

MUFITS

Reservoir Simulation Software
version 2015.F

Краткий практический курс

Author: Андрей Афанасьев

Date: 2 ноября 2015 г.

Москва, Россия

О практическом курсе

Данный практический курс по использованию симулятора MUFITS разработан для версии симулятора 2015.F. Полная совместимость между версиями программного обеспечения не поддерживается.

Оглавление

1. День 1	5
1.1. Введение	7
1.2. RUN-файл	14
1.3. Основные элементы задания входных/выходных данных . .	25
1.4. Системы координат	34
1.5. Двухфазные течения нефть-вода	35
1.6. Начальное капиллярно-гравитационное равновесие	46
2. День 2	54
2.1. Модуль T2EOS1	56
2.2. Теплопроводность	60
2.3. Арифметические операции с массивами данных	65
2.4. Регионы	71
2.5. Граничные условия	76
2.6. Точечные источники	80
2.7. Секция POST	86
3. День 3	90
3.1. Скважины	92
3.2. Модуль BINMIXT	123
3.3. Модуль GASSTORE	141
3.4. Радиальные сетки	161
4. День 4	168
4.1. Модуль SIMPLMOD и опция ADDPHASE	170

4.2. Интегральные параметры	185
4.3. Локальное измельчение сетки	193
4.4. Использование локального измельчения сетки вместе со сква- жинами	209
4.5. Сетки в формате угловой точки	223
4.6. Разломы	239
Литература	243

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.

1.1. Введение

Введение

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

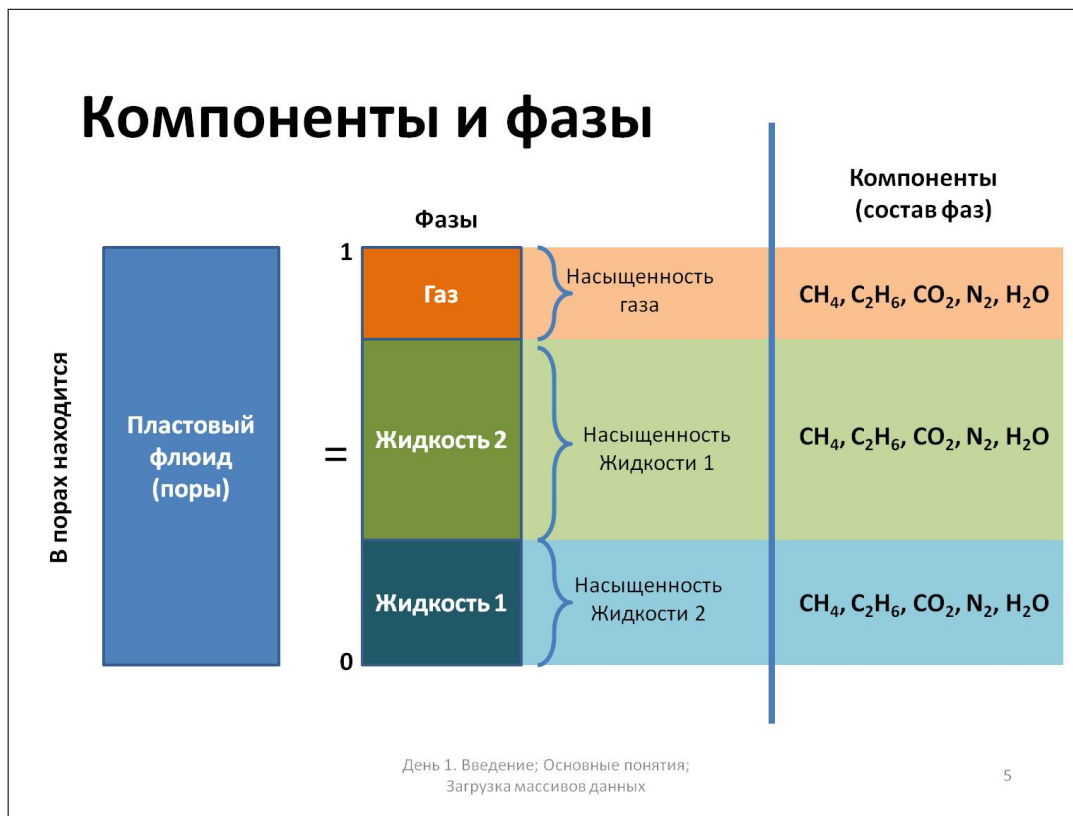
3

Пористая среда

The diagram illustrates a porous medium. On the left, a circular cross-section shows irregular rock grains with various internal patterns (dots, diagonal lines, horizontal lines). Blue arrows labeled 'Поры' (Pores) point to the voids between the grains. Orange arrows labeled 'Порода' (Rock) point to the solid grains. On the right, a vertical column represents the medium's composition. The top portion, from 0 to 1 on a vertical scale, is blue and labeled 'Поры (пластовый флюид)' (Pores (reservoir fluid)). The bottom portion, from 0 to the top of the blue section, is brown and labeled 'Порода' (Rock). A bracket on the right side of the column, spanning the entire height from 0 to 1, is labeled 'Пористость' (Porosity).

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

4



5

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

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

- 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)

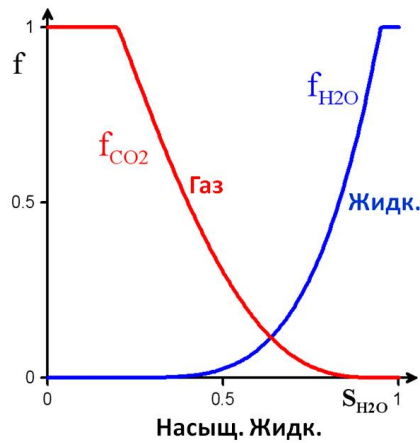
День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

6

Закон Дарси



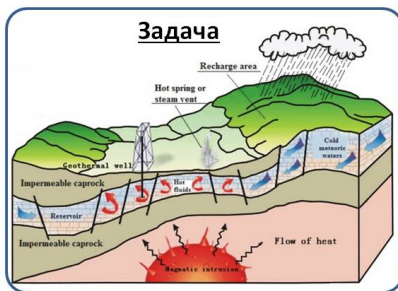
$$w_i = -K \frac{f_i(s)}{\mu} (\text{grad}P_i - \rho_i g)$$



День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

7

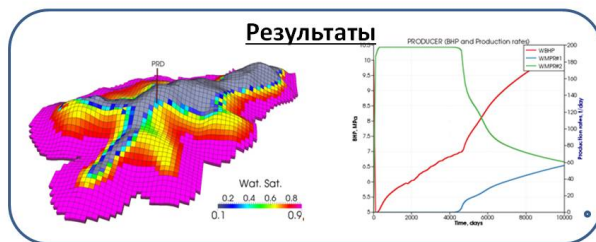
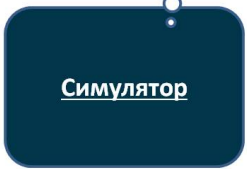
Схема проведения расчёта



- 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.

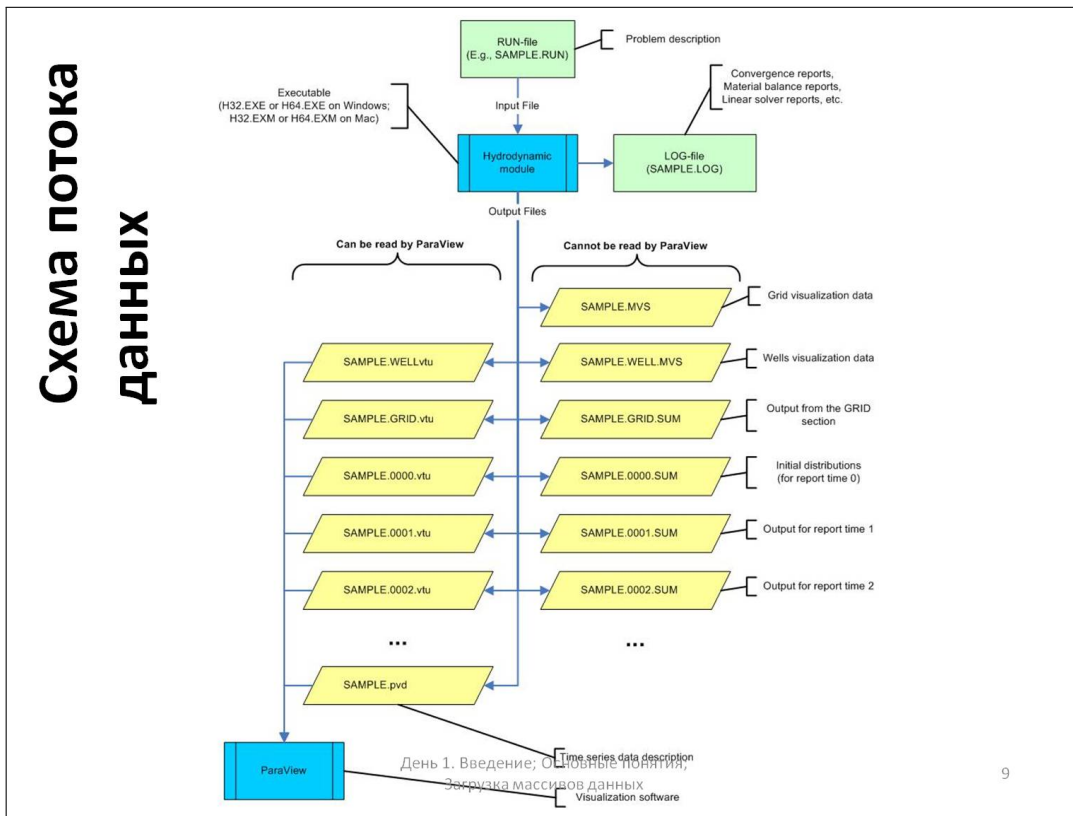
Запускается через MPI интерфейс



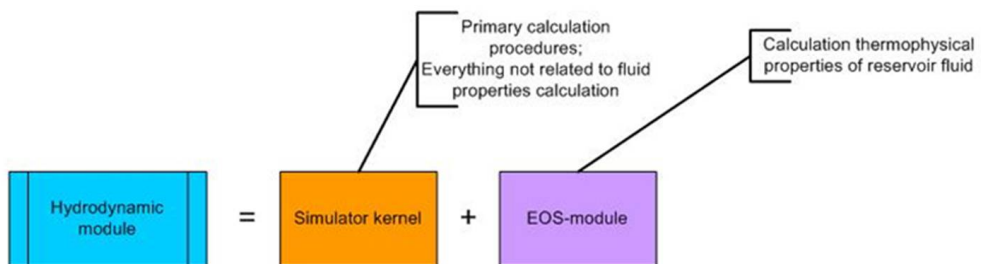
В ParaView

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

8



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 ₂ O/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

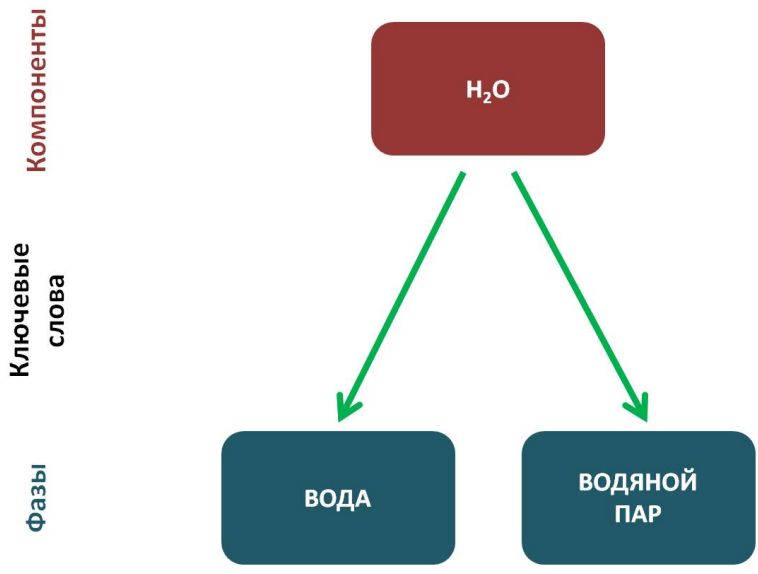
Неизотермические модули

загрузка массивов данных

EOS модуль T2EOS1

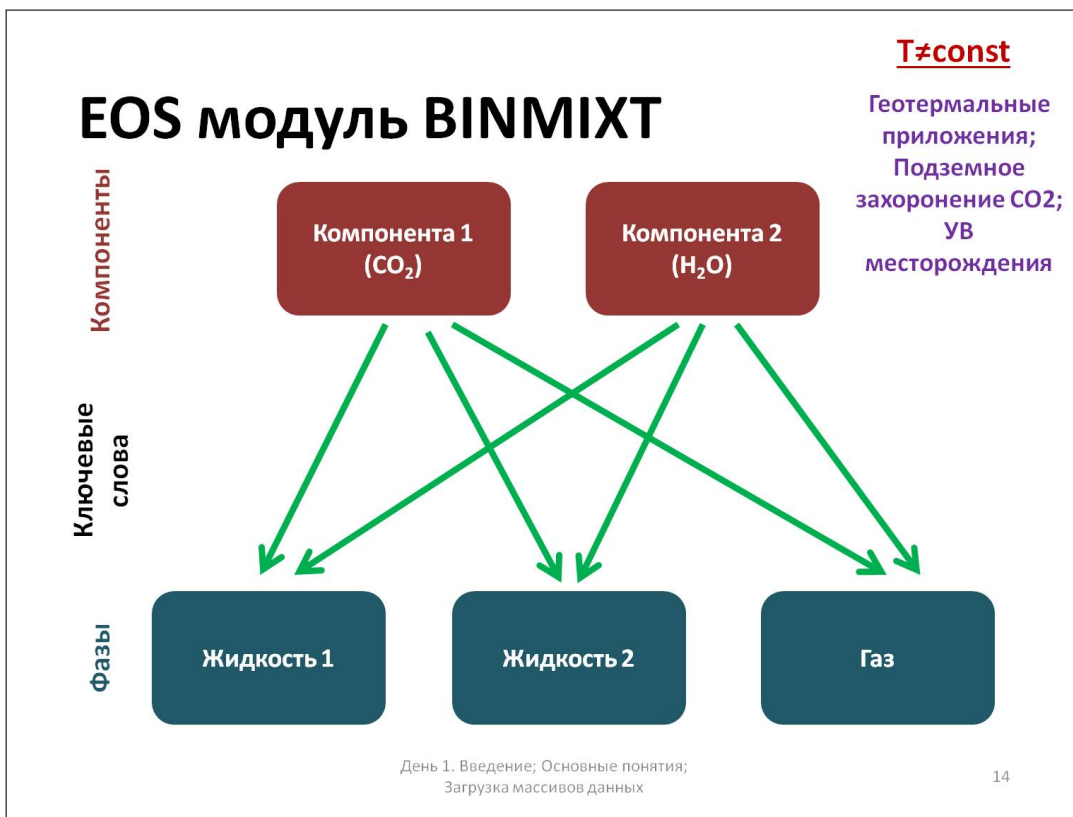
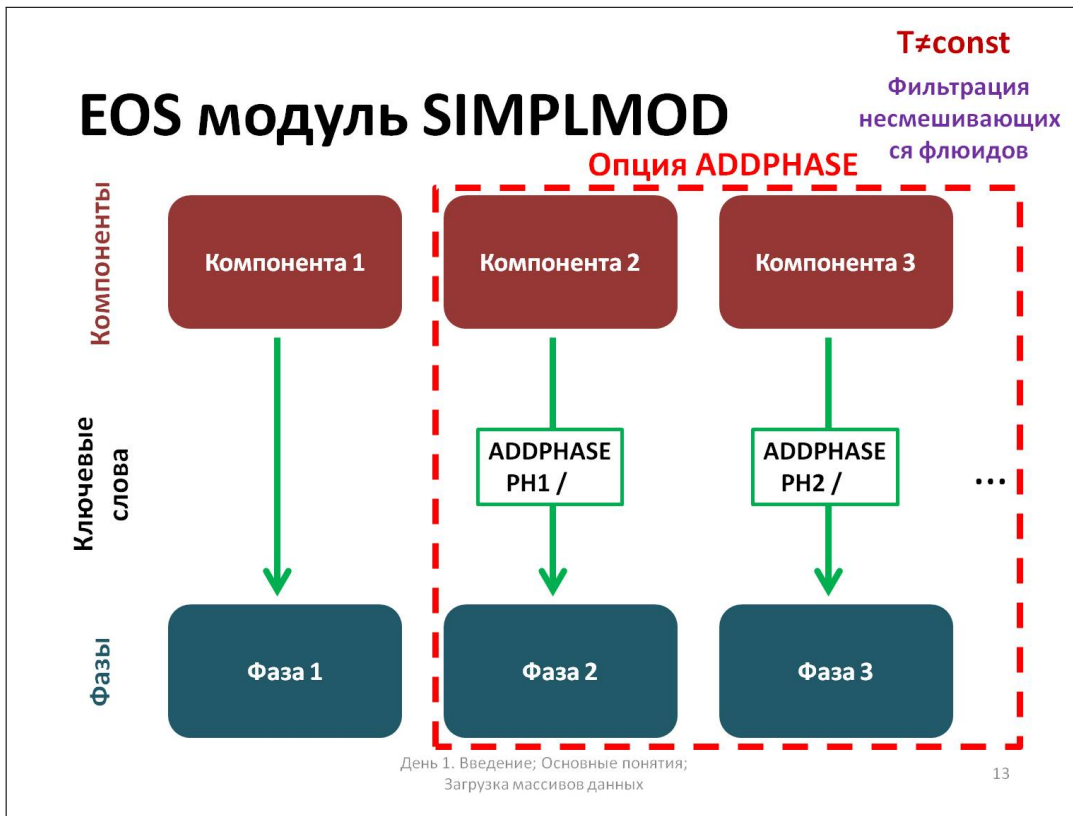
T≠const

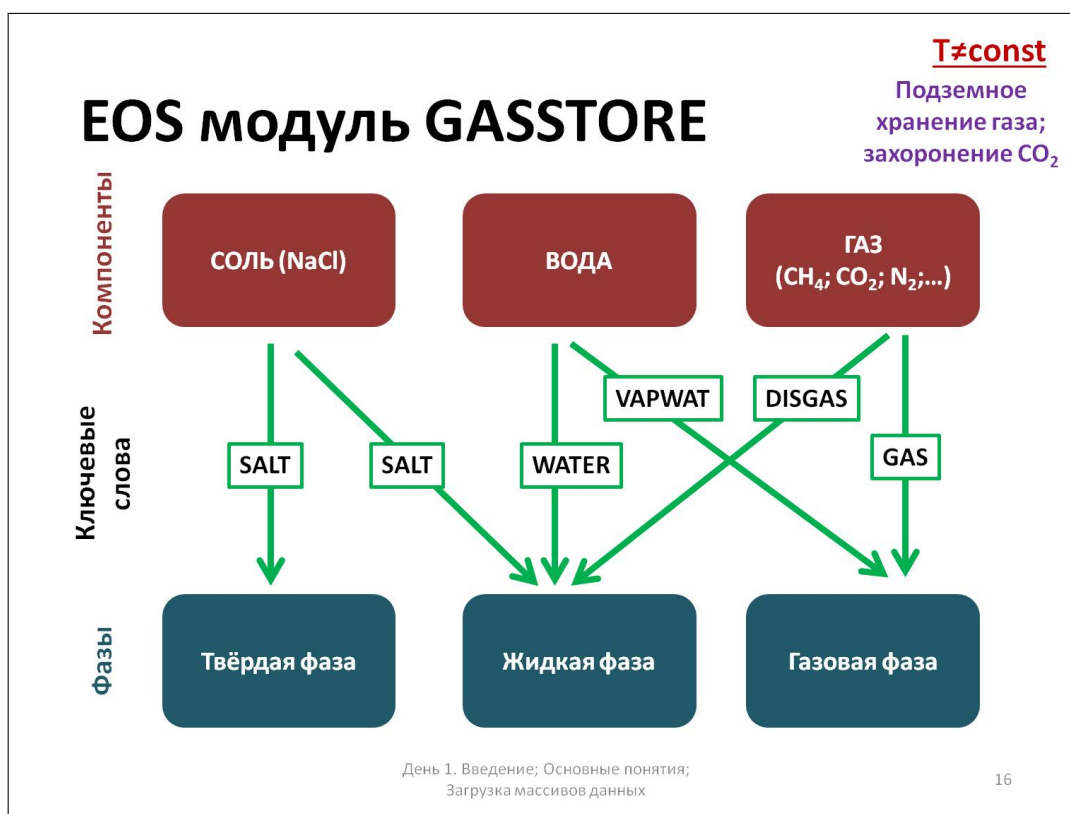
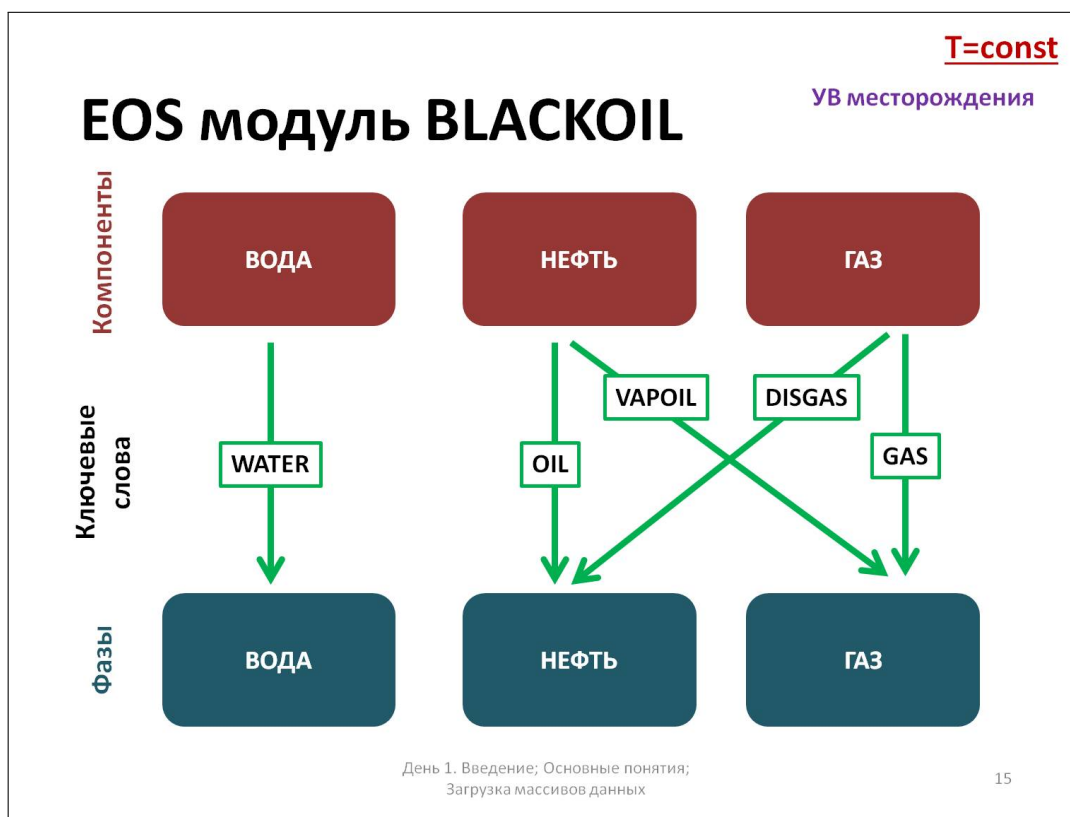
Геотермальные приложения



День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

12





1.2. RUN-файл

RUN-файл (или data-файл)

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

17

RUN-файл (пример 1)

**Откройте RUN-файл
(SCENARIO-B1.RUN)**

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

18

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
  100*0.25 /
```

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

19

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 (K)
TEMPC	Температура (C)
SWAT	Насыщенность воды
PORO	Пористость
PERMZ	Проницаемость в верт. напр.

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

20

Описание мнемоник дано в Справочном руководстве (раздел Mnemonics)

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

```

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

23

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

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

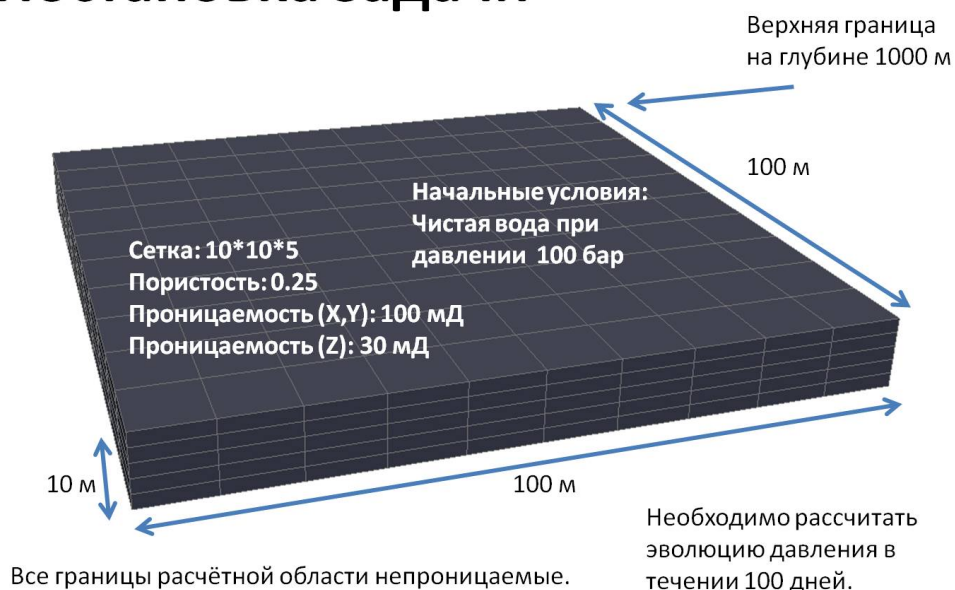
24

Пример 1

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

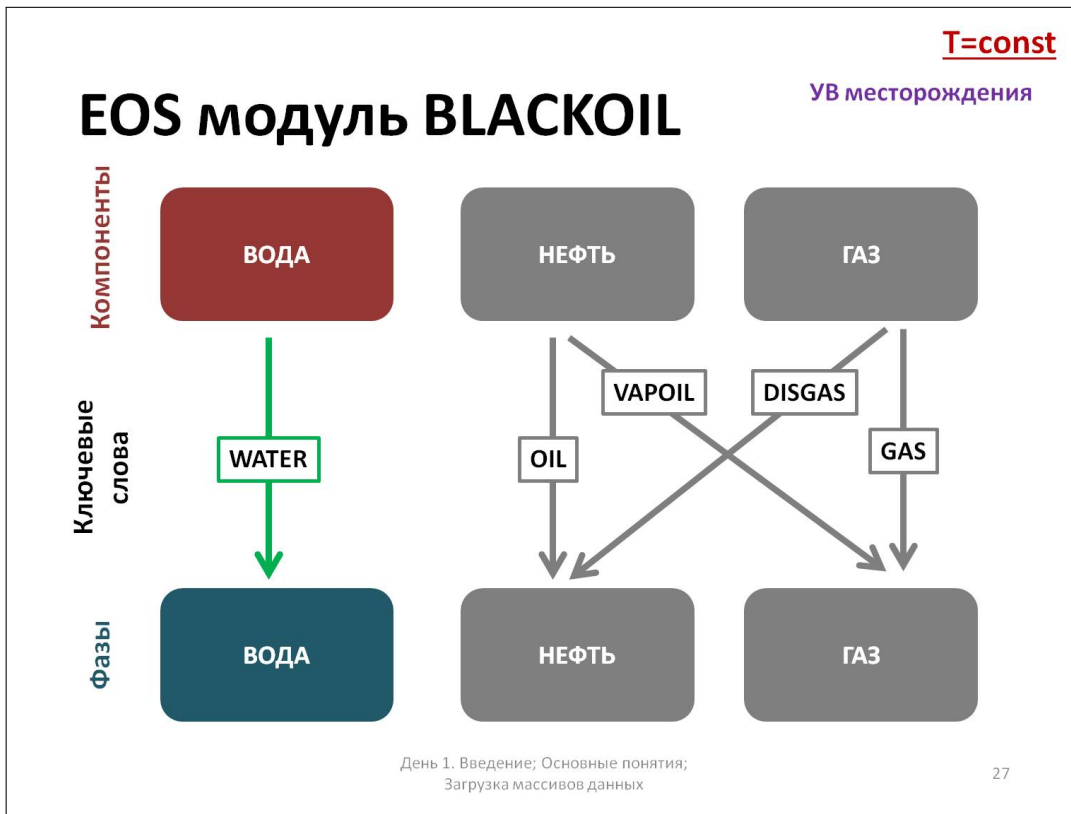
25

Постановка задачи

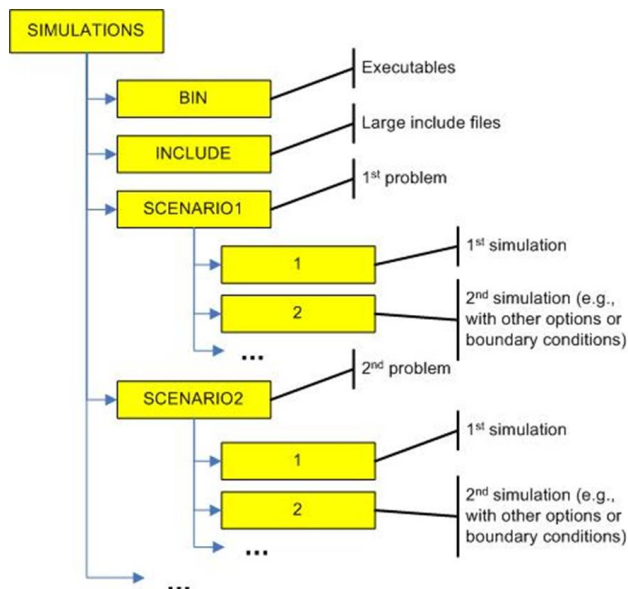


День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

26



Иерархия директорий



День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

29

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:

