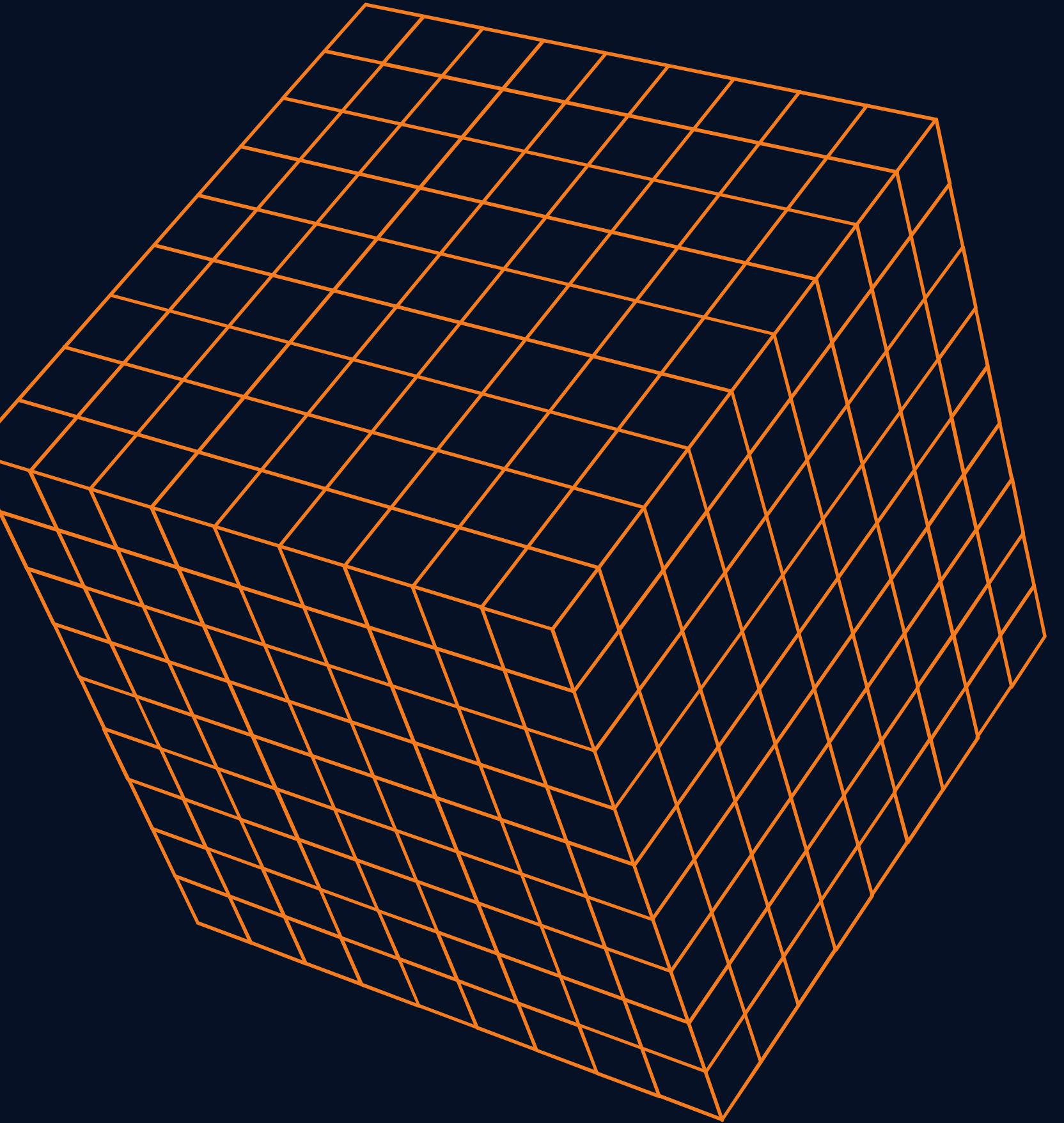


Геомеханическое моделирование в ПО тНавигатор



Москва

Никита Ильмуков, ИРМ



Геомеханическое моделирование

01 Что такое геомеханика?

02 1D моделирование

03 3D моделирование

04 Роль геомеханики

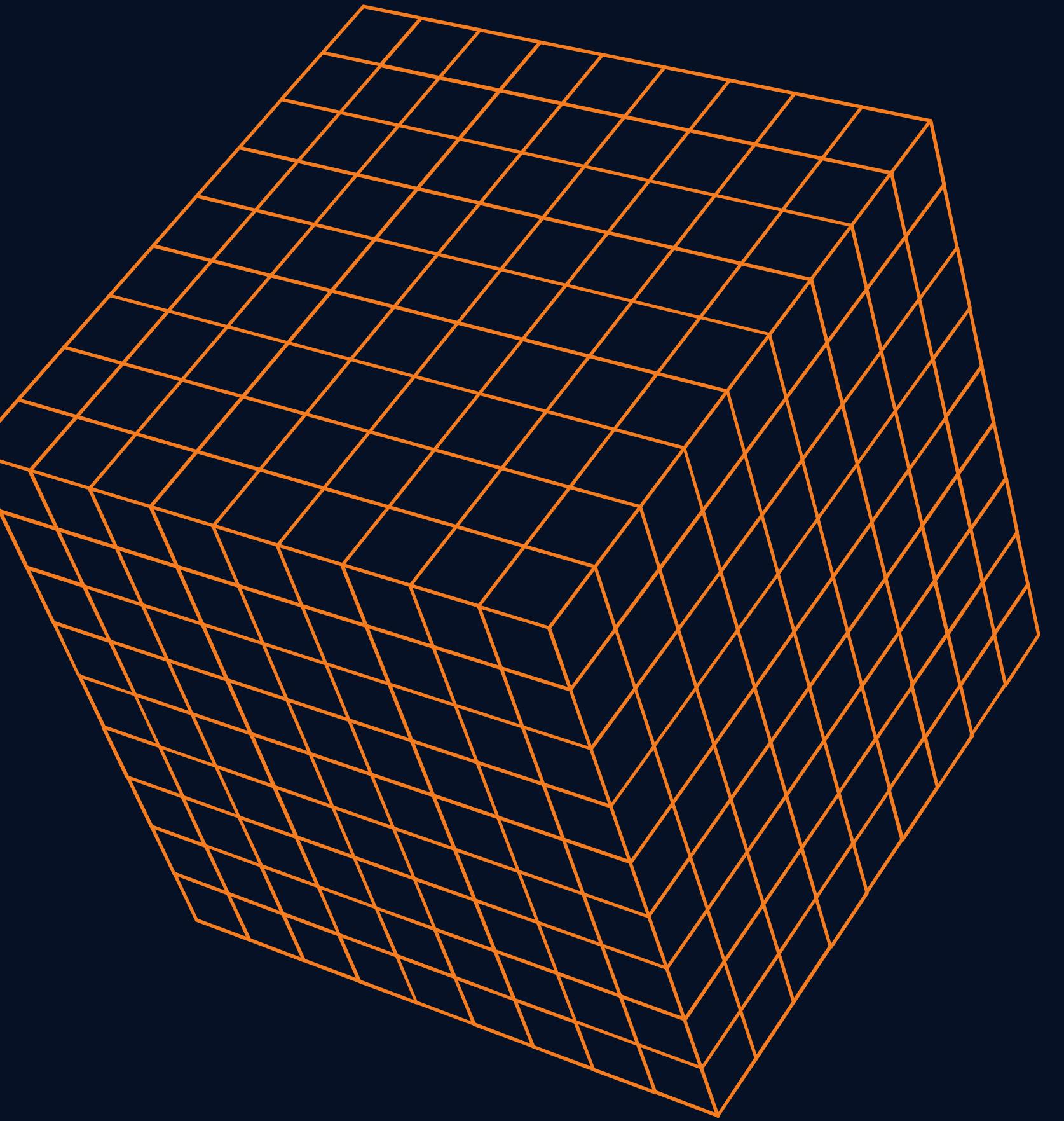
05 Примеры



НАВИГАТОР

Геомеханика

наука, изучающая механические свойства и
напряженно-деформированное состояние
земной коры

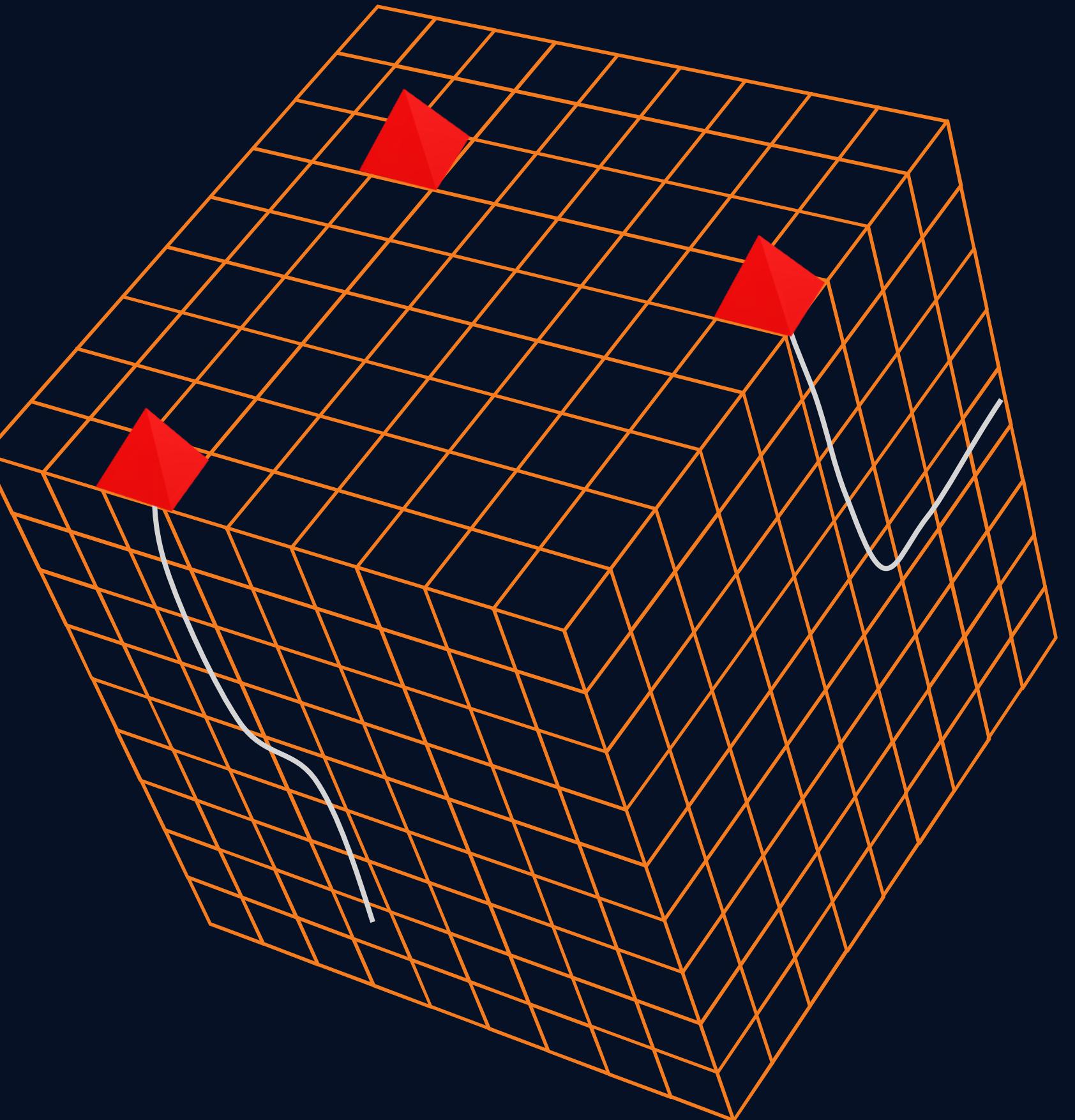


1D геомеханическая модель

численное представление физико-механических
свойств горных пород **вдоль скважин**

