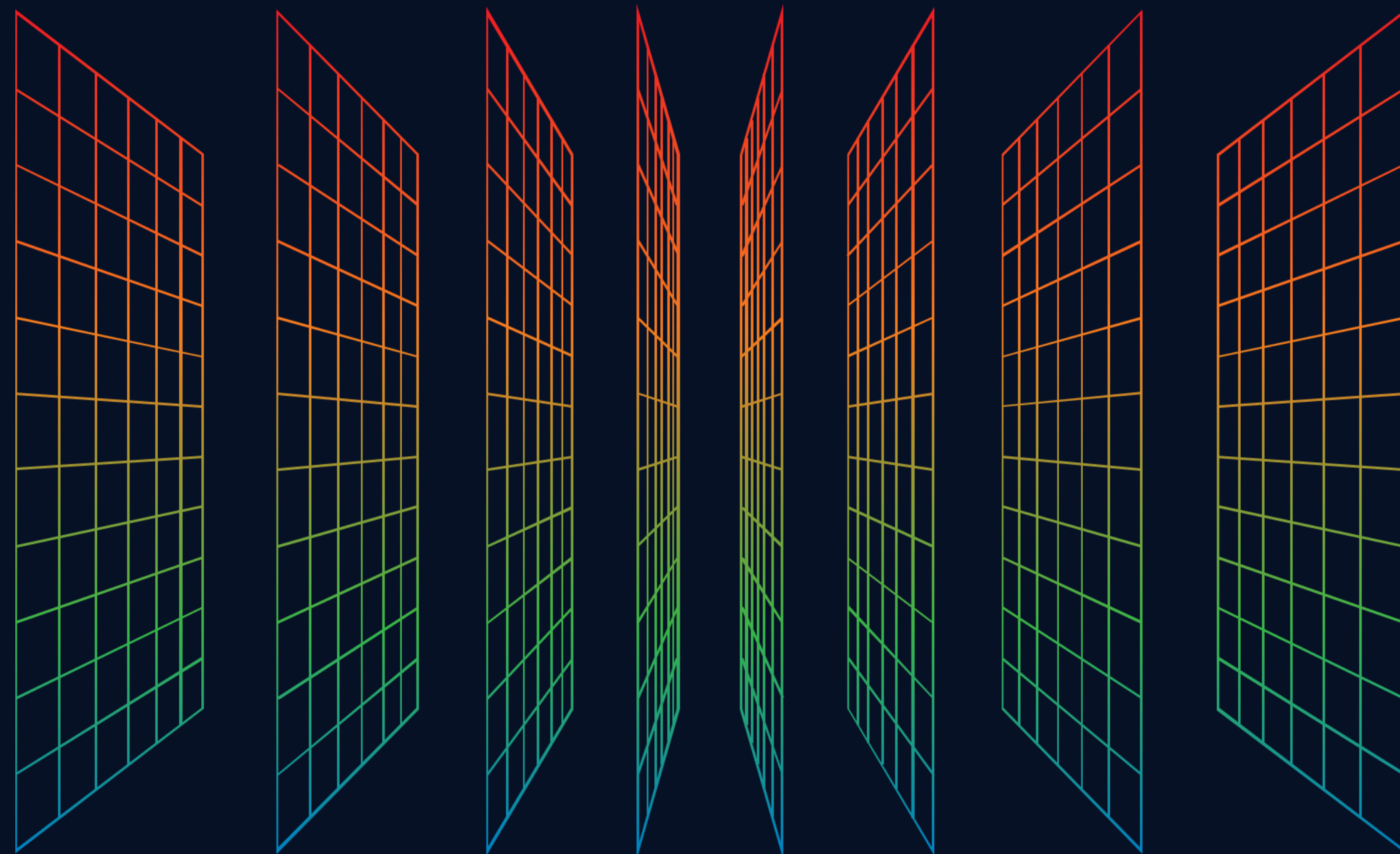


Интегрированное моделирование: объединение сети и пласта



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.

Подходы к моделированию сетей

- Обычная практика – комбинация программных продуктов, сеть и пласт решаются на разных итерациях, используя программу-интегратор
- Подход tНавигатор:
 - Нет необходимости использования интегратора
 - Единая система уравнений для системы «пласт-скважина-система сбора» решается неявно на каждом временном шаге
 - Быстрый и стабильный расчёт
 - Единая модель флюида (PVT модель)

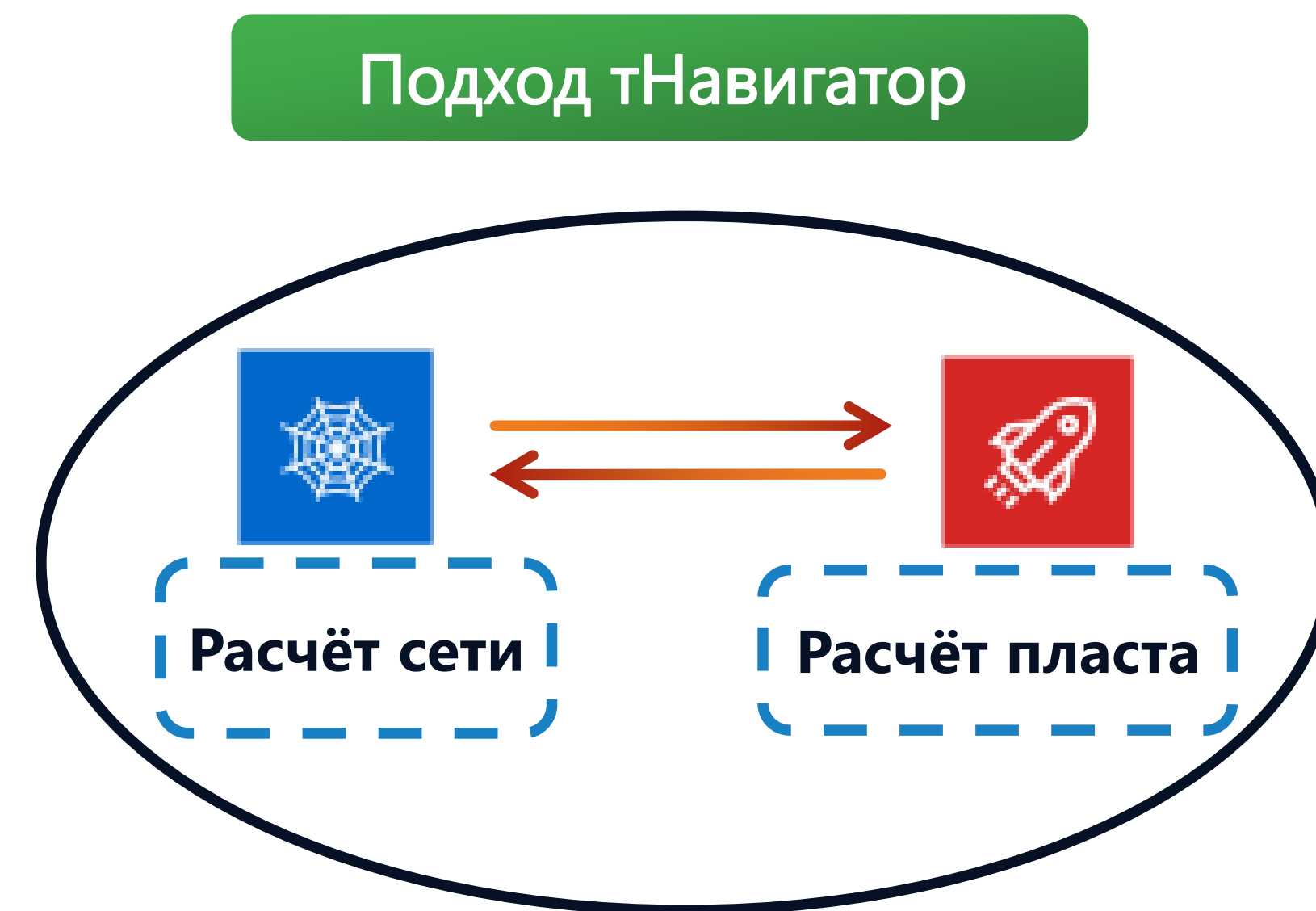
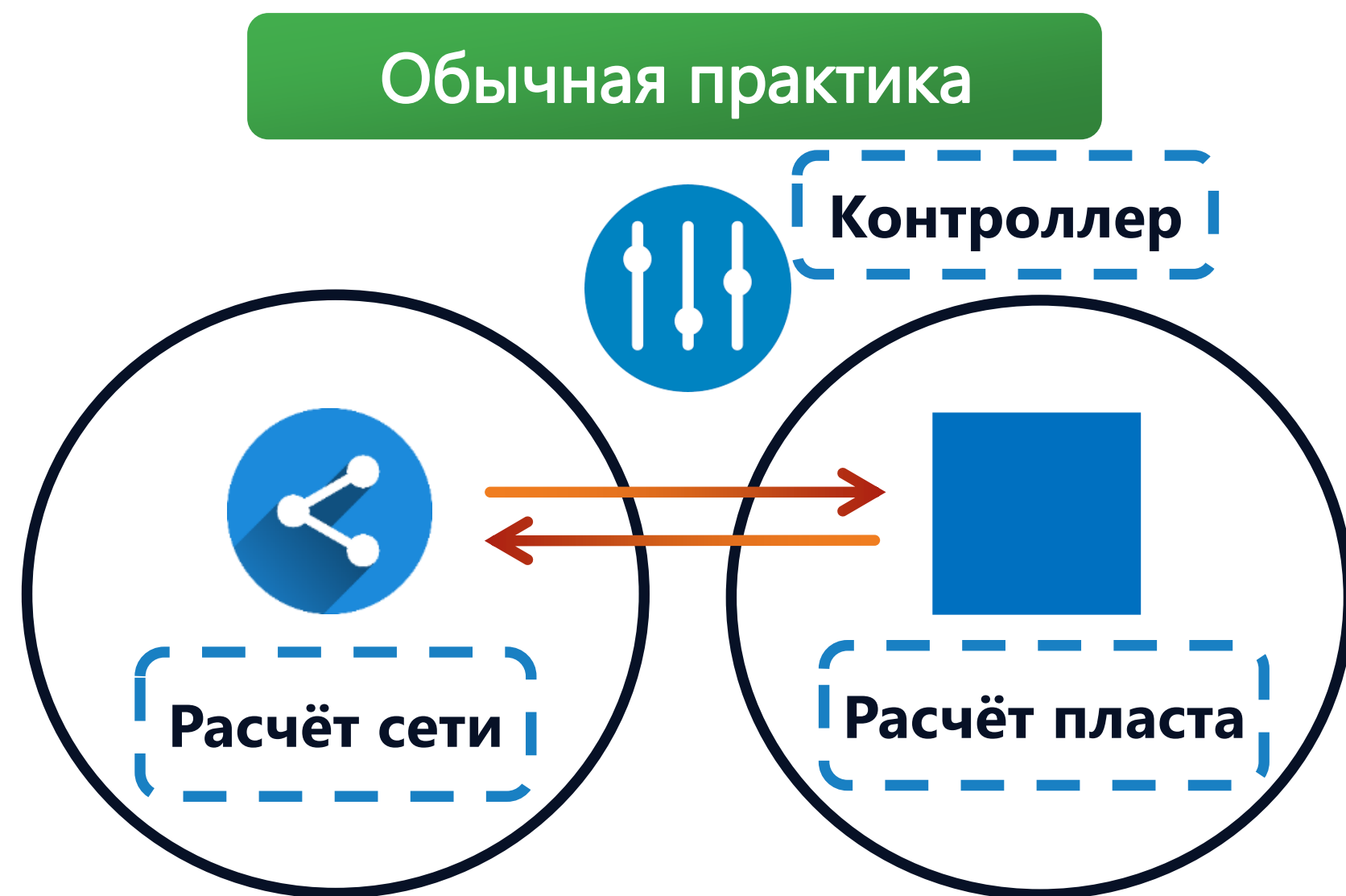
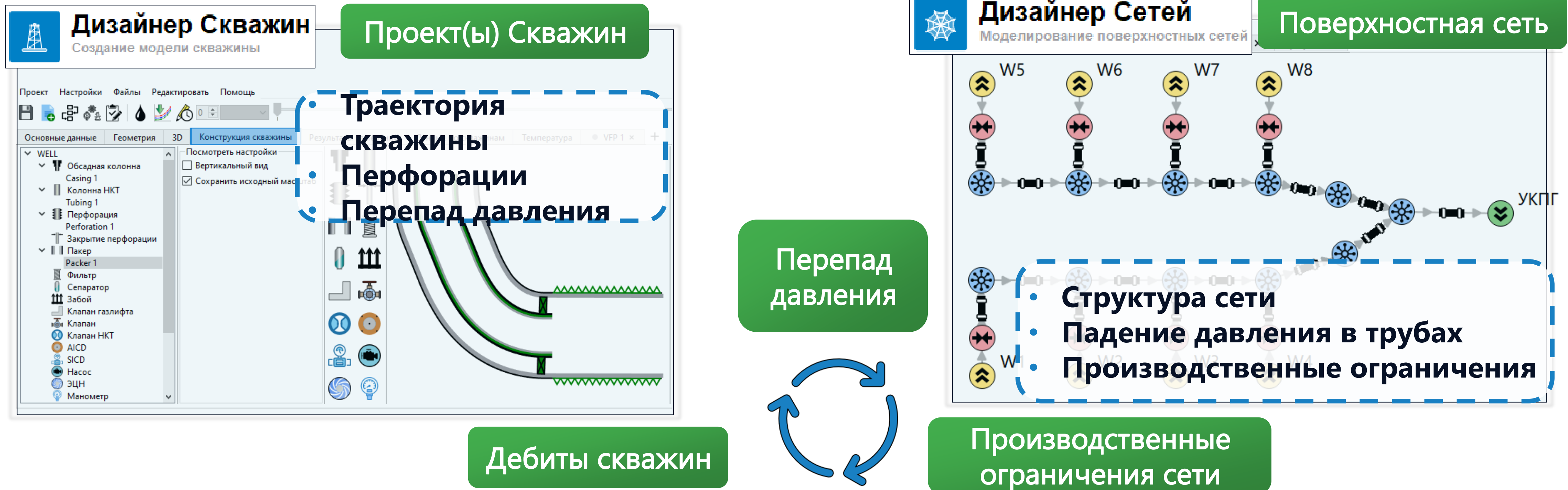
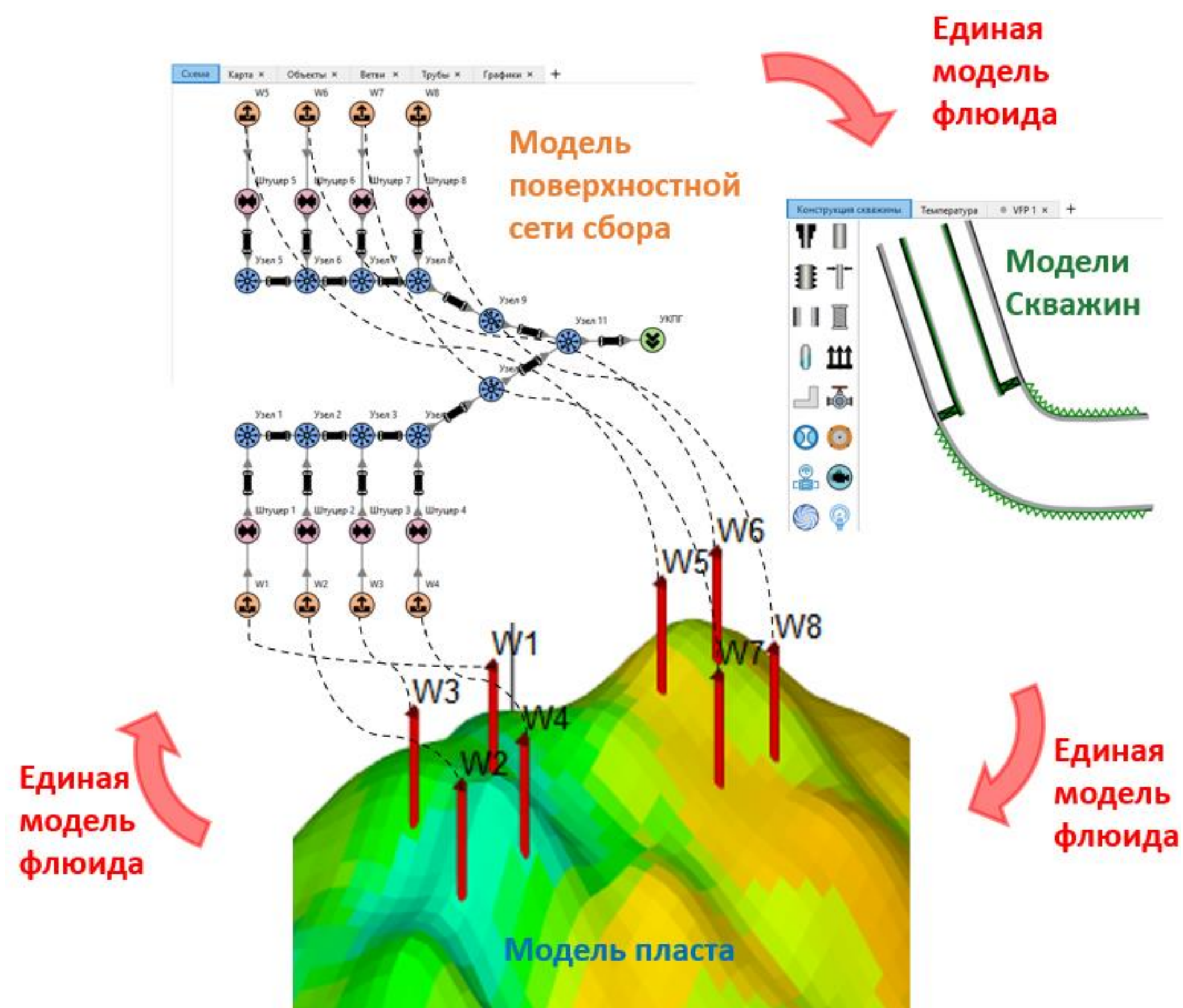


