

Тренинг по пакету программ MUFITS

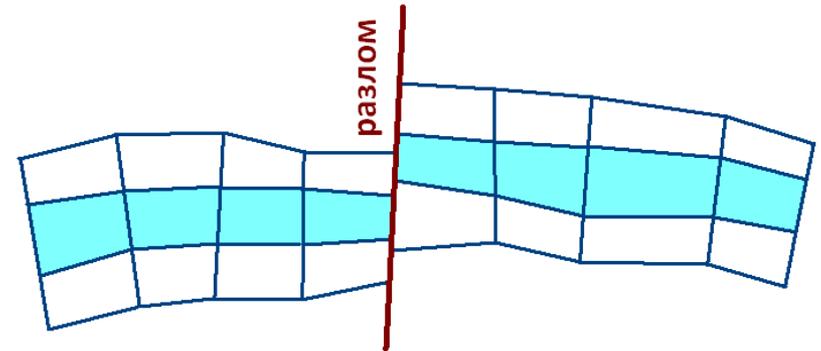
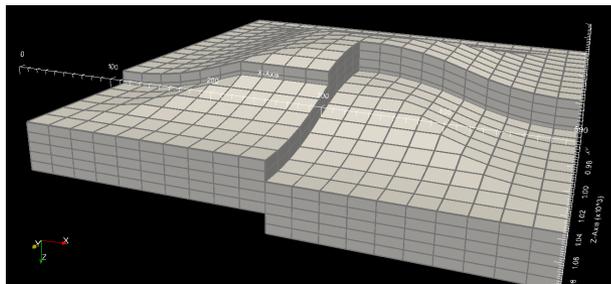
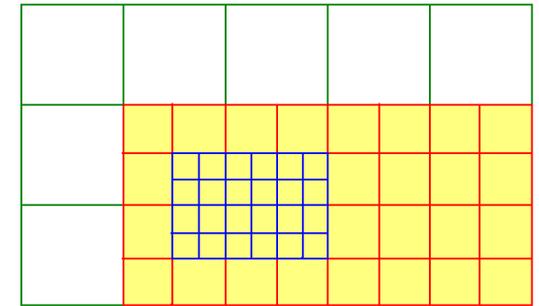
День 4

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

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

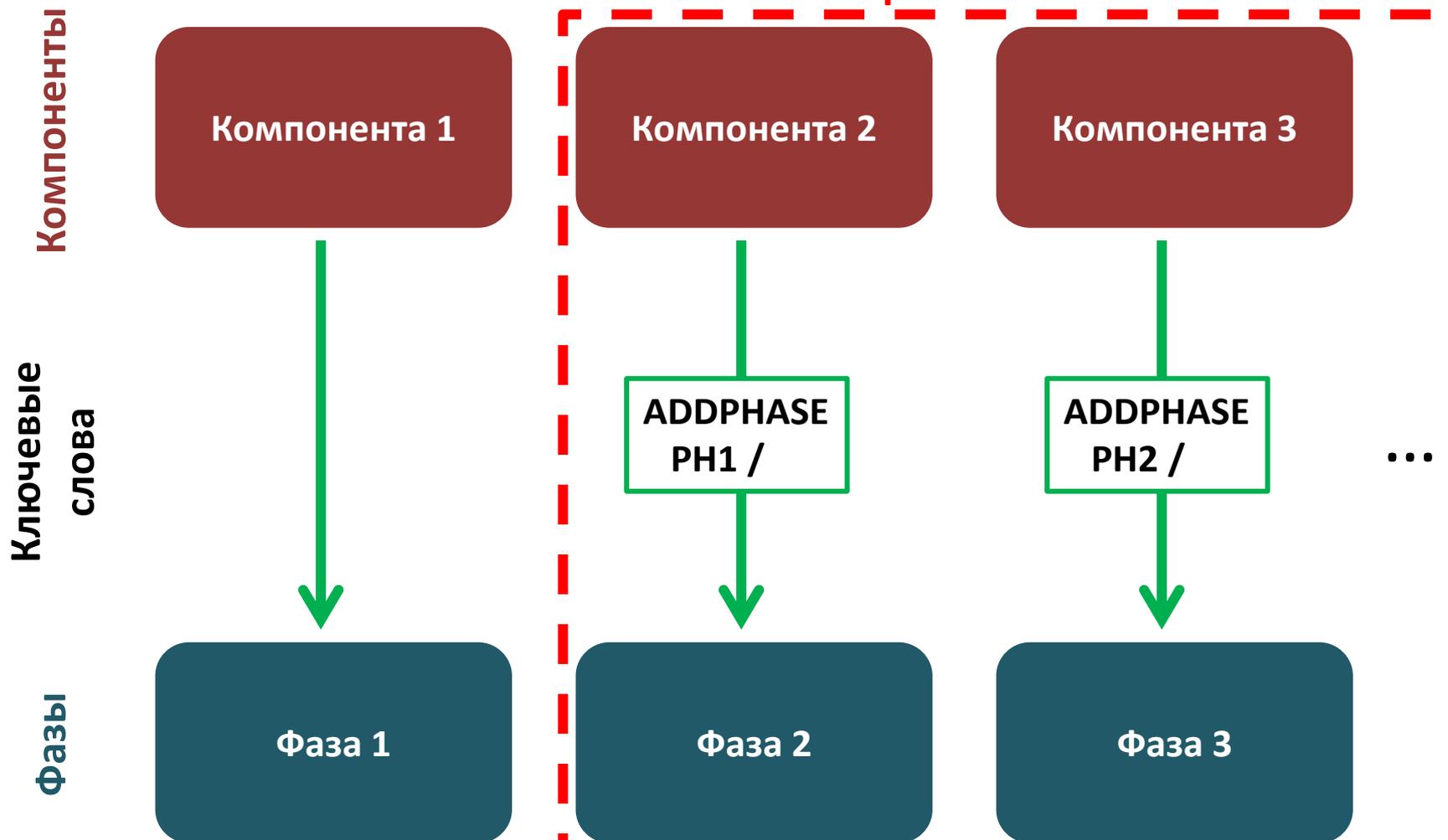
Модуль SIMPLMOD и опция ADDPHASE

EOS модуль SIMPLMOD

$T \neq \text{const}$

Фильтрация
несмешивающихся
флюидов

Опция **ADDPHASE**



Ключевое слово ADDPHASE

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

```
----- ADDPHASE syntax -----  
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.
```

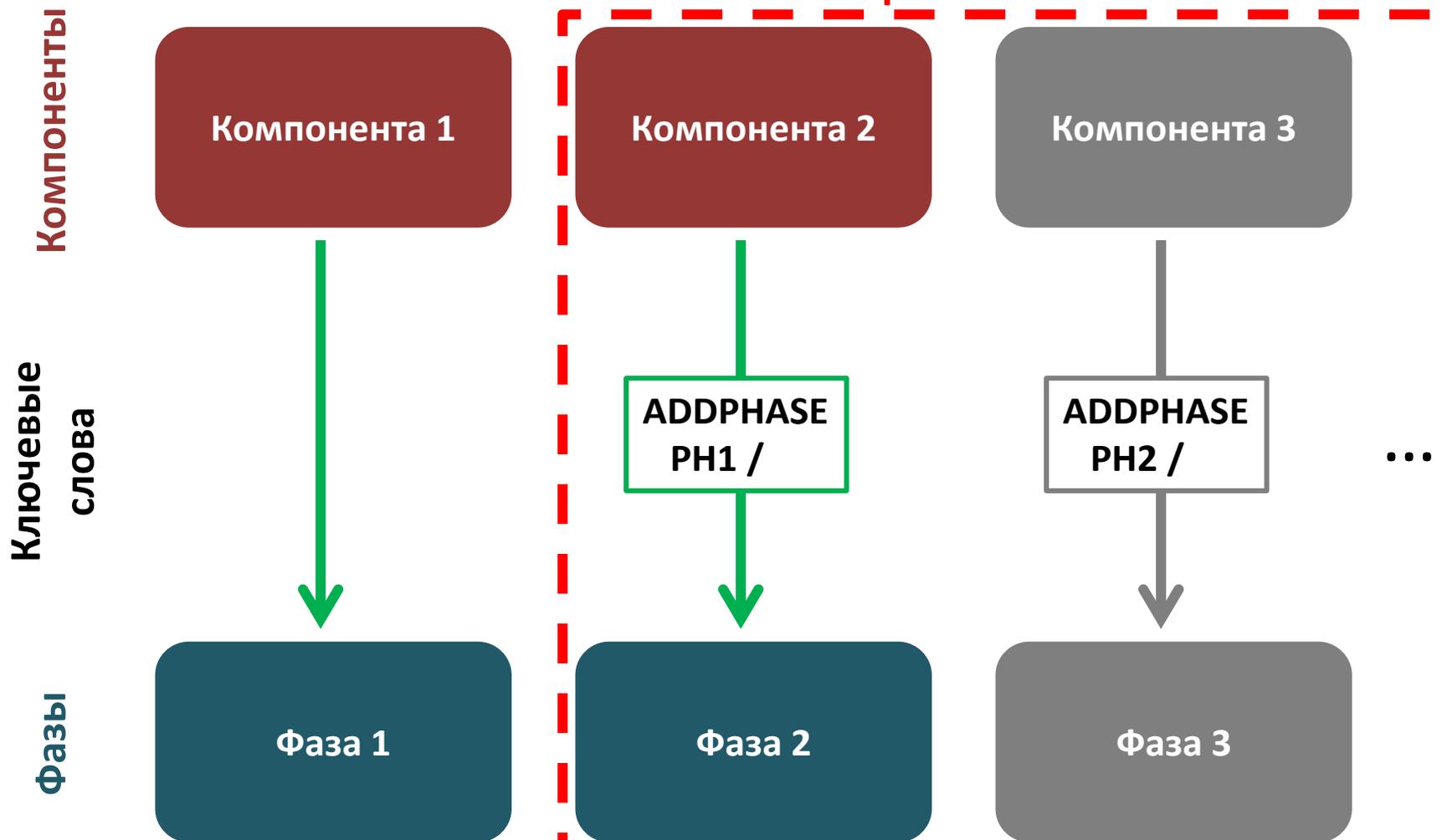
Мнемоника	Описание
SAT%name	Насыщенность дополнительной фазы
DEN%name	Плотность дополнительной фазы
VIS%name	Вязкость дополнительной фазы

EOS модуль SIMPLMOD

$T \neq \text{const}$

Фильтрация
несмешивающихся
флюидов

Опция **ADDPHASE**



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#).
```

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#).
```

