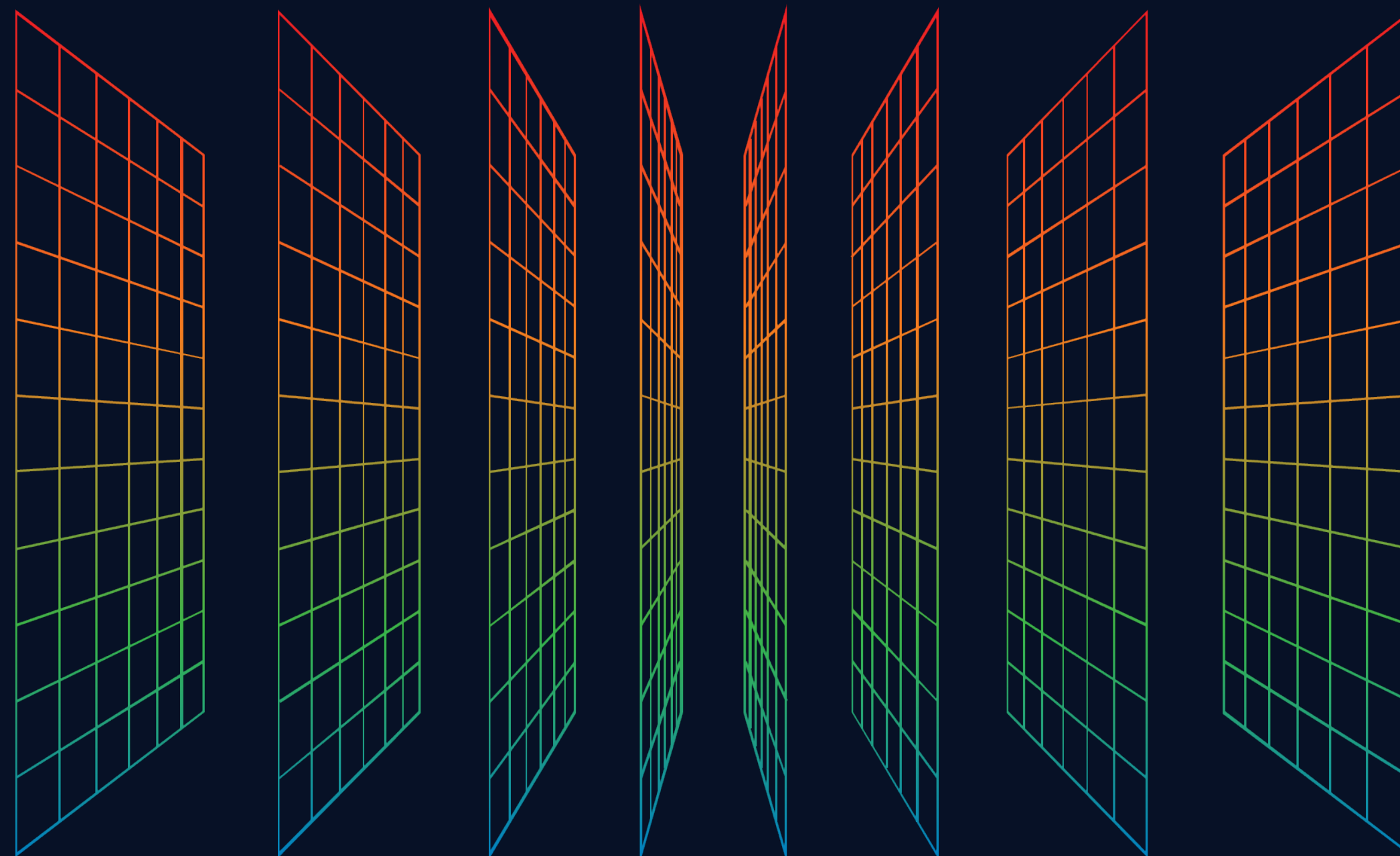


# Модуль МатБаланс



**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.

# Содержание

---

- **Определение Уравнения Материального Баланса (УМБ)**
- **Развитие методологической основы**
- **Обобщенная концепция рабочего процесса**
- **Полномасштабная модель и модель МБ**
- **Переход от полномасштабной модели к моделям МатБаланс**

## **Введение. Определение уравнения матбаланса**

# Определение Уравнения Материального Баланса (УМБ)

**Материальный баланс (МБ)** является одним из основных методов интерпретации и прогноза работы пласта, и простейшей формой динамической модели, который позволяет определить:

- режим разработки
- начальные запасы нефти и газа
- параметры поведения пласта в процессе разработки
- значение КИН

**Материальный баланс** – концепция, в основе которой лежит закон сохранения массы, согласно которому извлеченный объем равен сумме изменения первоначального и привнесенного объемов в пласте

Начальные запасы

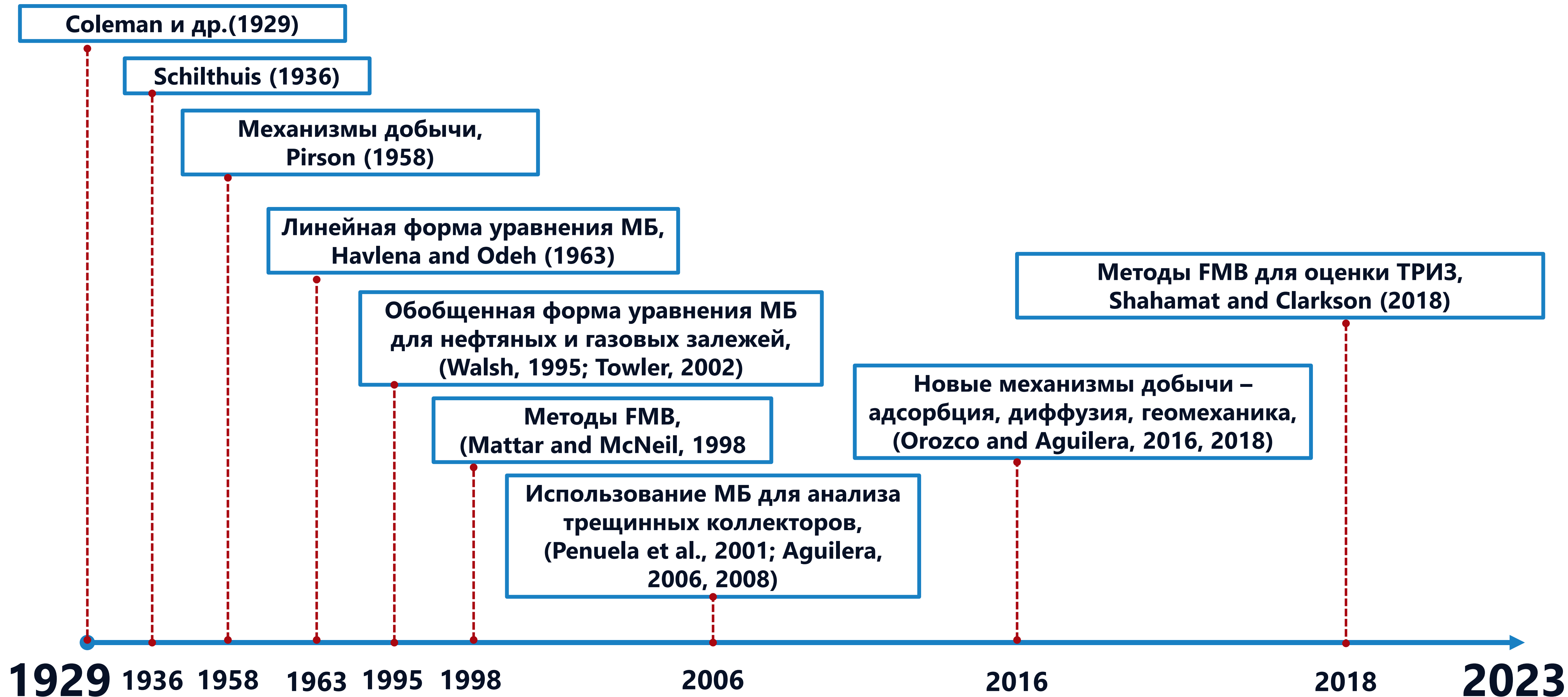


Добытые запасы



Остаточные запасы

# Развитие методологической основы



1929 1936 1958 1963 1995 1998 2006 2016 2018 2023

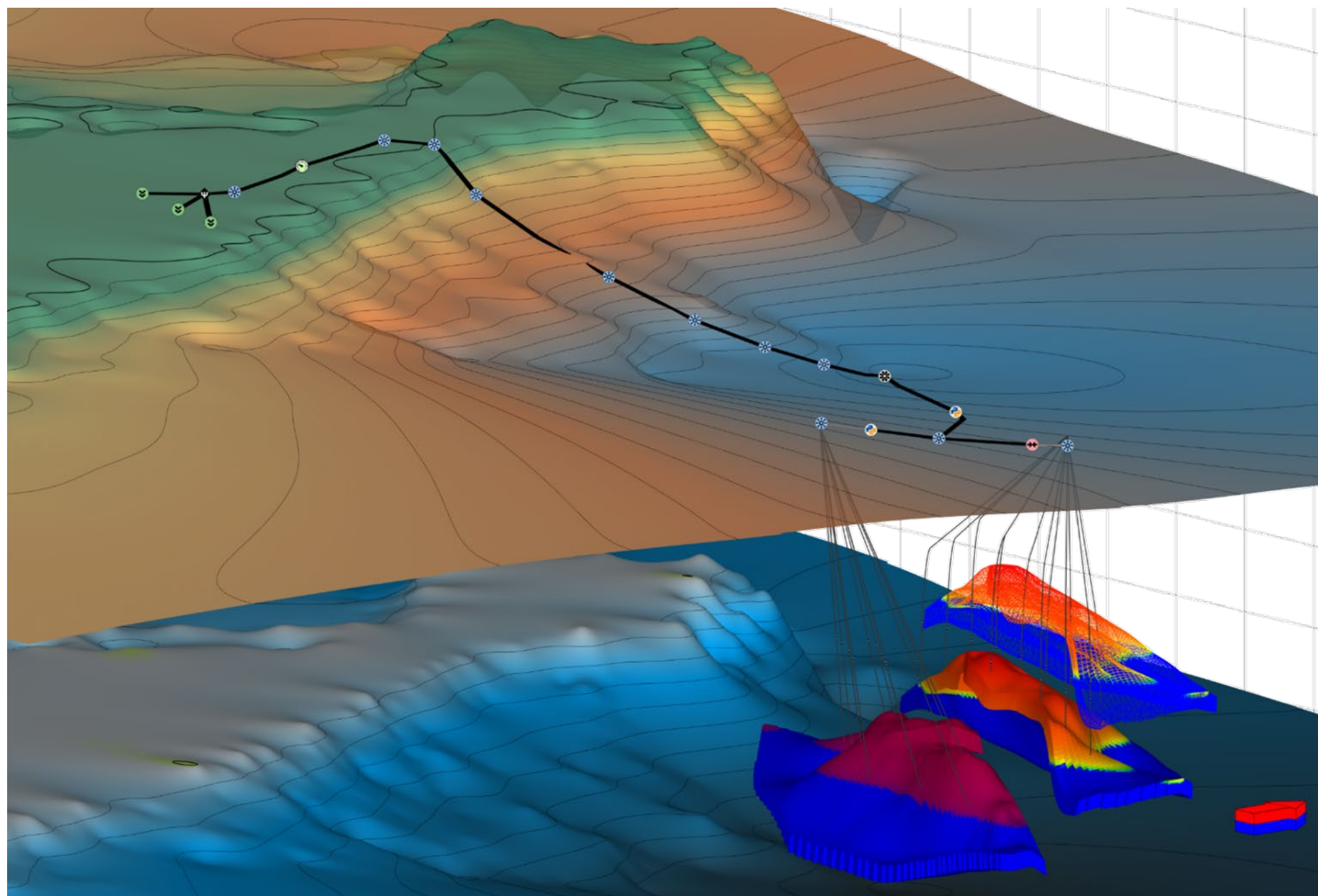
# Обобщенная концепция рабочего процесса



# Полномасштабная модель и модель МБ

## Полномасштабная модель пласта

- Детальная физическая модель
- Учет всех геологических особенностей пласта
- Время счета напрямую зависит от размера и сложности модели



## Модель материального баланса

- Упрощенная физическая модель на основе УМБ
- Упрощенная модель пласта без учета геологических особенностей
- Минимальное время счета