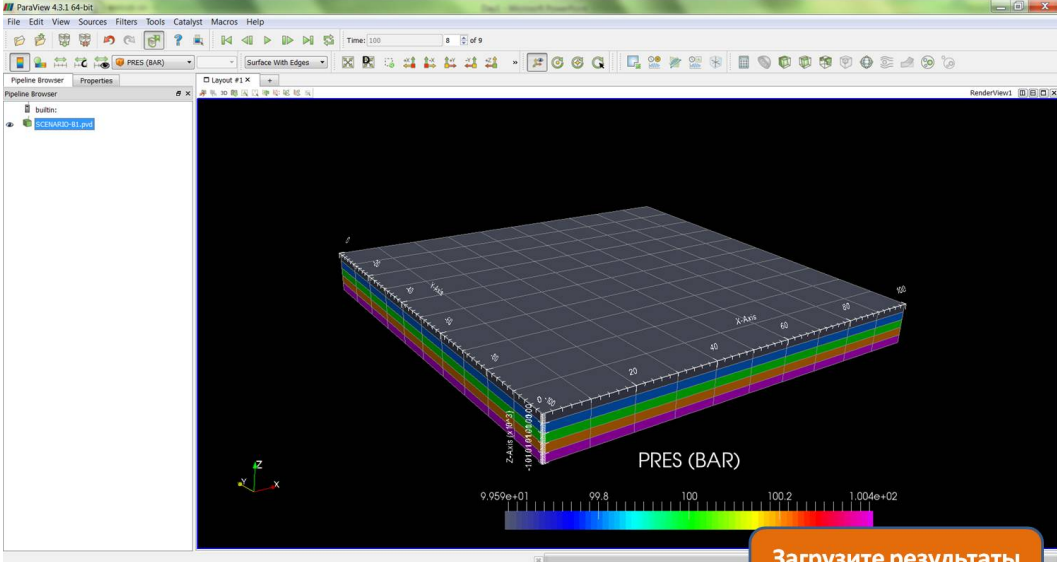
```
"...mpiexec.exe" -n 1 ../../BIN/H64.EXE SCENARIO-B1.RUN > SCENARIO-B1.LOG
```

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

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

30


Результаты в ParaView



Day 1. Introduction; Basic concepts;
Loading data arrays

Загрузите результаты расчёта в ParaView

1.3. Основные элементы задания входных/выходных данных



**Основные элементы/приёмы
задания входных/выходных
данных**

Задание выходных данных

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

```

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**

```

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

33

Декартовы сетки

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

```

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.

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

34

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<yymax)
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.



День 1. Введение; Основные понятия; Загрузка массивов данных

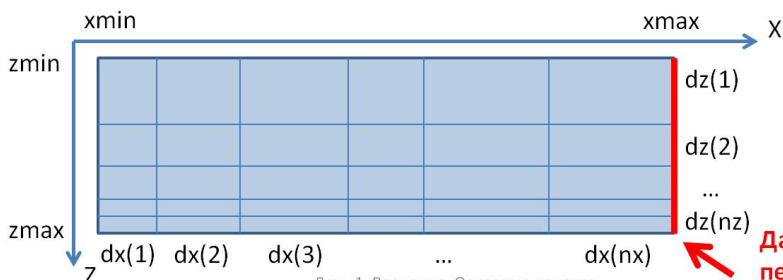
Декартовы сетки

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

День 1. Введение; Основные понятия; Загрузка массивов данных

Загрузка массивов

```

1  -- in GRID section
2  PERO syntax
3  Мнемоника загружаемого массива (например, PERMX, PERMY, PRES)
4  PERO
5  value1 value2 value3 ... value(nbox) /
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.
    
```

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

Ключевое слово BOX

```

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 поблочко, 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 /

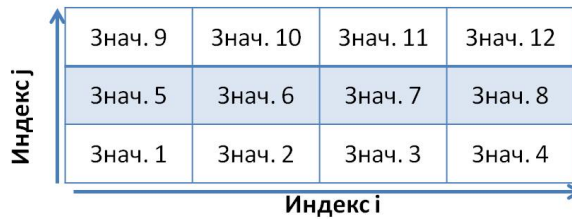
выделяет следующую область для загрузки массивов



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

Ключевое слово BOX

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



Замечание:

Индекс i – ось X

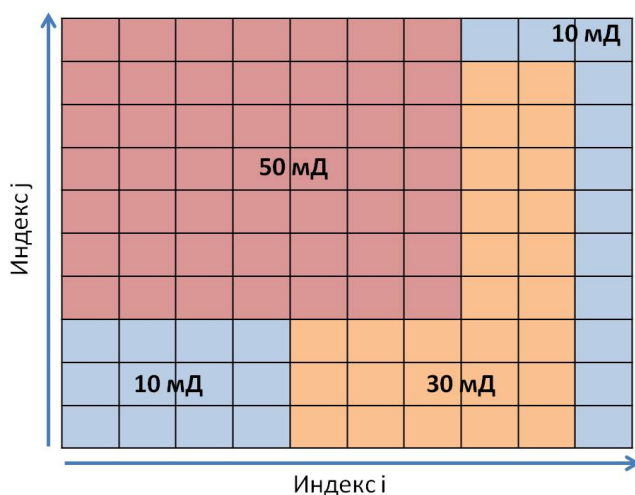
Индекс j – ось Y

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 BOX



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**:

```

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**:

```

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**:

```

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

```

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

45

Теплофизические свойства флюида

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

Параметры воды можно задать ключевыми 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)

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

46

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)

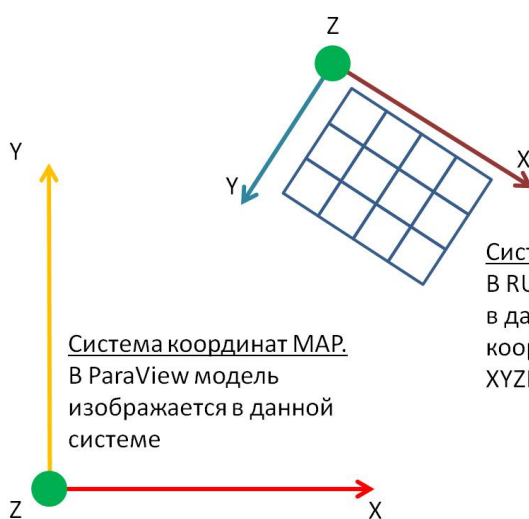
1.4. Системы координат

Системы координат

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

48

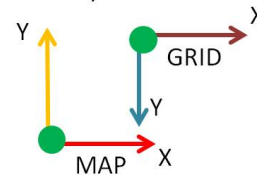
Системы координат



Система координат MAP.
В ParaView модель
изображается в данной
системе

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

Положение осей
по умолчанию



День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

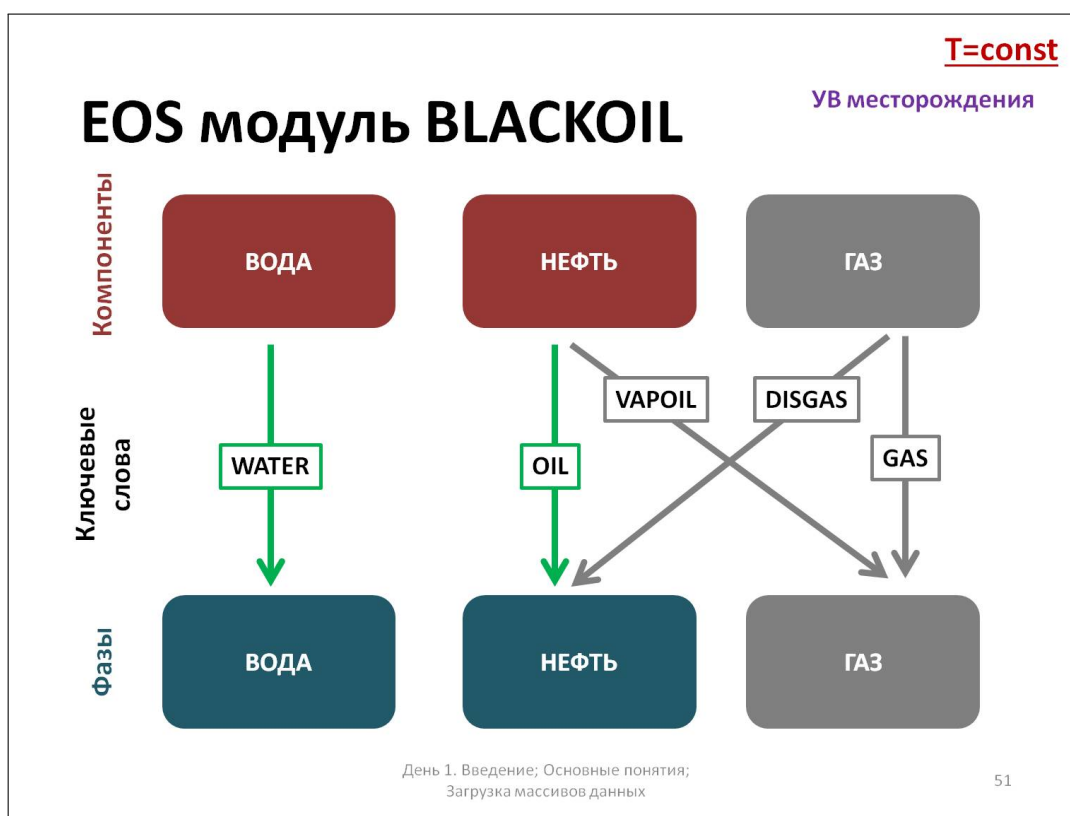
49

1.5. Двухфазные течения нефть-вода

Двухфазные течения нефть-вода

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

50



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**.

```

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

```

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

52

Кривые ОФП (пример)

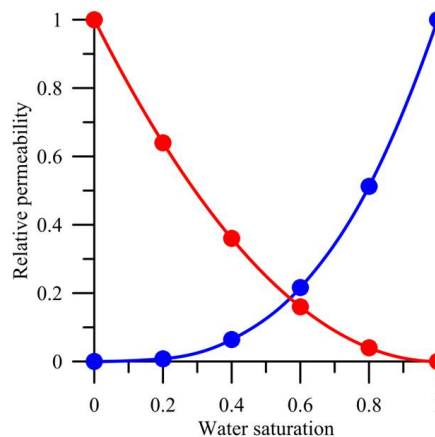
```

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  /
/

```

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

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



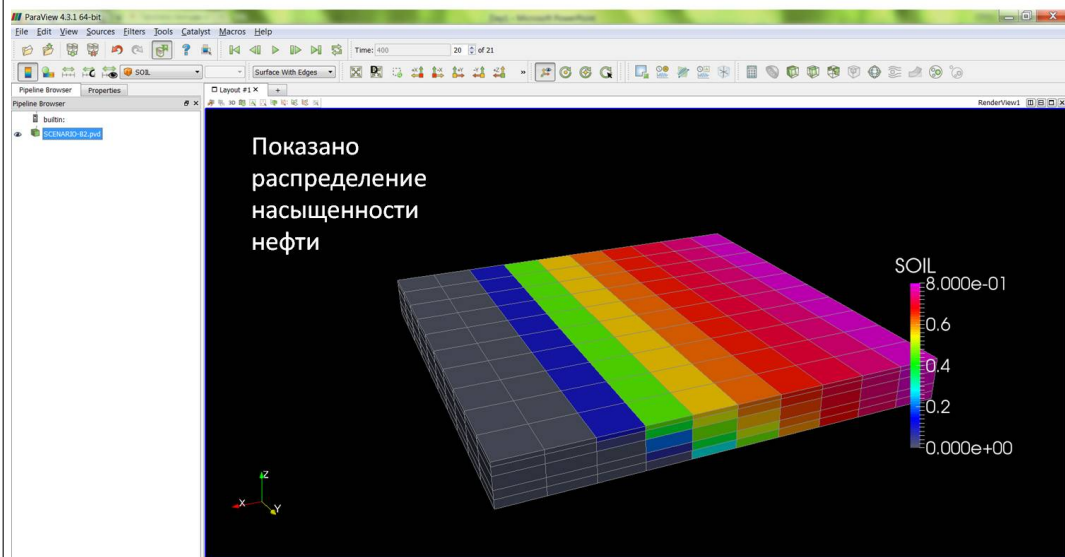
День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

53


```

144 6 10 / 1.0
145 SWAT
146 250*1.0 /
147 ENDBOX
148
149 RPTSUM Задаёт параметры, сохраняемые в конце
150 PRES SWAT SOIL / каждого отчётного периода (в файлах
151 SCENARIO-B2.####.SUM (.vtu)).
152 Сохраняем давление (PRES), насыщенность
153 воды (SWAT) и нефти (SOIL).
154
155 SCHEDULE ##### Начало секции SCHEDULE #####
156
157 TSTEP Моделируем фильтрацию до момента 400
158 20*20 / дней, сохраняя результаты каждые 20 дней.
159
160 POST ##### Начало секции POST #####
161
162 CONVERT Конвертируем результаты расчёта в файлы,
163 совместимые с пакетом визуализации
164 ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
165 .pvd.
166
167 END #####
    
```

Пример 2 (результат)



День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

Упражнение

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

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

57

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.

```

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-smx - the boundaries of the output interval.

```

Упражнение: Постройте графики кривых ОФП в ParaView.

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

58

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:

```
SATTAB
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.

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

61

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.

```

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.

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

62

Отчётные периоды

```
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.
```

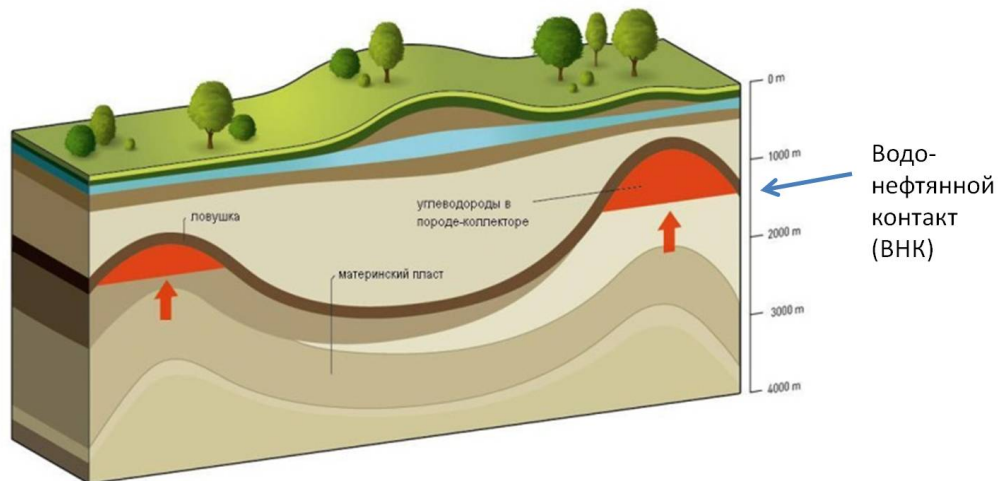
Упражнение: Рассчитайте Пример 2, сохраняя промежуточные результаты в моменты времени 10, 50, 75, 150, 250, 500 дней и используя ключевое слово TIME.

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.

1.6. Начальное капиллярно-гравитационное равновесие

Начальное капиллярно-гравитационное равновесие

Водо-нефтяной контакт



День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

65

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.
    
```

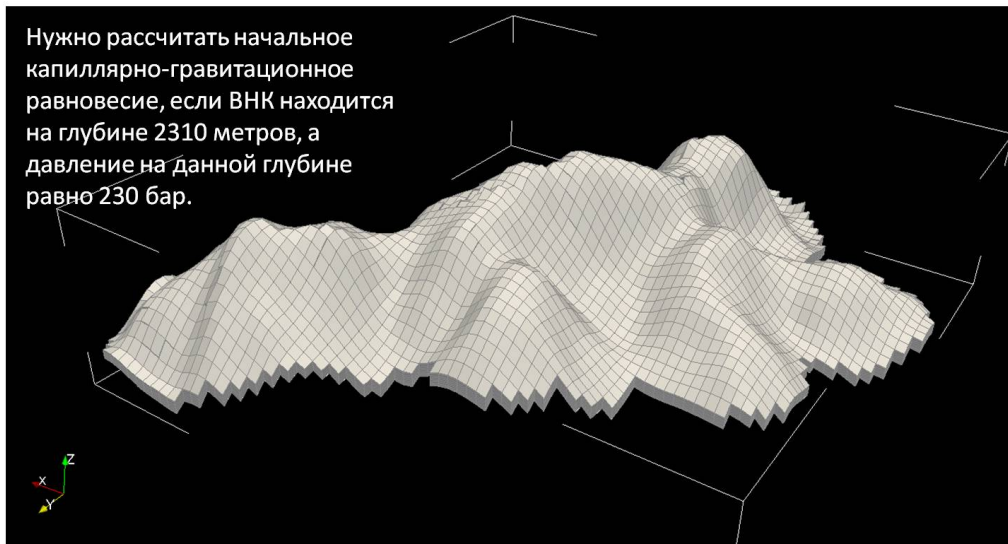
День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

66

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.



День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

67

Пример 3 (RUN-файл)

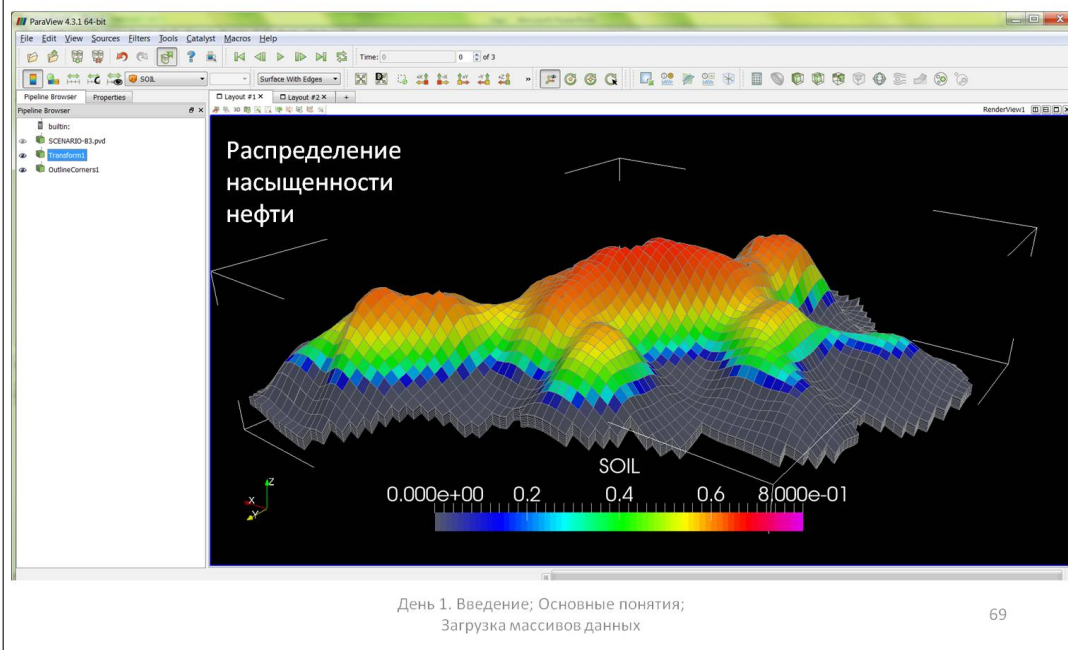
Откройте RUN-файл
(SCENARIO-V3.RUN)

День 1. Введение; Основные понятия;
Загрузка массивов данных

68


```
144 CONVERT                               Конвертируем результаты расчёта в файлы,  
145                                       совместимые с пакетом визуализации  
146                                       ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и  
147                                       .pvd.  
148  
149 END #####
```

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-нефтяной контакт (ГНК)

День 1. Введение; Основные понятия;
 Загрузка массивов данных

70

Завтра

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

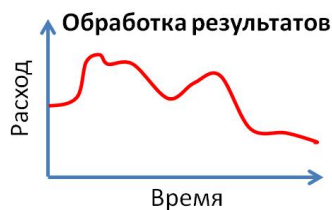
Арифметические операции

PORO = 0.2
 PERMZ = 0.1*PERMX
 PRES = 8.5+0.01*DEPTH

P = const



Точечный источник



День 1. Введение; Основные понятия;
 Загрузка массивов данных

71

Тренинг по пакету программ MUFITS

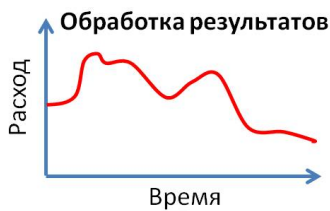
День 2

**Модуль T2EOS1; Операции с
массивами; Регионы; Точечные
источники; Секция POST**

Программа

- Модуль T2EOS1
- Арифметические операции с массивами
- Регионы
- Точечные источники
- Секция POST

Арифметические операции
 $PORO = 0.2$
 $PERMZ = 0.1 * PERMX$
 $PRES = 8.5 + 0.01 * DEPTH$



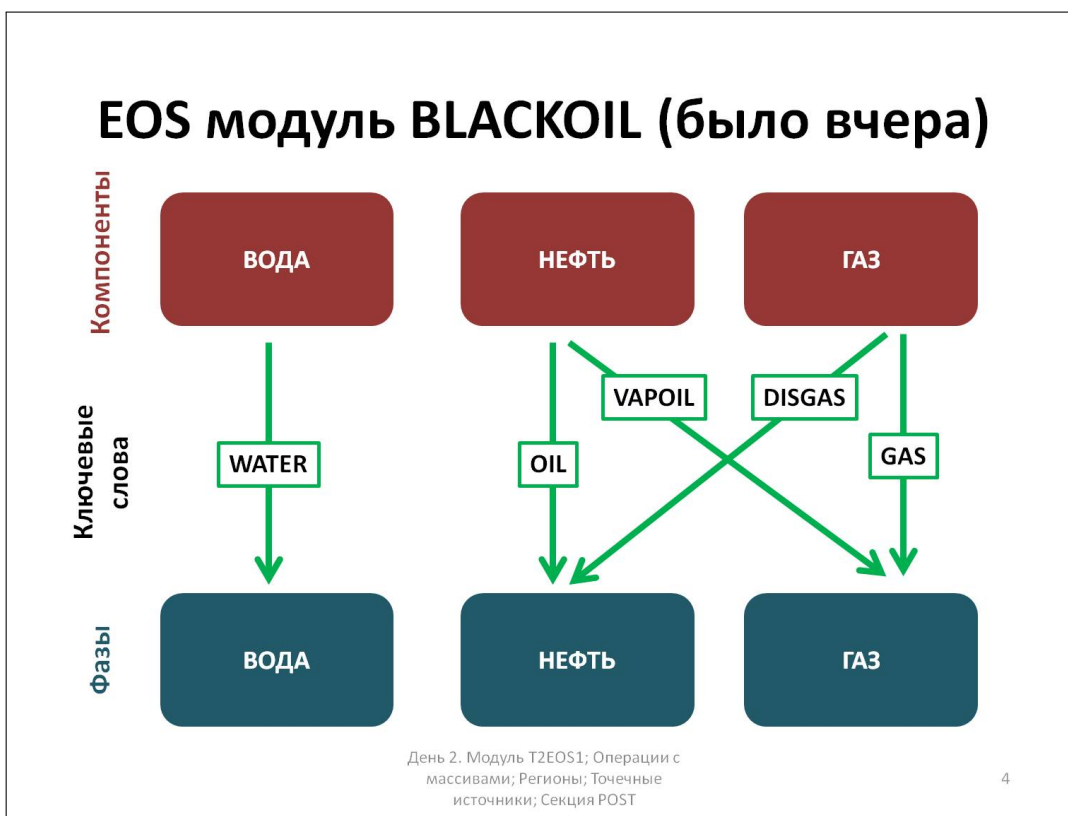
День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

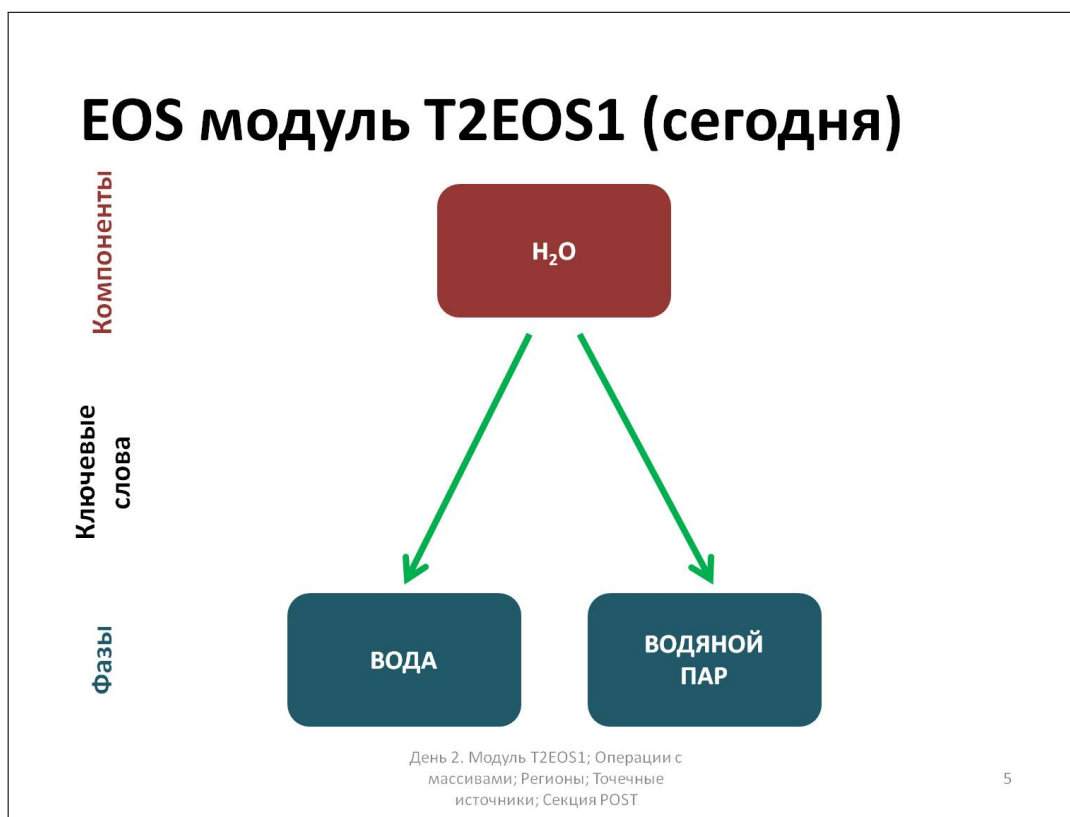
2.1. Модуль T2EOS1

EOS модуль T2EOS1

День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

3





EOS модуль T2EOS1

Однокомпонентные (H₂O) однофазные и двухфазные течения воды и водяного пара при докритических термодинамических условиях.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\phi(\rho_w s_w + \rho_v s_v)) + \text{div}(\rho_w \mathbf{w}_w + \rho_v \mathbf{w}_v) = q$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\phi(\rho_w e_w s_w + \rho_v e_v s_v) + (1-\phi)\rho_r e_r) + \text{div}(\rho_w h_w \mathbf{w}_w + \rho_v h_v \mathbf{w}_v - \bar{\lambda} \mathbf{grad} T) = q_{(e)}$$

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

$$s_w + s_v = 1, \quad \bar{\lambda} = \phi(s_w \lambda_w + s_v \lambda_v) + (1-\phi)\lambda_r, \quad k_{r,i} = k_{r,i}(s_w)$$

$$\rho_i = \rho_i(P, T), \quad e_i = e_i(P, T), \quad h_i = h_i(P, T), \quad \mu_i = \mu_i(P, T), \quad \lambda_i = \lambda_i(P, T), \quad i = w, v$$

$$\text{if}(T < T_{eq}(P)) \quad s_w = 1$$

$$\text{if}(T > T_{eq}(P)) \quad s_v = 1$$

$$\text{if}(0 \leq s_w \leq 1)$$

День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

EOS модуль T2EOS1

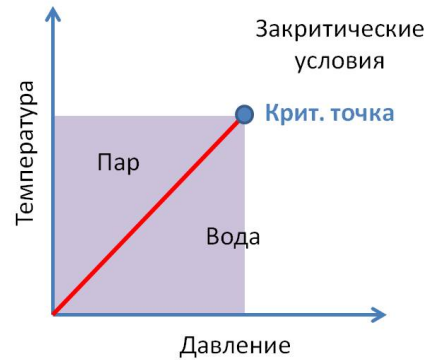
Однокомпонентные (H_2O) однофазные и двухфазные течения воды и водяного пара при докритических термодинамических условиях.

Замыкающие соотношения:

$if(T < T_{eq}(P)) \quad s_w = 1 \quad - \text{одна фаза (вода)}$

$if(T > T_{eq}(P)) \quad s_v = 1 \quad - \text{одна фаза (пар)}$

$if(0 \leq s_w \leq 1) \quad T = T_{eq}(P) \quad - \text{две фазы}$



День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

7

Ключевые слова и мнемоники, доступные с модулем T2EOS1

Откройте Справочное руководство и просмотрите ключевые слова и мнемоники доступные с модулем T2EOS1

День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

8

Задание начальных условий

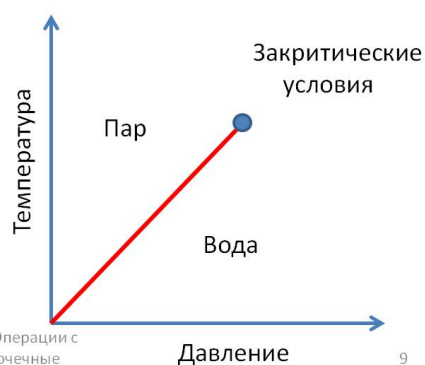
Для каждой расчётной ячейки начальные условия задаются в секции **INIT**

Для модуля T2EOS1 доступно 5 опций

- 1) Задано давление (PRES) и насыщенность воды (SWAT) [приоритет 1]
 - 2) Задано давление (PRES) и насыщенность пара (SVAP) [приоритет 2]
 - 3) Задана температура (TEMP) и насыщенность воды (SWAT) [приоритет 3]
 - 4) Задана температура (TEMP) и насыщенность пара (SVAP) [приоритет 4]
 - 5) Задано давление (PRES) и температура (TEMP) [приоритет 5]
- } 2 фазы
← 1 фаза

Мнемоника **TEMPC** соответствует температуре в градусах Цельсия, а **TEMP** соответствует температуре в градусах Кельвина

Если параметры в ячейке не заданы в секции **INIT**, то расчёт будет прерван.



День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

9

2.2. Теплопроводность

Теплопроводность

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

10

Теплопроводность

Эффективный коэффициент теплопроводности насыщенной пористой среды:

$$\lambda = \underbrace{\phi(s_w \lambda_w + s_v \lambda_v)}_{\text{HCFLUID}} + \underbrace{(1 - \phi) \lambda_r}_{\text{HCROCK}}$$

Ключевые слова **HCFLUID** и **HCROCK** включают расчёт процессов теплопроводностей. Данные ключевые слова должны быть заданы в секции **RUNSPEC**.

Значение коэффициента теплопроводности породы (для каждого направления X, Y и Z) должно быть загружено с помощью ключевых слов **HCOND CFX**, **HCOND CFY** и **HCOND CFZ** в секции **GRID**.

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

11

Пример 4

Все границы расчётной области непроницаемы и теплоизолированы

EOS модуль: T2EOS1
 Сетка: 50*50
 Пористость: 0.3
 Проницаемость (X): 100 мД
 Проницаемость (Z): 30 мД
 Плотность породы: 2600 кг/м³
 Теплоёмкость породы: 1 кДж/кг/К
 Теплопроводность породы: 2 Вт/м/К
 Фаз. Прониц.: см. RUN-файл

Начальные условия (однородные распределения):
 Давление= 5 бар
 Температура = 20С

День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

12

RUN-файл (Пример 4)

1. Откройте RUN-файл (SCENARIO-B4.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView

День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

13

2.3. Арифметические операции с массивами данных

Арифметические операции с массивами данных

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

14

Ключевые слова для операций над массивами в *ijk*-индексации

Ключевое слово	Операция
ADD	Добавление константы к массиву
COPY	Копирование данных из одного массива в другой
EQUALS	Приравнивание
MAXVALUE	Ограничение сверху
MINVALUE	Ограничение снизу
MULTIPLY	Умножение на константу
OPERATE	Более «сложные» операции

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

15

Ключевое слово EQUALS