Ключевое слово ENTHTAB

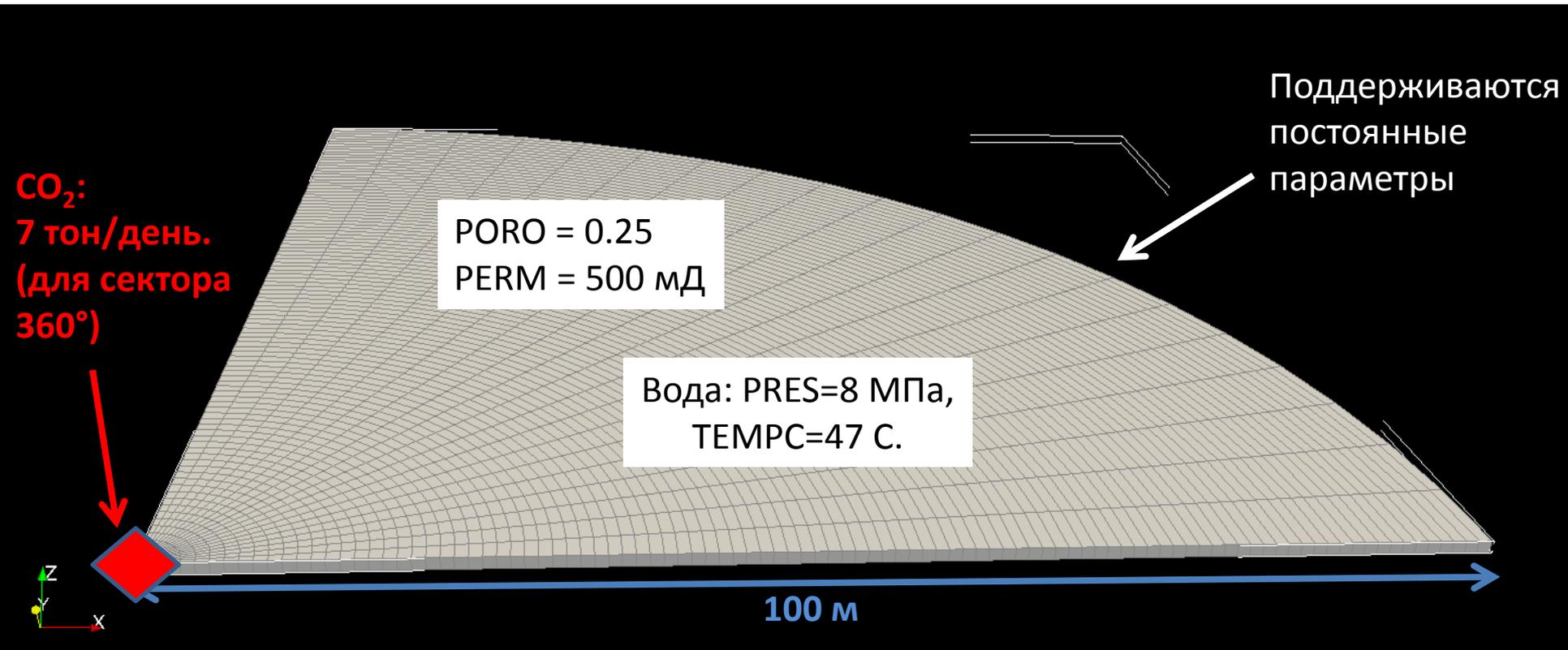
Задаёт зависимость удельной энтальпии от давления и температуры.

```

                                     ENTHTAB syntax
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#).
```

Пример 11

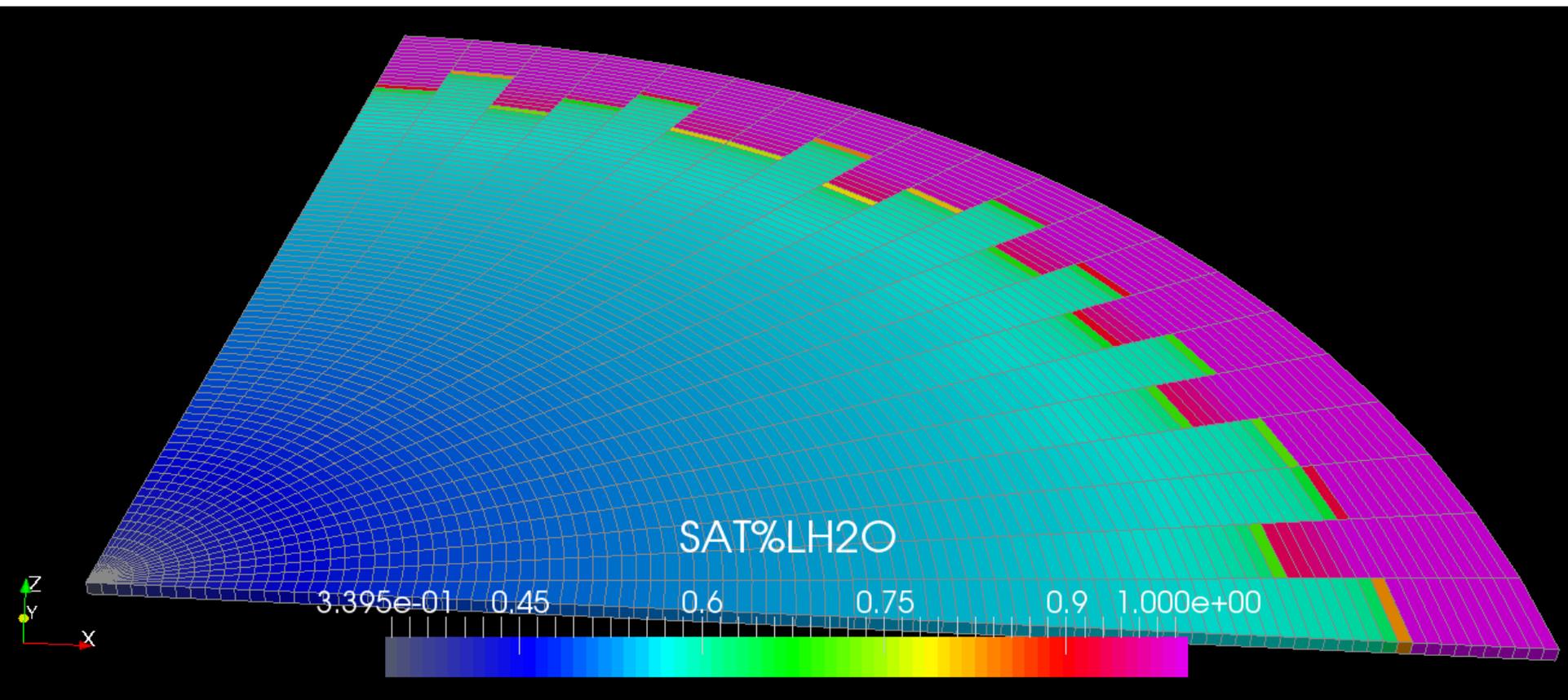
Осесимметричное течение, от скважины, закачивающей CO_2 в водонасыщенный пласт.



Пример 11 (RUN-файл)

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

Результат (пример 11)



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

Пример 11 (упражнение 1)

Упражнение: Пересчитайте Пример 11, учитывая неизотермические процессы

Пример 11 (упражнение 2)

Упражнение: Пересчитайте Пример 11, используя модуль GASSTORE и учитывая растворение CO_2 в пластовой воде

Пример 11 (RUN-файл; упраж. 2)

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

Интегральные параметры

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**.

Ключевое слово RPTFIP

Выходные данные для регионов FIPNUM задаются ключевым словом RPTFIP

```
----- RPTFIP syntax -----  
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.
```

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).
```

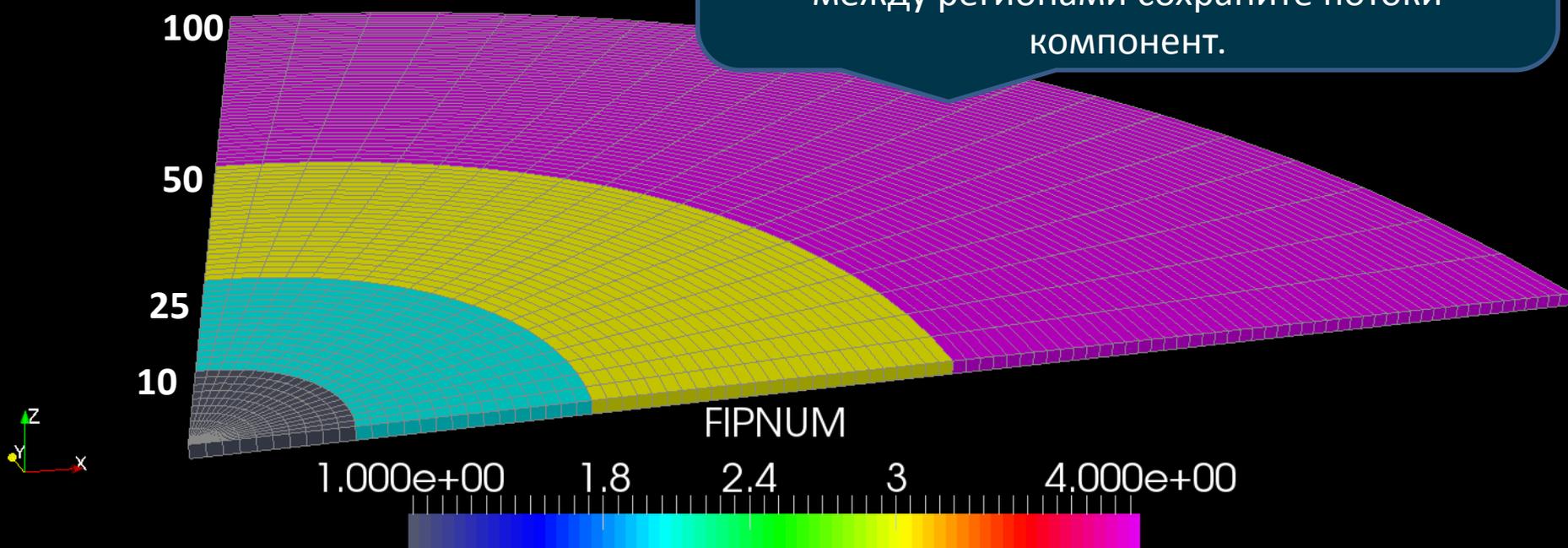
Ключевое слово POSTFPCO

С помощью ключевого слово POSTFPCO 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).
```

Пример 11 (упражнение 3)

Упражнение: Задайте 4 региона FIPNUM и сохраните для данных регионов полную массу каждой компоненты, а для границ между регионами сохраните потоки компонент.