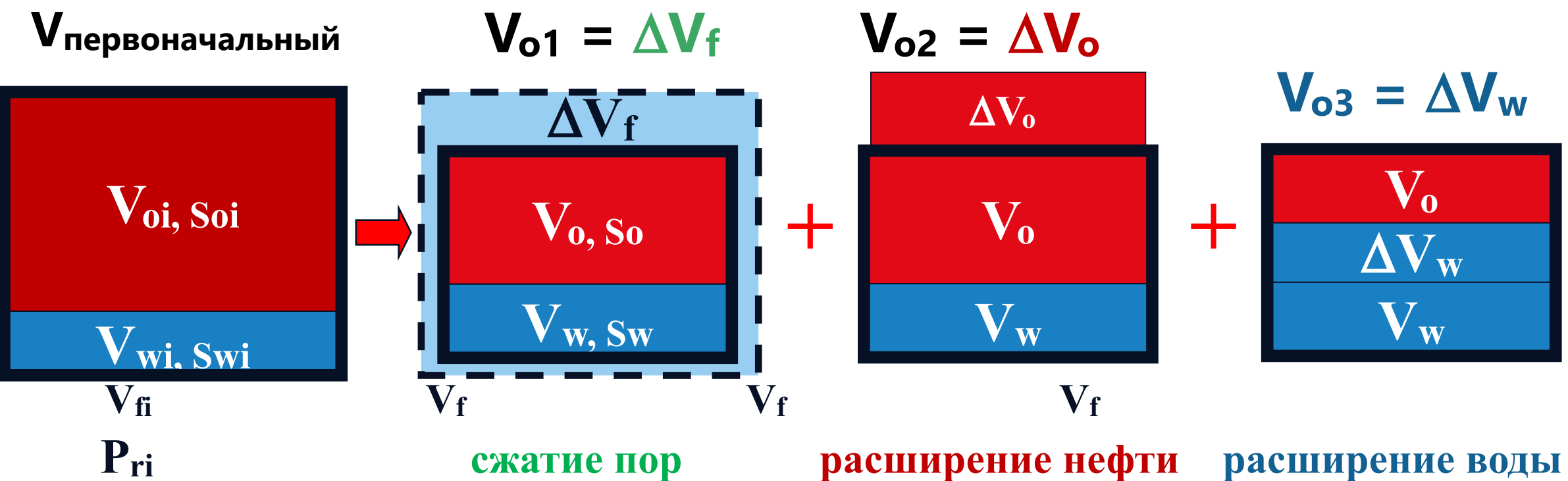
Начальные запасы



Добытые запасы



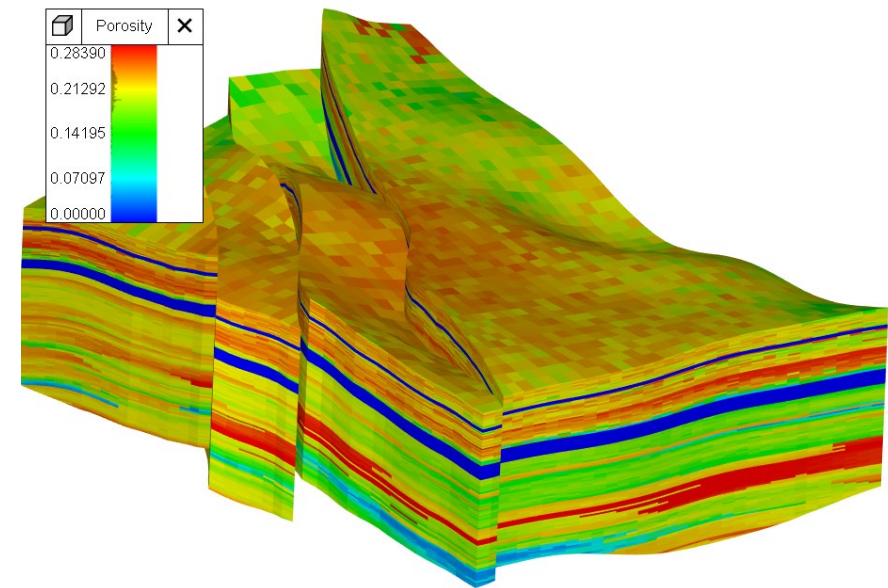
Остаточные запасы



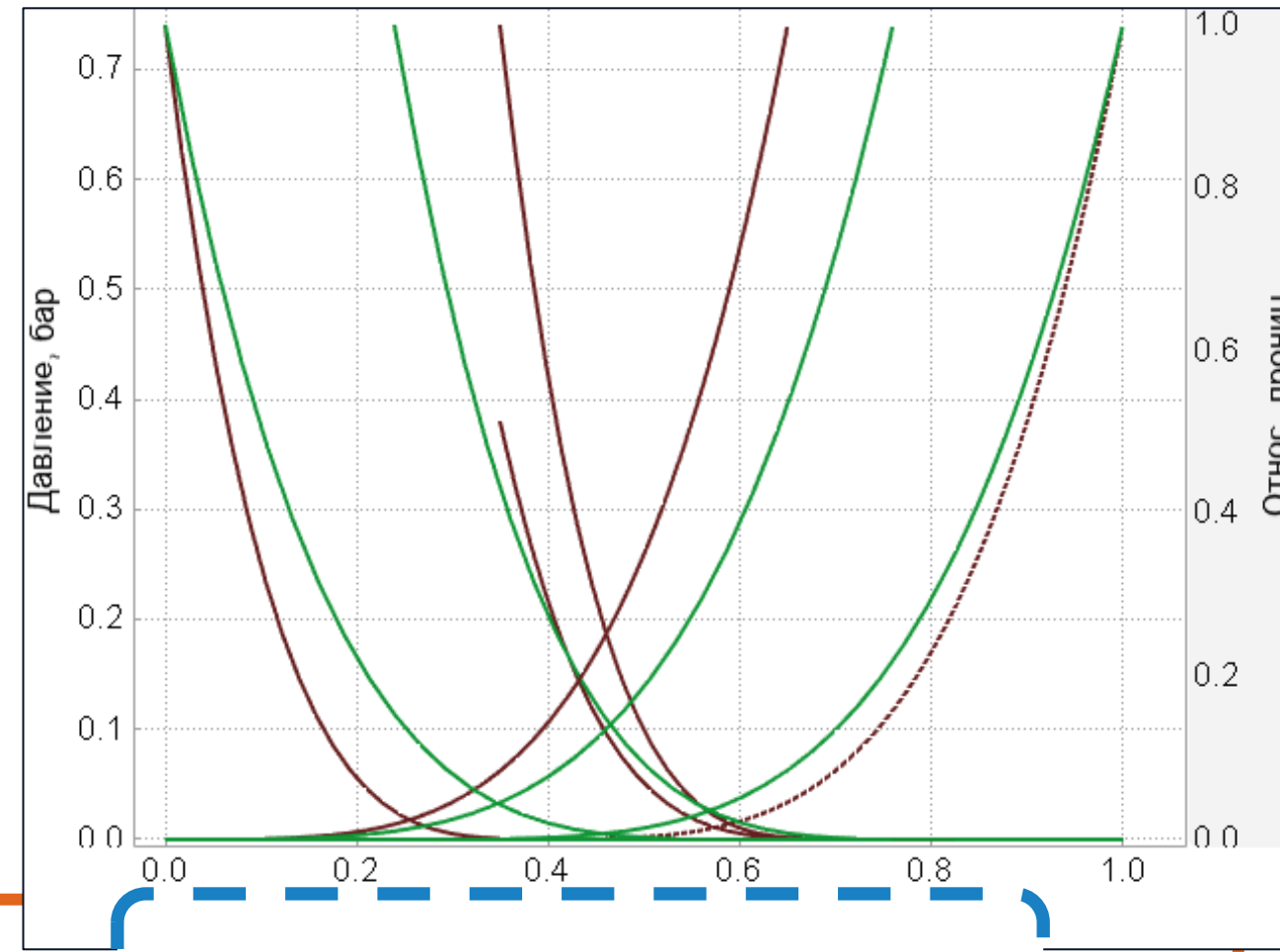
Модель материального баланса (МБ) может быть представлена в виде простейшей гидродинамической модели, состоящей из 1 ячейки, и также любое гидродинамическое моделирование должно поддерживаться проверкой с использованием материального баланса!

# Переход от полномасштабной модели к моделям МатБаланс

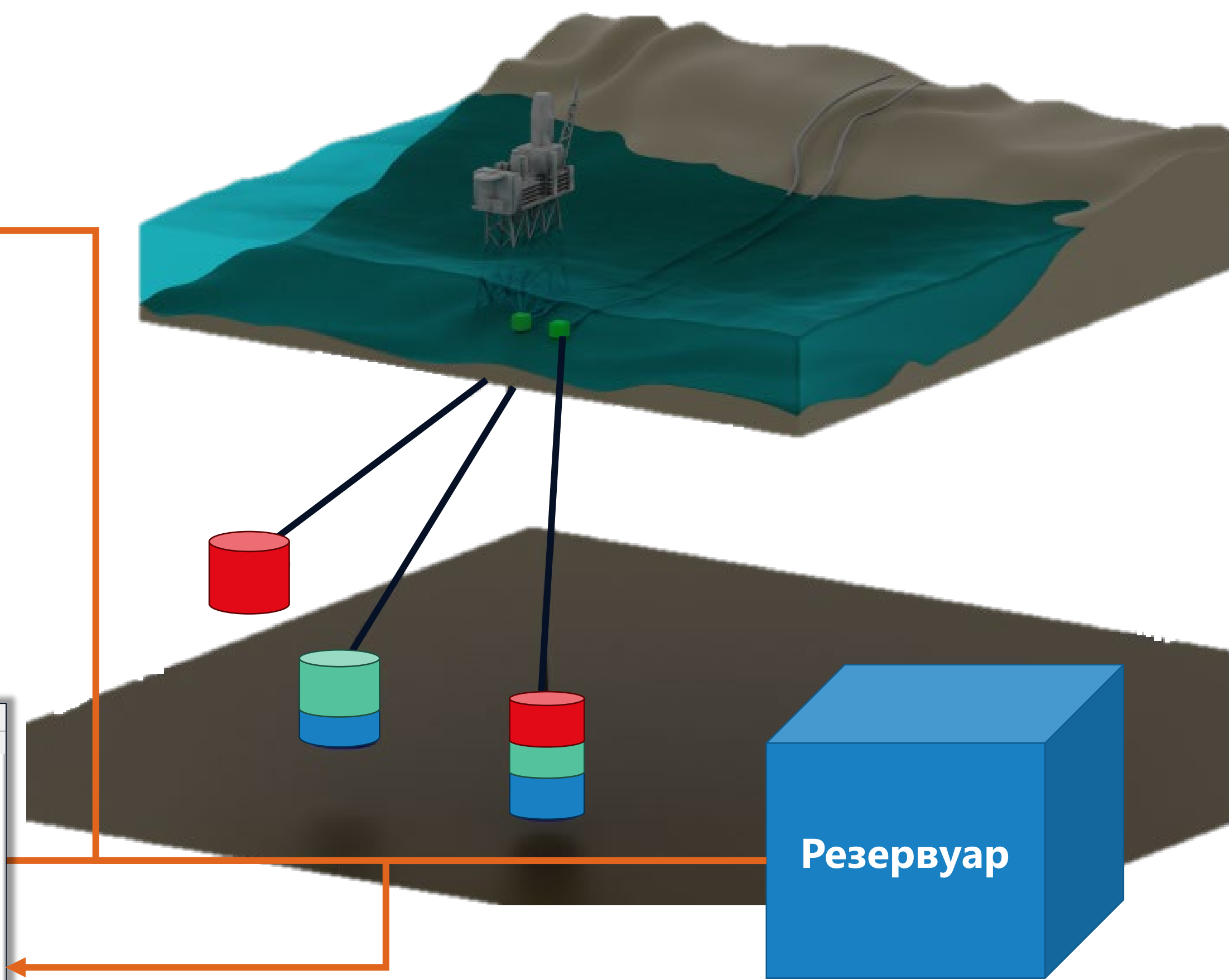
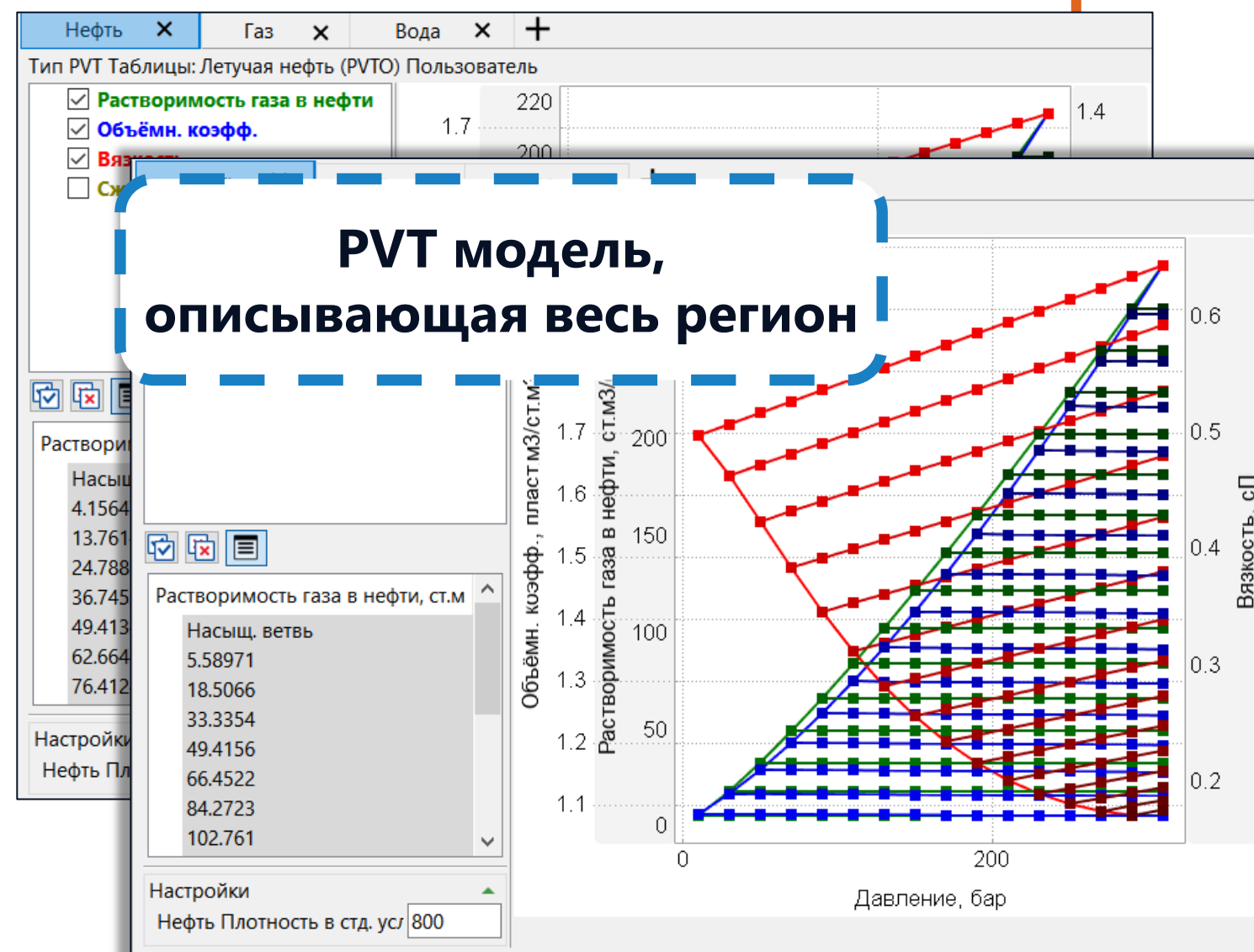
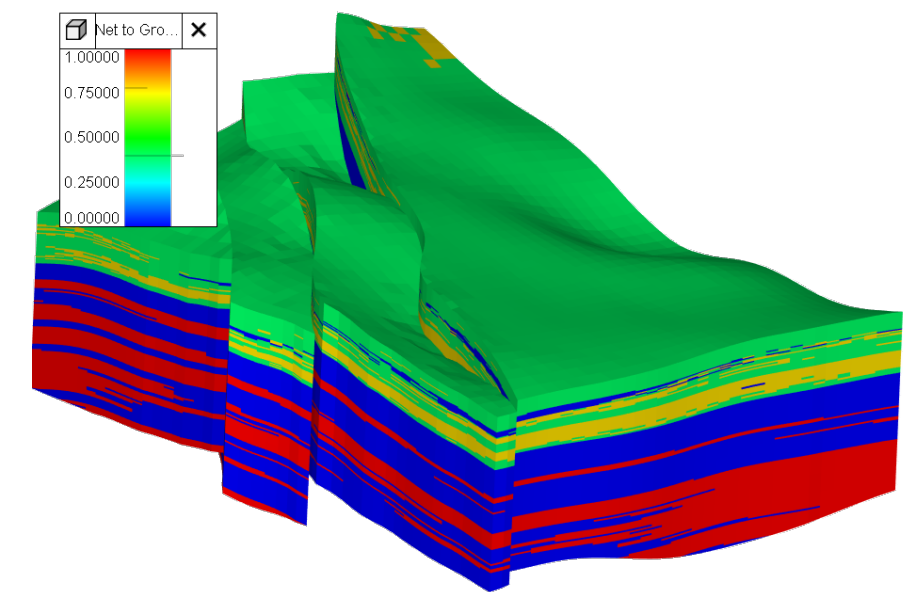
Для свойств полномасштабной модели проводится процедура осреднения в зависимости от типа параметра



Средн. значения геологических свойств



Обобщ. зависимость ОФП





# Содержание

---


- **Модуль МатБаланс**
- **Ключевые преимущества**
- **Обзор функциональности**
- **Модель МатБаланса**

## Модуль МатБаланс




















# Модуль МатБаланс

тНавигатор [v23.2-4241-gfd38dccc2c39] — □ ×

Проект Дизайнеры Моделирование Настройки Лицензии Помощь

Параллельность: Все ядра = 12  Использовать GPU 

## тНАВИГАТОР

 <b>Геология</b> Геологическое моделирование	 <b>Модель</b> Создание, расчёт и анализ динамических моделей и	 <b>Расчёт</b> Расчёт моделей чёрной нефти, композиционных, термических и
 <b>Сейсмика</b> Работа с сейсмическими данными	 <b>PVT Дизайнер</b> Работа с моделью флюида	 <b>Результаты</b> Просмотр результатов расчёта моделей
 <b>Геостиринг</b> Сопровождение бурения	 <b>Дизайнер ОФП</b> Фильтрационные исследования	 <b>Адаптация</b> Автоматизированная адаптация, оптимизация и анализ
 <b>Скважина</b> Модель скважины	 <b>МатБаланс</b> Анализ материального баланса	 <b>Трещина</b> Моделирование трещин гидроразрыва пласта
 <b>Дизайнер Сетей</b> Моделирование поверхностных сетей	 <b>Очередь Задач</b> Управление очередью заданий	 <b>Кластер</b> Расчёты на кластере
 <b>Лицензии</b> Состояние и установка	 <b>Документация</b> Техническое описание	 <b>Эксперт</b> Интерактивный справочник и новости 

# Ключевые преимущества

## ● Унификация

- Полная физическая модель, используемая также в Симуляторе
- Конвертация проекта Дизайнера Моделей **в режиме одной кнопки**
- Поддержка различных форматов исходных данных

## ● Интеграция

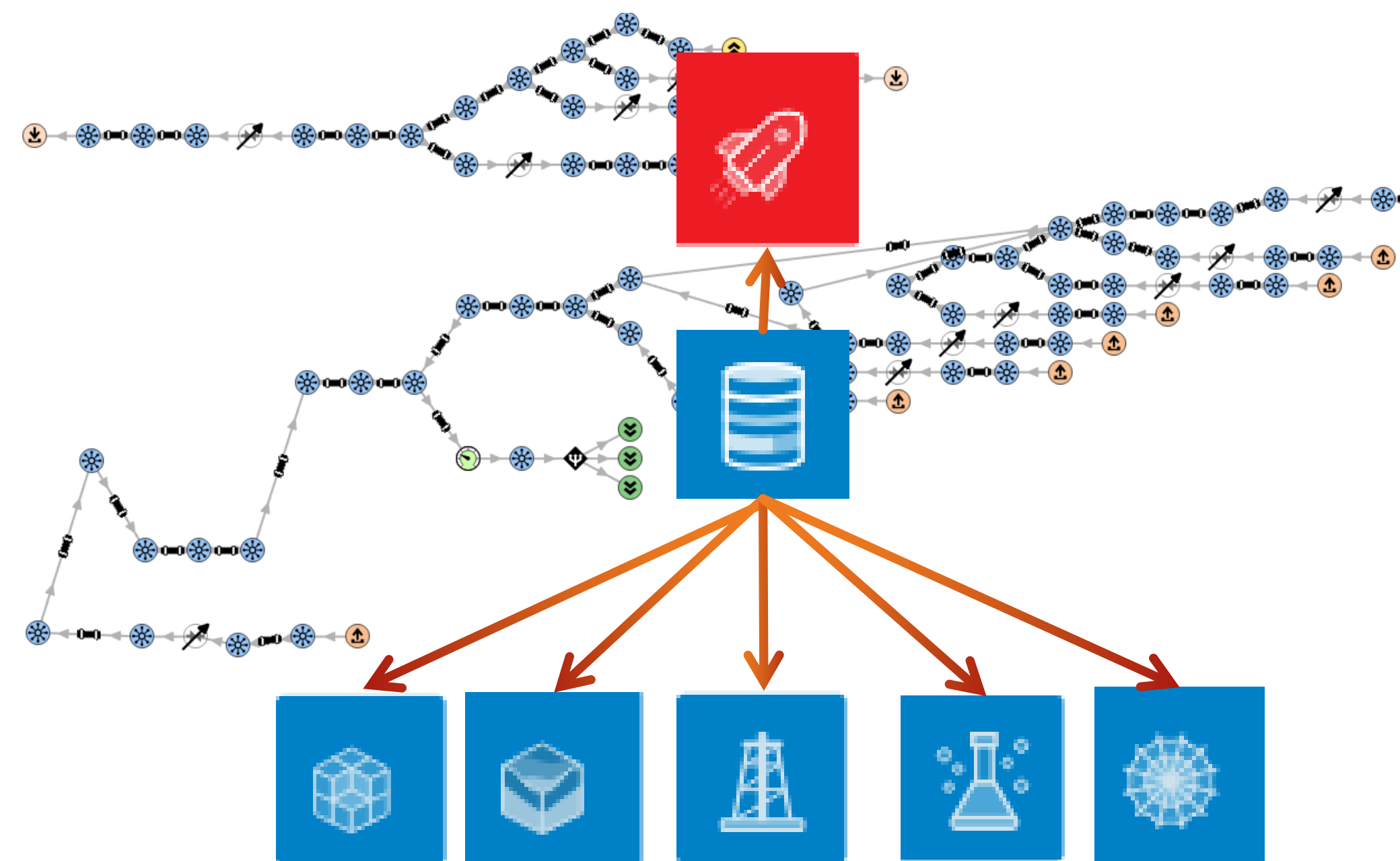
- Модуль МатБаланс полностью интегрирован с другими модулями тНавигатор: Дизайнер Моделей, PVT Дизайнер, Дизайнер ОФП, Дизайнер Сетей и Дизайнер Скважин
- Работа с Workflow

## ● Интерактивный интерфейс

- Инструменты автоматизации создания и модификации проектов

## ● Скорость

- Время расчета, сопоставимое с классическим подходом (решение уравнения материального баланса)
- Быстрый и эффективный отклик на действия пользователя



МатБаланс используется в качестве модели пласта при интеграции с Дизайнером Сетей для создания интегрированной модели пласт-поверхность

# Обзор функциональности

Модуль МатБаланс позволяет:

- загружать и редактировать данные истории разработки месторождения;
- производить адаптацию модели пласта месторождения к истории разработки и контроль качества адаптированных данных;
- производить расчет прогнозных показателей разработки месторождения;
- анализировать эффективность разработки месторождения

The screenshot displays the 'МатБаланс' (Material Balance) module interface. At the top, there is a schematic diagram of a reservoir with four wells (Скважина1-4) and their respective reservoirs (Резервуар1-4) and aquifers (Аквифер1-4). The interface includes several panels:

- Свойства** (Properties) panel: Shows 'Продуктивные пласты' (Productive layers) and 'Проводимость, сП.пласт.м3/сут/бар' (Permeability, cP.lam.m3/day/bar).
- Зависимости** (Dependencies) table:

	Проект PVT	Тип флюида	Проект ОФП
Резервуар1	Вариант 1 (P...)	Пользователь	Variant 1 (RP ...)
Резервуар2	Вариант 1 (P...)	Пользователь	Variant 1 (RP ...)

