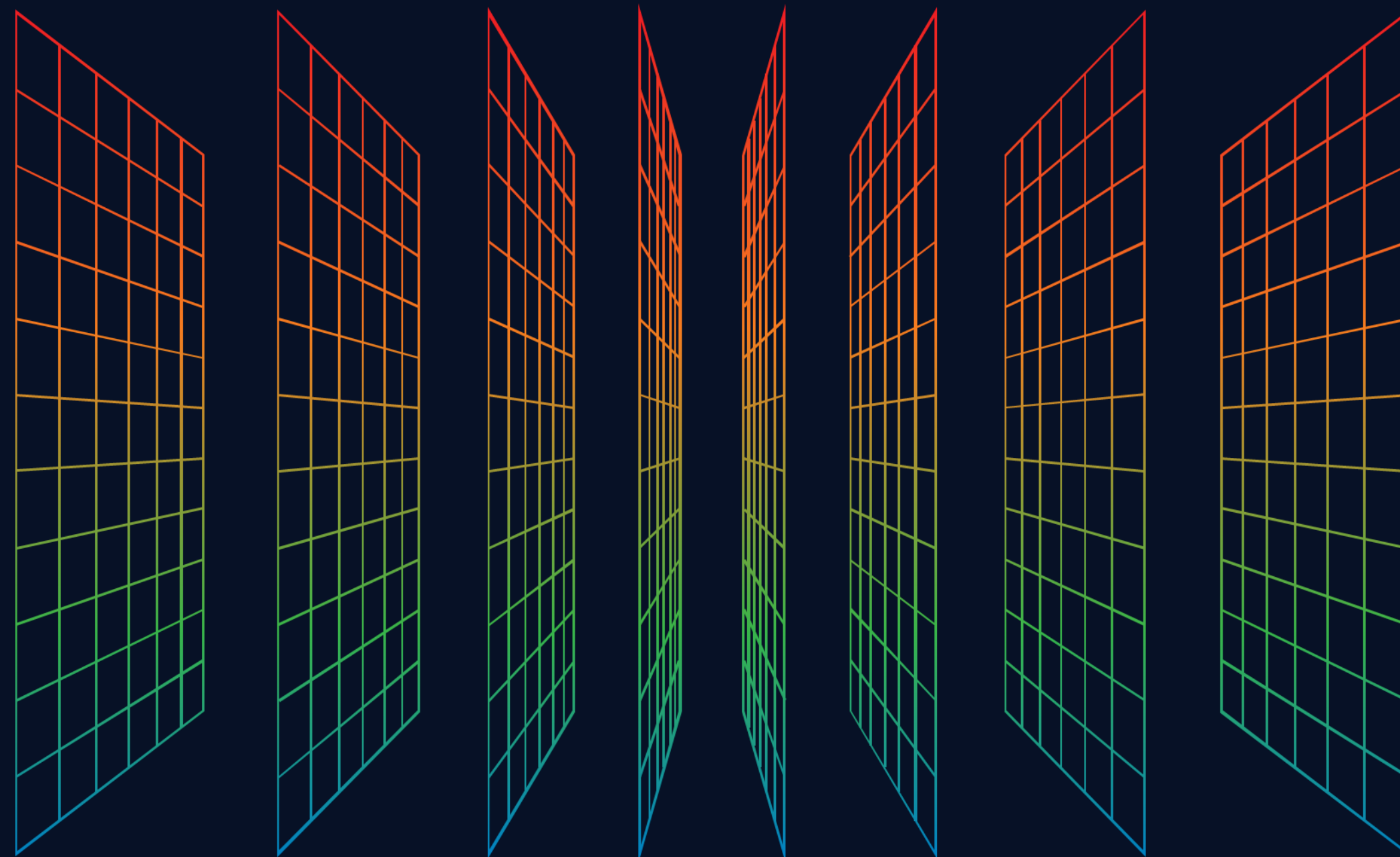


# Температурная опция



**Внимание!** При прохождении данного курса следует помнить, что методики, описанные в рамках урока, носят рекомендательный характер и не являются единственно верными. Основной целью данного курса является рассмотрение всех основных функций, доступных в тНавигатор. В реальных проектах применяемые методики могут отличаться от описанных в данном курсе. Все данные, используемые в курсе, не являются реальными.

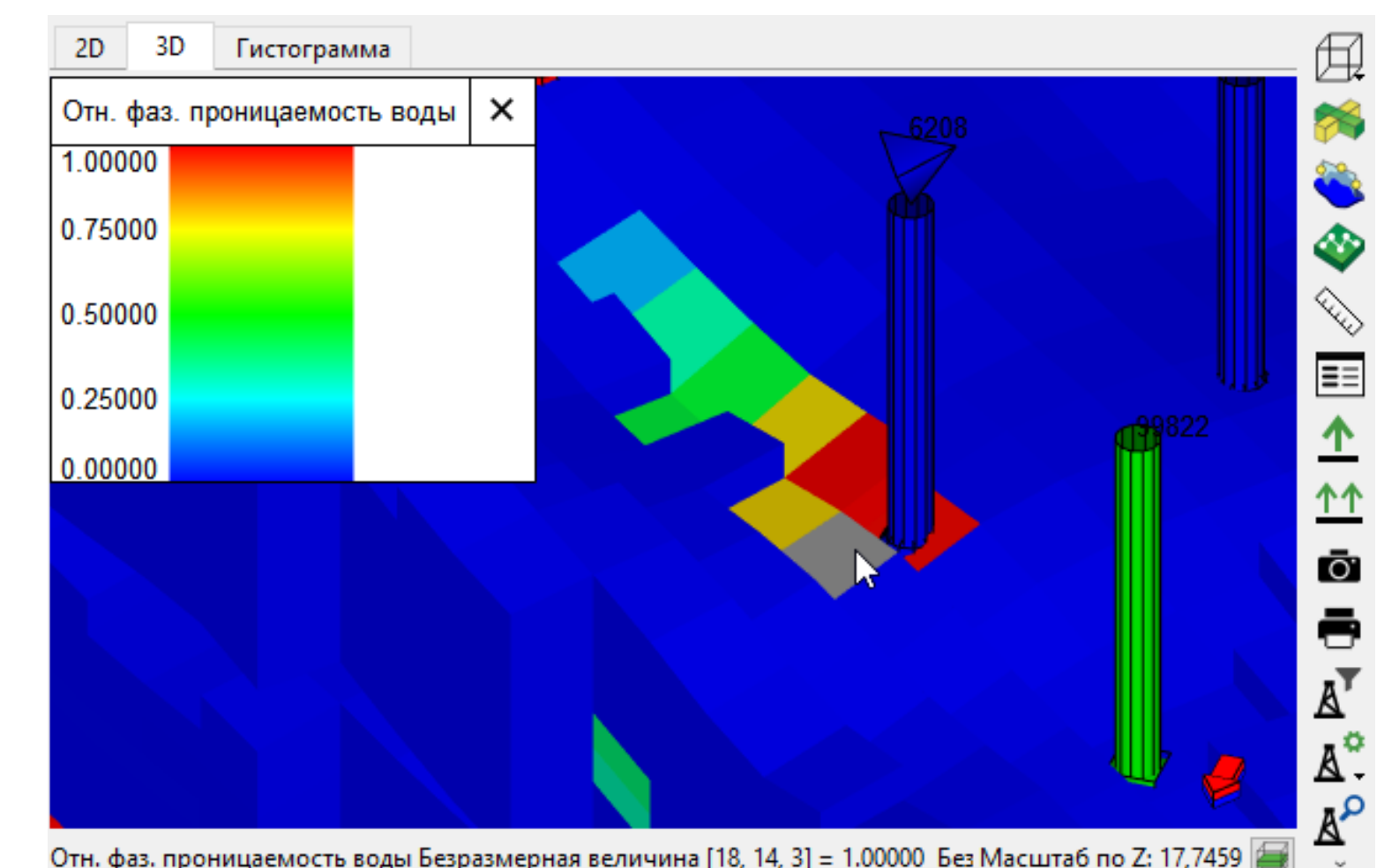
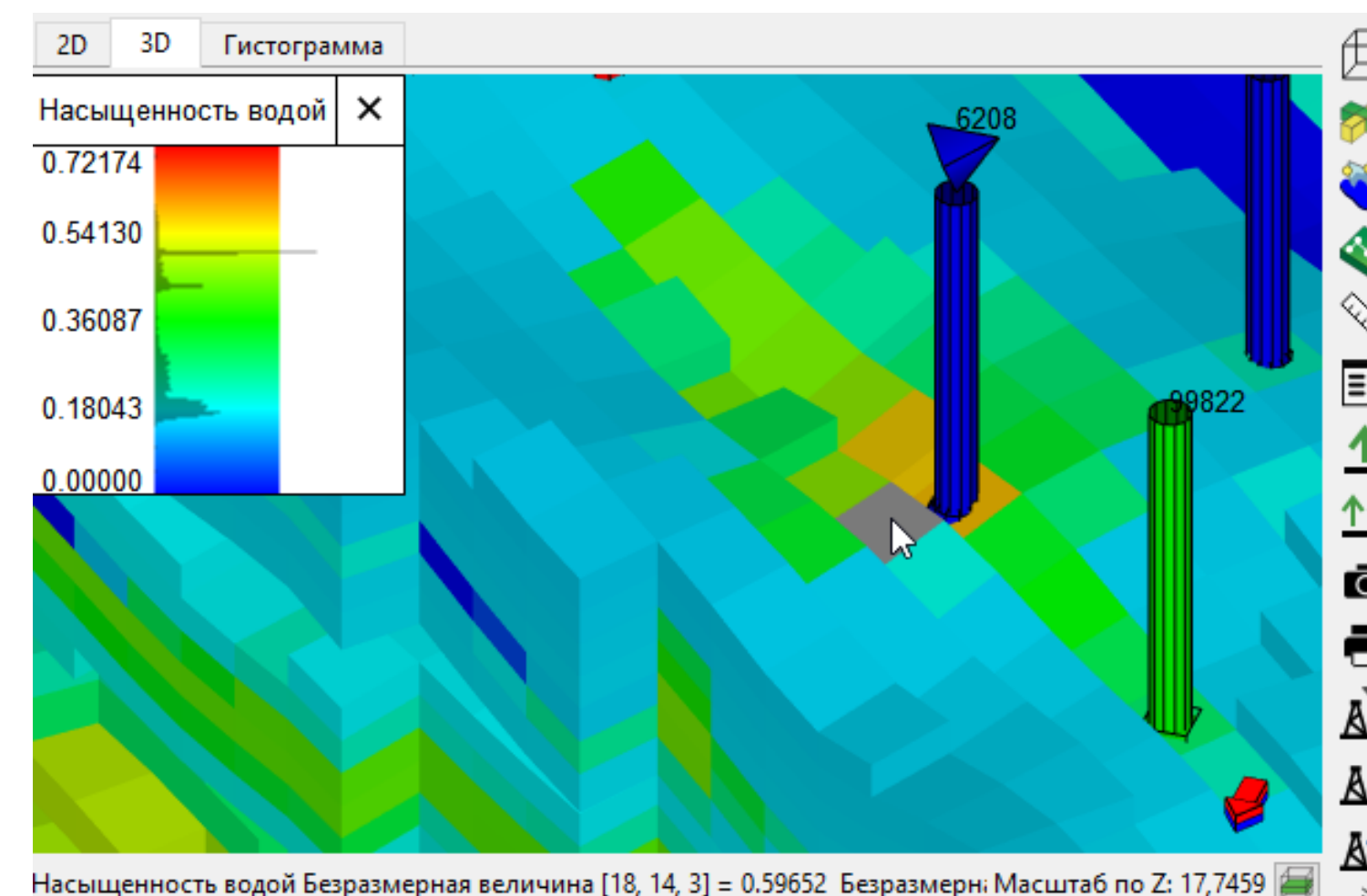
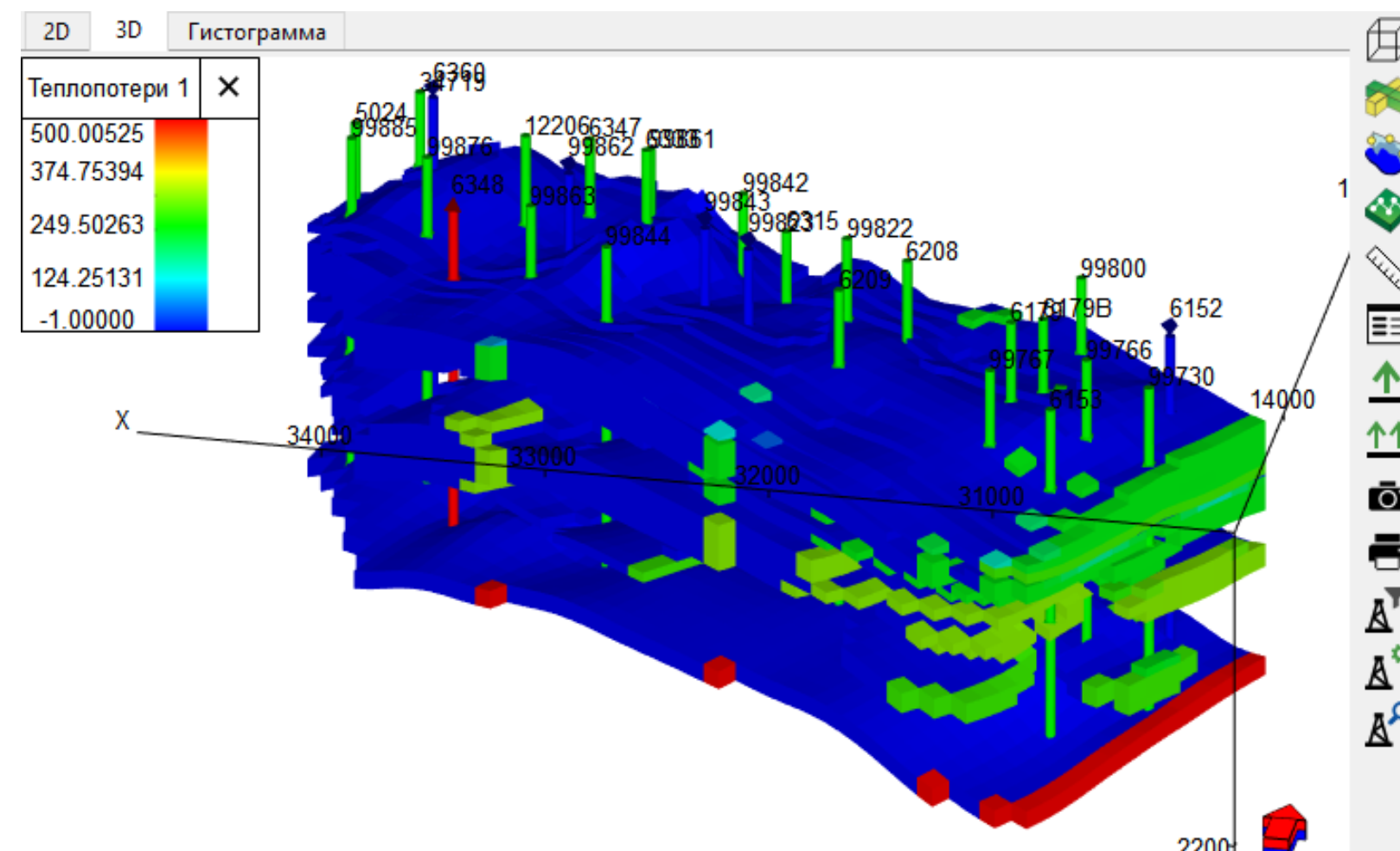
# Описание курса

