

Тренинг по пакету программ MUFITS

День 2

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

Программа

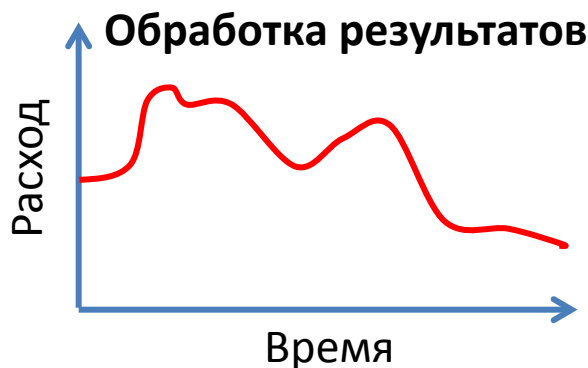
- Модуль T2EOS1
- Арифметические операции с массивами
- Регионы
- Точечные источники
- Секция POST

Арифметические операции

$$\text{PORO} = 0.2$$

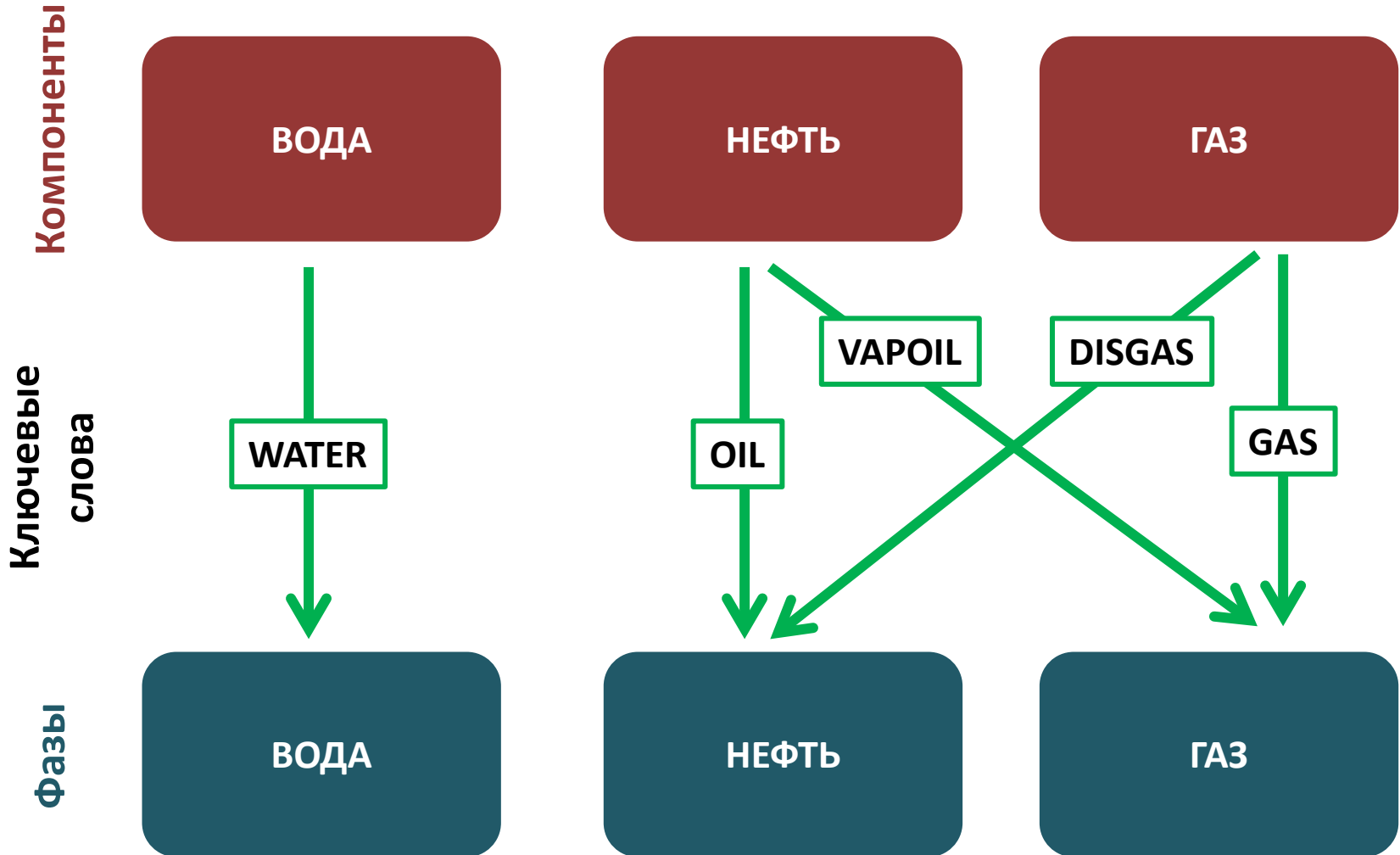
$$\text{PERMZ} = 0.1 * \text{PERMX}$$

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

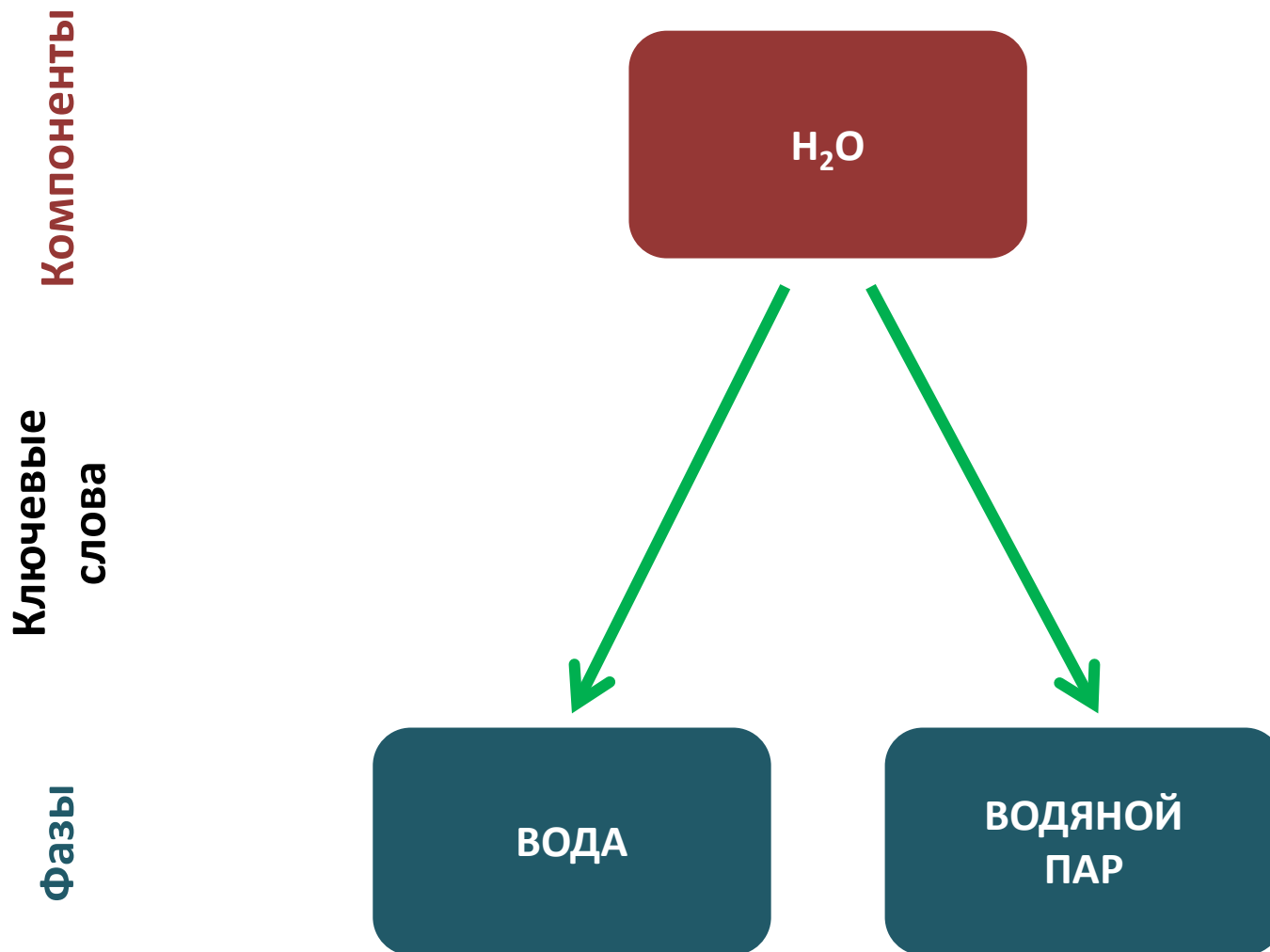


EOS модуль T2EOS1

EOS модуль BLACKOIL (было вчера)



EOS модуль T2EOS1 (сегодня)



EOS модуль T2EOS1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EOS модуль T2EOS1

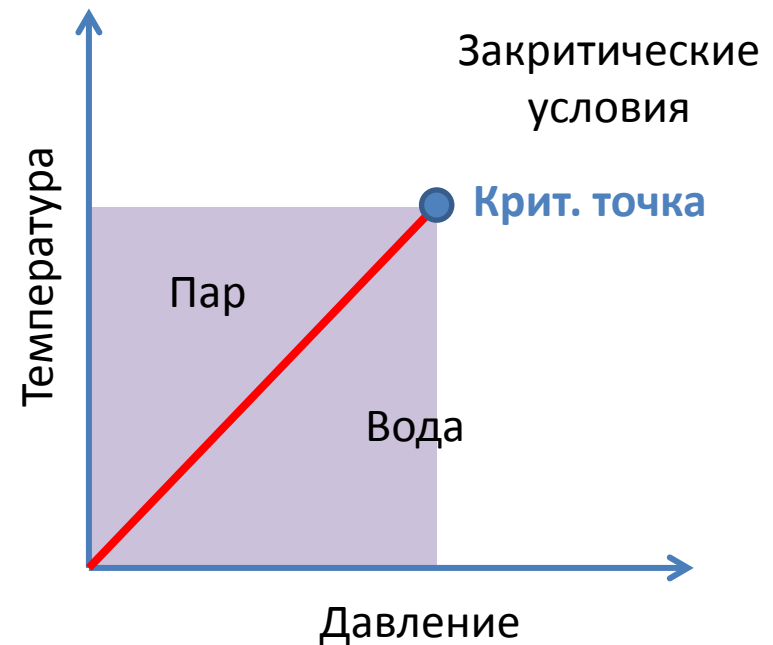
Однокомпонентные (H_2O) однофазные и двухфазные течения воды и водяного пара при докритических термодинамических условиях.