```

1  -- in all sections except RUNSPEC and POST
2
3  EQUALS
4  mnemonic1 value1 imin1 imax1 jmin1 jmax1 kmin1 kmax1 /
5  mnemonic2 value2 imin2 imax2 jmin2 jmax2 kmin2 kmax2 /
6  mnemonic3 value3 imin3 imax3 jmin3 jmax3 kmin3 kmax3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12  mnemonic# - mnemonic of the property which is modified.
13  value#    - value assigned to the property in the current input box.
14  imin#/imax# - the boundaries of the input box along i-indexation axis.
15              By default these values are equal to the arguments 1 and 2
16              of the keyword BOX.
17  jmin#/jmax# - the boundaries of the input box along j-indexation axis.
18              By default these values are equal to the arguments 3 and 4
19              of the keyword BOX.
20  kmin#/kmax# - the boundaries of the input box along k-indexation axis.
21              By default these values are equal to the arguments 5 and 6
22              of the keyword BOX.

```

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

16

RUN-файл (Пример 4)

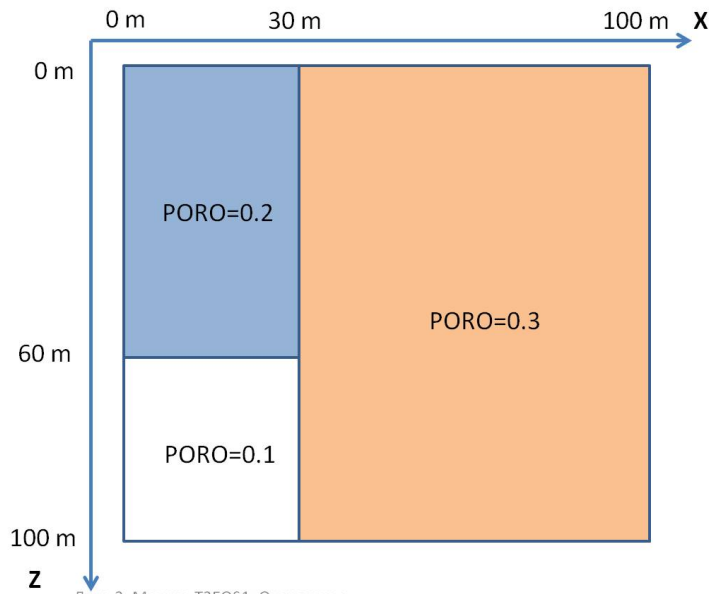
Откройте RUN-файл (SCENARIO-B4.RUN)

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

17

Использование EQUALS

Упражнение: С помощью ключевого слова EQUALS задайте следующее распределение пористости



День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

18

Ответ

```

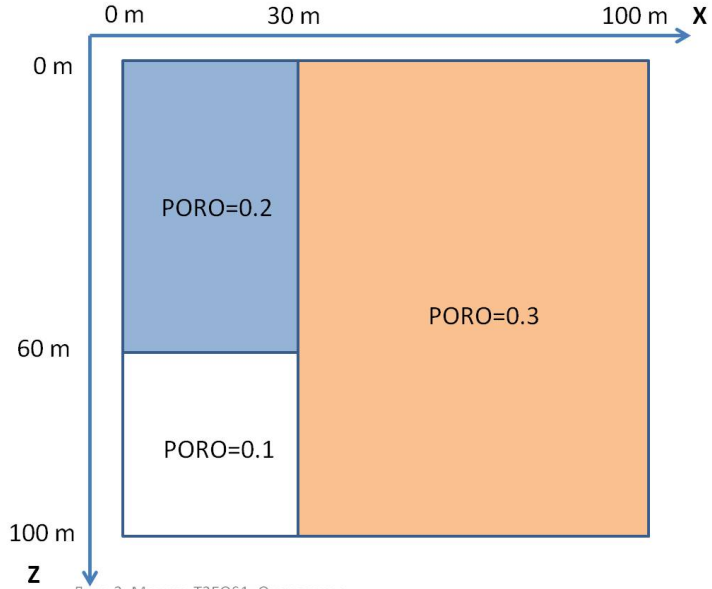
Day 2. Task 1
1  -- answer 1:
2
3  EQUALS
4  PORO  0.3 /
5  PORO  0.2  1 15 2* 1 30 /
6  PORO  0.1  4* 31 50 /
7  /
8
9  -- answer 2:
10
11 EQUALS
12 PORO  0.2 /
13 PORO  0.1  4* 31 50 /
14 PORO  0.3  16 50  2* 1 50 /
15 /
16
17 ...
    
```

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

19

Использование ADD и MULTIPLY

Упражнение:
Используя каждое из ключевых слов EQUALS, ADD и MULTIPLY, задайте следующее распределение пористости



День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

20

Ключевое слово OPERATE

```

1  ----- OPERATE syntax -----
2  -- in all sections except RUNSPEC and POST
3
4  OPERATE
5  mmem1 imin1 imax1 jmin1 jmax1 kmin1 kmax1 oper1 mdep1 par1_1 par2_1 par3_1 /
6  mmem2 imin2 imax2 jmin2 jmax2 kmin2 kmax2 oper2 mdep2 par1_2 par2_2 par3_2 /
7  mmem3 imin3 imax3 jmin3 jmax3 kmin3 kmax3 oper3 mdep3 par1_3 par2_3 par3_3 /
8  ...
9  /
10 -----
    
```

В Справочном руководстве приведён список доступных операций

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

21

Использование OPERATE

Упражнение:
 Задайте начальное распределение давления (гидростатика) и температуры (геотерм. градиент) и пересчитайте Пример 4.

EOS модуль: T2EOS1
 Сетка: 50*50
 Пористость: 0.3
 Проницаемость (X): 100 мД
 Проницаемость (Z): 30 мД
 Плотность породы: 2600 кг/м³
 Теплоёмкость породы: 1 кДж/кг/К
 Теплопроводность породы: 2 Вт/м/К
 Фаз. Прониц.: см. RUN-файл

Начальные условия (однородные распределения):
 PRES=1+0.1*DEPTH
 TEMPC=15+0.03*DEPTH

День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

22

Ключевое слово AUXARRAY

С помощью ключевого слова **AUXARRAY** можно создать вспомогательный массив (например #MYARRAY) для сохранения промежуточных результатов при выполнении сложных операций над массивами.

```

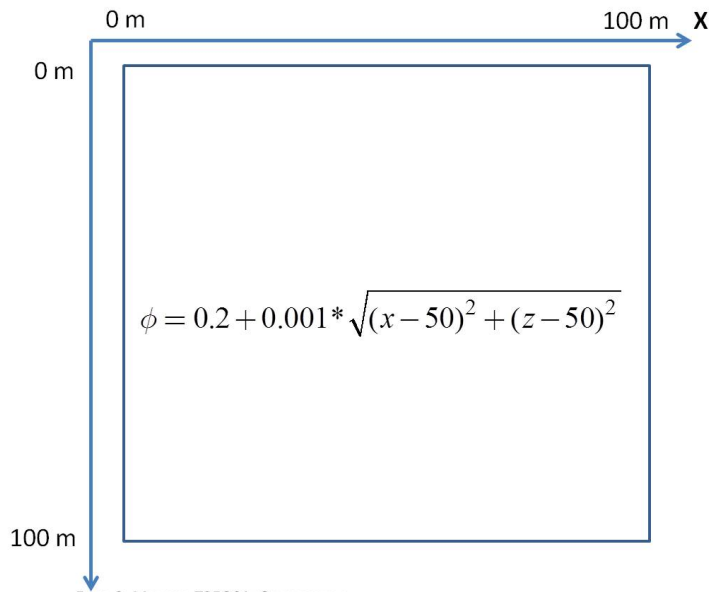
1  -- in RUNSPEC section
2
3  AUXARRAY
4  arrname1  arrtype1 /
5  arrname2  arrtype2 /
6  arrname3  arrtype3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12  arrname#  - name of the new array. The name must start with the '#' sigh,
13             and its length must be 8 characters at maximum;
14  arrtype#  - type of array:
15             if CELL then the array is associated with the cells.
16             A value of the array corresponds to a cell (default);
17             if CONN then the array is associated with the connections.
18             A value of the array corresponds to a connection.
    
```

день 2. модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

23

Использование OPERATE и AUXARRAY

Упражнение:
 Задайте
 следующее
 распределение
 пористости



День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

24

Ответ

В секции **RUNSPEC**

```
AUXARRAY
#MYARR1 /
#MYARR2 /
/
```

```
OPERATE
#MYARR1 XCOORD COPY /
#MYARR1 1* ADD -50 /
#MYARR1 #MYARR1 MULTP 1 2 /
#MYARR2 DEPTH COPY /
#MYARR2 1* ADD -50 /
#MYARR2 #MYARR2 MULTP 1 2 /
#MYARR1 #MYARR2 ADDARR /
#MYARR1 #MYARR1 MULTP 1 0.5 /
#MYARR1 #MYARR1 MULTA 0.2 0.001 /
PORO #MYARR1 COPY /
/
```

В секции **GRID**

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

25

2.4. Регионы

Регионы

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

26

Флаги для ячеек сетки

Мнемоника	Описание
ACTNUM	0 – ячейка неактивная; 1 – ячейка активная; 2 – фиксированные параметры;
TYPENUM	1 – обычная ячейка, 2 – непроницаемая ячейка
ROCKNUM	Номер региона для свойств пород
SATNUM	Номер региона для ОФП и капиллярного давления
FLUXNUM	Используется для задания начальных условий
MPINUM	Разбиение сетки
EQUNUM	Номер региона для начального капиллярно-гравитационного равновесия
INCONUM	В настоящее время нет определенного назначения
...	...

Флаги могут быть заданы в секции GRID с помощью операций над массивами.

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

27

Флаг АСТNUM

0 – неактивная; 1 – активная; 2 – фиксированные параметры.

Упражнение: Задайте данную область неактивной и пересчитайте Пример 4

0 m 15 m 50 m 100 m X

0 m
30 m
70 m
100 m Z

Не активна

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

28

Флаг TYPENUM

1 – обычная ячейка; 2 – непроницаемая ячейка.

Упражнение: задайте данную область непроницаемой и пересчитайте Пример 4.

0 m 15 m 50 m 100 m X

0 m
30 m
70 m
100 m Z

Не проницаемая;
Начальная температура =200C

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

29

Флаг ROCKNUM

Упражнение:
задайте
неоднородное
распределение
свойств породы

$\rho_r = 2600 \text{ kg / m}^3$
 $C_r = 1 \text{ kJ / kg / K}$
 $\lambda_r = 2 \text{ W / m / K}$

$\rho_r = 2700 \text{ kg / m}^3$
 $C_r = 0.9 \text{ kJ / kg / K}$
 $\lambda_r = 1.5 \text{ W / m / K}$

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

30

Флаг SATNUM

Упражнение:
Задайте
различные ОФП
в указанных
регионах

$k_{r,l}(s_l) = s_l^3; \quad k_{r,g}(s_l) = 1 - s_l$

$k_{r,l}(s_l) = s_l^2; \quad k_{r,g}(s_l) = (1 - s_l)^2$

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

31

Ключевые слова для операций в регионах

Ключевое слово	Результат
ADDREG	Добавление константы к массиву
COPYREG	Копирование данных из одного массива в другой
EQUALREG	Приравнивание
MAXVAREG	Ограничение сверху
MINVAREG	Ограничение снизу
MULTIREG	Умножение на константу
OPERAREG	Более «сложные» операции

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

32

Ключевое слово EQUALREG

```

1  ----- EQUALREG syntax -----
2  -- in all sections except RUNSPEC and POST
3  EQUALREG
4  mnemonic1 value1 region1 regionID1 /
5  mnemonic2 value2 region2 regionID2 /
6  mnemonic3 value3 region3 regionID3 /
7  ...
8  /
9
10 -----
11
12  mnemonic# - mnemonic of the property which is modified;
13  value#    - value assigned to the property in the region;
14  region#   - mnemonic of the region in which the property is modified;
15  regionID# - region number.
16
17 -----
18
19  The keyword results in the following:
20
21  mnemonic1=value1 in the region region1=regionID1
22  mnemonic2=value2 in the region region2=regionID2
23  mnemonic3=value3 in the region region3=regionID3
24  ...

```

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

33

Упражнение

Задайте
следующее
распределение
пористости.

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

34

Ответ

```

OPERATE
#MYARR1 XCOORD COPY /
#MYARR1 1* MULTIPLY -1 /
#MYARR1 DEPTH ADDARR /
INCONUM #MYARR1 SETINT 2 0 10000 /
/

EQUALREG
PORO 0.3 INCONUM 1 /
PORO 0.2 INCONUM 2 /
/
    
```

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

35

2.5. Граничные условия

Граничные условия

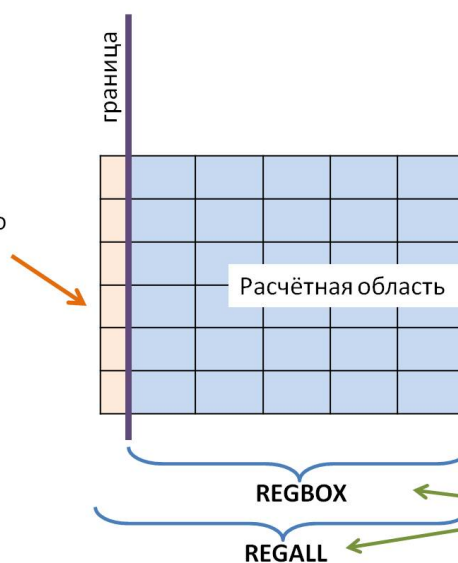
День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

36

Граничные условия Дирихле

Вспомогательные ячейки (в которых $ACTNUM=2$) создаются с помощью ключевого слова **BOUNDARY**

Обратится к дополнительным ячейкам можно с помощью флага **FLUXNUM**



См. описание в Справочном руководстве

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

37

Ключевое слово BOUNDARY

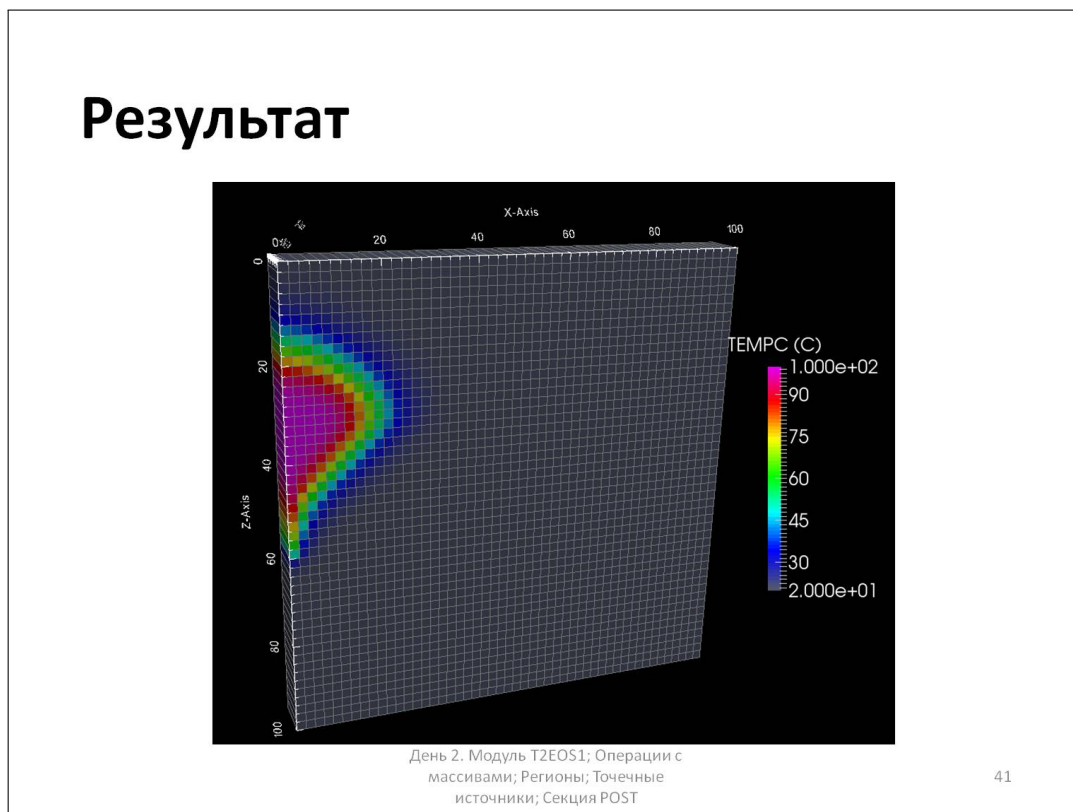
```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
2
3  BOUNDARY
4  fluxnum1 imin1 imax1 jmin1 jmax1 kmin1 kmax1 d1_1 d2_1 d3_1 d4_1 d5_1 d6_1
5     type_1 mode_1 nu1_1 nu2_1 nu3_1 typenum1 actnum1 /
6  fluxnum2 imin2 imax2 jmin2 jmax2 kmin2 kmax2 d1_2 d2_2 d3_2 d4_2 d5_2 d6_2
7     type_2 mode_2 nu1_2 nu2_2 nu3_2 typenum2 actnum2 /
8  fluxnum3 imin3 imax3 jmin3 jmax3 kmin3 kmax3 d1_3 d2_3 d3_3 d4_3 d5_3 d6_3
9     type_3 mode_3 nu1_3 nu2_3 nu3_3 typenum3 actnum3 /
10 ...
11 /
12
13 =====
14
15 fluxnum#      - FLUXNUM region number assigned to created grid blocks;
16 imin#-imax#  - the boundaries of the input box along i-indexation axis.
17               By default these values are equal to '1' and the 2nd
18               argument of the keyword MAKE, respectively;
19 jmin#-jmax#  - the boundaries of the input box along j-indexation axis.
20               By default these values are equal to '1' and the 3rd
21               argument of the keyword MAKE, respectively.
    
```

См. полное описание в справочном руководстве

Упражнение





2.6. Точечные источники

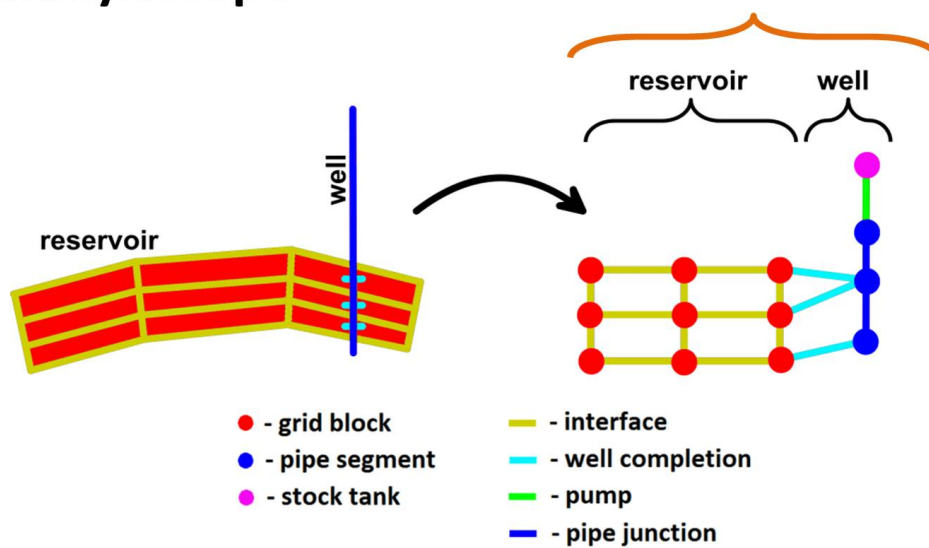
Точечные источники

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

44

Представление модели в симуляторе

Строится внутри скобок MAKE-ENDMAKE



День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

45

Точечный источник



Параметры закачиваемой жидкости задаются в Резервуаре.
 Расход жидкости задаётся параметрами Насоса.
 Обратится как к Резервуару, так и к насосу можно по имени, состоящем не более чем из 8 символов.

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

46

Ключевые слова для операций на ячейками с присвоенным именем

Эти ключевые слова можно использовать для задания параметров жидкости в Резервуаре

Ключевое слово	Результат
ADDNAM	Добавление константы к массиву
COPYNAM	Копирование данных из одного массива в другой
EQUALNAM	Приравнивание
MAXVANAM	Ограничение сверху
MINVANAM	Ограничение снизу
MULTINAM	Умножение на константу
OPERANAM	Более «сложные операции»

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

47

Ключевое слово EQUALNAM

```

1  ----- EQUALNAM syntax -----
2  -- in all sections except RUNSPEC and POST
3  EQUALNAM
4  mnemonic1 value1 template1 /
5  mnemonic2 value2 template2 /
6  mnemonic3 value3 template3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12 mnemonic# - mnemonic of the property which is modified;
13 value#    - value assigned to the property;
14 template# - character name template.
15
16 =====
17
18 The keyword results in the following:
19
20 mnemonic1:=value1 for all cells which character name (if it
21                                     is assigned) belong to template1;
22 mnemonic2:=value2 for all cells which character name (if it
23                                     is assigned) belong to template2;
24 mnemonic3:=value3 for all cells which character name (if it
25                                     is assigned) belong to template3.
26 ...

```

48

исходники, секция POST

Ключевое слово SRCSPECG

Определяет пространственное положение источника/стока

```

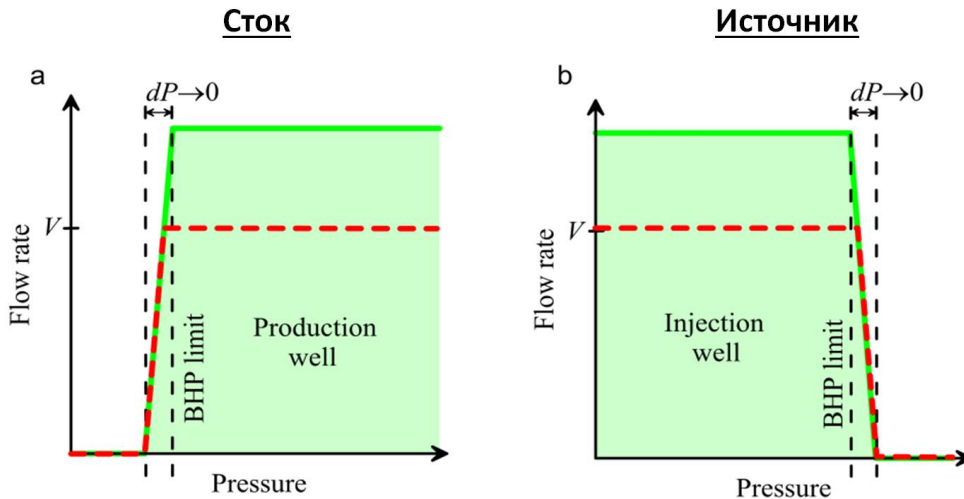
1  ----- SRCSPECG syntax -----
2  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
3  SRCSPECG
4  name1 i1 j1 k1 x1 y1 z1 mode1 /
5  name2 i2 j2 k2 x2 y2 z2 mode2 /
6  name3 i3 j3 k3 x3 y3 z3 mode3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12 name# - the point source name (a 8-byte character);
13 i#-j#-k# - the i-j-k indexes of the grid block in which the point source
14           is located;
15 x#-y#-z# - the coordinates of the point source;
16 mode# - the point source mode, i.e. the pumping device mode (default
17         value is SHUT).
18
19

```

49

День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

Параметры Насоса



День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

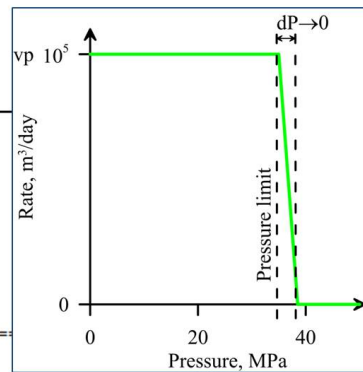
50

Ключевое слово SRCINJE

задает расход источника/стока

```

1  -- in SCHEDULE section
2
3  SRCINJE
4  name1 targ1 injtype1 plim1 volrate1 massrate1 vp1 dp1 /
5  name2 targ2 injtype2 plim2 volrate2 massrate2 vp2 dp2 /
6  name3 targ3 injtype3 plim3 volrate3 massrate3 vp3 dp3 /
7  ...
8  /
9
10 -----
11
12 name# - pump name (8-byte character);
13 targ# - pump operational target. Available values: MASS - mass rate,
14        RATEIN - volumetric rate on inlet, RATEOUT - volumetric rate on
15        outlet;
16 injtype# - fluid used for operational control (default value recomended);
17 plim# - maximum pressure at the pump outlet;
18 volrate# - volumetric rate;
19 massrate# - mass rate;
20 vp# - maximum volumetrix rate of the pumping device;
21 dp# - the pressure gap for control function.
    