Данные

- Координаты, траектории
- Опробования
- Исследования керна

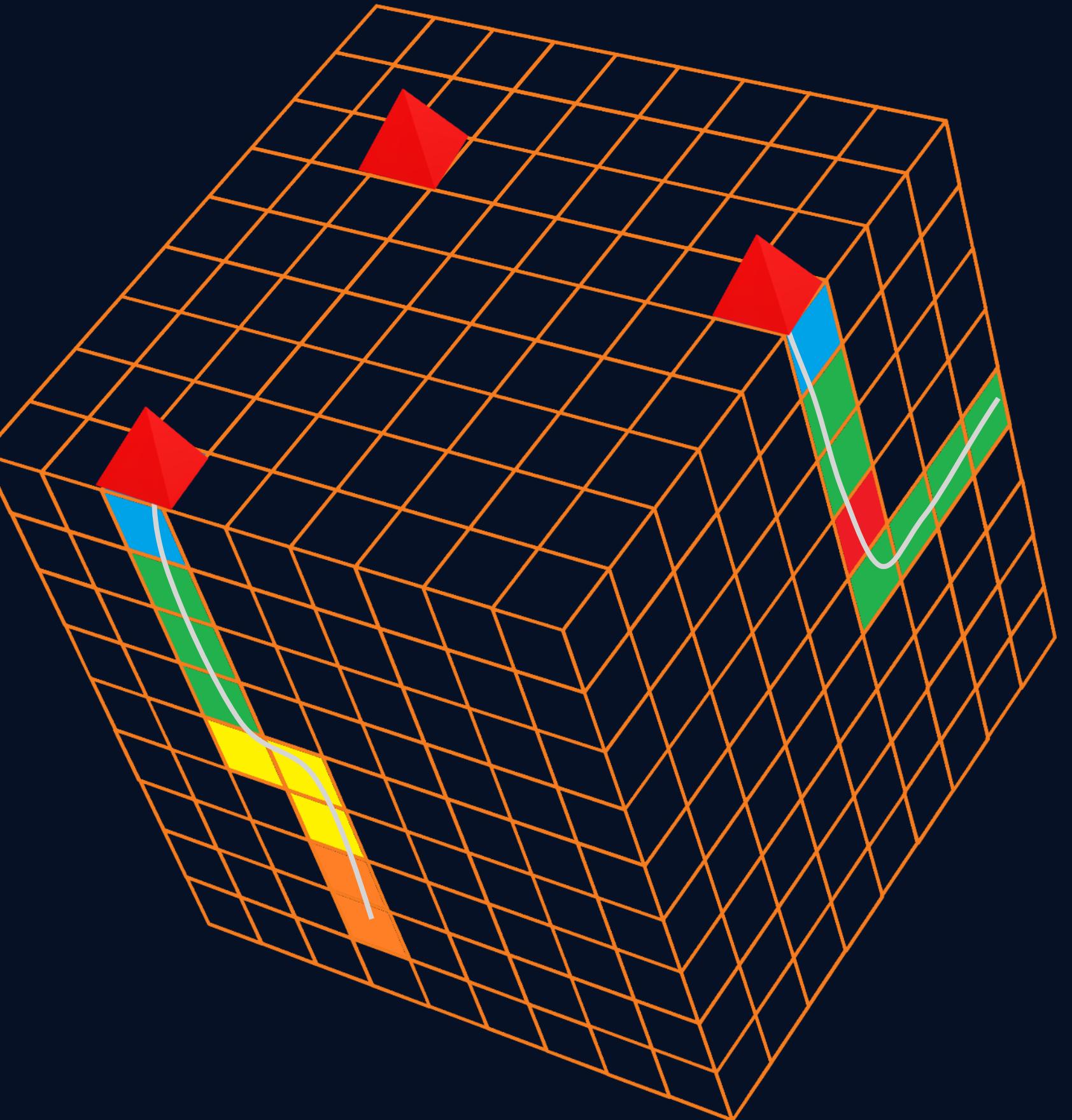


1D геомеханическая модель

численное представление физико-механических
свойств горных пород **вдоль скважин**

Данные

- Координаты, траектории
- Опробования
- Исследования керна

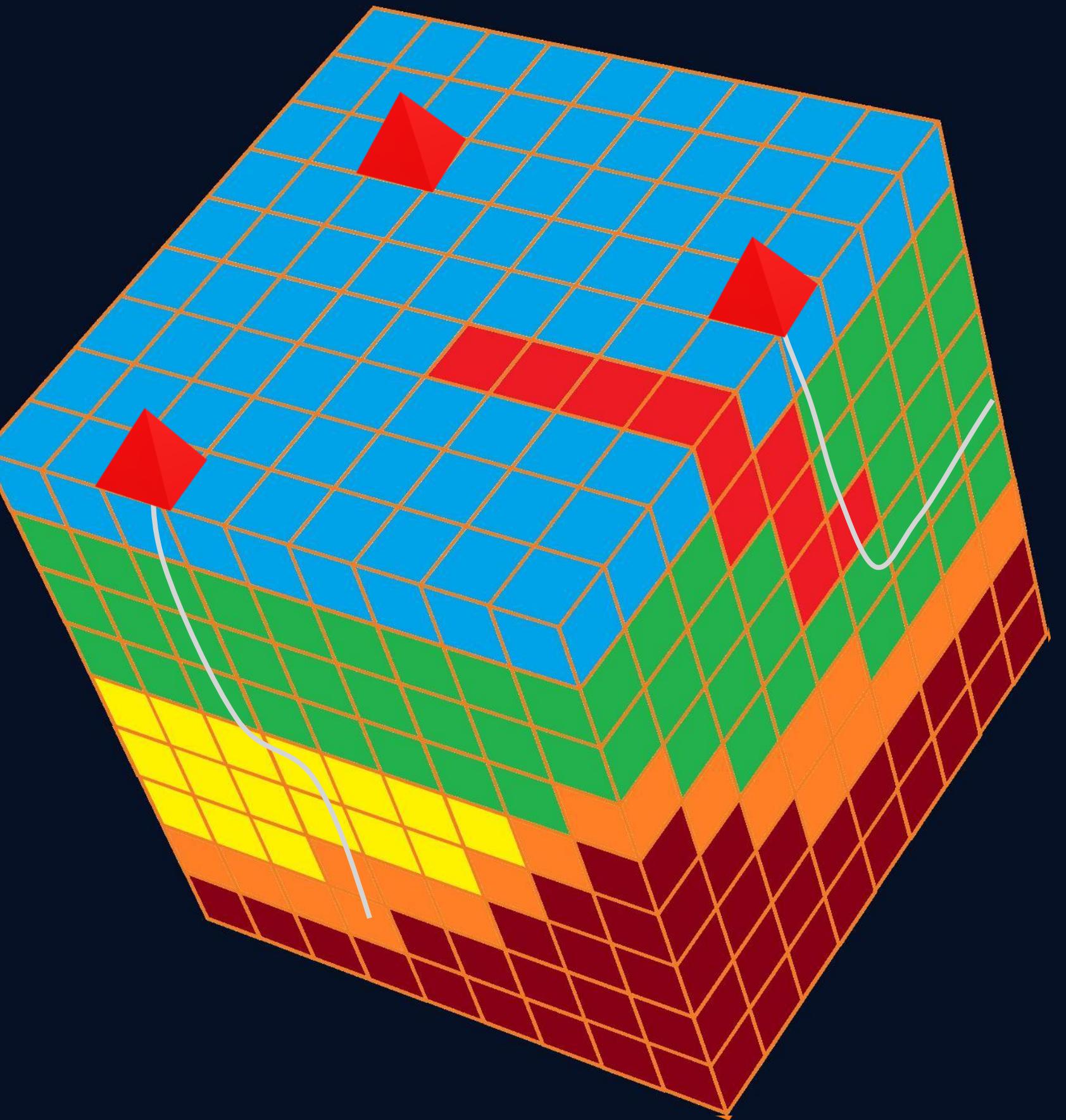


3D геомеханическая модель

расчет напряженно-деформированного состояния
массива горных пород

Данные

- 1D геомеханическая модель
- Структурный каркас, разломы
- Данные о пространственном распределении свойств
- Границные условия

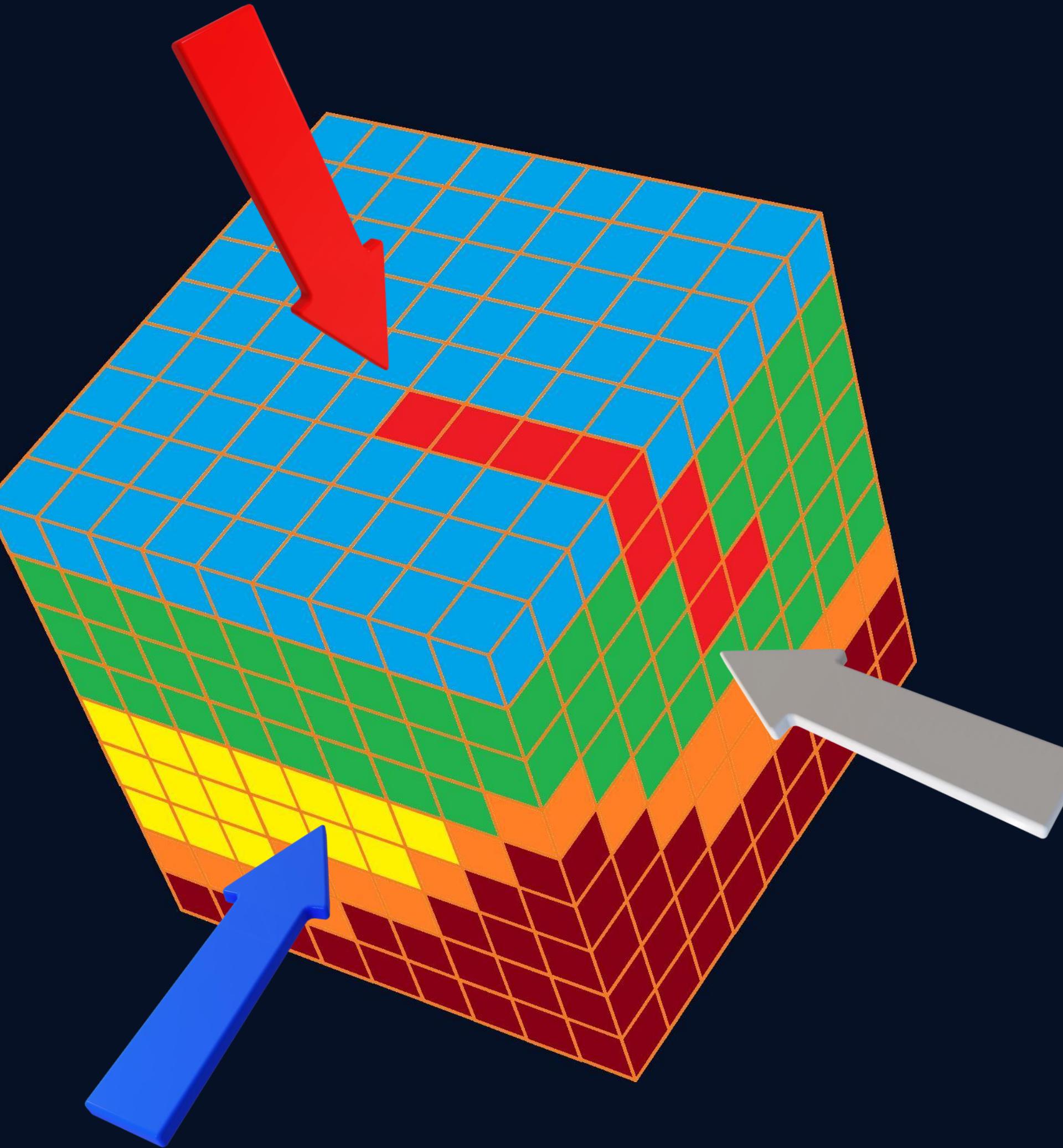


3D геомеханическая модель

расчет напряженно-деформированного состояния
массива горных пород

Данные

- 1D геомеханическая модель
- Структурный каркас, разломы
- Данные о пространственном распределении свойств
- Границные условия