Замыкающие соотношения:

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

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

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



Ключевые слова и мнемоники, доступные с модулем T2EOS1

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

Задание начальных условий

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

Для модуля T2EOS1 доступно 5 опций

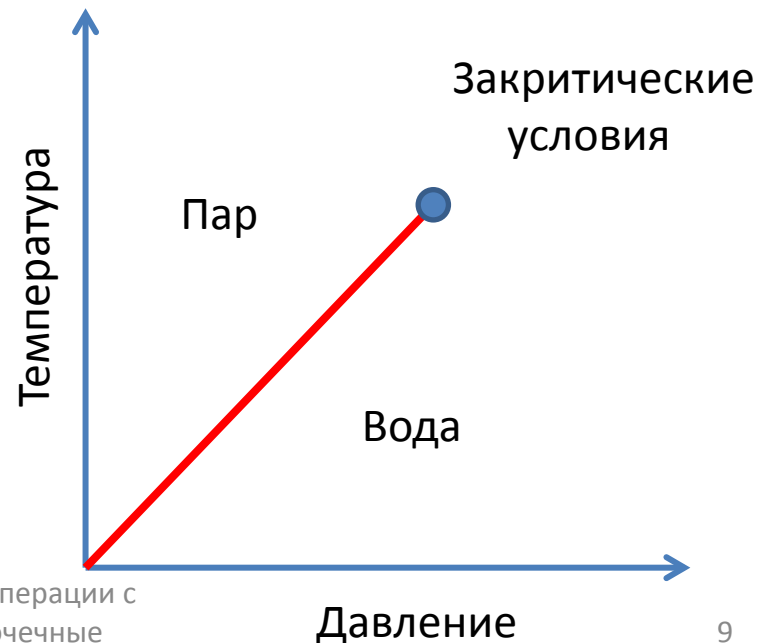
- 1) Задано давление (PRES) и насыщенность воды (SWAT) [приоритет 1]
- 2) Задано давление (PRES) и насыщенность пара (SVAP) [приоритет 2]
- 3) Задана температура (TEMP) и насыщенность воды (SWAT) [приоритет 3]
- 4) Задана температура (TEMP) и насыщенность пара (SVAP) [приоритет 4]
- 5) Задано давление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



Теплопроводность

Теплопроводность

Эффективный коэффициент теплопроводности насыщенной пористой среды:

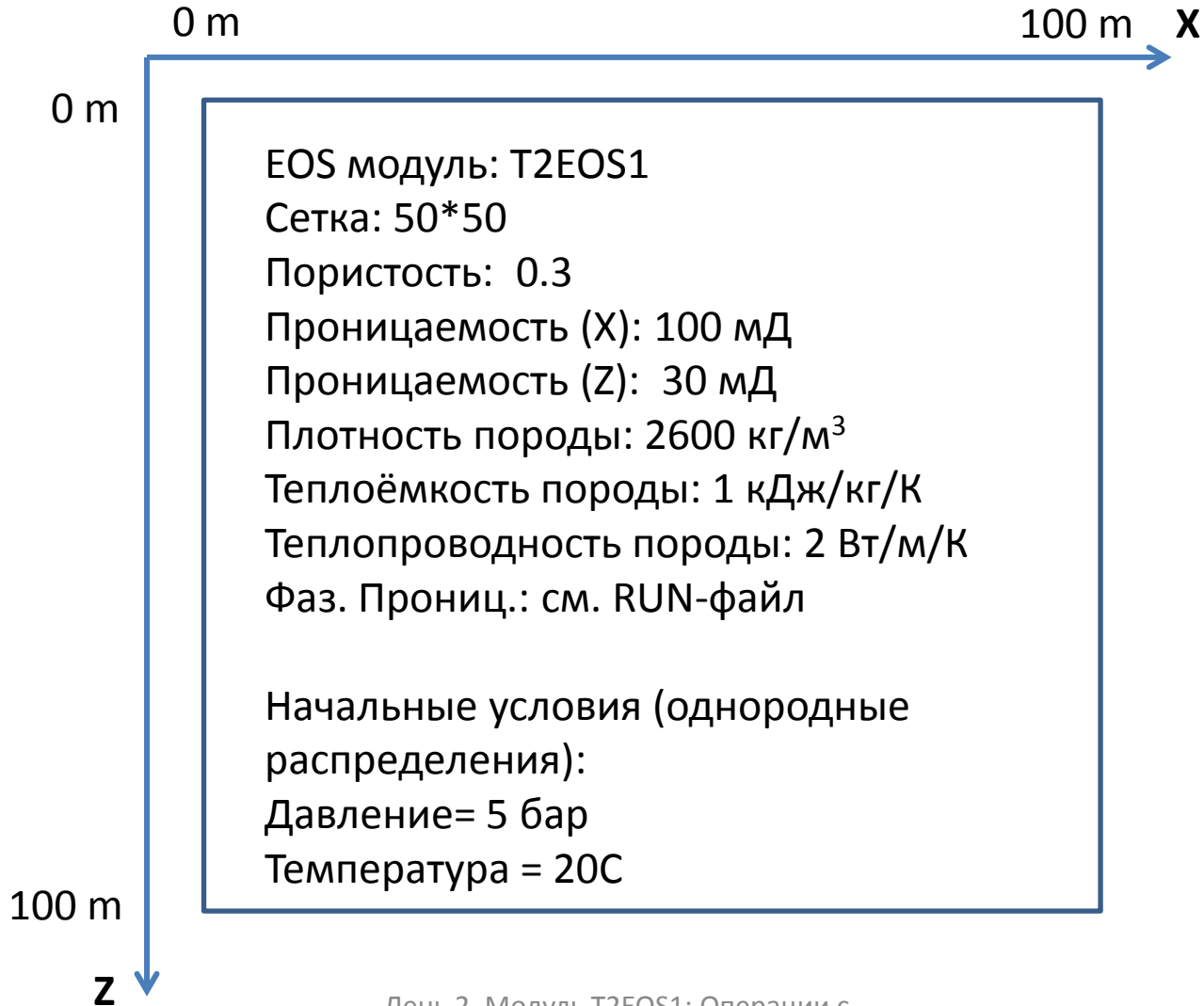
$$\lambda = \underbrace{\phi(s_w \lambda_w + s_v \lambda_v)}_{\text{HCFLUID}} + \underbrace{(1 - \phi) \lambda_r}_{\text{HCROCK}}$$

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**.

Пример 4

Все границы расчётной области непроницаемы и теплоизолированы



RUN-файл (Пример 4)

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

Арифметические операции с массивами данных

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

Ключевое слово EQUALS

```

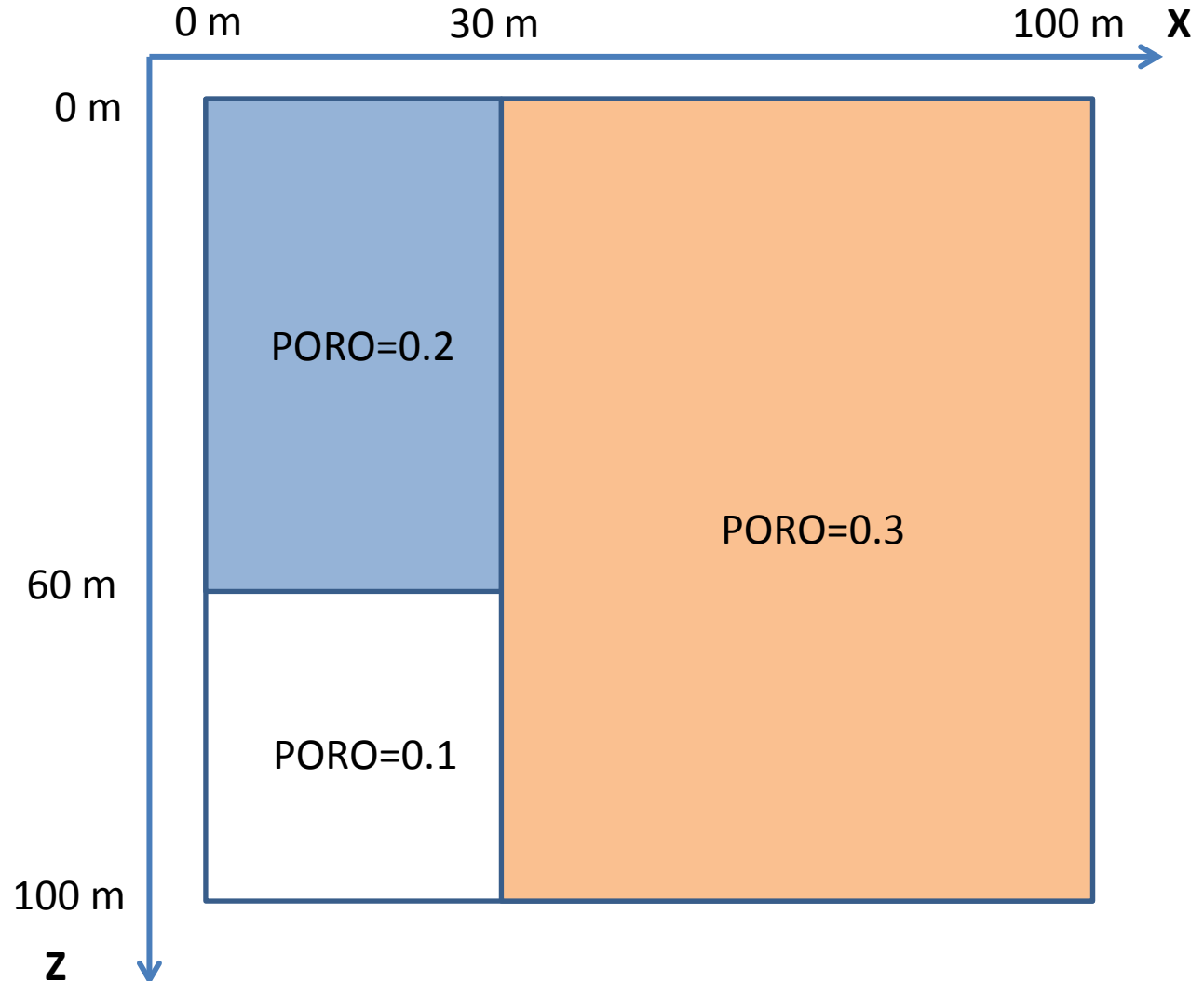
1  -- in all sections except RUNSPEC and POST
2
3  EQUALS
4      mnemonic1  value1  imin1  imax1   jmin1  jmax1   kmin1  kmax1 /
5      mnemonic2  value2  imin2  imax2   jmin2  jmax2   kmin2  kmax2 /
6      mnemonic3  value3  imin3  imax3   jmin3  jmax3   kmin3  kmax3 /
7      ...
8  /
9
10 -----
11
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.
```


RUN-файл (Пример 4)

Откройте RUN-файл (SCENARIO-B4.RUN)

Использование EQUALS

Упражнение: С помощью ключевого слова EQUALS задайте следующее распределение пористости