Схема интеграции



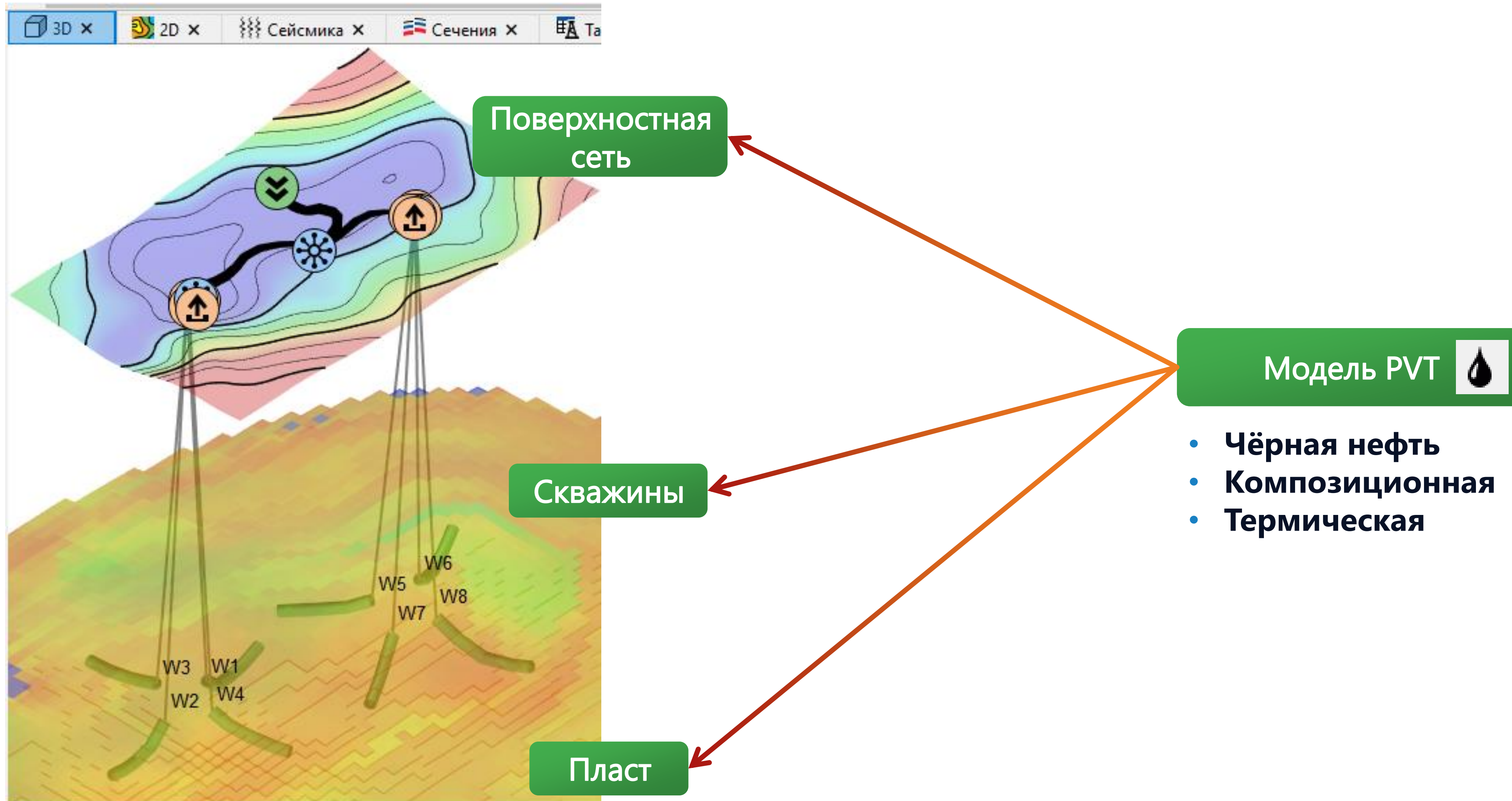
Интегрированная модель

- Интегрированная модель «пласт-скважина-система сбора» представляет собой единую систему уравнений, описывающих физические процессы, протекающие в пласте, потери давления и изменения температуры при движении флюидов в скважине и системе сбора продукции. Также учитываются технологические ограничения для режимов работы скважин и оборудования наземной сети
- Модель флюида для системы задается единожды и используется для всех составляющих системы «пласт-скважина-система сбора»



Общие свойства флюидов

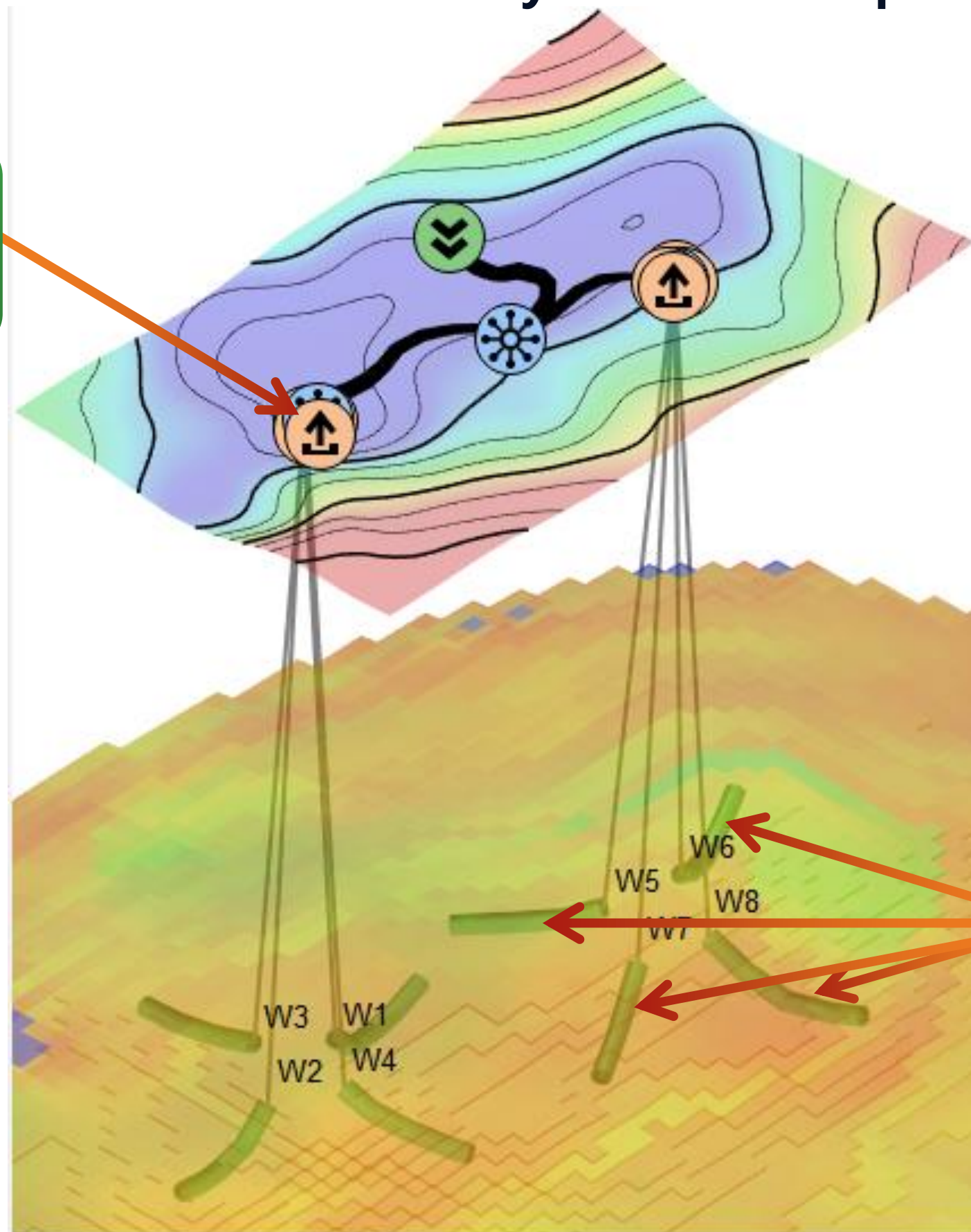
- Единая модель флюида используется для всех составляющих системы «пласт-скважина-система сбора»



«Сшивка» подземной и наземной части

- «Сшивка» подземной части и поверхностной системы сбора выполняется на скважинах. Существует два подхода:
 - Интеграция через перфорации скважин (по умолчанию): **Настройки → Параметры → Свойства → Исп. перфорации при вычислении интегрированных скважин**
 - Интеграция через устье скважин (галочка **Исп. перфорации при вычислении интегрированных скважин** снята). Скважина эквивалентна объекту **Источник** с фиксированным значением дебитов компонент смеси

Интеграция на устье скважин



Интеграция на перфорациях скважин

Настройки солвера

Настройки солвера **Свойства** Настройки солвера для трубы

Однофазная корреляция: Moody

Высотная отметка на графиках по: Из карты

Выявить сегменты с гидратами

Исп. модель deWaard (1995) для моделирования процесса коррозии

Эффективность коррозии 1

Мольная доля CO2 (только для черной нефти): 0

Исп. фактический водородный показатель среды pH

Задать:

Исп. перфорации при вычислении интегрированных скважин

Исп. уравнение плотности (только AVG тип плотности)

Число попыток переоткрытия интегрированных скважин: 5

Переменные на перфорациях: Не включены в систему

Обновление потенциала скважин для Ограничений (Только для интеграции через устье)