Локальное измельчение сетки

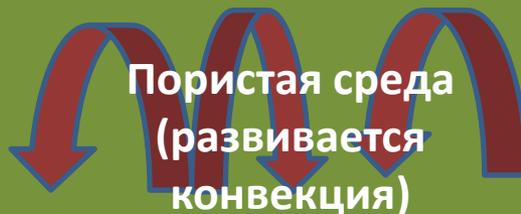
Пример 12

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, $s_{min} = 0.2$
 $s_{max} = 0.95$

Постоянные $P = 2$ бар, $T = 20$ С

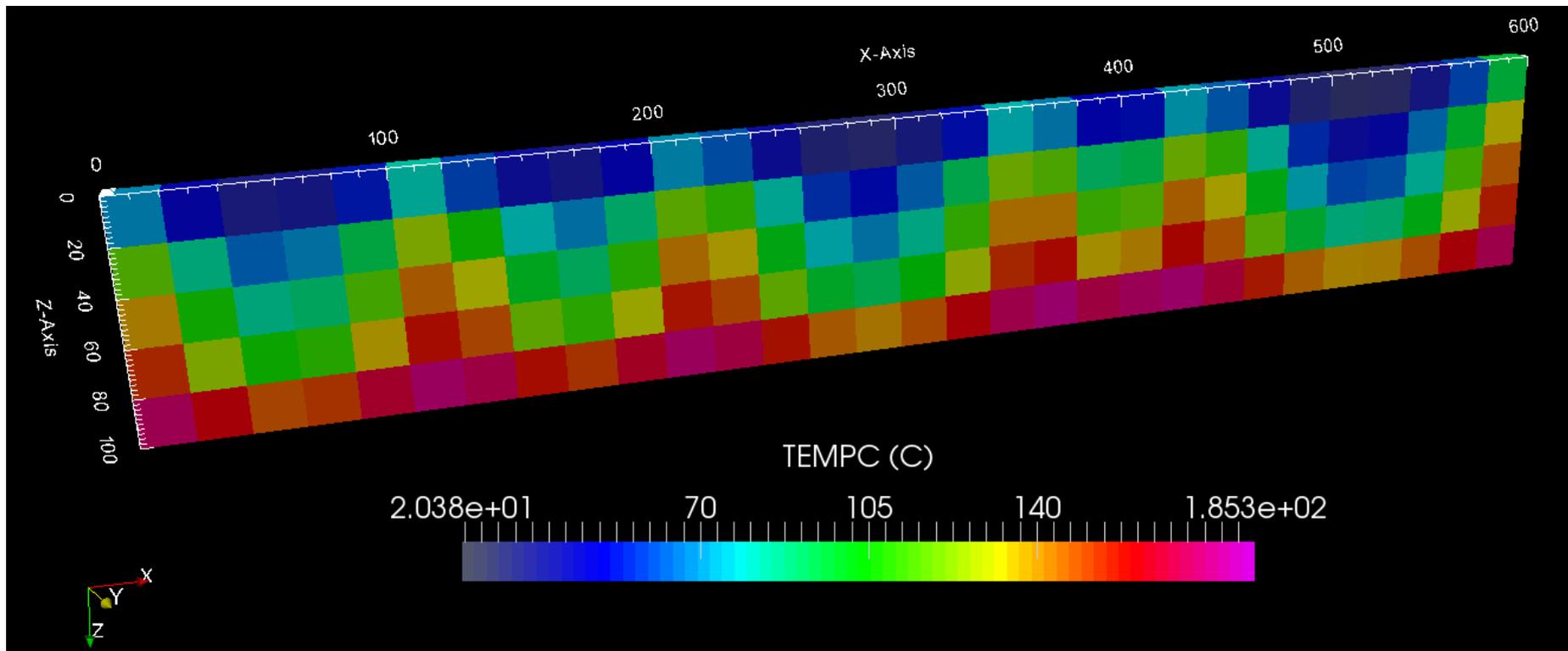
Постоянная $T = 200$ С. Непроницаемая граница

Начальные условия
Гидростатическое распр. Давления = 20 С, нет CO₂

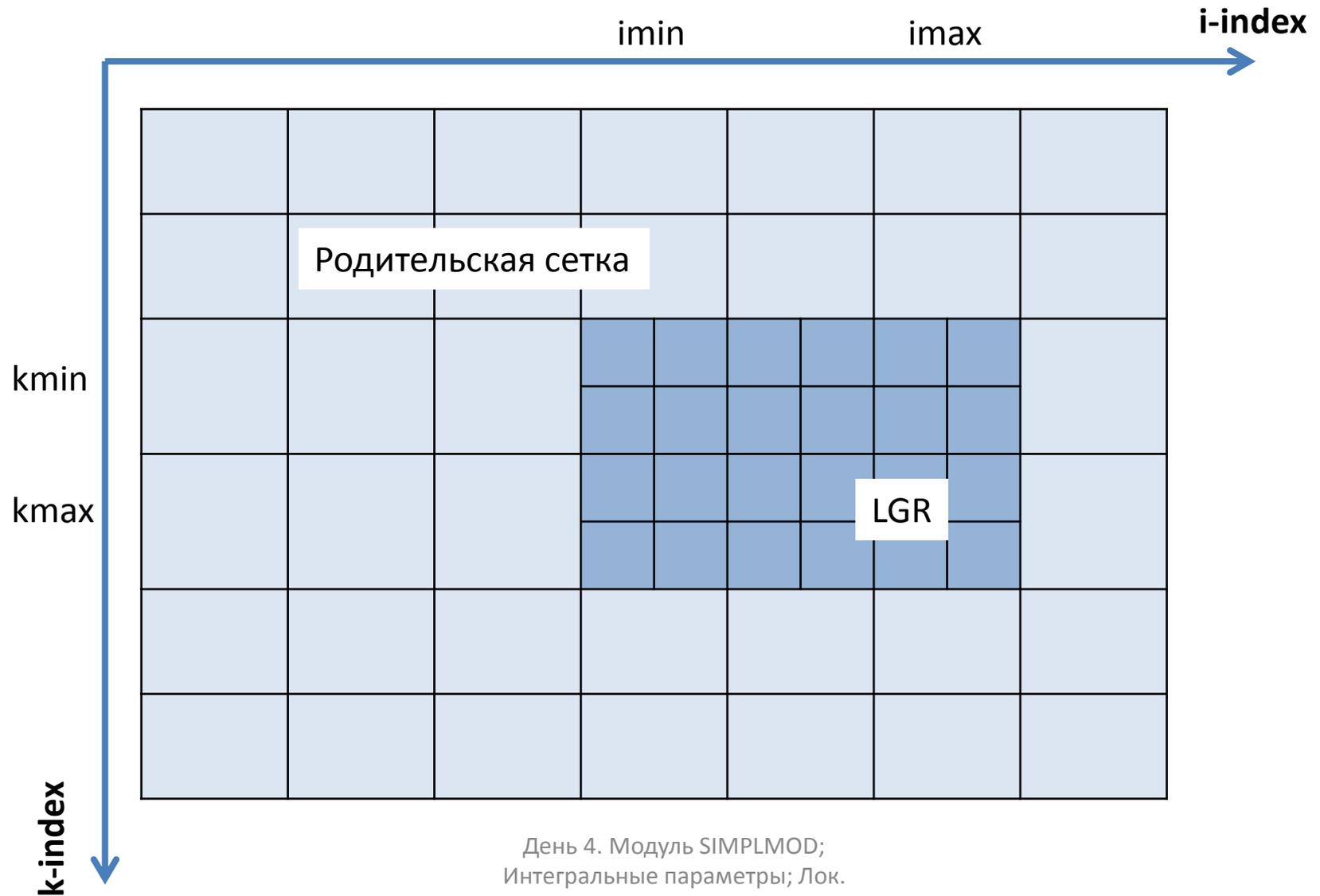
RUN-файл (пример 12)

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

Результат (пример 12)



Локальное измельчение сетки (LGR)



Ключевое слово CARFIN

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

```
----- CARFIN syntax -----  
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
```

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.

```
----- REFINE syntax -----  
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.

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

Локальное измельчение сетки

Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя следующую сетку



ОТВЕТ

Day 4. Answer

```
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
```

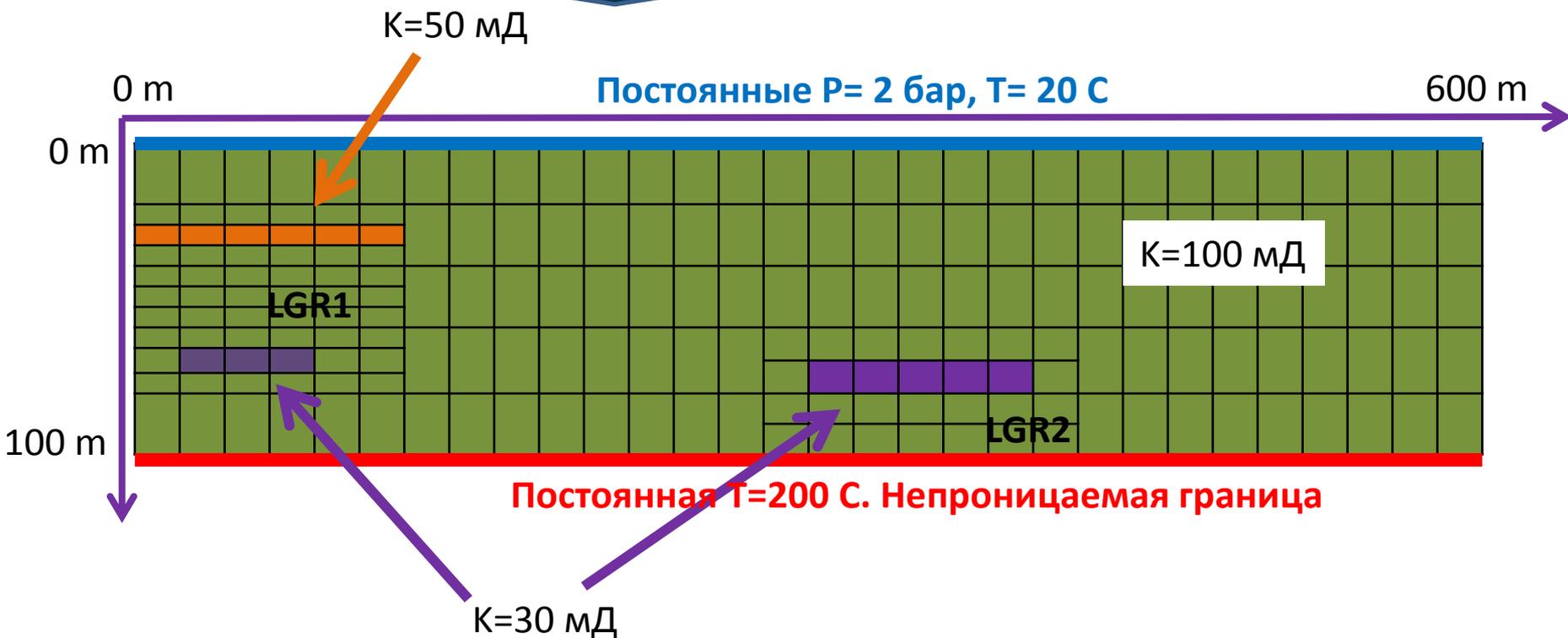
Вложенные измельчения

Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя следующую сетку



Лок. измельчение; Загрузка массивов

Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя следующее распределение проницаемости



Лок. измельчение; Загрузка массивов (Ответ)

Day 4. Answer