## ● Цель курса:

- Описание работы с температурной опцией tНавигатор (слайды 4-15)
- Расширение температурной опции для моделей E1 (слайды 16-28)

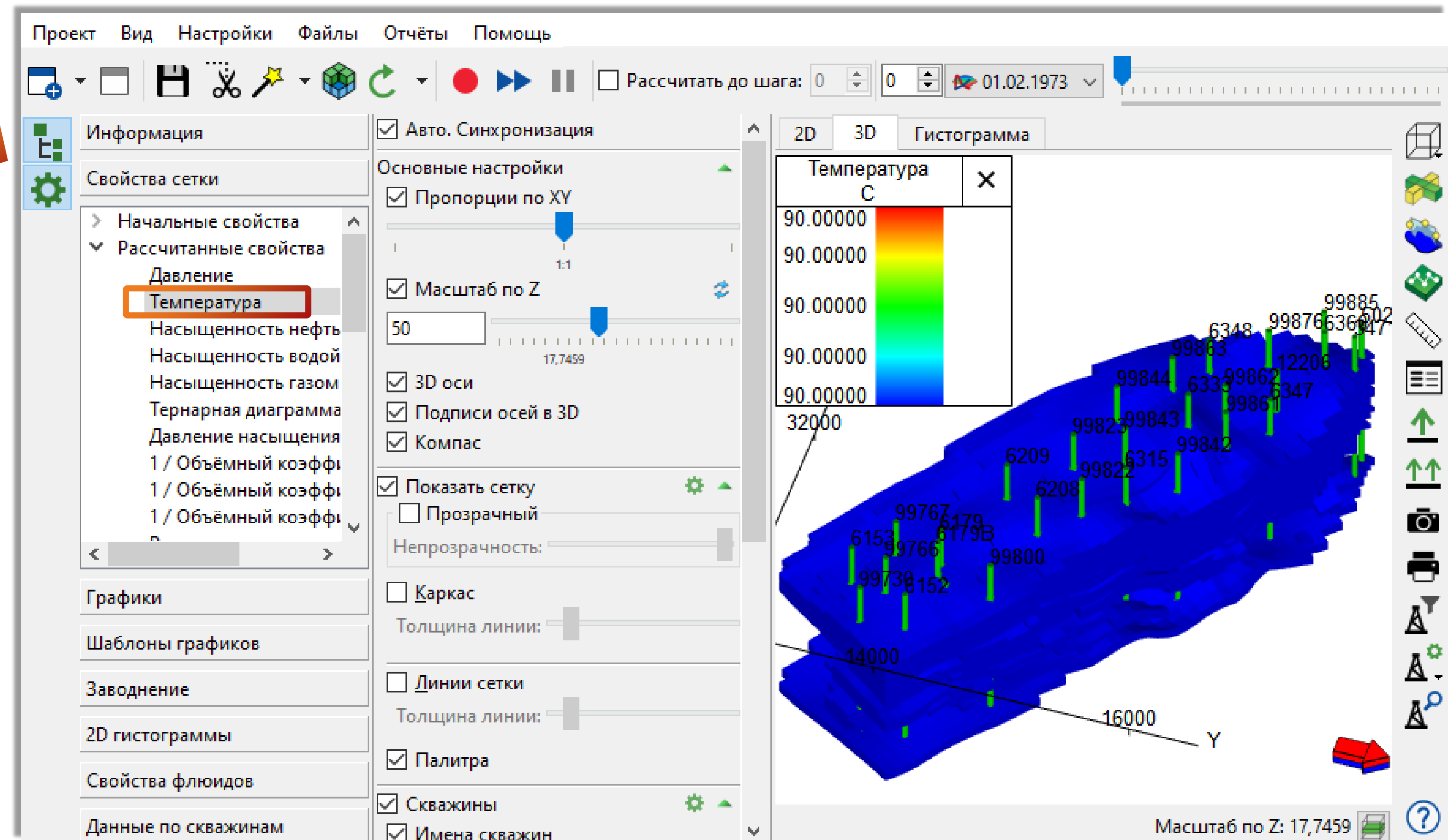
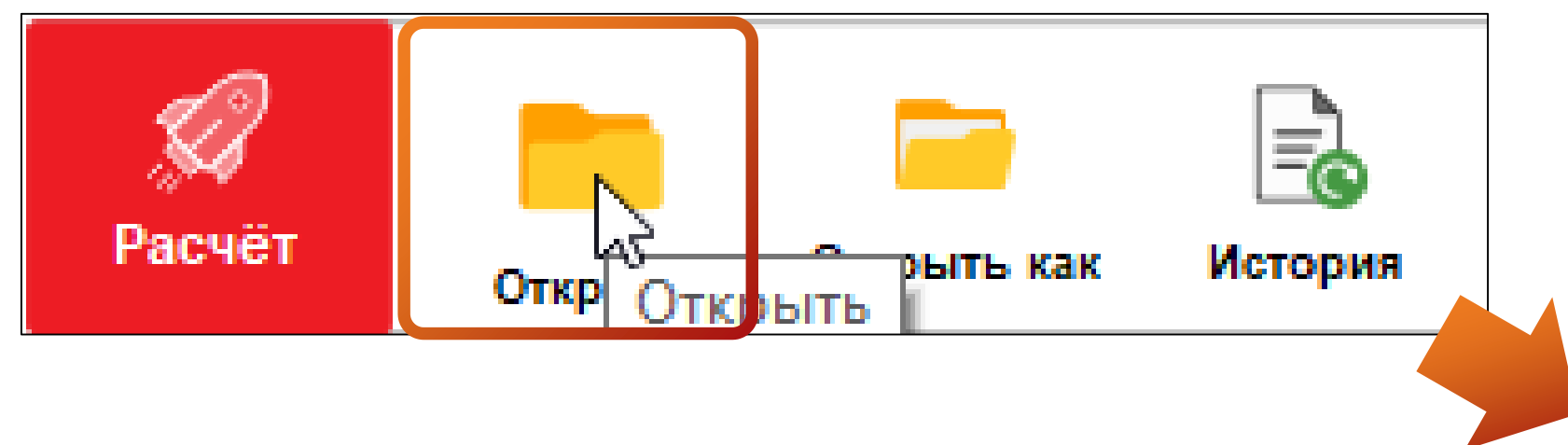
## ● Для моделей типа black-oil (E1) поддерживаются следующие возможности температурной опции:

- Передача тепла на границе резервуара (ключевое слово **ROCKCONT**)
- Температурный скейлинг (**ENPTVT**)
- Учет теплоемкости блоков с нулевым поровым объемом (**TEMPR**)
- Данные возможности в других симуляторах поддерживаются только в композиционных термических моделях



# Открытие модели

1. Главное окно тНавигатор: **Расчет. Открыть**
2. В папке **Temp\_small** выберите модель **TEMP.data**



# Температурная опция: ключевые слова

## ● Секция **RUNSPEC**:

- **TEMP** – указывает, что в модели будет использоваться температурная опция, для моделирования эффектов, возникающих при закачке в пласт холодной воды

## ● Секция **PROPS**:

- **SPECROCK** – задает удельную теплоемкость породы в зависимости от температуры
- **SPECHEAT** – задает удельную теплоемкость нефти, газа, воды в зависимости от температуры
- **OILVISCT** – задает таблицы зависимости вязкости нефти от температуры для каждого PVT региона
- **WATVISCT** – задает таблицы зависимости вязкости воды от температуры для каждого PVT региона
- **VISCREF** – задает опорное давление и опорную концентрацию растворенного в нефти газа для каждого PVT региона

## ● Секция **SOLUTION**:

- **RTEMPA** – определяет начальную температуру резервуара
- **RTEMPVD** – задает зависимость начальной температуры резервуара от глубины

## ● Секция **GRID**:

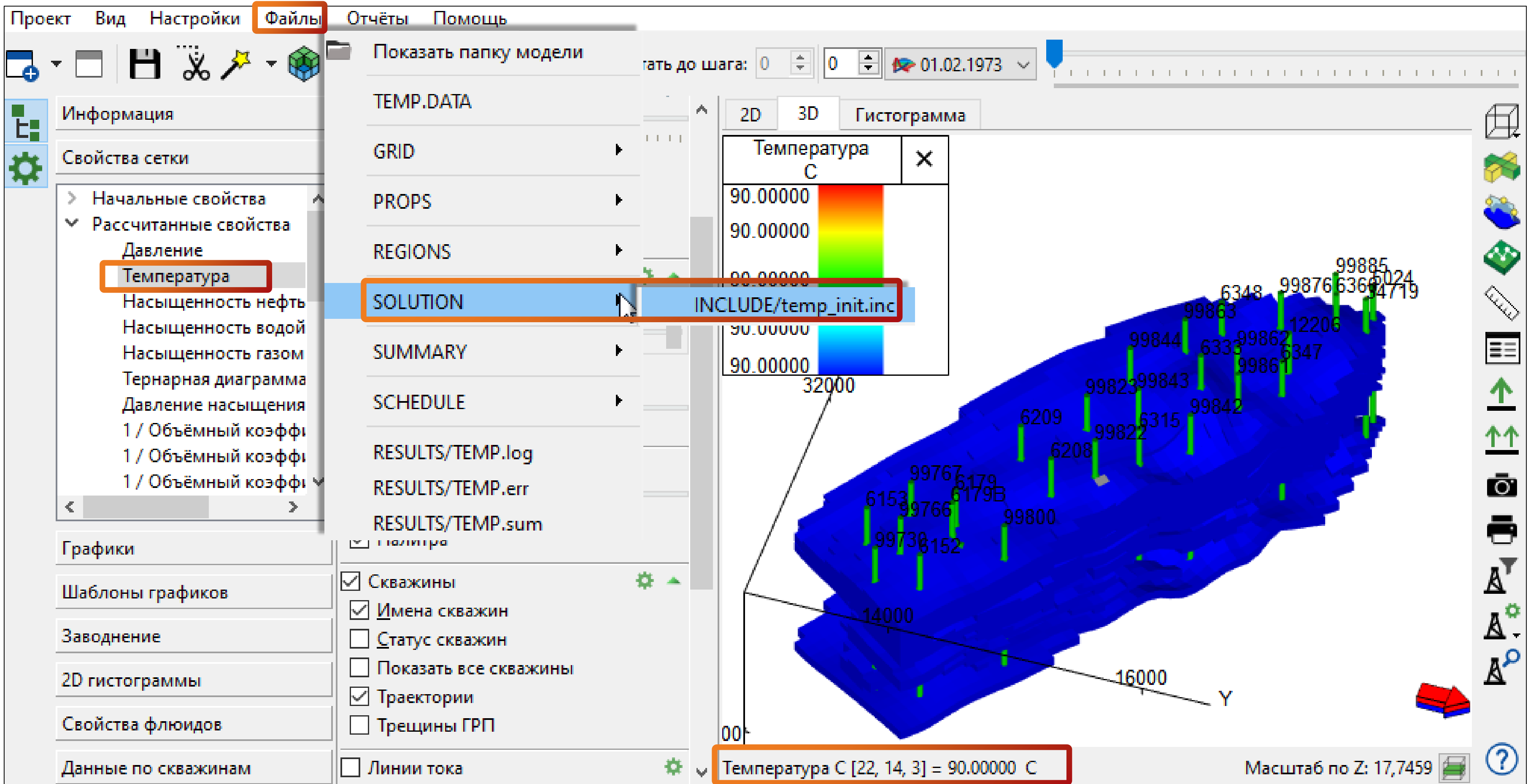
- **THCONR** – задает удельную термоэлектропроводность горной породы

## ● Секция **SCHEDULE**:

- **WTEMP** – задает температуру нагнетаемой воды

# Температура на нулевом временном шаге

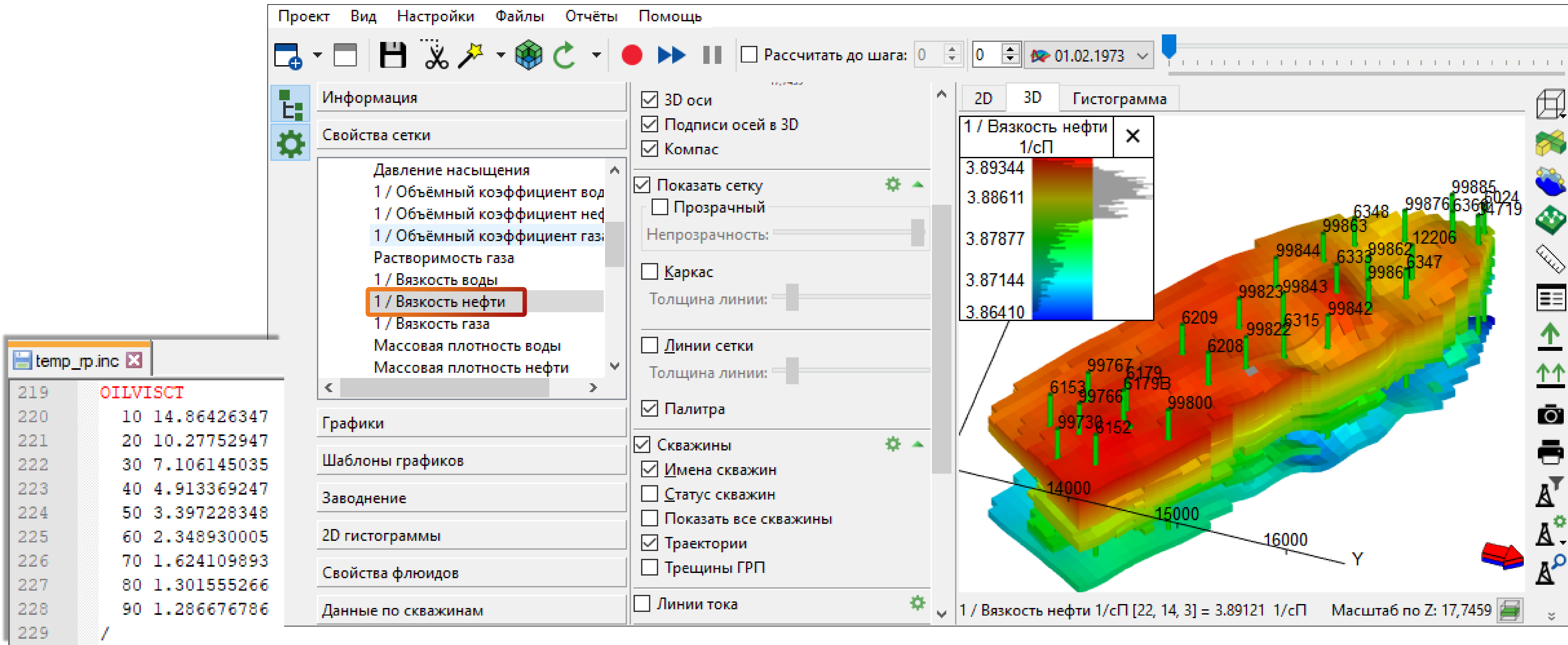
1. Свойства сетки. Рассчитанные свойства. Температура
2. Начальная температура резервуара определена в файле `INCLUDE/temp_init.inc` (Верхнее меню Файлы. SOLUTION)  
**RTEMPA**  
90 /