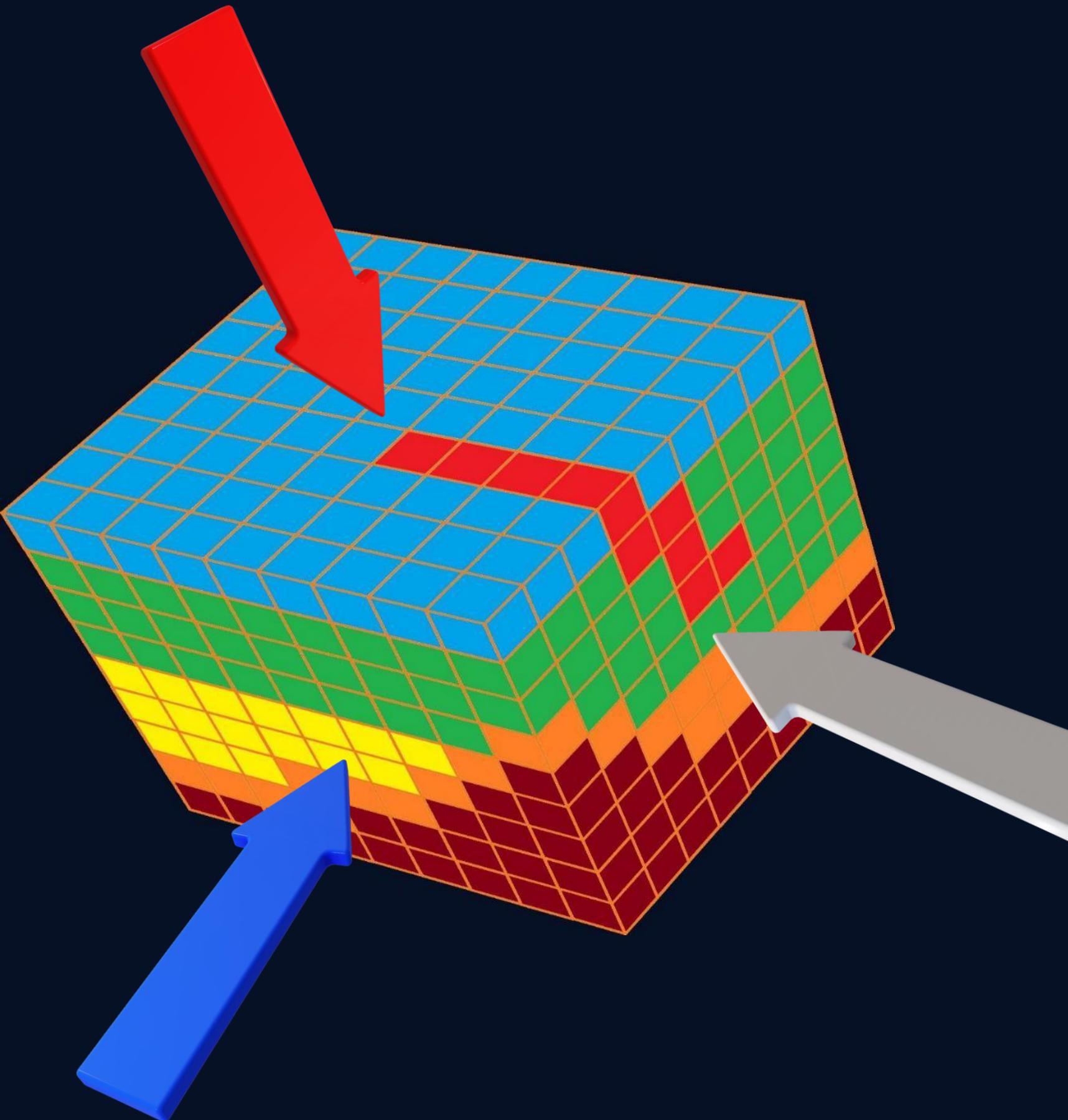


3D геомеханическая модель

расчет напряженно-деформированного состояния
массива горных пород

Данные

- 1D геомеханическая модель
- Структурный каркас, разломы
- Данные о пространственном распределении свойств
- Границные условия