```
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 /
```

Локальное измельчение сетки

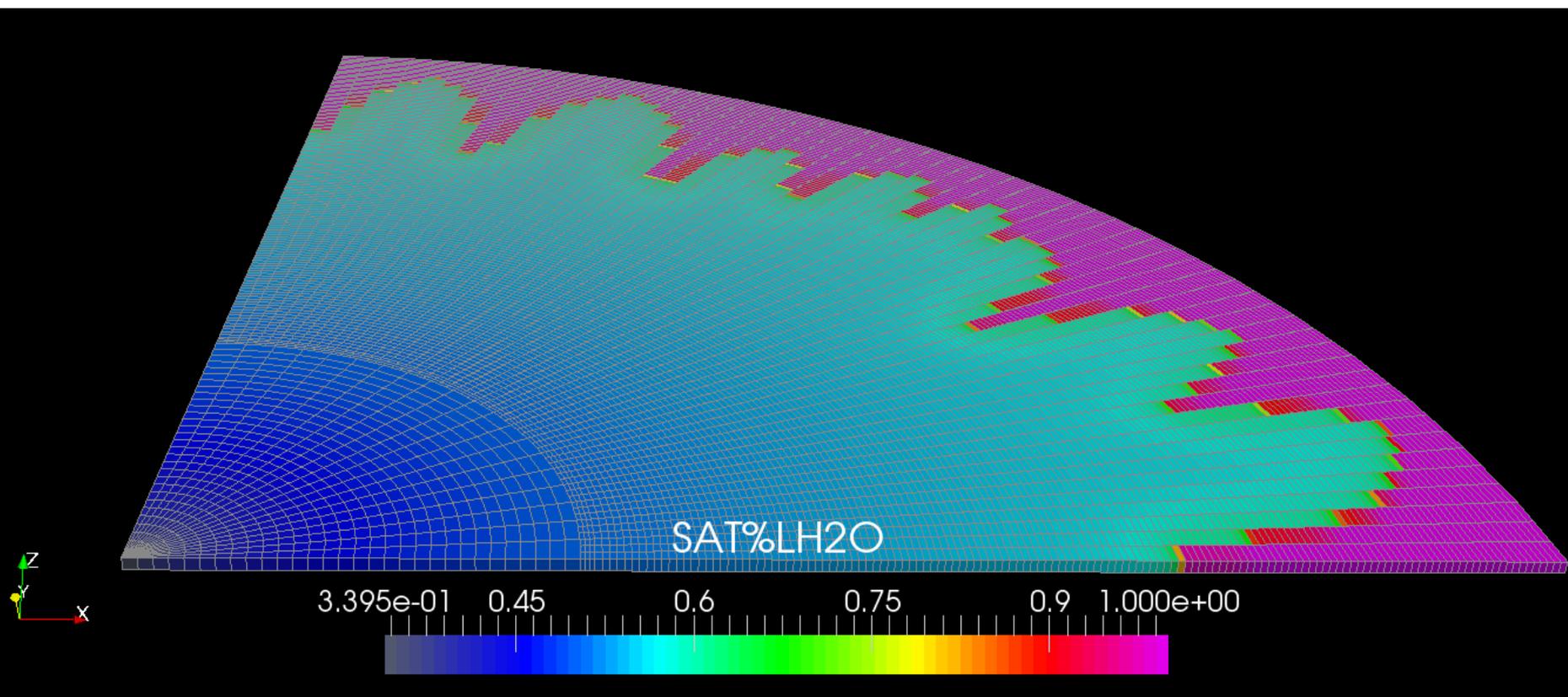
Упражнение: Пересчитайте Пример 12, используя в 2 раза более плотную сетку и не изменяя аргументы ключевого слова MAKE.

Более сложные измельчения

Более сложные измельчения сетки можно задать с помощью ключевых слов HXF_{IN}, HYF_{IN}, HZF_{IN}, NXF_{IN}, NYF_{IN}, NZF_{IN} (см. Справочное руководство).

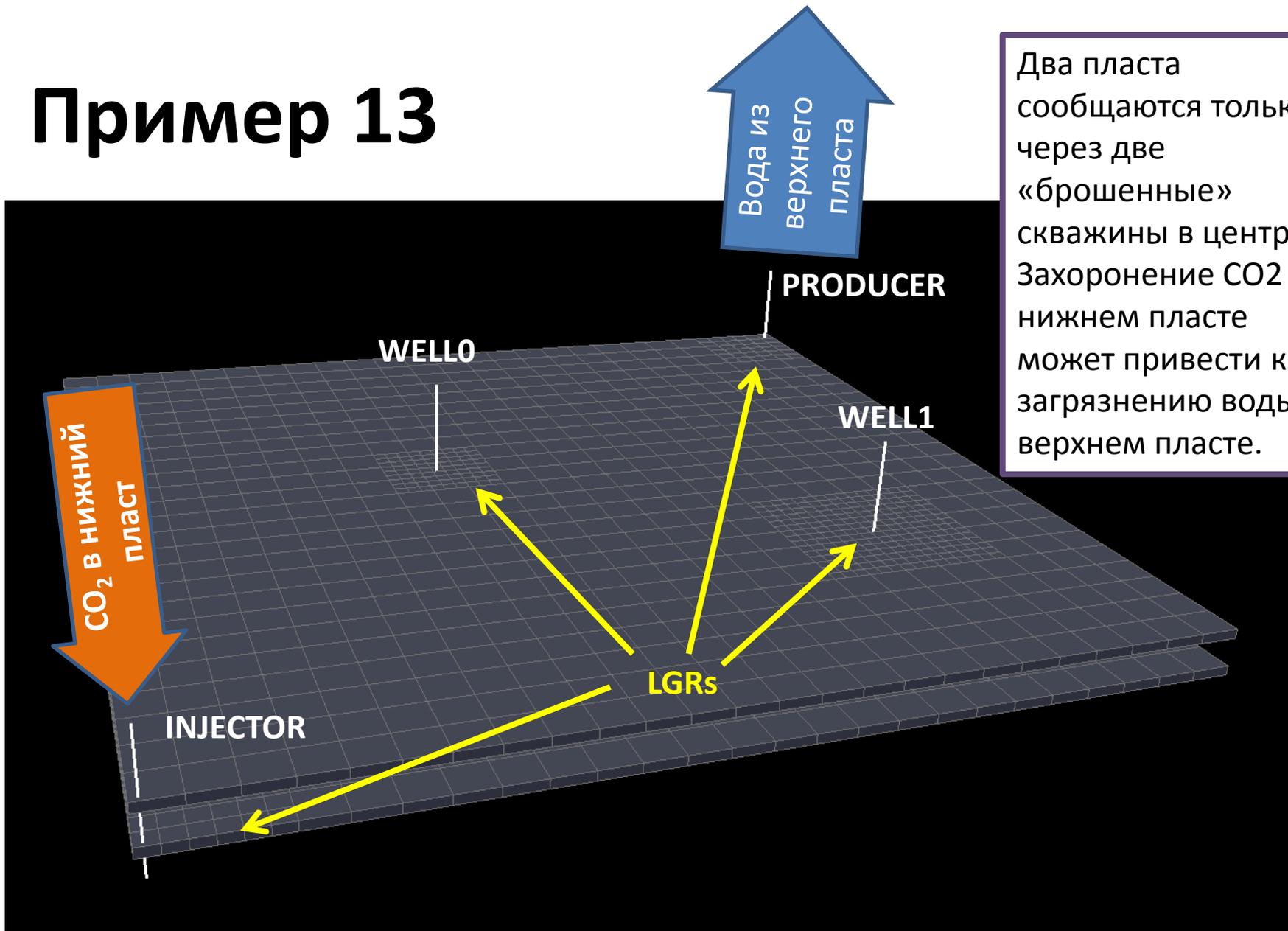
Пример 11 (упражнение 4)

Пересчитайте Пример 11 используя локальное измельчение сетки вдали от скважины.



Использование локального измельчения сетки вместе со скважинами

Пример 13

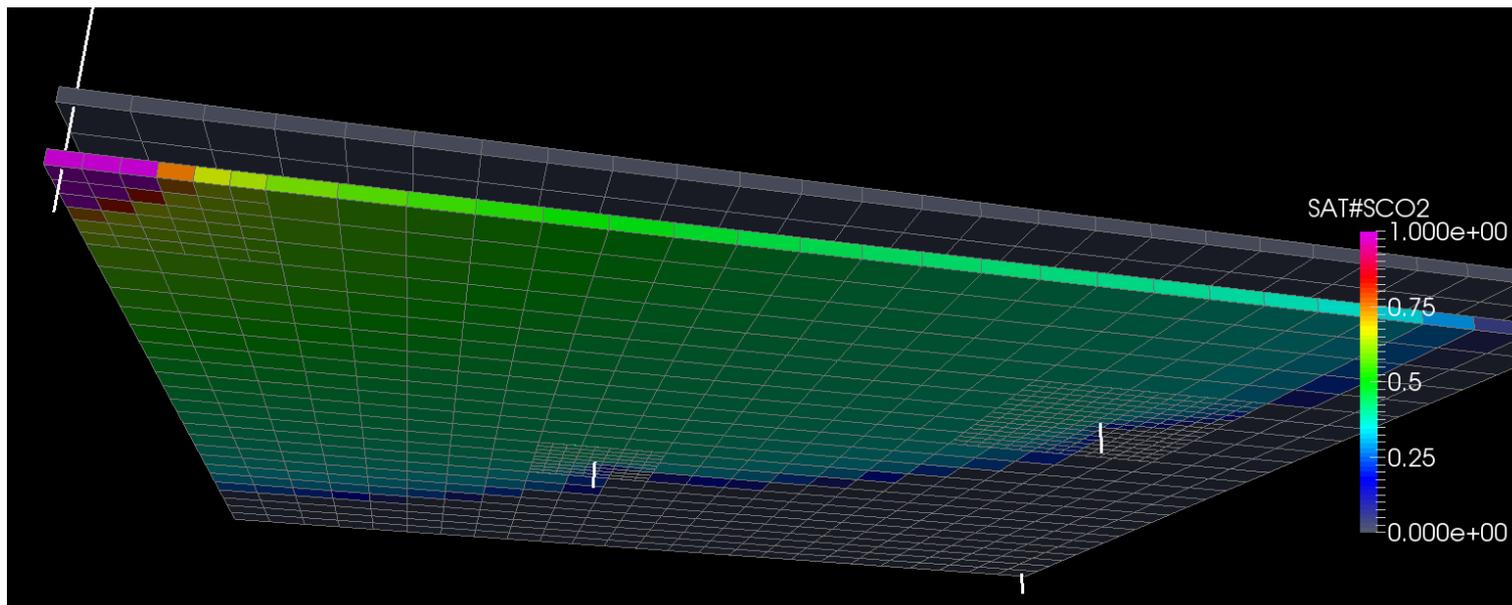
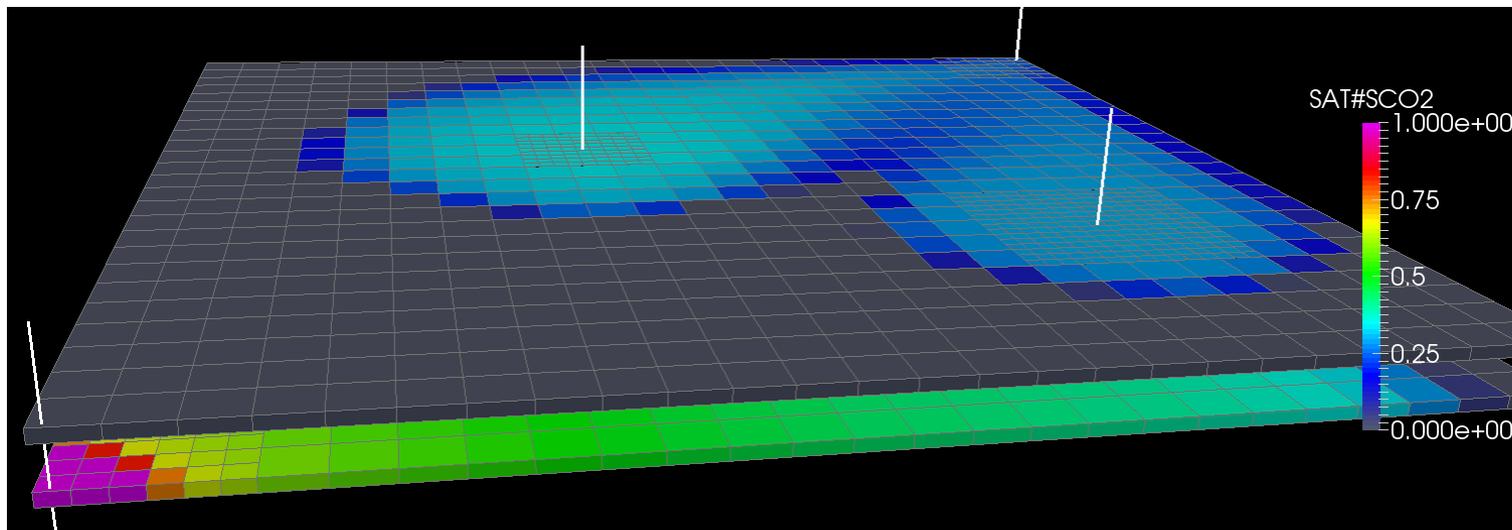


Два пласта
сообщаются только
через две
«брошенные»
скважины в центре.
Захоронение CO₂ в
нижнем пласте
может привести к
загрязнению воды в
верхнем пласте.

RUN-файл (пример 13)

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

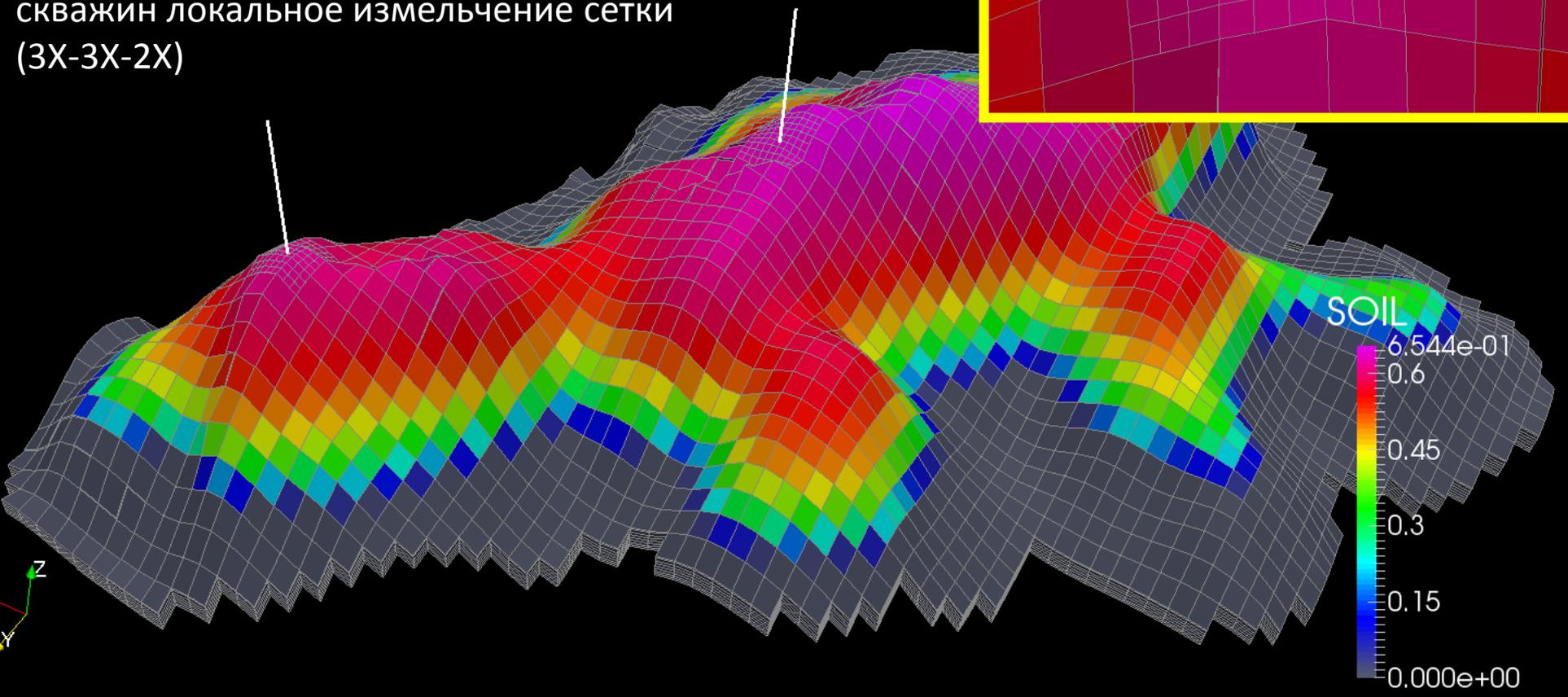
Результат (пример 13)



измельчение; Сетки и разломы

Пример 14 (развитие примеров 3 и 6)

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

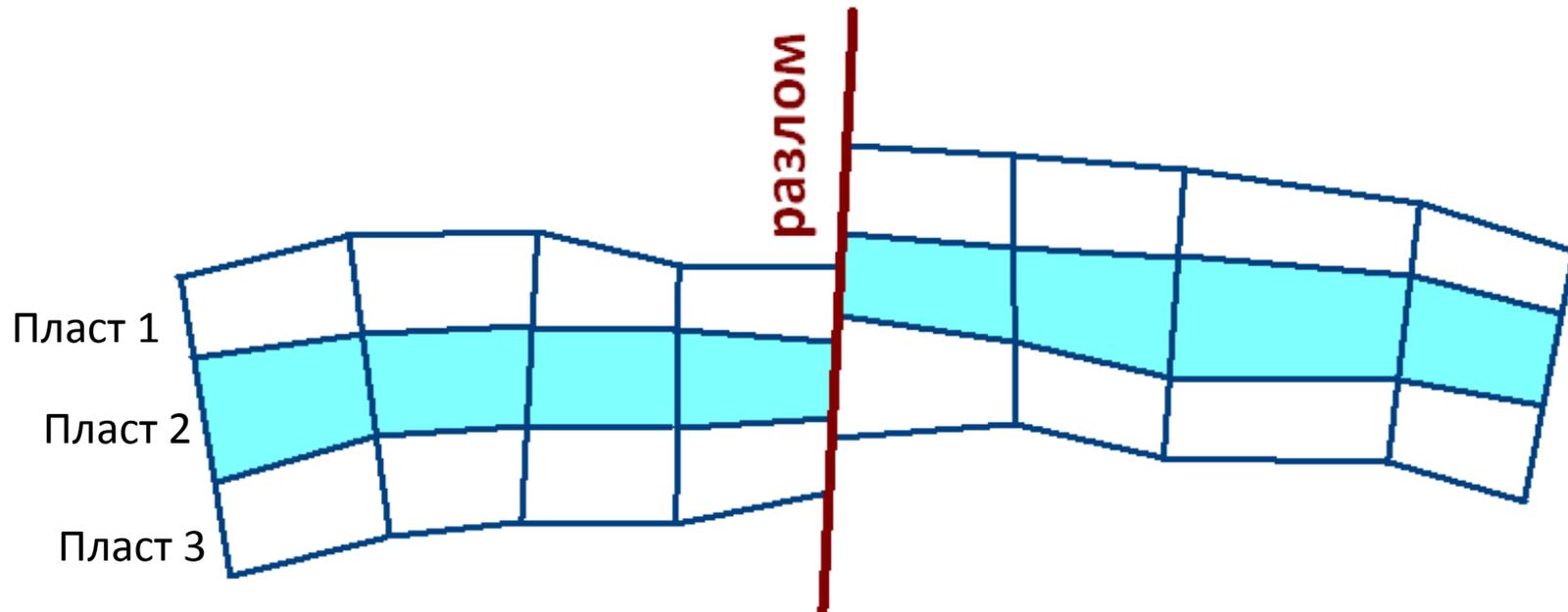


RUN-файл (пример 14)

1. Откройте RUN-файл в текстовом редакторе (SCENARIO-B14.RUN)
2. Проведите расчёт
3. Откройте результаты в ParaView

Сетки в формате «угловой ТОЧКИ»

Сетки в формате «угловой точки»



Сетки в формате «угловой точки»

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

Выберите эту опцию

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.