- Резервуар** (Reservoir) table:

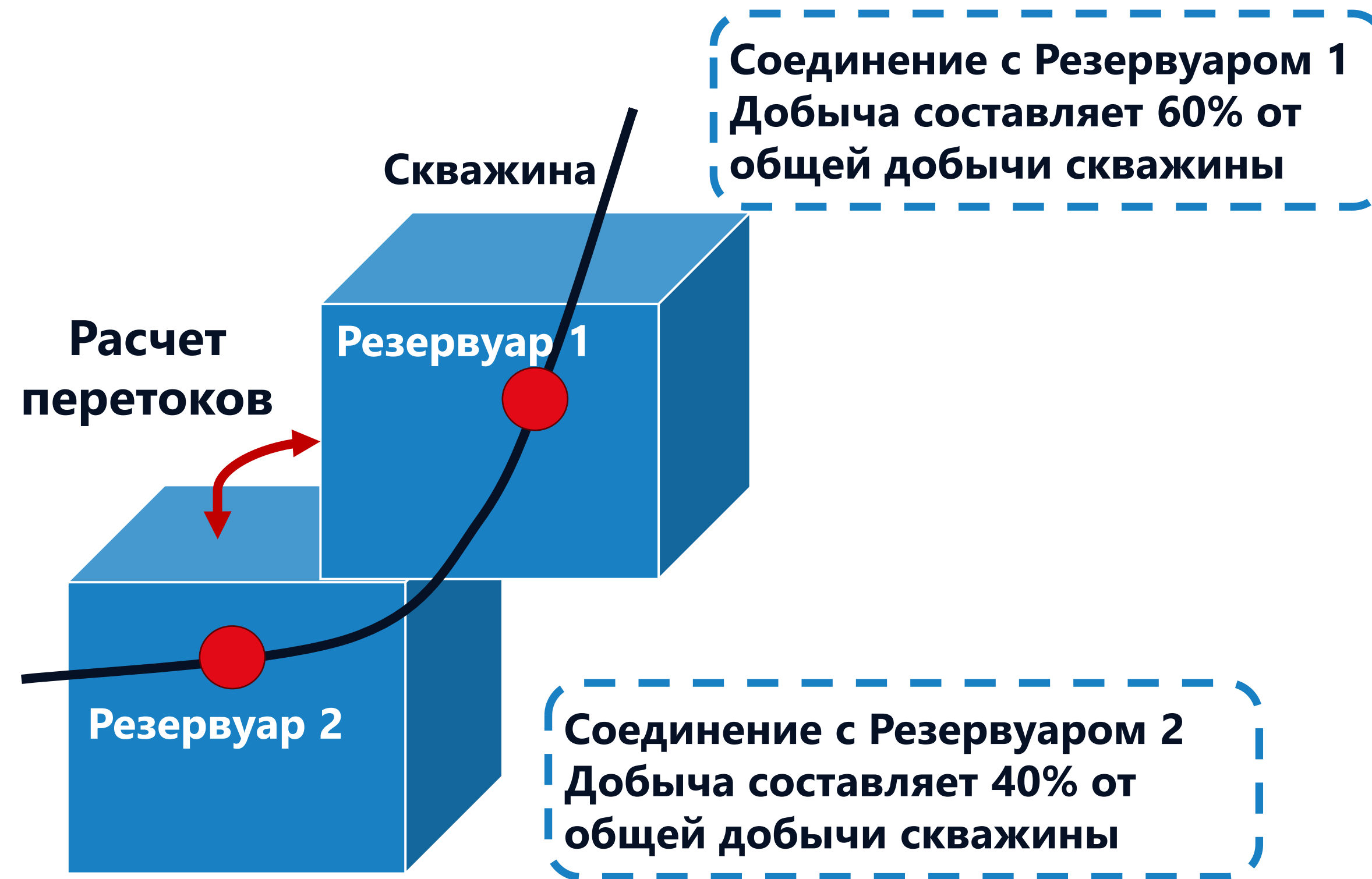
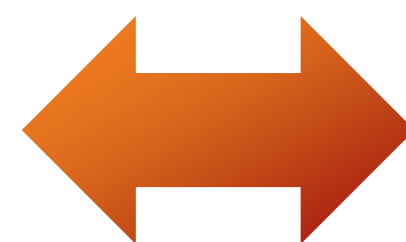
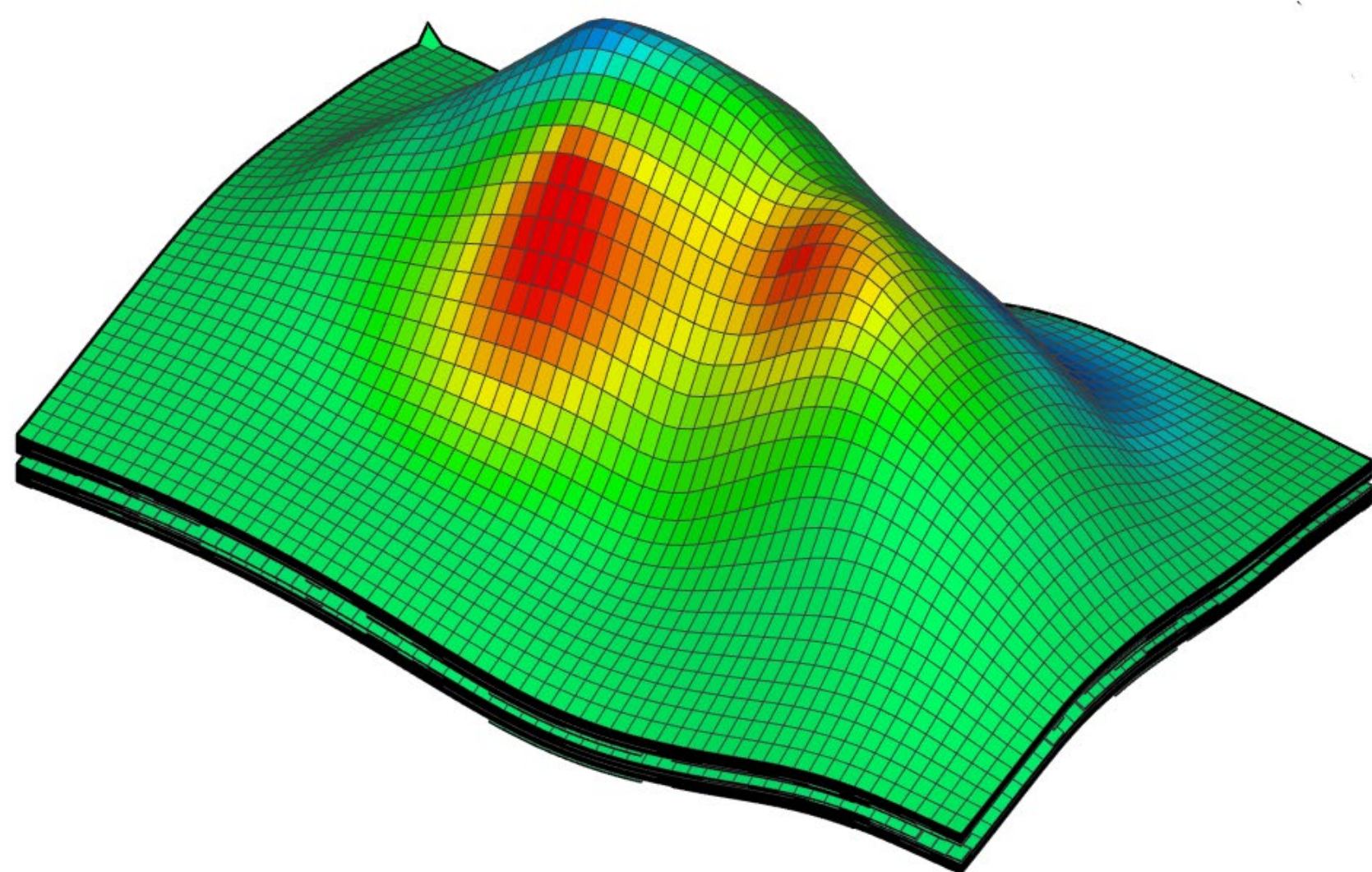
	Давление, бар	Опорная глуб...	Сжимаемость ...	Свойства флю...	R <sub>s</sub> , ст.м3/ст.м3	Давление нас...	R <sub>v</sub> , ст.м3/ст.м3	Давление нача...
Резервуар1	200	2000	1e-05	На основе о...	90	60		
Резервуар2	200	2000	1e-05	На основе о...	90	60		

- Объемы и запасы** (Volumes and Reserves) table:

	Способ расчет...	Пористость ко...	Связанная вод...	Запасы свобо...	Начальная до...	Нач. запасы га...	Нач. запасы в...	Радиус резерв...
Резервуар1	Задано	0.2	0	500000	0	100000000	100000000	10000

# Модель МатБаланса

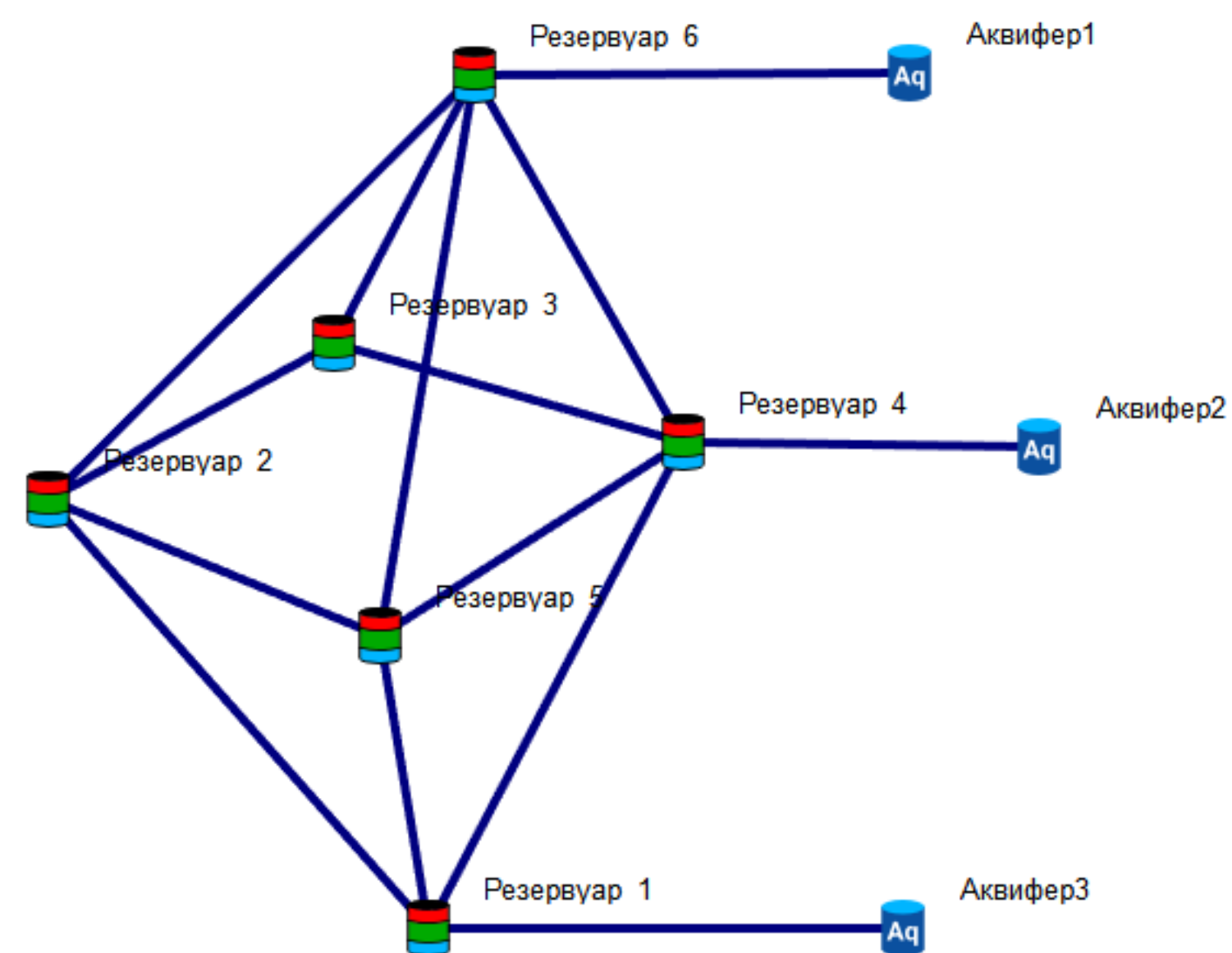
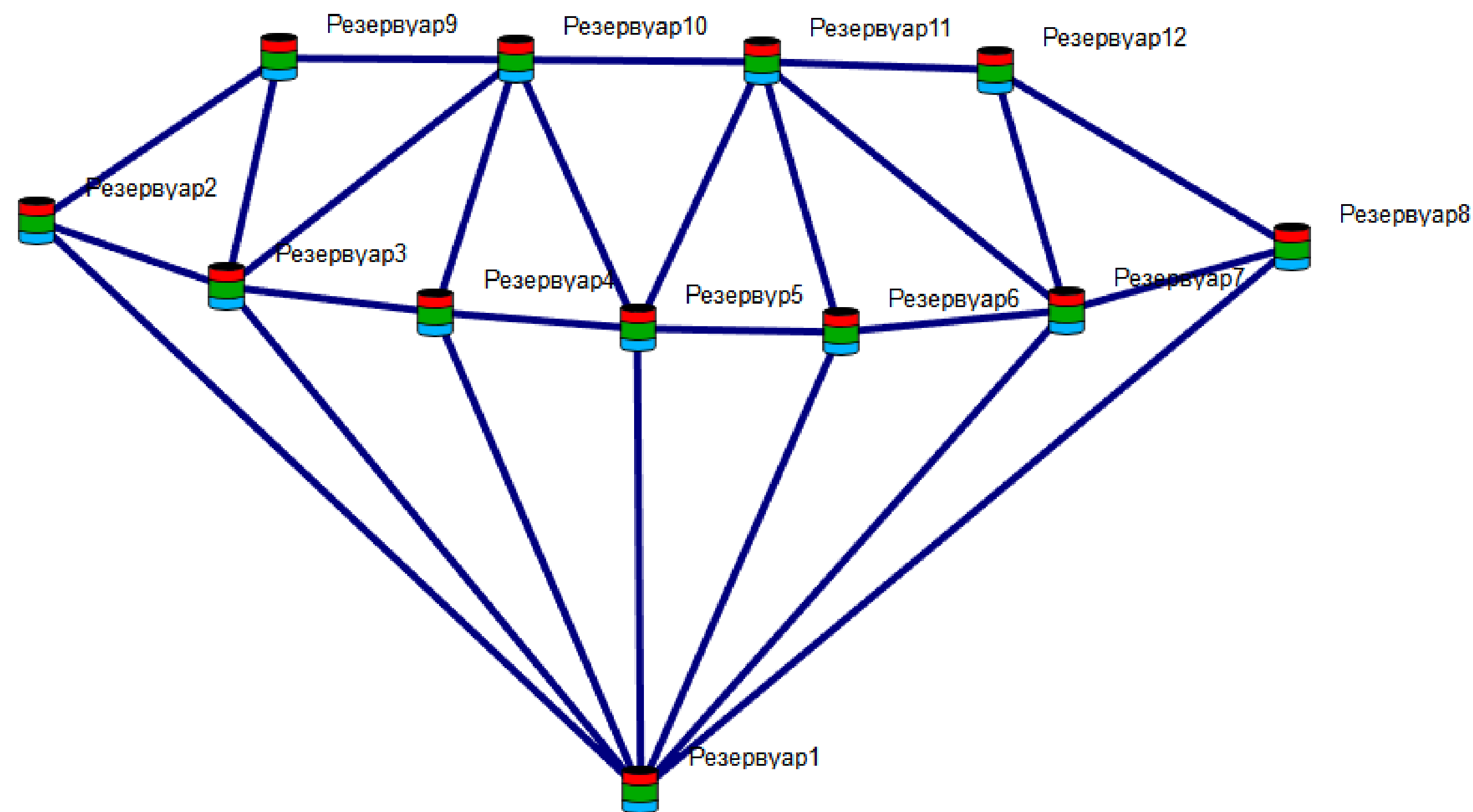
- **Модель МатБаланса** – упрощенная модель пласта, представляющая собой 1 блок сетки с назначенными параметрами резервуара и объемами запасов