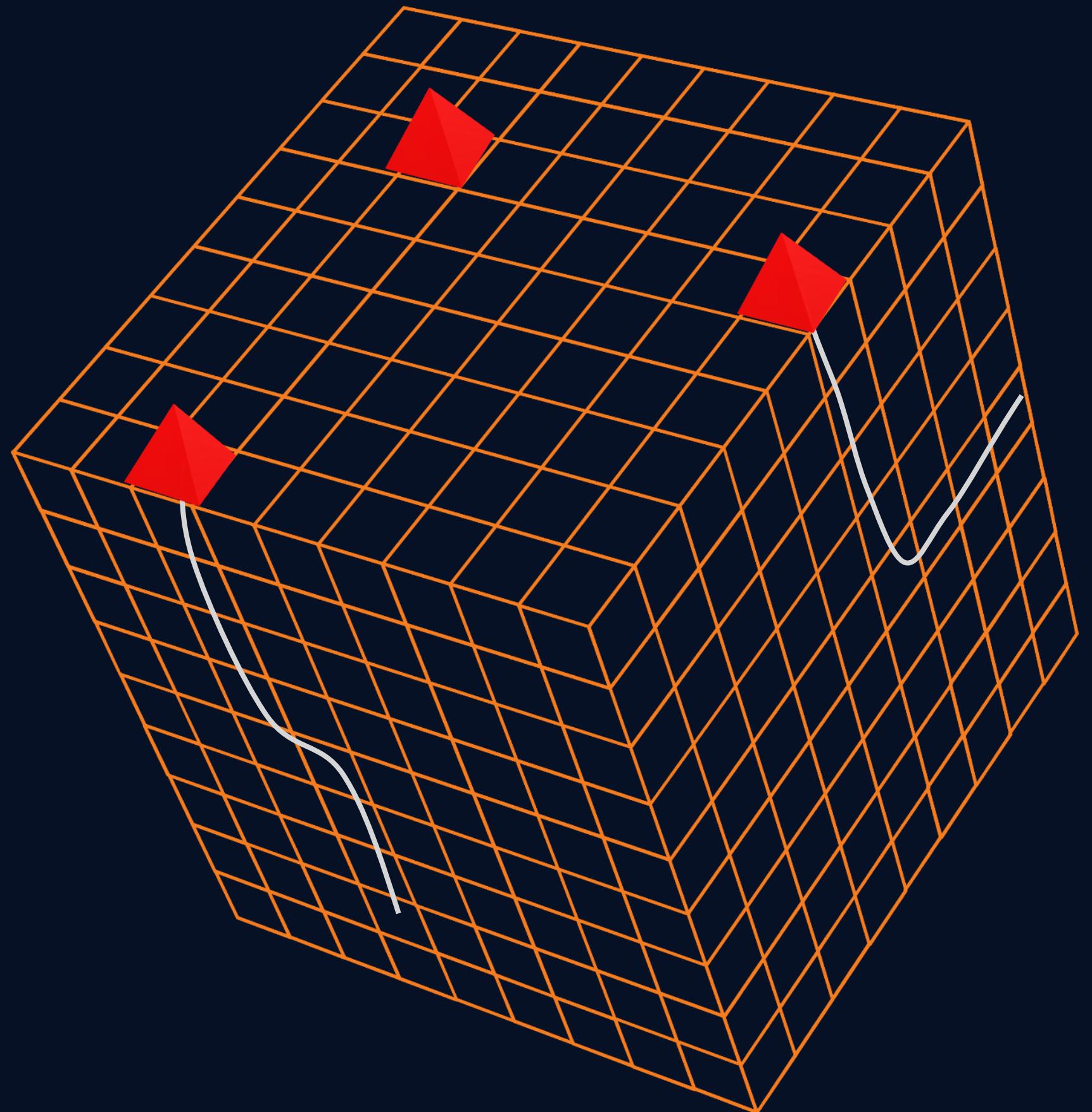
1D моделирование

Результаты

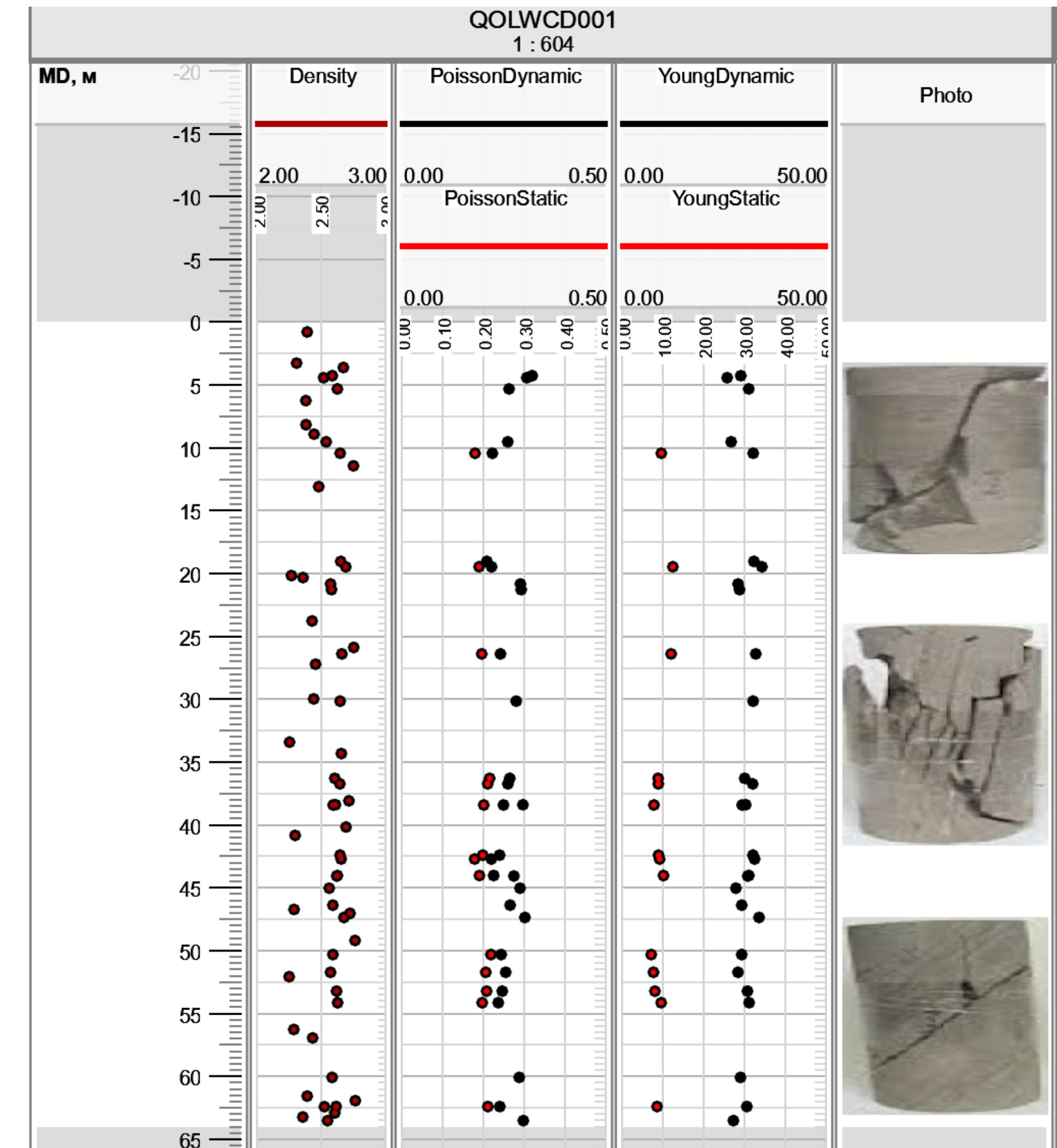
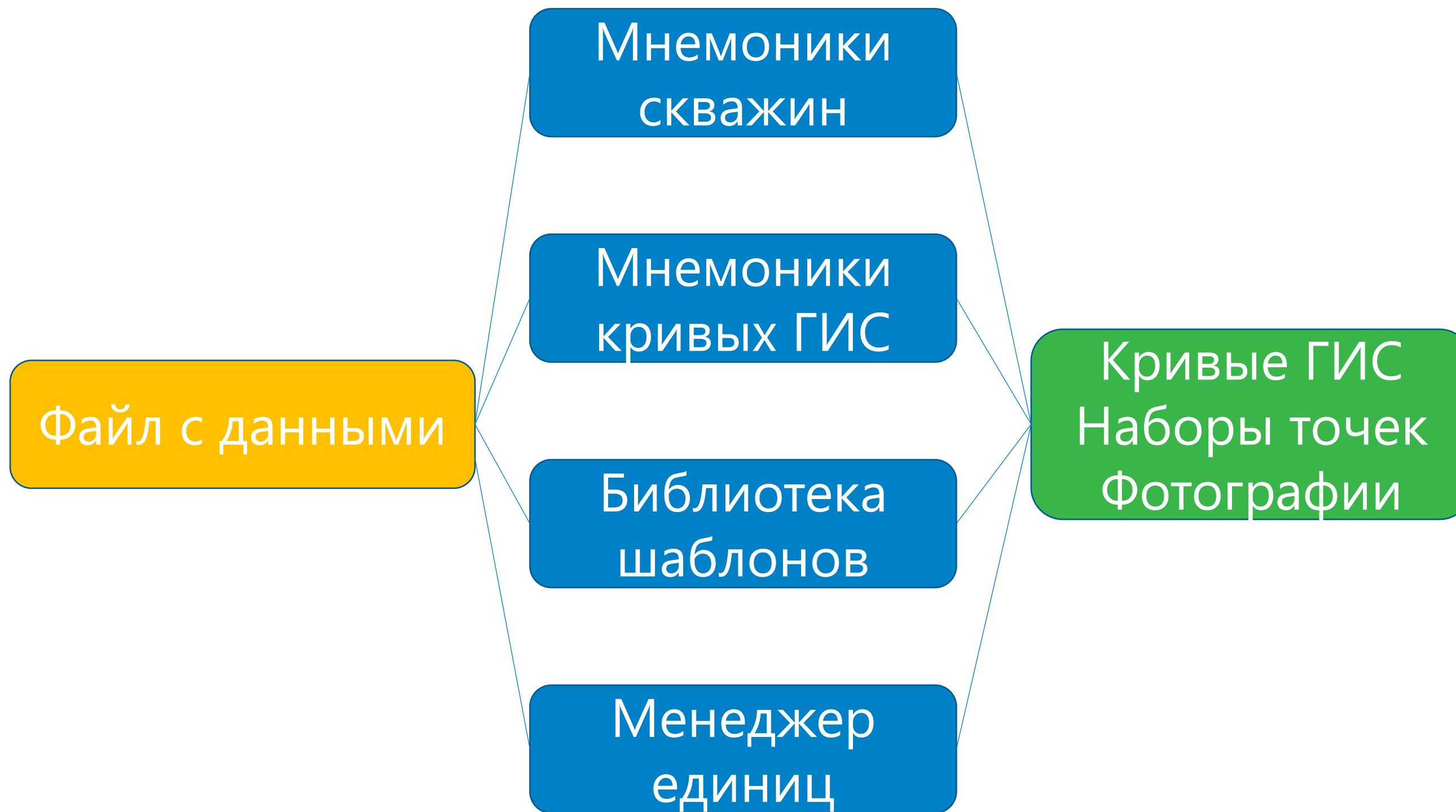
- База данных месторождения
- Список опорных скважин
- Рабочий процесс модели