```
----- SAVECPG syntax -----  
1 -- within MAKE-ENDMAKE brackets  
2  
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.
```

Пример 15

Сетка: 20*20*5

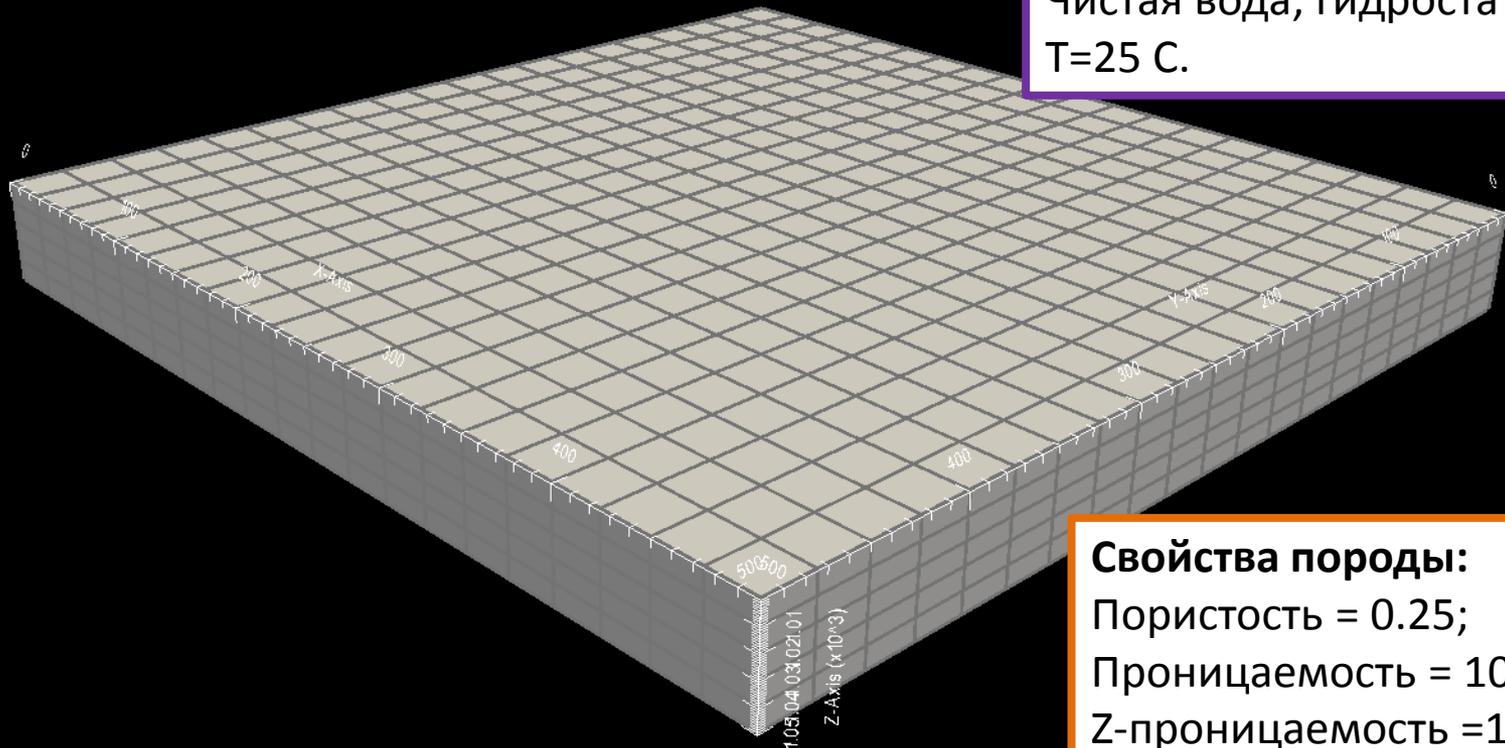
Область: [0,500]*[0,500]*[1000,1050] м.

Модуль BINMIXT

Начальные условия:

Чистая вода; гидростатика;

T=25 С.



Свойства породы:

Пористость = 0.25;

Проницаемость = 100 мД;

Z-проницаемость = 10 мД

RUN-файл (пример 15)

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

Ключевое слово COORD