# Вязкость нефти

- 1. Свойства сетки, Рассчитанные свойства, 1/Вязкость нефти
- 2. Зависимость вязкости нефти от температуры задана в файле `INCLUDE/temp_rp.inc (PROPS)` – ключевым словом `OILVISCT`



# Расчет вязкости нефти

- Вязкость нефти при текущем давлении и  $R_s$  (концентрация растворенного в нефти газа) вычисляется как:

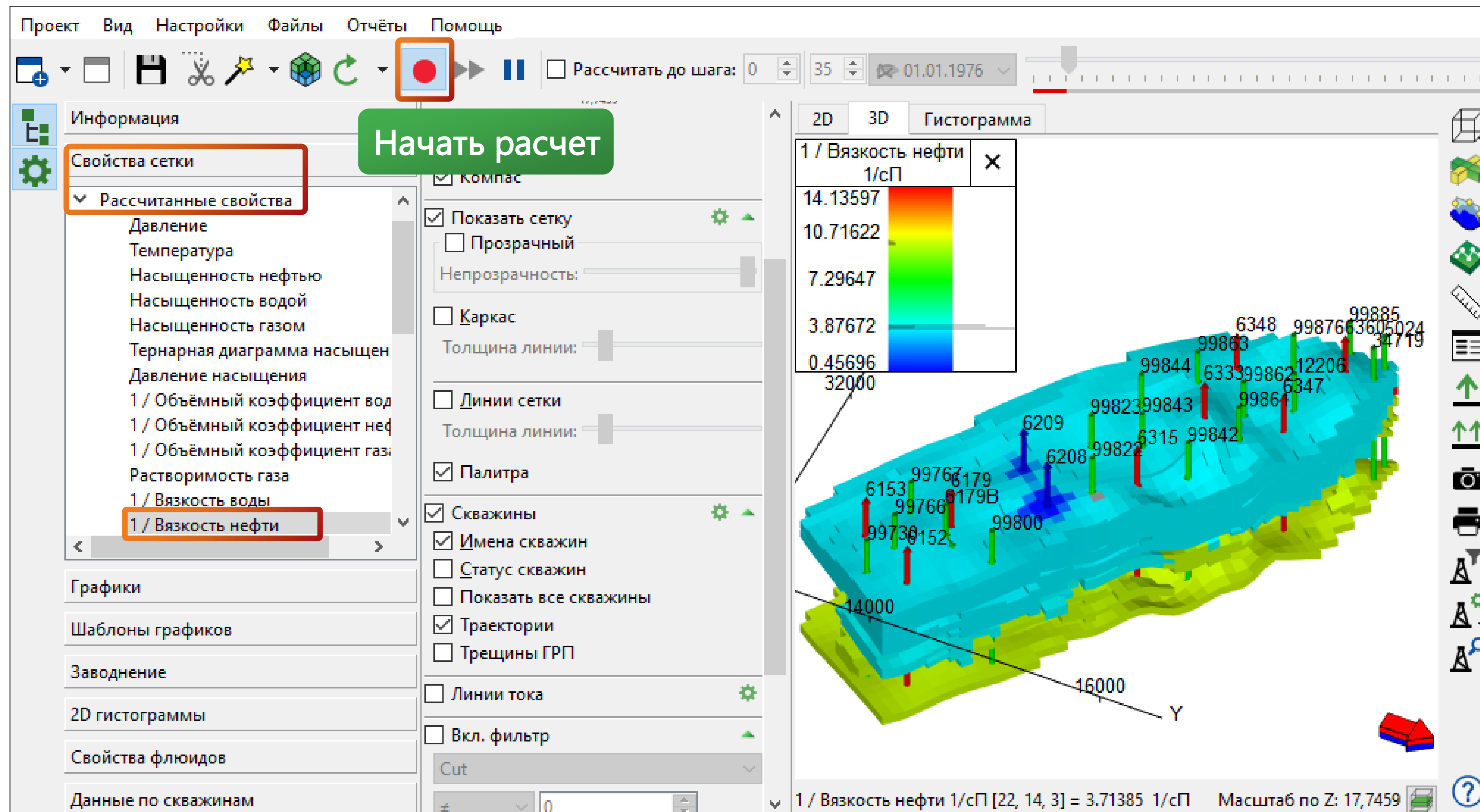
$$\mu_o = \mu_T(T) \frac{\mu_p(P, R_s)}{\mu_p(P_{ref}, R_{sref})}$$

- $\mu_T$  - вязкость, задаваемая **OILVISCT** (предполагается взятой при опорном давлении и  $R_s$ , заданном **VISCREF**)
- $\mu_p$  - функция вязкости, задаваемая **PVCO** или **PVDO**
- $P_{ref}$  - опорное давление, задаваемое **VISCREF**
- $R_{sref}$  - опорное  $R_s$ , задаваемое **VISCREF**



# Вязкость нефти в конце расчета

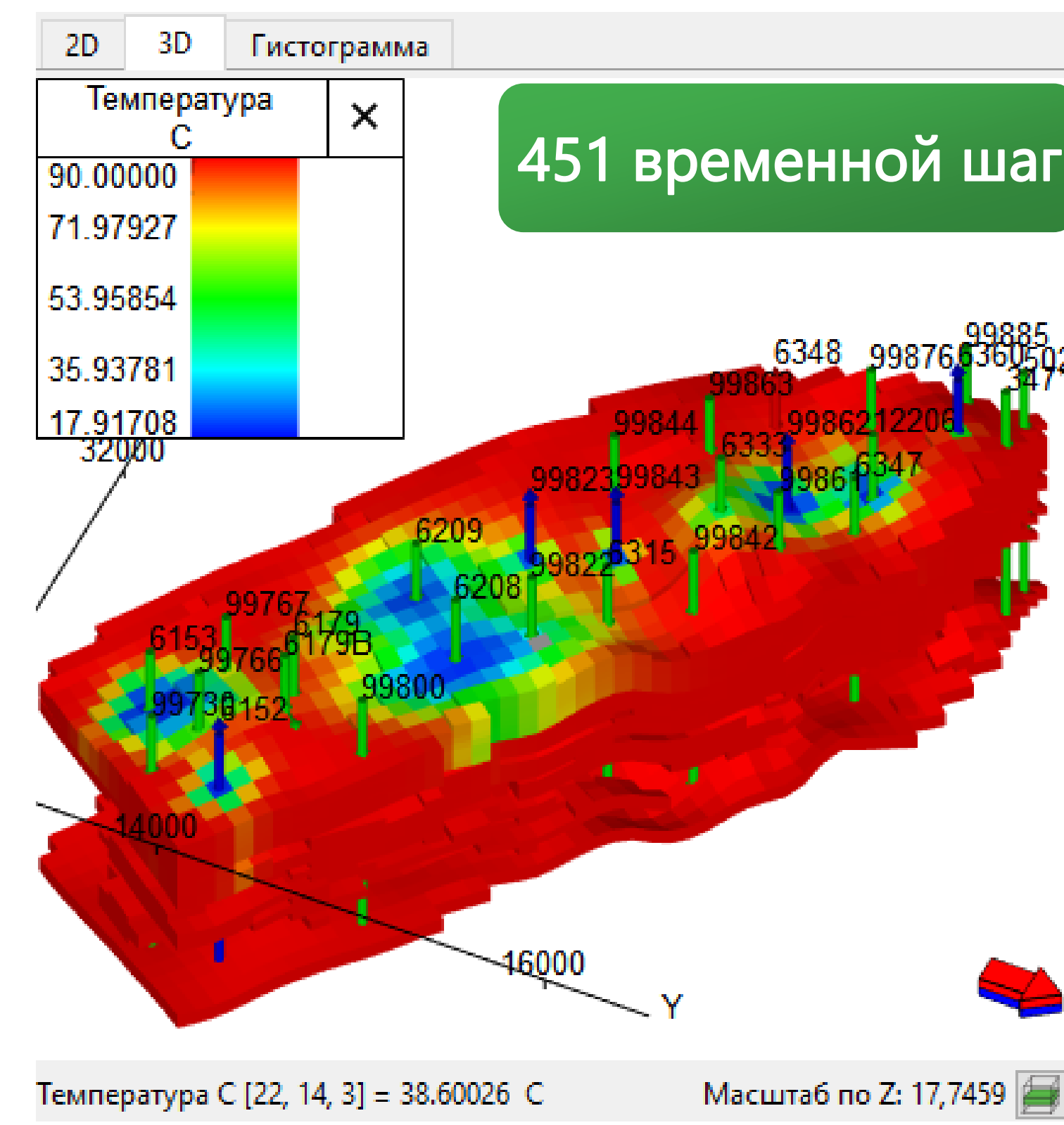
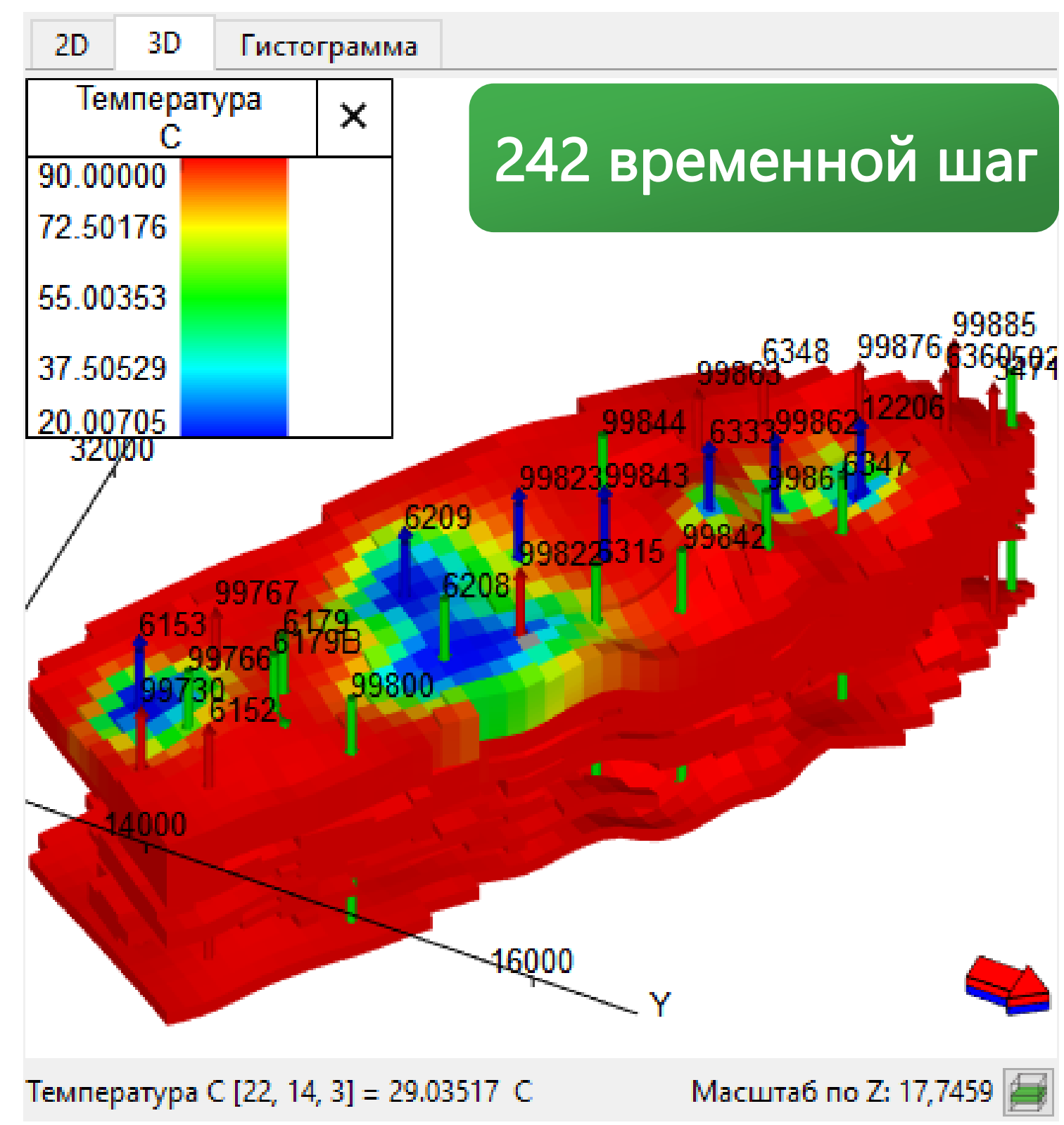
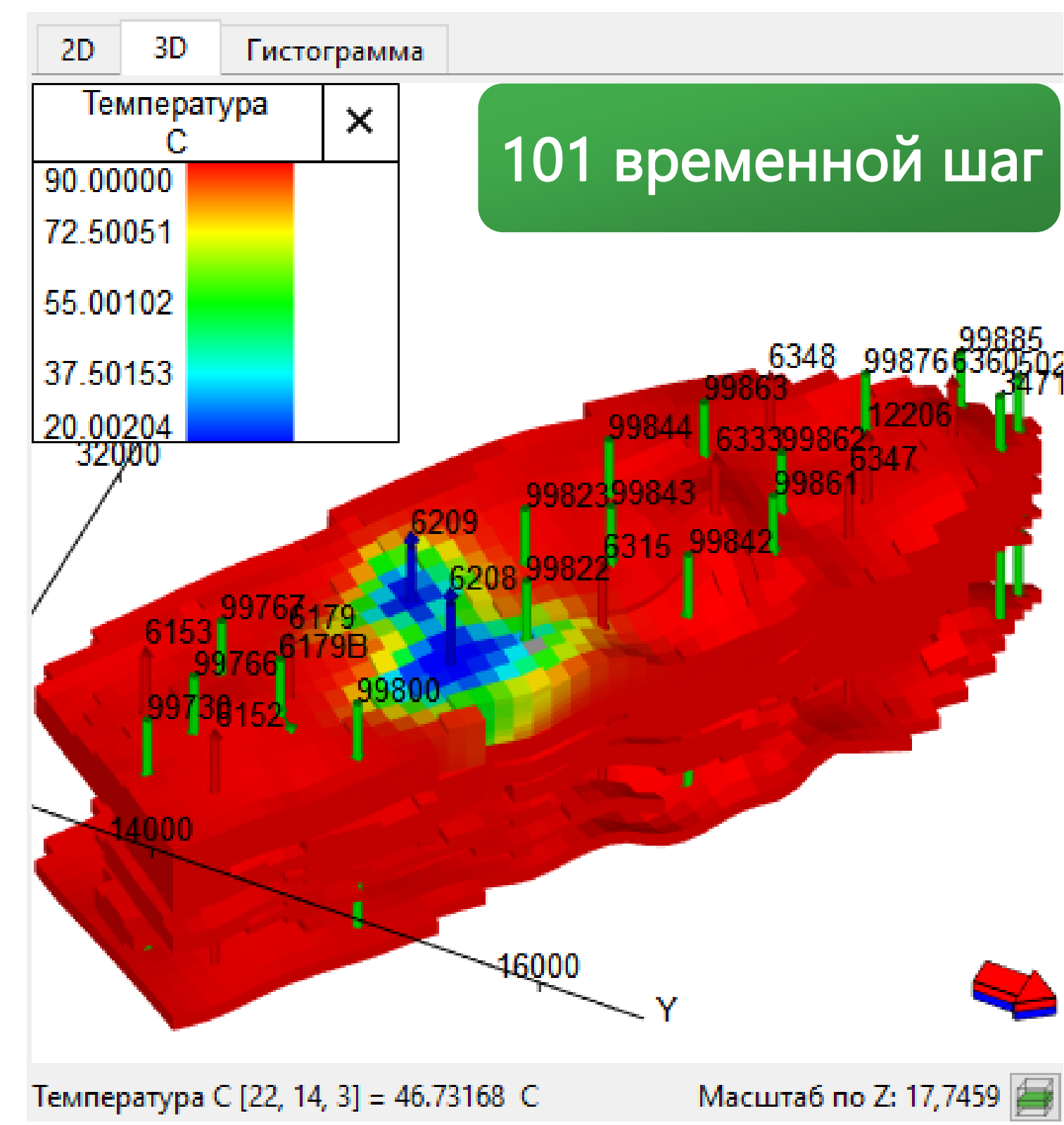
1. Запускаем расчет и ждем его окончания
2. Свойства сетки. Рассчитанные свойства. 1/Вязкость нефти