Входные данные

- Координаты, траектории
- Опробования
- Исследования керна

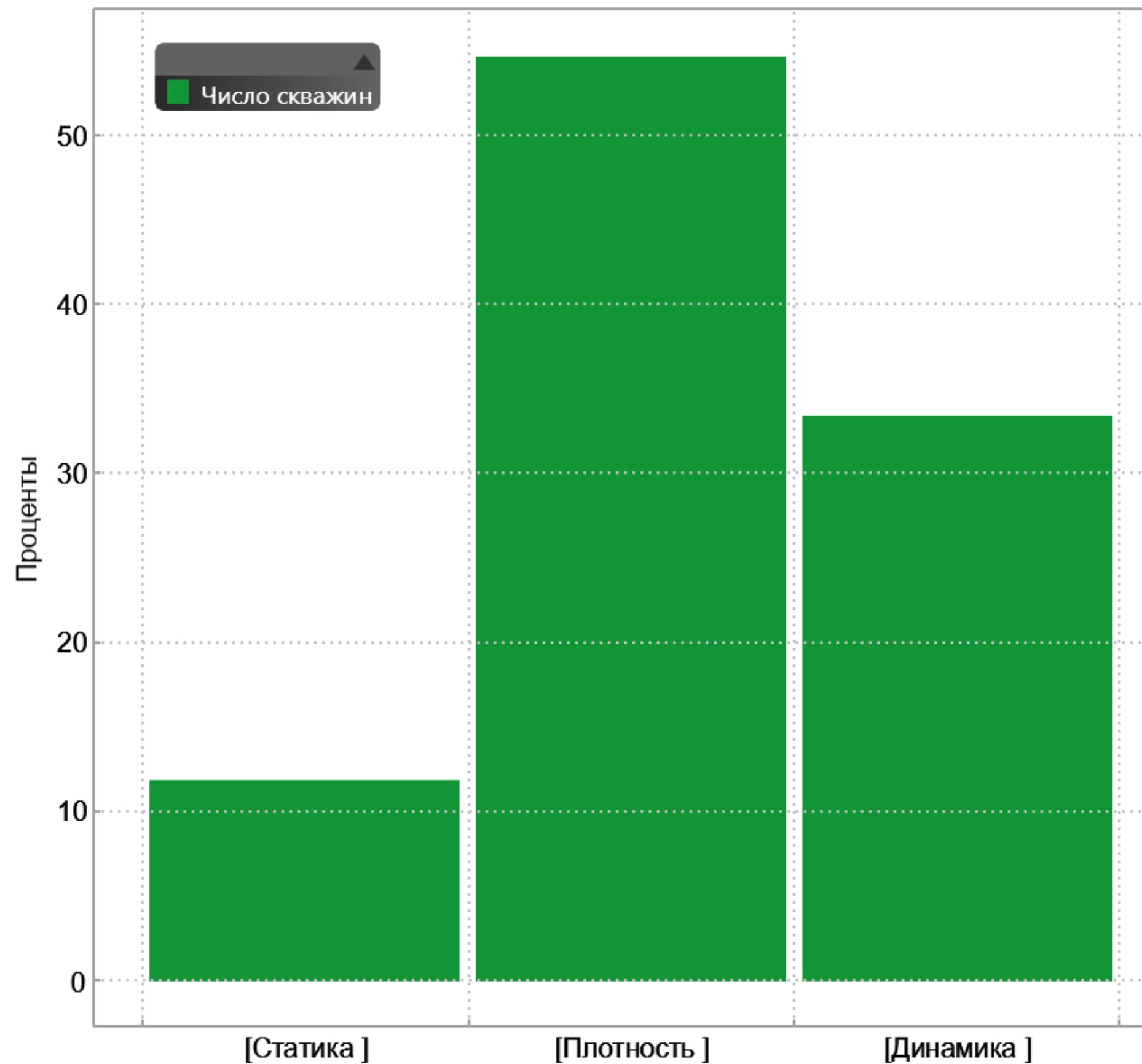


Загрузка и гармонизация данных



Автоматизированный аудит данных

Статистика по наличию данных

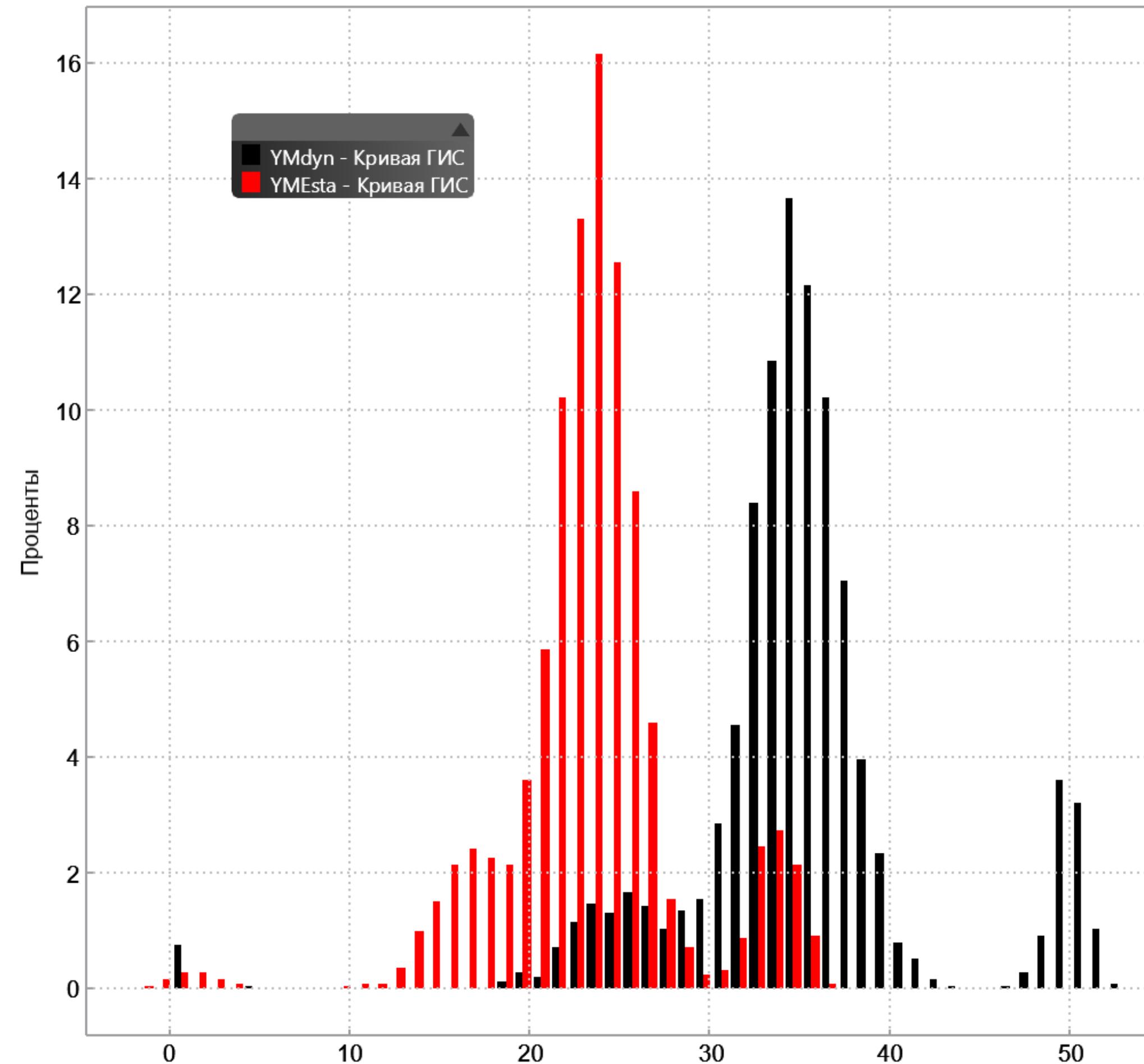


Сводная таблица по скважинам

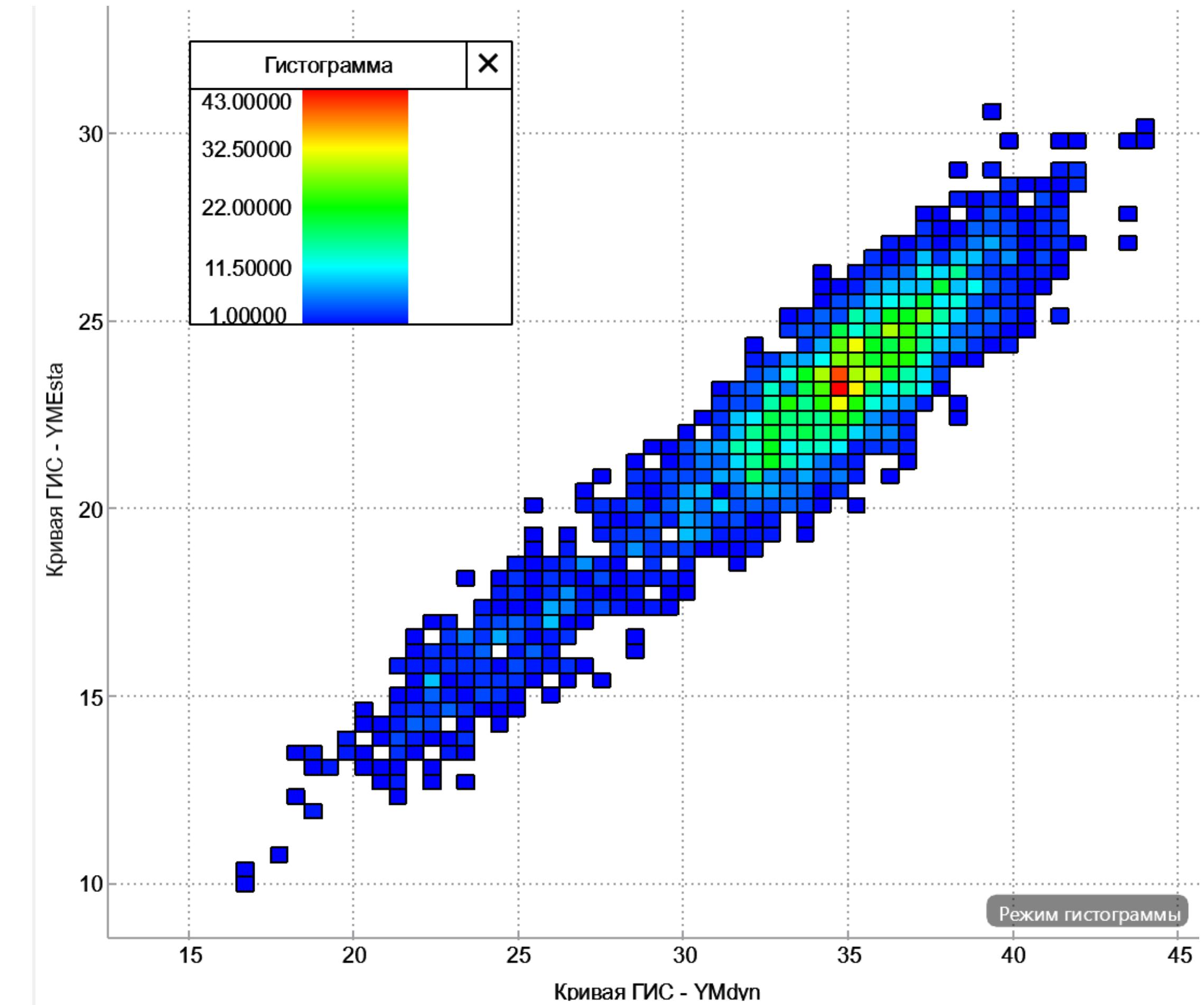
	Скважина	Статика	Плотность	Динамика
1	WCM EX 222	+		+
2	WCM EX 223			+
3	WCM EX 224			+
4	WCM EX 225			+
5	WCM EX 226	+		+
6	WCM EX 227			
7	WCM EX 228		+	
8	WCM EX 229			+
9	WCM EX 230		+	
10	WCM EX 231			+
11	WCM EX 232			