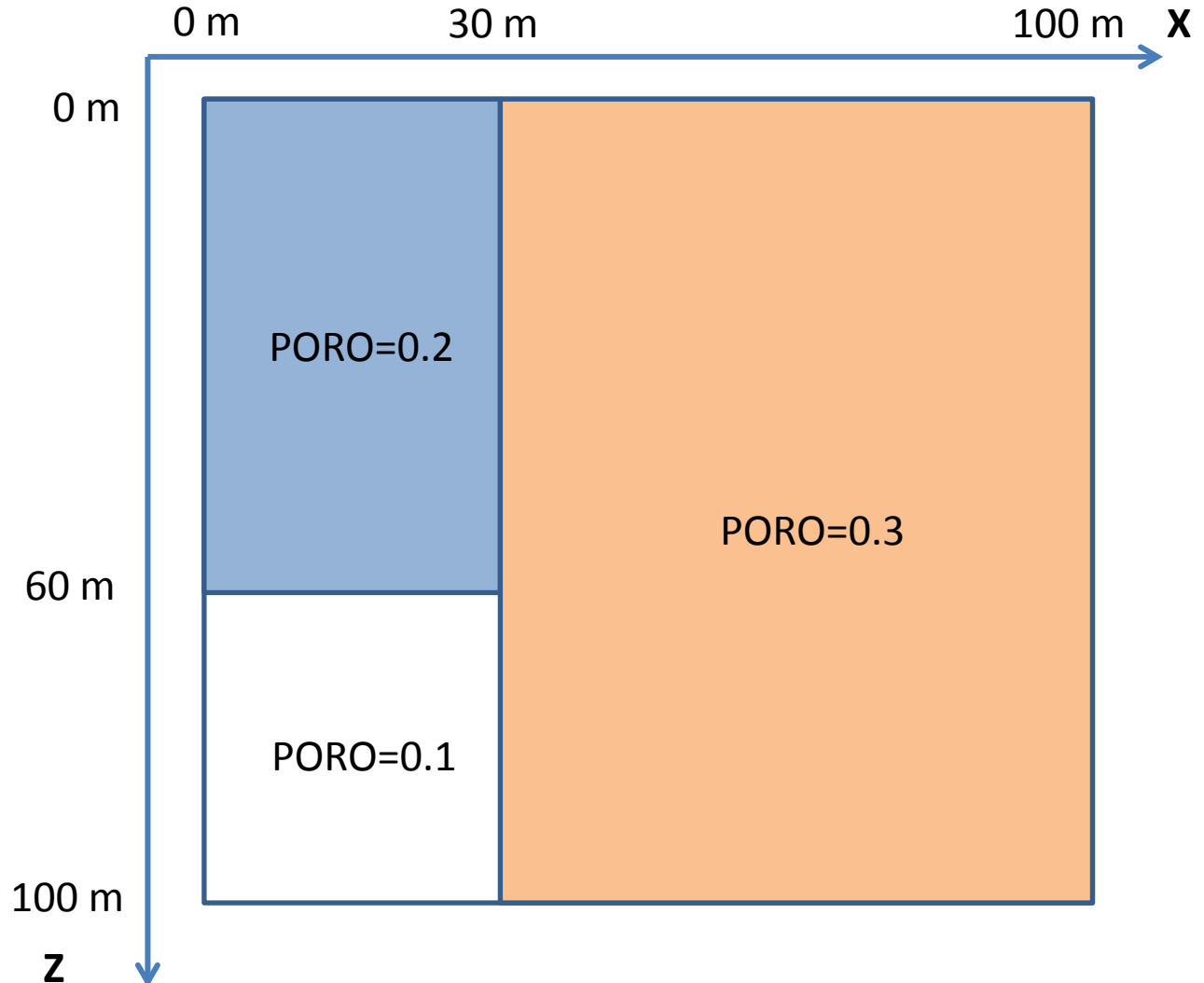
ОТВЕТ

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 ...
```

Использование ADD и MULTIPLY

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



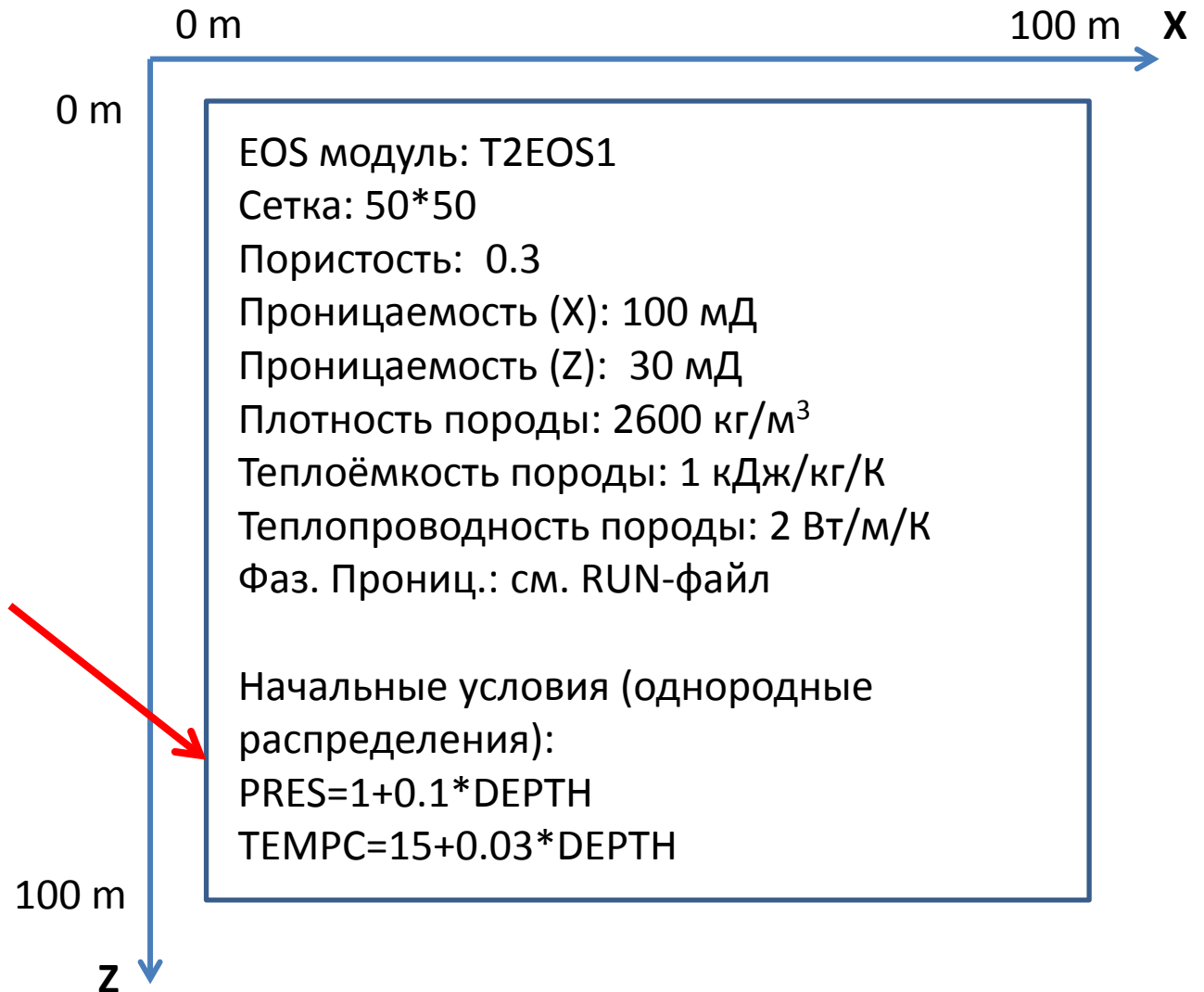
Ключевое слово OPERATE

```
----- OPERATE syntax -----  
1 -- in all sections except RUNSPEC and POST  
2  
3 OPERATE  
4   mnem1 imin1 imax1 jmin1 jmax1 kmin1 kmax1  oper1 mdep1 par1_1 par2_1 par3_1 /  
5   mnem2 imin2 imax2 jmin2 jmax2 kmin2 kmax2  oper2 mdep2 par1_2 par2_2 par3_2 /  
6   mnem3 imin3 imax3 jmin3 jmax3 kmin3 kmax3  oper3 mdep3 par1_3 par2_3 par3_3 /  
7   ...  
8 /  
9  
10 =====
```

**В Справочном
руководстве приведён
список доступных
операций**

Использование OPERATE

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



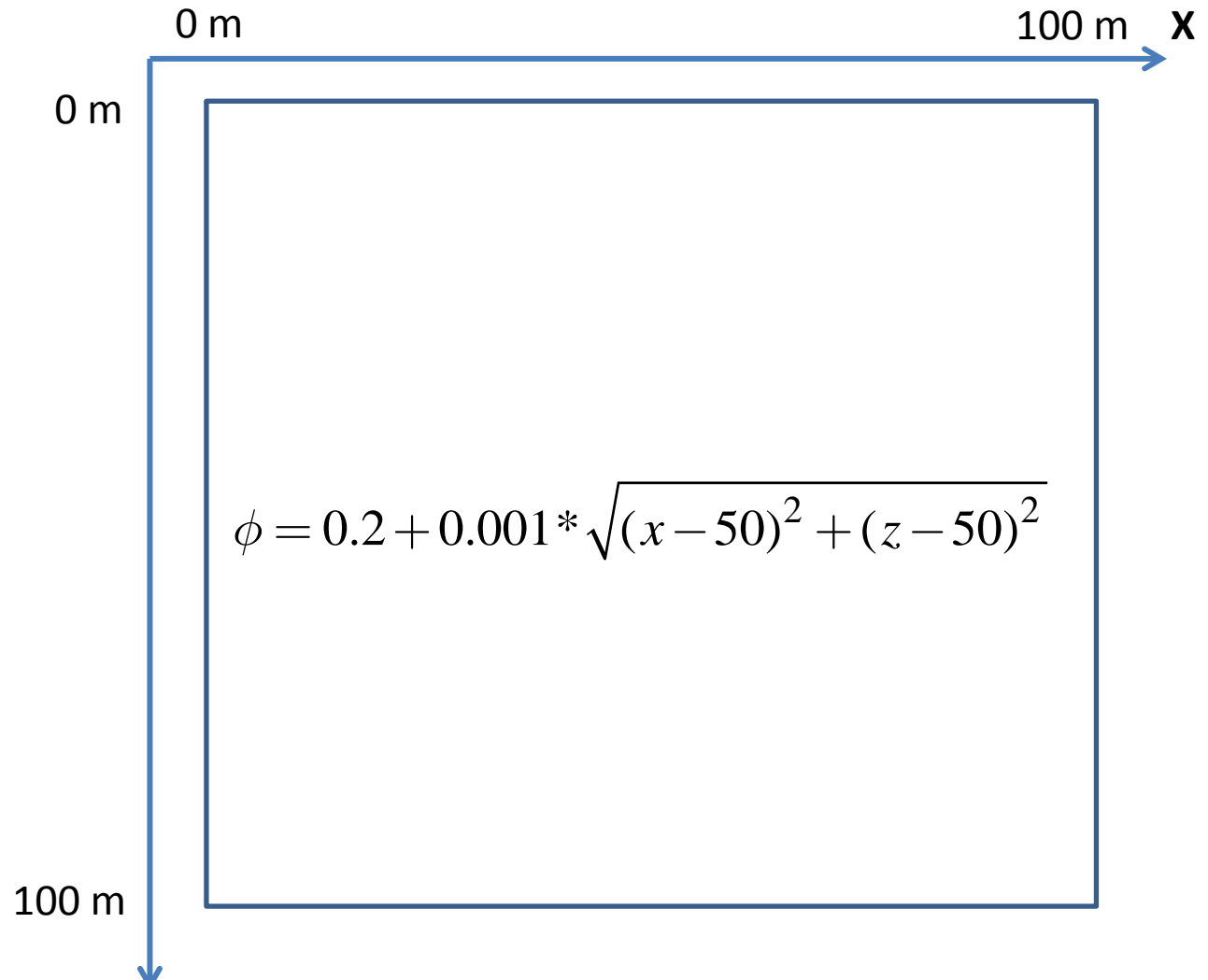
Ключевое слово AUXARRAY

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