```
                                COORD syntax
1  -- within brackets MAKE-ENDMAKE
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.
```

Ключевое слово ZCORN

```
----- ZCORN syntax -----  
1 -- within MAKE-ENDMAKE brackets  
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.  $N=2*(imax-imin+1)*2*(jmax-jmin+1)*2*(kmax-kmin+1)$ .
```

Пример 15 (упражнение)

Упражнение: Пересчитайте Пример 15,
экспортировав файл с сеткой

Ключевое слово ADDZCORN

ADDZCORN syntax

```
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 /
```

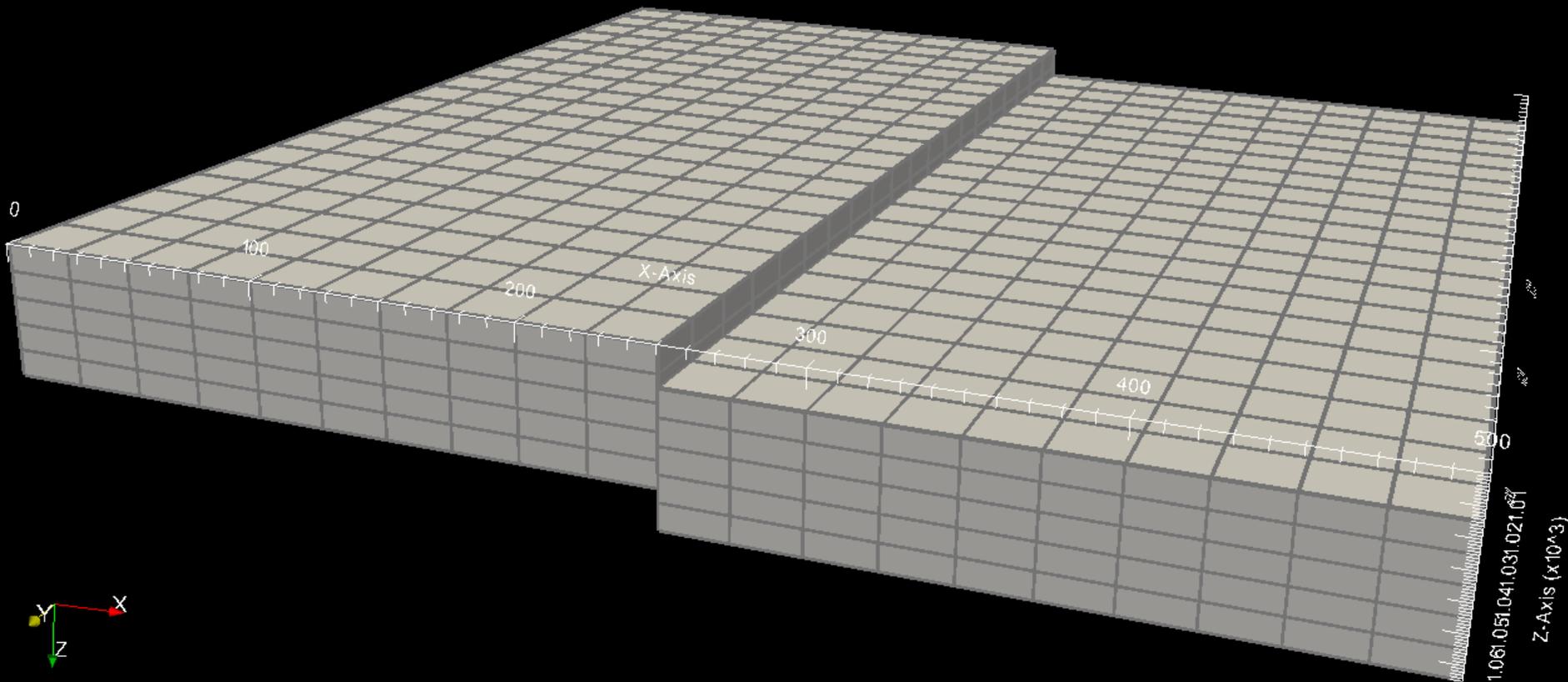
```
10 -----
11
12 value# - the value added to ZCORN array in the input box;
13 imin#/imax# - the boundaries of the input box along i-indexation axis.
14 By default these values are equal to the arguments 1 and 2
15 of the keyword BOX.
16 jmin#/jmax# - the boundaries of the input box along j-indexation axis.
17 By default these values are equal to the arguments 3 and
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
21 of the keyword BOX.
22 mi_# - (i=1,...,6). The mode:
23 'I-' - the operation is also applied to the adjacent faces of
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
EQLZCORN