Исп. смешение комп. вариантов в интегрированной модели

Вкл. автомат. вычисление производных

Проверка согласованности высотных отметок объектов

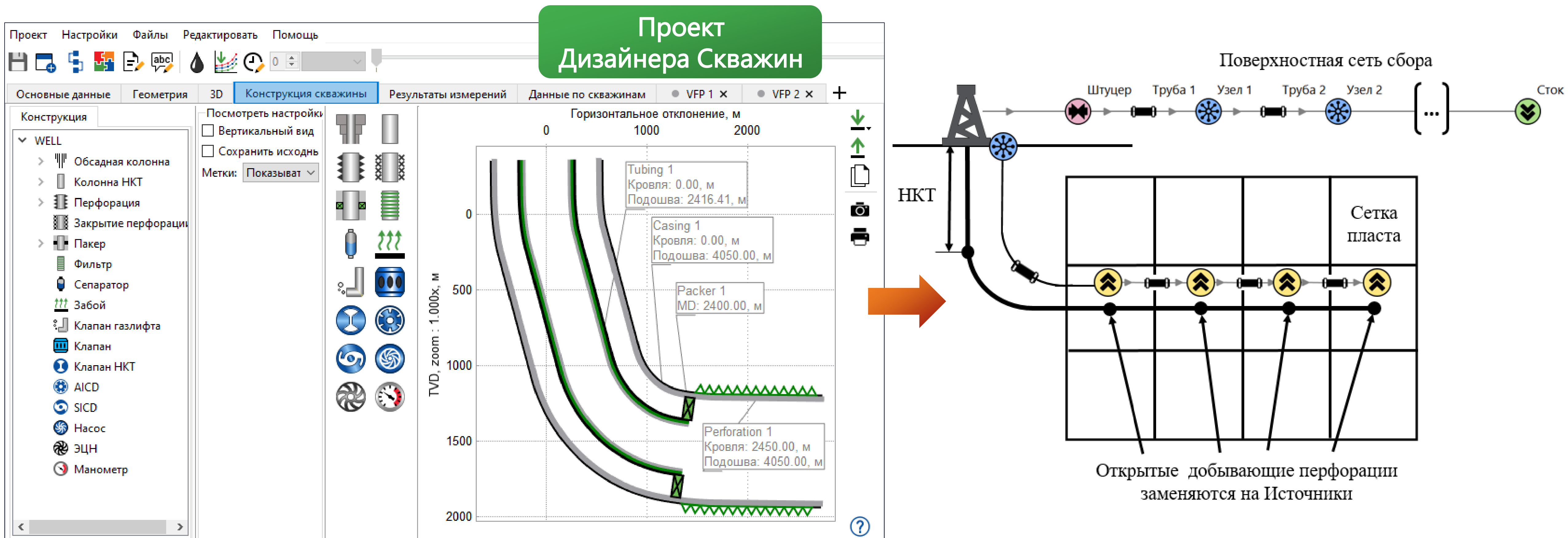
Исп. плотность идеального газа в ст. усл.

Настройки скважины

Мин. WEFAC: 0,9

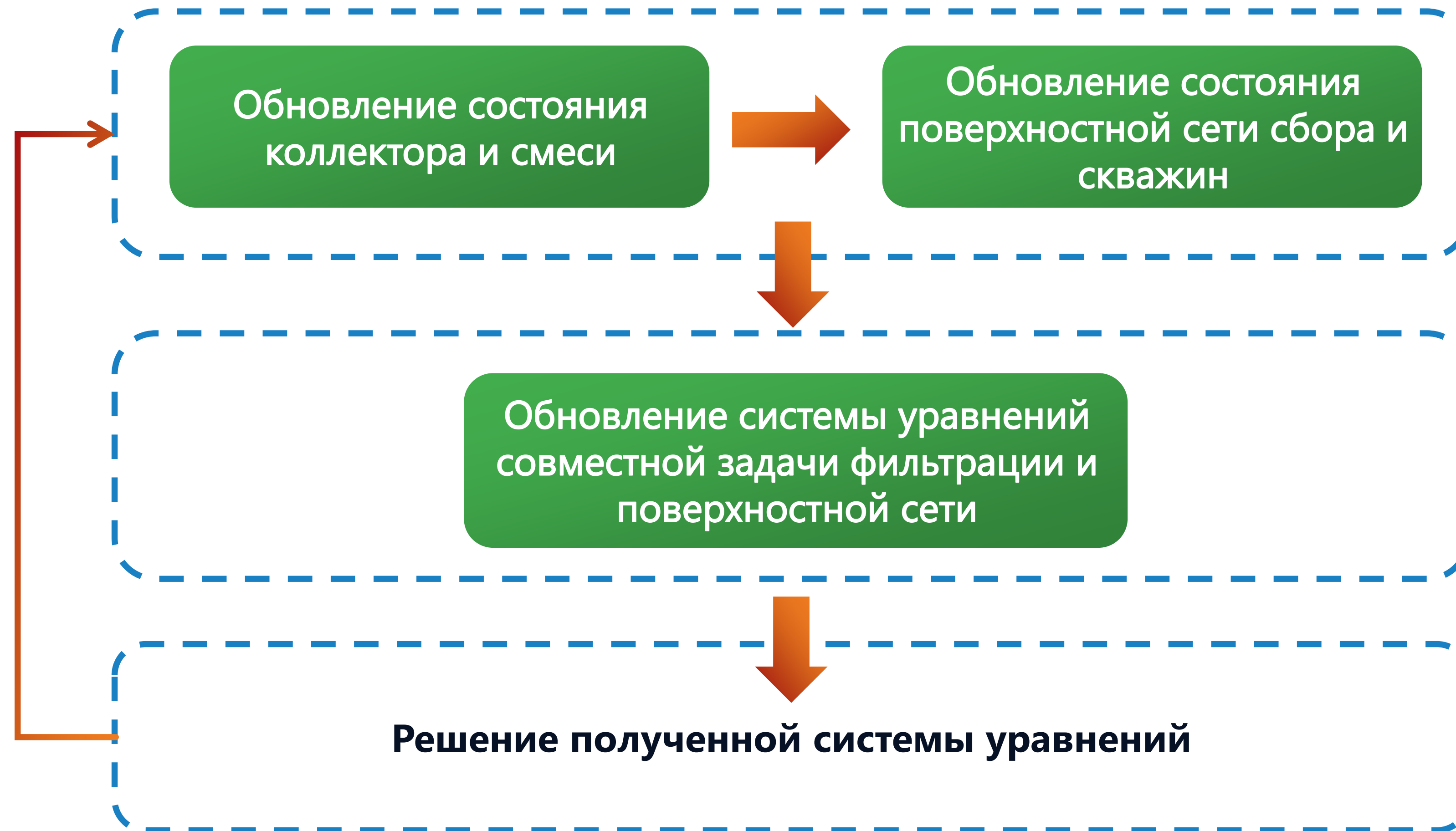
Модель интегрированной скважины

- Интегрированная скважина импортируется в единый проект «пласт-скважина-сеть» как проект Дизайнера Скважин
- Конструкция скважины моделируется сетью, которая является продолжением поверхностной сети



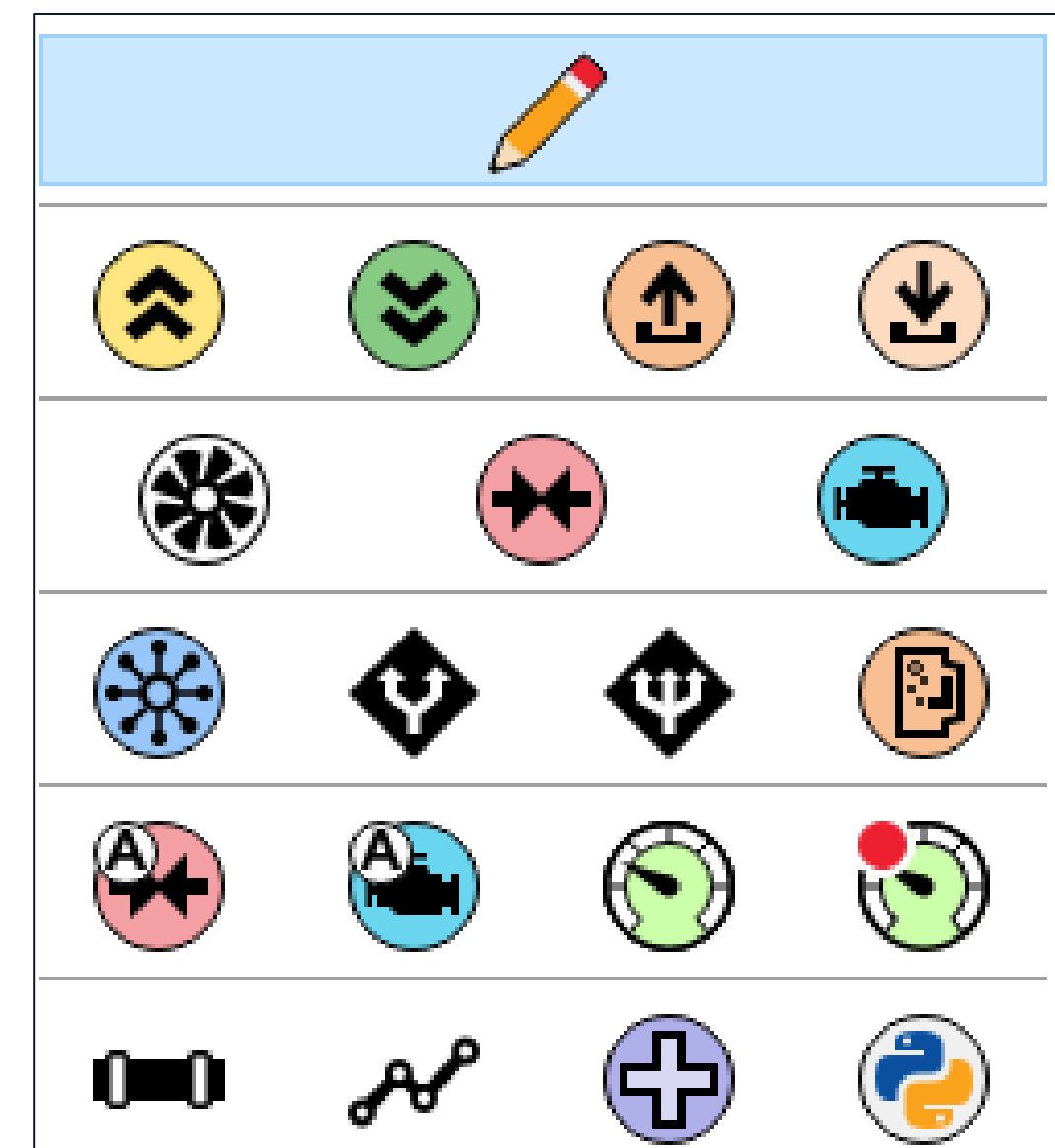
Метод решения

- Единая система уравнений для системы «пласт-скважина-система сбора» решается полностью неявно на каждом временном шаге



Создание проекта поверхностной сети в Дизайнере Сетей

- **Модель поверхностной сети:**
 - Система уравнений поверхностной сети для давления p , массового расхода q и температуры T
 - Количество граничных условий на давление и расход $N_{\text{источников}} + N_{\text{стоков}}$
 - По крайней мере одно условие для давления должно быть задано в граничных точках
- **Задание объектов:**
 - Библиотека объектов поверхностной сети
 - Задание настроек объектов
 - Одновременное редактирование множества объектов
 - Копирование отдельных объектов и выбранных групп целиком
- Проверка задания необходимого количества граничных условий (давления, расходы)
- Проверка задания необходимых для расчета характеристик оборудования
- Возможность отмены последних действий (Undo/redo)
- Workflow



Библиотека элементов
поверхностной сети

Создание проекта скважины в Дизайнере Скважин

- Проект интегрированной скважины заменяет набор ключевых слов, используемых для моделирования скважины (кл. слова **WELSPECS, WELLTRACK, COMPDATMD** и т.д.)
- Траектория и конструкция скважины
- Потери давления в стволе скважины или трубе рассчитываются, используя эмпирические корреляционные зависимости
- Расчет потерь давления на скважине выполняется динамически в процессе расчета интегрированной модели
- Мультисегментные, многозабойные скважины
- Workflow и т.д.