```
----- AUXARRAY syntax -----
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.
```

Использование OPERATE и AUXARRAY

Упражнение:
Задайте
следующее
распределение
пористости



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**

Регионы

Флаги для ячеек сетки

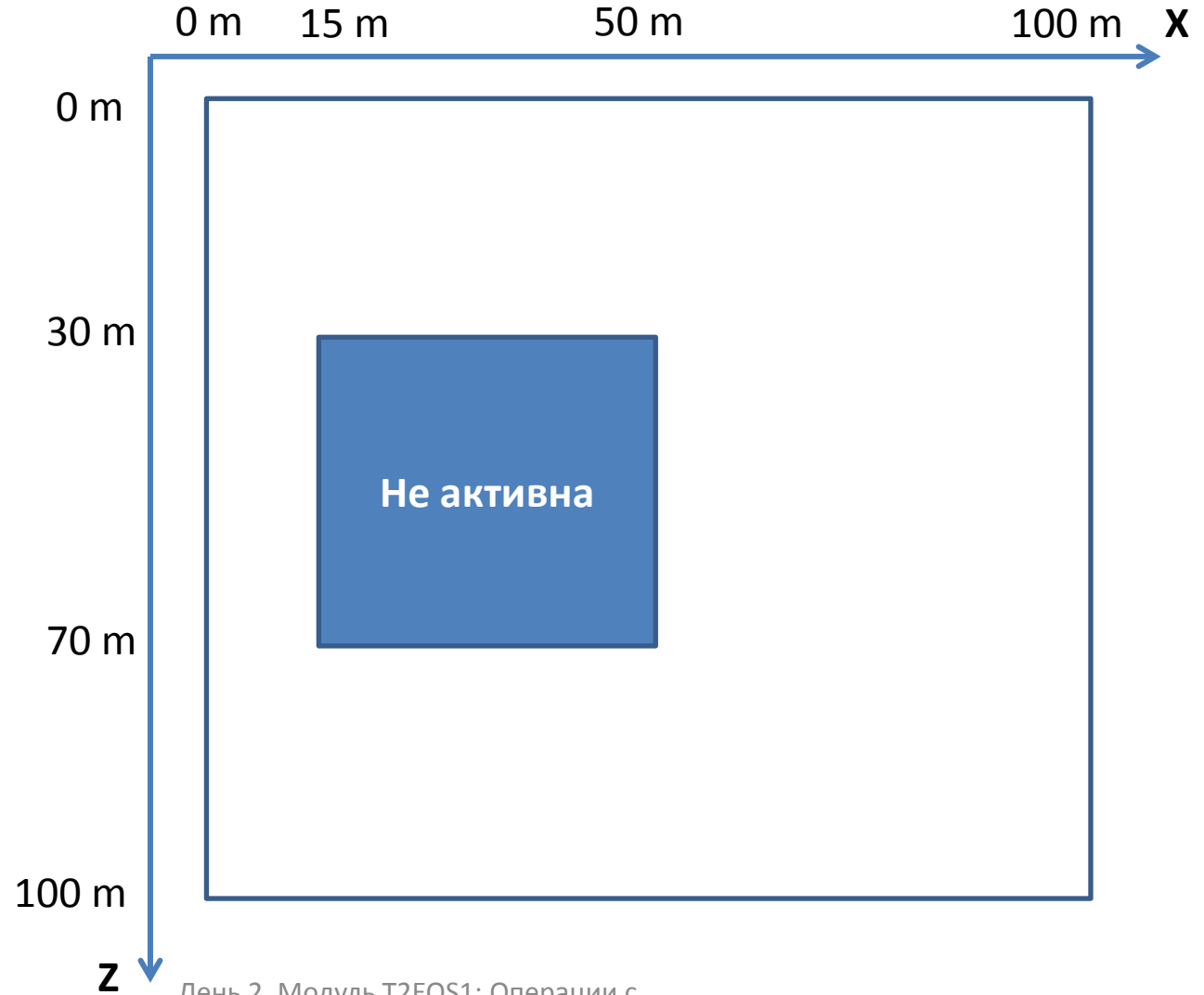
Мнемоника	Описание
ACTNUM	0 – ячейка неактивная; 1 – ячейка активная; 2 – фиксированные параметры;
TYPENUM	1 – обычная ячейка, 2 – непроницаемая ячейка
ROCKNUM	Номер региона для свойств пород
SATNUM	Номер региона для ОФП и капиллярного давления
FLUXNUM	Используется для задания начальных условий
MPINUM	Разбиение сетки
EQLNUM	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.

Флаг АСТNUM

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

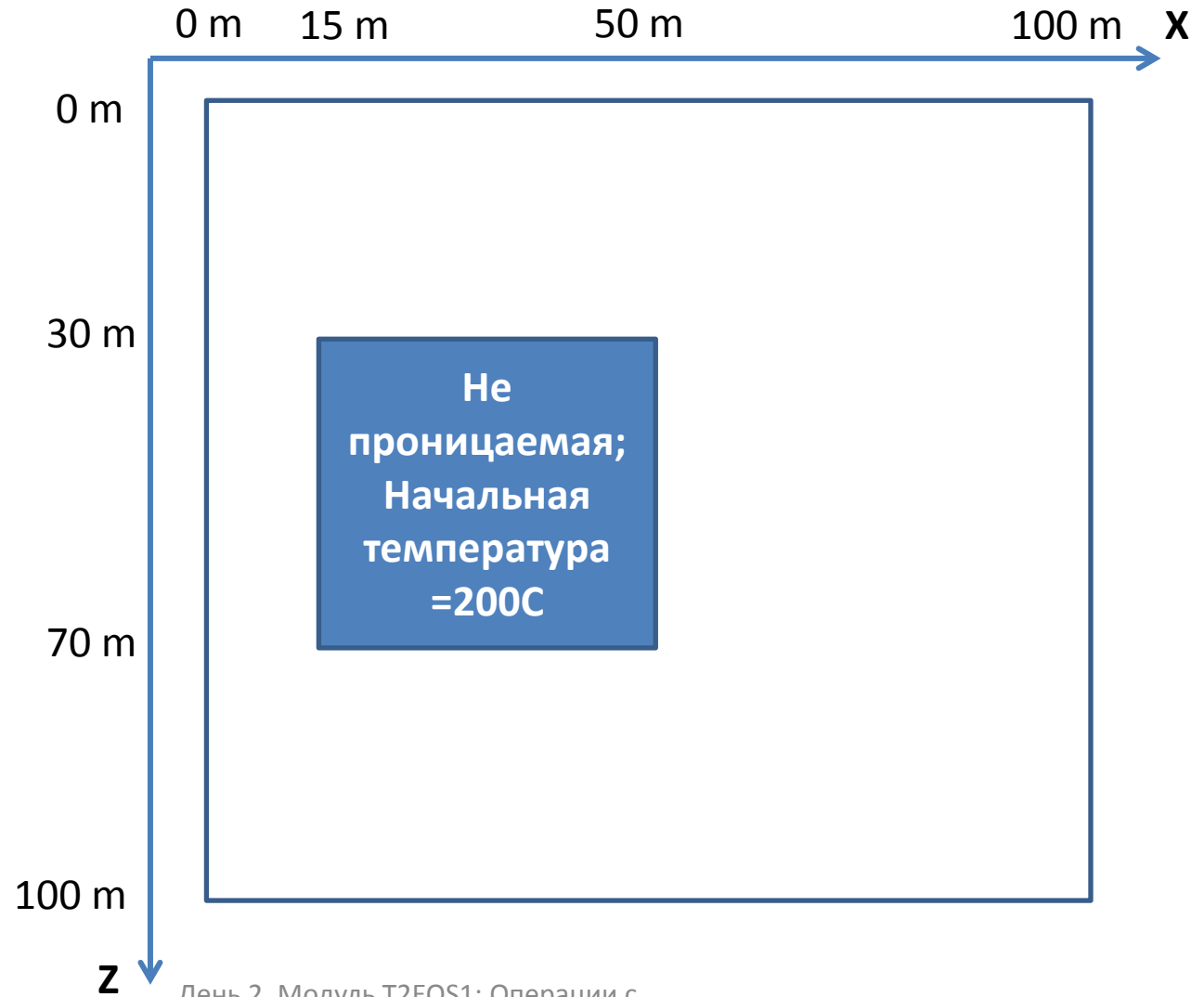
Упражнение:
Задайте данную
область
неактивной и
пересчитайте
Пример 4



Флаг TYPENUM

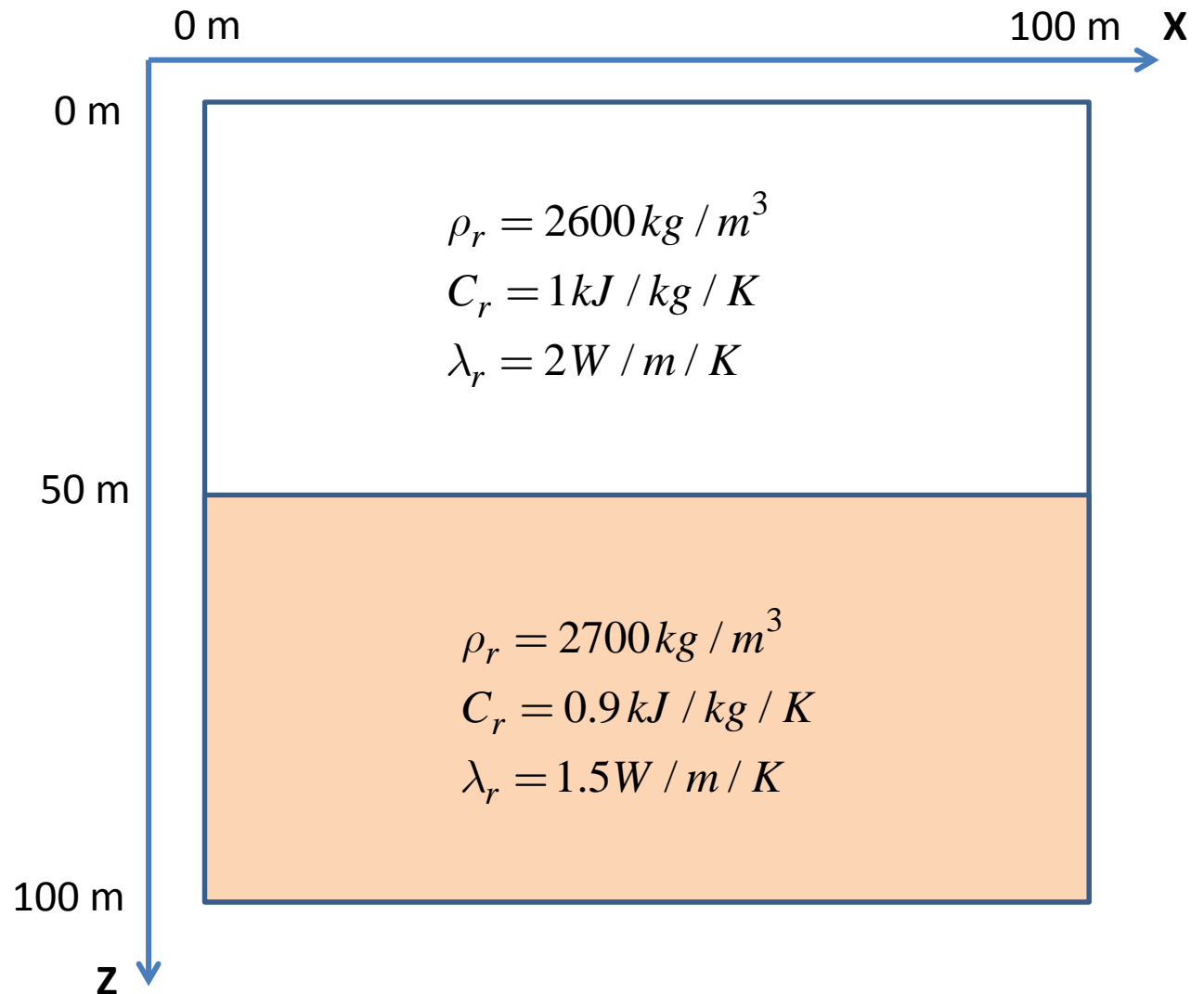
1 – обычная ячейка; 2 – непроницаемая ячейка.

Упражнение:
задайте данную
область
непроницаемой
и пересчитайте
Пример 4.



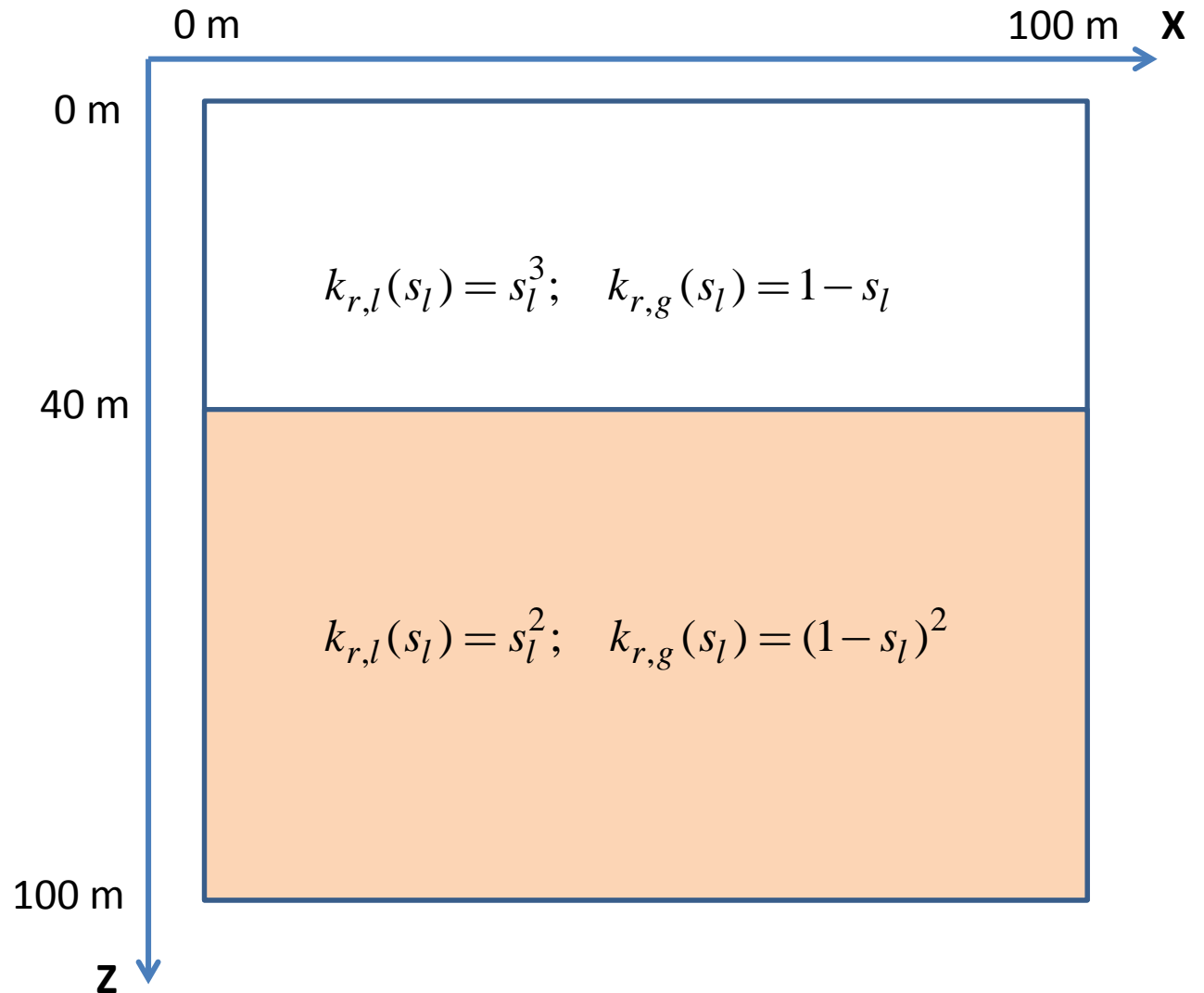
Флаг ROCKNUM

Упражнение:
задайте
неоднородное
распределение
свойств породы



Флаг SATNUM

Упражнение:
Задайте
различные ОФП
в указанных
регионах



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

Ключевое слово EQUALREG

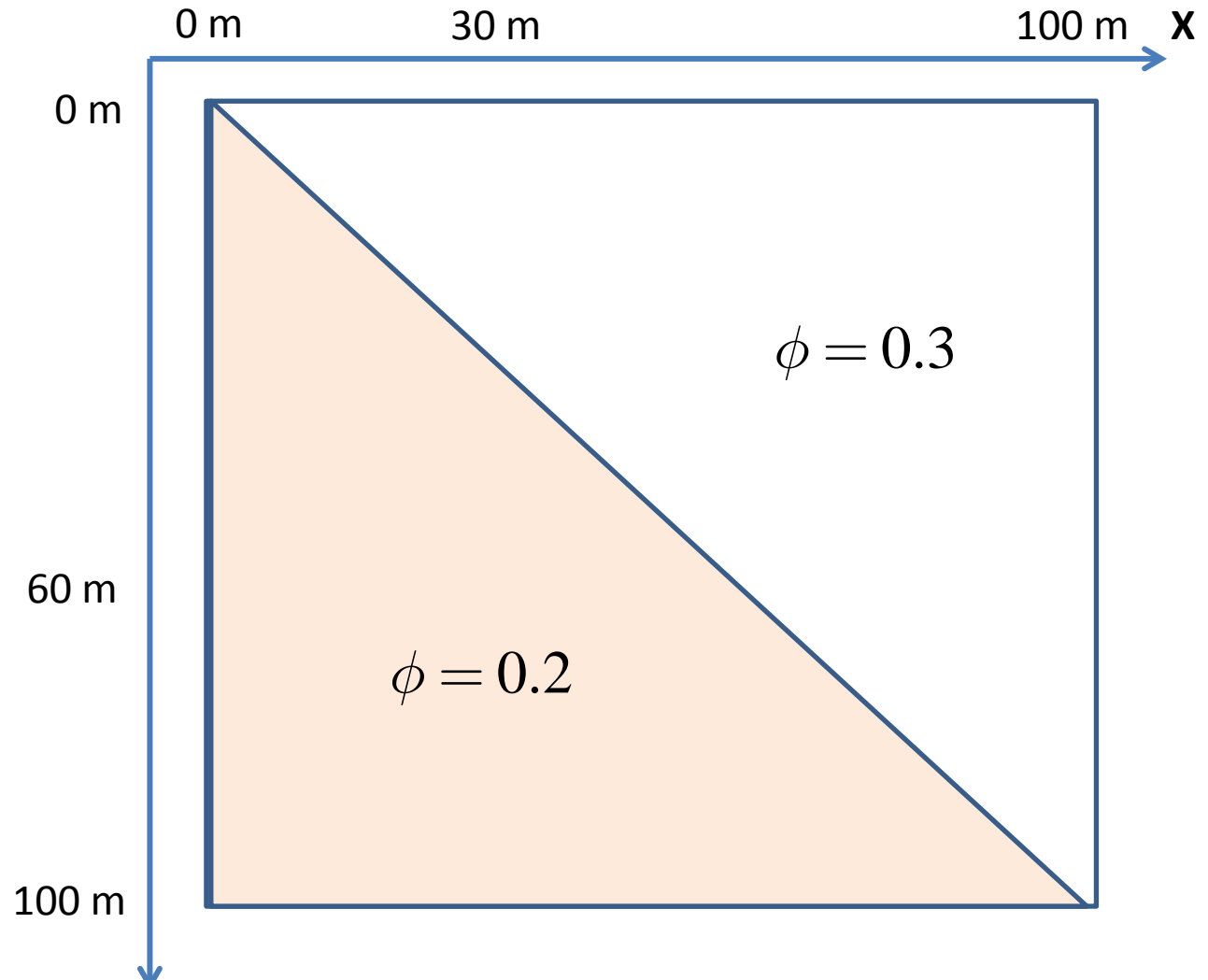
```