```



массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

51

Упражнение

Постоянное давление = 1 бар и
Постоянная температура = 20C

Упражнение:
Пересчитайте
Пример 4, добавив
точечный источник

Расход = 25 тон/день
Давление = 10 бар
Температура = 100C

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

52

Ключевое слово SRCPROD

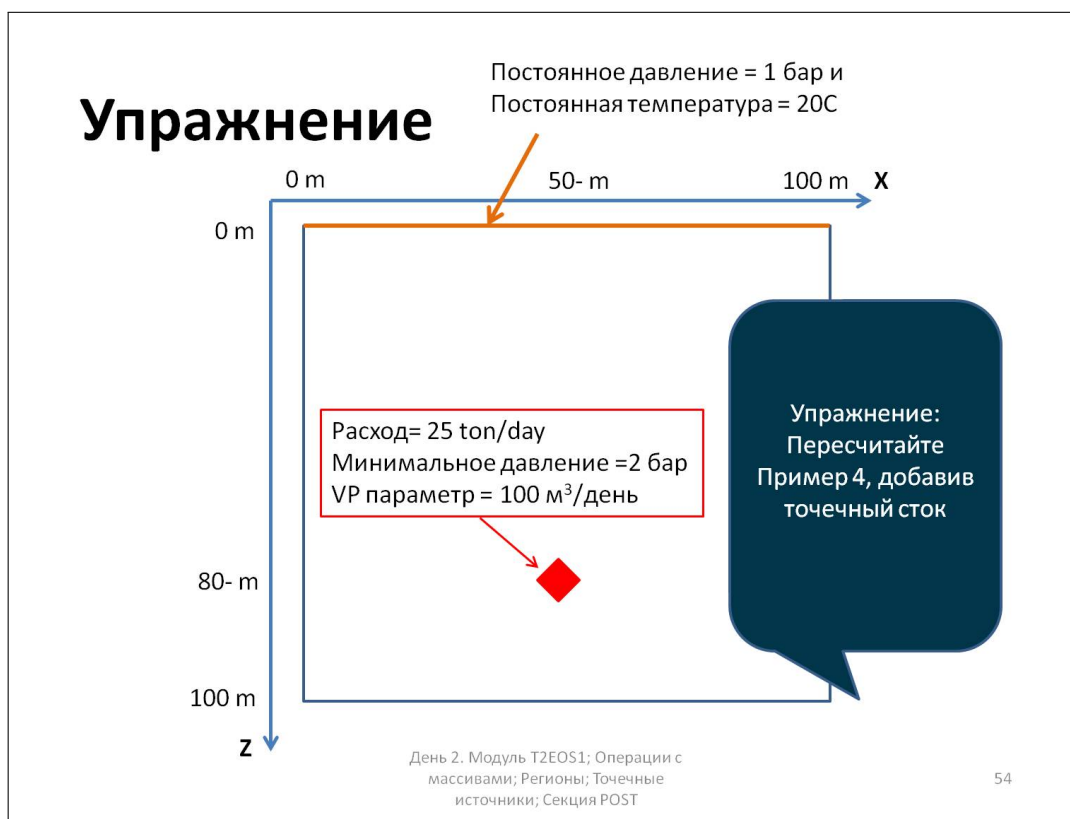
задаёт расход стока

```

1  -- in SCHEDULE section
2
3  PUMPPROD
4  name1 targ1 injtype1 plim1 volrate1 massrate1 vp1 dp1 /
5  name2 targ2 injtype2 plim2 volrate2 massrate2 vp2 dp2 /
6  name3 targ3 injtype3 plim3 volrate3 massrate3 vp3 dp3 /
7  ...
8  /
9
10 -----
11
12  name#   - pump name (8-byte character);
13  targ#   - pump operational target. Available values: MASS - mass rate,
14           RATEIN - volumetric rate on inlet, RATEOUT - volumetric rate on
15           outlet;
16  injtype# - fluid used for operational control (default value recommended);
17  plim#   - minimum pressure at the pump inlet;
18  volrate# - volumetric rate;
19  massrate# - mass rate;
20  vp#     - maximum volumetric rate of the pumping device;
21  dp#     - the pressure gap for control function.
                
```

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

53



2.7. Секция POST

Секция POST

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

55

Секция POST

В секции POST выходные данные симулятора могут быть преобразованы в консолидированные файлы для ячеек сетки, точечных источников, скважин и т.д.

Некоторые из доступных ключевых слов

Ключевое слово	Описание
POSTBLOC	Сохранить консолидированный файл для параметров в ячейке
POSTSRC	Сохранить консолидированный файл для параметров точечного источника
POSTWELL	Сохранить консолидированный файл для скважины
POSTFLD	Сохранить консолидированный файл для всей задачи

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

56

Ключевое слово RPTPOST

Параметры, сохраняемые из секции POST задаются ключевым словом RPTPOST. Симулятор ищет значения данных параметров в файлах сохранённых из секций GRID и SCHEDULE. Т.е., параметры, сохраняемые из секции POST должны быть также сохранены из секций GRID и SCHEDULE.

```

----- RPTPOST syntax -----
1  -- in POST section
2
3  RPTPOST
4      mnemonic1 mnemonic2 mnemonic3 ... /
5
6  -----
7
8      mnemonic# - is the mnemonic of a property saved from the POST section.
9                  If one of the mnemonics is ASCII then the formatted file
10                 is saved. If one of the mnemonics is ASCII then the binary
11                 file is saved. If one of the mnemonics is NOTHING then the
12                 output list is cleared.

```

Ключевое слово POSTBLOC

```

----- POSTBLOC syntax -----
1  in POST section
2
3  POSTBLOC
4      i1 j1 k1 gridname1 resname1 filename1 /
5      i2 j2 k2 gridname2 resname2 filename2 /
6      i3 j3 k3 gridname3 resname3 filename3 /
7      ...
8  /
9
10 -----
11
12  i#      - i-index of the grid block;
13  j#      - j-index of the grid block;
14  k#      - k-index of the grid block;
15  gridname# - grid name (e.g., defined by the CARFIN keyword);
16  resname# - reservoir name;
17  filename# - output file name (if not specified the program uses default
18             naming convention).

```

Секция POST (упражнение)

Упражнение: Пересчитайте Пример 4 с источником, построив графики изменения со временем PRES и TEMPC в ячейках (25,1, 48) и (25,1, 46).

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

59

Ключевое слово POSTSRC

```

1  -- in POST section
2
3  POSTSRC
4  srcname1 filename1 /
5  srcname2 filename2 /
6  srcname3 filename3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12  srcname# - the point source/sink name for which the output is required;
13  filename# - output file name (if not specified the program uses default
14             naming convention).

```

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

60

Секция POST (упражнение)

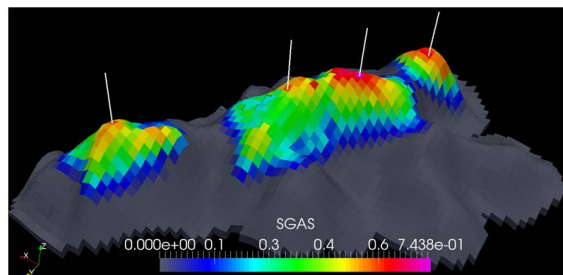
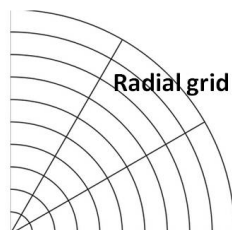
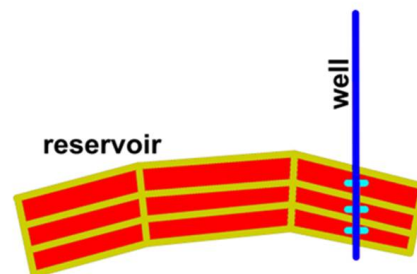
Упражнение: Пересчитайте Пример 4 со стоком, построив график расхода стока от времени

День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

61

Завтра

- Скважины
- Модуль BINMIXT
- Модуль GASSTORE
- Радиальные сетки



День 2. Модуль TZEOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

62

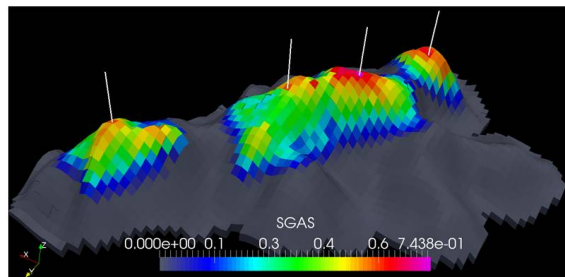
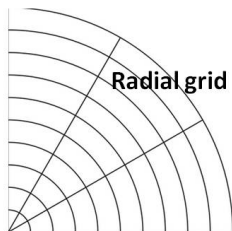
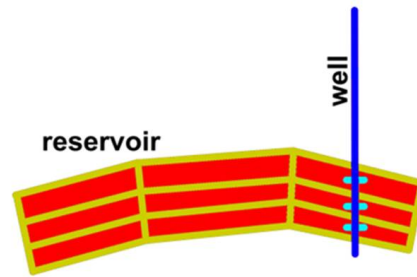
Тренинг по пакету программ MUFITS

День 3

**Скважины; Модули BINMIXT и
GASSTORE; Радиальные сетки**

Программа

- Скважины
- Модуль BINMIXT
- Модуль GASSTORE
- Радиальные сетки



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

3.1. Скважины

Скважины

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

3

Представление модели в симуляторе

Строится внутри скобок MAKE-ENDMAKE

reservoir well

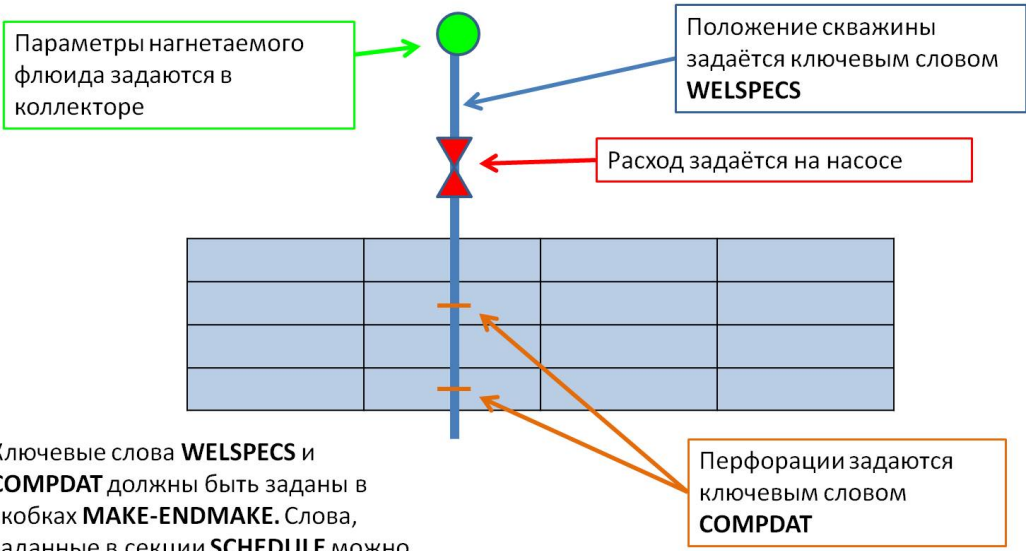
reservoir well

- - grid block
- - pipe segment
- - stock tank
- - interface
- - well completion
- - pump
- - pipe junction

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

4

О Скважинах



Ключевые слова **WELSPECS** и **COMPDAT** должны быть заданы в скобках **MAKE-ENDMAKE**. Слова, заданные в секции **SCHEDULE** можно загрузить, указав в скобках слово **GETWELLS**.

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

5

Ключевое слово WELSPECS

```

1  ----- WELSPECS syntax -----
2  -- within MAKE-ENDMAKE brackets or in SCHEDULE section
3  WELSPECS
4  name1 nu1 iloc1 jloc1 datum1 nu1 r0_1 3*nu1 eosnum1 5*nu1 fluxnum1 /
5  name2 nu2 iloc2 jloc2 datum2 nu1 r0_2 3*nu2 eosnum2 5*nu2 fluxnum2 /
6  name3 nu3 iloc3 jloc3 datum3 nu1 r0_3 3*nu3 eosnum3 5*nu3 fluxnum3 /
7  ...
8  /
9
10 -----
11
12 name#    - well name;
13 nu#      - a parameter not used at present;
14 iloc#    - i-index of the grid block where the well head is located;
15 jloc#    - j-index of the grid block where the well head is located;
16 datum#  - reference depth for bottom hole pressure;
17 r0_#     - drainage radius;
18 eosnum#  - equation of state region number used for the fluid properties
19           calculation in the well;
20 fluxnum# - FLUXNUM region number assigned to all cells of which the well
21           is constructed.
    
```

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

6

Ключевое слово COMPDAT

```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets or in SCHEDULE section
2
3  COMPDAT
4  name1 iloc1 jloc1 kmin1 kmax1 mode1 satnum1 tran1 d1 kh1 skin1 nu1 dir1 r0_1 /
5  name2 iloc2 jloc2 kmin2 kmax2 mode2 satnum2 tran2 d2 kh2 skin2 nu2 dir2 r0_2 /
6  name3 iloc3 jloc3 kmin3 kmax3 mode3 satnum3 tran3 d3 kh3 skin3 nu3 dir3 r0_3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12  name#      - well name;
13  nu#        - a parameter not used at present;
14  iloc#/jloc# - i-index and j-index of the grid block where the well is
15              completed;
16  kmin#/kmax# - k-index range of grid blocks where the well is completed;
17  mode#      - if OPEN (default) the completion is opened for the fluid
18              transport; if SHUT the completion is closed off;
19  satnum#    - saturation functions region (SATNUM) used for the calculation
20              of the fluxes through the completion;
21  tran#      - this field is for explicit specification of the
22              transmissibility;
23  d#         - wellbore diameter at the connection;

```

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и
GASSTORE; Радиальные сетки

7

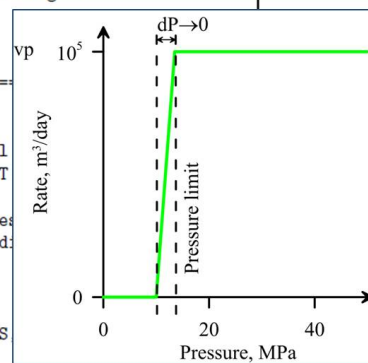
Ключевое слово WELLPROD

Параметры добывающих скважин задаются ключевым словом **WELLPROD**

```

1  -- in SCHEDULE section
2
3  WELLPROD
4  name1 mode1 targ1 volrate1 massrate1 bhp1 vp1 nu1 dimflag1 /
5  name2 mode2 targ2 volrate2 massrate2 bhp2 vp2 nu2 dimflag2 /
6  name3 mode3 targ3 volrate3 massrate3 bhp3 vp3 nu3 dimflag3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12  name#      - well name or well name template;
13  mode#      - well mode. Available values: OPEN - well
14              STOP - well stopped above formation, SHUT
15              isolated from the formation.
16  targ#      - well operational target. Available values:
17              RESV - volumetric rate at reservoir conditions;
18              bhp# - bottom hole pressure;
19  massrate#  - mass rate;
20  volrate#   - volumetric rate;
21  bhp#       - bottom-hole pressure (either limit (MASS
22              parameter (BHP));

```



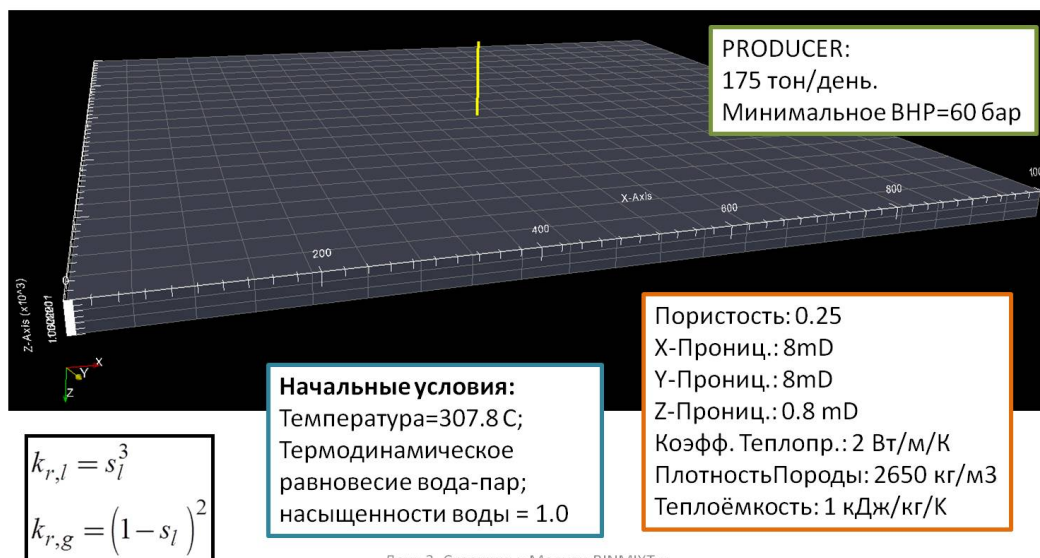
День 3. Скважины; Модули BINMIXT и
GASSTORE; Радиальные сетки

8

Пример 5

Сетка: 21*21*3
 Область :[0,1000]*[0,1000]*[1000,1030] m
 PRODUCER: i=11, j=11 завершен в k=1,2

Рассчитать до 9540 дней сохраняя распределения каждые 180 days.



Пример 5 (RUN-файл)

1. Откройте RUN-файл в текстовом редакторе (SCENARIO-B5.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView


```

96 / as a CSV file.
97
98 INIT ##### INIT section begins here #####
99
100 EQUALS We define that the reservoir is at
101 TEMPC 307.8 / water-vapor equilibrium conditions at
102 SWAT 1.0 / temperature 307.8 C. The initial water
103 / saturation is 1.0.
104
105 RPTSUM We specify the properties saved in the
106 PRES SWAT SVAP TEMPC / summary files
107
108 RPTWELL
109 WBHP WBHTC WMPR#1 WMPT#1 / We define the output in summaries
110 for wells.
111
112 SCHEDULE ##### SCHEDULE section begins here #####
113
114 WELLPROD We define that PRODUCER target is
115 PRODUCER OPEN MASS 1* 175. 6.0 / 175 tons/day. The minimal bottom-hole
116 / pressure is 8 MPa.
117
118 TSTEP
119 1 2 3 4 10 20 20 30 90 52*180 / We advance simulation to 9540 days.
120
121 POST ##### POST section begins here #####
122
123 CONVERT We convert the output to ParaView
124 compatible format.
125
126 RPTPOST We define the properties output from the
127 TIME WBHP WBHTC WMPR#1 WMPT#1 / following POSTWELL keyword.
128
129 POSTWELL We save consolidated time series
130 PRODUCER / report for PRODUCER.
131 /
132
133 END #####

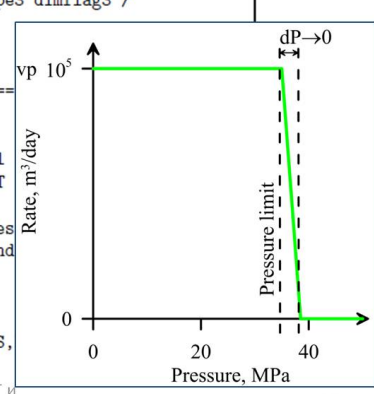
```

Ключевое слово WELLINJE

Параметры нагнетательных скважин задаются ключевым словом **WELLINJE**

```

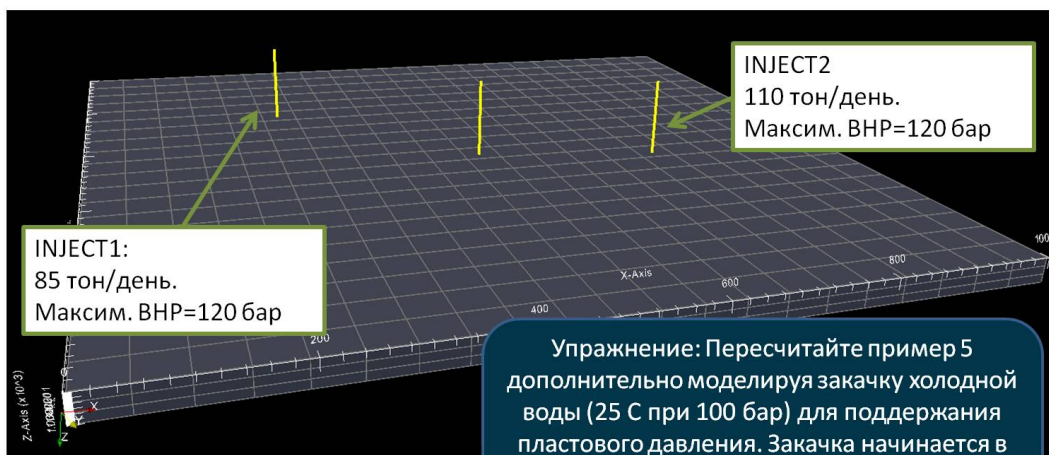
1  -- in SCHEDULE section
2
3  WELLINJE
4  name1 mode1 targ1 volrate1 massrate1 bhp1 vp1 injtype1 dimflag1 /
5  name2 mode2 targ2 volrate2 massrate2 bhp2 vp2 injtype2 dimflag2 /
6  name3 mode3 targ3 volrate3 massrate3 bhp3 vp3 injtype3 dimflag3 /
7  ...
8  /
9
10 -----
11
12 name# - well name or well name template;
13 mode# - well mode. Available values: OPEN - well
14        STOP - well stopped above formation, SHUT
15        isolated form the formation.
16 targ# - well operational target. Available values
17        RATE - volumetric rate at stock tank cond
18        bottom hole pressure;
19 massrate# - mass rate;
20 volrate# - volumetric rate;
21 bhp# - bottom-hole pressure (either limit (MASS,
22        parameter (BHP));
    
```



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

Пример (упраж. 1)

PRODUCER: i=11, j=11 перфор. в k=1,2
 INJECT1: i=6, j=6 перфор. в k=1,2,3
 INJECT2: i=16, j=12 перфор. в k=1,2,3



Упражнение: Пересчитайте пример 5 дополнительно моделируя закачку холодной воды (25 С при 100 бар) для поддержания пластового давления. Закачка начинается в момент времени 3240 дней. Сохраните параметры всех скважин

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки


```

121 RPTWELL
122   WBHP WBHTC WMPR#1 WMPT#1
123   WMIR#1 WMIT#1 /           We define the output in summaries
124                               for wells.
125
126 SCHEDULE   ##### SCHEDULE section begins here #####
127
128 WELLPROD           We define that PRODUCER target is
129   PRODUCER OPEN MASS 1* 175. 6.0 / 175 tons/day. The minimal bottom-hole
130 /                   pressure is 8 MPa.
131
132 TSTEP
133   1 2 3 4 10 20 20 30 90 17*180 / We advance simulation to 3240 days.
134
135 WELLINJE           Now we start the injection at t=3240
136   INJECT1 OPEN MASS 1* 85. 12.0 / days. The injection rate is 85 and 110
137   INJECT2 OPEN MASS 1* 110. 12.0 / tons/day. BHP limit is 12 MPa.
138 /
139
140 TSTEP
141   1 2 3 4 10 20 20 30 90 34*180 / We advance simulation to 9540 days.
142
143 POST             ##### POST section begins here #####
144
145 CONVERT           We convert the output to ParaView
146                               compatible format.
147
148 RPTPOST           We define the properties output from the
149   TIME WBHP WBHTC WMPR#1 WMPT#1 / following POSTWELL keyword.
150
151 POSTWELL           We save consolidated time series
152   PRODUCER /       report for PRODUCER.
153 /
154
155 RPTPOST
156   NOTHING TIME WBHP WBHTC
157           WMIR#1 WMIT#1 / We define the properties output from the
158                               following POSTWELL keyword. NOTHING entry
159                               clears the output list.
160
161 POSTWELL           We save consolidated time series reports
162   INJECT1 /       for injection wells.
163   INJECT2 /
164 /
165
166 END             #####

```

RUN-файл (пример 5; упражнение 1)

1. Откройте RUN-файл в текстовом редакторе (SCENARIO-B5.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

13

Пример 5 (упражнение 2)

Сетка: 21*21*9

Упражнение: Пересчитайте пример 5, моделируя теплообмен с непроницаемыми породами

Сечение задачи



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

14


```

121 / as a CSV file.
122
123 INIT ##### INIT section begins here #####
124
125 EQUALS We define that the reservoir is at
126 TEMPC 307.8 / water-vapor equilibrium conditions at
127 SWAT 1.0 / temperature 307.8 C. The initial water
128 / saturation is 1.0.
129
130 REGALL
131 EQUALREG We specify that the temperature at the
132 TEMPC 307.8 FLUXNUM 111 / top and bottom boundaries is 307.8 C.
133 /
134
135 EQUALNAM We define the parametes of the injected
136 PRES 10 'INJECT*' / water. We specify that the water
137 TEMPC 25 / temperature is 25 C at 10 MPa. Note,
138 / that we are using character name
139 template 'INJECT*'. The modifications
140 are applied to both INJECT1 and INJECT2.
141
142 RPTSUM We specify the properties saved in the
143 PRES SWAT SVAP TEMPC / summary files
144
145 RPTSUM We enable output of K-IJKRES property
146 K-IJKRES / which can be used for thresholding
147 in ParaView to make visible the internal
148 premeable layers.
149 RPTWELL
150 WBHP WBHTC WMPR#1 WMPT#1
151 WMIR#1 WMIT#1 / We define the output in summaries
152 for wells.
153
154 SCHEDULE ##### SCHEDULE section begins here #####
155
156 WELLPROD We define that PRODUCER target is
157 PRODUCER OPEN MASS 1* 175. 6.0 / 175 tons/day. The minimal bottom-hole
158 / pressure is 8 MPa.
159
160 TSTEP
161 1 2 3 4 10 20 20 30 90 17*180 / We advance simulation to 3240 days.
162
163 WELLINJE Now we start the injection at t=3240
164 INJECT1 OPEN MASS 1* 85. 12.0 / days. The injection rate is 85 and 110
165 INJECT2 OPEN MASS 1* 110. 12.0 / tons/day. BHP limit is 12 MPa.
166 /
167
168 TSTEP

```



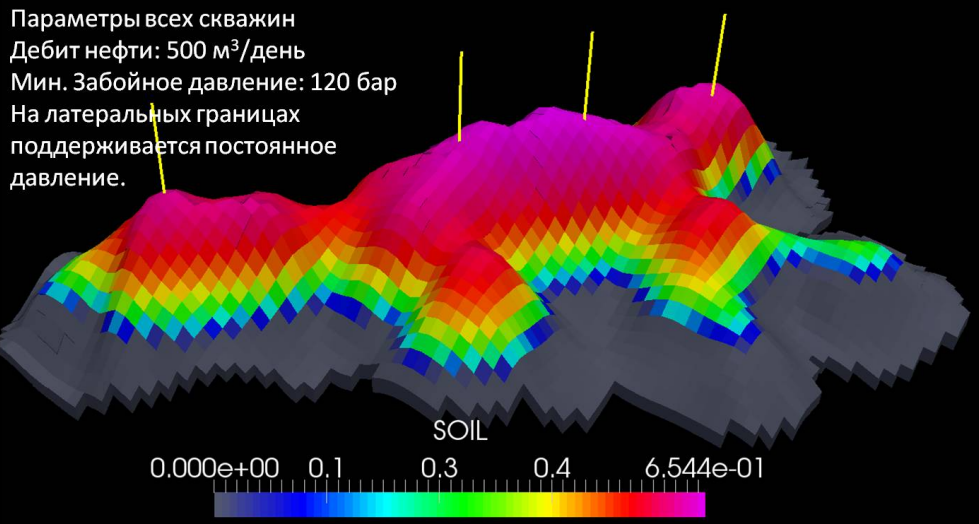
```