# Температура на различных временных шагах

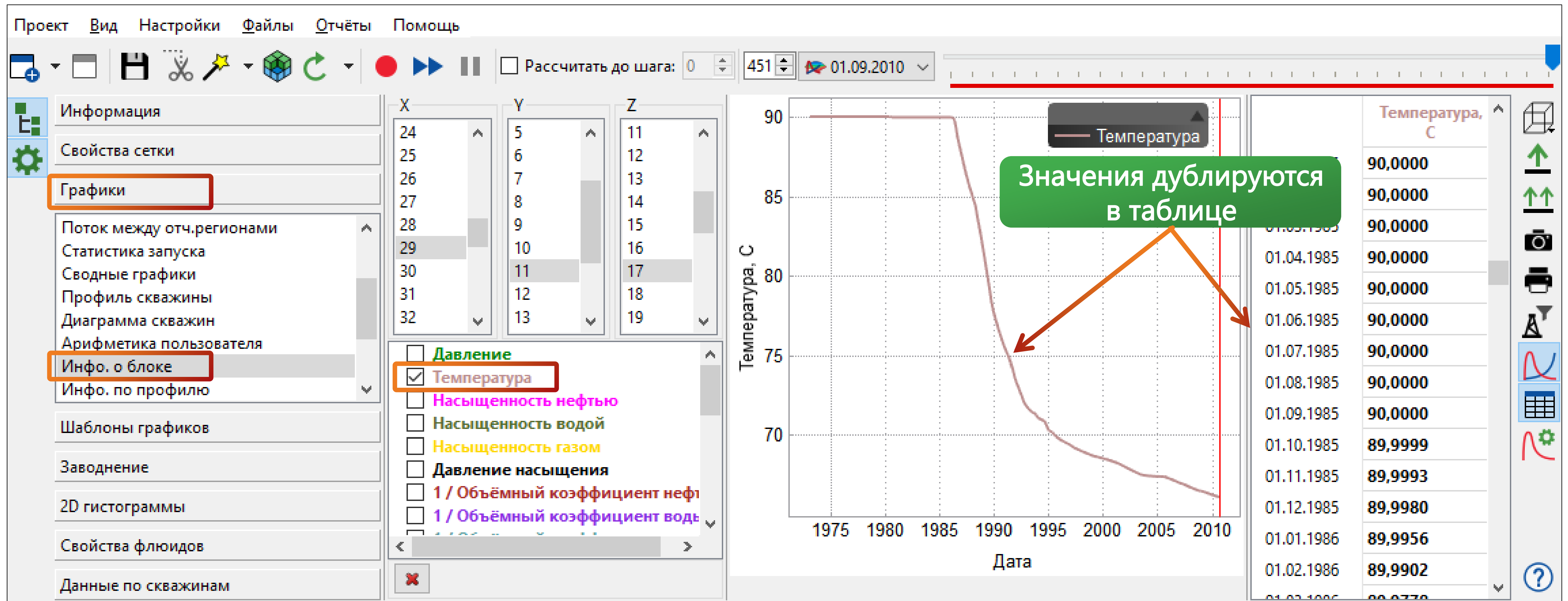
1. Температура закачиваемой воды – 20С

2. **WTEMP** для всех нагнетательных скважин: **WTEMP**  
**'6208' 20 /**  
.....



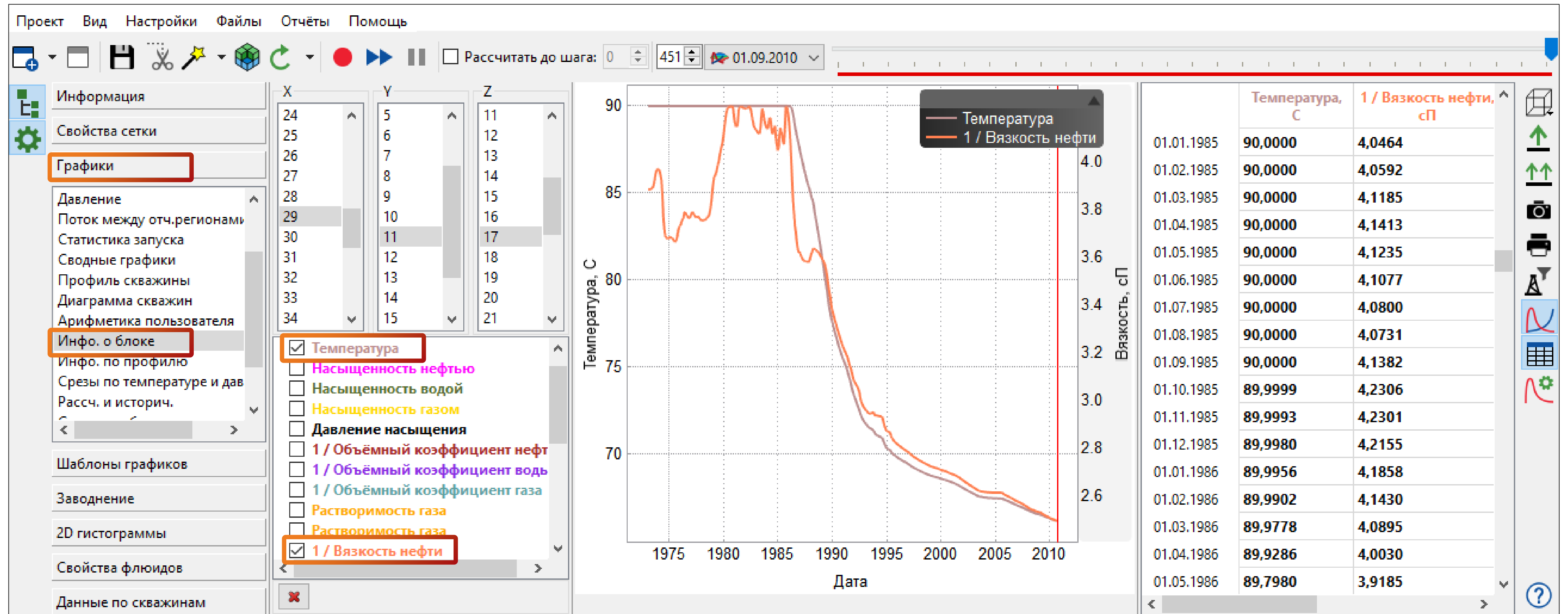
# График температуры для блоков сетки

1. тНавигатор строит графики температуры для любого блока сетки:
2. **Графики. Инфо о блоке**
3. Выбираем IJK координаты блока ([29, 11, 17] как на рисунке)
4. Выбираем параметр – **Температура** на рисунке



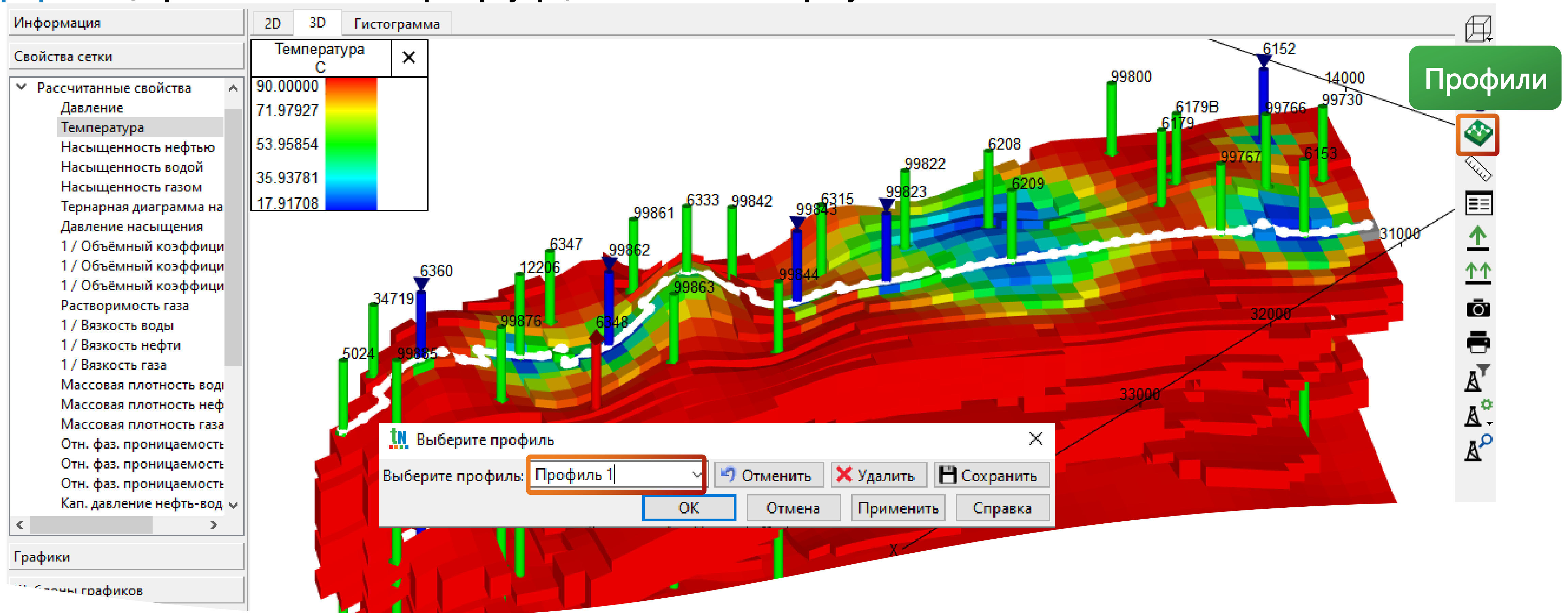
# График температуры и вязкости для блоков

1. Выбираем IJK координаты блока ([29, 11, 17] как на рисунке)
2. Параметры – Температура, 1/Вязкость нефти
3. Видим зависимость вязкости нефти от температуры в блоке



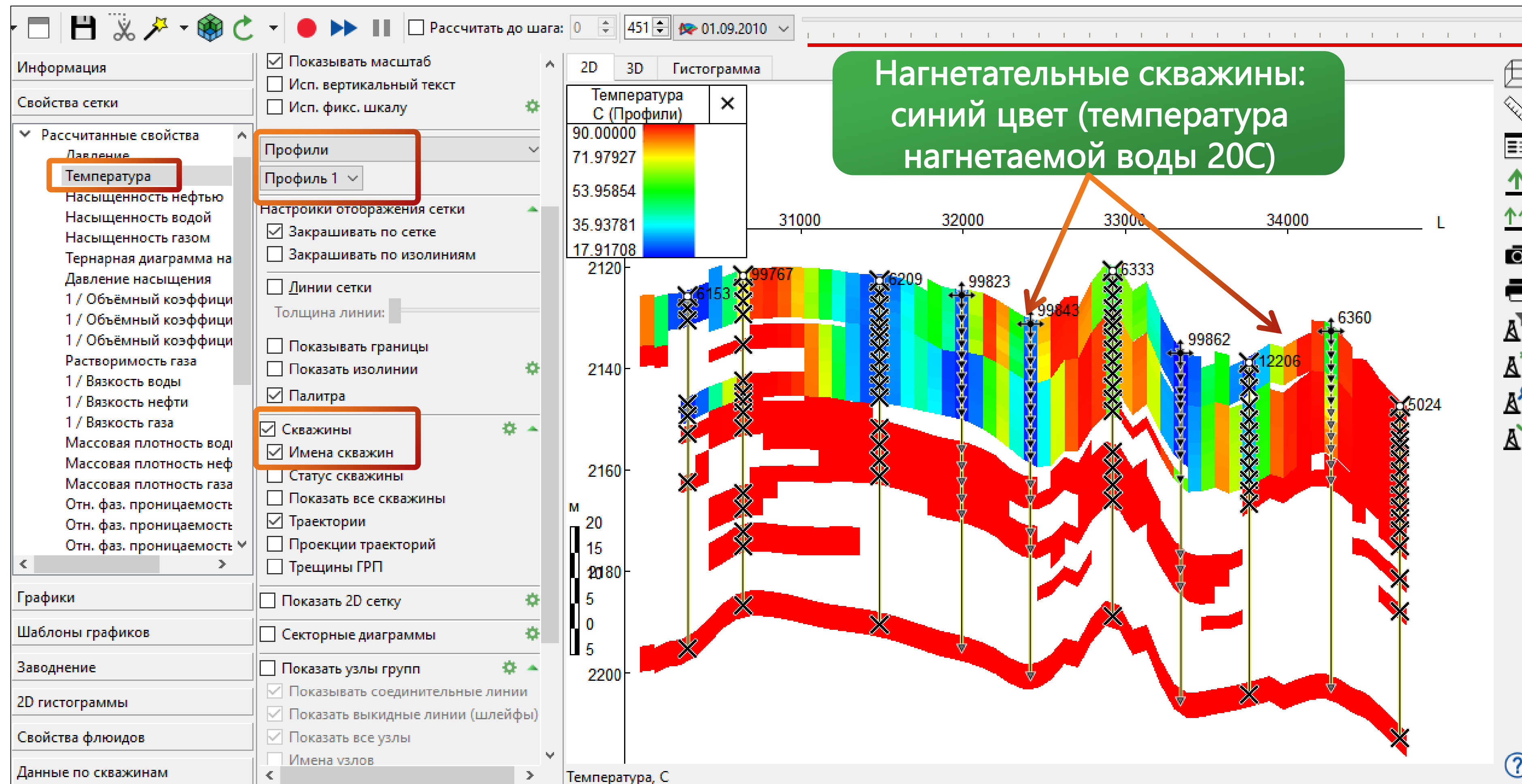
# Температура на вертикальном профиле

1. Нажимаем на кнопку на правой панели **Создать профиль**
2. Кликая левой кнопкой мыши на резервуар создаем профиль. Убедитесь, что профиль прошел через скважины: **6153, 99767, 6209, 99823, 99843, 6333, 99862, 6360, 12206 и 5024**. Используйте кнопку **Отменить** если необходимо. ОК
3. **Профиль 1** (вертикальное сечение резервуара) – Белая линия на рисунке