1  -- in all sections except RUNSPEC and POST
2
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  ...

```

Упражнение

Задайте
следующее
распределение
пористости.



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 /
/
```

Граничные условия

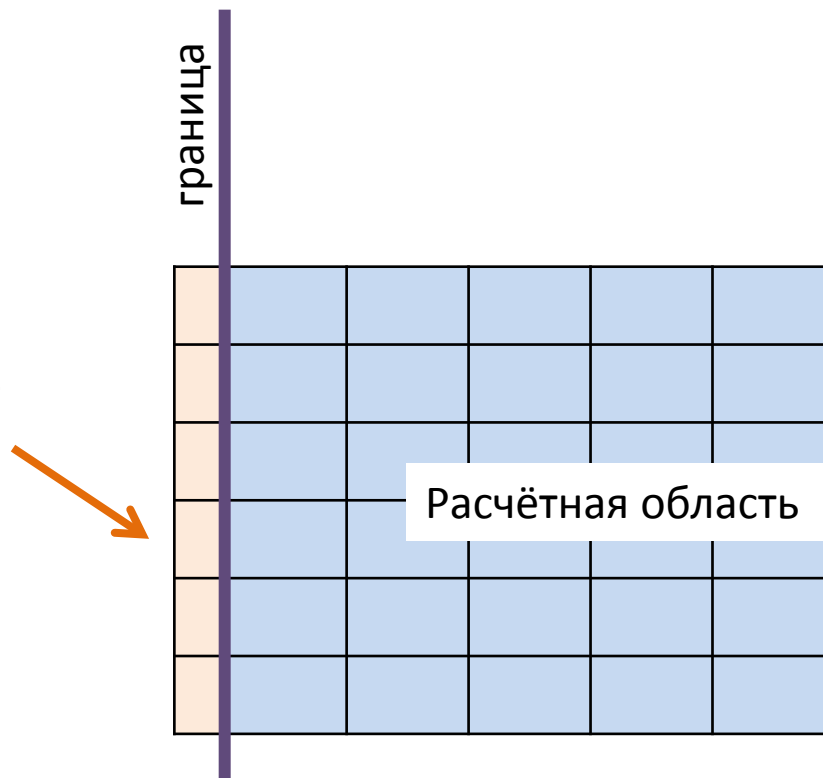
Граничные условия Дирихле

Вспомогательные
ячейки

(в которых
ACTNUM=2)