169 1 2 3 4 10 20 20 30 90 34*180 / We advance simulation to 9540 days.
170
171 POST ##### POST section begins here #####
172
173 CONVERT We convert the output to ParaView
174 compatible format.
175
176 RPTPOST We define the properties output from the
177 TIME WBHP WBHTC WMPR#1 WMPT#1 / following POSTWELL keyword.
178
179 POSTWELL We save consolidated time series
180 PRODUCER / report for PRODUCER.
181 /
182
183 RPTPOST
184 NOTHING TIME WBHP WBHTC
185 WMIR#1 WMIT#1 / We define the properties output from the
186 following POSTWELL keyword. NOTHING entry
187 clears the output list.
188
189
190 POSTWELL We save consolidated time series reports
191 INJECT1 / for injection wells.
192 INJECT2 /
193 /
194
195 END #####

```

Пример 6 (развитие примера 3)

Проведите моделирования разработки месторождения в течении 720 дней.



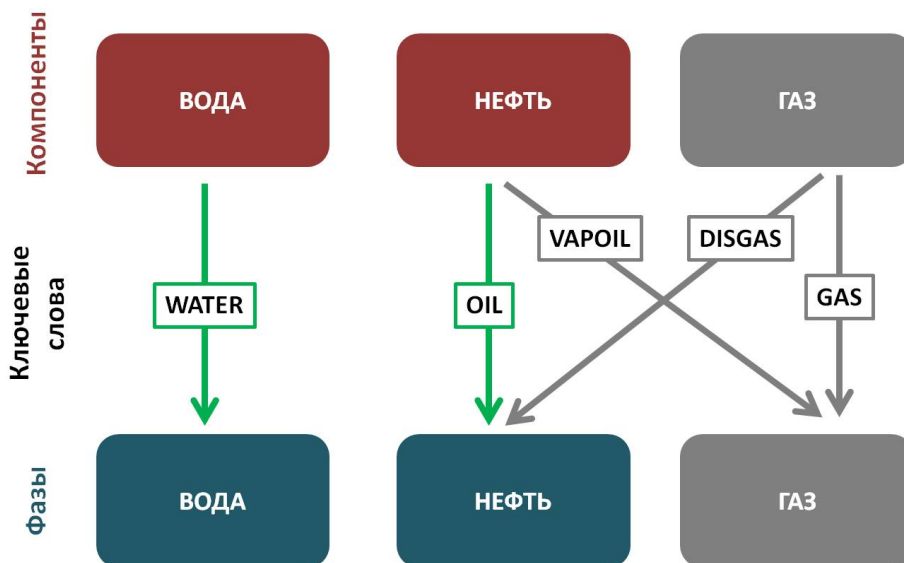
День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

16

EOS модуль BLACKOIL

T=const

УВ месторождения



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

17


```

217 RPTPOST
218   NOTHING TIME FOIP FOPR
219   FOPT FWPR FWPT FWCT /           Сохраняем параметры для всей задачи.
220 POSTFLD
221 /
222
223 END   #####

```

Ключевое слово WELLSTOP

Останавливает скважину

WELLSTOP syntax

```

1  -- in SCHEDULE section
2
3  WELLSTOP
4    name1 /
5    name2 /
6    name3 /
7    ...
8  /
9
10 -----
11
12  name# - well name or well name template.

```


Пример 6 (упражнение 1)

Упражнение: Пересчитайте пример 6, остановив работу скважин через 720 дней разработки на 360 дней, а затем возобновив их работу в последующие 360 дней.

Пример 6 (упражнение 2)

Упражнение: Пересчитайте пример 6, добавив через 720 дней разработки закачку воды через две дополнительные скважины. Продолжите расчёт до 1080 дней.

Параметры скважин:

INJE1: $I=30$, $J=27$, $k=2-5$, $Q=500$ м³/день, $P_{\max}=260$ бар

INJE2: $I=20$, $J=47$, $k=2-5$, $Q=500$ м³/день, $P_{\max}=260$ бар


```

192
193 VARS
194   PRES DMAX 30 /
195 /
196
197 TUNING
198   0.1 1* /
199
200 WELLPROD
201 -- name      mode  target  rate      bhp
202   'PROD*'    OPEN   ORAT    500  1*   120 / Дебит всех скважин 500 м3 нефти с
203 /                                                    ограничением на забойное давление
204                                                    120 бар.
205
206 TSTEP                Продолжаем расчёт на период 720 дней
207   24*30 /            сохраняя результаты каждые 30 дней.
208
209
210 WELLINJE
211 -- name      mode  target  rate      bhp
212   'INJE*'    OPEN   WRAT    500  1*   260 / Дебит всех скважин 500 м3 нефти с
213 /                                                    ограничением на забойное давление
214                                                    120 бар.
215
216 TSTEP
217   12*30 /
218
219 POST                ##### Начало секции POST #####
220
221 CONVERT                Конвертируем результаты расчёта в файлы,
222                        совместимые с пакетом визуализации
223                        ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
224                        .pvd.
225
226 RPTPOST
227   TIME WBHP WOPR WOFT WWPR WWPT WWCT /
228 POSTWELL
229   'PROD*' /
230 /
231
232 RPTPOST
233   NOTHING TIME FOIP FOPR FOFT FWPR FWPT FWCT /
234 POSTFLD
235 /
236
237 END                #####

```

3.2. Модуль BINMIXT

Модуль BINMIXT

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

22

EOS модуль BINMIXT

T≠const

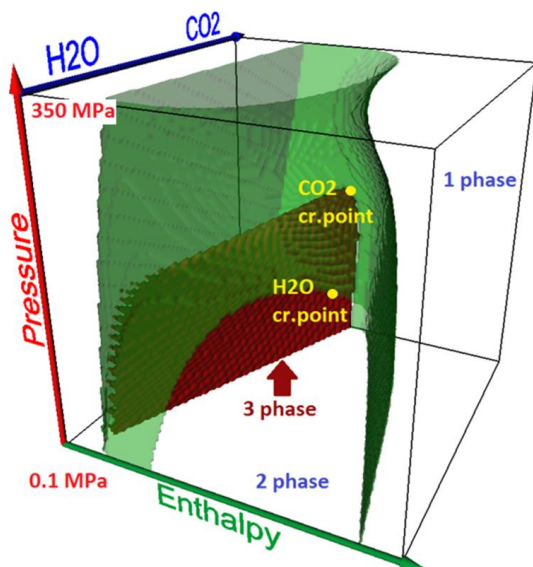
Геотермальные приложения;
Подземное захоронение CO₂;
УВ месторождения

Компоненты	Компонента 1 (CO ₂)	Компонента 2 (H ₂ O)	
Ключевые слова			
Фазы	Жидкость 1	Жидкость 2	Газ

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

23

Фазовая диаграмма смеси CO₂-H₂O



Фазовая диаграмма
в переменных
давление-энтальпия-состав

Вне зелёной поверхности – 1-фазные состояния, внутри зелёной и вне красной – 2-фазные состояния, внутри красной поверхности 3-фазные состояния.

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

24

Ключевое слово LOADEOS

EOS-файл содержит в виде таблиц всю информацию о теплофизических параметрах бинарной смеси. EOS-файл может быть загружен в расчёт с помощью ключевого слова **LOADEOS** в секции **PROPS**.

```

1  -- in PROPS section
2
3  LOADEOS
4    filename /
5
6  =====
7
8    filename - name of EOS file.
```

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

25

Дополнительные мнемоники

Мнемоника	Описание
ENTHT	Молярная энтальпия (кДж/моль)
COMP1T	Молярная доля первой компоненты (CO ₂)
COMP2T	Молярная доля второй компоненты (H ₂ O)
SGASINIT	Начальная насыщенность газа
SLIQINIT	Начальная насыщенность жидкости

Ключевые слова и мнемоники, доступные с модулем BINMIXT

Откройте Справочное руководство и просмотрите ключевые слова и мнемоники доступные с модулем BINMIXT

Начальные условия

Возможности задания начальных условий

- Заданы давление (PRES), температура (TEMP или TEMPC), состав (COMP1T или COMP2T) [Приоритет 1];
- Заданы давление (PRES), Энтальпия (ENTHT), состав (COMP1T или COMP2T) [Приоритет 2].

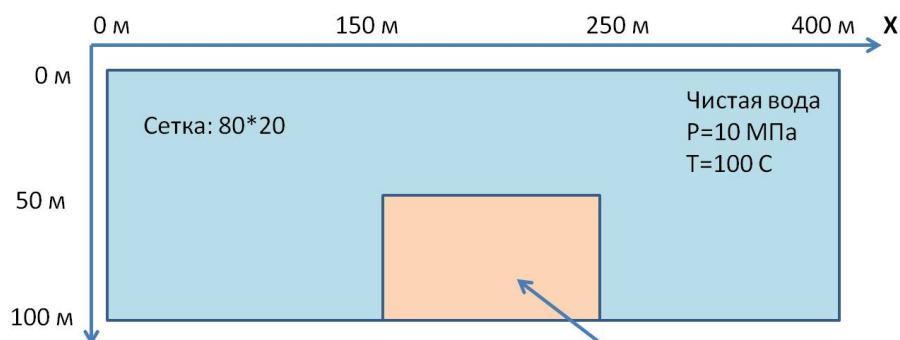
Для двухфазных состояний, заданных опциями а) или б), насыщенность фаз может быть задана с помощью мнемоник SLIQINIT и SGASINIT. В этом случае энтальпия (ENTHT) и компонентный состав (COMP1T или COMP2T) изменяются чтобы удовлетворить условиям для насыщенности, однако теплофизические параметры фаз (плотность, вязкость) не изменяются.

Пример 7

Рассчитайте фильтрацию в течении 200 дней сохраняя распределения каждые 10 дней.

Свойства породы

Пористость = 0.25;
 Проницаемость = 100 мД;
 Плотность породы = 2900 кг/м³;
 Теплоёмкость = 1 кДж/кг/К;
 Теплопроводность = 2 Вт/м/К.



Фазовые проницаемости
 Brooks and Corey,
 $s_{\min}=0.2, s_{\max}=0.95$

$$k_{r,l} = s_l^4$$

$$k_{r,g} = (1-s_l)^2 (1-s_l^2)$$

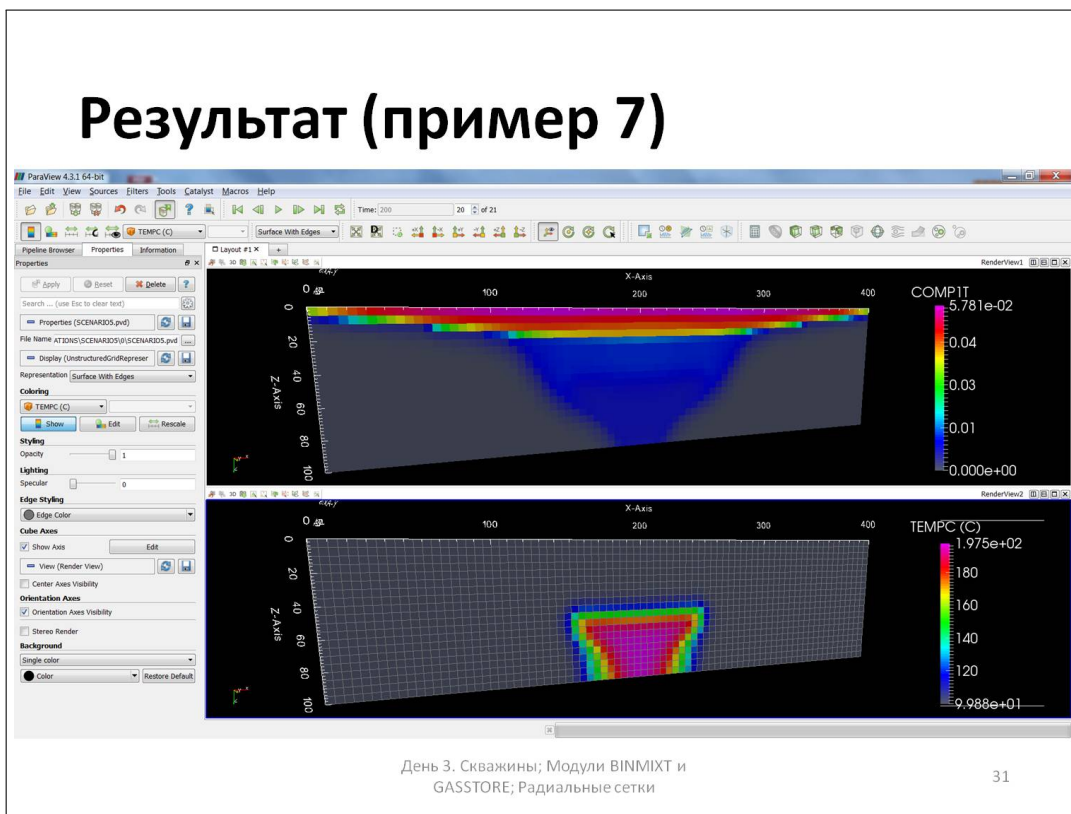
P=10 МПа
 T=200 C
 CO₂ мол доля = 0.7
 Насыщ. Газ = 0.95


```

73 EQUALS                                We equate in the whole domain
74   PRES          10 /                   pressure to 10 MPa
75   TEMPC         100 /                  temperature to 100 C
76   COMP1T        0.0 /                  CO2 mol.fraction to 0.0
77 -----
78   TEMPC         200 31 50  2* 11 20 /  We equate in the hot region
79   COMP1T        0.7 /                  CO2 mol.fraction to 0.7
80   SGASINIT      0.95 /                 gas saturation to 0.95
81 /
82
83 RPTSUM                                We define the properties saved in SUM
84   PRES TEMPC COMP1T COMP2T PHST /      files
85
86
87 SCHEDULE ##### SCHEDULE section begins here #####
88
89 TSTEP                                We report solution every 10 days up to
90   20*10 /                               200 days.
91
92 POST ##### POST section begins here #####
93
94 CONVERT                               Converting output to ParaView format.
95
96 END #####

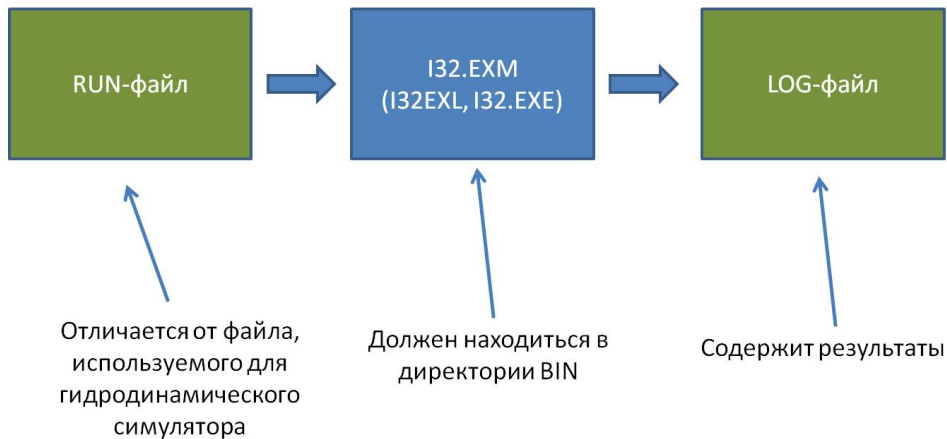
```

Результат (пример 7)



PVT программа

PVT-программа позволяет рассчитать параметры смеси при заданных (давлении, температуре и т.д.). Результаты расчётов сохраняются в LOG-файл



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

32

Параметры смеси при заданных P и T

При заданных давлении, температуре и составе свойства смеси можно вычислить с помощью ключевого слова **PHEQPTX**.

```

----- PHEQPTX syntax -----
1 PHEQPTX
2 pres1 temp1 comp1t1 comp2t1 /
3 pres2 temp2 comp1t2 comp2t2 /
4 pres3 temp3 comp1t3 comp2t3 /
5 ...
6 /
7
8 =====
9
10 pres# - pressure;
11 temp# - temperature (degrees of Kelvin);
12 comp1t# - total molar fraction of the 1st component;
13 comp2t# - total molar fraction of the 2nd component.
  
```

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

33

PVT программа (упражнение)

Упражнение: Вычислите параметры термодинамического равновесия для начальных параметров в примере 6:

- 1) PRES=10MPa, TEMPC=100C, COMP1T=0
- 2) PRES=10MPa, TEMPC=200C, COMP1T=0.7

1. Откройте в текстовом редакторе RUN-файл
2. Проведите расчёт
3. Откройте LOG-файл чтобы увидеть результат

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

34

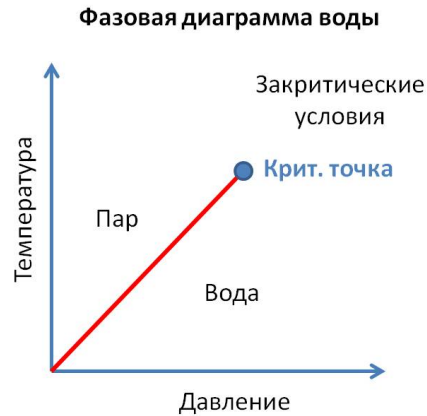
```

SIMULATIONS/PVT/0/PVT.RUN
1 LOADEOS                               We load EOS-file
2   './../INCLUDE/CO2H2O_V3.0.EOS' /
3
4 PHEQPTX                               We calculate properties for:
5   10 373.15 0 /                        1) PRES=10MPa, TEMPC=100C, COMP1T=0
6   10 473.15 0.7 /                      2) PRES=10MPa, TEMPC=200C, COMP1T=0.7
7 /
8
9 END #####
    
```

Ключевое слово PHASES

При движении вокруг критической точки нет чёткой границы между жидкостью и газом

Ключевое слово PHASES задаёт



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

35

Ключевое слово PHASES

```

1  -- in PROPS section
2
3  PHASES
4  name1 pres1 enth1 comp1t1 comp2t1 /
5  name2 pres2 enth2 comp1t2 comp2t2 /
6  name3 pres3 enth3 comp1t3 comp2t3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12 name# - phase name (4-byte character);
13 pres# - pressure;
14 enth# - total molar enthalpy;
15 comp1t# - total molar fraction of the 1st component;
16 comp2t# - total molar fraction of the 2nd component.

```

Для заданной температуры энтальпия может быть вычислена с помощью PVT программы

Рекомендуемые параметры фаз (для докритических значений для H_2O):

- Жидкая вода: PRES= 1 МПа, ENHT=5 кДж/моль, COMP1T=0
- Закритический CO_2 : PRES= 10 МПа, ENHT=10 кДж/моль, COMP1T=1

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

36

Ключевое слово PHASES

Ключевое слово создаёт следующие мнемоники

Мнемоника	Описание
SAT#name	Насыщенность
DEN#name	Плотность
VIS#name	Вязкость
...	См. Справочное руководство

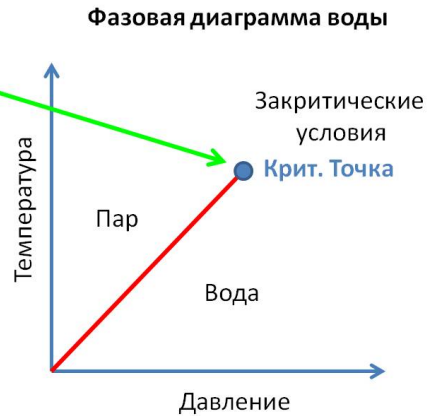
Здесь 'name' – имя фазы, заданной с помощью ключевого слова PHASES

Использование модуля BINMIXT

Упражнение: Пересчитайте Пример 7, сохраняя насыщенности, плотности и вязкости фаз.

Масштабирование относительных фазовых проницаемостей

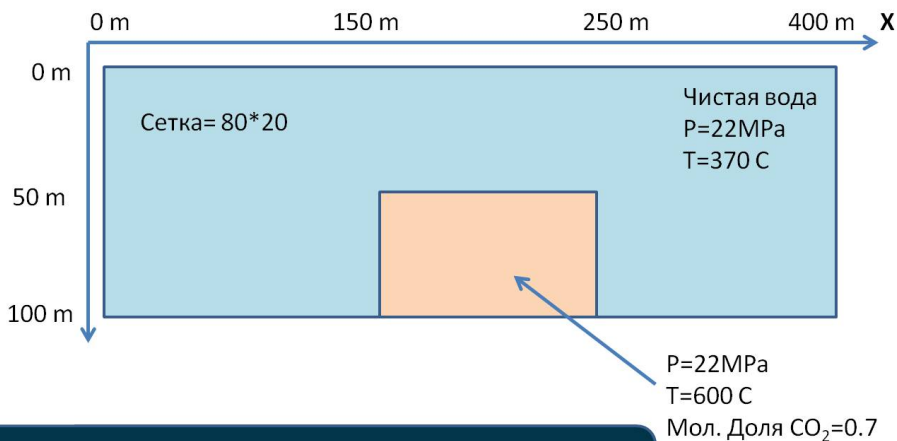
ОФП должны быть линейными функциями от насыщенности при околокритических термодинамических условиях. Симулятор может автоматически масштабировать ОФП, заданные с помощью SATTAB, при околокритических условиях. Эта опция включается ключевым словом SATCRT.



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

39

Использование модуля BINMIXT



Пересчитайте пример 7 для новых начальных условий

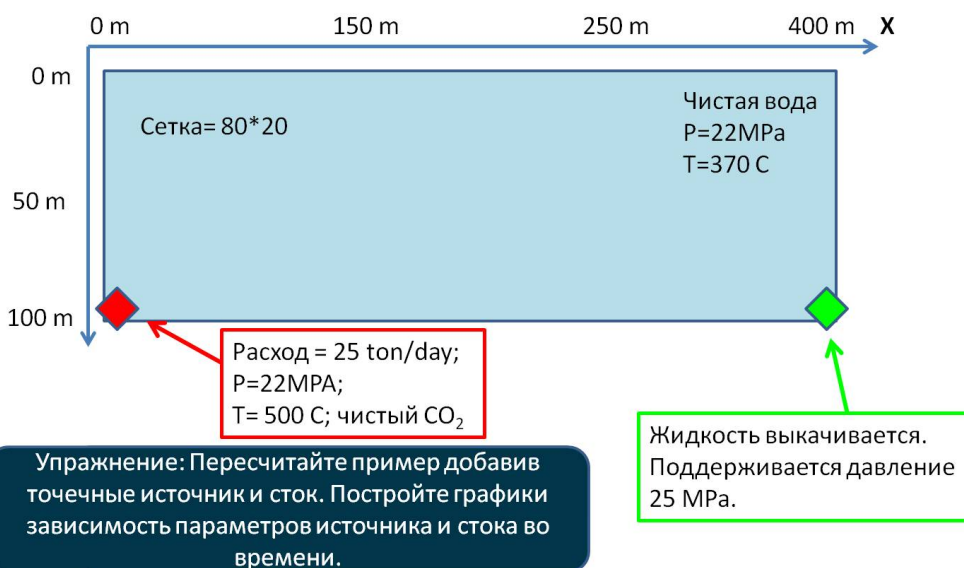
День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

40


```

96 SCHEDULE ##### SCHEDULE section begins here #####
97
98 TSTEP                We report solution every 10 days up to
99   20*10 /            200 days.
100
101 POST                ##### POST section begins here #####
102
103 CONVERT              Converting output to ParaView format.
104
105
106 RPTPOST
107   TIME COMP1T SAT#LIQ /
108
109 POSTBLOC
110   31 1 3 /
111 /
112
113 RPTPOST
114   NOTHING TIME PRES TEMPC COMP1T /
115
116 POSTBLOC
117   40 1 8 /
118 /
119
120 END                #####
    
```

Упражнение



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки


```

96 RPTSRC
97   SMIR#1 SMIR#2 SMIT#1 SMIT#2
98   SMPR#1 SMPR#2 SMPT#1 SMPT#2 /           We defined additional output for point
99                                             sources
100
101
102 SCHEDULE ##### SCHEDULE section begins here #####
103
104 SRCINJE                                     We specify that the injection rate is
105   'INJECT' MASS 1* 50. 1* 25.0 /           25 ton/days. The maximum pressure
106 /                                           50 MPa is not reached.
107
108 SRCPROD                                     We specify that the production rate
109   'PRODUCE' MASS 1* 25. 1* 1000. 1000. /  is 1000 ton/day and the minimal
110 /                                           pressure is 25 MPa
111
112 TSTEP                                       We report solution every 10 days up to
113   20*10 /                                   200 days.
114
115 POST ##### POST section begins here #####
116
117 CONVERT                                     Converting output to ParaView format.
118
119 RPTPOST
120   TIME SMIR#1 SMIR#2 SMIT#1 SMIT#2 /      We define the properties outputed by
121                                             the following POSTSRC keyword.
122 POSTSRC
123   'INJECT' /                               Saving time series data for the source.
124 /
125
126 RPTPOST
127   NOTHING TIME SMPR#1
128         SMPR#2 SMPT#1 SMPT#2 /           We define the properties outputed by
129                                             the following POSTSRC keyword.
130 POSTSRC
131   'PRODUCE' /                             Saving time series data for the sink.
132 /
133
134 END #####

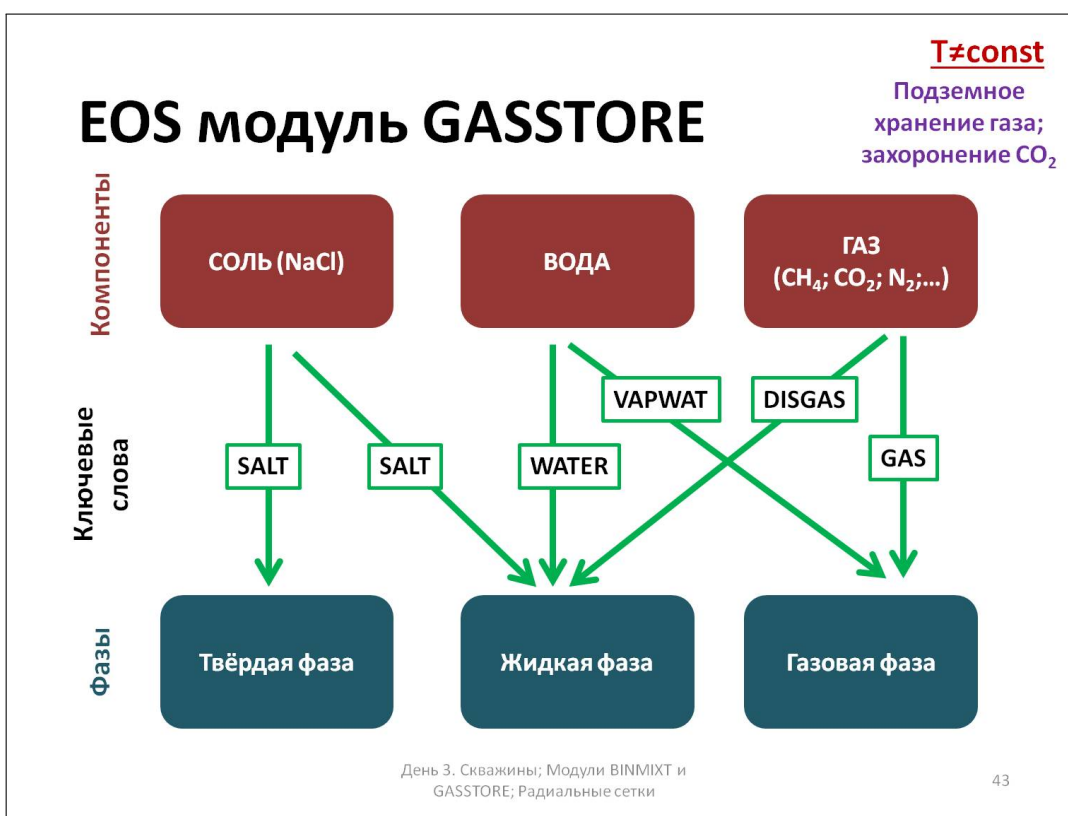
```


3.3. Модуль GASSTORE

Модуль GASSTORE

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

42



Ключевые слова и мнемоники, доступные с модулем GASSTORE

Откройте Справочное руководство и просмотрите ключевые слова и мнемоники доступные с модулем GASSTORE

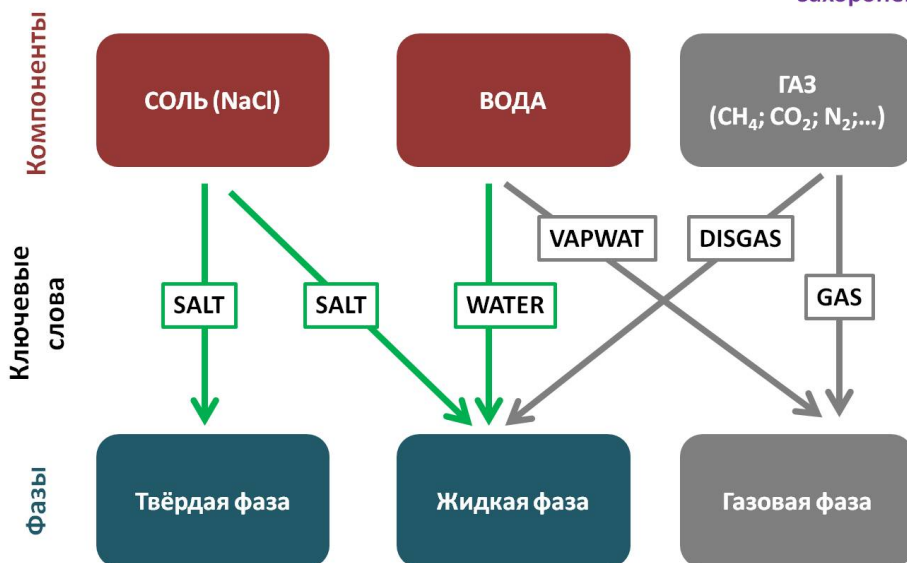
День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

44

EOS модуль GASSTORE

T≠const

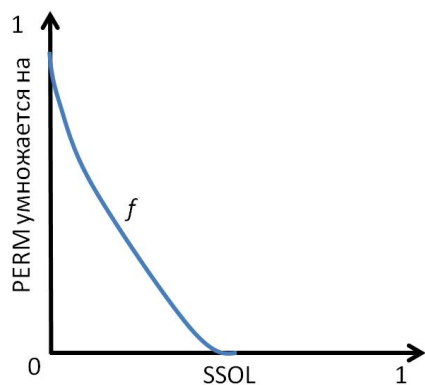
Подземное хранение газа; захоронение CO₂



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

45

Зависимость проницаемости от насыщенности соли



$$\frac{K}{K_0} = f(s_s)$$

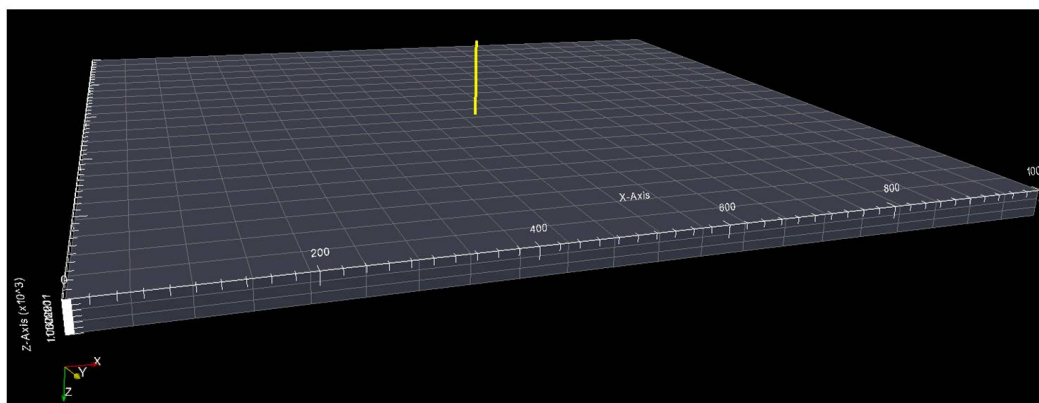
При увеличении насыщенности твёрдой фазы проницаемость K снижается.

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

46

Пример 8

В начальный момент времени пласт заполнен солёной водой. Задано начальное распределение температуры и насыщенности соли в зависимости от глубины. На глубине 1 км давление равно 110 бар.



Через скважину в течении 200 дней закачивается чистая вода с расходом 500 тон/день; максимальное забойное давление 150 бар.

День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

47

168 END

#####

Пример 8 (упражнение 1)

Ключевое слово ISOTHERM позволяет провести расчёт фильтрации, не учитывая изменение температуры.