Типы корреляций:

- Beggs-Brill
- Beggs-Brill revised
- Hagedorn-Brown
- Petalas - Aziz
- Orkiszewski
- Gray
- Aziz-Govier-Fogarasi
- Mukherjee-Brill

Режимы течений



Дисперсный пузырьковый режим



Слоистый режим



Пузырьковый режим

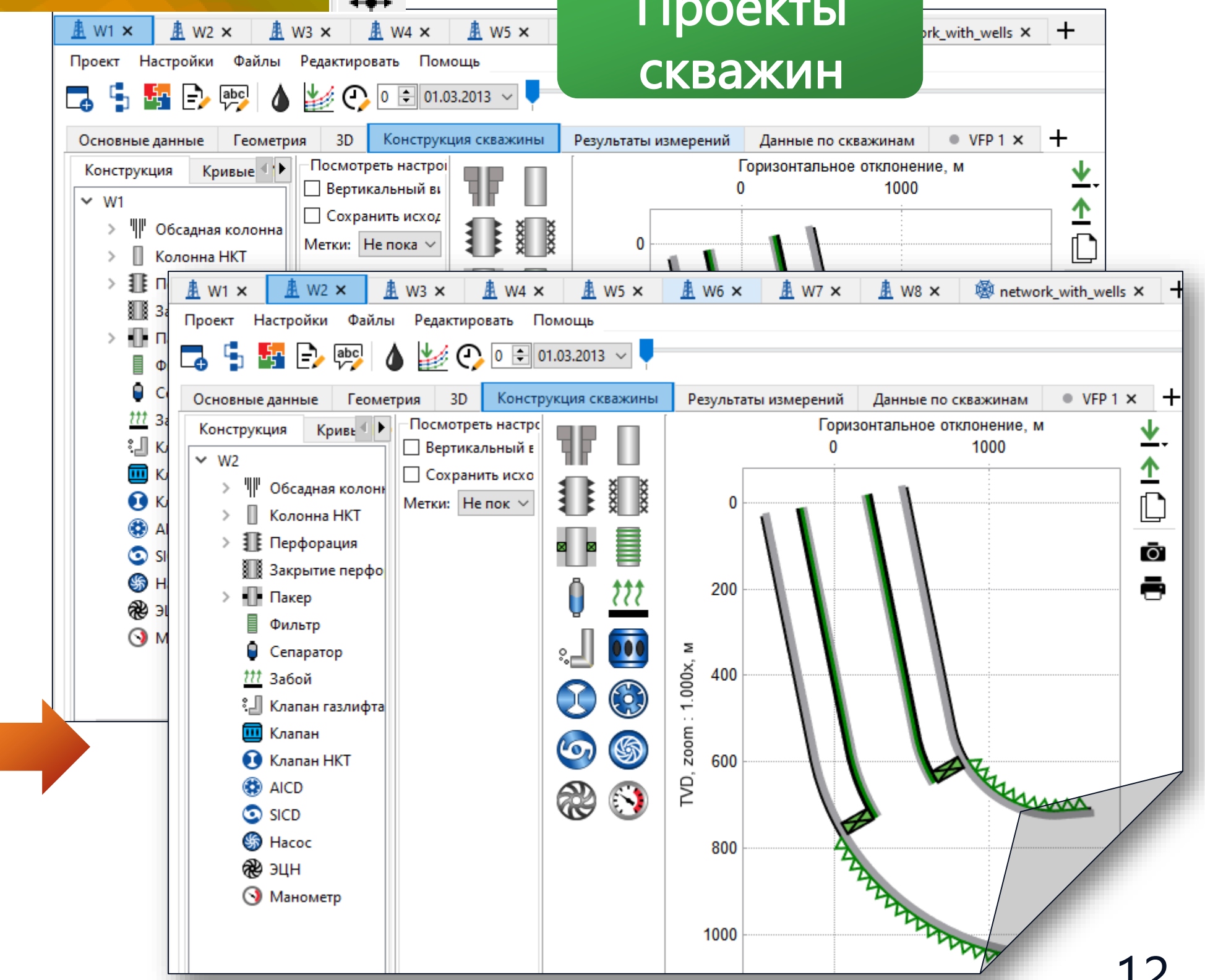
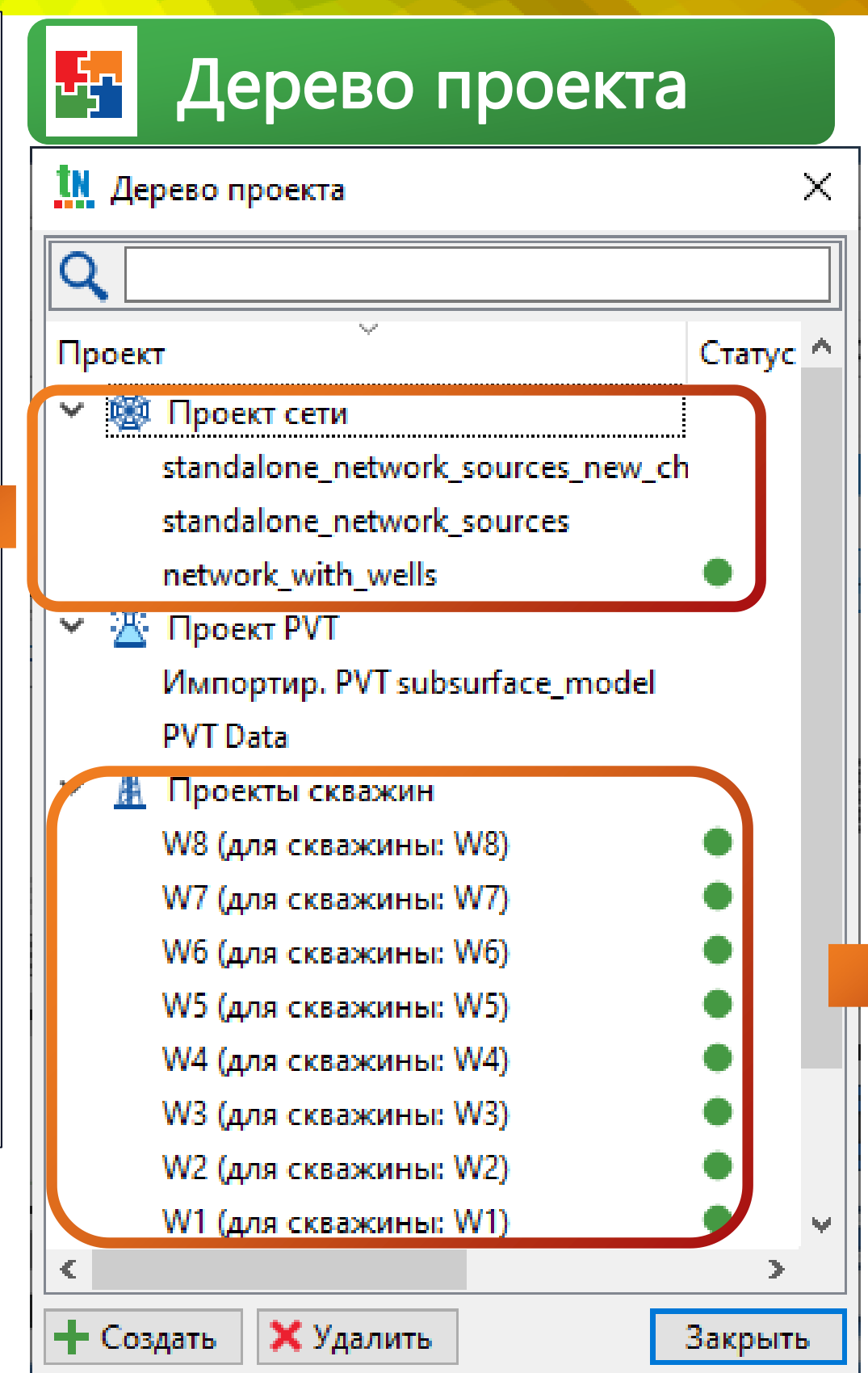
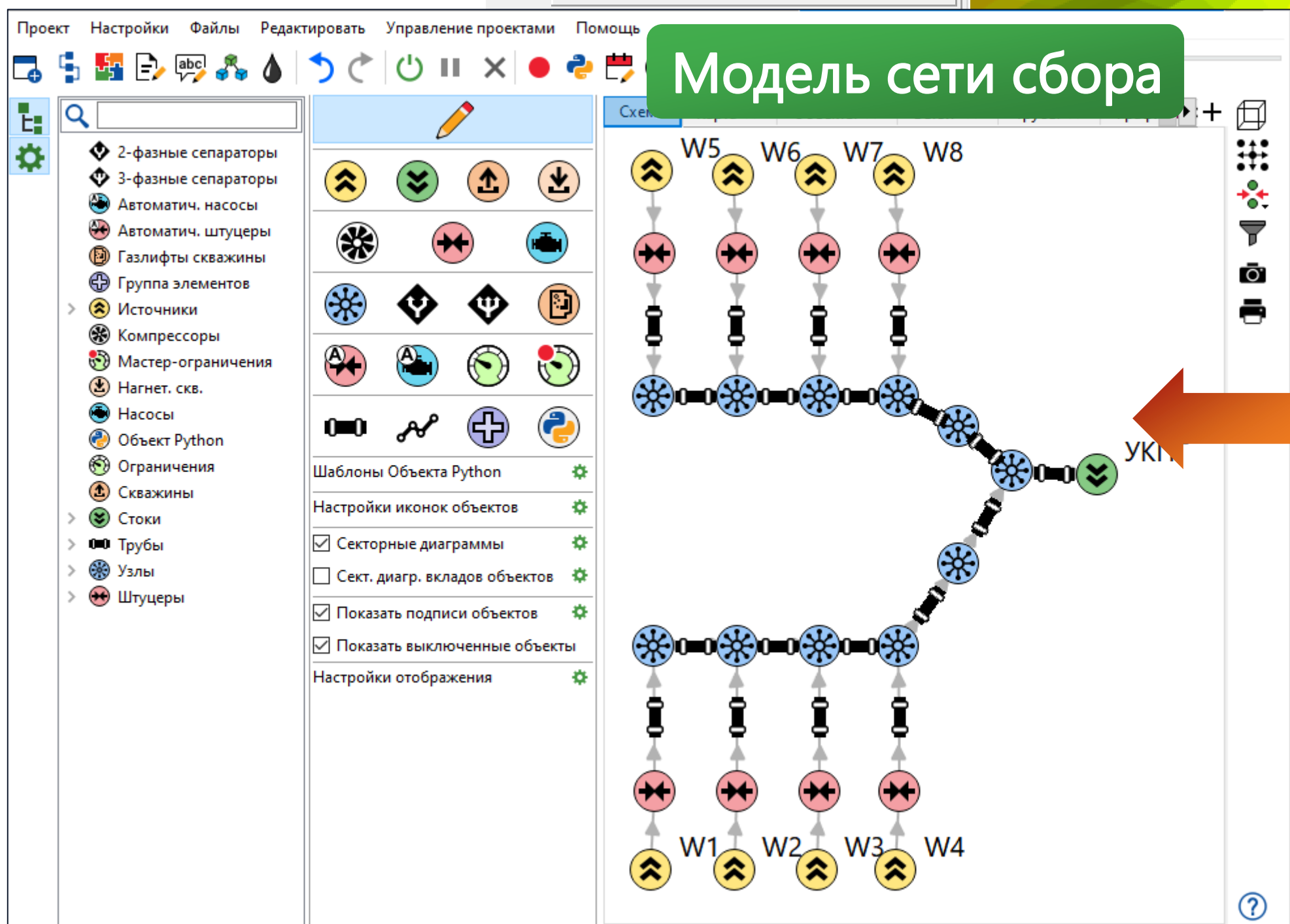
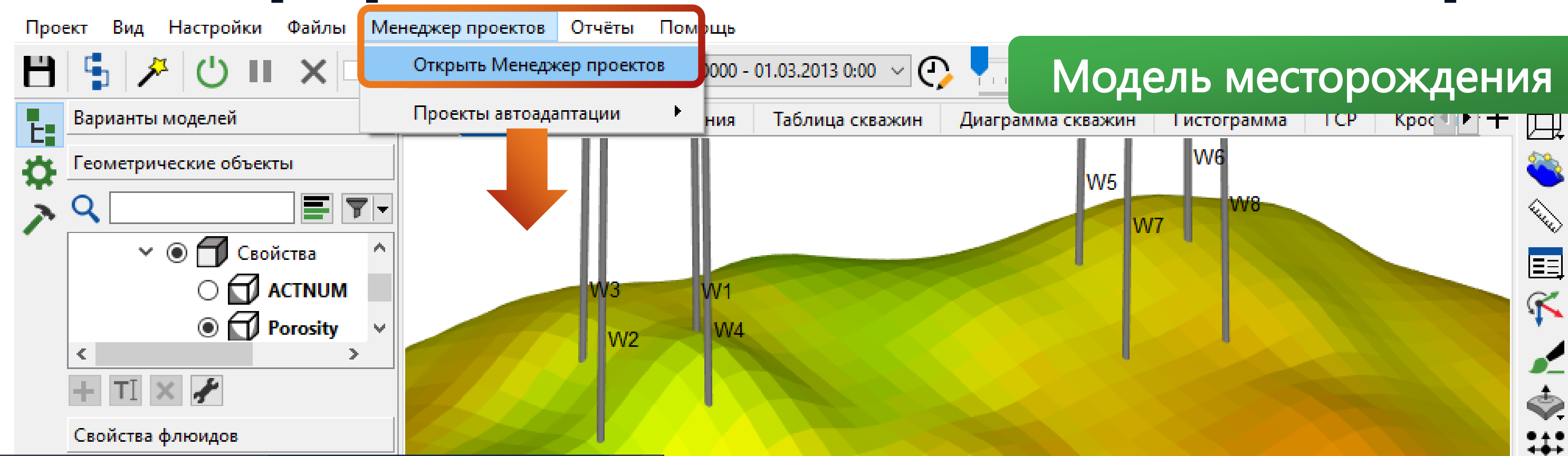