# Температура на вертикальном профиле

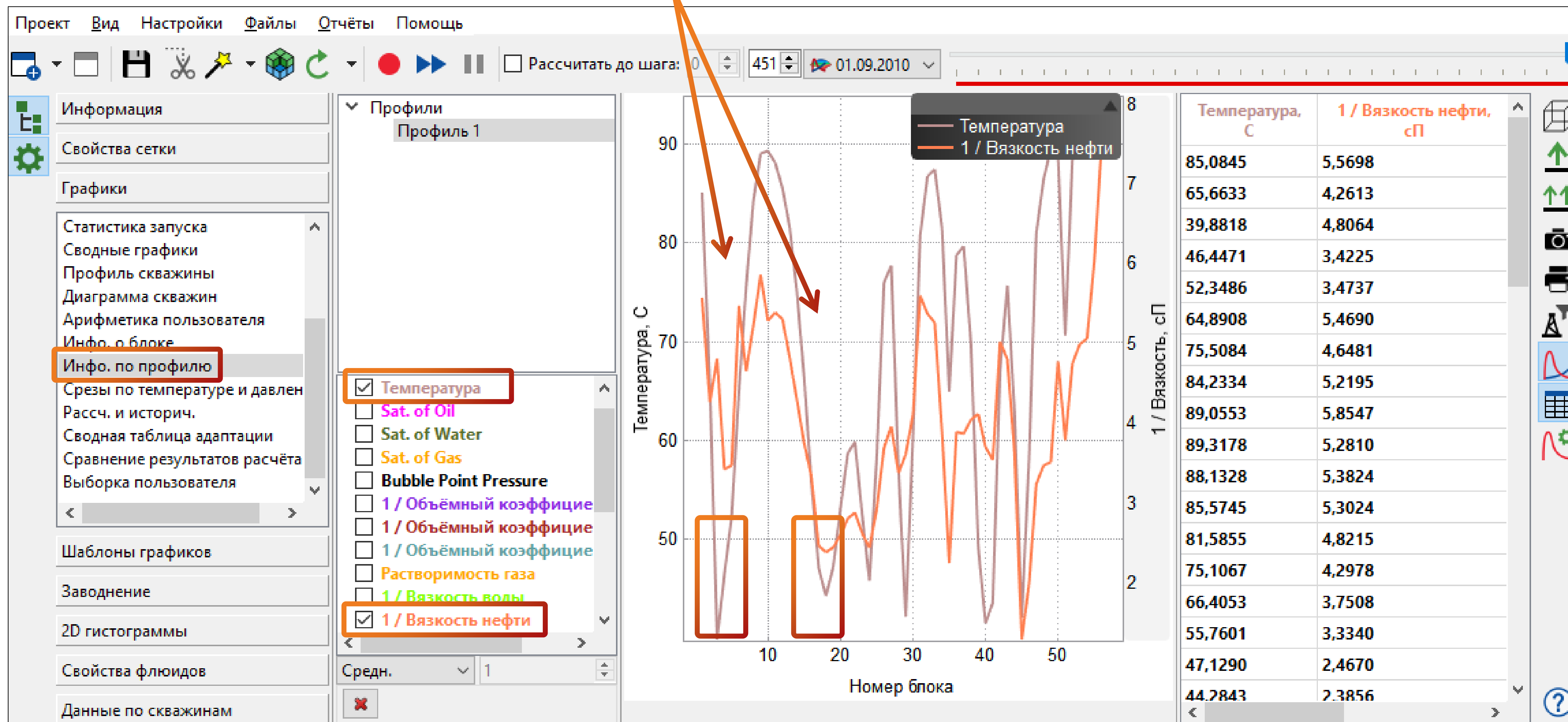
1. **2D. Рассчитанные свойства. Температура.** 90С – начальная температура резервуара, 20С – температура нагнетаемой воды
2. **Профили** - Профиль 1. (Для визуализации профиля одновременно щелкните на 2D виде правой и левой кнопками мыши)
3. Установите галочку **Имена скважин**. Смотрим температуру на **Профиле 1**





# Температура и вязкость нефти вдоль профиля

1. **Графики. Инфо по профилю** – Номера блоков в порядке пересечения профилем
2. **Параметры** – **Температура, 1/Вязкость нефти**
3. Минимумы на графике соответствуют нагнетательным скважинам на **Профиле 1**



# Расширение температурной опции для моделей E1

- В тНавигатор для моделей типа black-oil (E1) поддержаны следующие возможности температурной опции, которые в других симуляторах поддержаны только в композиционных термических моделях:

## ROCKCONT

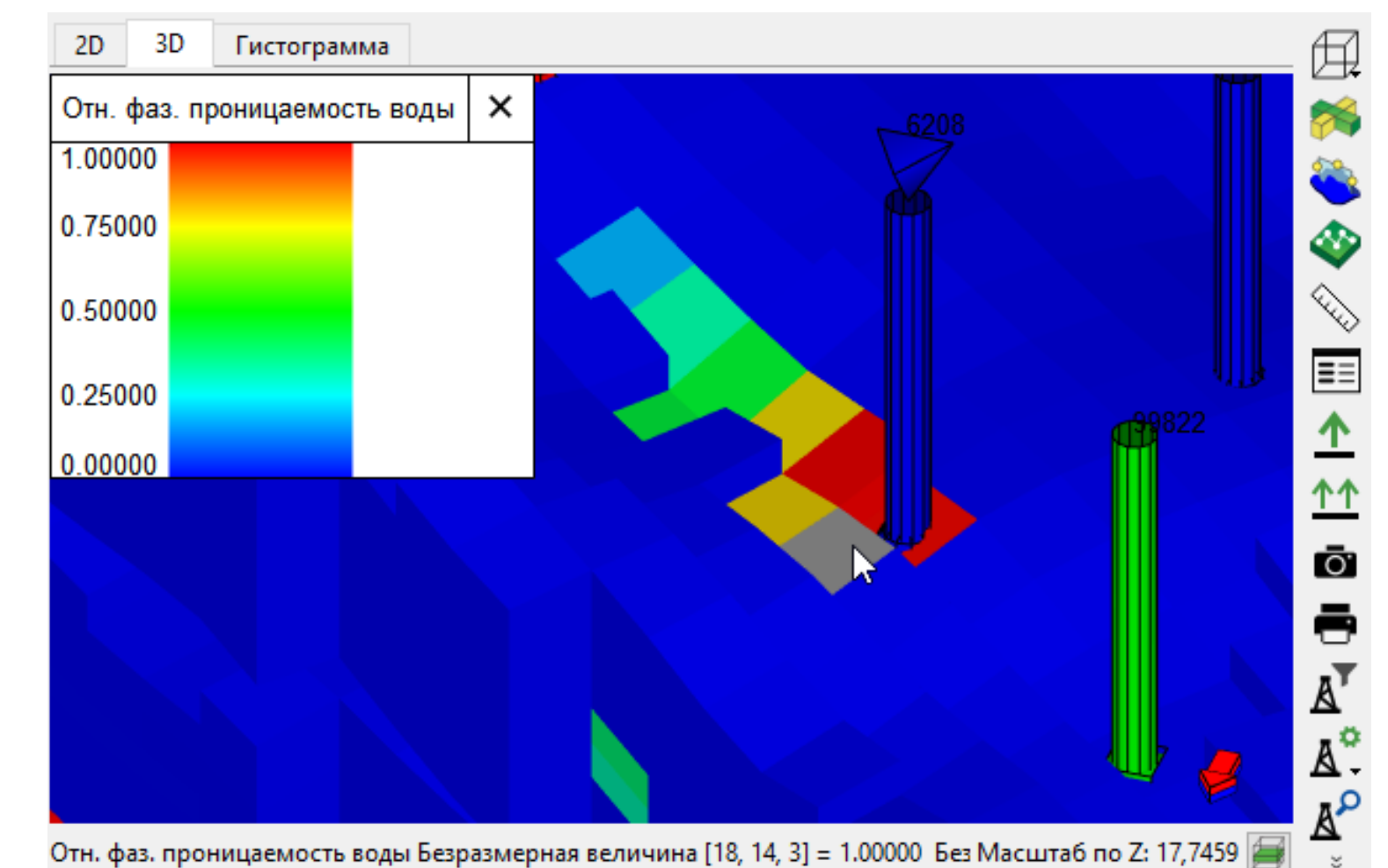
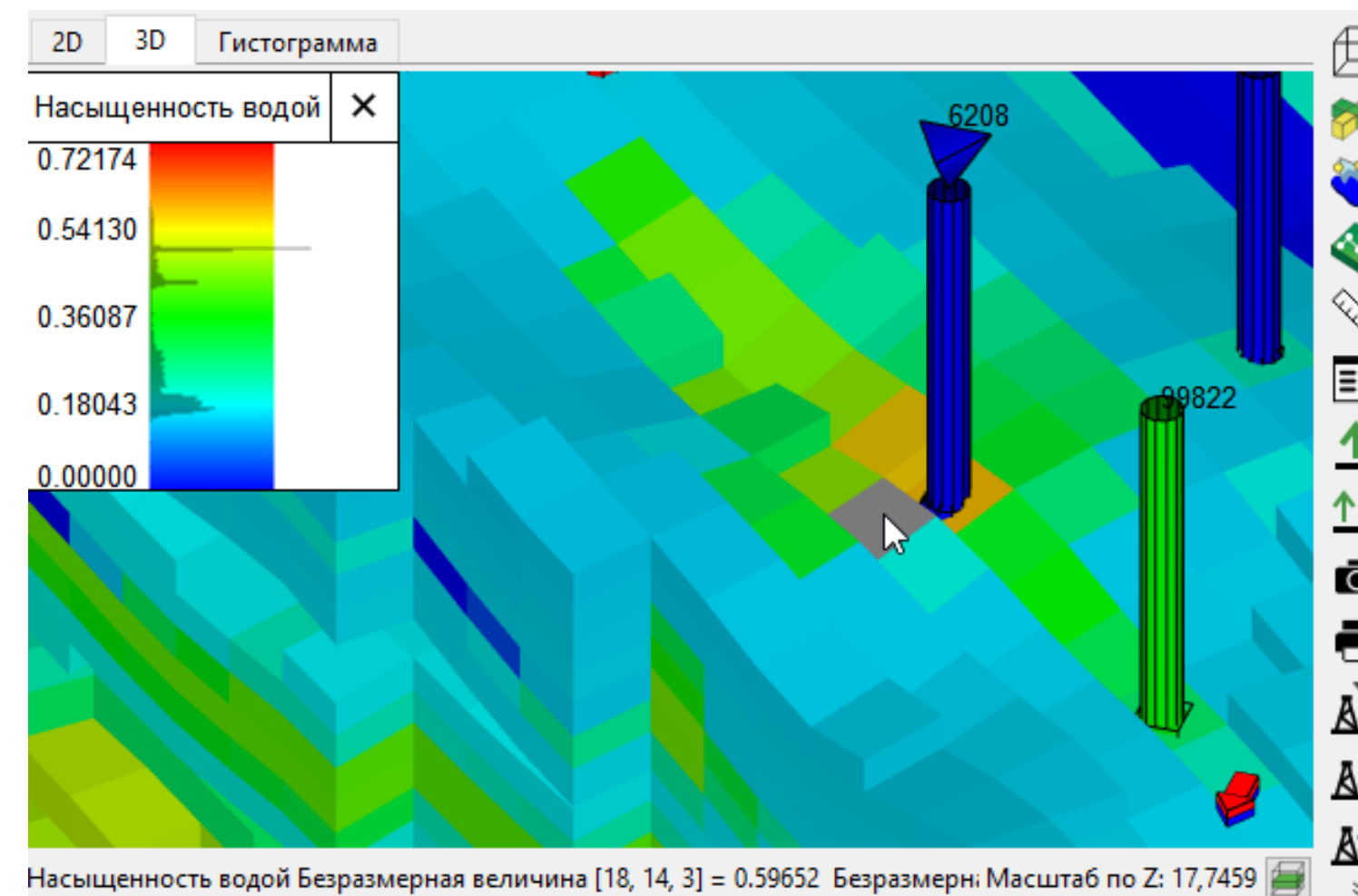
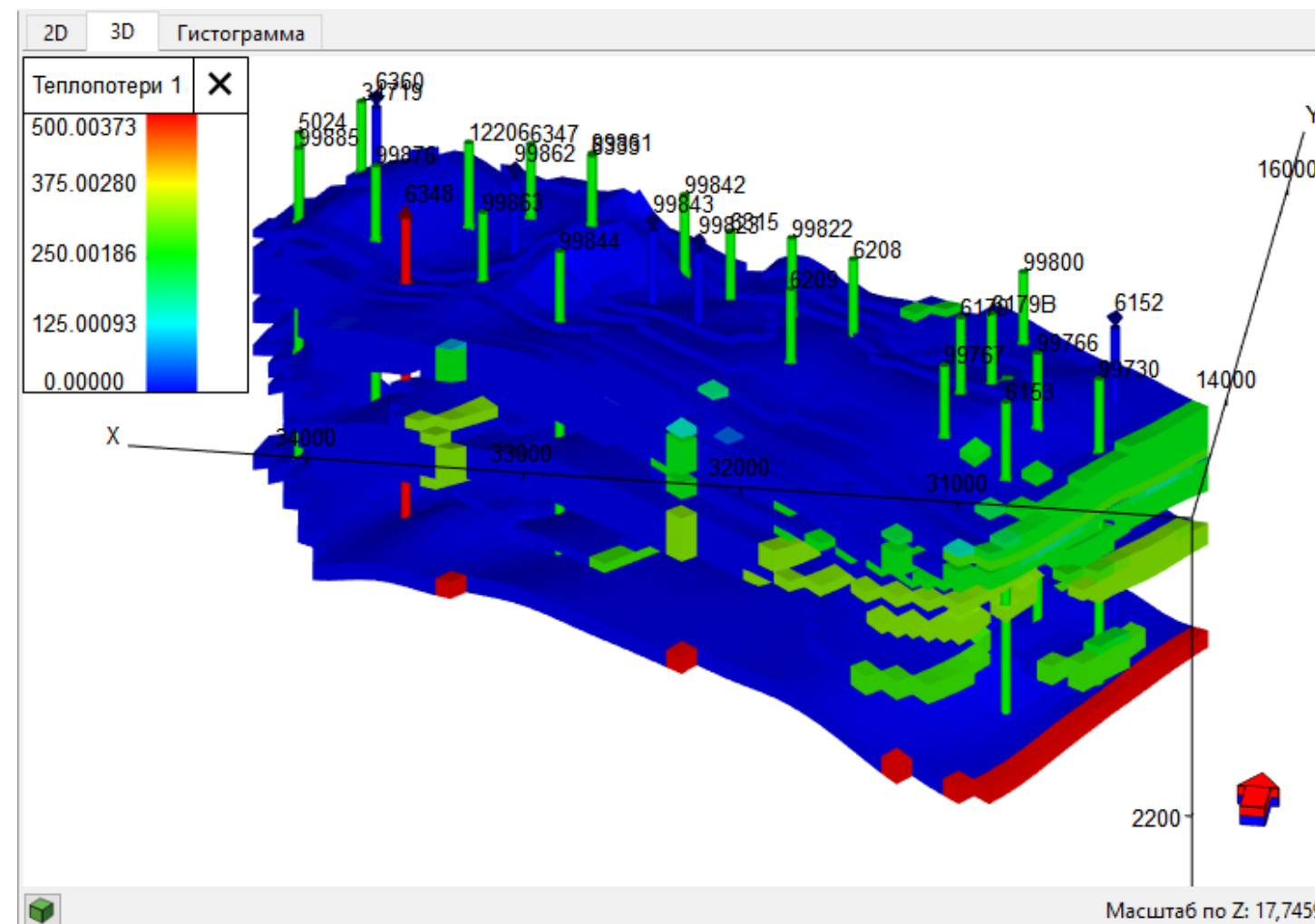
- Передача тепла на границе резервуара