**Взаимодействие скважины и модели резервуаров**

# Модель МатБаланса

- **объединяет неограниченное количество резервуаров**, между которыми поддержан расчет перетоков с заданными проводимостями;
- **рассчитывается в полностью неявном виде** (в основе расчетного ядра – физическая модель, созданная на базе подходов Симулятора);
- для расчета притока скважин используются либо **исторические дебиты**, либо **модели притока на основе IPR**



# Подготовка данных

## Содержание

- Вкладка Схема
- Интерактивное создание проекта
- Вкладка МатБаланс
- Аквиферы
- Создание скважин
- Правила по скважинам (история)
- Правила по скважинам (прогноз)
- Множитель параметров управления по скважинами
- Коэффициент распределения
- Проект РVT и ОФП
- Загрузка таблиц добычи скважин и регионов
- Вкладка Механизмы добычи



# Вкладка Схема

Вкладка **Схема** позволяет создать резервуар или добавить в расчетный вариант ранее созданные резервуары

Возможности:

● **Интерактивное создание объектов:**

- Скважин
- Резервуаров
- Аквиферов

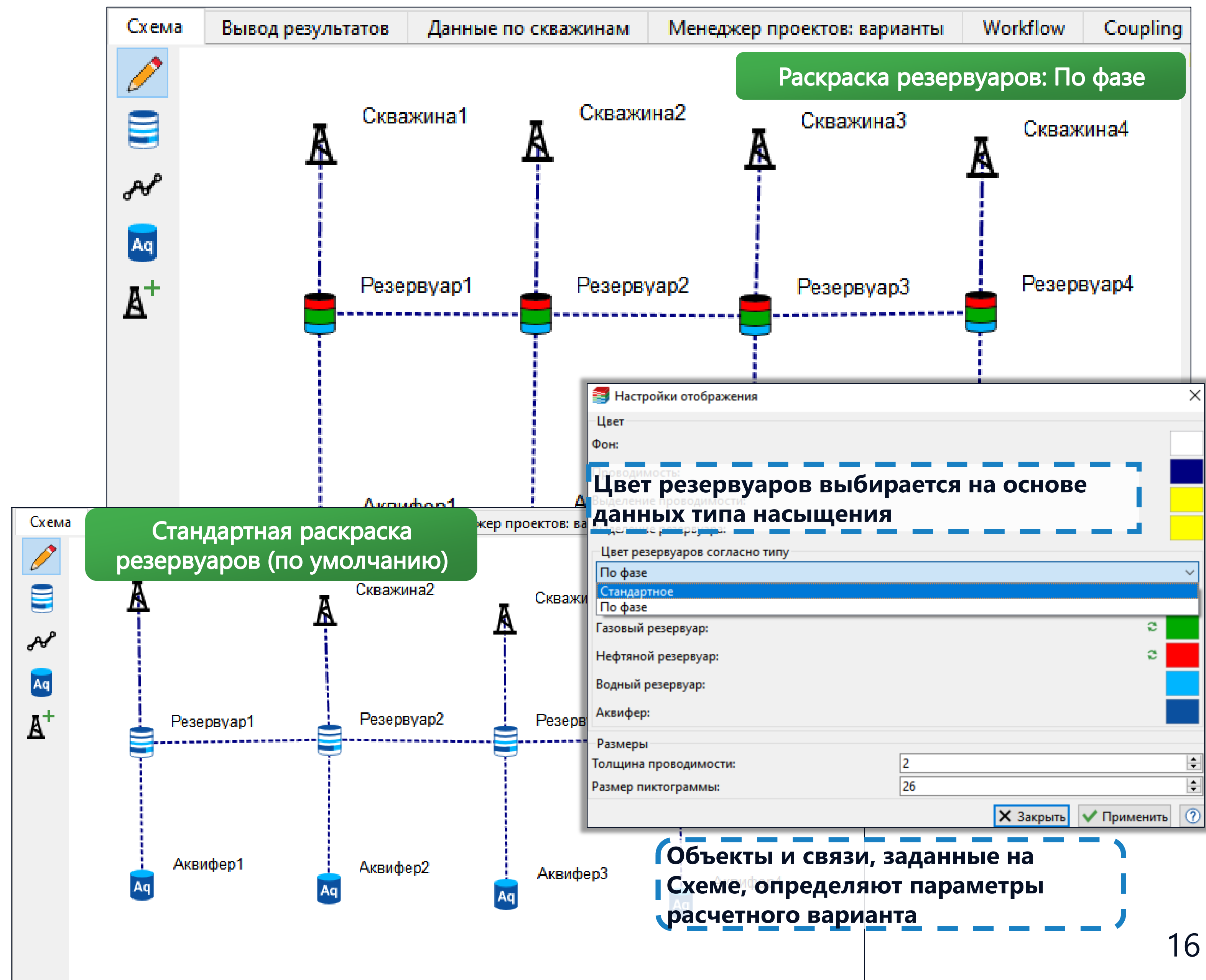
● **Интерактивное определение связей между резервуарами**

- Проводимость
- Направление
- Перепад давления

● **Запуск адаптации**

● **Настройки визуализации и**

**автоматического расположения объектов**



Схема

Вывод результатов

Данные по скважинам

Менеджер проектов: варианты

Workflow

Coupling

Раскраска резервуаров: По фазе

Скважина1

Скважина2

Скважина3

Скважина4

Резервуар1

Резервуар2

Резервуар3

Резервуар4

Настройки отображения

Цвет

Фон:

Цвет резервуаров согласно типу

По фазе

Стандартное

По фазе

Газовый резервуар:

Нефтяной резервуар:

Водный резервуар:

Аквифер:

Размеры

Толщина проводимости: 2

Размер пиктограммы: 26

Закреть

Применить

Стандартная раскраска резервуаров (по умолчанию)

Скважина2

Скважина3

Резервуар1

Резервуар2

Резервуар3

Аквифер1

Аквифер2

Аквифер3

Объекты и связи, заданные на Схеме, определяют параметры расчетного варианта



# Интерактивное создание проекта

**Свойства проводимости**

Имя	Проводимость, сП.пласт.м3/сут/6...	Направление	Пороговое давлен... бар
1 "Резервуар2" -> "Резервуар3"	10000	Из "Резервуар2" в "Резервуар3"	40
2 "Резервуар3" <- "Резервуар4"	10000	Из "Резервуар4" в "Резервуар3"	30
3 "Резервуар2" -> "Резервуар1"	10000	Из "Резервуар2" в "Резервуар1"	100

**Пороговое давление – давление, при котором начинает работать проводимость**

**Свойства аквифера**

Заголовок	Значение	Ед.изм.
1 Опорная глубина	2000	м
2 Начальное давление на базовой глубине		бар абс.
3 Проницаемость	200	мДарси
4 Пористость		
5 Общая сжимаемость аквифера	1e-05	1/бар
6 Внутренний радиус	5000	м
7 Мощность	20	м
8 Угол влияния	360	
9 Номер таблицы PVT для воды		
10 Номер таблицы для функции влияния		
11 Начальная концентрация соли		кг/ст.м3
12 Начальная температура		С
13 Запретить обратный переток		

# Вкладка МатБаланс

Вкладка **МатБаланс** позволяет создавать, хранить и определять параметры резервуаров:

- PVT свойства флюидов и ОФП
- Параметры инициализации и объемные характеристики резервуаров

**Подключение проектов PVT и ОФП**

Резервуар	Проект PVT	Тип флюида	Проект ОФП
Резервуар1	Вариант 1 (PVT Data)	Пользователь	Variant 1 (RP ...)
Резервуар2	Вариант 1 (PVT Data)	Пользователь	Variant 1 (RP ...)
Резервуар3	Вариант 1 (PVT Data)	Пользователь	Variant 1 (RP ...)
Резервуар4	Вариант 1 (PVT Data)	Пользователь	Variant 1 (RP ...)

**Автоматическое создание заданного количества резервуаров**

Создать n резервуаров  
Базовое имя: Резервуар | Число: 10 | Добавить

**Дерево объектов**

**Параметры инициализации и начальные объемы**

Резервуар	Давление, бар	Опорная глуб...	Сжимаемость ...	Свойства флю...
Резервуар1	200	2000	1e-05	На основе о...
Резервуар2	200	2000	1e-05	На основе о...
Резервуар3	200	2000	1e-05	На основе о...
Резервуар4	200	2000	1e-05	На основе о...

Резервуар	Способ расчет...	Пористость ко...	Связанная вод...	Запасы свобо...	Начальная до...	Нач. запасы газа, ст.м3	На
Резервуар1	Задано	0.2	0	500000	0	100000000	100
Резервуар2	Задано	0.2	0	500000	0	100000000	100
Резервуар3	Задано	0.2	0	500000	0	100000000	100
Резервуар4	Задано	0.2	0	500000	0	100000000	100

# Аквиферы

Для моделирования влияния законтурной области поддержано задание аквифера

Доступные модели аквифера:

- Численный аквифер
- Аналитические аквиферы:
  - Картера-Трейси
  - Фетковича (I и II типы)
  - Полуаналитический аквифер
  - Постоянное давление
  - Постоянный приток

Подключение и редактирование свойств аквифера доступно сразу на вкладке **Схема**

Свойства аквифера

Тип аквифера: Картер-Трейси

Дополнительно:  
Тип геометрии: Полуаналитический  
Отношение:  Постоянного притока  
 Постоянного давления  
 Численный

Настройки по ограничению потока: <По умолчанию>

Настройки капиллярного давления: <По умолчанию>

Учитывать гравитационный эффект

Солвер аквифера: <По умолчанию>

Параметр солвера аквифера: \_\_\_\_\_

	Заголовок	Значение	Ед.изм.
1	Опорная глубина	2000	м
2	Начальное давление на базовой глубине		бар абс.
3	Проницаемость	300	мДарси
4	Пористость	0.1	
5	Общая сжимаемость аквифера	1e-05	1/бар
6	Внутренний радиус	800	м
7	Мощность	30	м
8	Угол влияния	360	
9	Номер таблицы PVT для воды		
10	Номер таблицы для функции влияния		
11	Начальная концентрация соли		кг/ст.м3
12	Начальная температура		С
13	Запретить обратный переток		

Продуктивные пласты:

#	Резервуар
1	Резервуар_1
2	Резервуар_2
3	Резервуар_3
4	Резервуар_4
5	Резервуар_5
6	Резервуар_6

Проводимость, сП.пласт.м3/сут/бар:

	Имя	Значен
1	"Резервуар_2" ...	100
2	"Резервуар_1" ...	100
3	"Резервуар_1" ...	100
4	"Резервуар_5" ...	100

Схема

Выход результатов

Данные по скважинам

Менеджер проектов: варианты

Workflow

Coupling

Резервуар 15

Резервуар 17

Резервуар 21

Резервуар 22

Резервуар 13

Резервуар 16

АQ6

АQ5

АQ3

АQ2

АQ1

АQ4

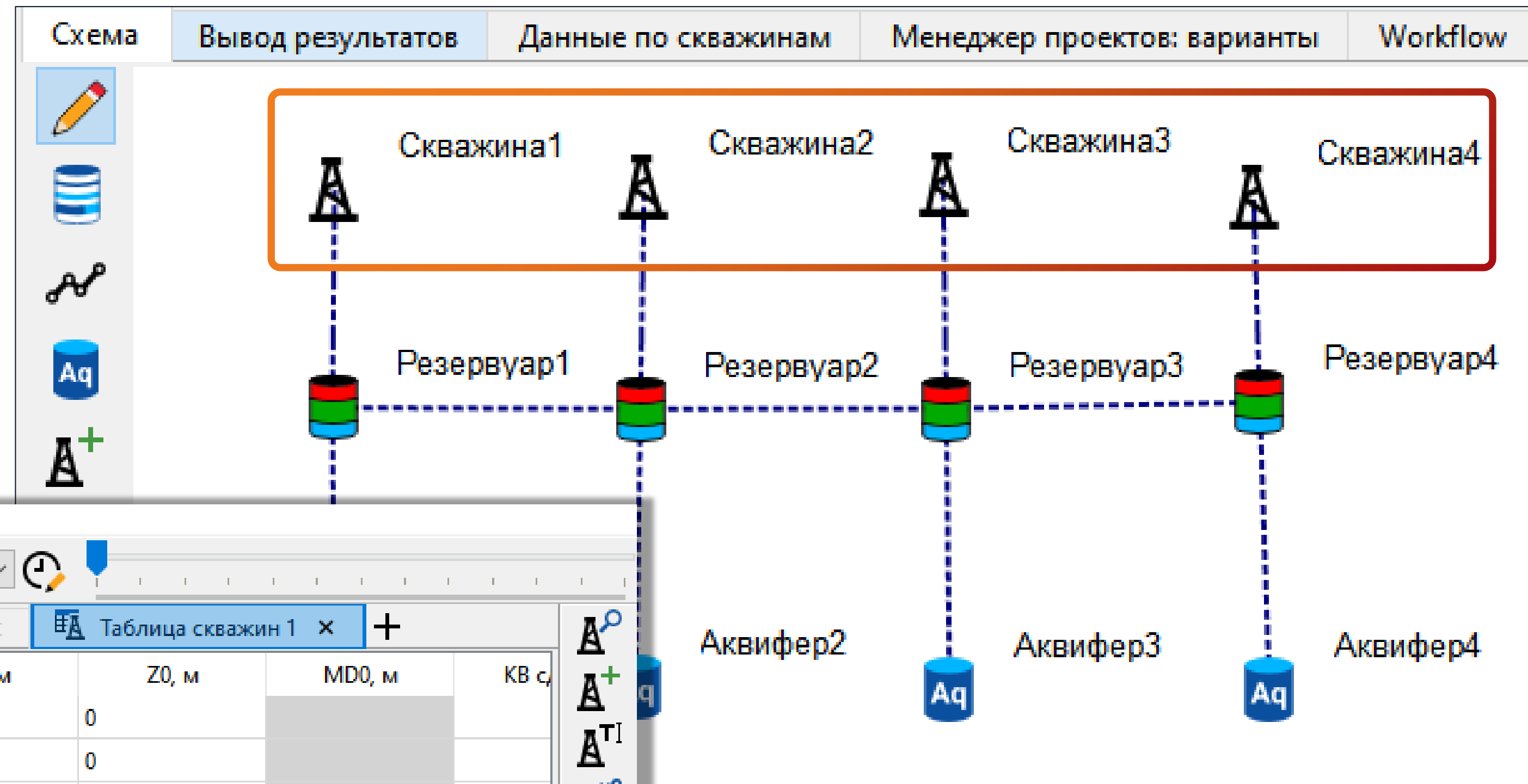
Добавить

Удалить

Закрыть

# Создание скважин

- Скважины создаются на вкладке **Схема без учета траекторий** (за исключением интегрированных моделей), так как для расчета модели МатБаланса **не требуется задание траекторий и событий по скважинам**



The screenshot shows the software interface. The 'Объекты' (Objects) panel on the left has a tree view under 'Скважины' (Wells) with a sub-section 'Видимые скважины' (Visible wells) containing four checked items: 'Скважина1', 'Скважина2', 'Скважина3', and 'Скважина4'. The main window displays a table titled 'Таблица скважин 1' (Wells Table 1) with the following data:

	Имя скважины	X0, м	Y0, м	Z0, м	MDO, м	KB c
1	Скважина3	0	0	0		
2	Скважина1	0	0	0		
3	Скважина2	0	0	0		
4	Скважина4	0	0	0		

Автоматическое создание резервуаров для каждой скважины

# Правила по скважинам (история)

- Модуль МатБаланс полностью поддерживает правила стратегии разработки Дизайнера Моделей
- Управление скважинами задается с помощью правил стратегии разработки на вкладке **Стратегия разработки**
- Для расчета притока скважин используются **исторические дебиты** (доступен режим явного задания отборов по фазам и закачки)

Задание отдельных ОФП для каждой скважины

Скважина	Имя Резервуара	Коэффициент ...	Вариант ОФП
1 Скважина1	Резервуар1	1	Variant 1 (RP ...)
2 Скважина2	Резервуар2	1	Variant 1 (RP ...)
3 Скважина3	Резервуар3	1	Variant 1 (RP ...)
4 Скважина4	Резервуар4	1	Variant 1 (RP ...)
Пишите или ...			