Прерывистый режим



Кольцевой туманный режим

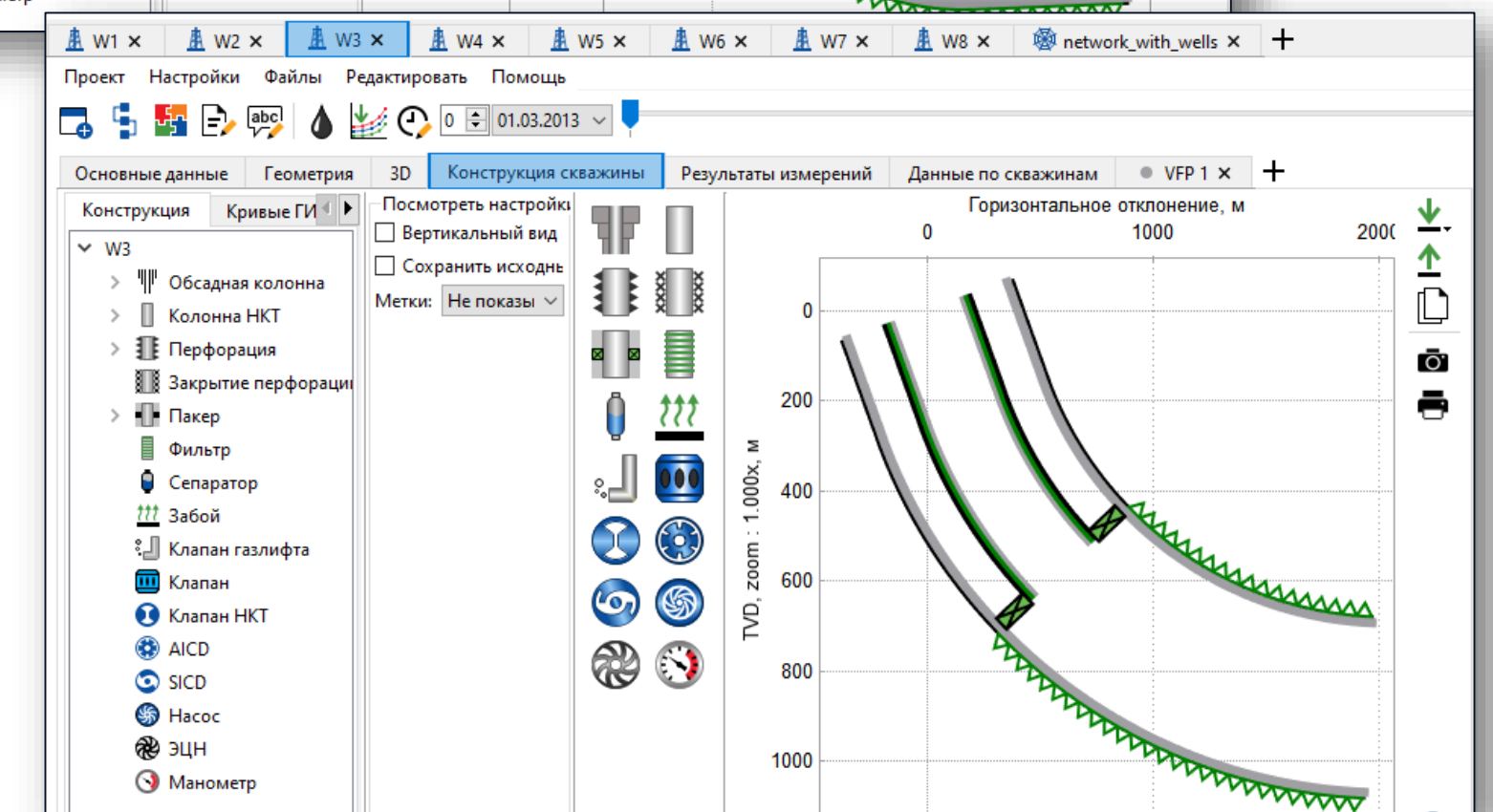
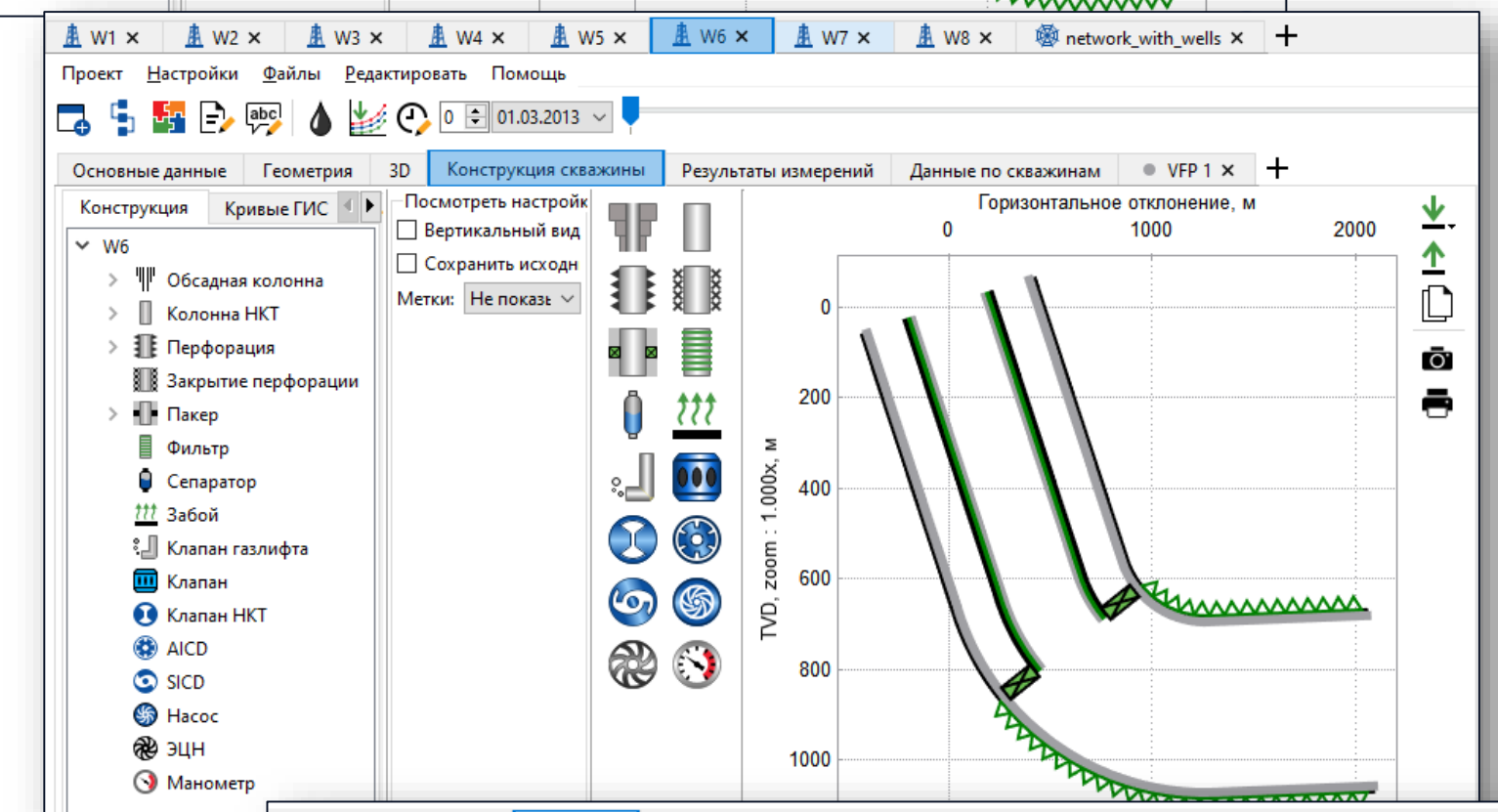
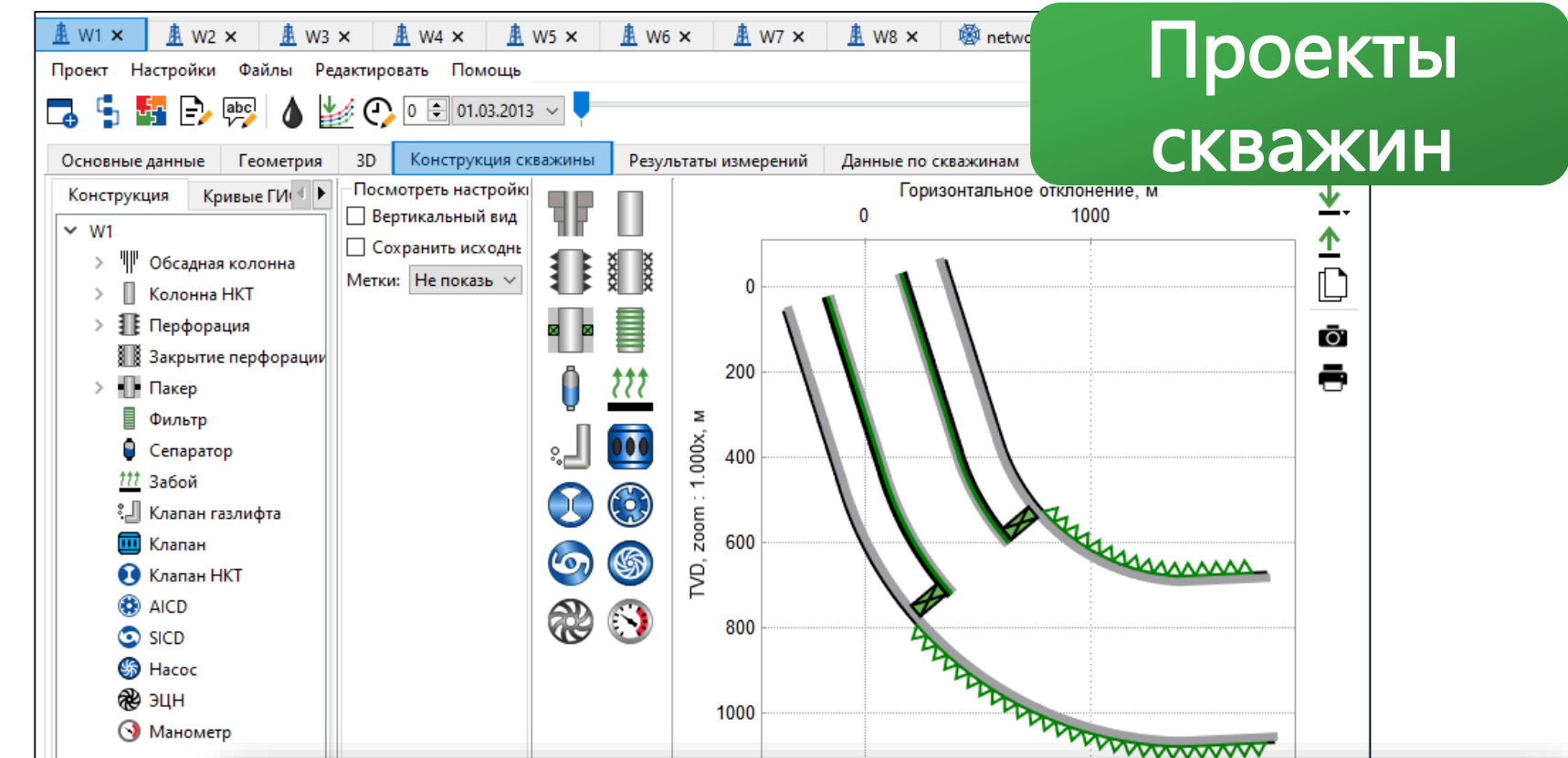
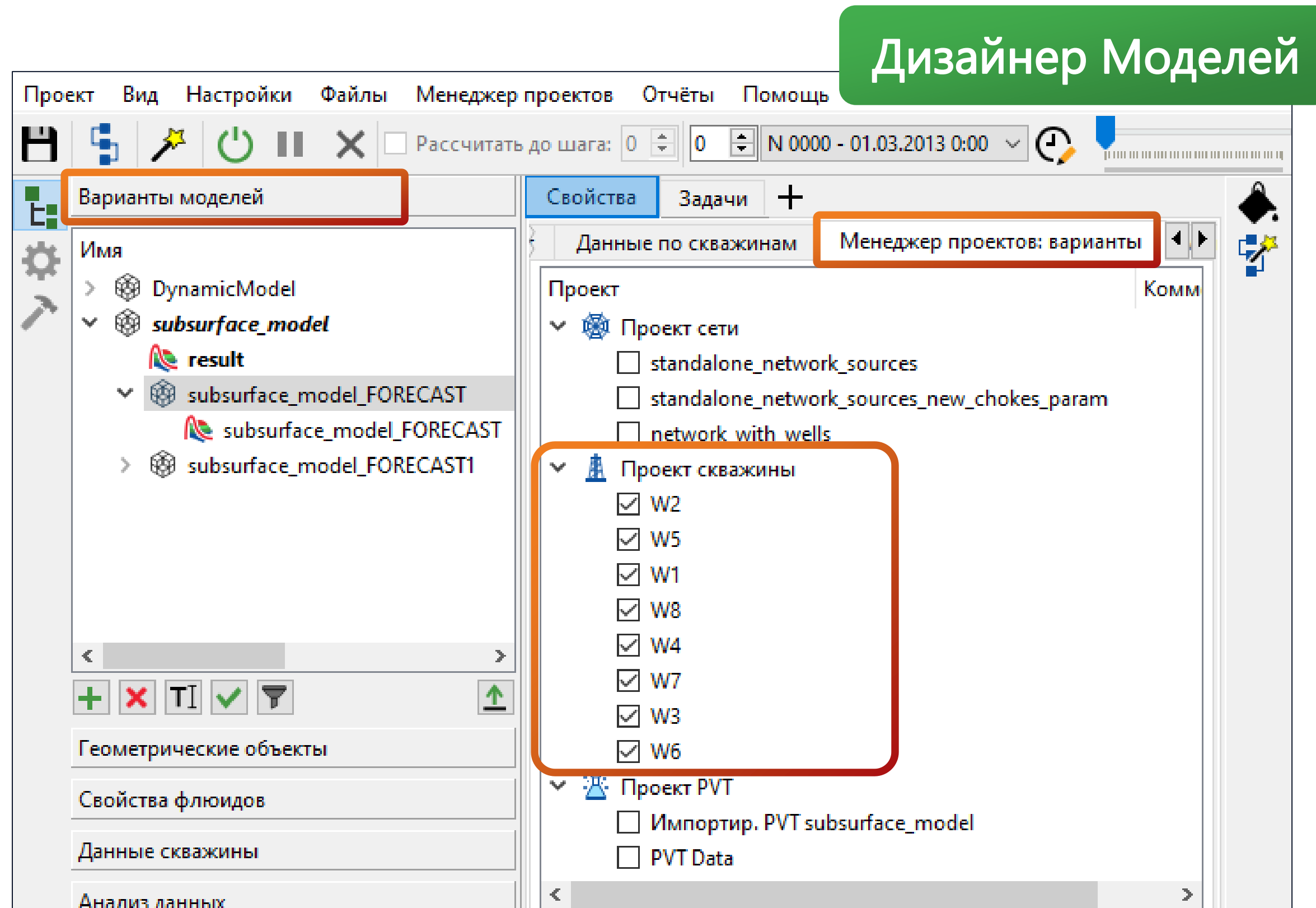
Создание интегрированной модели в Дизайнере Моделей