## ENPTVT

- Температурный скейлинг

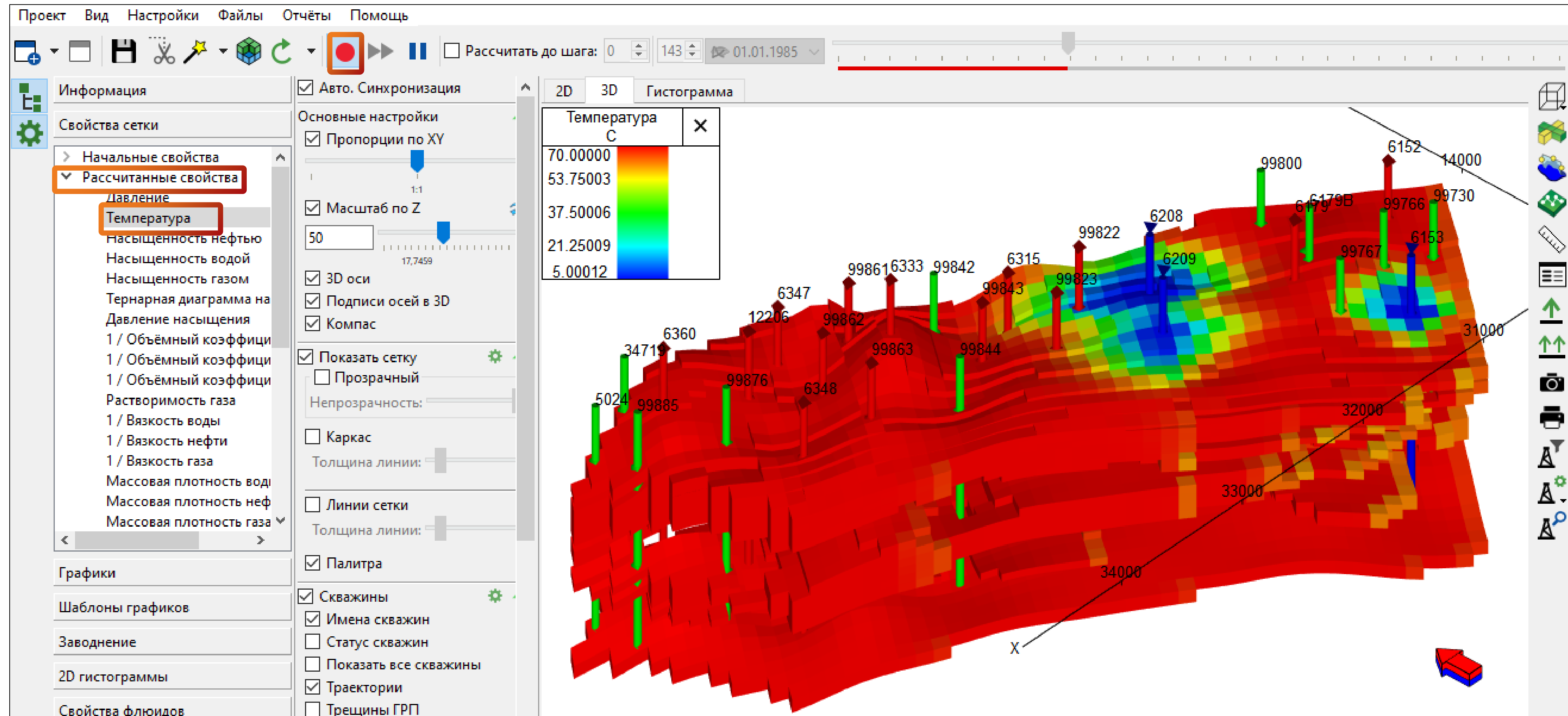
## TEMPR

- Учет теплоемкости блоков с нулевым поровым объемом



# Передача тепла на границе резервуара

1. Откройте модель [Rockcont\\_test/temp.data](#) и запустите расчет модели
2. [Свойства сетки. Рассчитанные свойства. Температура](#)
3. Начальная температура резервуара 70С (задана в файле temp\_init.inc): **RTEMPA**  
**70 /**



# Передача тепла на границе резервуара

- С помощью ключевого слова **WTEMP** в файле **temp\_sch.in** задана температура закачиваемой воды для каждой скважины (5°C)
- В файле **temp\_rp.inc** с помощью ключевого слова **ROCKCONT** задано:
  - номер региона свойств горной породы (1)
  - сторона данного региона резервуара, к которой присоединяется внешняя среда: I- (I- соответствует направлению, противоположному оси X)
  - начальная температура внешней среды (50 °C);
  - объемная теплоемкость внешней среды (2300 kJ/m<sup>3</sup>/K)
  - теплопроводность внешней среды (150 kJ/m/day/K)
  - минимальная разность температур, при которой начинается расчет теплообмена (0°C)

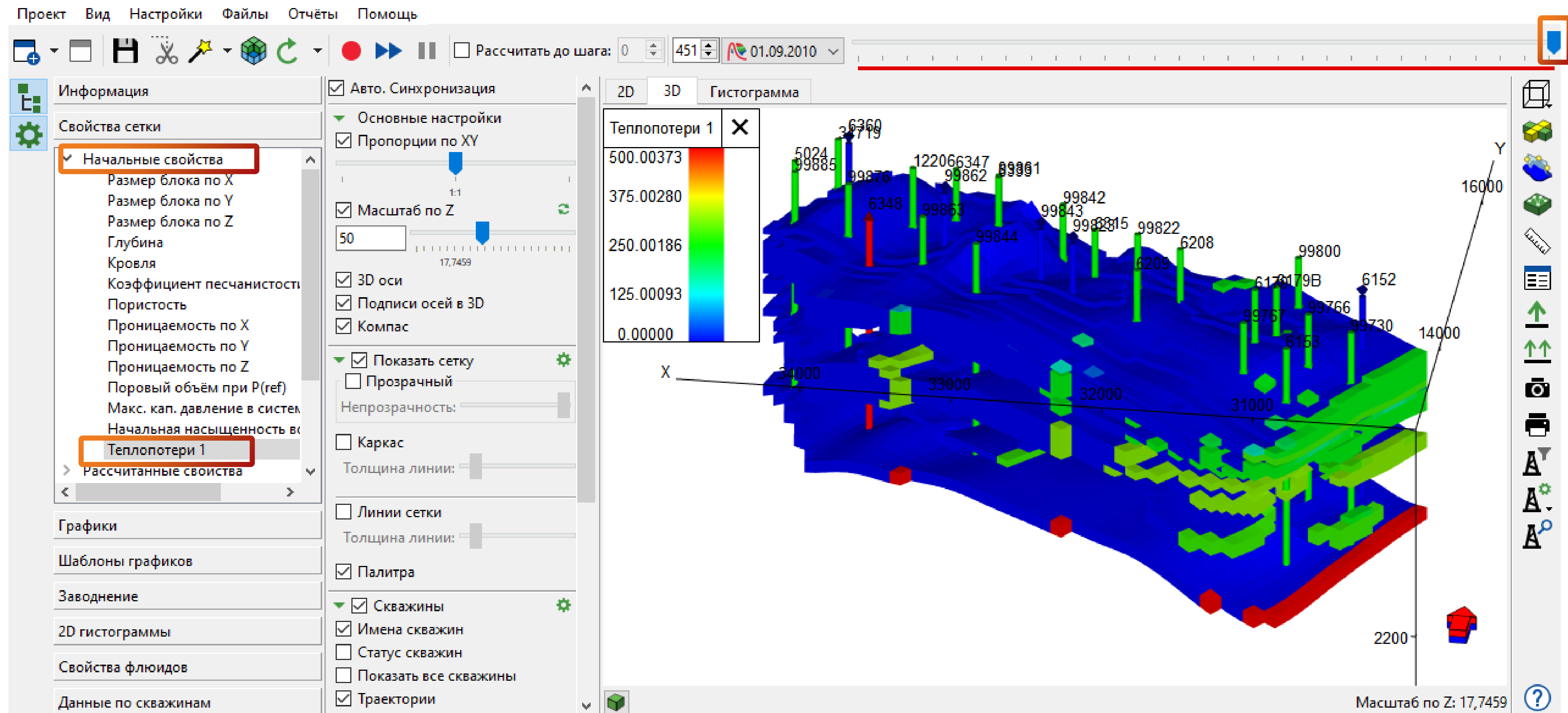
```
temp_sch.inc
255 WCONINJE
256 -- name phase status control volume_s.c. volume_r.c. bhp
257 '6208' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 775 1* 330 1* 1* /
258 /
259
260 WTEMP
261 '6208' 5 /
262 /
263
264 WEFAC
265 -- name coeff
266 '6208' 1 1* /
267 /
```

```
temp_rp.inc
230
231 ROCKCONT
232 1 I- 50 2300 150 0 /
233 /
```

Таким образом задано  
направление и скорость оттока  
тепла из резервуара

# Теплопотери

1. Перейдите на последний расчетный шаг
2. **3D. Свойства сетки. Начальные свойства. Теплопотери**
3. На рисунке видны боковые слои блоков модели, через которые происходят **потери тепла**. Значения свойства равны площадям поверхности данных блоков, через которые происходят **теплопотери**. При отсутствии **теплопотерь** блокам присваивается значение **0** (синий цвет).





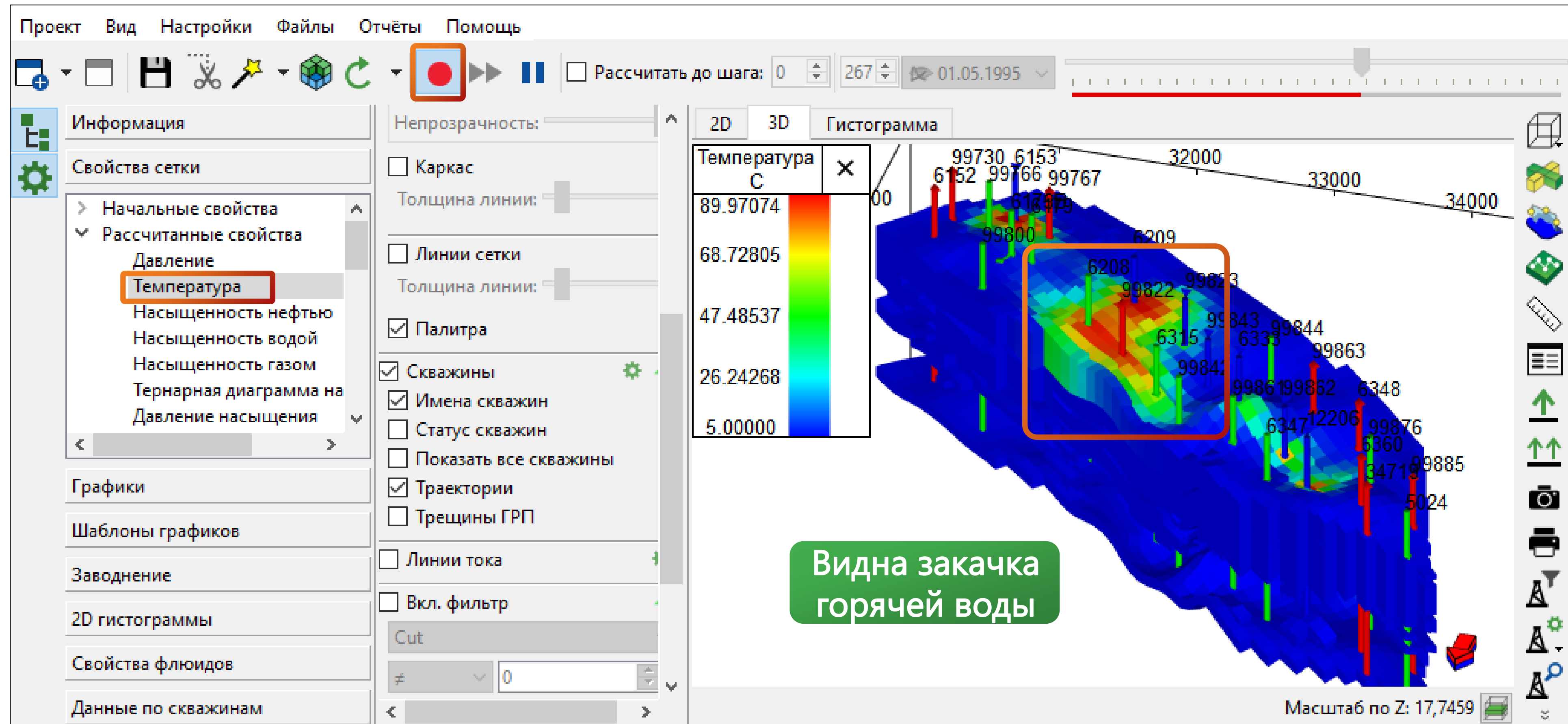
# Температурный скейлинг

- В тНавигатор для E1 и E3-моделей можно задать зависимость водонасыщенности от температуры в блоке. В данном курсе задаются не зависящие от температуры концевые точки (максимальные значения водонасыщенности в блоках сетки заданы **SWU**). Зависимость между температурой и концевыми точками насыщения задается с помощью ключевого слова **ENPTVT**, что позволяет дальнейшее масштабирование концевых точек с помощью линейной интерполяции (между не зависящими и зависящими от температуры концевыми точками)
- Чтобы применялись оба типа масштабирования 5-ый параметр **ENDSCALE** должен быть равен 2. (Если 5-ый параметр - 1, концевые точки, заданные в блоках сетки, заменяются на концевые точки, зависящие от температуры). Если текущее значение водонасыщенности больше, чем масштабированное макс. значение водонасыщенности (**SWU'**), то берется максимальное значение относительной проницаемости (из таблицы **SWOF**, т.е. 1)
- Масштабированные концевые точки насыщения при миним. знач температуры эквивалентны значениям концевых точек без использования **ENPTVT**. Что предполагает использование начальной температуры пласта как минимальной в таблице
- В этой модели задано два типа масштабирования концевых точек: 1) концевые точки задаются в блоках сетки **SWU** и 2) таблицей, задающей зависимость концевых точек от температуры (**ENPTVT**). В таблице меняется только точка **SWU** (максимальное значение водонасыщенности в таблице для воды).