создаются с помощью
ключевого слова
BOUNDARY

Обратится к
дополнительным
ячейкам можно с
помощью флага
FLUXNUM



REGBOX

REGALL

См. описание
в Справочном
руководстве

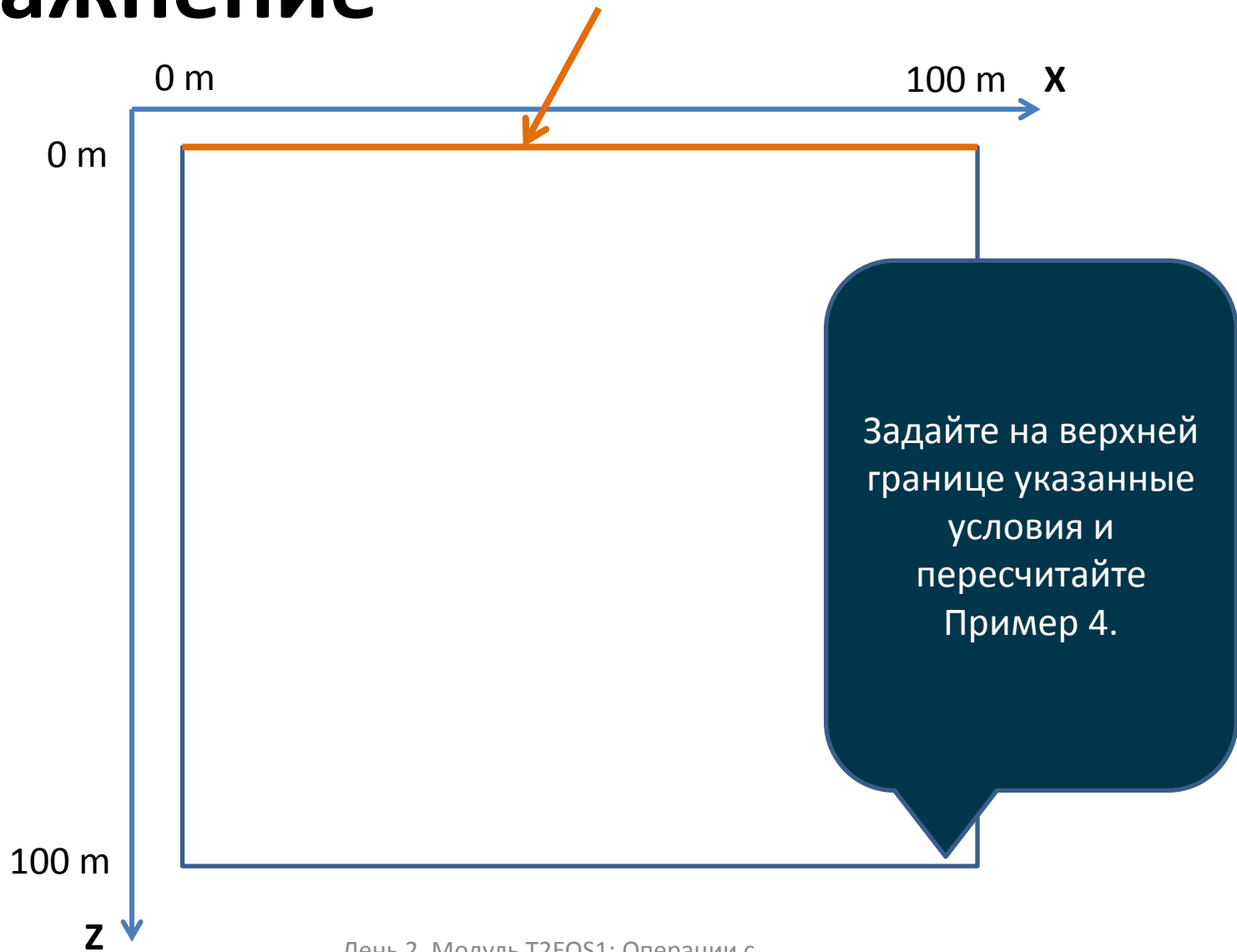
Ключевое слово BOUNDARY

```
----- BOUNDARY syntax -----
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

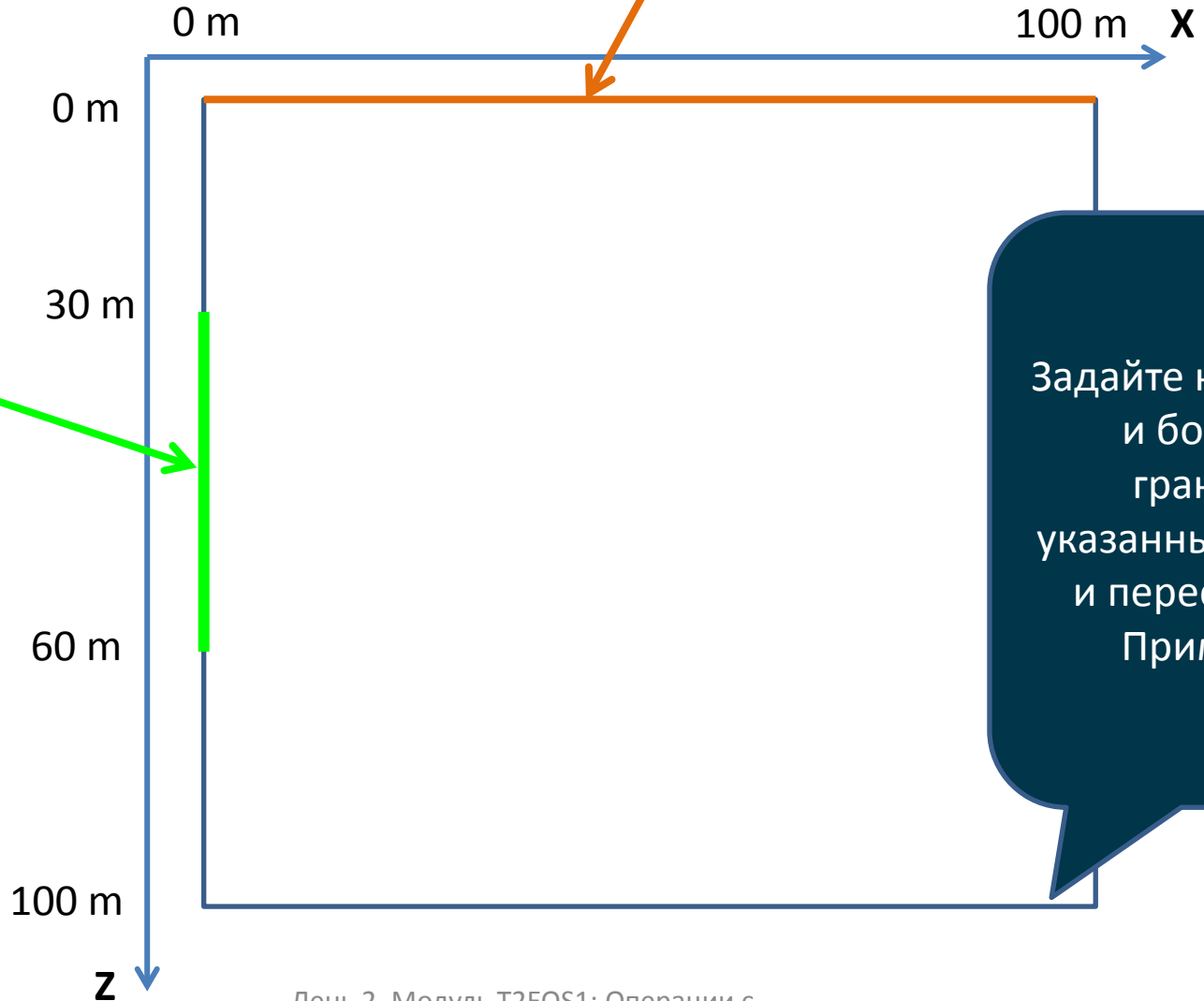
Постоянное давление = 1 бар и
Постоянная температура = 20C



Упражнение

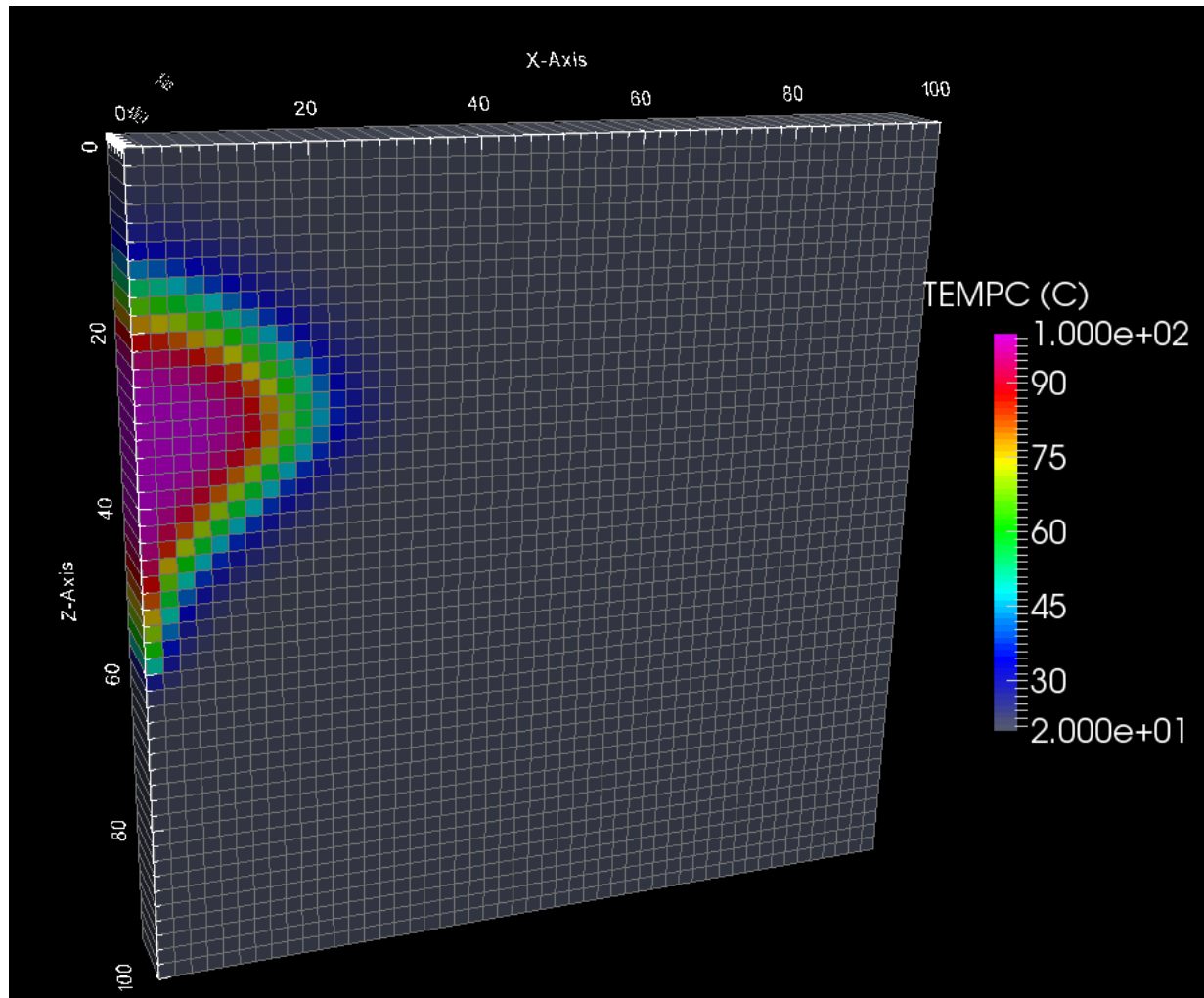
Постоянное давление = 1 бар и
постоянная температура = 20C

Постоянное
давление =
10 бар и
Постоянная
температура
= 100 C



Задайте на верхней
и боковой
границах
указанные условия
и пересчитайте
Пример 4.

Результат

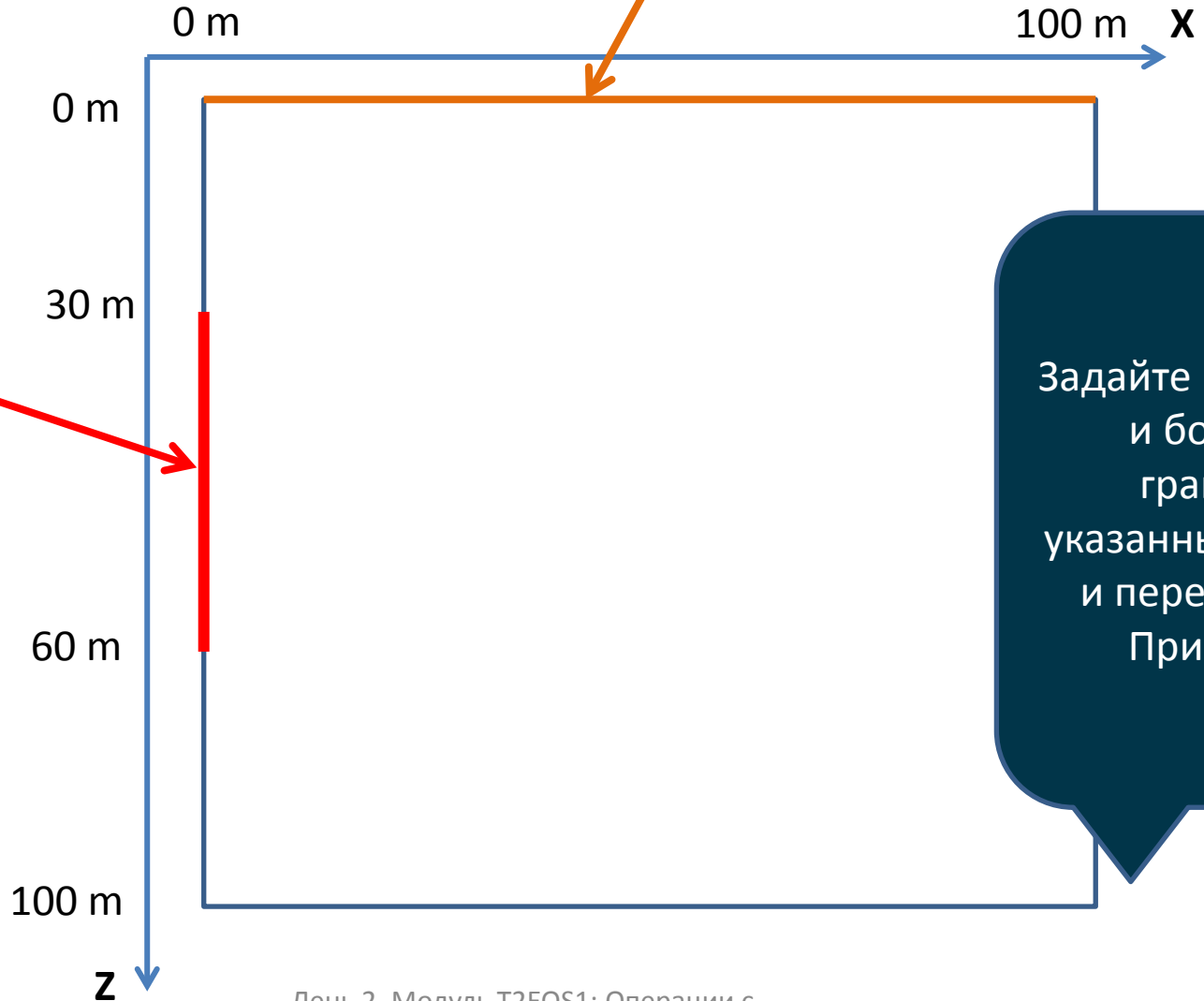


День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

Упражнение

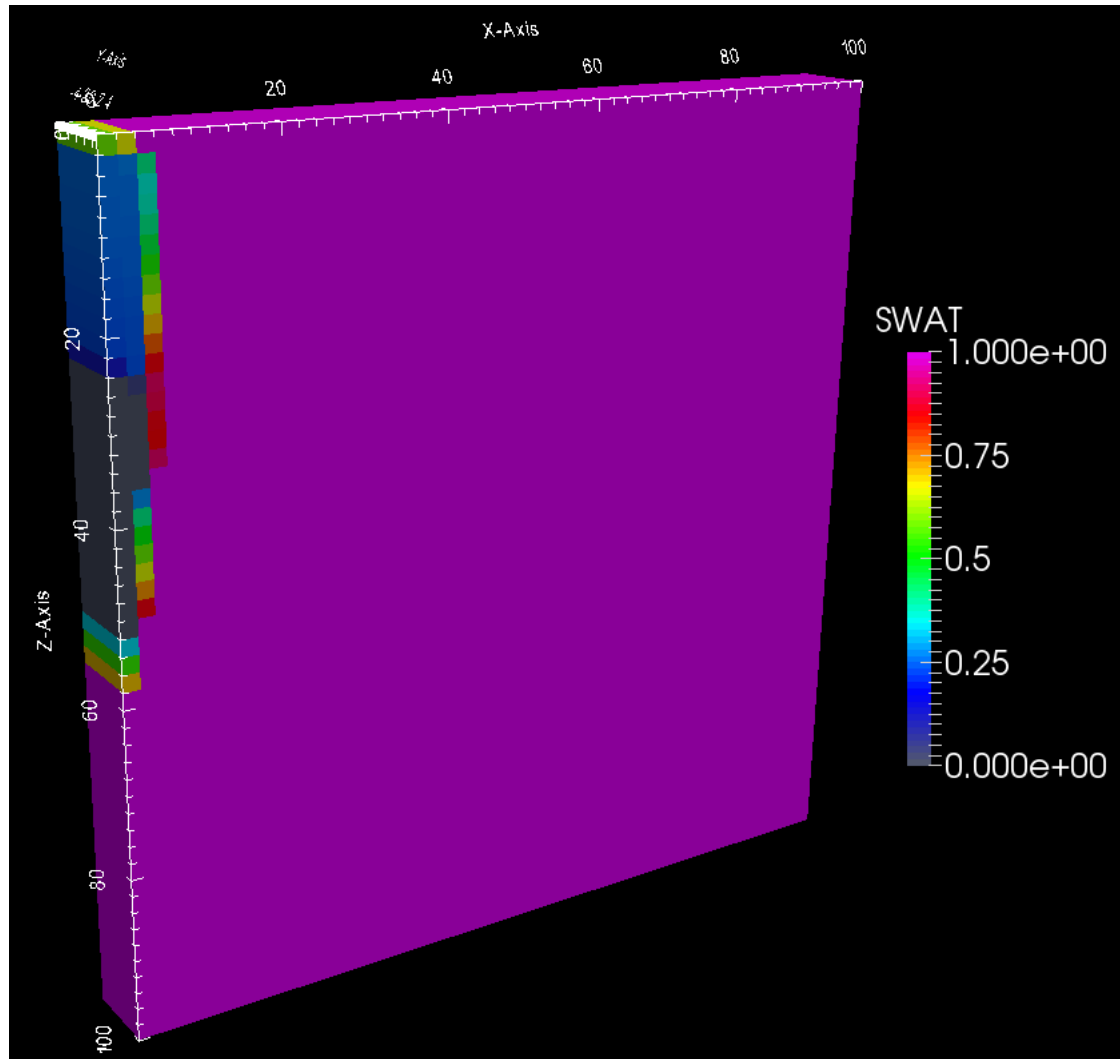
Постоянное давление = 1 бар и
постоянная температура = 20C

Непроницае
мая граница
при
температуре
= 250C



Задайте на верхней
и боковой
границах
указанные условия
и пересчитайте
Пример 4.

Результат

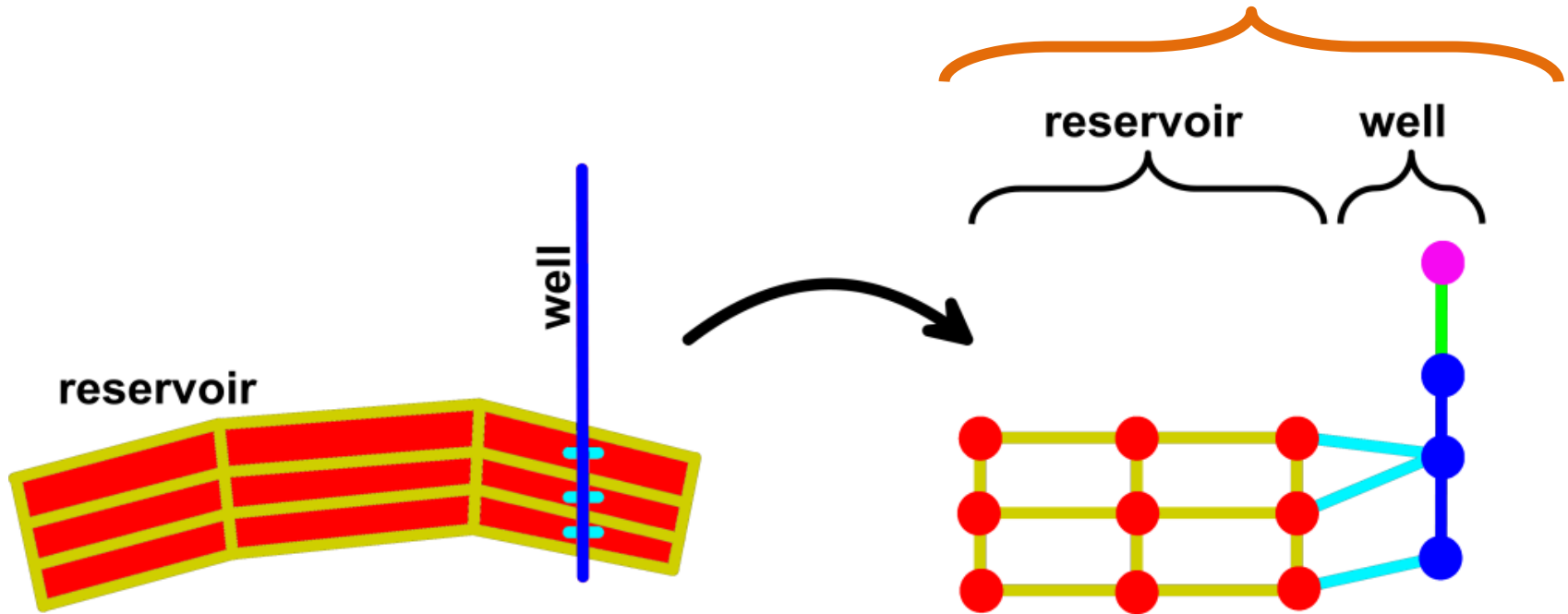


День 2. Модуль T2EOS1; Операции с массивами; Регионы; Точечные источники; Секция POST

Точечные источники

Представление модели в симуляторе

Строится внутри скобок
MAKE-ENDMAKE

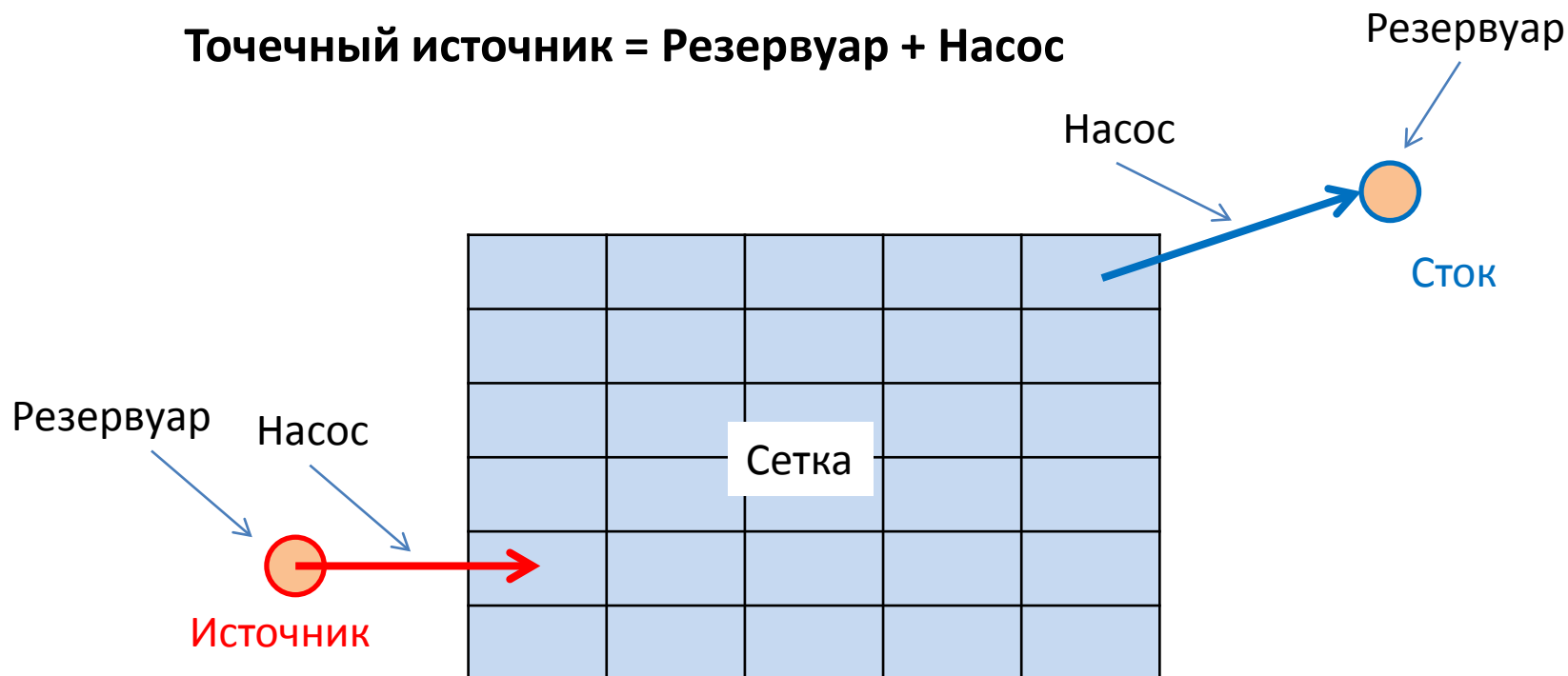


- - grid block
- - pipe segment
- - stock tank

- - interface
- - well completion
- - pump
- - pipe junction

Точечный источник

Точечный источник = Резервуар + Насос



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.

Ключевые слова для операций на ячейках 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»

Ключевое слово EQUALNAM