Конфигурирование вариантов интегрированной модели

- Интеграция с моделью пласта только проектов скважин:

Варианты моделей → Менеджер проектов: варианты



Конфигурирование вариантов интегрированной модели

- Интеграция с моделью пласта проекта сети, в который интегрированы проекты скважин:

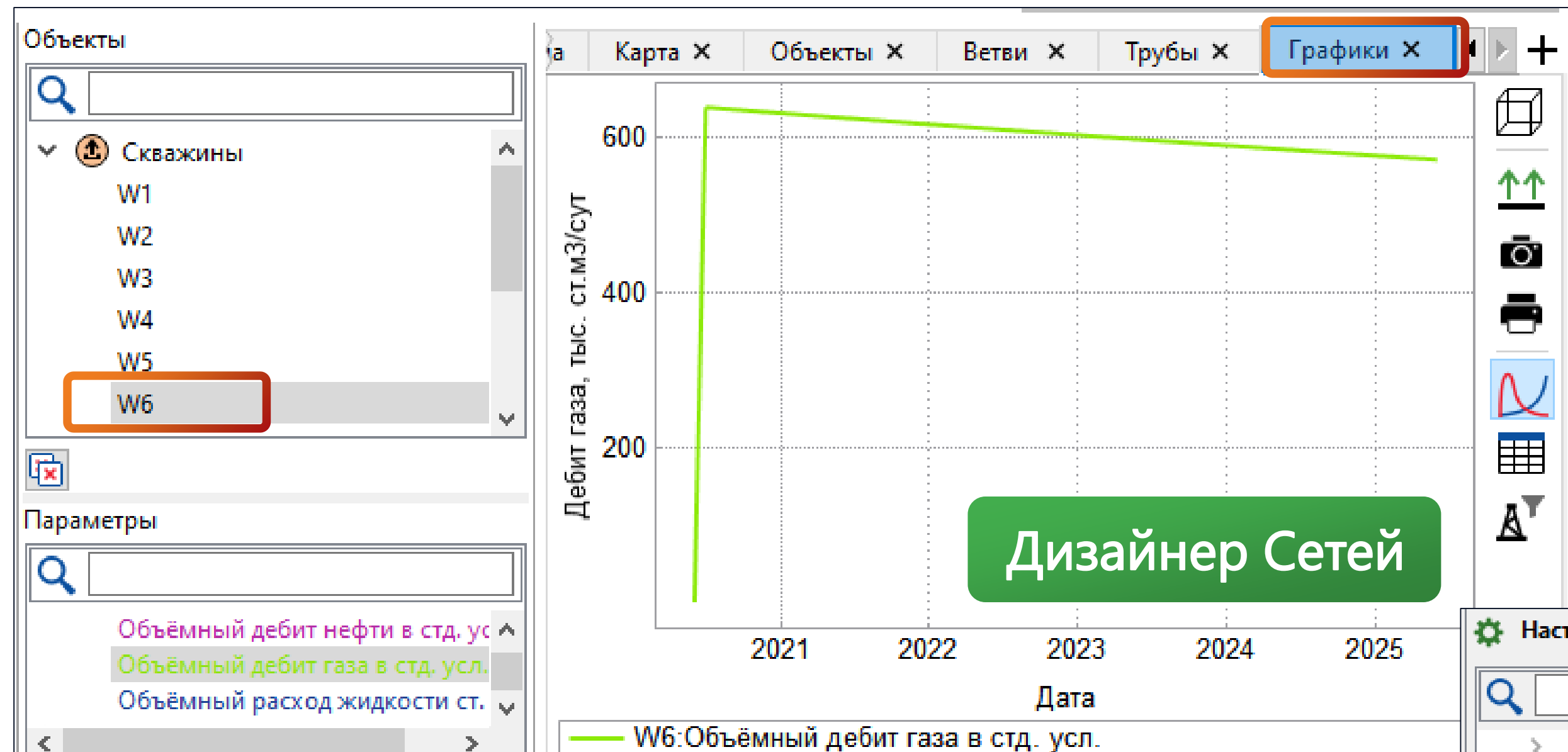
Варианты моделей → Менеджер проектов: варианты

- Подключение проектов скважин в проекте Дизайнера Сетей. Скважина → Режим объекта - Симулятор

The image displays two screenshots of a software interface. The left screenshot shows the 'Менеджер проектов: варианты' (Project Manager: variants) window, where the 'network_with_wells' project is selected under 'Проект скважины' (Well project). The right screenshot shows the 'Дизайнер Сетей' (Network Designer) window, where a network diagram is visible with wells W5, W6, W7, and W8. A pop-up window for well W5 is open, showing its configuration. The 'Режим объекта' (Object mode) is set to 'Симулятор' (Simulator). A green callout box at the bottom right states: 'Проекты скважин подключены в проект сети' (Well projects are connected to the network project).

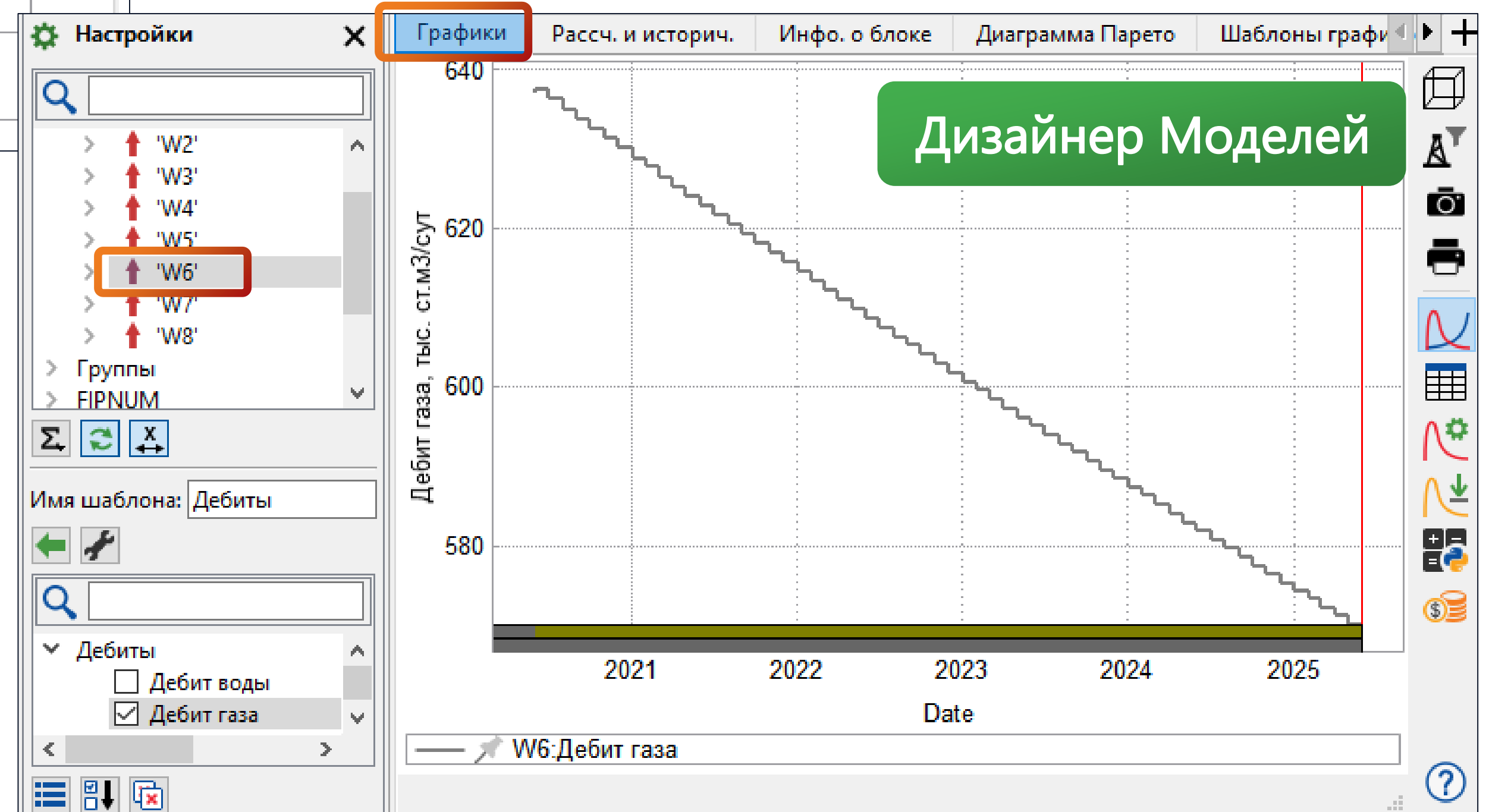
Скважина	
Имя	W5
Статус	Активный
Частота ЭЦН, Гц	
Кoeff. эксплуатации скважины	1
Режим объекта	Симулятор
Модель Reservoir Coupling	Не задано
VFP	W5: VFP 1

Общий интерфейс



Синхронизация визуализации:

- Дебиты
- Накопленные
- Давление
- и т.д.



Создание интегрированной модели: IMPORT_PROJECT

- Проекты поверхностной сети и проекты скважин импортируются в **Симулятор** с помощью ключевого слова **IMPORT_PROJECT**
- В кл. слове **IMPORT_PROJECT** указывается путь к проекту скважины и/или проекту поверхностной сети

```
integrated_model.DATA x
1 -----
2 RUNSPEC
3 -----
4
5 IMPORT_PROJECT
6 '../my_project.tnavproject' 'Вариант 1'/
7 /
8
9 TITLE
10 Integrated model
11
12 START
13 01 JAN 2020 /
14
```



The screenshot displays the TNavigator software interface. The top window, titled 'Симулятор', shows a 3D visualization of a geological model with a pressure distribution. The 'Менеджер проектов' (Project Manager) menu is highlighted, with the option 'Открыть дерево Менеджера проектов' (Open Project Manager tree) selected. The 'Свойства сетки' (Grid Properties) panel is visible, showing 'Основные настройки' (Main Settings) such as 'Пропорции по XY' (XY Proportions) and 'Масштаб по Z' (Z Scale). The bottom window, titled 'Проект сети' (Network Project), shows a schematic diagram of a network with various components like 'Добывающая' (Producer), 'Чокеры' (Chokes), 'Трубы' (Pipes), 'Узлы' (Nodes), '2-фазный сепаратор' (2-phase separator), and 'Компрессор' (Compressor). The 'Схема' (Scheme) tab is active, showing a detailed view of the network layout.