При задании контроля **Добавить все** будет производиться отбор/закачка **строго заданных** в таблице истории объемов. При этом соединение скважины и пласта должно быть задано правилом **Подключение скважины (История)**. Если задать другие контроли (например, дебит жидкости), связь скважины и пласта необходимо задавать правилом **Подключение скважины (прогноз, IPR)**

# Правила по скважинам (прогноз)

- Для расчета притока скважин используются модели притока на основе IPR

Создание IPR доступно сразу на вкладке Дизайнер Скважин (кривая создается в проекте скважины Дизайнера Скважин)

Скважина	Имя Резервуара	Коэффициент распре...	Имя проекта Д...	IPR имя	Вариант ОФП
1 Well1	Reservoir1	1	Well1	IPR 1	Variant 1 (RP Proj...
Пишите или ...					

Параметр	Значение
Пластовое ...	250
Козфф. Фогеля	0.2
Макс. дебит, ...	2000

Заб. давл., бар

Объемный расход, ст.м3/сут

# Множитель параметров управления по скважинами

1. Для задания множителя для исторических данных добывающих и нагнетательных скважин используется правило **Множитель параметров управления по скважинами (историч)** (соответствует ключевому слову **WLMULT**)

Добавить правило

Скважина	Ограничение	Множитель
1	Дебит нефти	1,3
2	Дебит нефти	1,7
3	Дебит нефти	1,45

Добавить новое правило

Тип правил:  Глобальные правила  Правила на шагах

Выбрать шаг: 01.01.2023  Добавить шаг: 13.06.2023 0:00:00

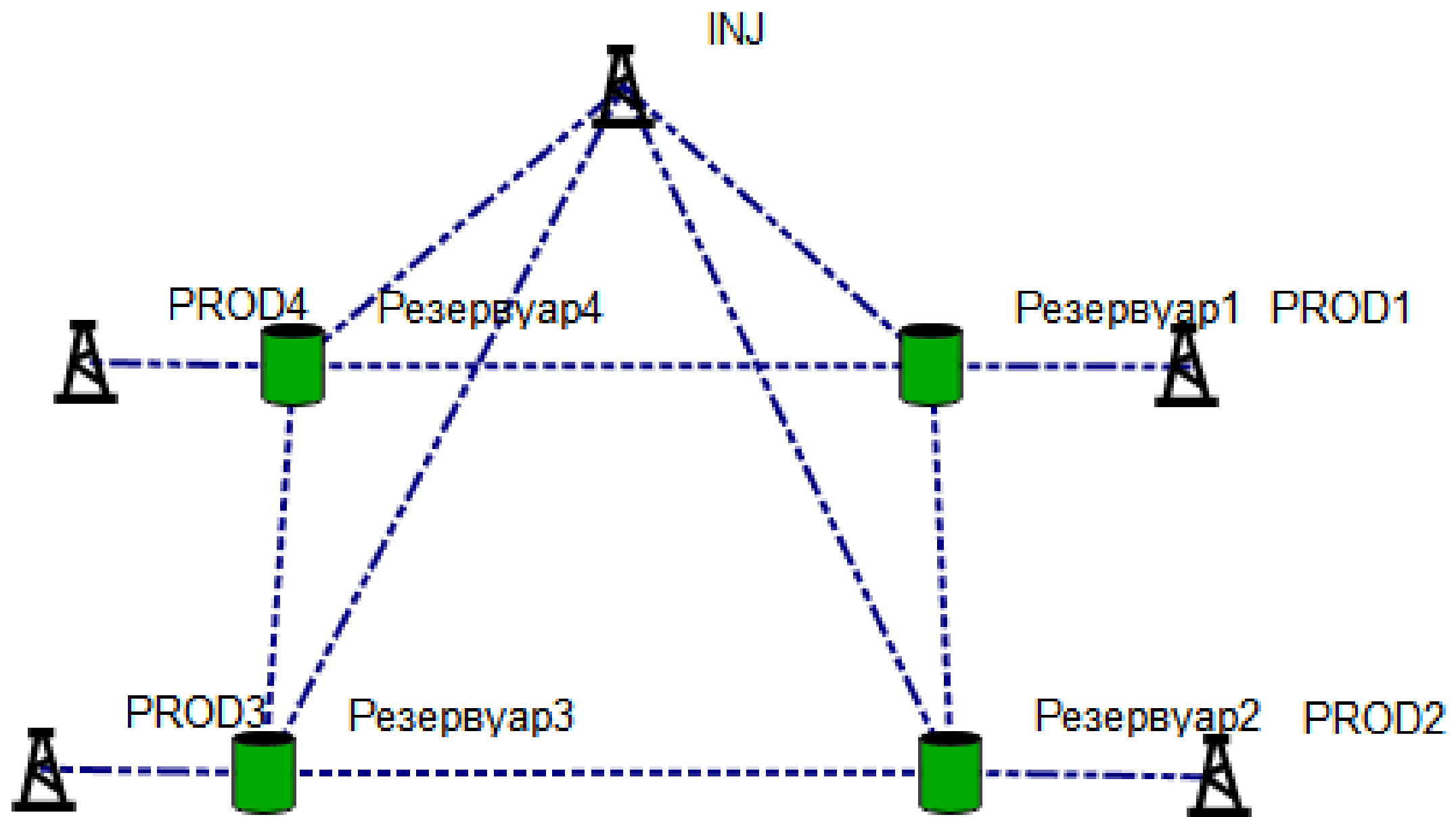
- Применить скрипт
- Скважины
- Сетки
- Группы
- МатБаланс
  - Подключение скважины (История)
  - Подключение скважины (прогноз, IPR)
  - Множитель на параметры управления скважинами (историч.)**
- Результаты
- Утилиты

+ Добавить OK Отмена

# Коэффициент распределения

Для управления распределением добычи используется **Коэффициент распределения добычи/закачки**:

- Доступно подключение скважины к более, чем одному резервуару одновременно
- Для каждого резервуара доступно подключение своей характеристики притока (IPR)



The screenshot shows the software interface with a table titled "Подключение скважины (прогноз, IPR)". The table lists wells and their connections to reservoirs, along with distribution coefficients. The "Коэффициент ..." column is highlighted with a red box, and an orange arrow points from it to the explanatory text below.

Скважина	Имя Резервуара	Коэффициент ...	Имя проекта Дизайнера Ск...	IPR имя	Вариант ОФП
1 PROD1	Резервуар1	1	PROD4	IPR 1	Variant 1 (RP ...
2 PROD2	Резервуар2	1	PROD4	IPR 1	Variant 1 (RP ...
3 PROD3	Резервуар3	1	PROD4	IPR 1	Variant 1 (RP ...
4 PROD4	Резервуар4	1	PROD4	IPR 1	Variant 1 (RP ...
5 INJ	Резервуар1	0.25	NJ	IPR 1	Variant 1 (RP ...
6 INJ	Резервуар2	0.25	NJ	IPR 1	Variant 1 (RP ...
7 INJ	Резервуар3	0.25	NJ	IPR 1	Variant 1 (RP ...
8 INJ	Резервуар4	0.25	NJ	IPR 1	Variant 1 (RP ...

**Коэффициент распределения** – это множитель на значение добычи/закачки из Резервуара (принимает значения от 0 до 1); часто применяется для адаптации или анализа разработки (например, для анализа ячеек заводнения, когда необходимо оценить долю закачки или добычи из Резервуара)

Распределение нагнетаемого флюида с коэффициентом 0.25 для каждого из четырёх Резервуаров с добывающими скважинами



# Проект PVT

PVT-свойства задаются на вкладке **Свойства флюидов**

Поддержаны различные способы определения PVT-свойств:

- **Корреляции** (Standing, Lasater и тд.)
- Подключение **готовых проектов PVT-Дизайнера**
- **Импорт таблиц**
- **Адаптация на результаты лабораторных экспериментов**

**Свойства флюидов**

Тип PVT Таблицы: Летучая нефть (PVTO) Корреляция

Нефть X Газ X Вода X

- Растворимость газа в нефти
- Объёмн. коэфф.
- Вязкость
- Сжимаемость

Растворимость газа в нефти, ст.м3/ст.м3

Насыщ. ветвь	
3.82135	
5.74979	

Настройки

Нефть Плотность в std. усл., кг/м3: 900

**Выбор PVT проекта для расчета**

Резервуар	Проект PVT	Тип фл.
Резервуар1	Вариант 1 (P...)	Пользов
Резервуар2	Вариант 1 (P...)	Пользов

**Свойства нефти**

Количество значений/стадий: 20

Минимум: 10.1325

Максимум: 101.325

Тип таблицы: Летучая нефть (PVTO)

Типы корреляций:

$R_s$	Standing
Объёмн. коэфф. насыщ. нефти	Standing
Объёмн. коэфф. недонасыщ. нефти	Standing
Вязкость дегазир. нефти	Standing
Вязкость летуч. насыщ. нефти	Standing
Вязкость летуч. недонасыщ. нефти	Standing

Параметры корреляции:

Температура, C	100
Относит. плотность нефти	0.9
Относит. плотность газа	1
Давление насыщения, бар	60
Изотермич. коэфф. сжимаемости, 1/бар	1e-05
$R_s$ калибровочный коэфф.	1

**Свойства газа**

Количество значений/стадий: 20

Минимум: 10.1325

Максимум: 101.325

Тип таблицы: Сухой газ (PVDG)

Типы корреляций:

Вязкость	Ли и др.
Объёмн. коэфф. газа	Standing

Параметры корреляции:

Температура, C	100
Относит. плотность газа	1
Коэфф. сверхсжимаемости газа	0.9

**Настройки корреляций**

Давление	Растворимос.
19.7317	7.79678
24.5313	9.94034
29.3309	12.166
34.1305	14.4634
38.9301	16.8248
43.7297	19.2441
48.5292	21.7162
53.3288	24.1883

# Проект ОФП

ОФП задаются на вкладке **Свойства флюидов**

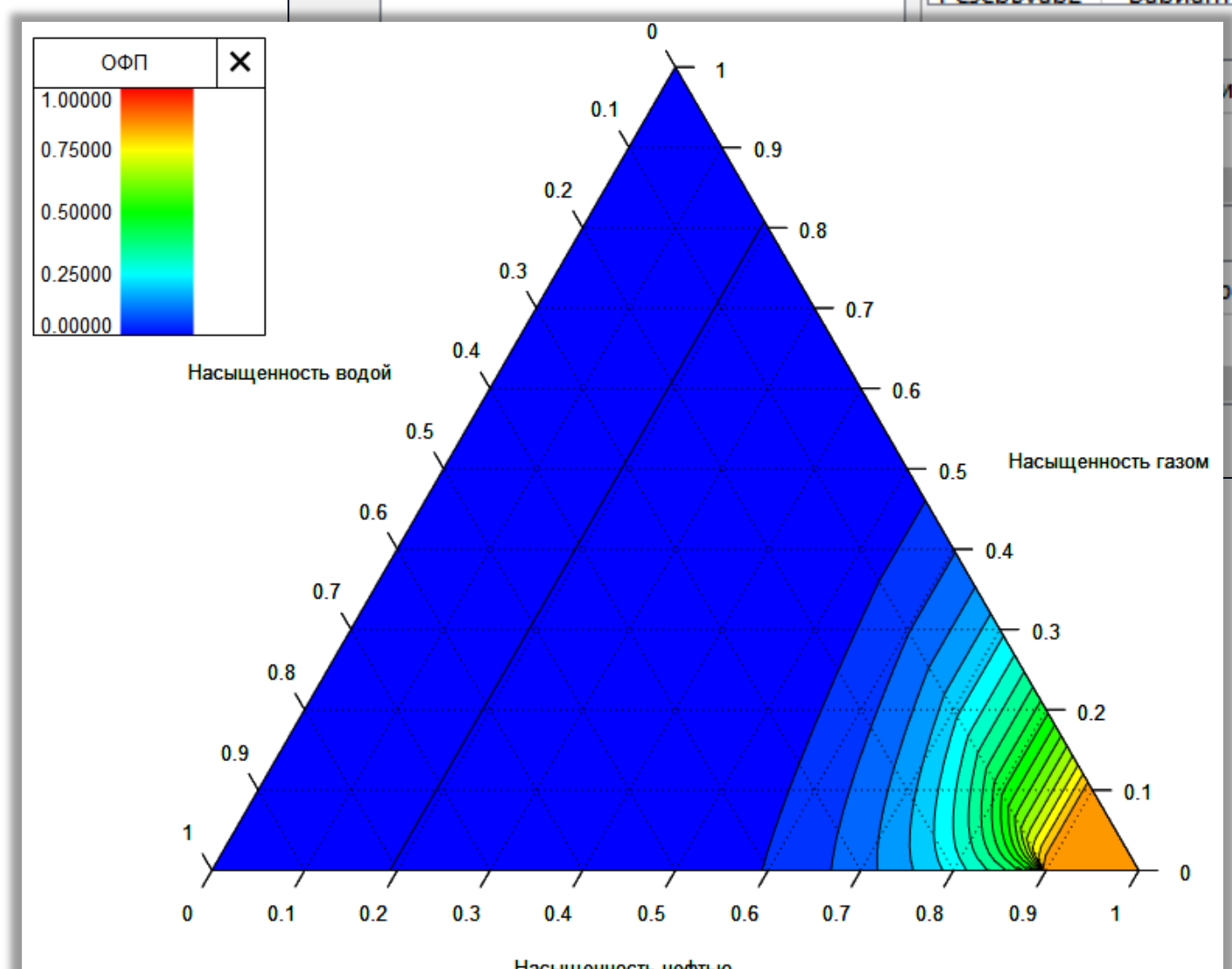
Поддержаны различные способы определения относительных фазовых проницаемостей:

- **Корреляции** (Corey, LET)
- Подключение **готовых проектов** Дизайнера ОФП
- **Импорт** таблиц (SWOF/SGOF и тд.)
- **Множественное редактирование** вариантов ОФП
- **Адаптация** ОФП

The screenshot displays the software interface for defining fluid properties. The main window shows the 'Свойства флюидов' (Fluid Properties) tab, with a graph plotting 'Давление, бар' (Pressure, bar) on the y-axis against 'Относ. прониц.' (Relative permeability) on the x-axis. The graph shows curves for 'Вода/нефть' (Water/Oil) and 'Газ/нефть' (Gas/Oil). A 'Конфигурация предвыбранного варианта' (Configuration of the selected variant) dialog is open, showing options for the variant name, model type, and correlation. A table of parameters is also visible, listing various saturation and permeability parameters.

Параметр	Значение
1 $S_{WL}$ , минимальная насыщенность водой	0
2 $S_{WU}$ , максимальная насыщенность водой	1
3 $S_{WSCr}$ , критическая насыщенность водой	0
4 $S_{OWCr}$ , остаточная насыщенность нефтью в системе вода-нефть	0
5 $k_{rOW} = k_{rOW}(S_{WU})$ , должно быть равно $k_{rOG}(S_{GL})$	1
6 $k_{rORW} = k_{rOW}(S_{WSCr})$ , должно быть меньше или равно $k_{rOW}$	1
7 $k_{rWR} = k_{rW}(1 - S_{OWCr} - S_{GL})$	1
8 $k_{rWW} = k_{rW}(S_{WU})$ , должно быть больше или равно $k_{rWR}$	1
9 $p_{cOW} = p_{cOW}(S_{WSCr})$ , капиллярное давление в системе нефть-вода	0
10 $n_{OW}$ , степень при $k_{rOW}$	4
11 $n_W$ , степень при $k_{rW}$	4
12 $n_{rc}$ , степень при $p_{cOW}$	4
13 $S_{rcO}$ , точка, где капиллярное давление становится нулём	-1

Выбор проекта ОФП для расчета



# Загрузка таблиц добычи скважин и регионов

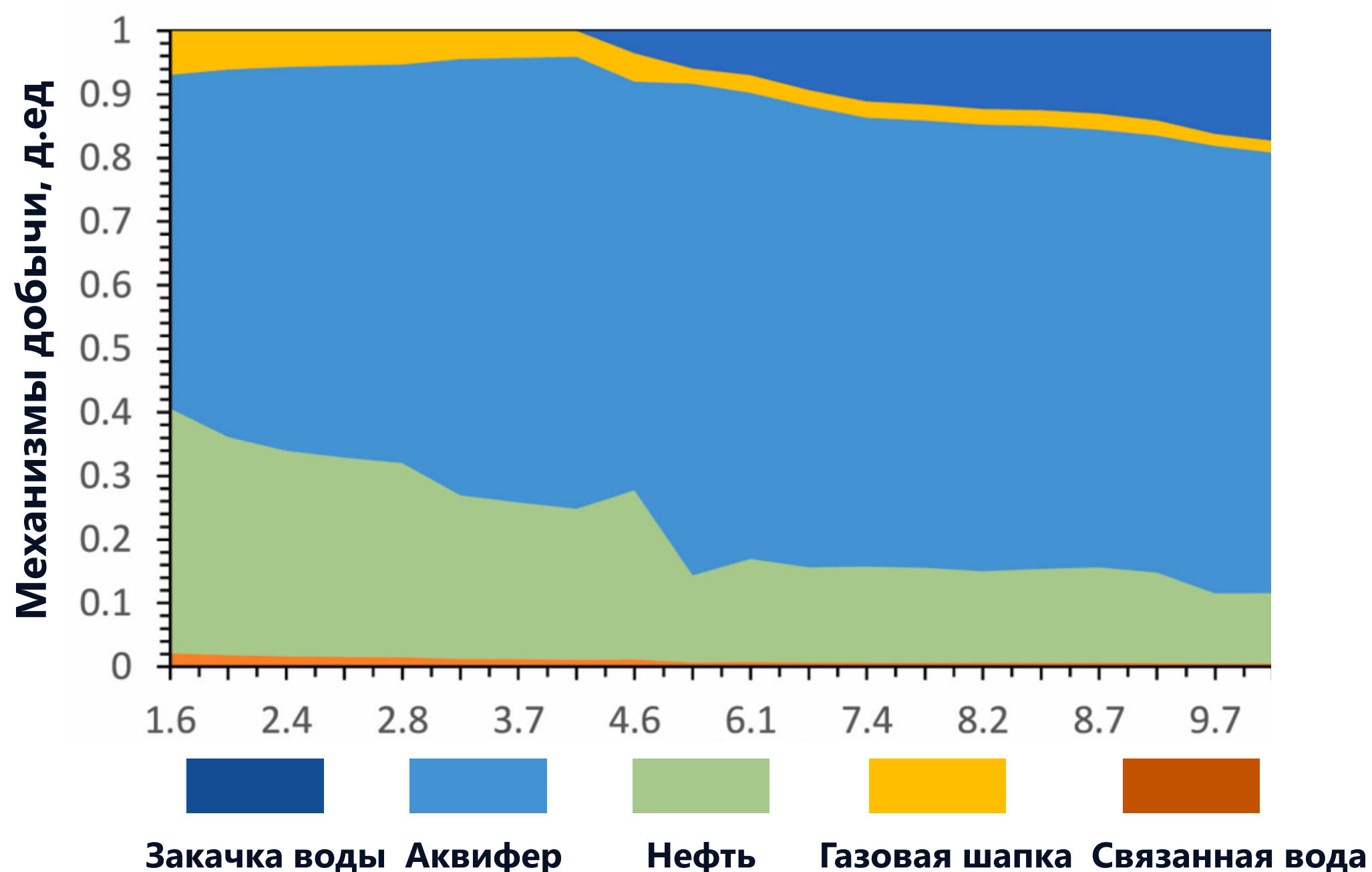
- МатБаланс позволяет загружать и редактировать данные истории разработки месторождения
- Для загрузки (накопленных/месячных/суточных показателей) используется стандартный подход Дизайнера Моделей
- Доступен импорт таблиц добычи по скважинам и резервуарам из внешних файлов
- Расчет производных параметров и определение веса каждой точки для адаптации