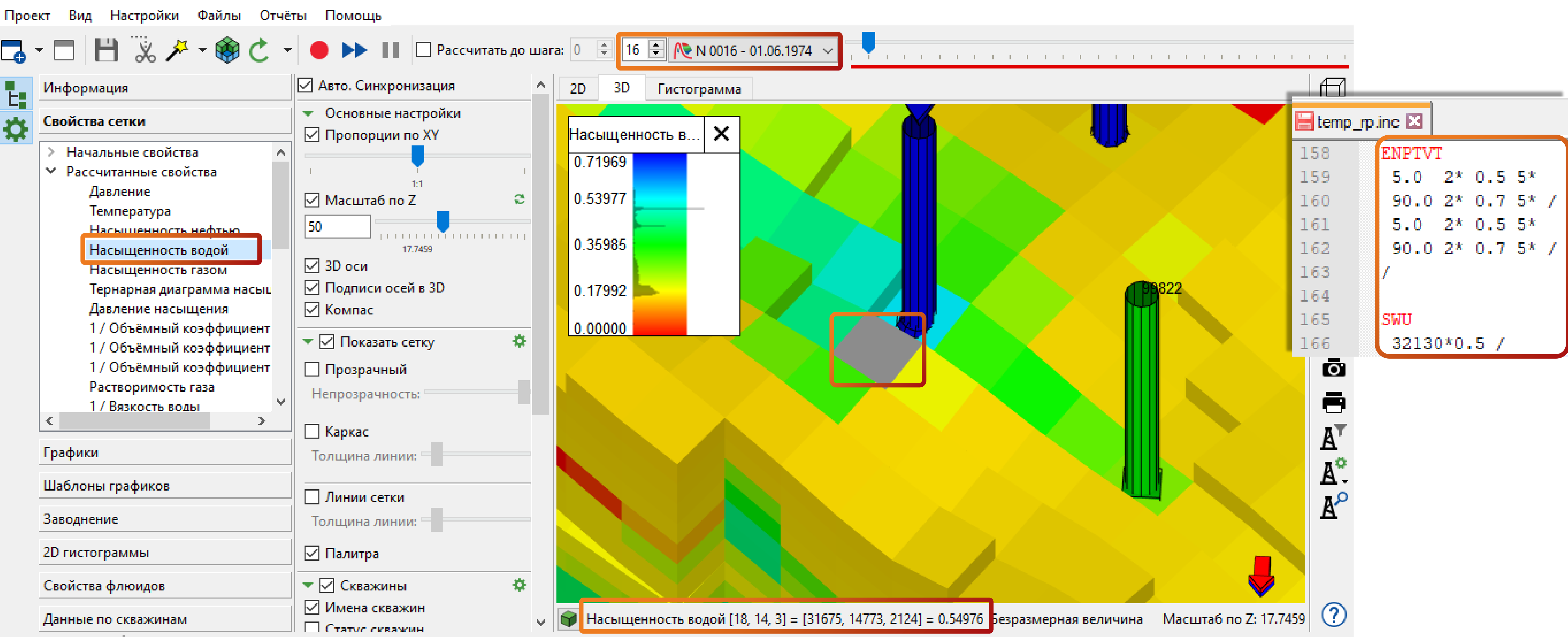
# Температурный скейлинг

1. Откройте модель [enptvt\\_test/temp.data](#) и запустите расчет модели
2. **Свойства сетки. Рассчитанные свойства. Температура**
3. Начальная температура резервуара 5 С (ключевое слово **RTEMPA**), закачивается горячая вода 90С (**WTEMP**)
4. В связи с этим вокруг скважин увеличивается обводненность и температура тоже растет. Соответственно растет и SWU' (зависящее от температуры и рассчитанное по таблице **ENPTVT**)



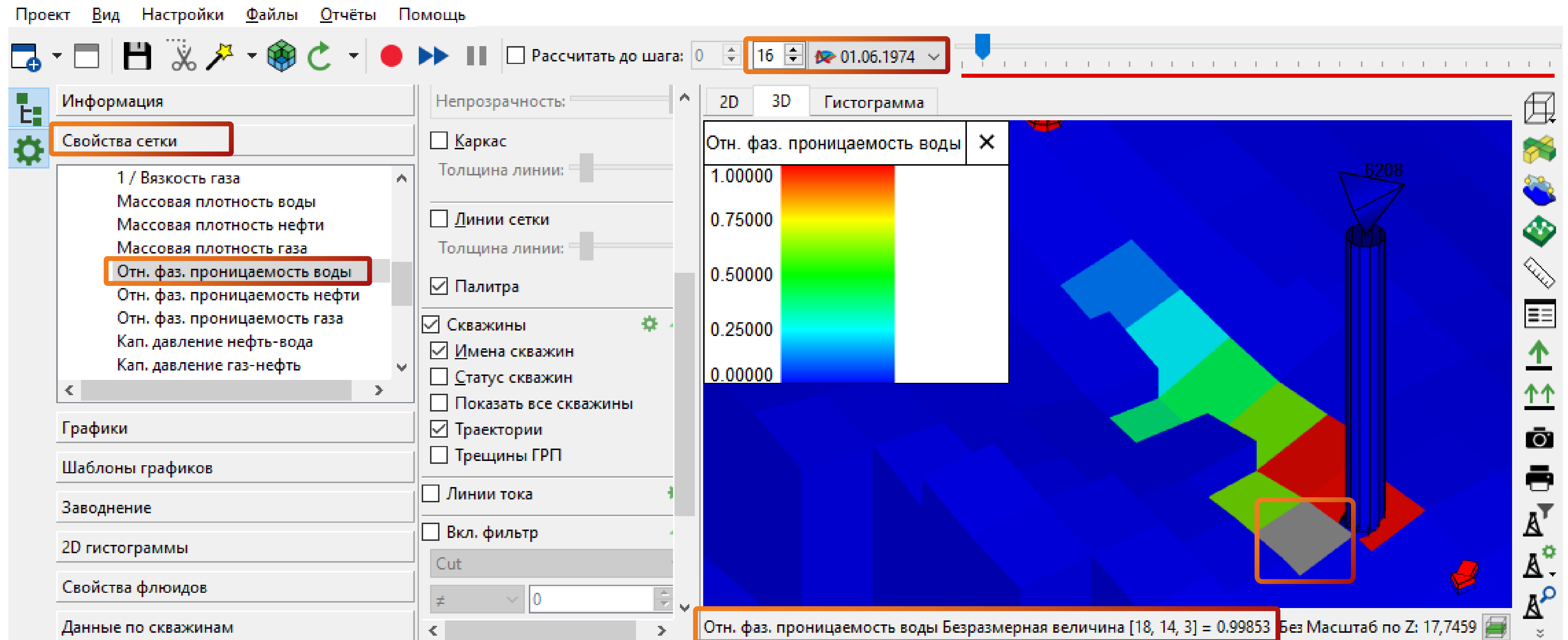
# Температурный скейлинг

- 1. Перейдите на 16-й временной шаг
- 2. Свойства сетки. Рассчитанные свойства. Насыщенность водой
- 3. Значение насыщенности в блоке рядом со скважиной 6208 больше 0.5 (в соответствии с проинтерполированным значением насыщенности)



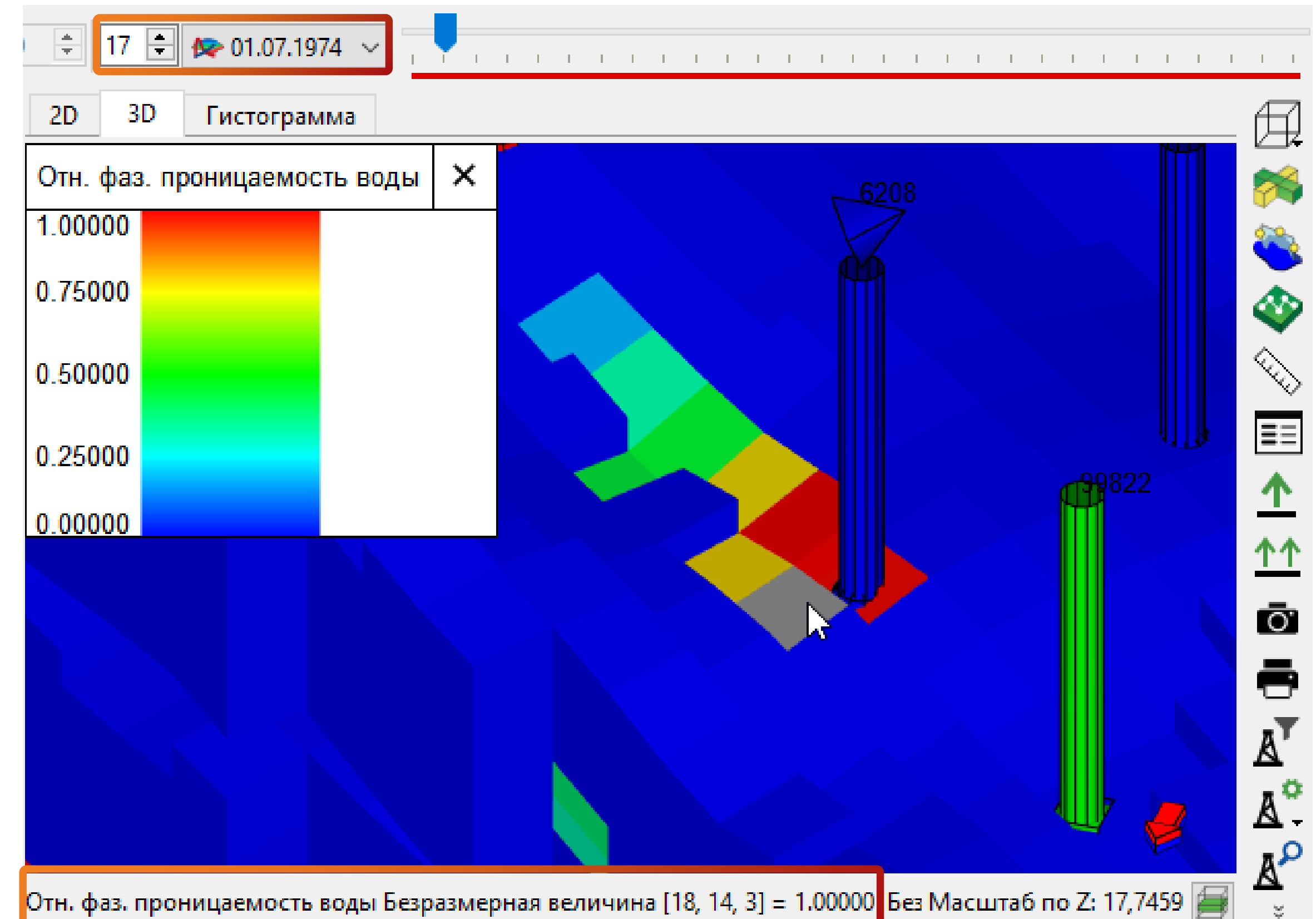
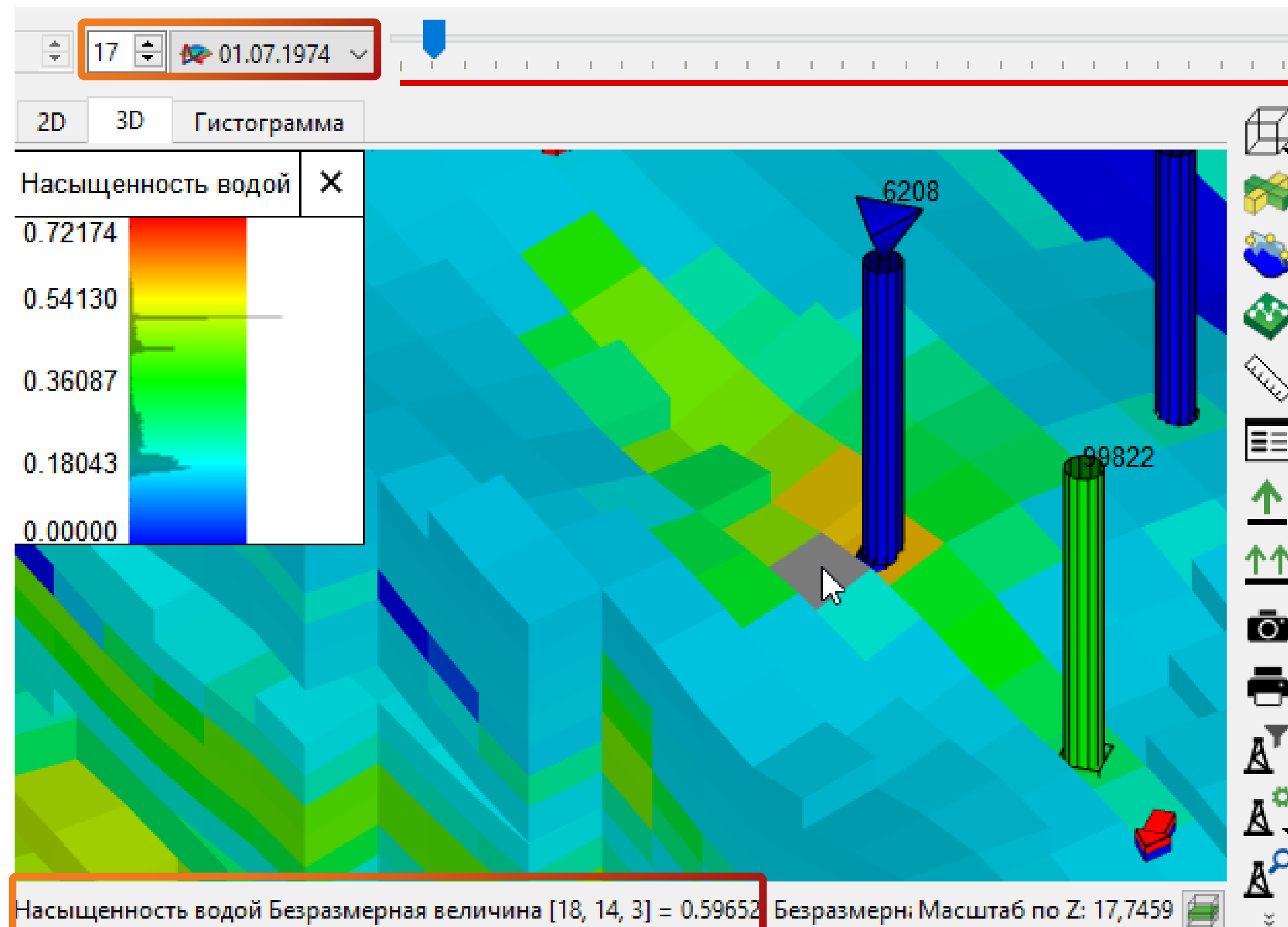
# Температурный скейлинг