```
----- EQUALNAM syntax -----
1  -- in all sections except RUNSPEC and POST
2
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      ...
```

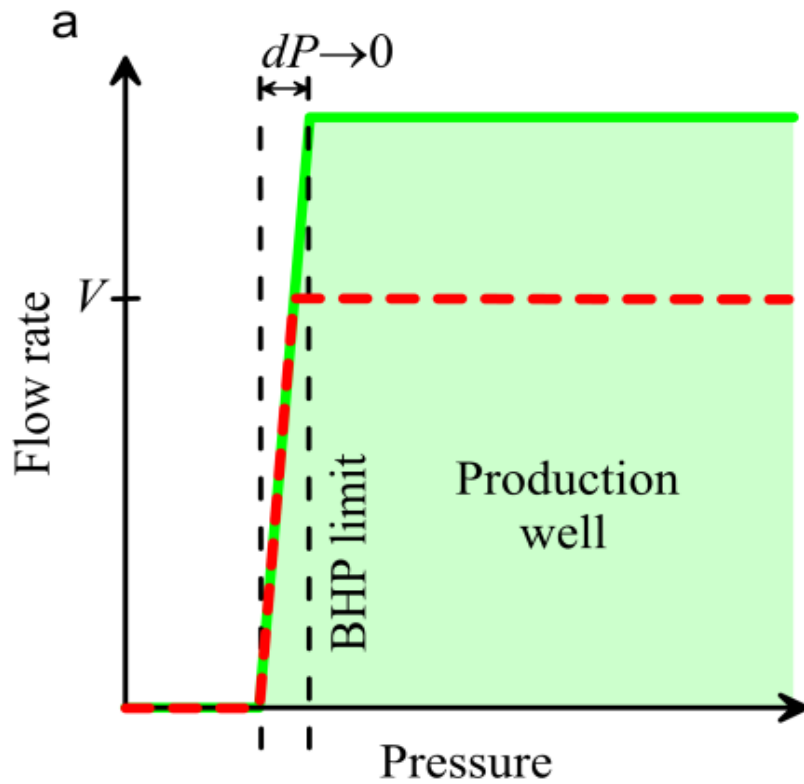

Ключевое слово SRCSPECG

Определяет пространственное положение источника/стока

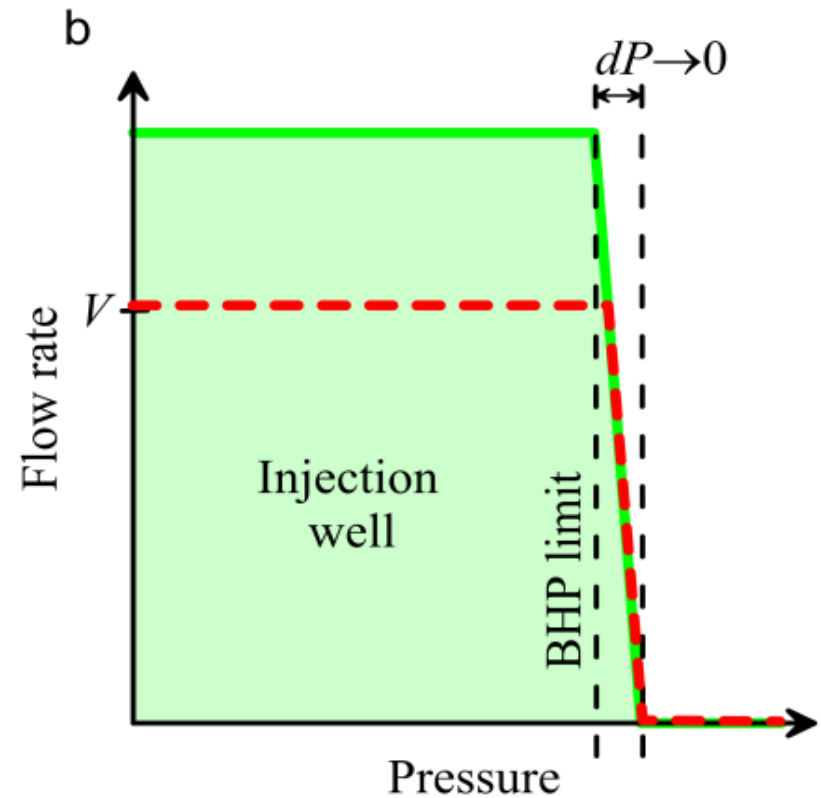
```
----- SRCSPECG syntax -----
1  -- within MAKE-ENDMAKE brackets
2
3  SRCSPECG
4     name1   i1 j1 k1   x1 y1 z1   mode1 /
5     name2   i2 j2 k2   x2 y2 z2   mode2 /
6     name3   i3 j3 k3   x3 y3 z3   mode3 /
7     ...
8  /
9
10 -----
11
12     name#    - the point source name (a 8-byte character);
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
```

Параметры Насоса

Сток



Источник



Ключевое слово SRCINJE

задает расход источника/стока

SRCINJE syntax