The screenshot displays the software interface with several key components:

- Import dialog:** A window titled "Импорт истории по скважинам" (Import history by wells) with a "name" field highlighted in red. A green callout box points to it with the text "Таблица добычи по скважинам" (Production table by wells).
- Object Manager:** A sidebar on the left showing a tree view of objects. "RegionProductionTable1" is highlighted in red.
- Well Production Table:** A table with columns: Скважина (Well), Дата (Date), Дебит нефти (Oil Rate), Дебит воды (Water Rate), Дебит газа (Gas Rate), and Приёмистость воды (Water Injection Rate). It shows data for well PROD1 starting on 01.01.2012.
- Reservoir Data Table:** A table with columns: Резервуар (Reservoir), Дата (Date), and numerical values. It lists data for Резервуар1 from 01.01.2012 to 01.08.2012.
- Diagram:** A schematic showing wells (PROD1, PROD2, PROD3, PROD4) and reservoirs (Резервуар1, Резервуар2, Резервуар3, Резервуар4) connected by dashed lines.
- Graph:** A line chart titled "Шаблоны графиков" (Chart templates) showing "Значение среднего давления, бар" (Average pressure value, bar) over "Дата" (Date) from 03.2012 to 09.2013. It compares historical data from "RegionProductionTable1" with simulation results from "DynamicModel.Result\_4".
- Green Callout:** A box on the right states: "Загрузка данных по Резервуарам, которые затем могут использоваться в качестве целевой функции при адаптации на исторические данные" (Loading data by Reservoirs, which can then be used as a target function for adaptation to historical data).

# Вкладка Механизмы добычи

- Расчет механизмов добычи (Energy Plot) – метод анализа режима работы залежи с помощью оценки доли влияния каждого элемента расширения, входящего в уравнение Материального Баланса
- Расчет проводится как для исторического периода, так и прогнозного
- Вкладка Механизмы разработки содержит расширенные инструменты анализа



Расширение нефти и растворенного газа

Влияние газовой шапки

Влияние аквифера

$$\frac{N(B_t - B_{ti})}{N_p [B_t + (R_p - R_{si}) B_g]} + \frac{\frac{mNB_{ti}}{B_{gi}} (B_g - B_{gi})}{N_p [B_t + (R_p - R_{si}) B_g]} + \frac{W_e - W_p B_w}{N_p [B_t + (R_p - R_{si}) B_g]} + \frac{NB_{ti} (1+m) c_{e,fw} \Delta \bar{p}}{N_p [B_t + (R_p - R_{si}) B_g]} + \frac{W_{inj} B_{winj}}{N_p [B_t + (R_p - R_{si}) B_g]} + \frac{G_{inj} B_{ginj}}{N_p [B_t + (R_p - R_{si}) B_g]} = 1$$

Влияние порового объема связанной воды

Влияние закачки воды

Влияние закачки газа

# Содержание

---

- **Выбор переменных**
- **Параметр Вес в таблице добычи регионов**
- **Анализ результатов адаптации**
- **Графики**
- **Прогнозные расчеты**

## Адаптация модели Матбаланса и прогноз

# Выбор переменных

Модуль МатБаланса поддерживает **методы адаптации** для определения параметров пласта

- Доступны **все алгоритмы**, используемые в модуле Адаптации и Оптимизации
- В качестве переменных доступны **основные параметры Резервуара и аквиферов**
- Доступен **выбор таблицы исторических данных**
- Для каждой переменной задается базовое значение, а также диапазон модификации
- В процессе адаптации алгоритм подбирает значения переменных с целью минимизации целевой функции

Адаптация МатБаланса

Адаптация

Резервуары МатБаланса

- Резервуар1
- Резервуар4
- Резервуар3
- Резервуар2

Основные настройки

Алгоритм: Дифференциальная эволюция

Макс. число итераций: 300

Параллельный расчёт

Остановка при медленной сходимости

Число итераций: 10

Необходимое улучшение (%): 1

Целевые таблицы добычи регионов: RegionProductionTable1

Опции переменной

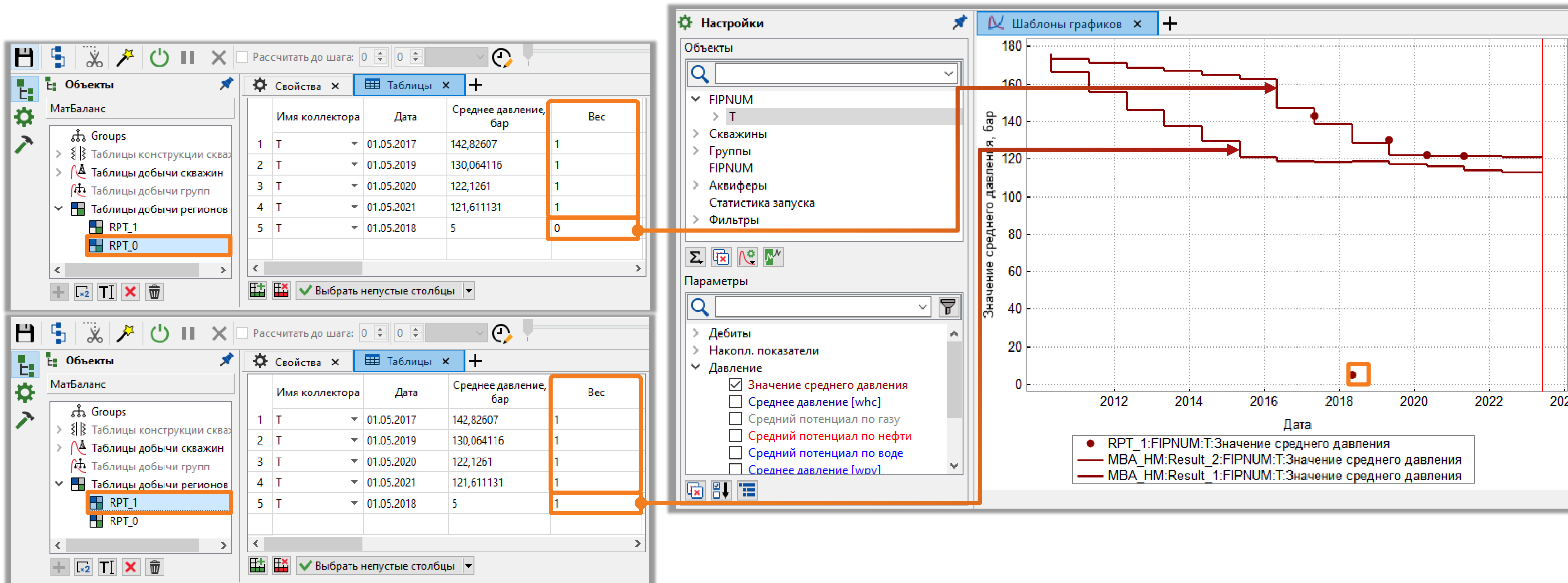
Значение  Проценты  Множитель

Variable	Min	Base Value	
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Давление, бар	180.9	201	2
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Опорная глубина, м	1809	2010	2
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Сжимаемость породы, 1/...	4.5e-05	5e-05	5
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Давление насыщения, бар	54	60	6
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Пористость коллектора, ...	0.09	0.1	0
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Связанная вода, доля	0.225	0.25	0
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Запасы свободной нефти, ...	360000	400000	4
<input type="checkbox"/> Резервуар1; Начальная доля газовой ...	0	0	0
<input type="checkbox"/> Резервуар4; Давление, бар	180.9	201	2
<input type="checkbox"/> Резервуар4; Опорная глубина, м	1809	2010	2
<input type="checkbox"/> Резервуар4; Сжимаемость породы, 1/...	4.5e-05	5e-05	5
<input type="checkbox"/> Резервуар4; Давление насыщения, бар	54	60	6
<input type="checkbox"/> Резервуар4; Пористость коллектора, ...	0.09	0.1	0

Запустить адаптацию Отмена ?

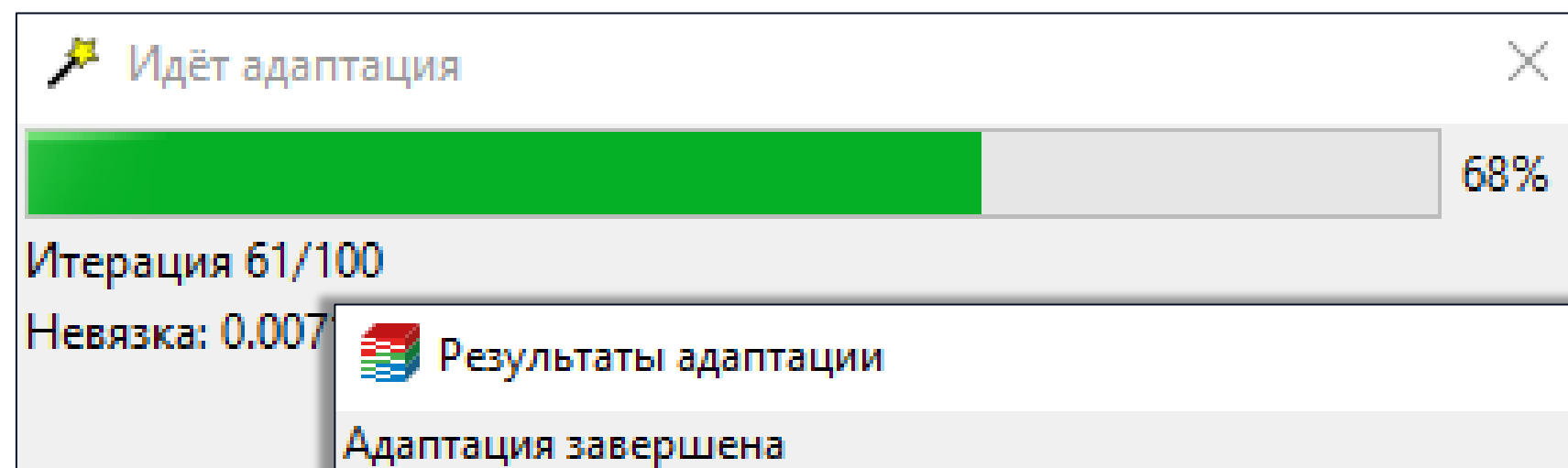
# Параметр Вес в таблице добычи регионов

- Доступно задание **веса** для значений замеров в таблице добычи регионов для каждого фактического замера давления
- Вес учитывается в алгоритмах адаптации модели

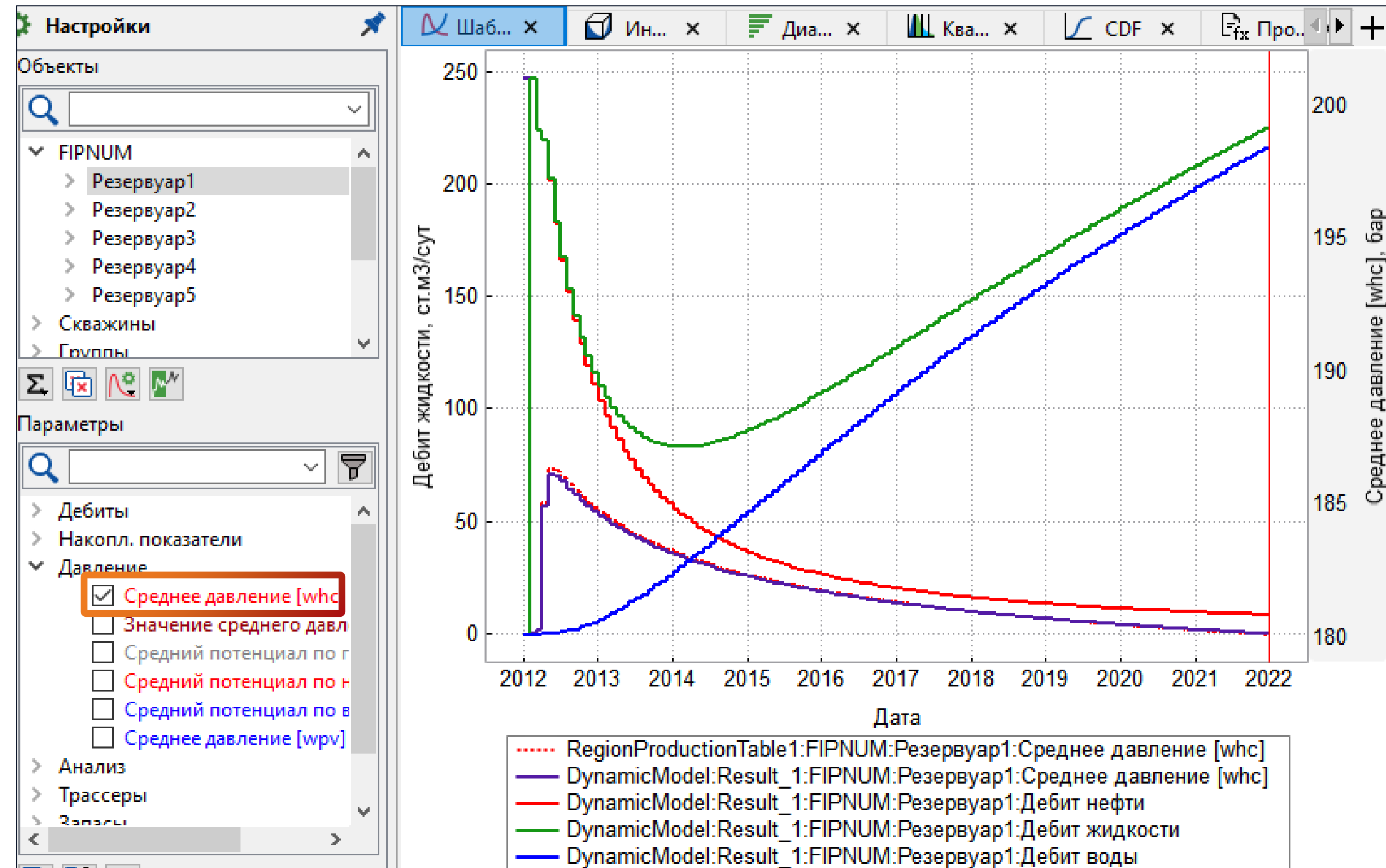


# Анализ результатов адаптации

- После завершения адаптации показываются значения переменных согласно лучшей итерации
- Данные значения могут быть применены для текущего варианта модели и использованы для дальнейших расчетов