1. Свойства сетки. Рассчитанные свойства. Отн. фазовая проницаемость воды
2. Значение фазовой проницаемости воды в блоке рядом со скважиной 6208 меньше 1 (хотя значение насыщенности водой уже больше 0.5)
3. Если бы температурный скейлинг не использовался, то значение фазовой проницаемости воды в этом блоке было бы равно 1 уже на этом временном шаге, т.к. значение свойства SWU равно 0.5



# Температурный скейлинг

1. Перейдите на 17-й временной шаг
2. Значение насыщенности водой в том же блоке увеличилось и превысило проинтерполированное значение максимальной водонасыщенности. Поэтому величина фазовой проницаемости воды в этом блоке теперь равна 1

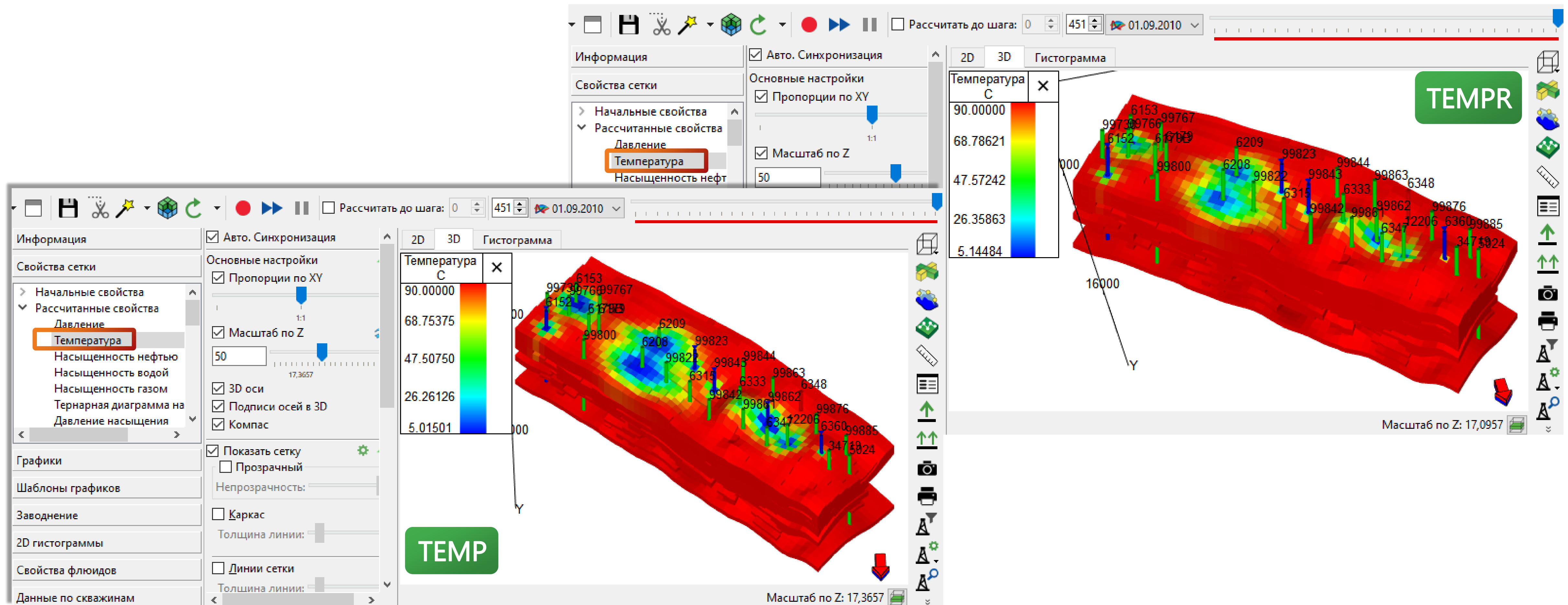


# Учет теплоемкости блоков с нулевым поровым объемом

- Опция **TEMPR** в тНавигатор:
- Данное ключевое слово является аналогом слова **TEMP**, с той лишь разницей, что в случае его использования при расчете температуры дополнительно учитывается теплоемкость активных блоков с нулевым поровым объемом (если данные блоки не были деактивированы в АСТNUM), при этом фильтрация в этих блоках, очевидно, не происходит

# Учет теплоемкости блоков с нулевым поровым объемом

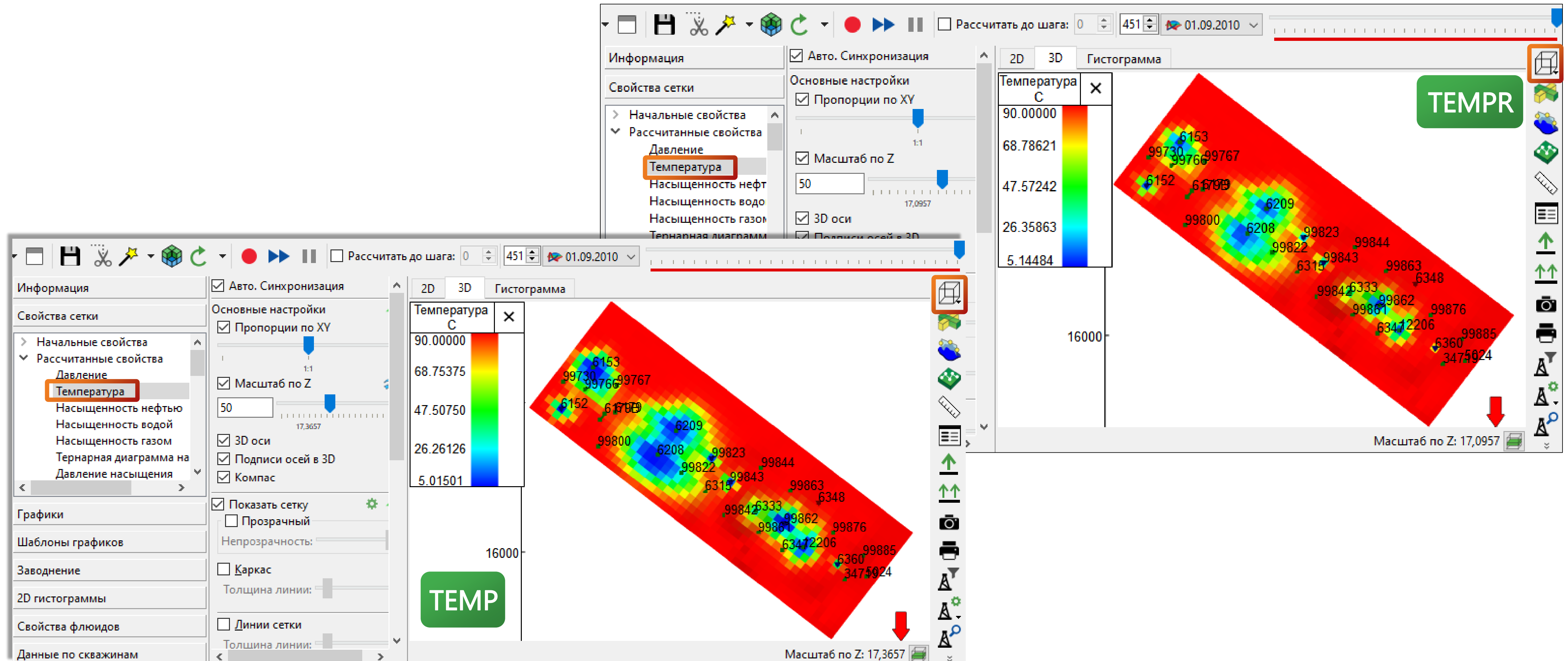
1. Откроем и рассчитаем 2 модели [trening\\_no\\_porv\\_temp/TEMP.data](#) и [trening\\_no\\_porv\\_temp/TEMPR.data](#)
2. В модели [TEMP.data](#) используется обычная температурная опция **TEMP**, а в модели [TEMPR.data](#) используется расширение температурной опции **TEMPR** (учет теплоемкости блоков с нулевым поровым объемом)





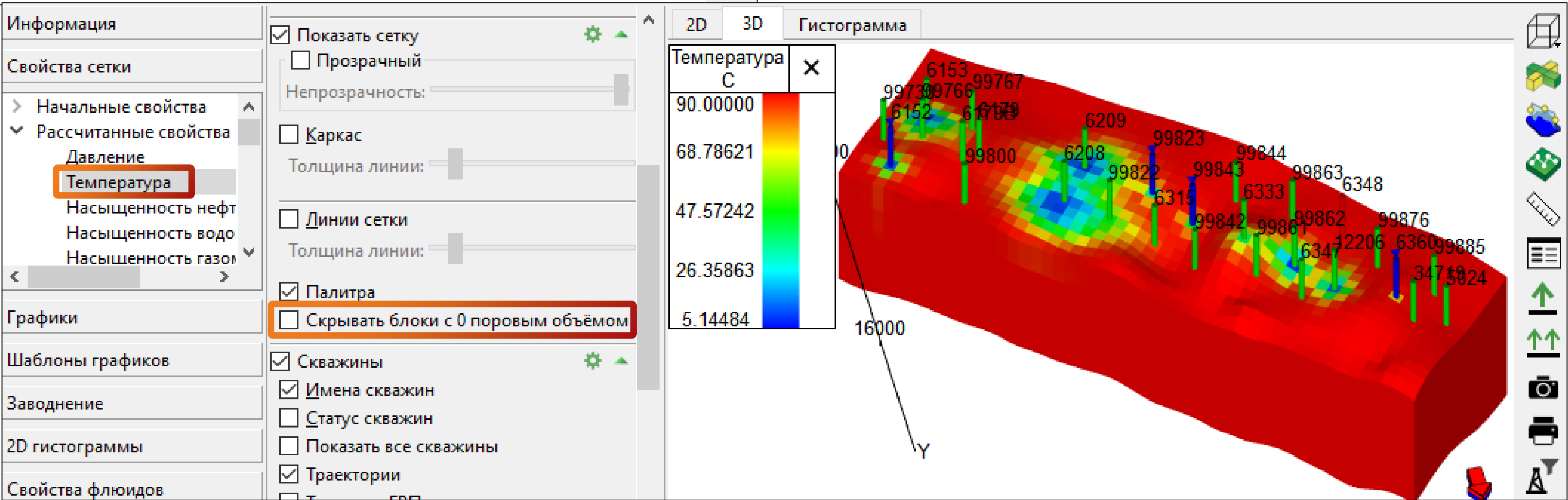
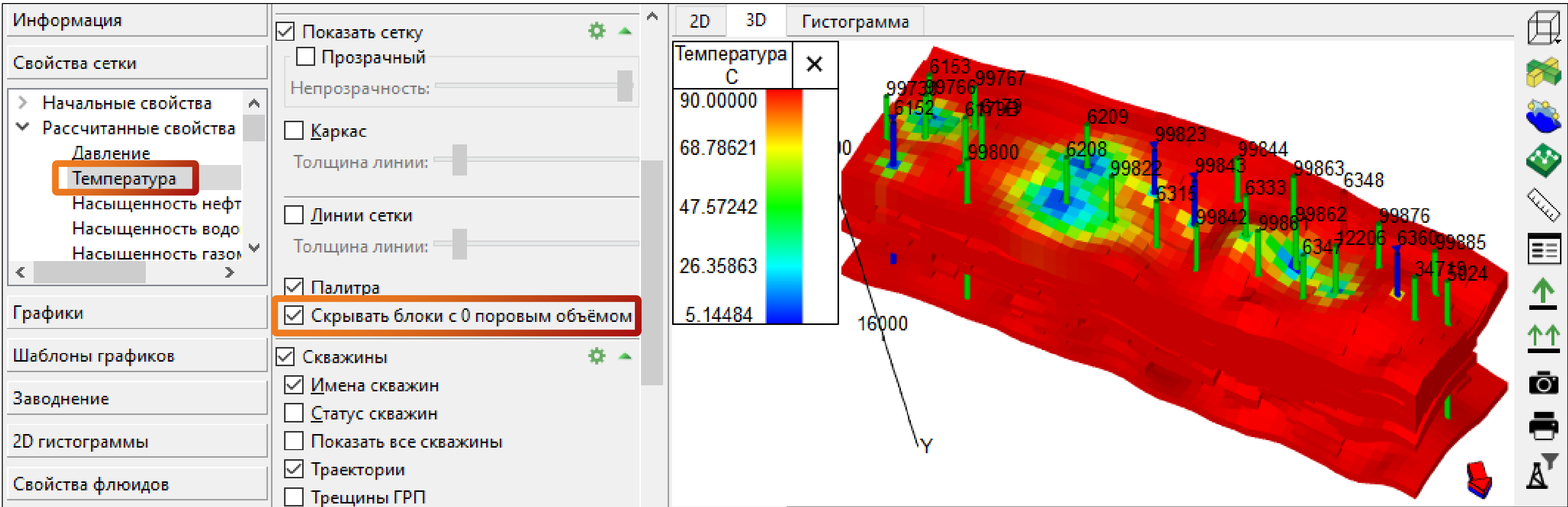
# Учет теплоемкости блоков с нулевым поровым объемом

1. Рассчитанные свойства. Температура. 3D. Вид сверху
2. При сравнении обеих моделей видим различное распространение фронта температуры



# Учет теплоемкости блоков с нулевым поровым объемом

1. В модели **TEMPR.data** доступна возможность показывать или скрывать блоки с нулевым поровым объемом.
2. Галочка Скрывать блоки с поровым объемом 0



# Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы  
и видеоуроки доступны на сайте:

[www.rfdyn.ru](http://www.rfdyn.ru)

# Остались вопросы?

Обратиться в техническую  
поддержку:

[tnavigator@rfdyn.ru](mailto:tnavigator@rfdyn.ru)