См. полное
описание в
Справочном
руководстве

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN

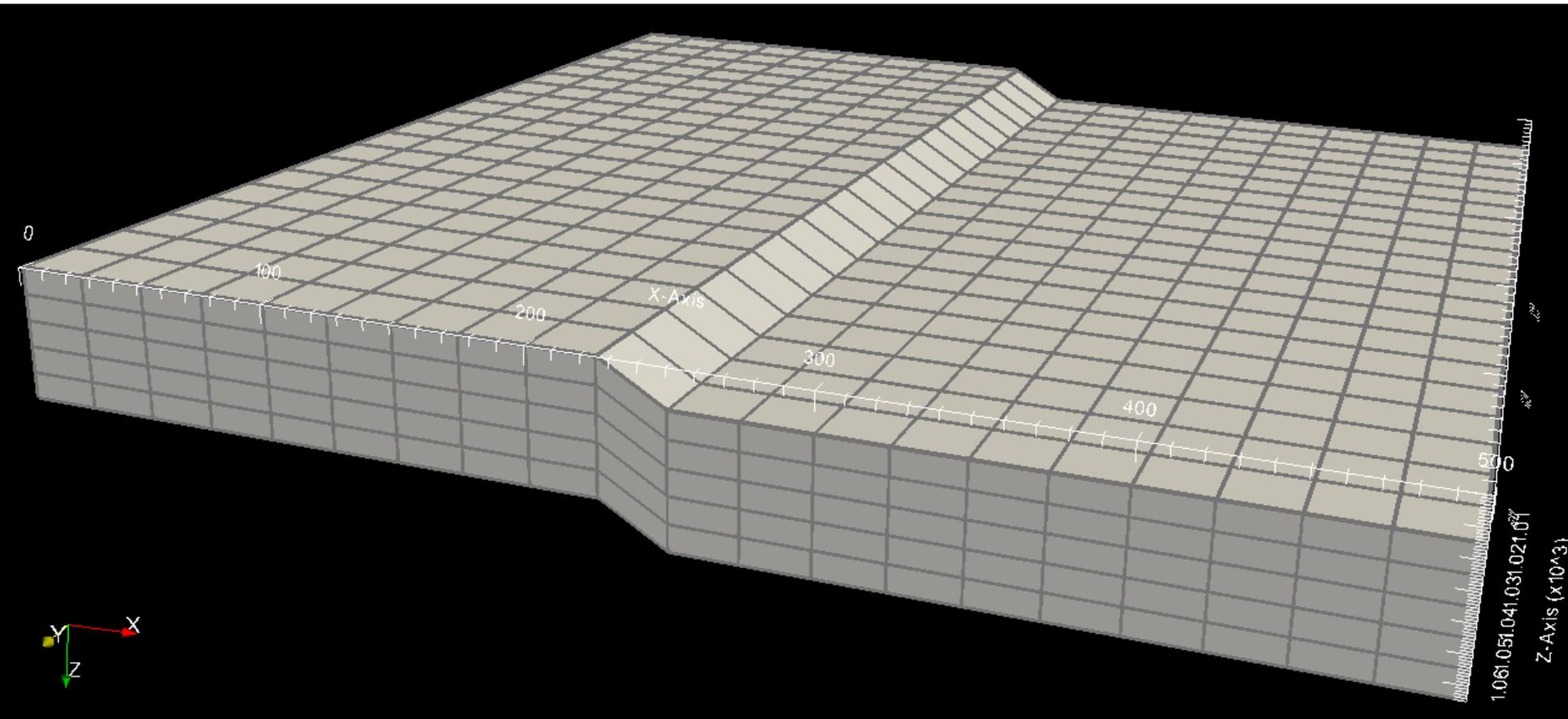


Ответ

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

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN



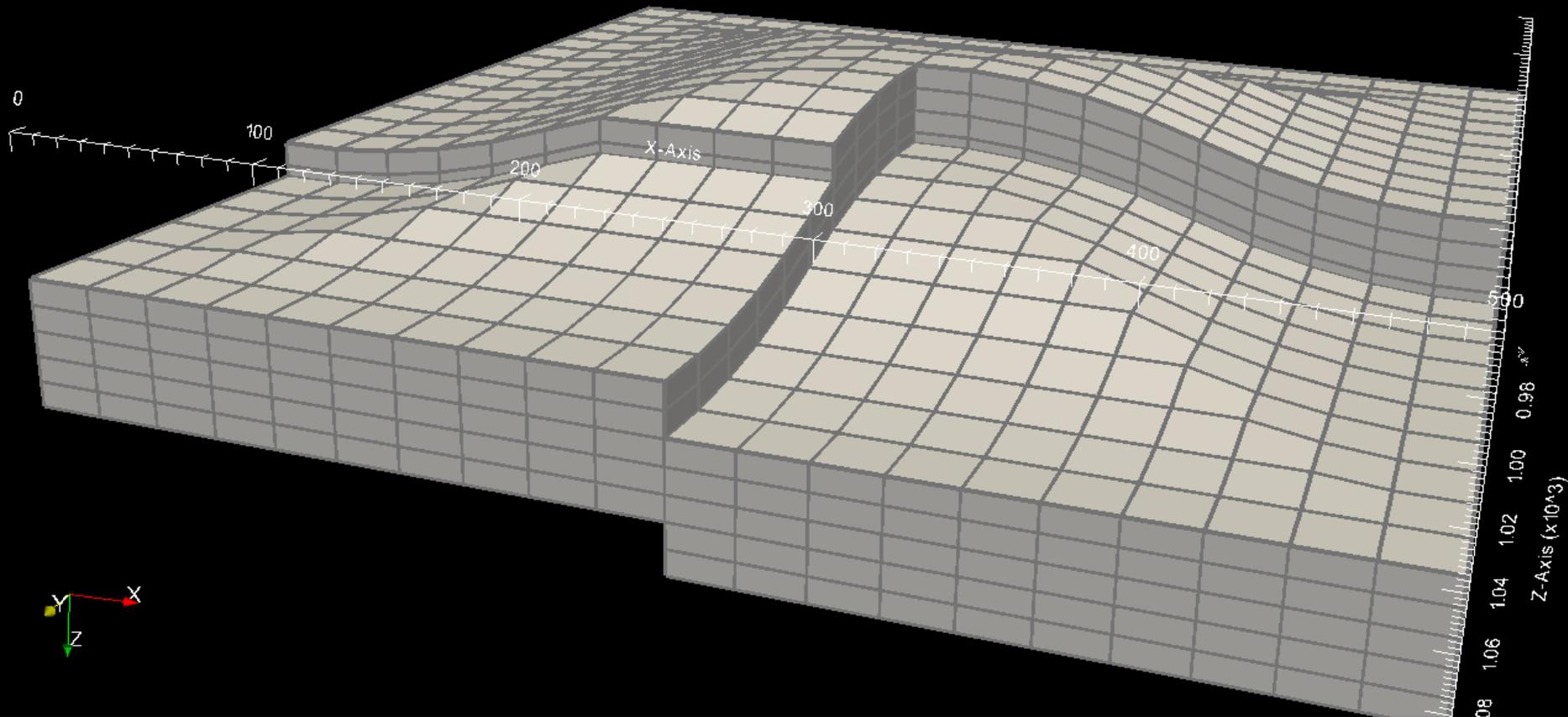
Ответ

```

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

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN



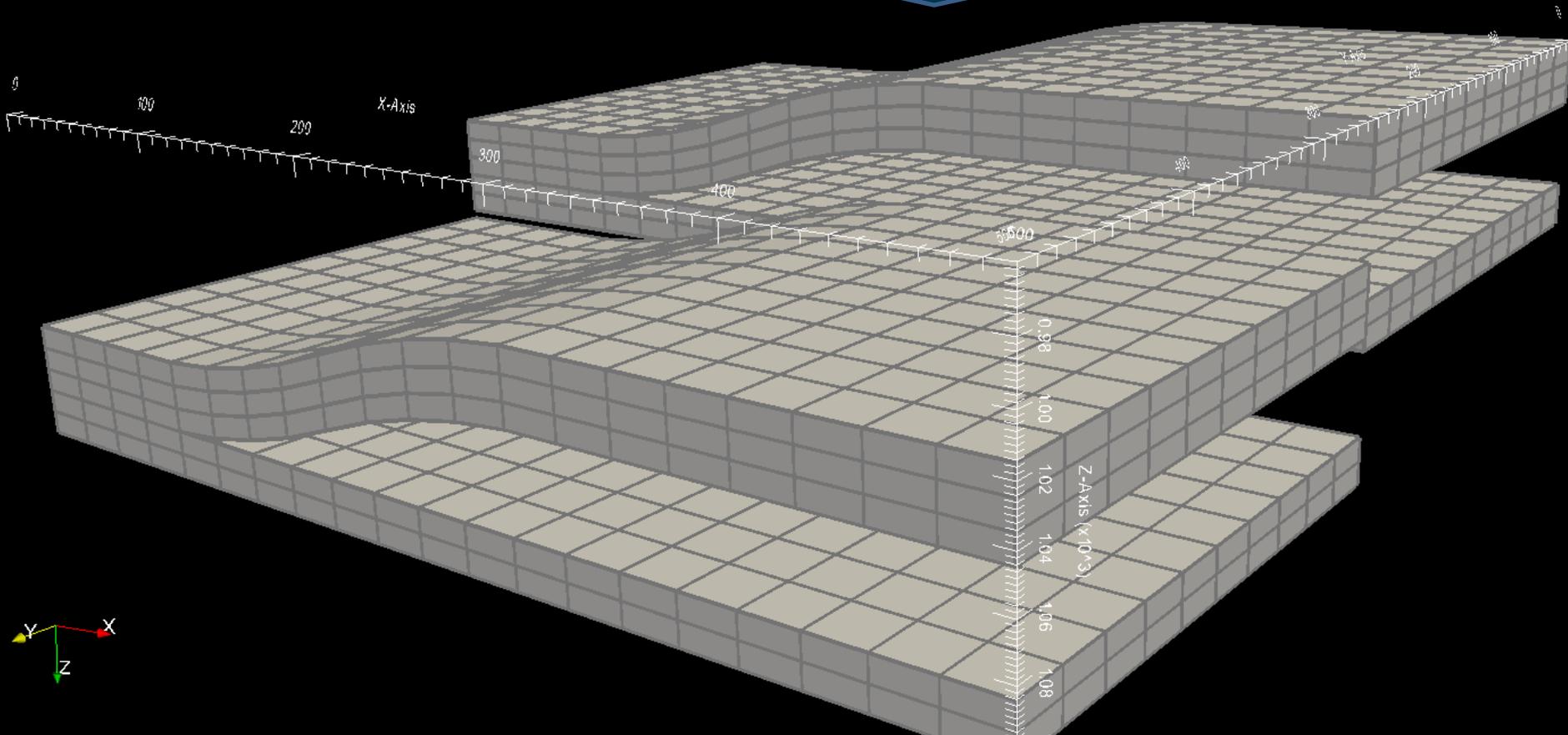
Ответ

```

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 /
```

Упражнение

Упражнение: Создайте следующую сетку, используя ADDZCORN



Ответ

```

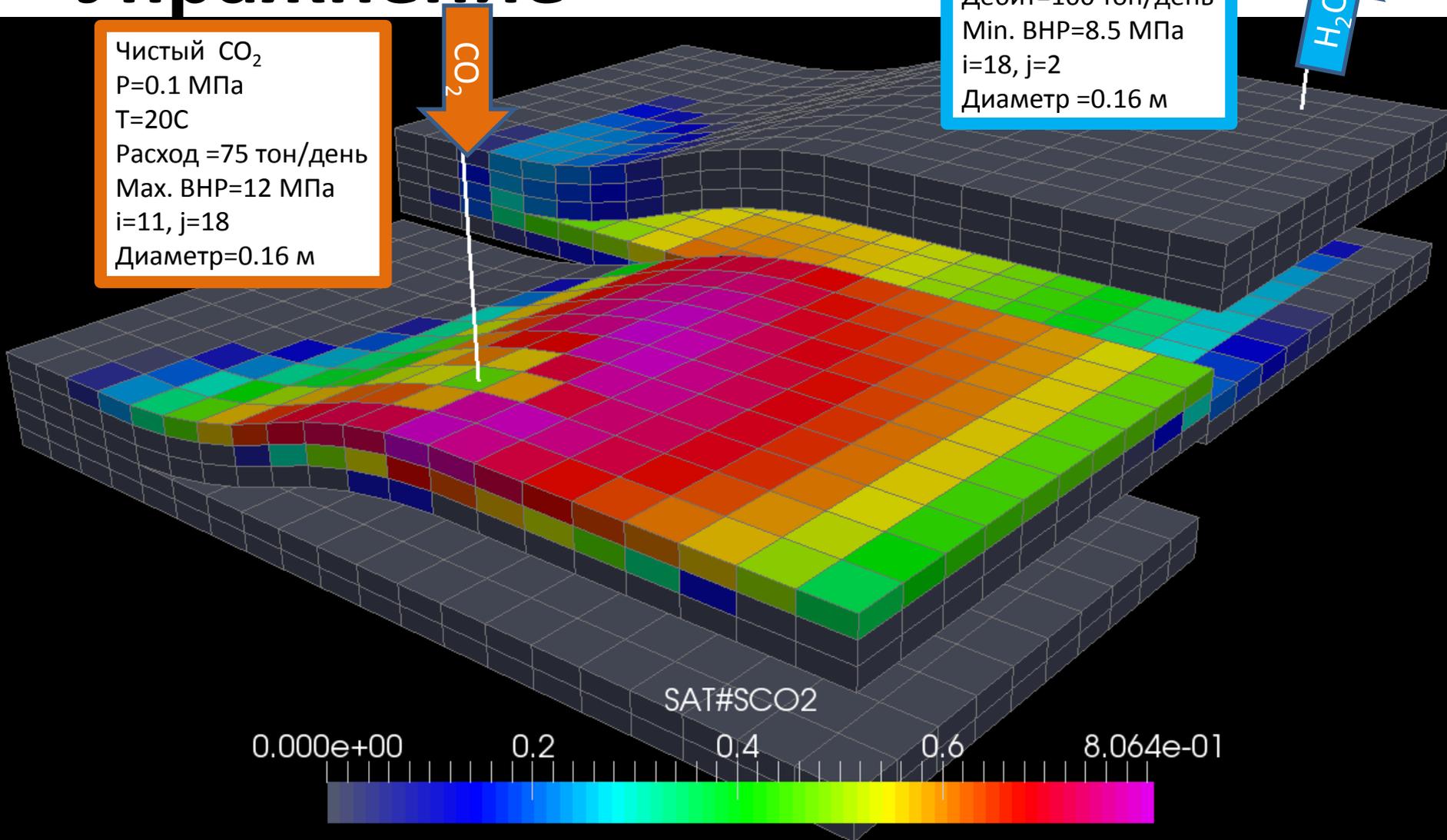
SIMULATIONS/SCENARIO10/0/TASK4.INC
1 ADDZCORN
2   -2.0   6 20  2*   1 3 'I-' 'I+' /
3   -4.0   7 30  2*   1 3 'I-' 'I+' /
4   -6.0   8 20  2*   1 3 'I-' 'I+' /
5   -8.0   9 20  2*   1 3 'I-' 'I+' /
6   -8.0  10 20  2*   1 3 'I-' 'I+' /
7   -6.0  11 20  2*   1 3 'I-' 'I+' /
8   -4.0  12 20  2*   1 3 'I-'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

Используя последнюю сетку, проведите моделирование закачки CO_2 в течении 4000 дней, сохраняя распределения каждый 100 дней. Имеется две скважины, перфорированных в каждом пласте.

Упражнение

Чистый CO_2
P=0.1 МПа
T=20С
Расход =75 тон/день
Max. ВНР=12 МПа
i=11, j=18
Диаметр=0.16 м

Дебит=100 тон/день
Min. ВНР=8.5 МПа
i=18, j=2
Диаметр =0.16 м



день 4. Модуль SIMPLIMOD,
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

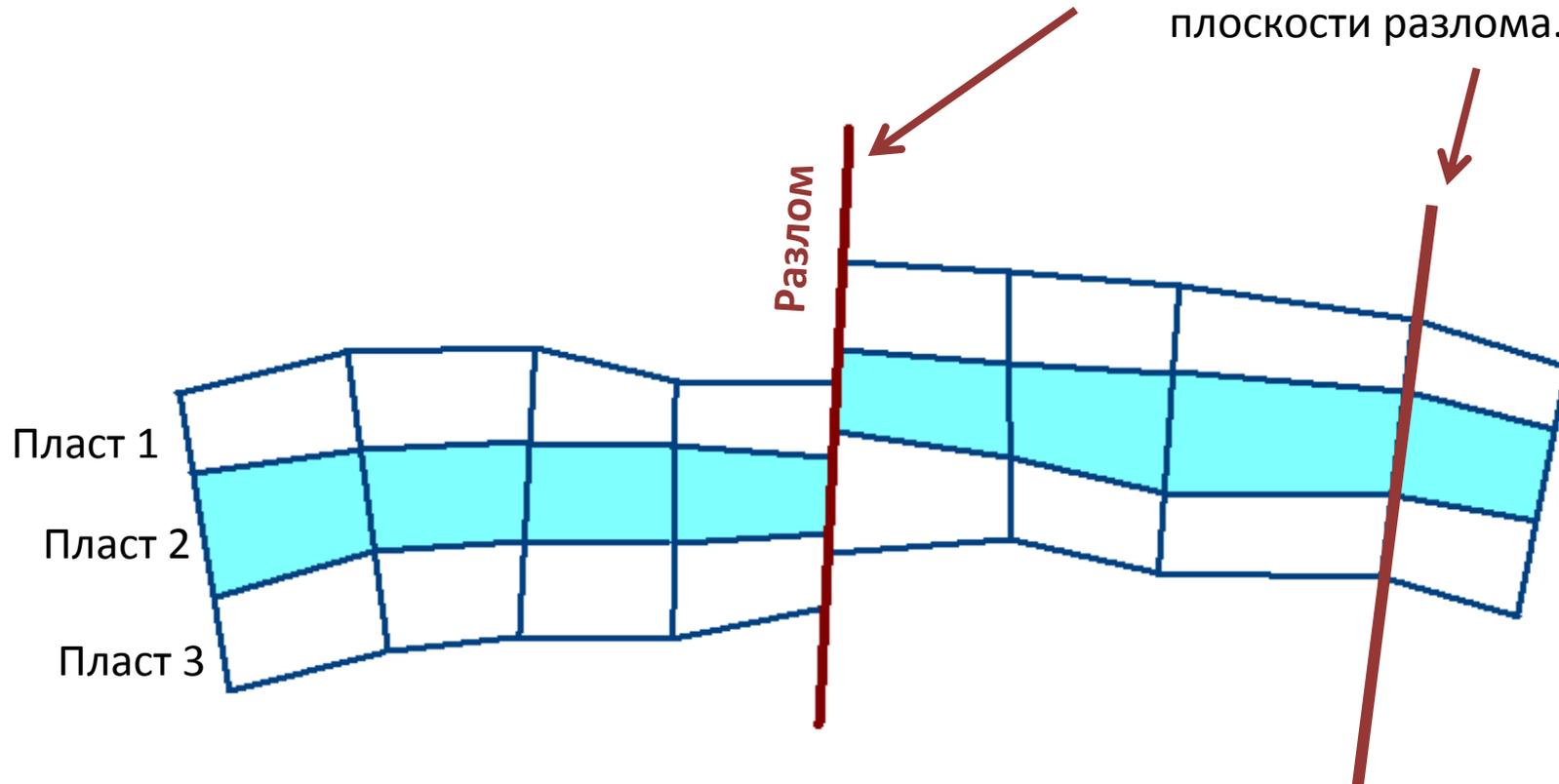
RUN-файл (пример 15, упражнение)