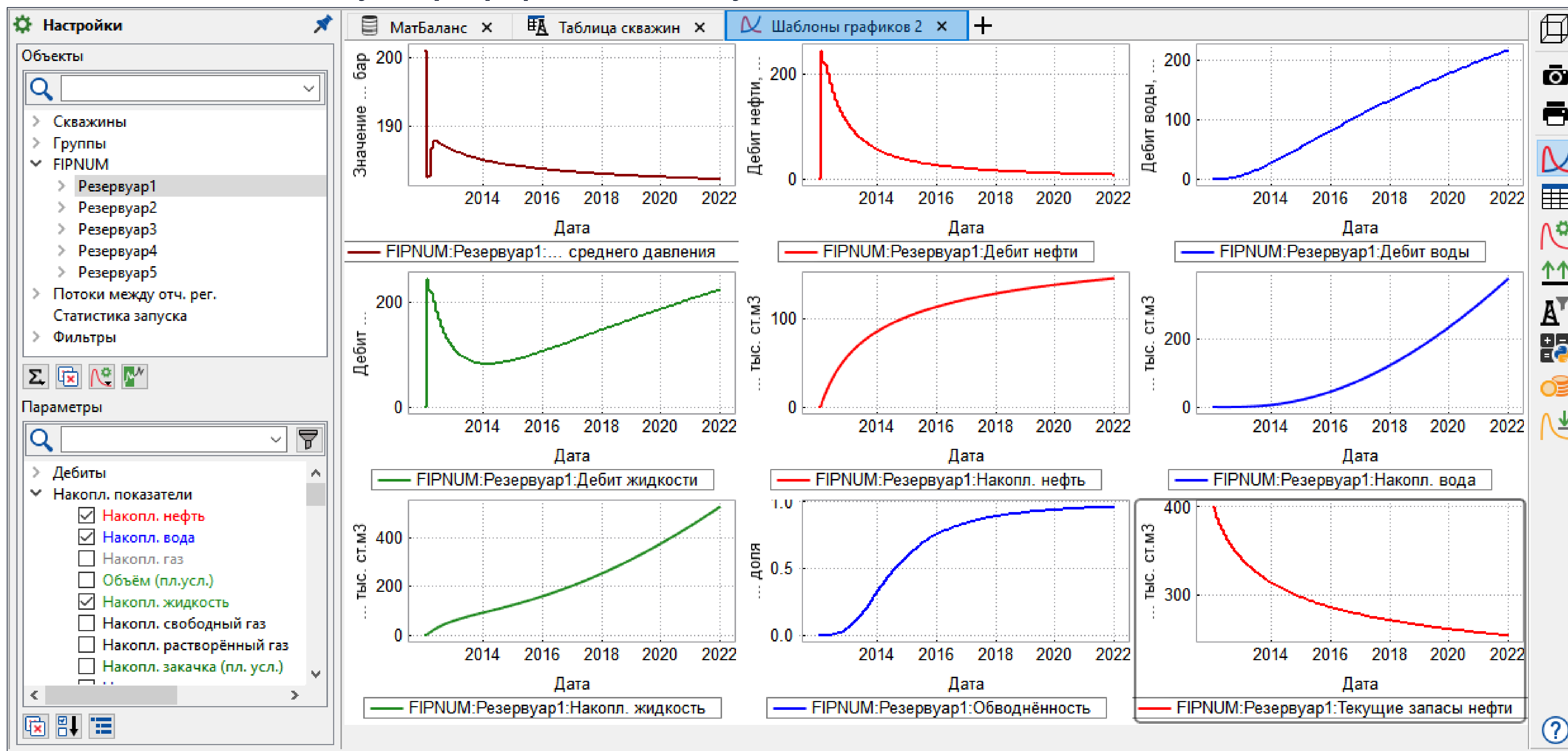
Объемы и запасы		Подключение аквифера					
	Способ расчет...	Пористость ко...	Связанная вод...	Нач. запасы н...	Начальная до...	Нач. запасы га...	На
Резервуар1	Задано	0.1	0.25	343953.811967	0	100000000	1000
Резервуар2	Задано	0.1	0.25	337709.099893	0	100000000	1000
Резервуар3	Задано	0.1	0.25	332242.989867	0	100000000	1000
Резервуар4	Задано	0.1	0.25	385138.526847	0	100000000	1000
Резервуар5	Задано	0.1	0.25	1000	0	100000000	1000





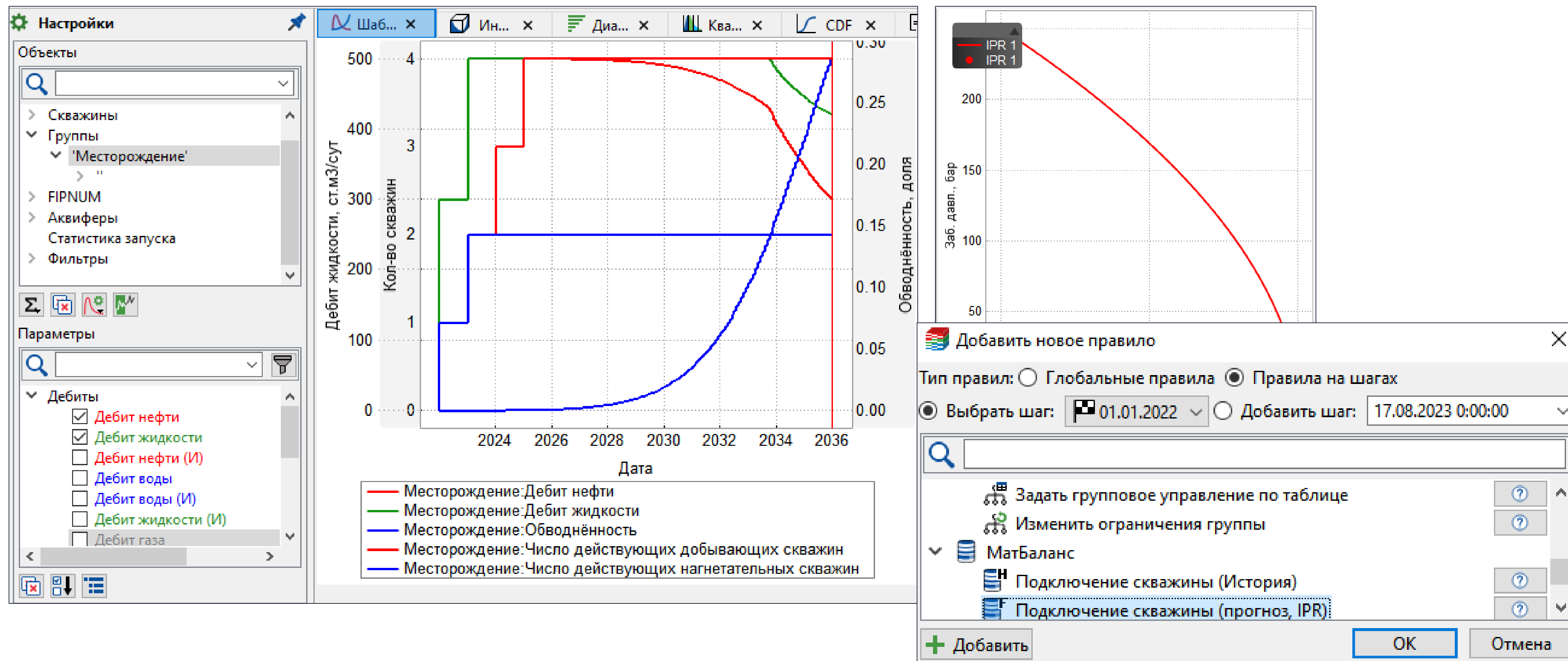
# Графики

- Доступны все инструменты анализа результатов расчета – графики, шаблоны графиков
- Доступно использование Калькулятора графиков на базе Python



# Прогнозные расчеты

- Для расчета притока скважин в прогнозных расчетах используются модели притока на основе IPR



# Содержание

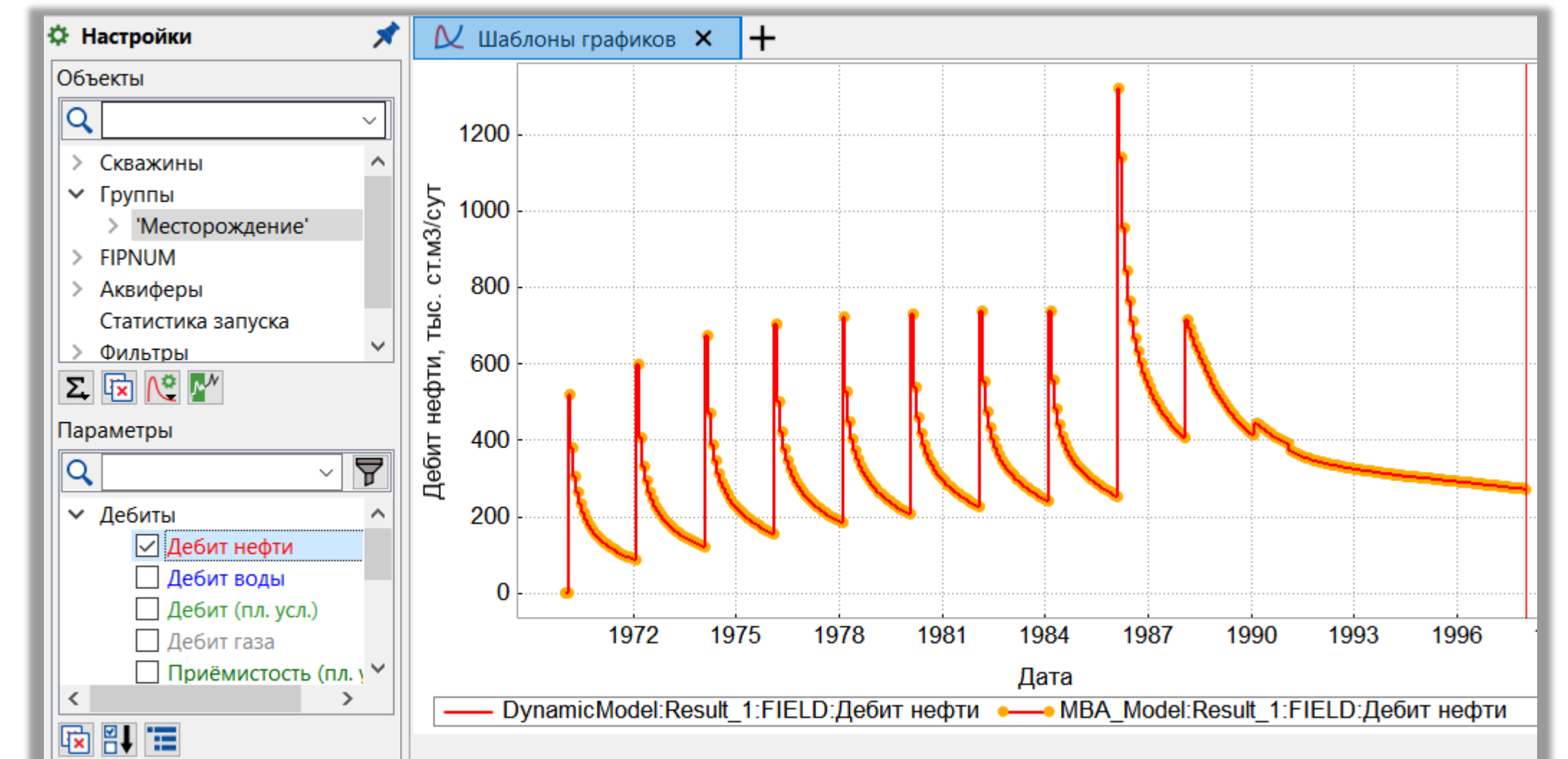
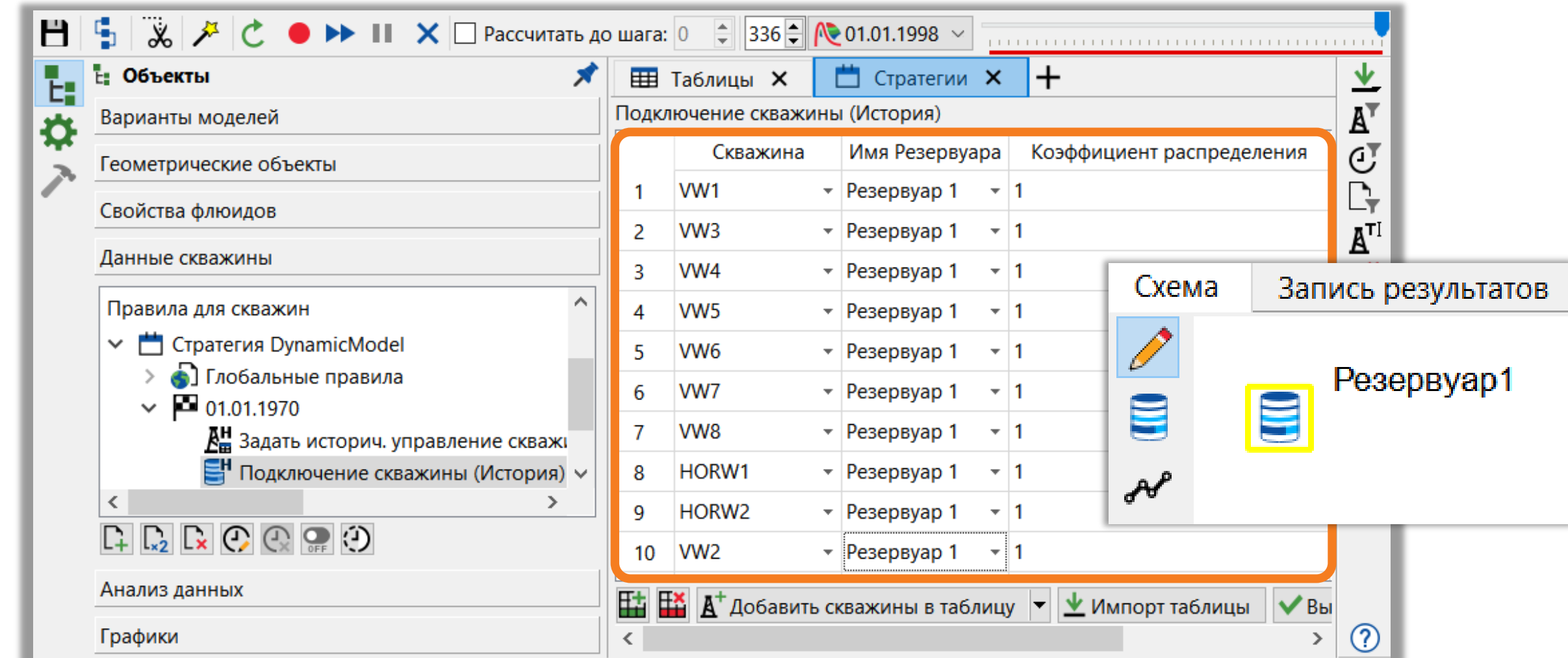
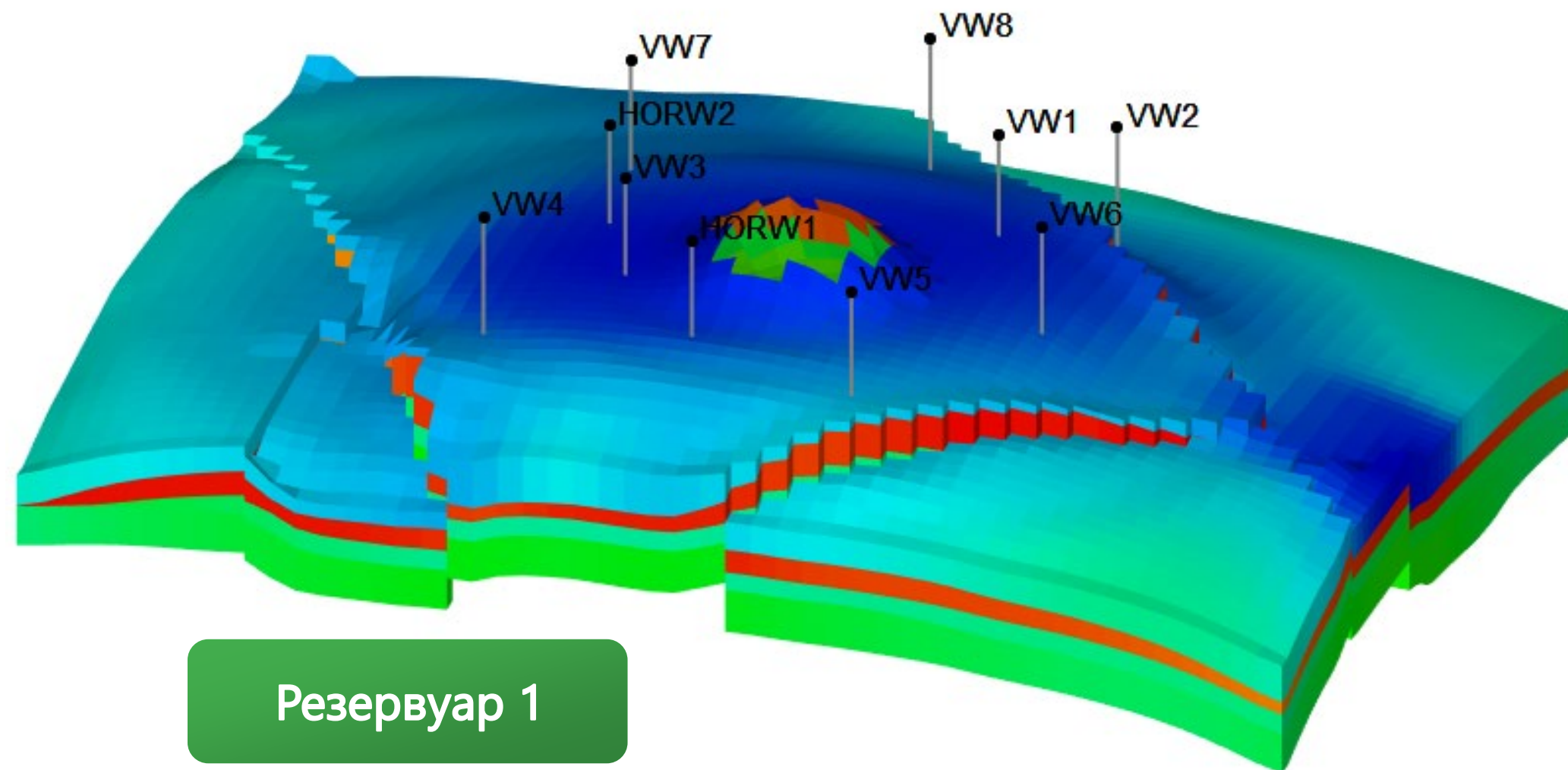
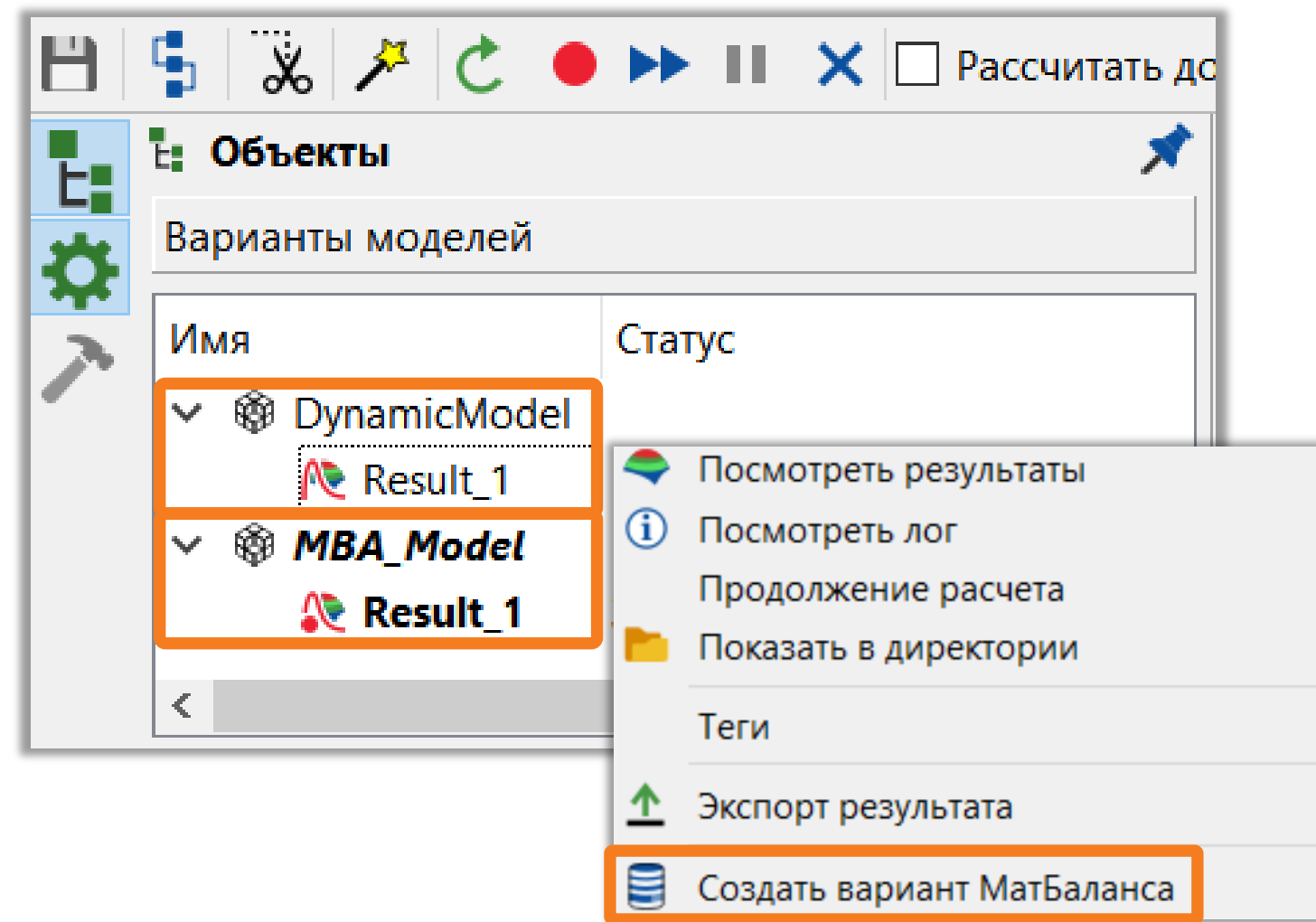
---