Инструменты анализа данных

Гистограмма



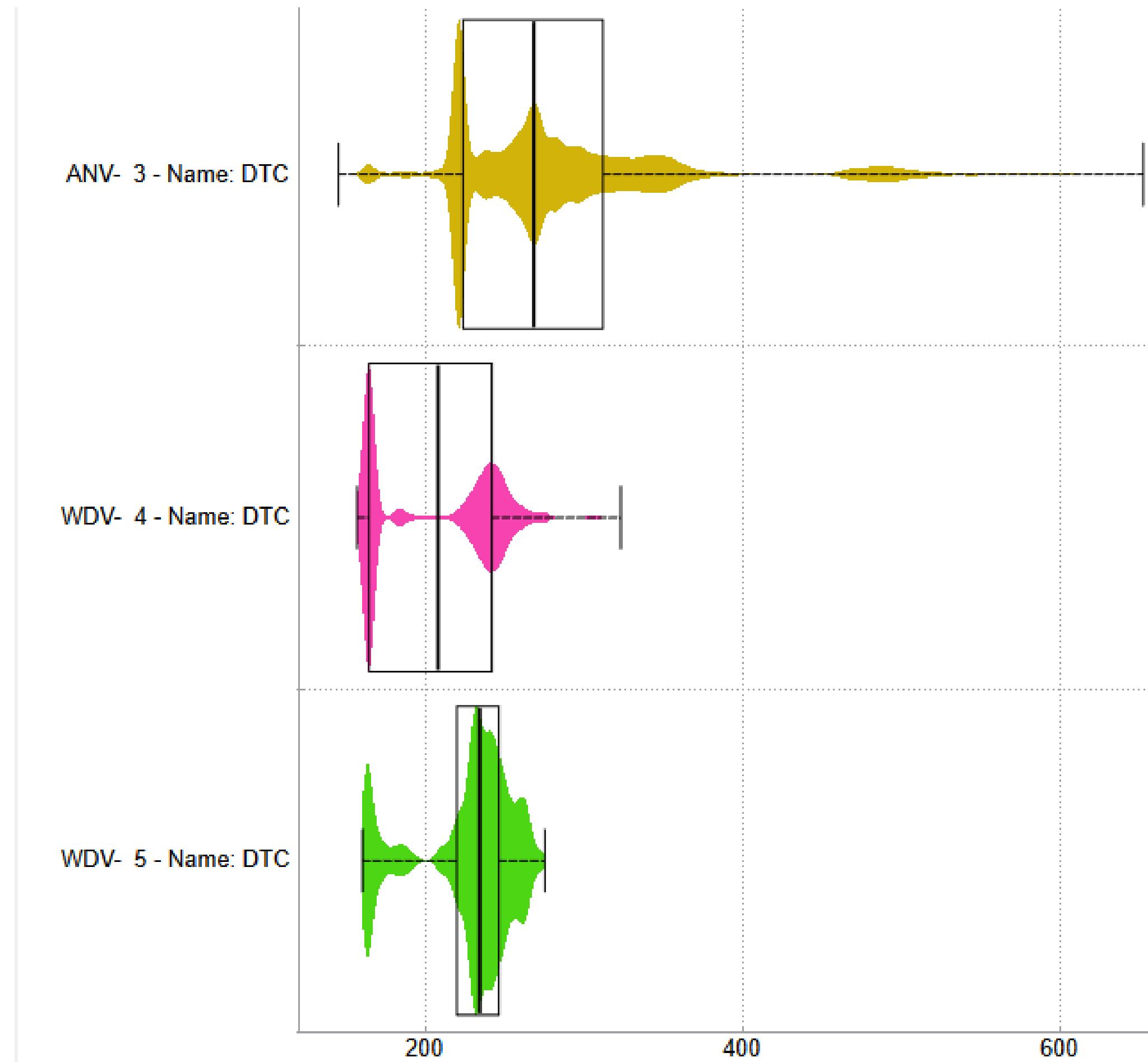
Кроссплот



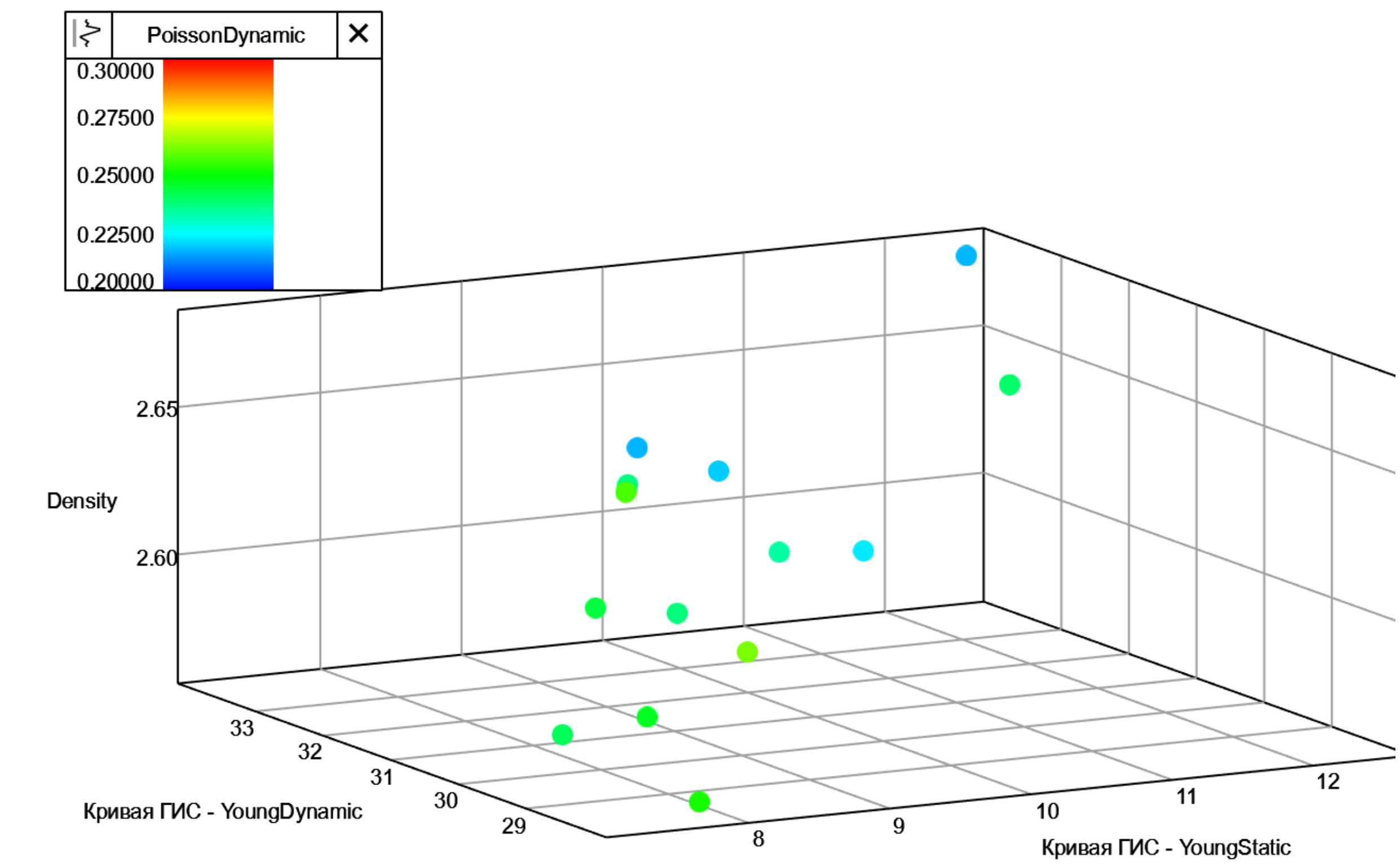
ТНАВИГАТОР

Дополнительные инструменты анализа данных

Боксплоты



3D кроссплот

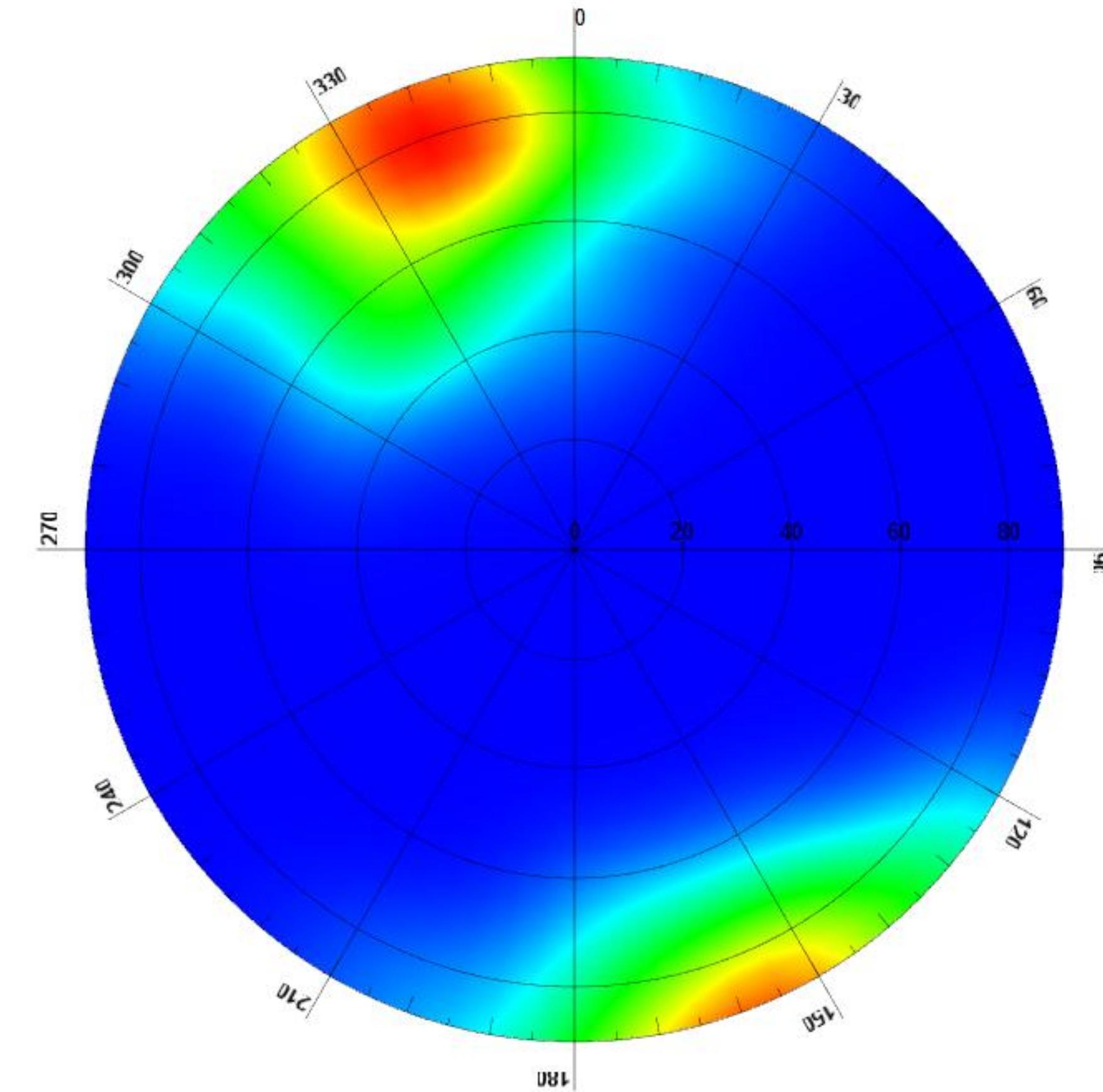


Дополнительные инструменты анализа данных

Разломы и трещины



Стереонет



НАВИГАТОР

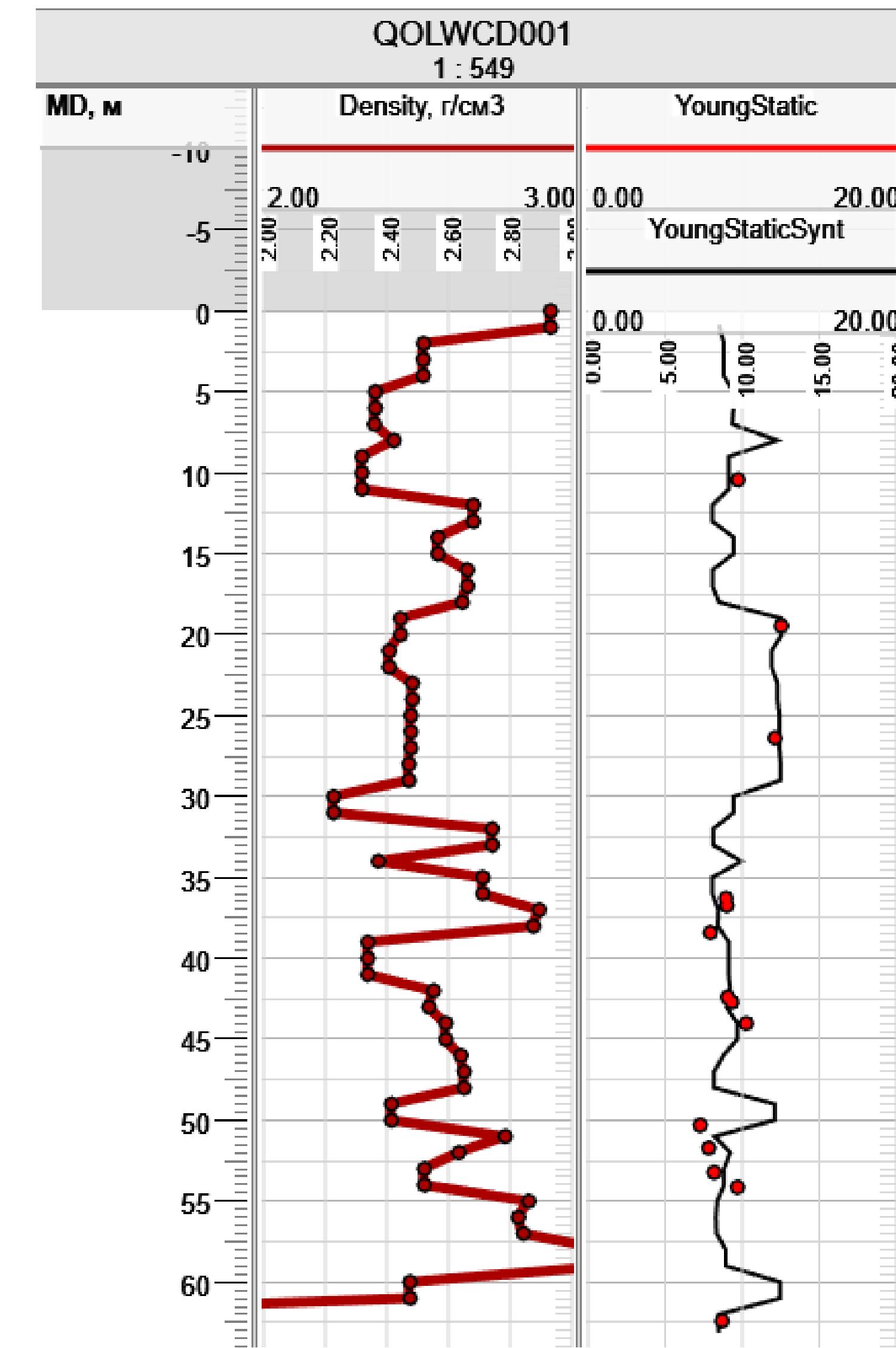
Восстановление данных

Методы

- Кросс-плот
- Линейная регрессия
- Нейронные сети

Подготовка данных

- Подбор признаков
- Удаление некорректных значений
- Нормализация данных
- Деление на механотипы



Расчет упруго-прочностных свойств

Геомеханика 1D

- Синтетическая плотность
- Напряжение вышележащих пород
- Поровое давление
- Динамические параметры
- Статический модуль Юнга
- Статический коэффициент Пуассона
- Статический модуль сдвига и объемной упругости
- Коэффициент Био
- Неограниченная прочность на сжатие
- Прочность на разрыв по неограниченной прочности на сжатие
- Угол внутреннего трения
- Горизонтальные напряжения
- Мин. и макс. тектоническая деформация (модель Kidambi и Kumar)
- Устойчивость ствола скважины
- Градиент раскрытия трещин