```
1 -- in SCHEDULE section
```

```
2 SRCINJE
```

```
3 name1 targ1 injtype1 plim1 volrate1 massrate1 vp1 dp1 /
```

```
4 name2 targ2 injtype2 plim2 volrate2 massrate2 vp2 dp2 /
```

```
5 name3 targ3 injtype3 plim3 volrate3 massrate3 vp3 dp3 /
```

```
6 ...
```

```
7 /
```

```
8 =====
```

```
11 name# - pump name (8-byte character);
```

```
12 targ# - pump operational target. Available values: MASS - mass rate,
```

```
13 RATEIN - volumetric rate on inlet, RATEOUT - volumetric rate on
```

```
14 outlet;
```

```
15 injtype# - fluid used for operational control (default value recommended);
```

```
16 plim# - maximum pressure at the pump outlet;
```

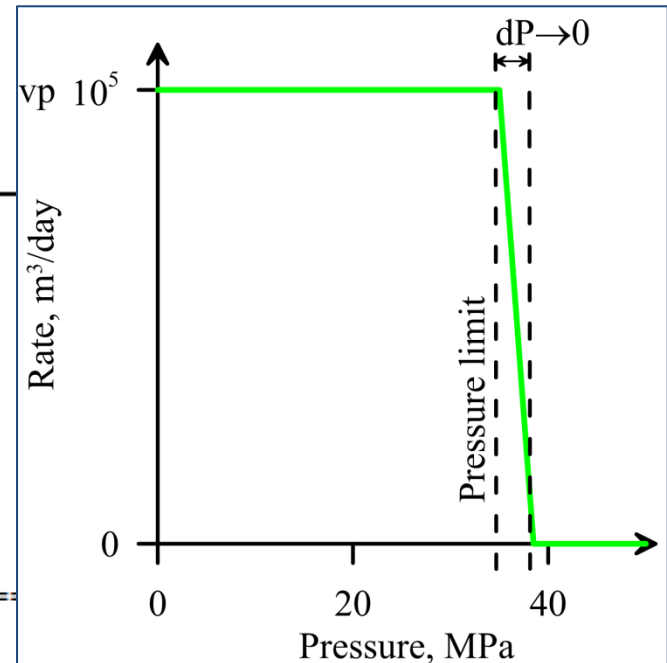
```
17 volrate# - volumetric rate;
```

```
18 massrate# - mass rate;
```

```
19 vp# - maximum volumetric rate of the pumping device;
```

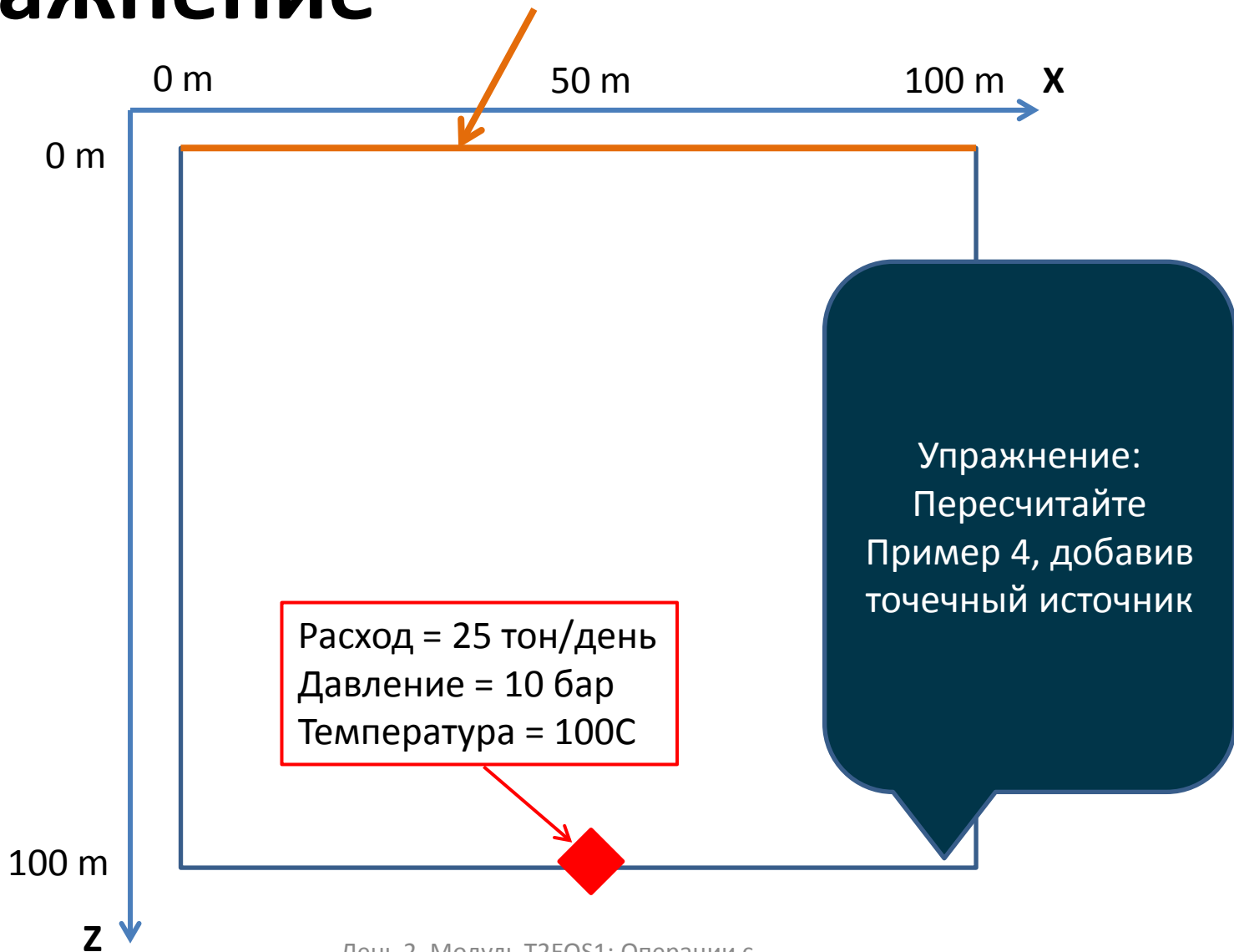
```
20 dp# - the pressure gap for control function.
```

```
21
```



Упражнение

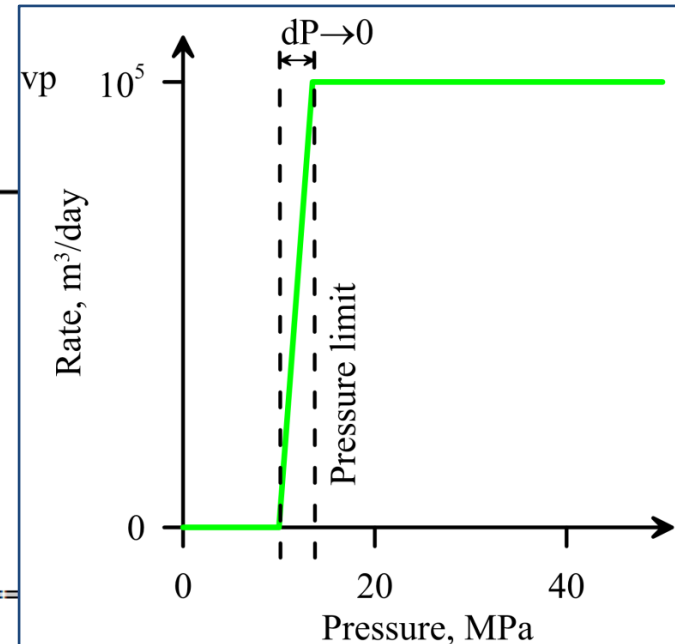
Постоянное давление = 1bar и
Постоянная температура = 20C



Ключевое слово SRCPROD

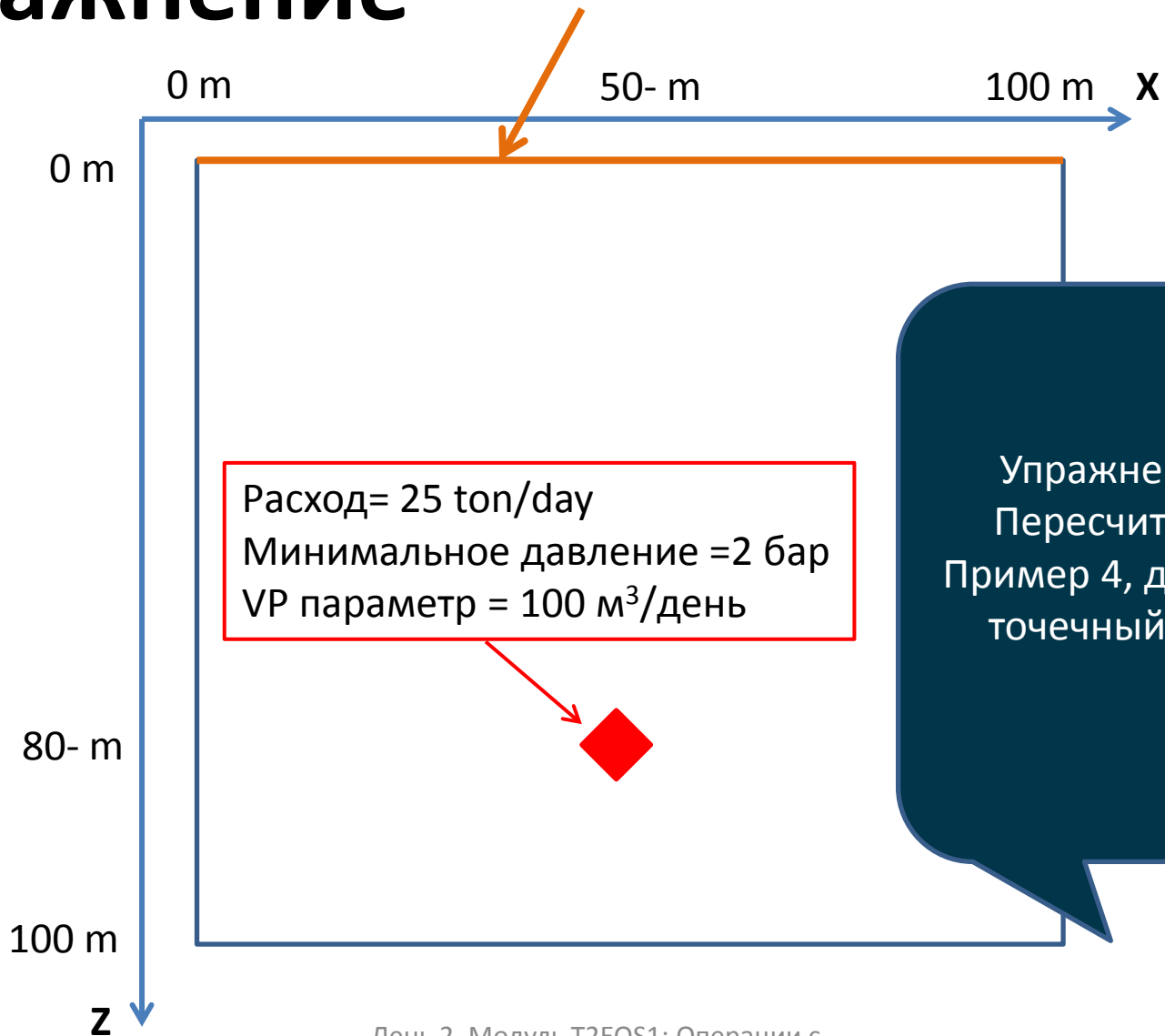
задаёт расход стока

```
----- SRCPROD syntax -----
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.
```



Упражнение

Постоянное давление = 1 бар и
Постоянная температура = 20С



Секция POST

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

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

```

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).

Ключевое слово POSTSRC

```
----- POSTSRC syntax -----  
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).
```

Секция POST (упражнение)

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

Завтра

- Скважины
- Модуль BINMIXT
- Модуль GASSTORE
- Радиальные сетки