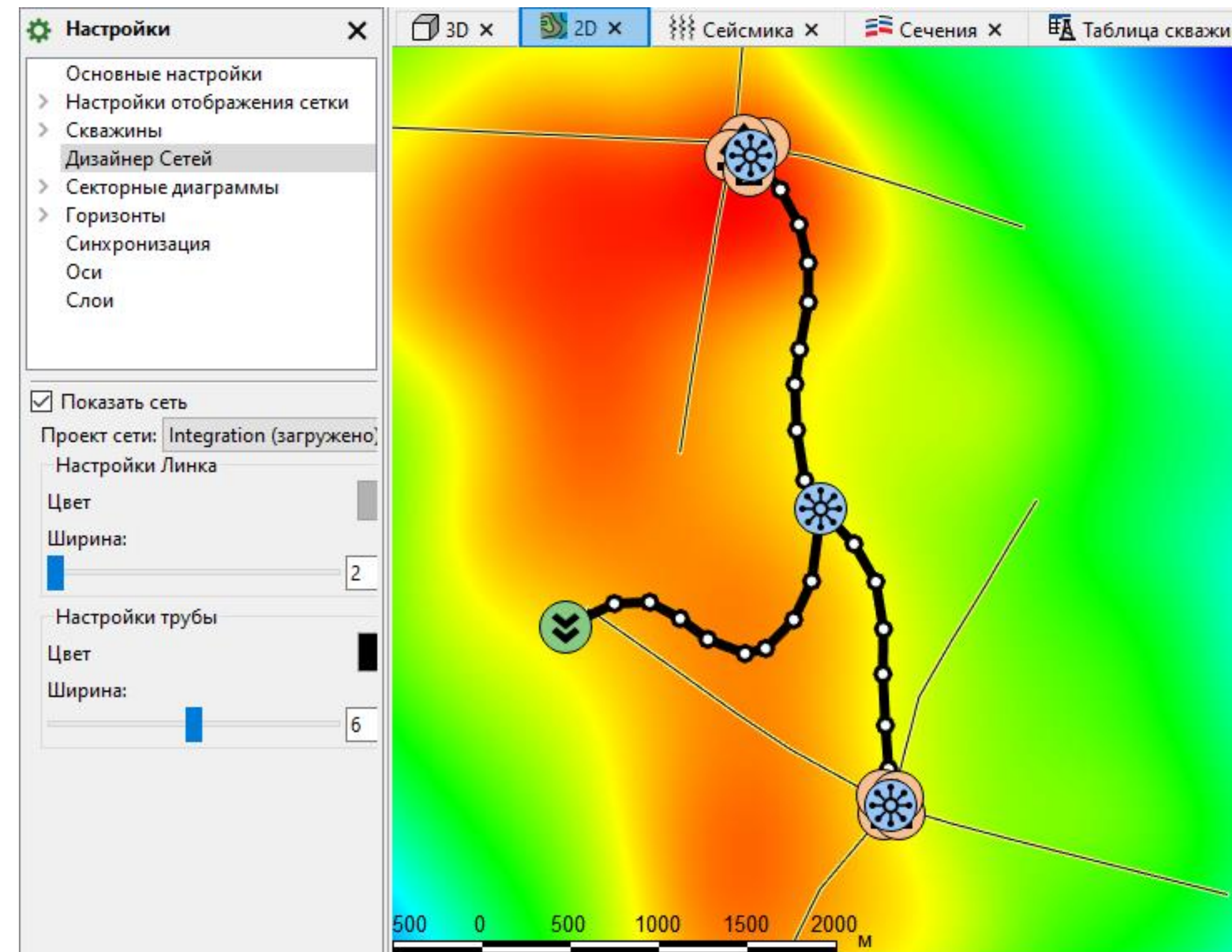
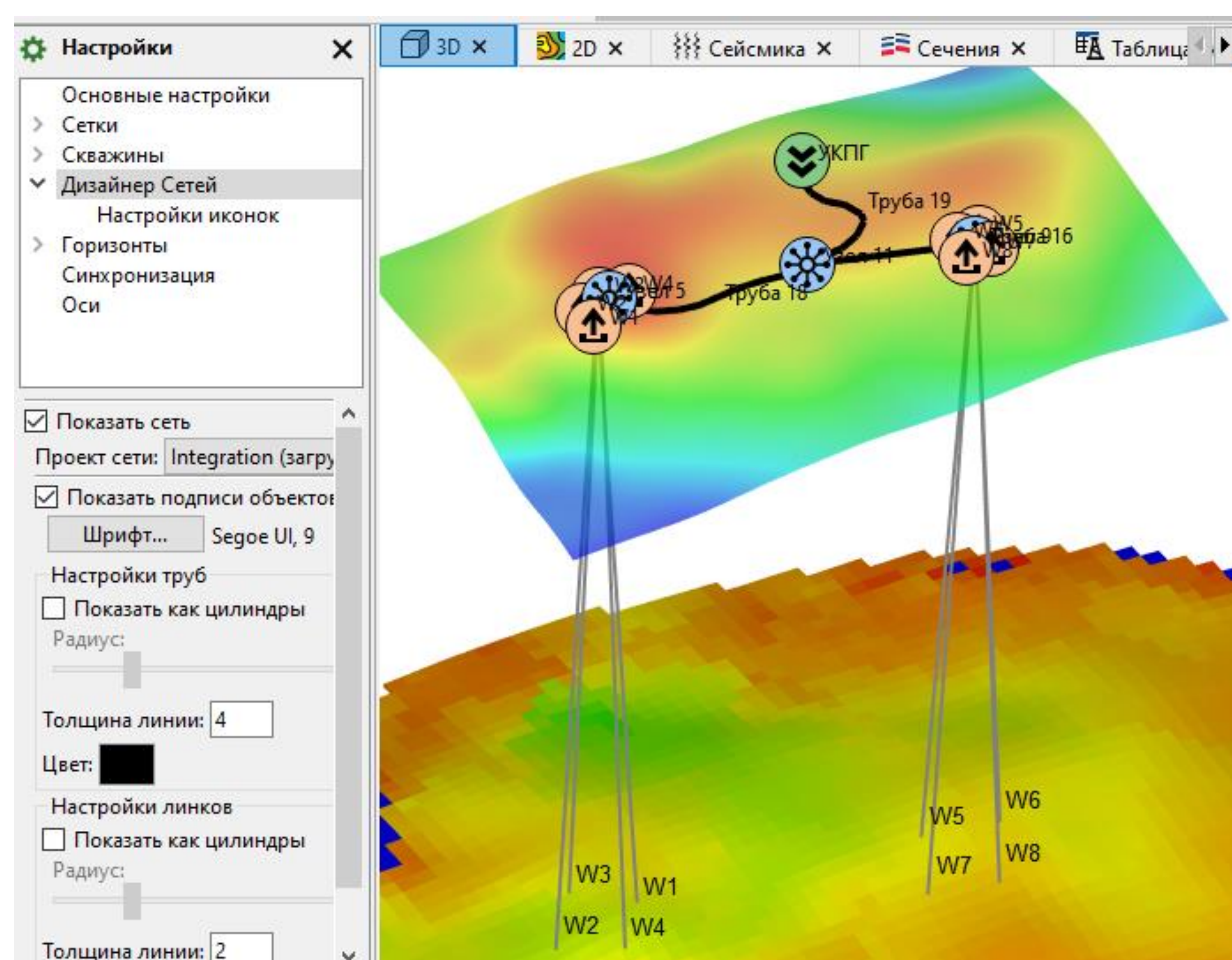
Режимы объекта Только Сеть vs. Симулятор

- Только Сеть – независимая модель поверхностной сети
- Симулятор – интегрированная модель, объединяющая модель пласта, модели скважин и модель поверхностной сети

Данные	Режим объекта	
	Симулятор (интегрированная модель)	Только Сеть
Модель PVT	Единая модель флюида для системы «пласт-скважина-сеть сбора»	Фазовый состав притока для источников. Задаются через Управление проектами → Выбор PVT для Дизайнера Сетей
Кривые IPR	Не задаются. Потенциал скважины определяется из ГДМ пласта	IPR кривые рассчитываются в Дизайнере Скважин. Задаются через Управление проектами → Выбор IPR для объектов сети
Кривые VFP	Не задаются. Скважина заменяется проектом скважины, созданным в Дизайнере Скважин	Рассчитываются/загружаются в Дизайнер Скважин. Задаются через Управление проектами → Выбор VFP для объектов сети

Визуализация поверхностной сети в Дизайнере Моделей

- Визуализация трубопровода на 3D и 2D



Проект сети на карте поверхности

- 2D визуализация объектов в соответствии с их реальными координатами на закладке Карта

Схема **Карта** X Объекты X Ветви X Трубы X Графики X +

Карта поверхности X

Схема Карта X Объекты X Ветви X Трубы X Графики X +

W2 W1 W3 W4
Штуцер 2 Штуцер 1 Штуцер 3 Штуцер 4
Труба 2 Труба 1 Труба 3 Труба 4
Узел 2 Труба 5 Узел 1 Труба 6 Узел 3 Труба 7 Узел 4
Труба 8
Узел 5 Труба 18
Узел 11 Труба 19 УКПГ

Узел 8 Труба 13 Узел 7 Труба 14 Узел 6 Труба 15 Узел 9
Труба 11 Труба 10 Труба 9 Труба 12
Штуцер 7 Штуцер 6 Штуцер 5 Штуцер 8
W7 W6 W5 W8

446e+07
448e+07
345e+07
452e+07
фут 2000 1500 1000 500 0 1000 0 1000 2000 3000 4000 фут
456e+07

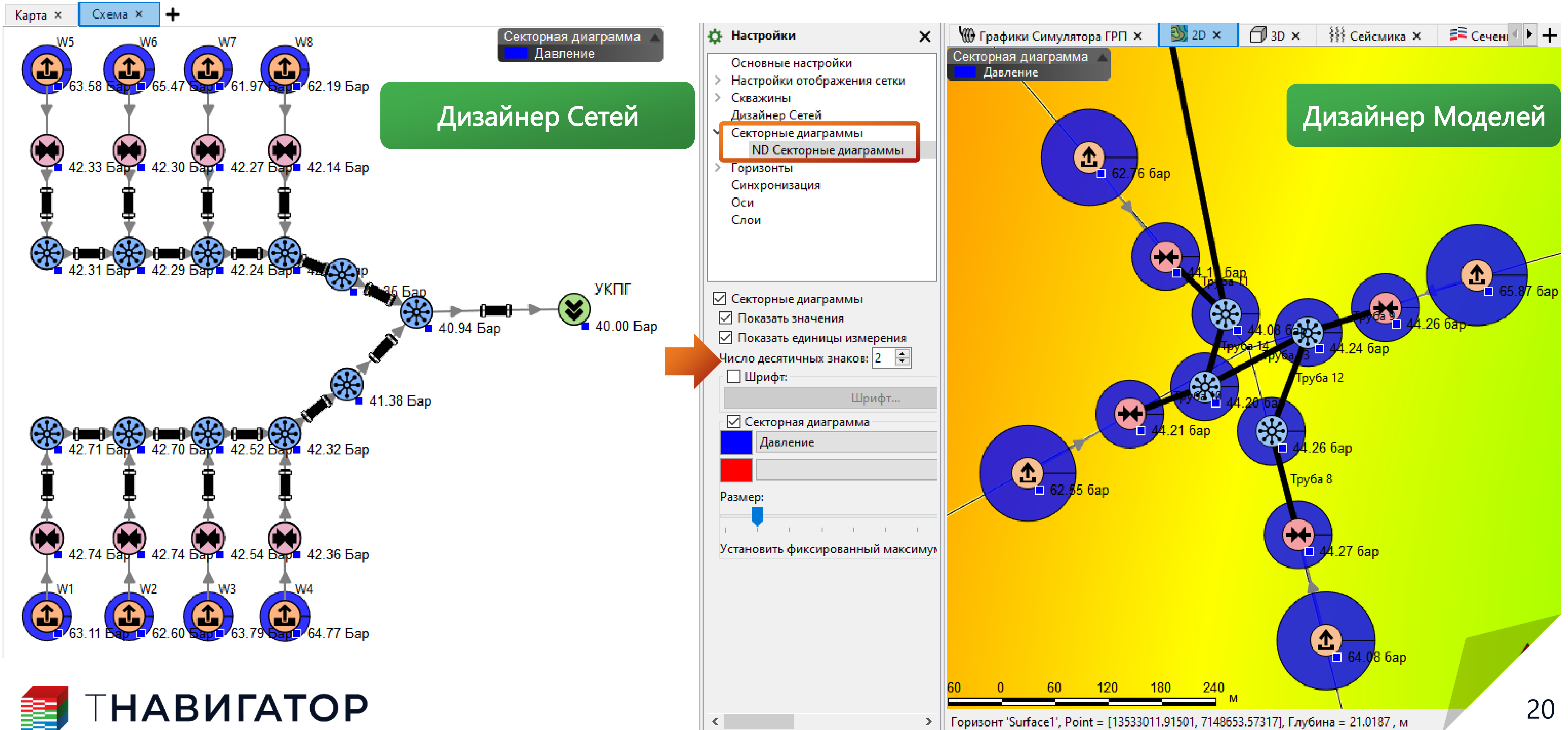
Редактор 3D координат

	Имя объекта	X, фут	Y, фут	Z, фут
6	W6	44397560,697394	23454432,768315	-45,677953
7	W7	44397561,203953	23454435,103701	-45,676137
8	W8	44397561,948893	23454433,613029	-45,691403
9	Штуцер 1	44394655,797832	23442090,849664	-8,921716
10	Штуцер 2	44394667,03583	23442082,409108	-9,036015
11	Штуцер 3	44394626,806953	23442150,101029	-8,105334
12	Штуцер 4	44394666,639552	23442157,785256	-7,987559
13	Узел 1	44394656,66844	23442110,881573	-8,642794
14	Узел 2	44394669,106227	23442108,765179	-8,668802
15	Узел 3	44394635,219604	23442151,093067	-8,089233
16	Узел 4	44394662,633501	23442133,738633	-8,323173
17	Узел 5	44394743,785215	23442216,366242	-7,151941
18	Штуцер 5	44397561,436995	23454429,320849	-45,700277
19	Штуцер 6	44397560,319585	23454430,960589	-45,679544
20	Штуцер 7	44397560,602662	23454434,886025	-45,668991
21	Штуцер 8	44397562,137239	23454431,209034	-45,702649
22	Узел 6	44397561,317805	23454426,886085	-45,70757
23	Узел 7	44397560,021609	23454428,277379	-45,685376
24	Узел 8	44397559,976913	23454434,538202	-45,661995
25	Узел 9	44397562,718292	23454427,631421	-45,723361
26	Узел 10	44397554,701168	23454354,051881	-45,884744
27	Узел 11	44396261,884452	23448950,170676	-43,580991
28	УКПГ	44391565,910345	23451131,189662	-40,358658

