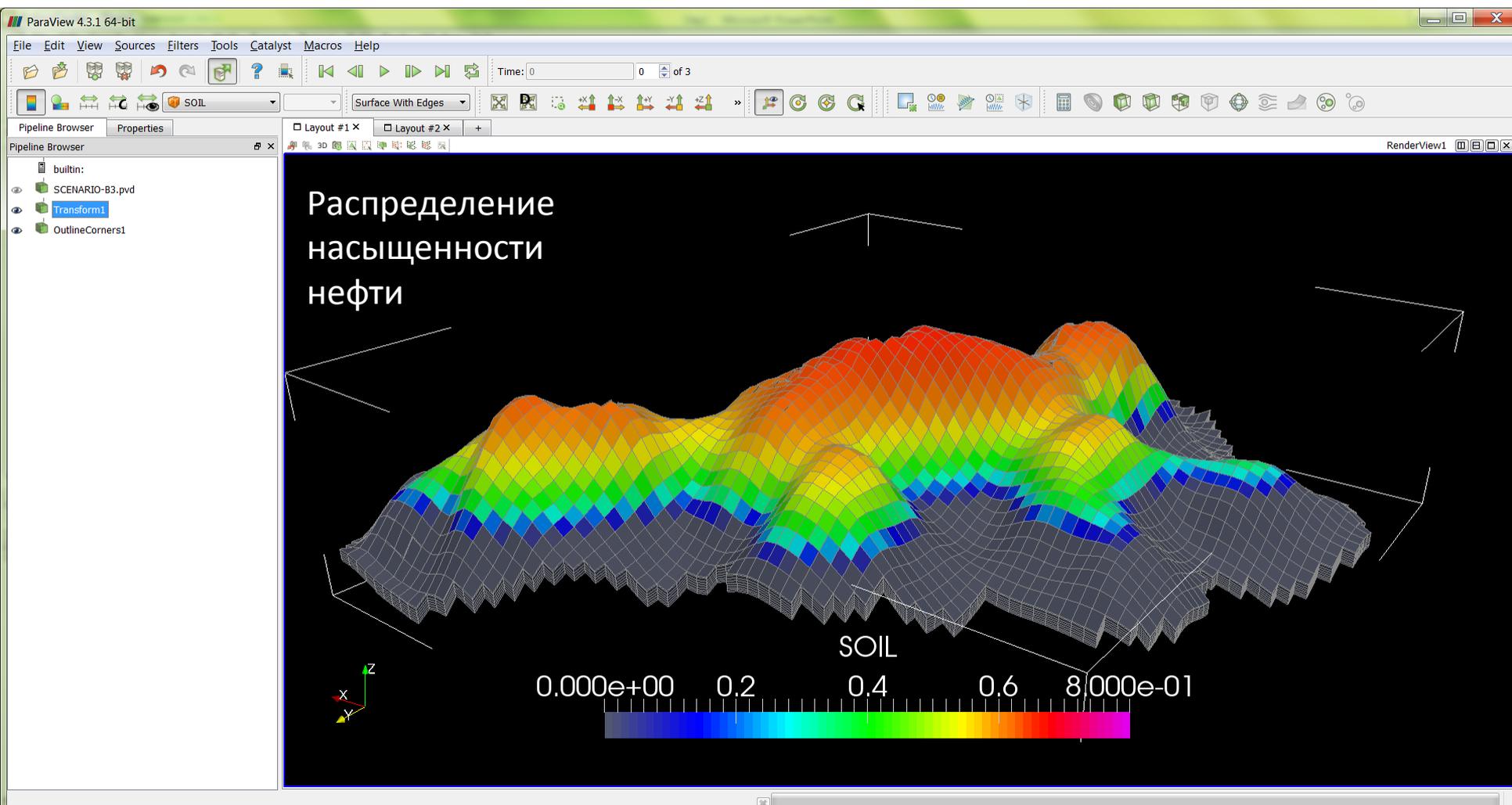
Нужно рассчитать начальное капиллярно-гравитационное равновесие, если ВНК находится на глубине 2310 метров, а давление на данной глубине равно 230 бар.



# Пример 3 (RUN-файл)

Откройте RUN-файл  
(SCENARIO-B3.RUN)

# Пример 3 (результат)



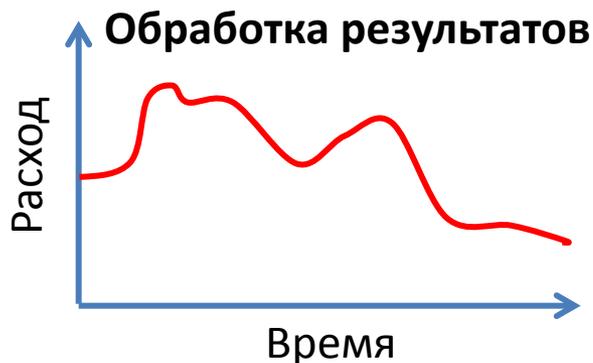
# Пример 3 (упражнения)

**Упражнение: Рассчитайте Пример 3,  
А) Уменьшив капиллярное давление в 10 раз;  
Б) отключив капиллярное давление.**

**Упражнение: Задайте на глубине 2275 метров газо-нефтянной  
контакт (ГНК)**

# Завтра

- Операции с массивами
- Регионы
- Граничные условия
- Точечные источники
- Секция POST



## Арифметические операции

$$\text{PORO} = 0.2$$

$$\text{PERMZ} = 0.1 * \text{PERMX}$$

$$\text{PRES} = 8.5 + 0.01 * \text{DEPTH}$$

$P = \text{const}$



**Точечный  
источники**