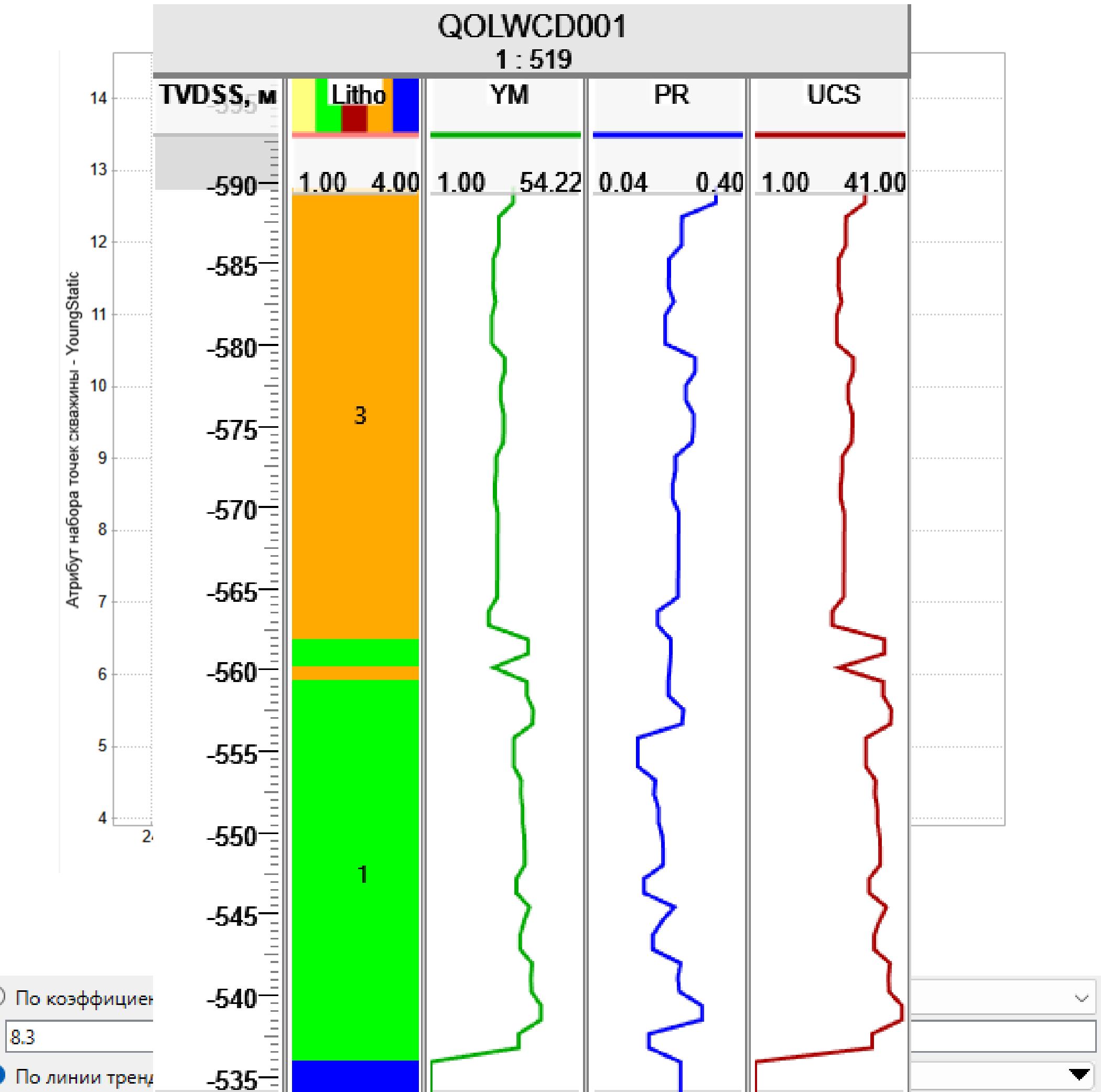
Фуллер
Моралес
Пламб

Криф
Мекпро
Климентос

Пламб
Коатес
Ржевский

От ГК
Вайнгартен
Пламб

Задать функцию:



Расчет модели напряжений

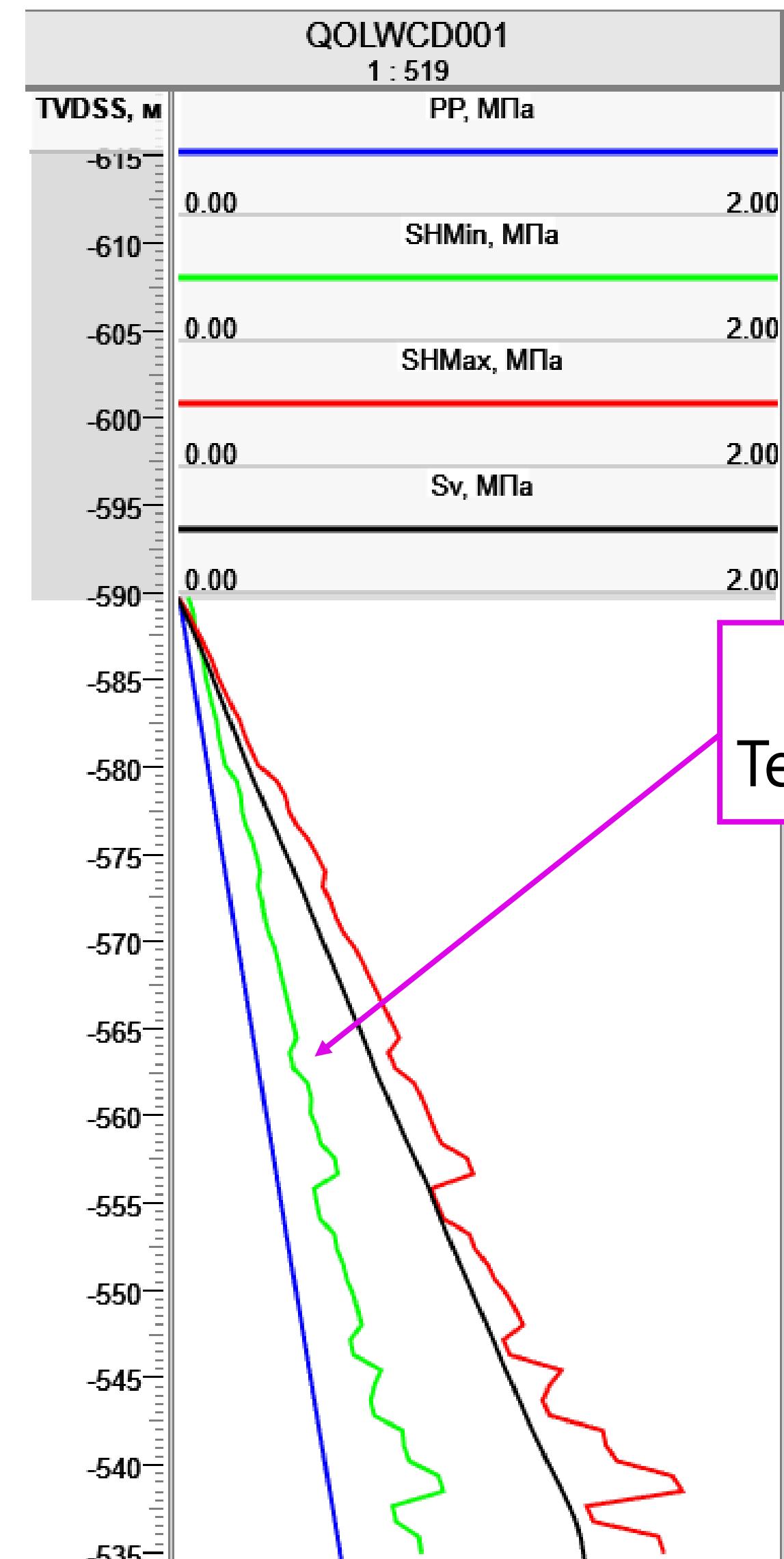
Geomechanika 1D

- [Синтетическая плотность](#)
- [Напряжение вышележащих пород](#)
- [Поровое давление](#)
- [Динамические параметры](#)
- [Статический модуль Юнга](#)
- [Статический коэффициент Пуассона](#)
- [Статический модуль сдвига и объемной упругости](#)
- [Коэффициент Био](#)
- [Неограниченная прочность на сжатие](#)
- [Прочность на разрыв по неограниченной прочности на сжатие](#)
- [Угол внутреннего трения](#)
- [Горизонтальные напряжения](#)
- [Мин. и макс. тектоническая деформация \(модель Kidambi и Kumar\)](#)
- [Устойчивость ствола скважины](#)
- [Градиент раскрытия трещин](#)

Экстраполяция
Миллер
Вендт
Гарднер
АМОКО

Гидростат
Итон
Бауэрс
Трауготт
Дутта

Тектонич. деформации
Критерий Мора-Кулона
Линейная



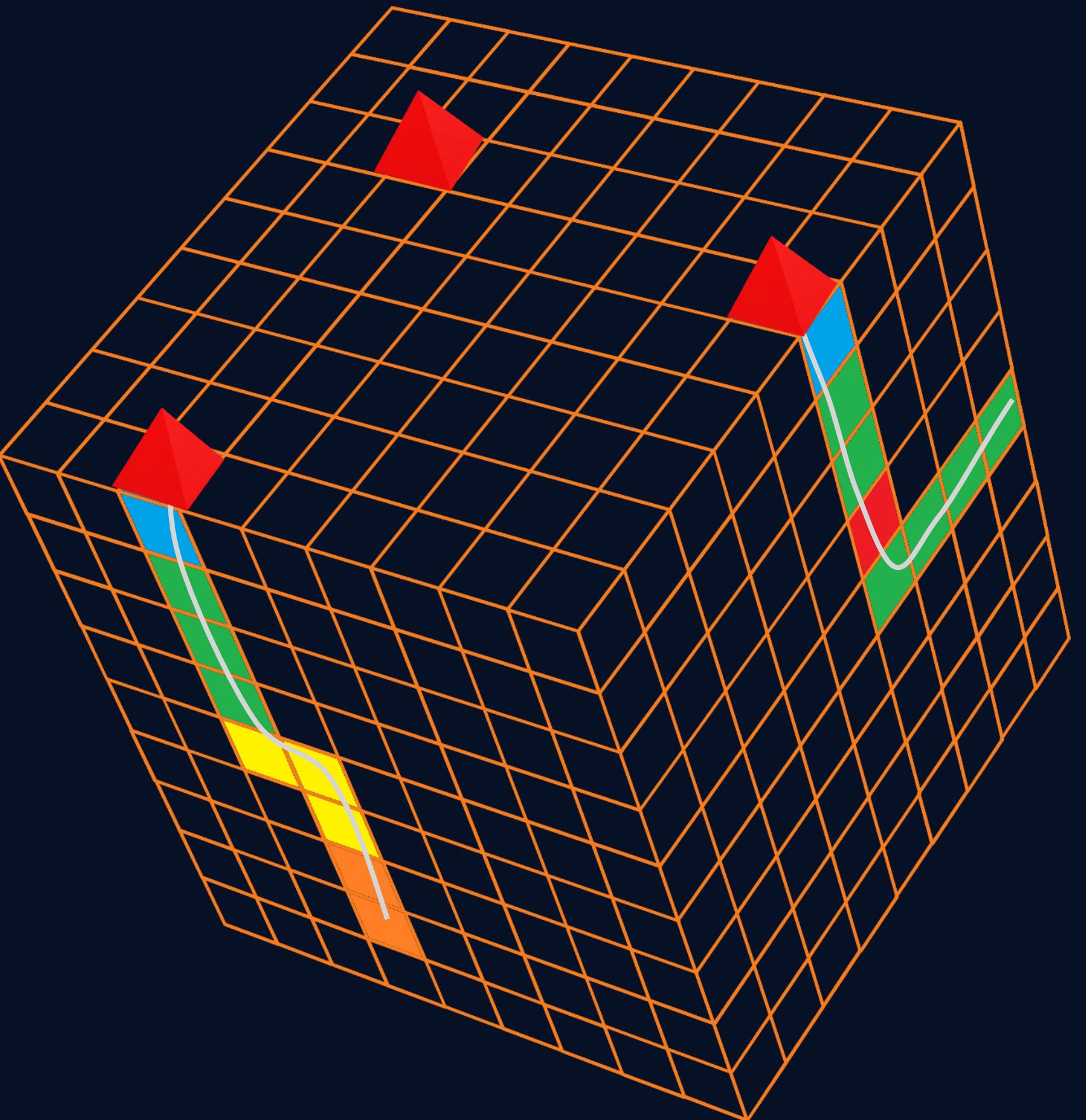
3D моделирование

Результат

Упруго-прочностные свойства массива

Входные данные

- 1D геомеханическая модель
- Структурный каркас, разломы
- Данные о пространственном распределении свойств