Закрывать

Визуализация результатов в Дизайнере Моделей

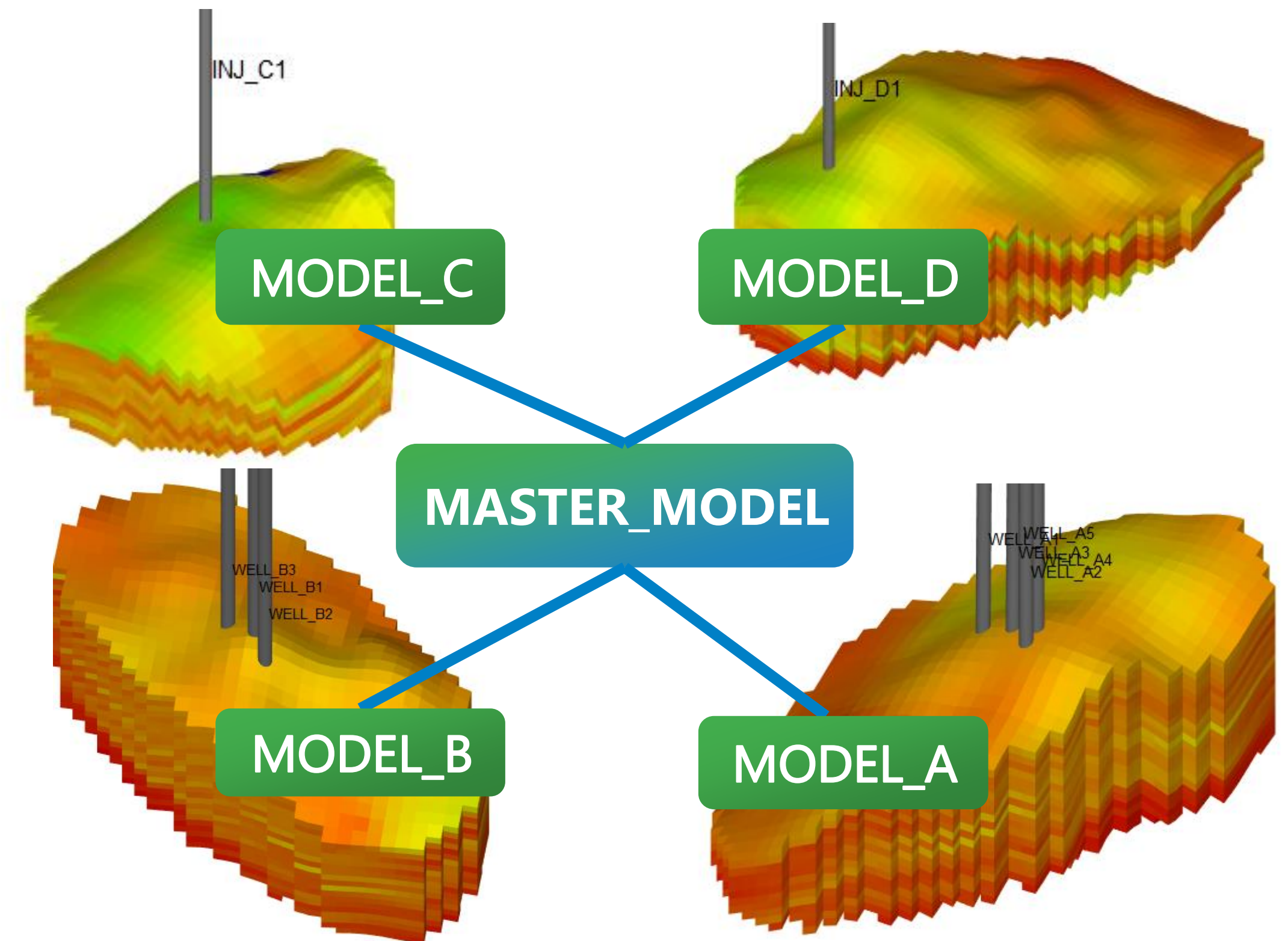
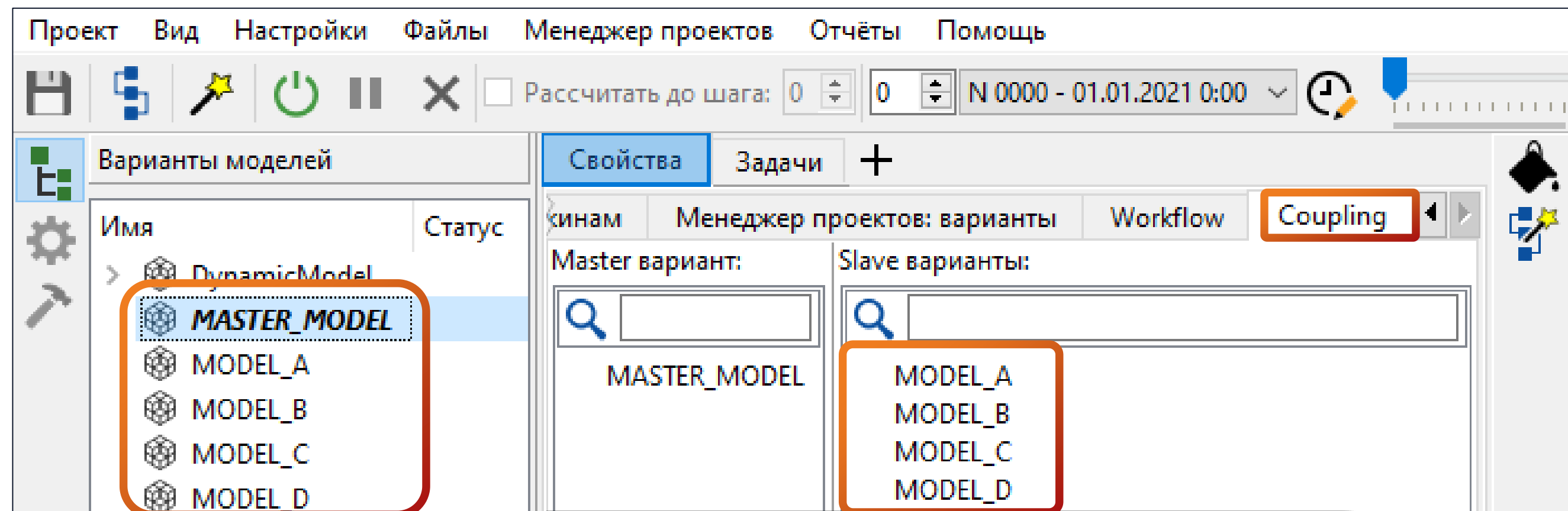
- Визуализация результатов расчета поверхностной сети сбора на 2D в виде секторных диаграмм



Объединение нескольких моделей

- Полностью неявный «Coupling» нескольких моделей пласта под управлением единой сети сбора

Дизайнер Моделей



Reservoir Coupling. Создание каталога

- Каталог подчиненных моделей (кнопка **Открыть каталог моделей Reservoir Coupling**) - для "связывания" модели и ей принадлежащей скважины через настройки объекта **Скважина**

The screenshot displays the 'Дизайнер Моделей' (Model Designer) interface. The main window shows a complex network diagram of a reservoir system with various components like pumps, valves, and pipes. The 'Менеджер проектов' (Project Manager) tab is active, showing a list of models including 'MASTER_MODEL', 'MODEL_A', 'MODEL_B', 'MODEL_C', and 'MODEL_D'. The 'Coupling' tab is selected, showing the 'Master варианты' (Master variants) and 'Slave варианты' (Slave variants) sections.

An orange arrow points from the 'Открыть Менеджер проектов' button in the top menu to the 'Каталог моделей Reservoir Coupling' dialog box. The dialog box has a checked option 'Задать имена пластов' (Assign layer names) and a table with the following data:

Имя модели
1 Master model
2 MODEL_A
3 MODEL_B
4 MODEL_C
5 MODEL_D

The dialog box also includes a text input field with the placeholder 'Пишите или копируйте текст сюда' (Write or copy text here) and an 'OK' button.

Reservoir Coupling. Выбор подчинённой модели

- Подчиненная модель “связывается” с ей принадлежащей скважиной через настройки объекта **Скважина**

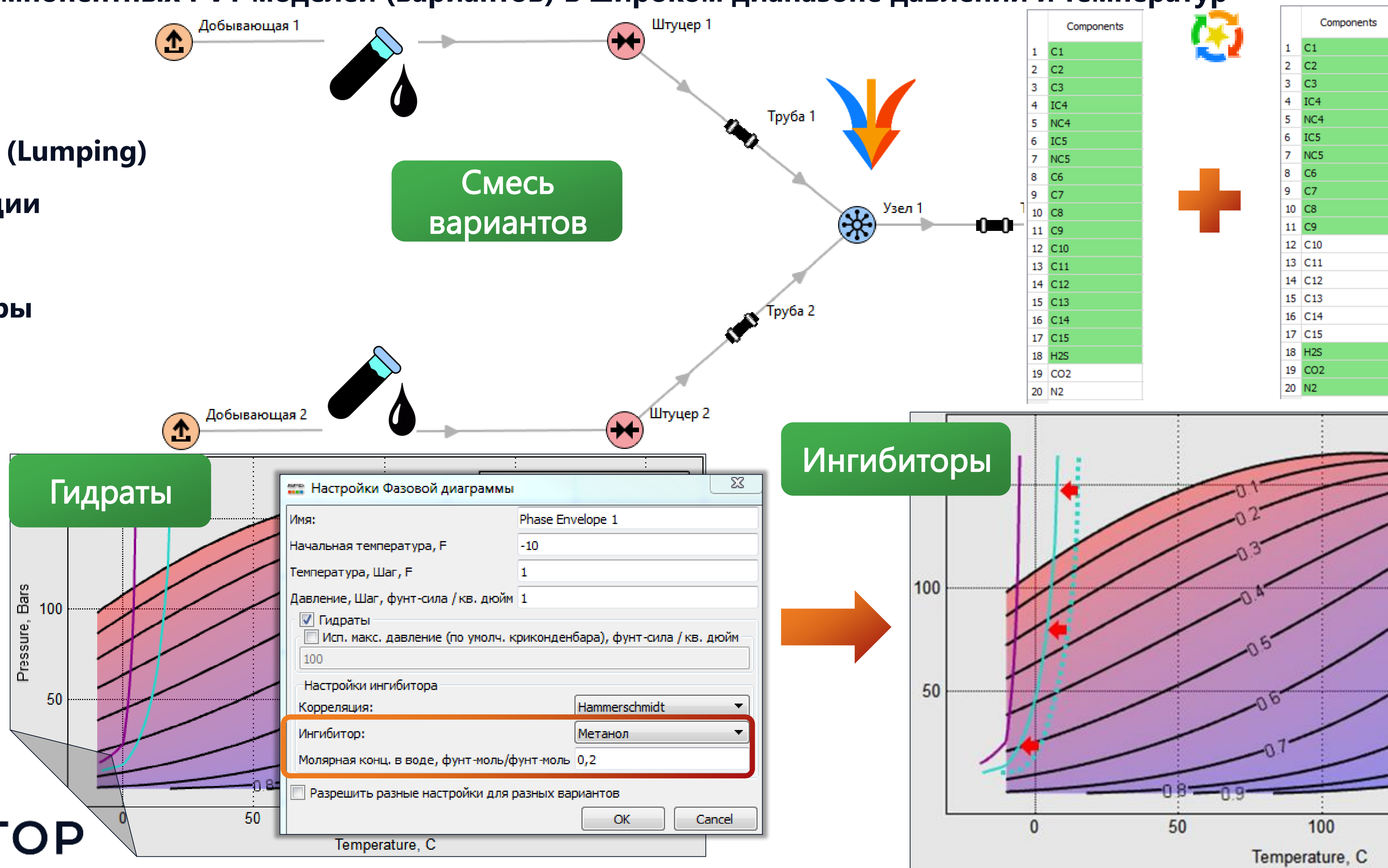
The image shows a software interface for configuring a well. On the left, a dialog box titled "Каталог моделей Reservoir Coupling" is open, showing a list of models. The "MODEL_B" entry is highlighted with a red box. An orange arrow points from this dialog to the main software window. In the main window, a "Well_B2" configuration window is open, showing a table of well parameters. The "Модель Reservoir Coupling" field is highlighted with a red box, and a dropdown menu is open, showing "MODEL_B" selected. The background shows a schematic diagram of a well system with various components like pumps, pipes, and separators.

Скважина	
Имя	Добывающая 7
Статус	Активный
Частота ЭЦН, Гц	
Козфф. эксплуатации скважины	1
Режим объекта	Симулятор
Модель Reservoir Coupling	MODEL_B
VFP	Не задано
	MODEL_A
	MODEL_B
	MODEL_C
	MODEL_D
	Master model

Смешение разных вариантов флюида в сети

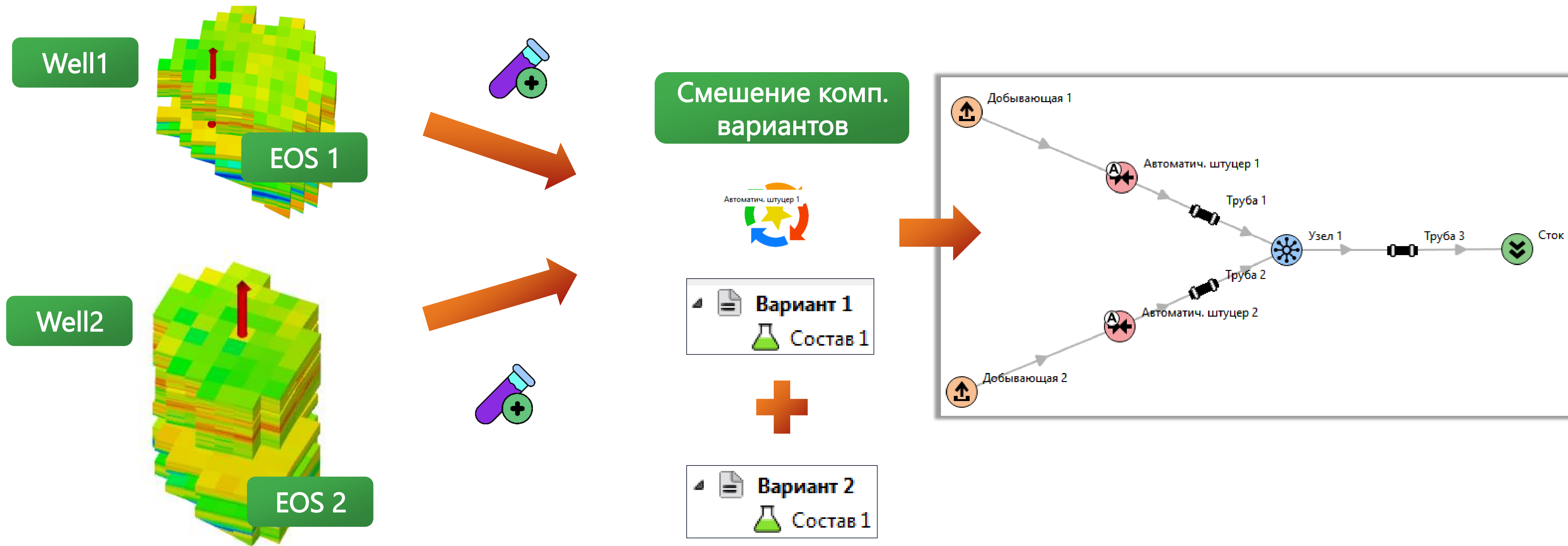
- Для модели поверхностной сети строится общая композиционная модель флюида для произвольного количества различных многокомпонентных PVT моделей (вариантов) в широком диапазоне давлений и температур

- Смесь вариантов
- Псевдокомпоненты (Lumping)
- Разбиение на фракции
- Удаление примесей
- Гидраты /Ингибиторы



Объединение композиционных вариантов

- Поддержано использование объединения композиционных вариантов (EOS blend) в интегрированной модели пласт-поверхность. Если в модели заданы несколько регионов уравнения состояния EOS, то в функцию EOS blend передаются данные для объединения, далее полученный флюид используется для расчета поверхностной сети



Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы и видеоуроки доступны на сайте:

irmodel.ru

Остались вопросы?

Обратиться в техническую поддержку:

tnavigator@irmodel.ru