```

1  -- in RUNSPEC section
2
3  ISOTHERM
    
```

Пересчитайте Пример 8 в изотермическом режиме

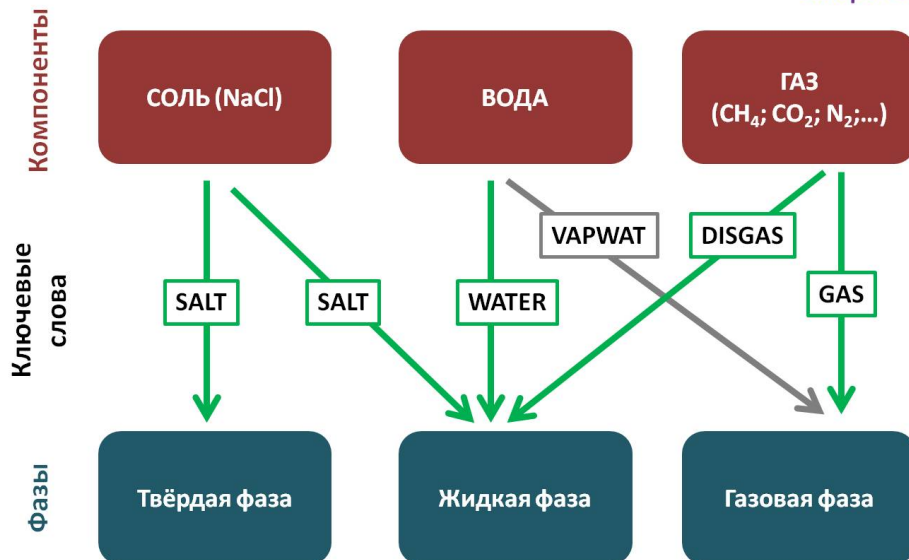
День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

49

EOS модуль GASSTORE

T≠const

Подземное хранение газа; захоронение CO₂



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки

50


```

169 WELLINJE                               Задаем, что расход закачиваемой воды
170   MYWELL OPEN MASS 1* 500. 150.0 1000 /равен 500 тон/день при максимальном
171 /                                         забойном давлении 150 бар.
172
173 TSTEP                                   Моделируем закачку воды в течении 200
174   20*10 /                               дней, сохраняя результаты каждые 10
175                                           дней.
176
177
178 EQUALNAM
179   SGAS 1.0 MYWELL /
180   SLIQ 0.0 /
181   SSOL 0.0 /
182 /
183 INITNAM
184   MYWELL /
185
186 WELLINJE                               Задаем, что расход закачиваемой воды
187   MYWELL OPEN GRAT 25000. 1* 150.0 1E5 /равен 500 тон/день при максимальном
188 /                                         забойном давлении 150 бар.
189
190 TSTEP
191   15*10 /                               Продолжаем расчёт на 150 дней.
192
193 WELLSTOP
194   MYWELL /                               Останавливаем скважину
195 /
196
197 TSTEP
198   5*10 /                               Продолжаем расчёт на 50 дней.
199
200 WELLPROD
201   MYWELL OPEN GRAT 15000. 1* 60.0 1E5 /задаем, что расход закачиваемой воды
202 /                                         /равен 500 тон/день при максимальном
203
204 TSTEP
205   15*10 /                               Продолжаем расчёт на 150 дней.
206
207 POST      ##### Начало секции POST #####
208
209 CONVERT
210                                           Конвертируем результаты расчёта в файлы,
211                                           совместимые с пакетом визуализации
212                                           ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
213                                           .pvd.
214
215 RPTPOST
216   TIME WBHP WBHTC WWIRM WWITM WGIR WGIT
217   WGPR WGPT /                               Сохраняем отчёт для скважины

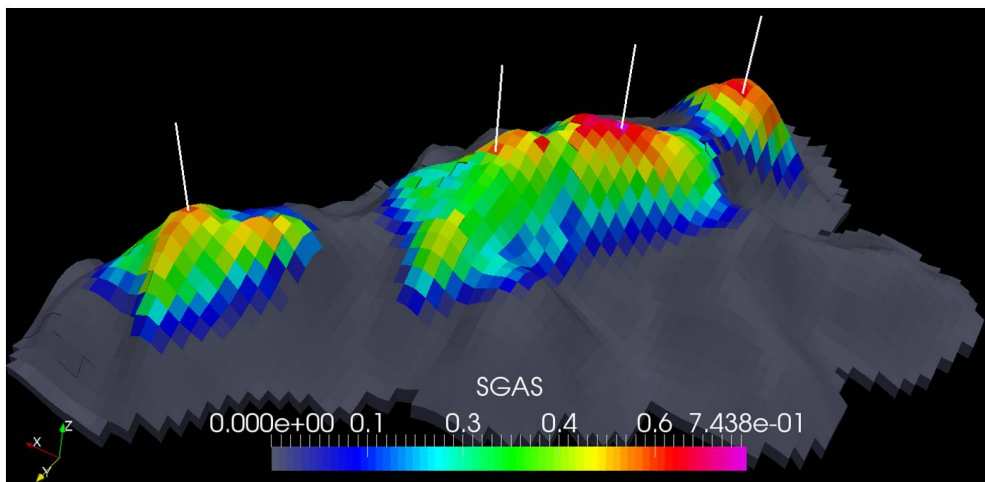
```

```

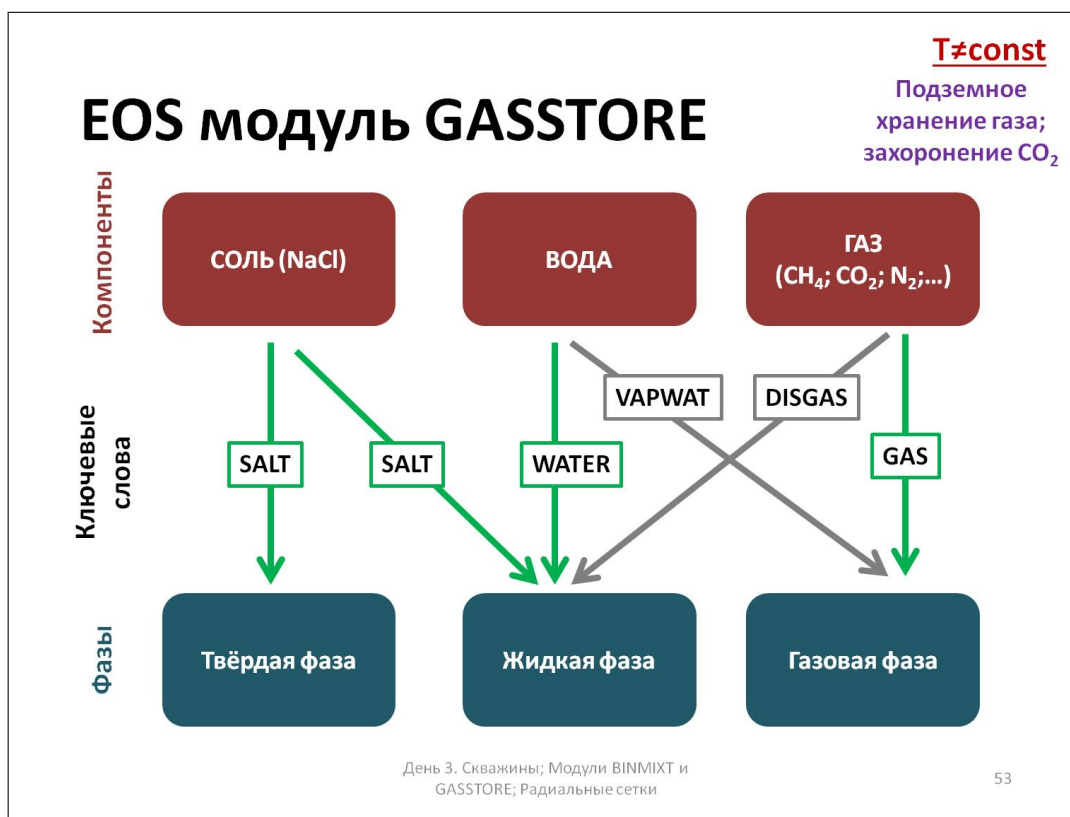
217 POSTWELL
218     MYWELL /
219 /
220
221 RPTPOST
222     NOTHING TIME FGIP FGIPL FGIPG FWIP /
223 POSTFLD
224 /
225
226 END     #####
    
```

Пример 9 (ПХГ)

Через скважины происходит циклическая закачки и отбор метана в водонасыщенный пласт. 100 дней в году (весна-лето) происходит нагнетание газа и 100 дней году (осень-зима) происходит отбор газа. Используется EOS-модуль GASSTORE.



День 3. Скважины; Модули BINMIXT и GASSTORE; Радиальные сетки



RUN-файл (Пример 9)

1. Откройте в текстовом редакторе RUN-файл (SCENARIO-B7.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результат в ParaView


```

240 RPTPOST
241   NOTHING TIME FGIR FGIT FGPR FGPT
242     FWGR FWPR FWPT FGIP FWIP
243     FGIPG FGIPL /                Сохраняем параметры для всей задачи.
244 POSTFLD
245 /
246
247 END #####
    
```

3.4. Радиальные сетки



Радиальные сетки

Число ячеек сетки вдоль каждой из осей задаётся ключевым словом **MAKE**

```

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
    
```

Выберите эту опцию

Пример 10 (T2EOS1)

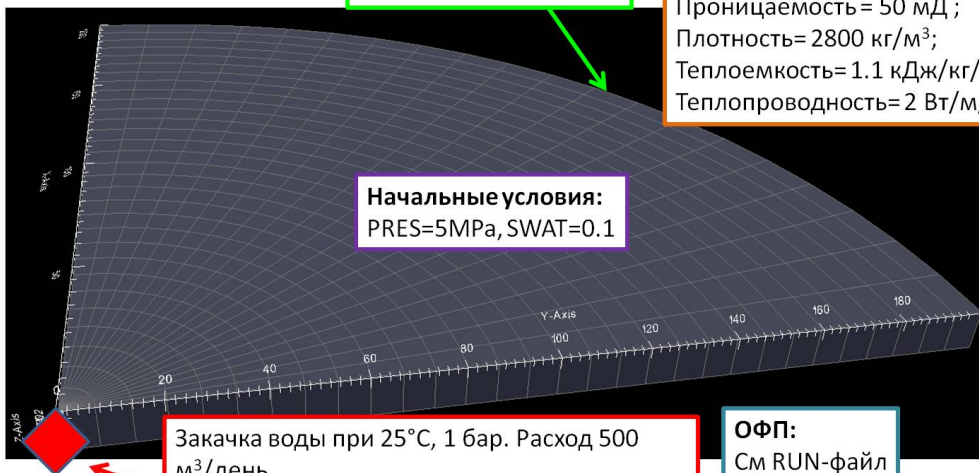
Область: $[0, 200\text{m}] * [0, \pi/2] * [500\text{m}, 510\text{m}]$
 Сетка: 30*20*1

Закачка в течении 500 дней;
 Отчет каждые 50 дней.

На границе параметры
 постоянные

Свойства породы:
 Пористость = 0.25;
 Проницаемость = 50 мД;
 Плотность = 2800 кг/м³;
 Теплоемкость = 1.1 кДж/кг/К;
 Теплопроводность = 2 Вт/м/К.

Начальные условия:
 PRES=5MPa, SWAT=0.1



Закачка воды при 25°C, 1 бар. Расход 500 м³/день.

ОФП:
 См RUN-файл


```

121 POST      ##### POST section begins here #####
122
123 CONVERT      We convert the output to ParaView
124              compatible format.
125
126 END      #####

```

Радиальные сетки

Границы расчётной области задаются ключевым словом **RTZBOUND**

```

----- RTZBOUND syntax -----
1  -- within MAKE/ENDMAKE brackets.
2
3  RTZBOUND
4      rmin rmax  tmin tmax  zmin zmax  rincr tincr zincr /
5
6  =====
7
8      rmin/rmax - the domain boundaries along axis r (rmin<rmax)
9      tmin/tmax - the domain boundaries along axis theta (tmin<tmax) [rad]
10     zmin/zmax - the domain boundaries along axis z (zmin<zmax)
11     rincr    - the increment of the grid block sizes along axis R. With
12               increasing i-index every next grid block is rincr times larger
13               then the previous block;
14     tincr    - the increment of the grid block sizes along axis Theta. With
15               increasing j-index every next grid block is tincr times larger
16               then the previous block;
17     zincr    - the increment of the grid block sizes along axis Z. With
18               increasing k-index every next grid block is zincr times larger

```

Упражнение: пересчитайте Пример 10 используя диапазон угловой координаты $[0, \pi/4]$

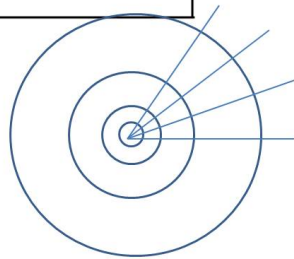
Радиальные сетки

Размеры ячеек сетки вдоль каждой из осей могут быть изменены с помощью ключевых слов **DRV**, **DTHETAV**, **DZV**

```

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

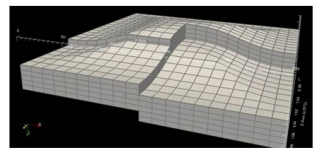
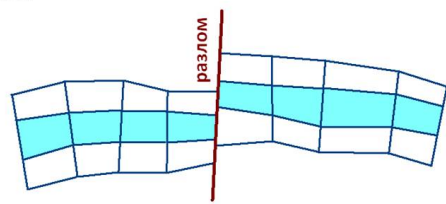
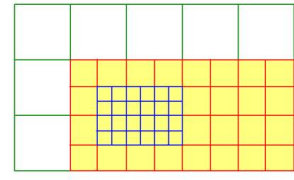
Упражнение: Пересчитайте Пример 10, измельчив сетку вблизи скважины.



Завтра

$$A = \int_{domain} a dV$$

- Модуль SIMPLMOD
- Интегральные параметры
- Локальное измельчение сетки
- Сетки в геометрии угловой точки
- Разломы



Тренинг по пакету программ MUFITS

День 4

Модуль SIMPLMOD; Интегральные
параметры; Локальное измельчение сетки;
Сетки в геометрии угловой точки; Разломы

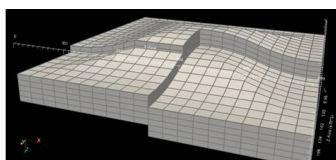
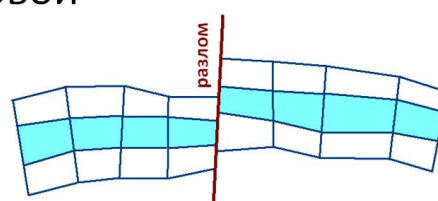
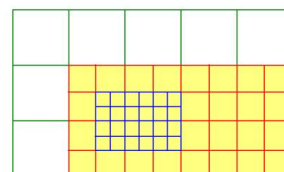
День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

1

Программа

$$A = \int_{domain} a dV$$

- Модуль SIMPLMOD
- Интегральные параметры
- Локальное измельчение сетки
- Сетки в геометрии угловой точки
- Разломы



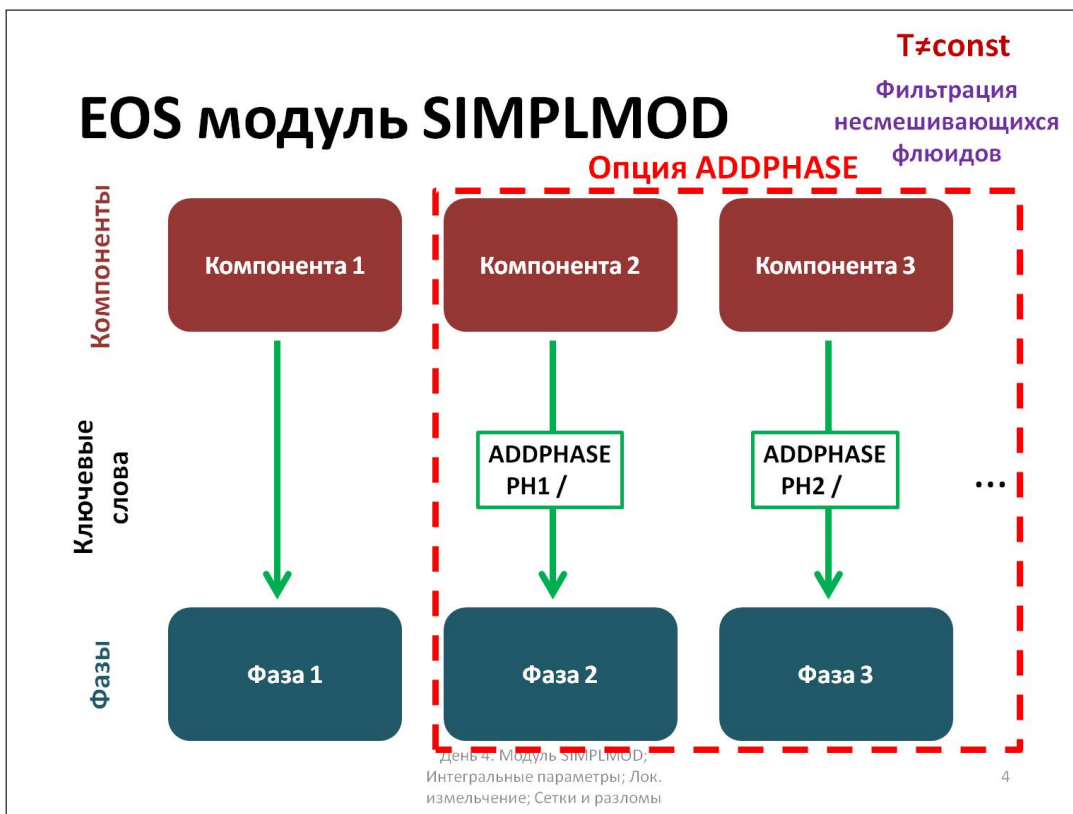
День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

4.1. Модуль SIMPLMOD и опция ADDPHASE

Модуль SIMPLMOD и опция ADDPHASE

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

3



Ключевое слово ADDPHASE

Позволяет добавить в расчёт дополнительную фазу, не смешивающуюся с фазами EOS модуля

```

1  -- in RUNSPEC section
2
3  ADDPHASE
4    phasename /
5
6  =====
7
8  phasename - name of the phase (component). Only first 4 characters are
9             significant.
    
```

Мнемоника	Описание
SAT%name	Насыщенность дополнительной фазы
DEN%name	Плотность дополнительной фазы
VIS%name	Вязкость дополнительной фазы

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

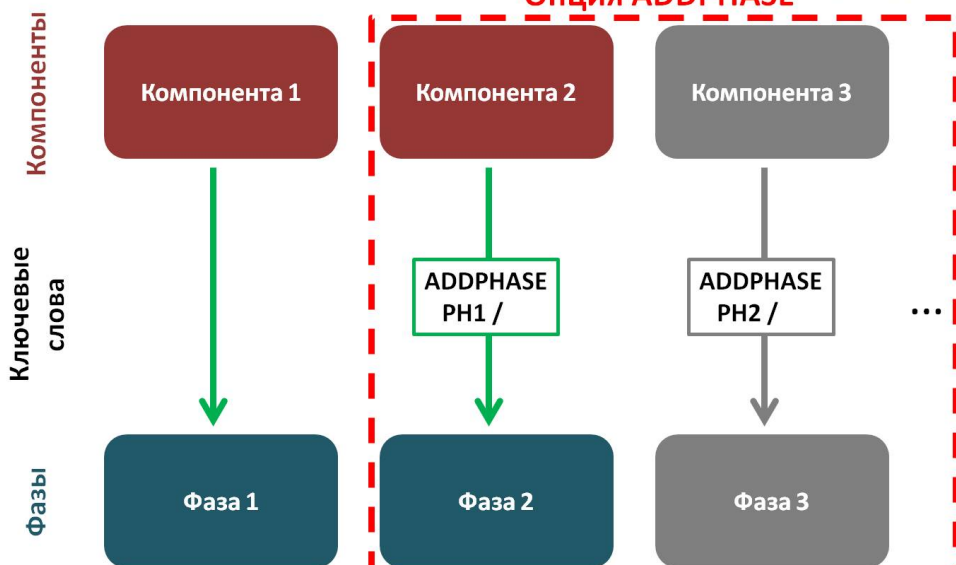
5

EOS модуль SIMPLMOD

T≠const

Фильтрация
несмешивающихся
флюидов

Опция ADDPHASE



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

6

Ключевое слово DENTAB

Задаёт зависимость плотности от давления и температуры.

```

----- DENTAB syntax -----
1 -- within EOS-ENDEOS, or PVT-ENDPVT brackets, or in the PROPS section
2
3 DENTAB
4     temp1 temp2 temp3 ... /
5 pres1 den11 den12 den13 ... /
6 pres2 den21 den22 den23 ... /
7 pres3 den31 den32 den33 ... /
8 ...   ...   ...   ...   ... /
9 /
10
11 =====
12
13     temp# - temperature (degree Kelvin);
14     pres$ - pressure;
15     den$# - density for a given pressure (pres$) and temperature (temp#).

```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

7

Ключевое слово VISTAB

Задаёт зависимость вязкости от давления и температуры.

```

----- VISTAB syntax -----
1 -- within EOS-ENDEOS, or PVT-ENDPVT brackets, or in the PROPS section
2
3 VISTAB
4     temp1 temp2 temp3 ... /
5 pres1 vis11 vis12 vis13 ... /
6 pres2 vis21 vis22 vis23 ... /
7 pres3 vis31 vis32 vis33 ... /
8 ...   ...   ...   ...   ... /
9 /
10
11 =====
12
13     temp# - temperature (K);
14     pres$ - pressure;
15     vis$# - viscosity for a given pressure (pres$) and temperature (temp#).

```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

8

Ключевое слово ENTHTAB

Задаёт зависимость удельной энтальпии от давления и температуры.

```

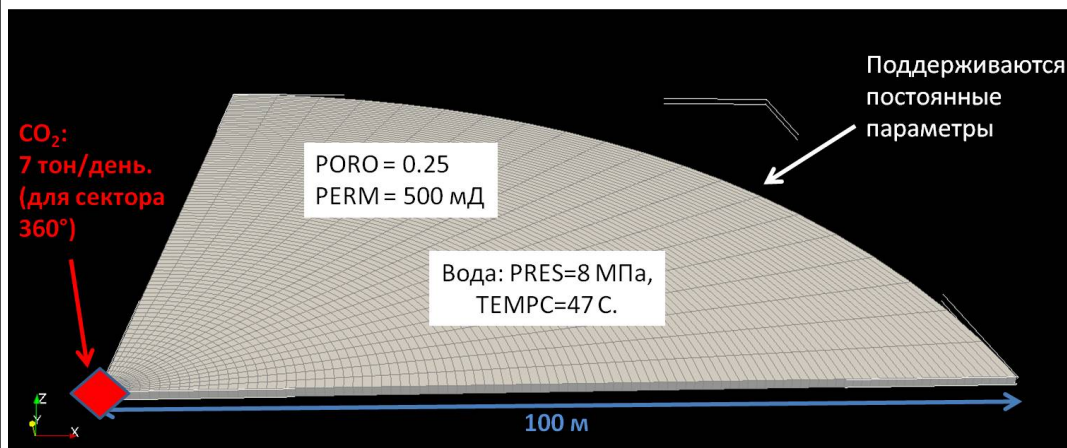
1  -- within EOS-ENDEOS, or PVT-ENDPVT brackets, or in the PROPS section
2
3  ENTHTAB
4      temp1 temp2 temp3 ... /
5  pres1 enth11 enth12 enth13 ... /
6  pres2 enth21 enth22 enth23 ... /
7  pres3 enth31 enth32 enth33 ... /
8  ...   ...   ...   ...   ... /
9  /
10
11 -----
12
13      temp# - temperature (degree Kelvin);
14      pres$ - pressure;
15      enth$# - specific enthalpy for a given pressure (pres$) and
16              temperature (temp#).
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

9

Пример 11

Осесимметричное течение, от скважины, закачивающей CO₂ в водонасыщенный пласт.



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

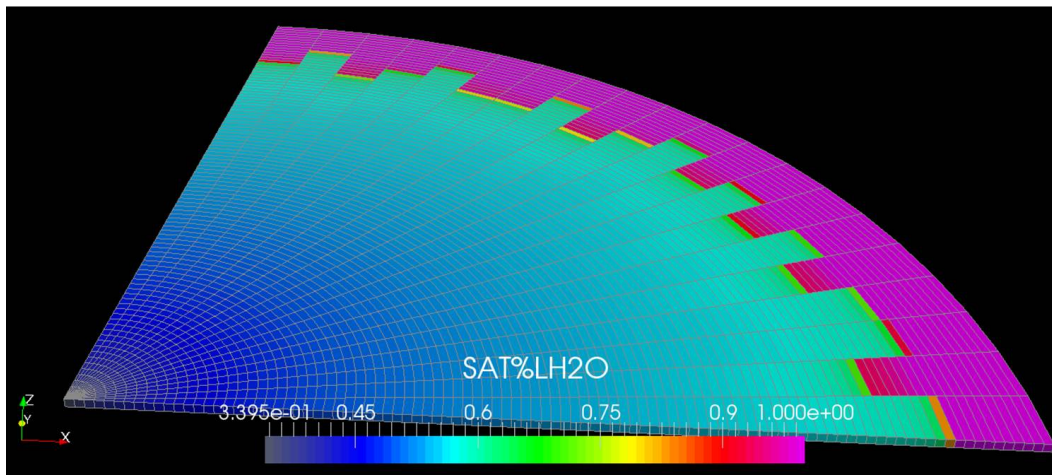
10