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

Разломы

Разломы

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

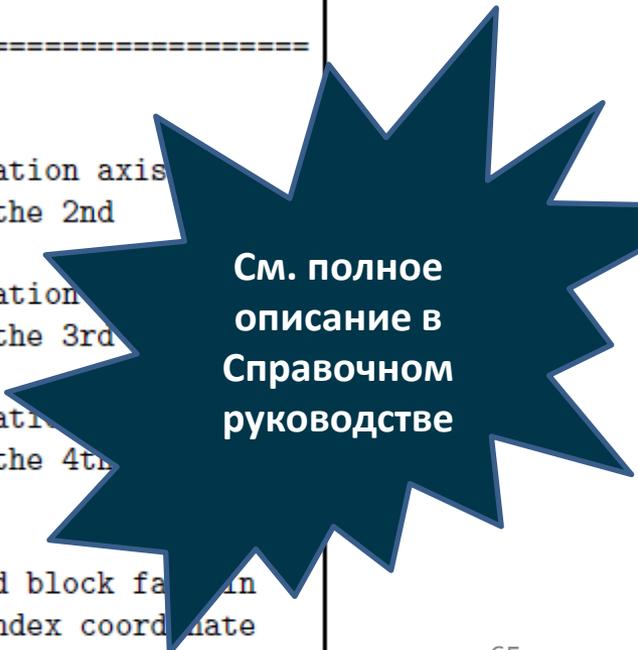


Вид в разрезе

Ключевое слово FAULTS

Определяет плоскость разлома.

```
----- FAULTS syntax -----
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 axis
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 axis
20                  By default these values are equal to '1' and the 4th
21                  argument of the keyword MAKE, respectively;
22  face#          - fault 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;
```



Доп. 4. Модуль SIMPLMOP;
Интегральные параметры; Лок.
измельчение; Сетки и разломы

Ключевое слово MULTFLT

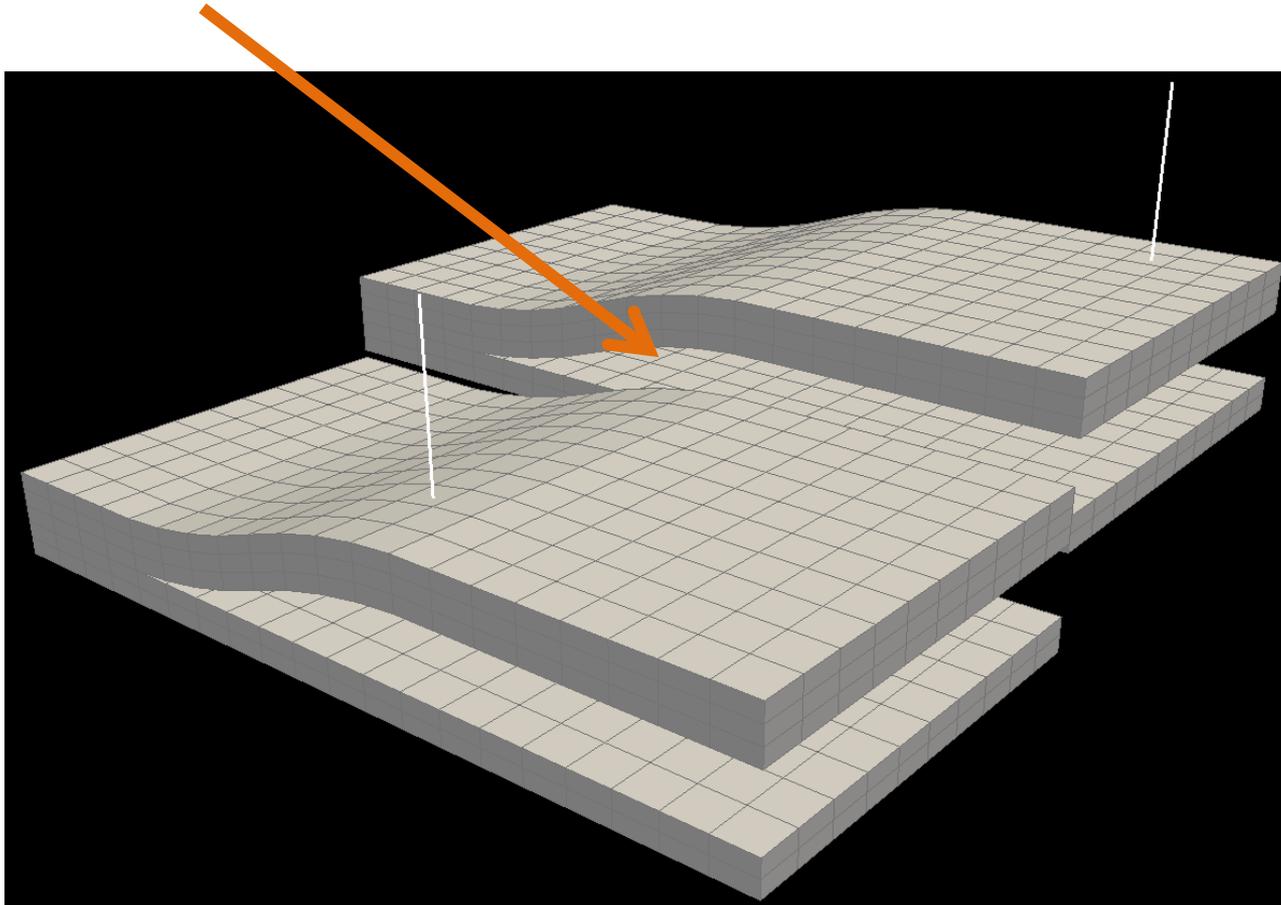
Множитель сообщаемости поперёк плоскости разлома задаётся ключевым словом **MULTFLT**.

```

1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
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.
```

Упражнение

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

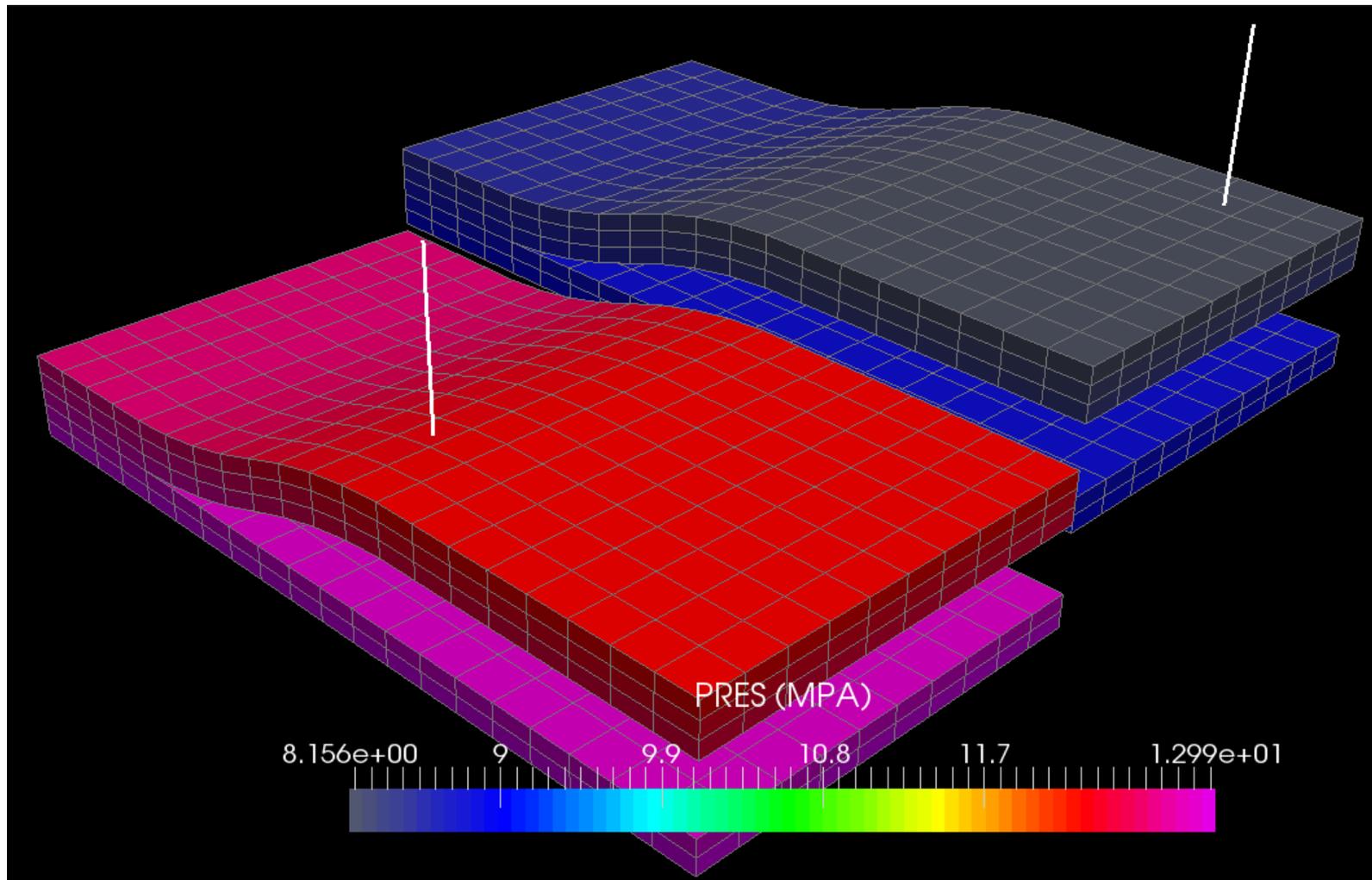


Ответ

```

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  /
```

Результат расчёта



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