- Автоматическое создание модели МатБаланса
- Расчет интегрированной модели
- Объединение моделей (Reservoir Coupling)
- Workflow

## Интегрированные проекты

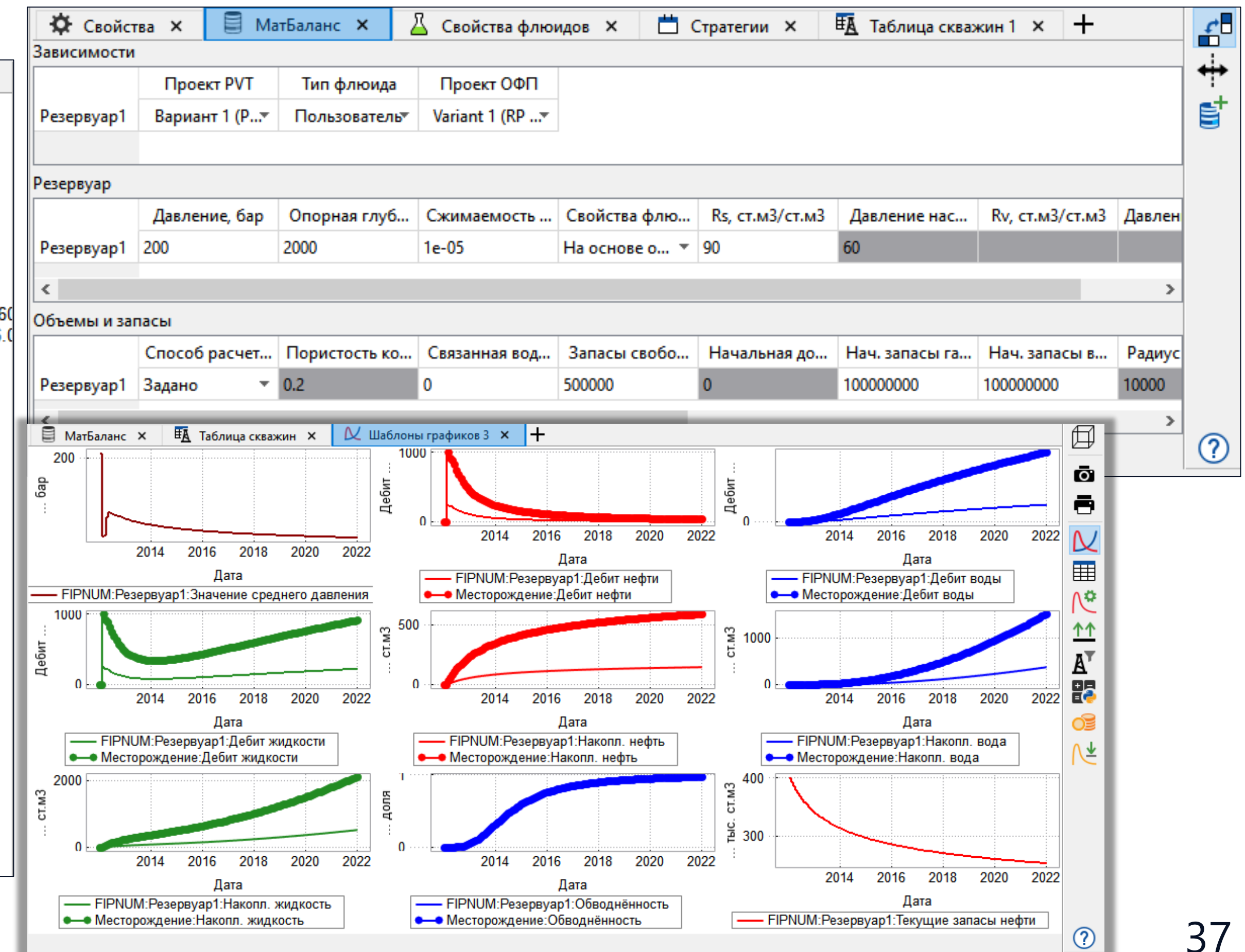
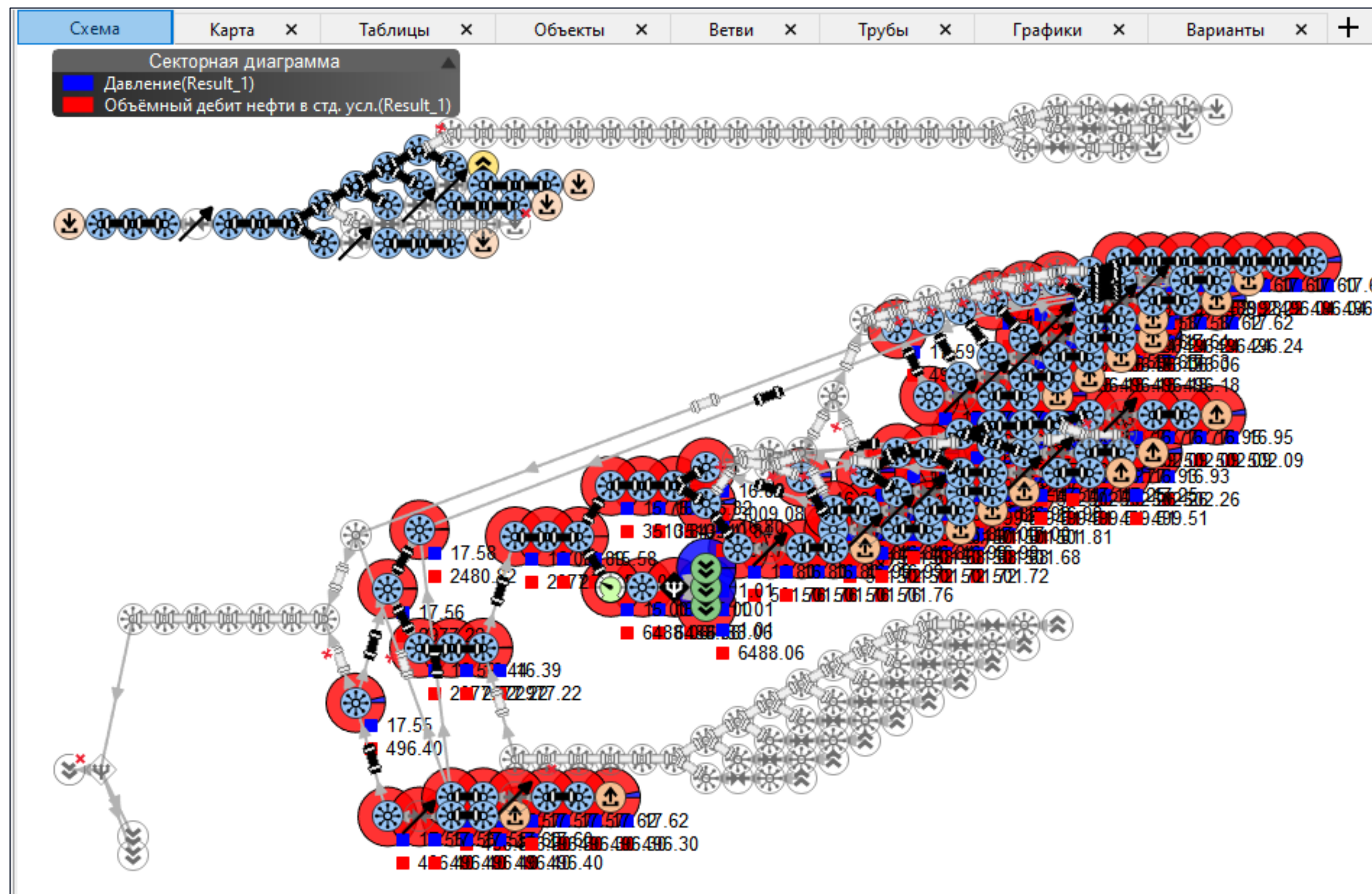
# Автоматическое создание модели МатБаланса

- Доступно автоматическое создание модели МатБаланса на основе проекта Дизайнера Моделей



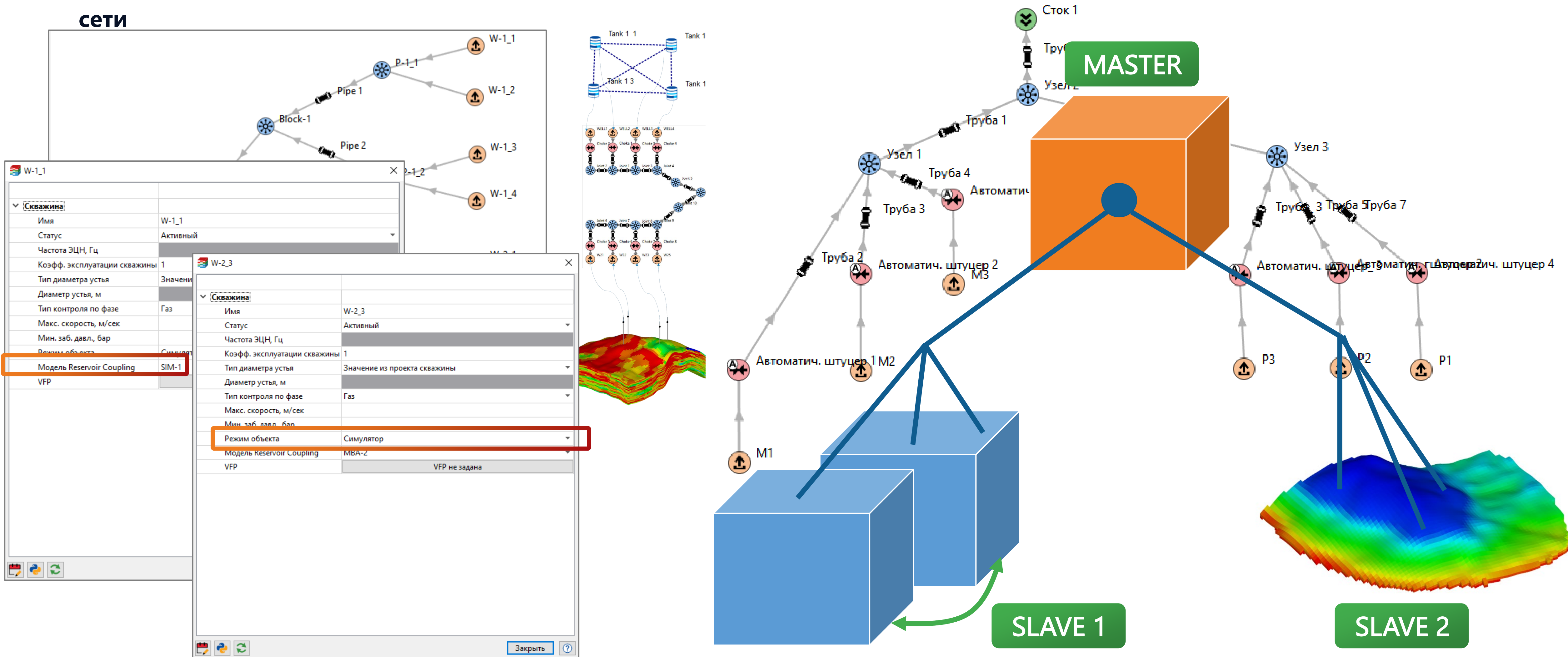
# Расчет интегрированной модели

- Модель МатБаланса может быть использована при расчете ИМ без каких-либо ограничений
- Доступен функционал подключения к скважинам сети сбора одновременно как модели МатБаланса, так и полномасштабной гидродинамической модели
- Скважины могут быть подключены как к одному Резервуару, так и к нескольким



# Объединение моделей (Reservoir Coupling)

- Доступно осуществлять привязку MASTER и SLAVE моделей в ИМ с возможностью использования единой поверхностной сети



# Workflow

- Задачи можно добавлять в workflow
- Легко можно изменить параметры и в один клик просчитать все расчеты
- Интеграция с всеми модулями tНавигатор
- Параметры расчетов в качестве переменных

The screenshot displays the 'Расчёты и Workflows' (Calculations and Workflows) window. On the left, a tree view shows 'Доступные расчёты' (Available calculations) with categories like 'Утилиты', 'Импорт', 'Вспомогательные расчёты', 'Структурное моделирование', 'Моделирование свойств', 'Гидродинамическая модель', 'Экспорт', 'Данные по скважинам', 'Графический интерфейс', and 'МатБаланс'. The 'МатБаланс' folder is expanded, showing sub-items like 'Создать МатБаланс', 'Создать скважины для МатБаланса', 'Настройка зависимостей Резервуара МатБаланса', 'Настройка Резервуара МатБаланса', 'Настройка объема Резервуара МатБаланса', and 'Запустить адаптацию МатБаланса'. A central panel shows a workflow named 'Workflow1' with six steps: 1. Создать МатБаланс, 2. Задать проводимость (МатБаланс), 3. Создать скважины для МатБаланса, 4. Настройка Резервуара МатБаланса, 5. Настройка объема Резервуара МатБаланса (highlighted), and 6. Запустить адаптацию МатБаланса. The right panel shows the configuration for 'Настройка объема Резервуара МатБаланса' (Reservoir Volume Adjustment), with fields for 'Тип объема' (Set), 'Пористость коллектора' (0.1), 'Связанная водонасыщенность' (0.25), 'Нач. запасы нефти' (6e+06), 'Начальная доля газовой шапки' (0), 'Нач. запасы газа' (0), 'Радиус резервуара' (100), 'Кровля резервуара' (2100), 'Подошва резервуара' (2150), 'Коэффициент песчаности' (0.17), 'Газо-нефтяной контакт' (0), and 'Водо-нефтяной контакт' (0). The bottom bar contains buttons for 'Проверить', 'Отладка Workflow', 'Запустить Workflow на Кластере', 'Запуск workflow в изолированной среде', 'Запустить Workflow', 'Закрыть', and 'Помощь'.

# Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы и видеоуроки доступны на сайте:

[irmodel.ru](http://irmodel.ru)

# Остались вопросы?

Обратиться в техническую поддержку:

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