```

169 'SRC*' MASS 1* 30. 1* 0.0875 / тон/день.
170 /
171
172 TUNING Максимальный шаг 0.1 дней.
173 1* 0.1 0.05 /
174 TIME Продолжаем расчёт до момента 6.25 дней.
175 6.25 /
176
177 TUNING Максимальный шаг 0.1 дней.
178 1* 0.25 0.05 /
179 TIME
180 12.5 / Продолжаем расчёт до момента 12.5 дней.
181
182 TUNING
183 1* 0.5 0.05 / Максимальный шаг 0.5 дней.
184 TIME
185 25 / Продолжаем расчёт до момента 25 дней.
186
187 TUNING
188 1* 1 0.05 / Максимальный шаг 1 день.
189 TIME
190 50 100 / Продолжаем расчёт до момента 100 дней.
191
192 POST ##### Начало секции POST #####
193
194 CONVERT Конвертируем результаты расчёта в файлы,
195 совместимые с пакетом визуализации
196 ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
197 .pvd.
198
199 END #####

```

Результат (пример 11)



Передний фронт вытеснения неустойчив. В результате образуются «пальцы». Разрешения сетки недостаточно для того чтобы их надёжно рассчитать.

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

12

Пример 11 (упражнение 1)

Упражнение: Пересчитайте Пример 11, учитывая неизотермические процессы

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

13

Пример 11 (упражнение 2)

Упражнение: Пересчитайте Пример 11, используя модуль GASSTORE и учитывая растворение CO₂ в пластовой воде

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

14

Пример 11 (RUN-файл; упраж. 2)

1. Откройте RUN-файл в текстовом редакторе (SCENARIO-B11.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

15


```

144 SGAS 1.0 / - насыщенность газа 1.
145 SLIQ 0.0 /
146 /
147
148 RPTSUM В каждый отчётный момент времени
149 PRES TEMPC SLIQ SGAS XGM / сохраняем распределение данных
150 параметров.
151
152 SCHEDULE ##### Начало секции SCHEDULE #####
153
154 ILUTFILL Настраиваем линейный солвер.
155 4 /
156 ILUTDROP
157 1E-4 /
158
159 REPORTS Никаких отчётов в ЛОГ-файле.
160 NOTHING /
161
162 SRCINJE Расход CO2 через каждый источник 0.0875
163 'SRC*' MASS 1* 30. 1* 0.0875 / тон/день.
164 /
165
166 TUNING Максимальный шаг 0.1 дней.
167 1* 0.1 0.05 /
168 TIME Продолжаем расчёт до момента 6.25 дней.
169 6.25 /
170
171 TUNING Максимальный шаг 0.1 дней.
172 1* 0.25 0.05 /
173 TIME
174 12.5 / Продолжаем расчёт до момента 12.5 дней.
175
176 TUNING Максимальный шаг 0.5 дней.
177 1* 0.5 0.05 /
178 TIME
179 25 / Продолжаем расчёт до момента 25 дней.
180
181 TUNING Максимальный шаг 1 день.
182 1* 1 0.05 /
183 TIME
184 50 100 / Продолжаем расчёт до момента 100 дней.
185
186 POST ##### Начало секции POST #####
187
188 CONVERT Конвертируем результаты расчёта в файлы,
189 совместимые с пакетом визуализации
190 ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
191 .pvd.

```

```
192 |  
193 | END #####
```

4.2. Интегральные параметры

Интегральные параметры

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

16

Регионы FIPNUM

Регионы **FIPNUM** могут использоваться для того чтобы

- Вычислить среднее значение в области (например, среднее давление или среднюю температуру);
- Проинтегрировать величину в области (например, вычислить массу заданной компоненты в области);
- Вычислить параметры на границе между областями (например, вычислить потоки между областями).

Для использования регионов **FIPNUM** необходимо

1. Задать регионы в секции **GRID** или **INIT** используя мнемонику **FIPNUM** (по умолчанию во всех ячейках **FIPNUM=1**).
2. Задать параметры, которые необходимо вычислить с помощью ключевого слова **RPTFIP**.

В секции **POST** можно создать консолидированный отчёт для регионов **FIPNUM** с помощью ключевых слов **POSTFPCE** и **POSTFPCO**.

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

17

Ключевое слово RPTFIP

Выходные данные для регионов FIPNUM задаются ключевым словом RPTFIP

```

1  -- in INIT or SCHEDULE section
2
3  RPTFIP
4      mnemonic1 mnemonic2 mnemonic3 ... /
5
6  =====
7
8      mnemonic# - is the mnemonic of a property saved in the files *.0000.SUM,
9                  *.0001.SUM, *.0002.SUM, etc for fluid-in-place regions.
10                 If one of the mnemonics is ASCII then the formatted file is
11                 saved. Mnemonic NOTHING clears the report list.

```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

18

Ключевое слово POSTFPCE

С помощью ключевого слово POSTFPCE можно создать консолидированный отчет для области FIPNUM

```

----- POSTFPCE syntax -----
1  -- in POST section
2
3  POSTFPCE
4    fipnum1 filename1 /
5    fipnum2 filename2 /
6    fipnum3 filename3 /
7    ...
8  /
9
10 =====
11
12    fipnum# - the fluid-in-place region number for which the output is
13             required;
14    filename# - output file name (if not specified the program uses default
15             naming convention).

```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

19

Ключевое слово POSTFPCO

С помощью ключевого слово POSTFPCE можно создать консолидированный отчет для границы между двумя областями FIPNUM.

```

----- POSTFPCO syntax -----
1  -- in POST section
2
3  POSTFPCO
4    fipnuma1 fipnumb1 filename1 /
5    fipnuma2 fipnumb2 filename2 /
6    fipnuma3 fipnumb3 filename3 /
7    ...
8  /
9
10 =====
11
12    fipnuma# - two fluid-in-place region numbers for which the output is
13             -fipnumb# required. The flow rate is reported in the direction
14             from fipnuma# to fipnumb#.
15    filename# - output file name (if not specified the program uses default
16             naming convention).

```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

20


```

169
170 RPTFIP
171   MASS#1 MASS#2 FLUX#1 FLUX#2 /           Для регионов FIPNUM вычисляем массы
172                                           первой (CO2) и второй (H2O) компоненты,
173                                           а для границ между областями потоки
174                                           компонент.
175
176
177 SCHEDULE   ##### Начало секции SCHEDULE #####
178
179 ILUTFILL           Настраиваем линейный солвер.
180   4 /
181 ILUTDROP
182   1E-4 /
183
184 REPORTS           Никаких отчётов в ЛОГ-файле.
185   NOTHING /
186
187 SRCINJE           Расход CO2 через каждый источник 0.0875
188   'SRC*' MASS 1* 30. 1* 0.0875 /       тон/день.
189 /
190
191 TUNING           Максимальный шаг 0.1 дней.
192   1*           0.1           0.05 /
193 TIME           Продолжаем расчёт до момента 6.25 дней.
194   6.25 /
195
196 TUNING           Максимальный шаг 0.1 дней.
197   1*           0.25           0.05 /
198 TIME           Продолжаем расчёт до момента 12.5 дней.
199   12.5 /
200
201 TUNING           Максимальный шаг 0.5 дней.
202   1*           0.5           0.05 /
203 TIME           Продолжаем расчёт до момента 25 дней.
204   25 /
205
206 TUNING           Максимальный шаг 1 день.
207   1*           1           0.05 /
208 TIME           Продолжаем расчёт до момента 100 дней.
209   50 100 /
210
211 POST           ##### Начало секции POST #####
212
213 CONVERT           Конвертируем результаты расчёта в файлы,
214                                           совместимые с пакетом визуализации
215                                           ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
216                                           .pvd.

```

```

217
218 RPTPOST
219   TIME MASS#1 MASS#2 /
220 POSTFPCE                               Сохраняем консолидированные отчёты для
221   1 /                                   областей FIPNUM.
222   2 /
223   3 /
224   4 /
225 /
226
227 RPTPOST
228   NOTHING TIME FLUX#1 FLUX#2 /         Сохраняем консолидированные отчёты для
229 POSTFPCO                               границ между областями FIPNUM.
230   1 2 /
231   2 3 /
232   3 4 /
233   4 5 /
234 /
235
236
237 END #####

```

4.3. Локальное измельчение сетки

Локальное измельчение сетки

День 4. Модуль SIMPLMOD;
 Интегральные параметры; Лок.
 измельчение; Сетки и разломы

22

Пример 12 интерпретация

Рассчитайте 100000 дней, сохраняя распределения каждые 100 дней.

Сетка : 30*5. EOS-модуль: BINMIXT

Свойства породы:
 Пористость = 0.25;
 Проницаемость = 100 мД;
 Плотность = 2900 kg/m³;
 Теплоемкость = 0.84 kJ/kg/K;
 Теплопроводность = 2 W/m/K.

ОФП:
 Brooks & Corey, $s_{min} = 0.2$
 $s_{max} = 0.95$

День 4. Модуль SIMPLMOD;
 Интегральные параметры; Лок.
 измельчение; Сетки и разломы

23

RUN-файл (пример 12)

1. Откройте RUN-файл в текстовом редакторе (SCENARIO-B12.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView

День 4. Модуль SIMPLMOD;
 Интегральные параметры; Лок.
 измельчение; Сетки и разломы

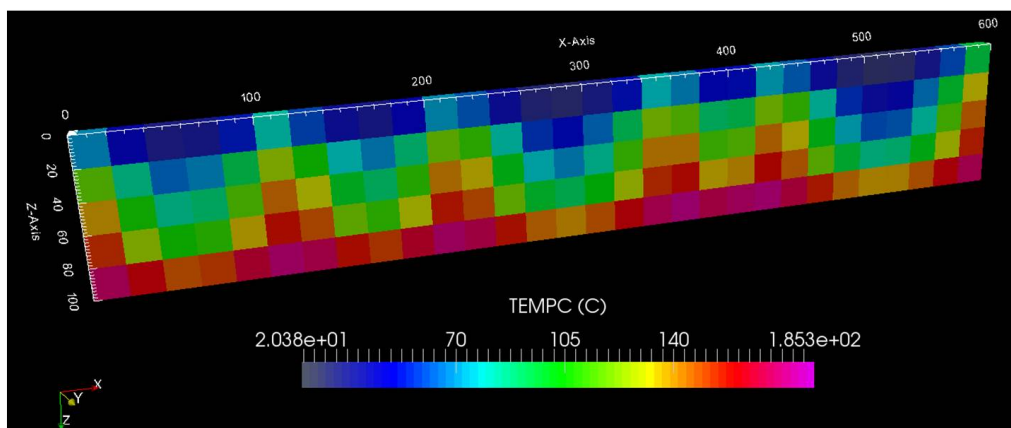
24


```

96 RPTSUM
97   PRES TEMPC PHST SAT#LIQ SAT#GAS / We specify the properties saved at every
98     report time.
99
100 SCHEDULE ##### SCHEDULE section begins here #####
101
102 TUNING                               We specify that the maximal timestep is 1000 days
103   1* 1000 0.1 /                       and the initial timestep is 0.1 days.
104
105 TSTEP                                 We advance simulation to 100000 days reporting
106   100*1000 /                           distributions every 1000 days.
107
108 POST ##### POST section begins here #####
109
110 CONVERT                               We convert the output to ParaView
111                                         compatible format.
112
113 END #####

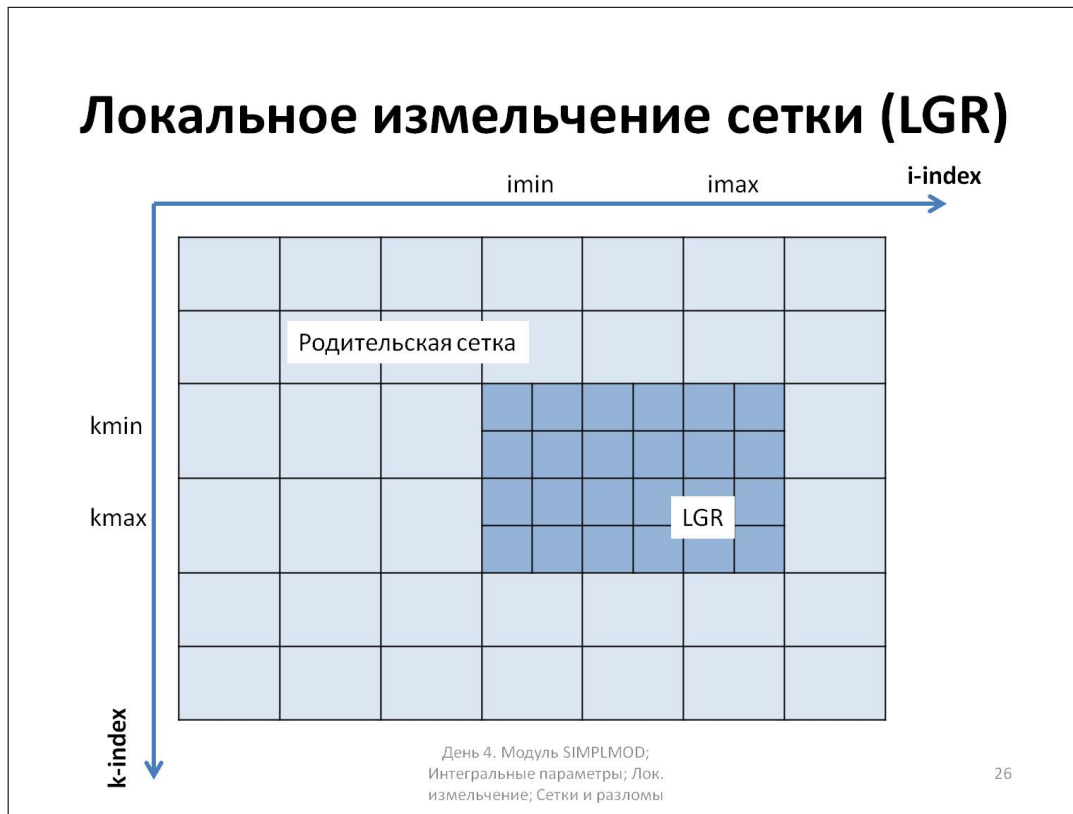
```

Результат (пример 12)



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

25



Ключевое слово CARFIN

Ключевое слово **CARFIN** позволяет задать локальное измельчение сетки

```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
2
3  CARFIN
4  name imin imax jmin jmax kmin kmax nx ny nz parent /
5
6  =====
7
8  name      - name of the refined grid;
9  imin/imax - the boundaries of the refined grid along i-index direction
10             in the parent grid;
11  jmin/jmax - the boundaries of the refined grid along j-index direction
12             in the parent grid;
13  kmin/kmax - the boundaries of the refined grid along j-index direction
14             in the parent grid;
15  nx        - the number of grid blocks in the refined grid along i-index
16             direction;
17  ny        - the number of grid blocks in the refined grid along j-index
18             direction;
19  nz        - the number of grid blocks in the refined grid along k-index
20             direction;
21  parent    - the parent grid name.
22
  
```

день 4. модуль SIMPLMOD,
 Интегральные параметры; Лок.
 измельчение; Сетки и разломы

27

Ключевые слова REFINE и ENDFIN

Ключевое слово **REFINE** позволяет выбрать активную сетку. Оно влияет на ключевое слово **BOX** и загрузку массивов. Ключевое слово **CARFIN** делает созданную сетку активной.

```

1  -- in every section except RUNSPEC and POST
2
3  REFINE
4     gridname resname /
5
6  =====
7
8     gridname - grid name (8-byte character);
9     resname  - the name of reservoir in which the grid is defined.
    
```

Ключевое слово **ENDFIN** делает активной родительскую сетку, содержащую всю расчётную область.

```

1  -- in every section except RUNSPEC and POST
2
3  ENDFIN
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

28

Локальное измельчение сетки

Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя следующую сетку



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

29

Ответ

```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
2
3  CARFIN
4  LGR1  1  6  1  1  2  4    6  1  9  /
5  CARFIN
6  LGR2  15 21  1  1  4  5    7  1  4  /
7  ENDFIN

```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

30

Вложенные измельчения

Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя следующую сетку



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

31

Лок. измельчение; Загрузка массивов

Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя следующее распределение проницаемости



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Лок. измельчение; Загрузка массивов (Ответ)

```

1  -- in GRID section
2
3  ENDFIN
4  EQUALS
5      PERMX 100 /
6  /
7  REFINE
8      LGR1 /
9  EQUALS
10     PERMX 50  4*    2*2 /
11     PERMX 30  2 4 2*  2*8 /
12 /
13 REFINE
14     LGR2 /
15 EQUALS
16     PERMX 30  2 6 2*  2*2 /
17 /
18 ENDFIN
19 COPY
20     PERMX PERMZ /
21 /
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Локальное измельчение сетки

Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя в 2 раза более плотную сетку и не изменяя аргументы ключевого слова MAKE.

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

34

Более сложные измельчения

Более сложные измельчения сетки можно задать с помощью ключевых слов NXFIN, NYFIN, HZFIN, NXFIN, NYFIN, NZFIN (см. Справочное руководство).

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

35

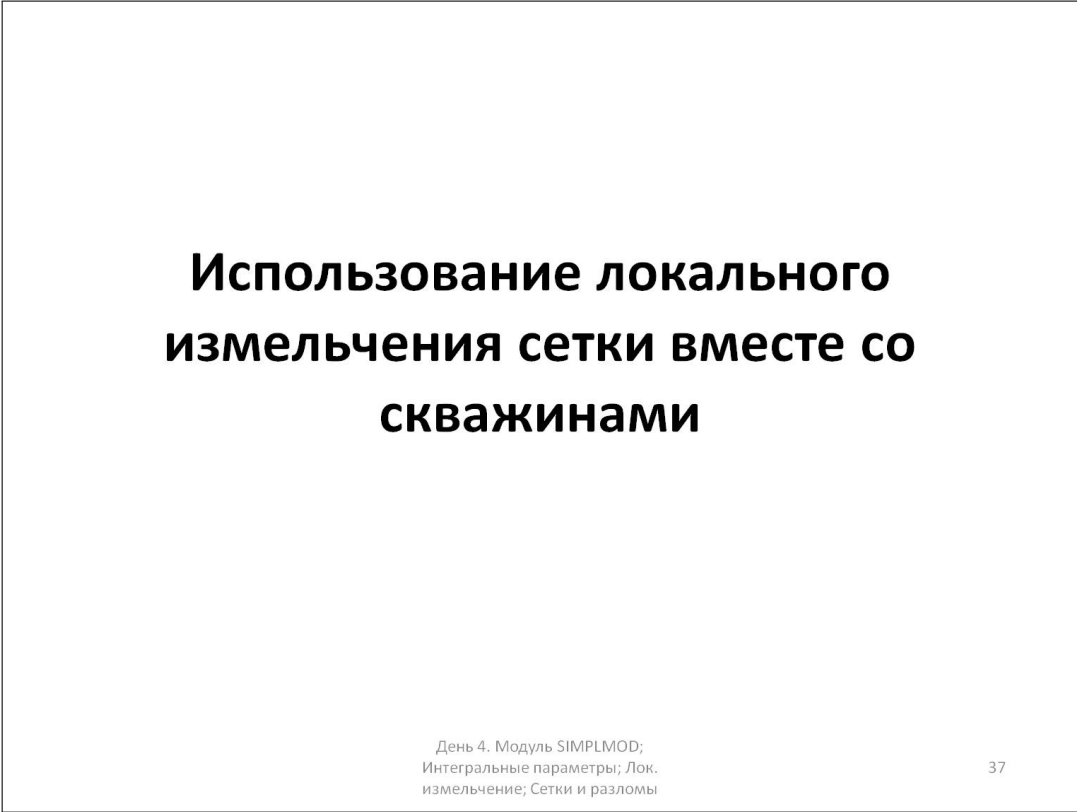

```

169 /
170
171 RPTSUM                               В каждый отчётный момент времени
172   PRES TEMPC SAT%LH2O FIPNUM /      сохраняем распределение данных
173                                     параметров.
174
175 RPTFIP
176   MASS#1 MASS#2 FLUX#1 FLUX#2 /     Для регионов FIPNUM вычисляем массы
177                                     первой (CO2) и второй (H2O) компоненты,
178                                     а для границ между областями потоки
179                                     компонент.
180
181
182 SCHEDULE ##### Начало секции SCHEDULE #####
183
184 ILUTFILL                               Настраиваем линейный солвер.
185   4 /
186 ILUTDROP
187   1E-4 /
188
189 REPORTS                               Никаких отчётов в ЛОГ-файле.
190   NOTHING /
191
192 SRCINJE                               Расход CO2 через каждый источник 0.0875
193   'SRC*' MASS 1* 30. 1* 0.0875 /    тон/день.
194 /
195
196 TUNING                               Максимальный шаг 0.1 дней.
197   1*      0.1      0.05      /
198 TIME
199   6.25 /
200
201 TUNING                               Максимальный шаг 0.1 дней.
202   1*      0.25     0.05      /
203 TIME
204   12.5 /
205
206 TUNING                               Максимальный шаг 0.5 дней.
207   1*      0.5      0.05      /
208 TIME
209   25 /
210
211 TUNING                               Максимальный шаг 1 день.
212   1*      1        0.05      /
213 TIME
214   50 100 /
215
216 POST ##### Начало секции POST #####

```

```
217
218 CONVERT                               Конвертируем результаты расчёта в файлы,
219                                       совместимые с пакетом визуализации
220                                       ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
221                                       .pvd.
222
223 RPTPOST
224   TIME MASS#1 MASS#2 /
225 POSTFPCE                               Сохраняем консолидированные отчёты для
226   1 /                                   областей FIPNUM.
227   2 /
228   3 /
229   4 /
230 /
231
232 RPTPOST
233   NOTHING TIME FLUX#1 FLUX#2 /         Сохраняем консолидированные отчёты для
234 POSTFPCO                               границ между областями FIPNUM.
235   1 2 /
236   2 3 /
237   3 4 /
238   4 5 /
239 /
240
241
242 END #####
```

4.4. Использование локального измельчения сетки вместе со скважинами

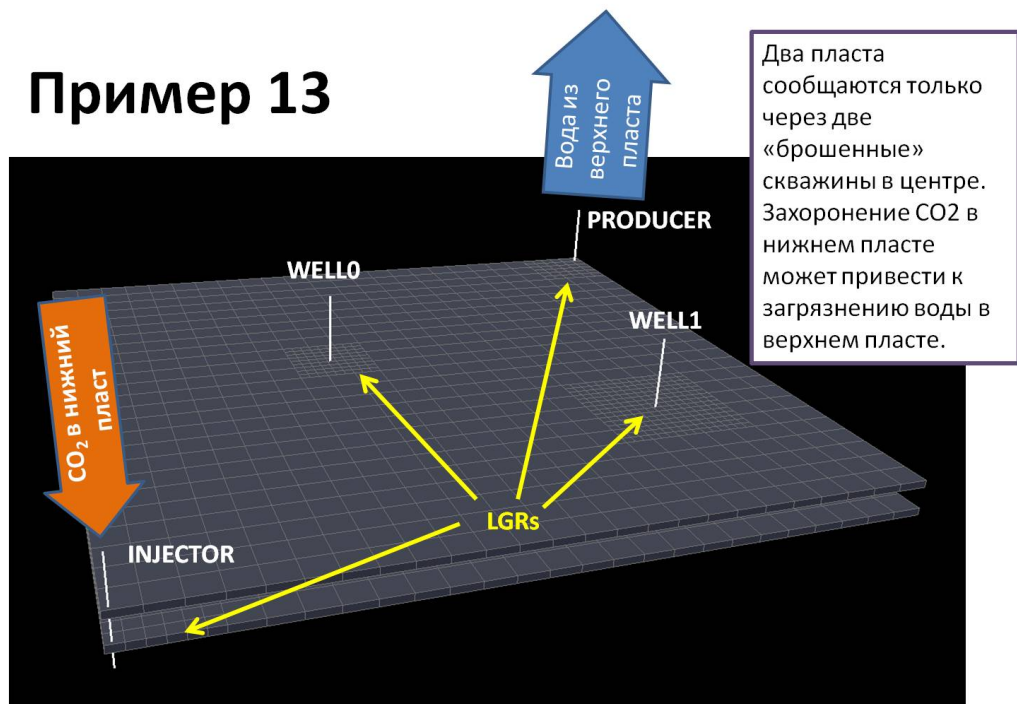


**Использование локального
измельчения сетки вместе со
скважинами**

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

37

Пример 13



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

38

RUN-файл (пример 13)

1. Откройте RUN-файл в текстовом редакторе (SCENARIO-B13.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

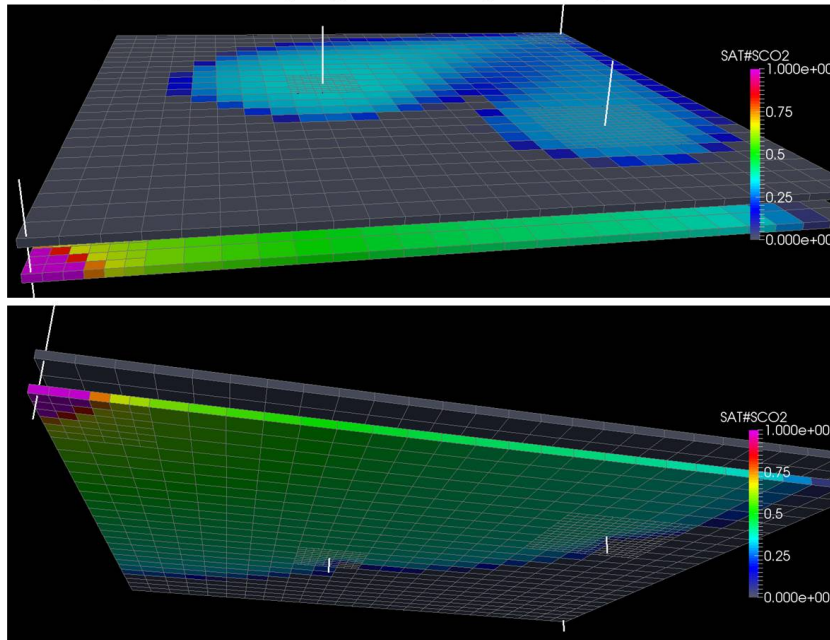
39


```

192 100*100 / at every 100 days.
193
194 POST #####
195
196 CONVERT We convert the output to ParaView
197 compatible format.
198
199 RPTPOST
200 TIME WBHP WBHTC WMPR#2 WMPT#2
201 WMPR#1 WMPT#1 / We define the properties outputed from
202 THE following POSTWELL keyword.
203
204 POSTWELL We save consolidated time series
205 PRODUCER / report for PRODUCER.
206 /
207
208 RPTPOST
209 NOTHING TIME WBHP WBHTC
210 WMIR#1 WMIT#1 / We define the properties outputed from
211 the following POSTWELL keyword. NOTHING
212 entry clears the output list.
213
214 POSTWELL We save consolidated time series reports
215 INJECTOR / for injection well.
216 /
217
218 END #####

```

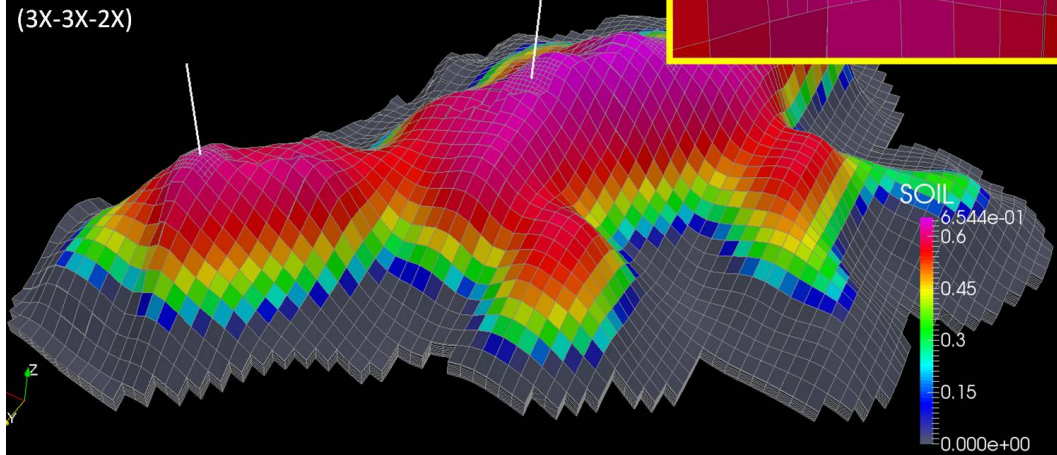
Результат (пример 13)



40

Пример 14 (развитие примеров 3 и 6)

Пересчитайте пример 6, задав в области скважин локальное измельчение сетки (3X-3X-2X)



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

41


```

73 -- well      i-  j-  datum
74 --      name      ind  ind  depth
75 -----
76      PROD1 1*   5   5  /
77 -----
78 /
79 COMPDAT
80 -----
81 -- well      i-  j-  k-  k-  mode satnum  explicit  well
82 --      name  ind  ind  min  max              tran  diameter
83 -----
84      PROD1 1*   1*   3   14  OPEN   1*     1*     0.2  /
85 -----
86 /
87
88 CARFIN
89  LGR2    31 33  38 40  1 8   9 9  16 /  Скважина PROD2.
90 WELSPECS
91 -----
92 -- well      i-  j-  datum
93 --      name      ind  ind  depth
94 -----
95      PROD2 1*   5   5  /
96 -----
97 /
98
99 COMPDAT
100 -----
101 -- well      i-  j-  k-  k-  mode satnum  explicit  well
102 --      name  ind  ind  min  max              tran  diameter
103 -----
104      PROD2 1*   1*   3   14  OPEN   1*     1*     0.2  /
105 -----
106 /
107
108 CARFIN
109  LGR3    38 40  30 32  1 8   9 9  16 /  Скважина PROD3.
110 WELSPECS
111 -----
112 -- well      i-  j-  datum
113 --      name      ind  ind  depth
114 -----
115      PROD3 1*   5   5  /
116 -----
117 /
118 COMPDAT
119 -----
120 -- well      i-  j-  k-  k-  mode satnum  explicit  well

```



```

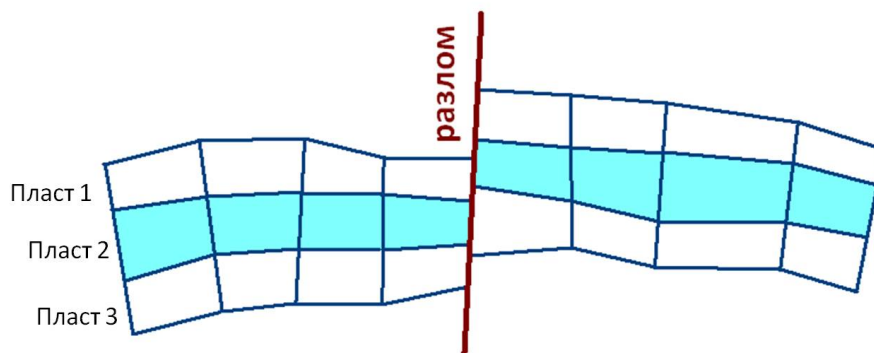
265 POSTWELL
266   'PROD*' /
267 /
268
269 RPTPOST
270   NOTHING TIME FOIP FOPR
271       FOPT FWPR FWPT FWCT /           Сохраняем параметры для всей задачи.
272 POSTFLD
273 /
274
275 END #####

```

4.5. Сетки в формате угловой точки

Сетки в формате «угловой точки»

Сетки в формате «угловой точки»



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

44

Сетки в формате «угловой точки»

```

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

```

Выберите эту опцию

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

45

CARTesian/RADIAL to CORNER

Симулятор автоматически конвертирует декартовые и радиальные сетки в формат «угловой точки» внутри скобок MAKE-ENDMAKE. Можно экспортировать сетку, используя ключевое слово SAVECPG.

Ключевое слово SAVECPG имеет следующий синтаксис.

```

1  ----- SAVECPG syntax -----
2  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
3  SAVECPG
4  filename imin imax jmin jmax kmin kmax /
5
6  =====
7
8  filename - output file name
9  imin/imax - the boundaries of the box along i-index axis, for which the
10             grid file is saved.
11  jmin/jmax - the boundaries of the box along j-index axis, for which the
12             grid file is saved.
13  kmin/kmax - the boundaries of the box along k-index axis, for which the
14             grid file is saved.
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

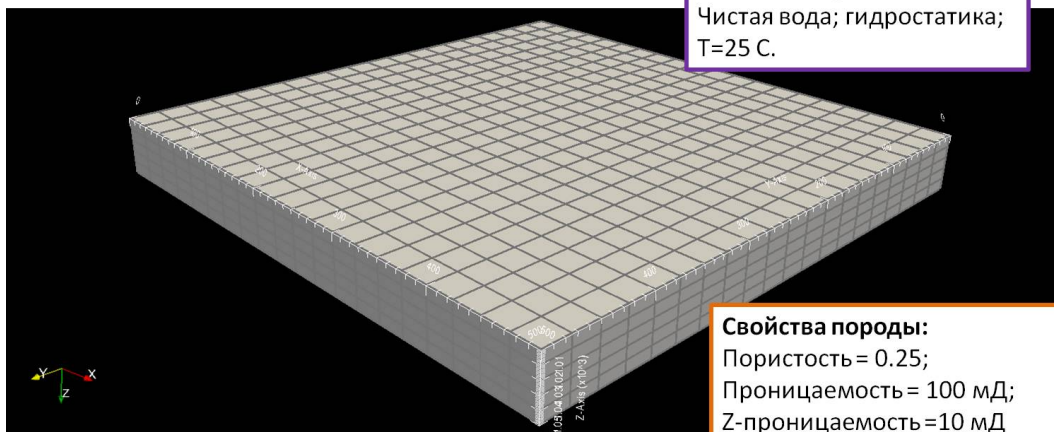
46

Пример 15

Сетка: 20*20*5
Область: [0,500]*[0,500]*[1000,1050] м.
Модуль BINMIXT

Начальные условия:

Чистая вода; гидростатика;
T=25 С.



Свойства породы:

Пористость = 0.25;
Проницаемость = 100 мД;
Z-проницаемость = 10 мД

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

47

Ключевое слово COORD

```

1  -- within brackets MAKE-ENDMAKE          COORD syntax
2
3  COORD
4    xa1 ya1 za1   xb1 yb1 zb1 /
5    xa2 ya2 za2   xb2 yb2 zb2 /
6    xa3 ya3 za3   xb3 yb3 zb3 /
7    ...
8    xaN yaN zaN   xBN yBN zBN /
9  /
10
11 =====
12
13    xa#-ya#-zb# and - coordinates of two different points on a pillar
14    xb#-yb#-zb#
15
16    N - the total number of pillars in the current input box.
17    N=(imax-imin+2)*(jmax-jmin+2). The i-index is cycling
        the fastest following by the j-index.
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Ключевое слово ZCORN

```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets          ZCORN syntax
2
3  ZCORN
4    depth1 depth2 depth3 ... depthN /
5
6  =====
7
8    depth# - depth of a grid block corner.
9    N - the total number of the grid block corners in the current input
10   box. N=2*(imax-imin+1)*2*(jmax-jmin+1)*2*(kmax-kmin+1).
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Пример 15 (упражнение)

Упражнение: Пересчитайте Пример 15, экспортировав файл с сеткой

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

51

Ключевое слово ADDZCORN

```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
2
3  ADDZCORN
4  value1  imin1  imax1  jmin1  jmax1  kmin1  kmax1  m1_1  m2_1  m3_1  m4_1  m5_1  m6_1 /
5  value2  imin2  imax2  jmin2  jmax2  kmin2  kmax2  m1_2  m2_2  m3_2  m4_2  m5_2  m6_2 /
6  value3  imin3  imax3  jmin3  jmax3  kmin3  kmax3  m1_3  m2_3  m3_3  m4_3  m5_3  m6_3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12  value#      - the value added to ZCORN array in the input box;
13  imin#/imax# - the boundaries of the input box along i-indexation axis.
14                By default these values are equal to the arguments 1 and 2
15                of the keyword BOX.
16  jmin#/jmax# - the boundaries of the input box along j-indexation axis.
17                By default these values are equal to the arguments 3 and 4
18                of the keyword BOX.
19  kmin#/kmax# - the boundaries of the input box along k-indexation axis.
20                By default these values are equal to the arguments 5 and 6
21                of the keyword BOX.
22  mi_#        - (i=1,...,6). The mode:
23                'I-' - the operation is also applied to the adjacent face
24                the grid block connected to the considered block in
25                the input box in the negative direction of i-index
26                axis.

```

См. также
EQZCORN

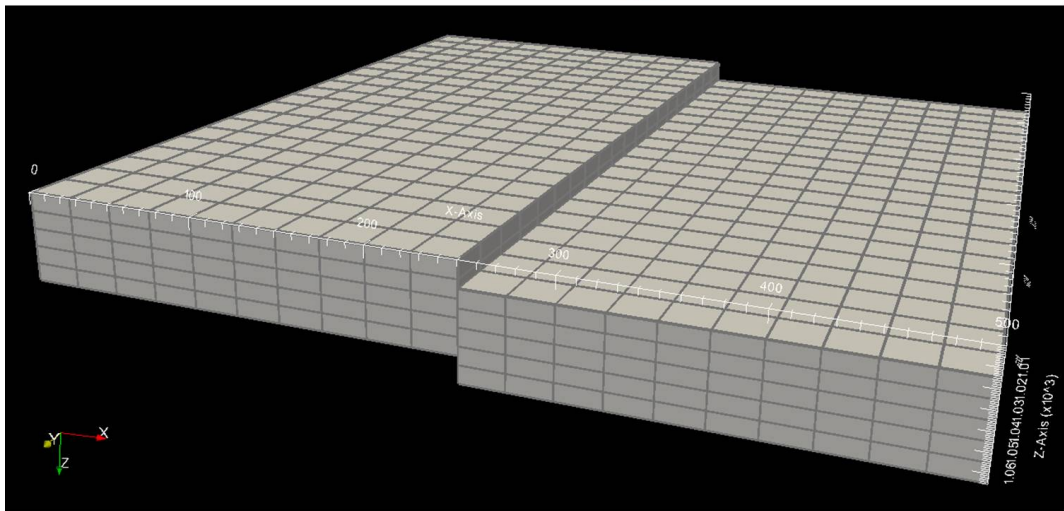
См. полное
описание в
Справочном
руководстве

измельчение; Сетки и разломы

52

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Ответ

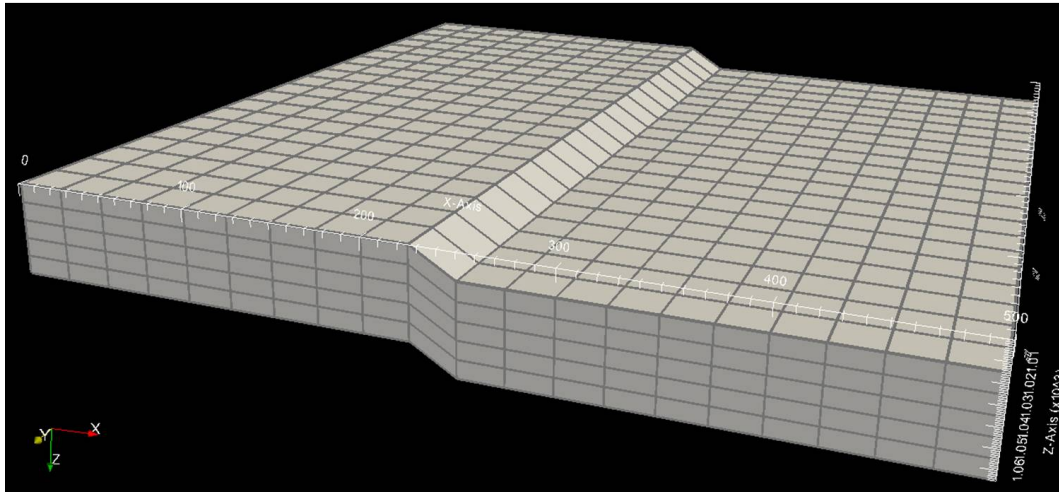
```

SIMULATIONS/SCENARIO10/0/TASK1.INC
1 ADDZCORN
2 15.0 11 20 4* 15.0 /
3 /
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

55

Ответ

```

SIMULATIONS/SCENARIO10/0/TASK2.INC
1 ADDZCORN
2 15.0 11 20 4* 15.0 'I-' /
3 /

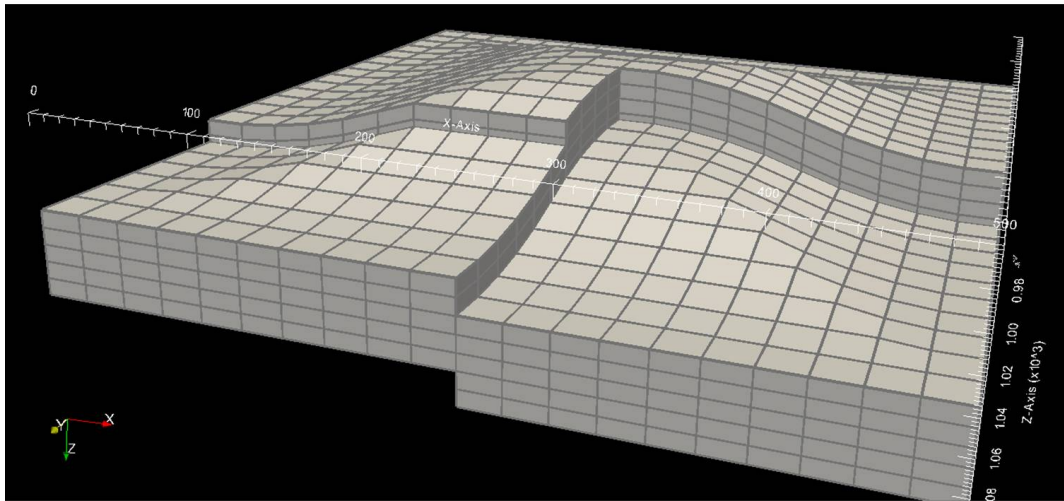
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

56

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Ответ

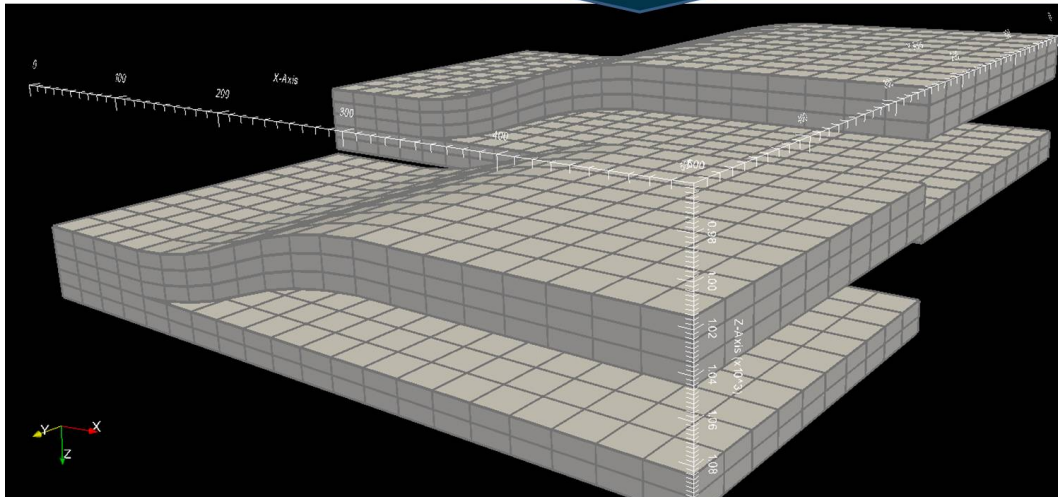
```

SIMULATIONS/SCENARIO10/0/TASK3.INC
1  ADDZCORN
2  -2.0  3  18  3  18  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
3  -4.0  4  17  4  17  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
4  -6.0  5  16  5  16  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
5  -8.0  6  15  6  15  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
6  -8.0  7  14  7  14  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
7  -6.0  8  13  8  13  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
8  -4.0  9  12  9  12  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
9  -2.0  10  11  10  11  2*  'I-' 'I+' 'J-' 'J+' /
10  35.0  11  20  11  20  2* /
11  15.0  1  10  15  20  2* /
12  /
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

59

Ответ

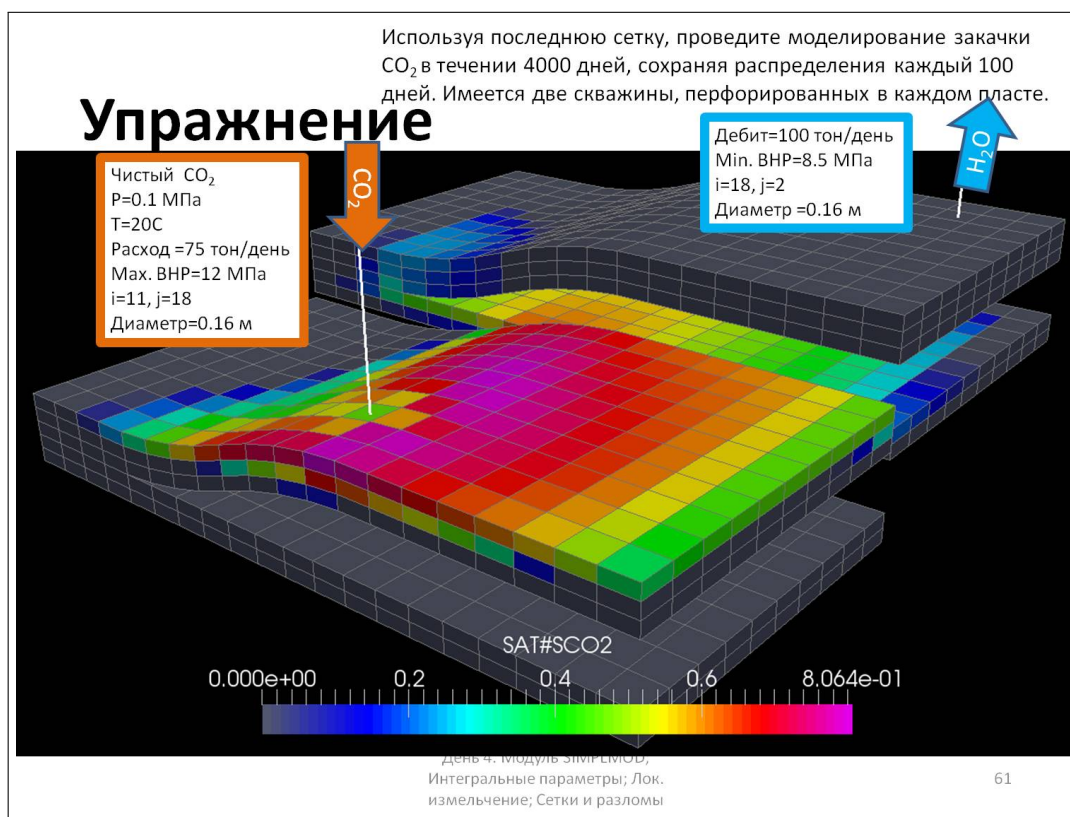
```

SIMULATIONS/SCENARIO10/0/TASK4.INC
1 ADDZCORN
2 -2.0 6 20 2* 1 3 'I-' 'I+' /
3 -4.0 7 30 2* 1 3 'I-' 'I+' /
4 -6.0 8 20 2* 1 3 'I-' 'I+' /
5 -8.0 9 20 2* 1 3 'I-' 'I+' /
6 -8.0 10 20 2* 1 3 'I-' 'I+' /
7 -6.0 11 20 2* 1 3 'I-' 'I+' /
8 -4.0 12 20 2* 1 3 'I-' 'I+' /
9 -2.0 13 20 2* 1 3 'I-' 'I+' /
10 55.0 1 20 11 20 1 5 /
11 /

```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

60



RUN-файл (пример 15, упражнение)

1. Откройте RUN-файл в текстовом редакторе (SCENARIO-B15.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView

День 4. Модуль SIMPLMOD;
 Интегральные параметры; Лок.
 измельчение; Сетки и разломы

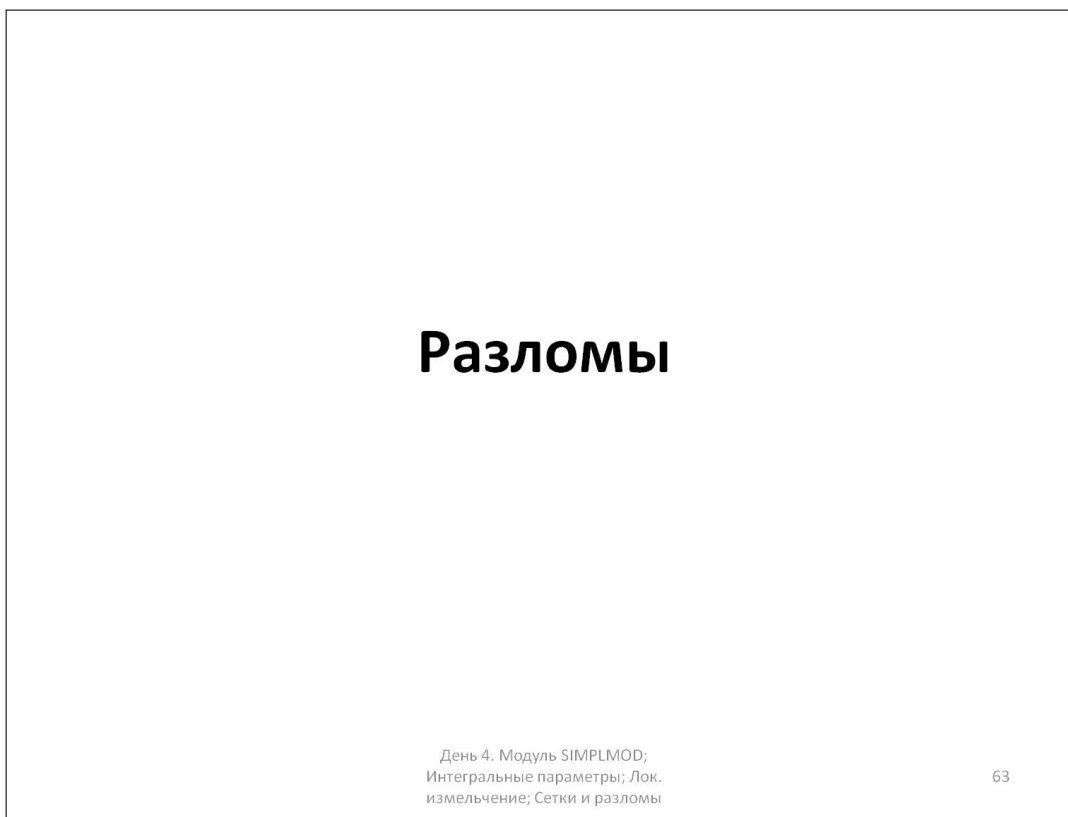
62


```

144
145 WELLPROD                               Дебит PRODUCERa - 100 тон/день
146   PRODUCER OPEN MASS 1* 100. 8.5 / Минимальное забойное давление 8.5 МПа.
147 /
148
149 WELLINJE                               INJECTOR нагнетает 75 тон/день.
150   INJECTOR OPEN MASS 1* 75. 12.0 / Максимальное забойное давление 12 МПа.
151 /
152
153 TSTEP                                   Рассчитываем 4000 дней, сохраняя каждые
154   40*100 /                               100 дней.
155
156
157 POST      ##### Начало секции POST #####
158
159 CONVERT                                       Конвертируем результаты расчёта в файлы,
160                                       совместимые с пакетом визуализации
161                                       ParaView. Т.е. сохраняем файлы .vtu и
162                                       .pvd.
163
164 END      #####

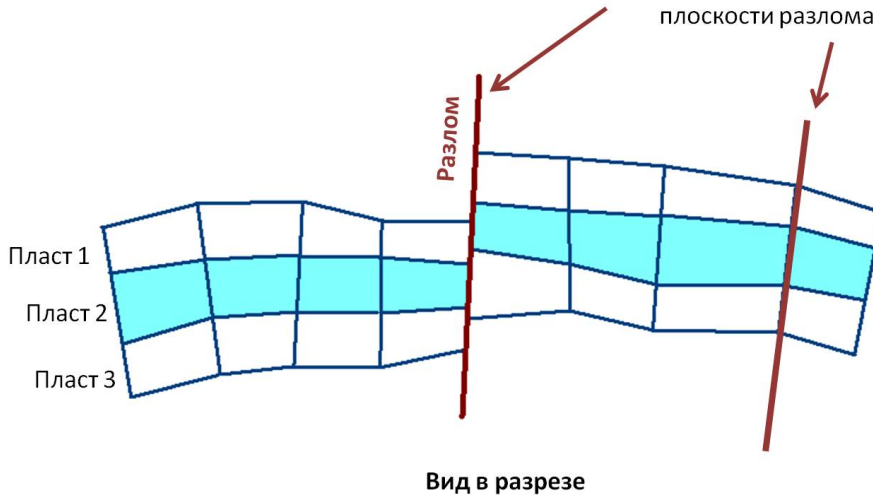
```

4.6. Разломы



Разломы

С помощью ключевых слов **FAULTS** и **MULTFLT** можно уменьшить сообщаемость между пластами поперёк плоскости разлома.



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Ключевое слово FAULTS

Определяет плоскость разлома.

```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
2
3  FAULTS
4  name1 imin1 imax1 jmin1 jmax1 kmin1 kmax1 face1 /
5  name2 imin2 imax2 jmin2 jmax2 kmin2 kmax2 face2 /
6  name3 imin3 imax3 jmin3 jmax3 kmin3 kmax3 face3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12 name#           - a character ID of the fault;
13 imin#-imax#    - the boundaries of the input box along i-indexation axis
14                  By default these values are equal to '1' and the 2nd
15                  argument of the keyword MAKE, respectively;
16 jmin#-jmax#    - the boundaries of the input box along j-indexation
17                  By default these values are equal to '1' and the 3rd
18                  argument of the keyword MAKE, respectively;
19 kmin#-kmax#    - the boundaries of the input box along k-indexation
20                  By default these values are equal to '1' and the 4th
21                  argument of the keyword MAKE, respectively;
22 face#          - falut face tag. Must be one of
23                  'I-', 'X-' - fault face coincides with the grid block face in
24                  the negative direction of the i-index coordinate
25                  line;

```

См. полное описание в Справочном руководстве

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Ключевое слово MULTFLT

Множитель сообщаемости поперёк плоскости разлома задаётся ключевым словом **MULTFLT**.

```

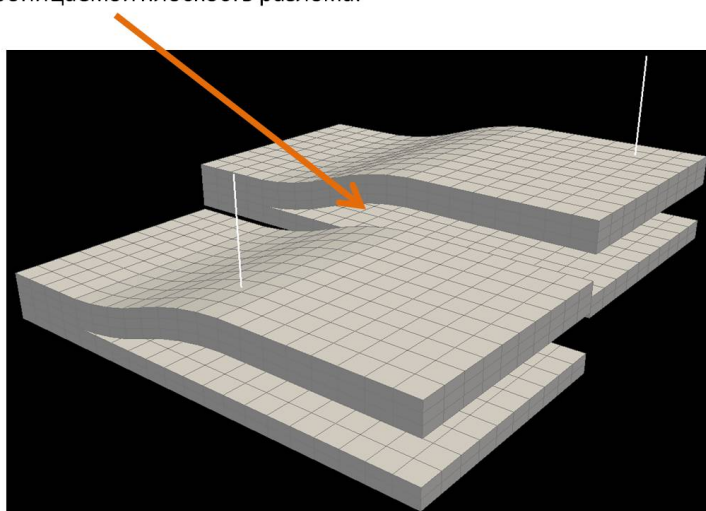
1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets      MULTFLT syntax
2
3  FAULT
4  name1 mult1 /
5  name2 mult2 /
6  name3 mult3 /
7  ...
8  /
9
10 =====
11
12  name# - character ID of the fault;
13  mult# - transmissibility multiplier across the fault.
    
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

66

Упражнение

Пересчитайте последнюю версию Примера 15 (со скважинами), задав непроницаемой плоскость разлома.



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

67

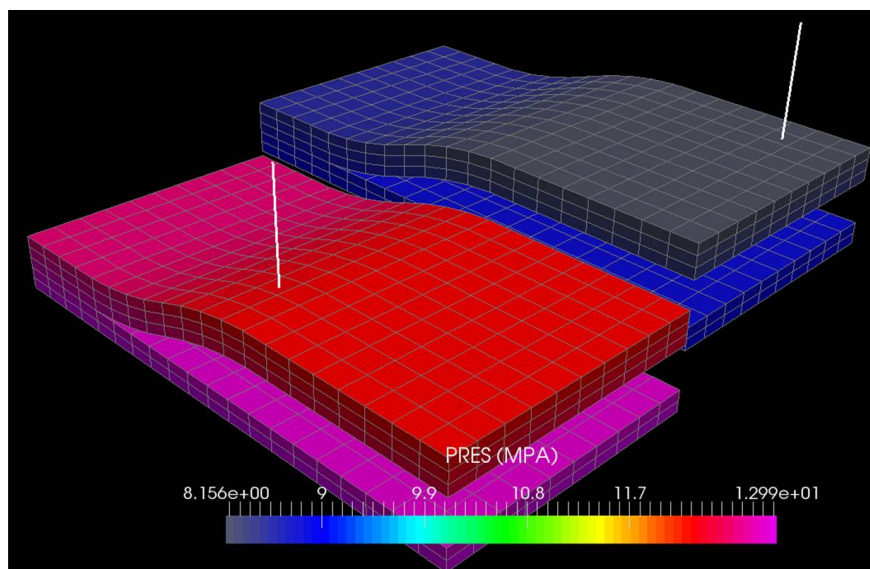
Ответ

```
----- SIMULATIONS/SCENARIO10/EXERCISE/FAULTS.INC -----  
1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets  
2  
3  FAULTS  
4    'MYFAULT' 1 20 10 10 1 5 'Y+' /  
5  /  
6  
7  MULTFLT  
8    'MYFAULT' 0.0 /  
9  /
```

День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

68

Результат расчёта



День 4. Модуль SIMPLMOD;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

69

Литература

1. MUFITS reservoir simulator website. <http://www.mufits.imec.msu.ru>.
2. ParaView website. <http://www.paraview.org>.