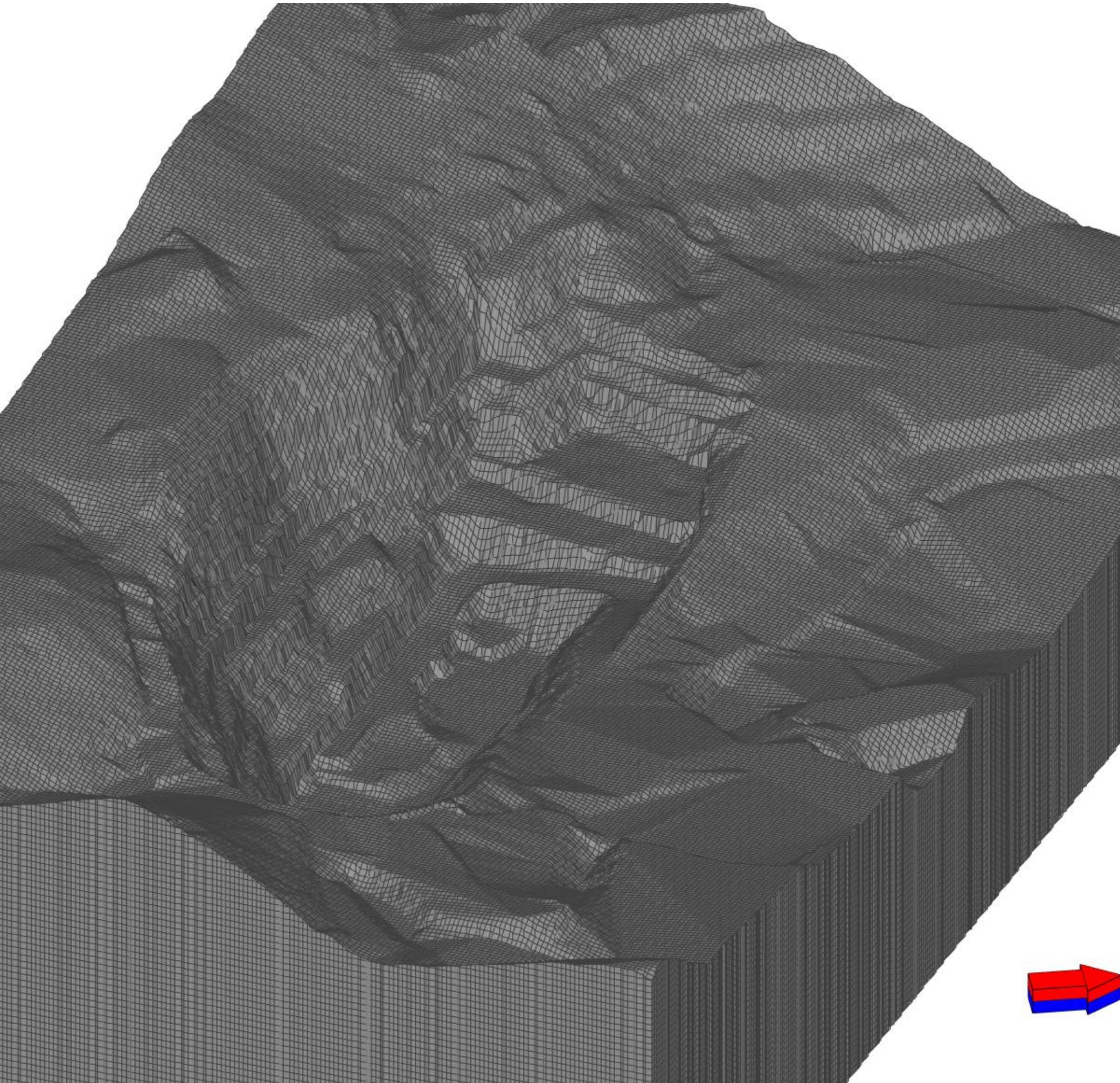
Подготовка расчетной сетки

Этапы

- Геологическая сетка
- Геомеханическая сетка
- Single Material Test

Инструменты редактирования

- Создать расширенную сетку
- Upscaling
- Downscaling
- LGR



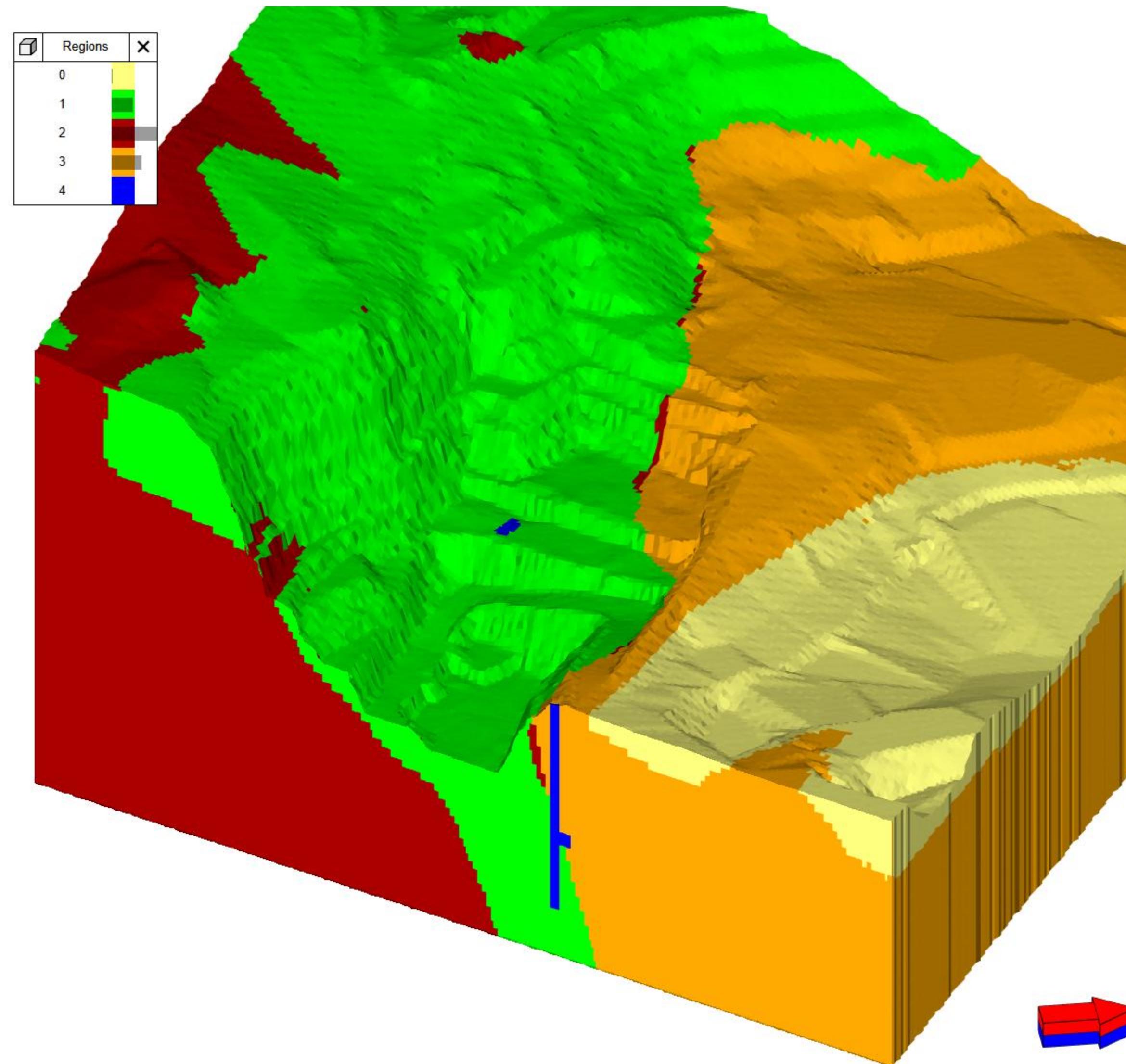
Выделение доменов

Методы

- Условное моделирование
- Логические операции

Исходные данные

- Геотела
- Опробования
- Поверхности контактов
- Топографические поверхности



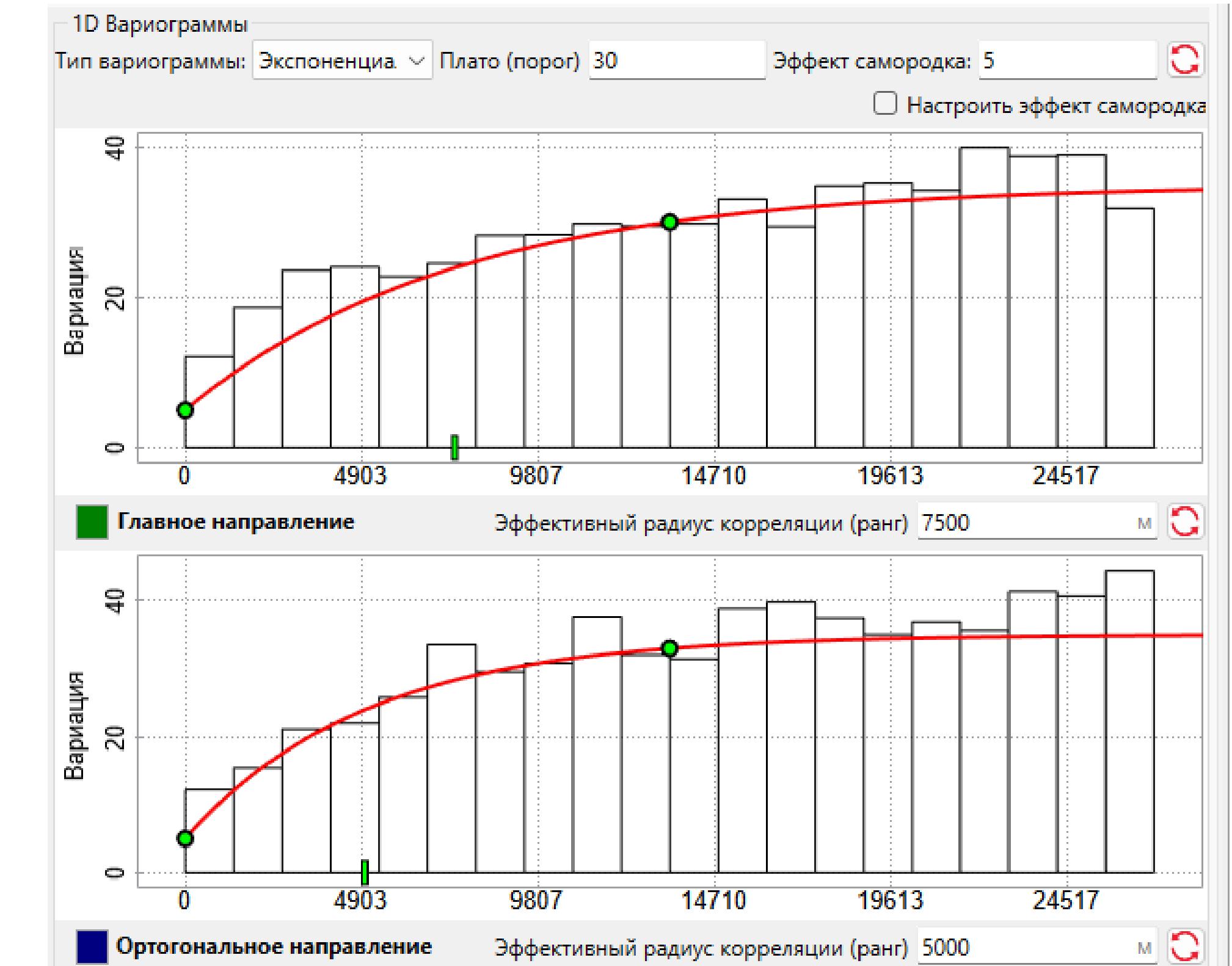
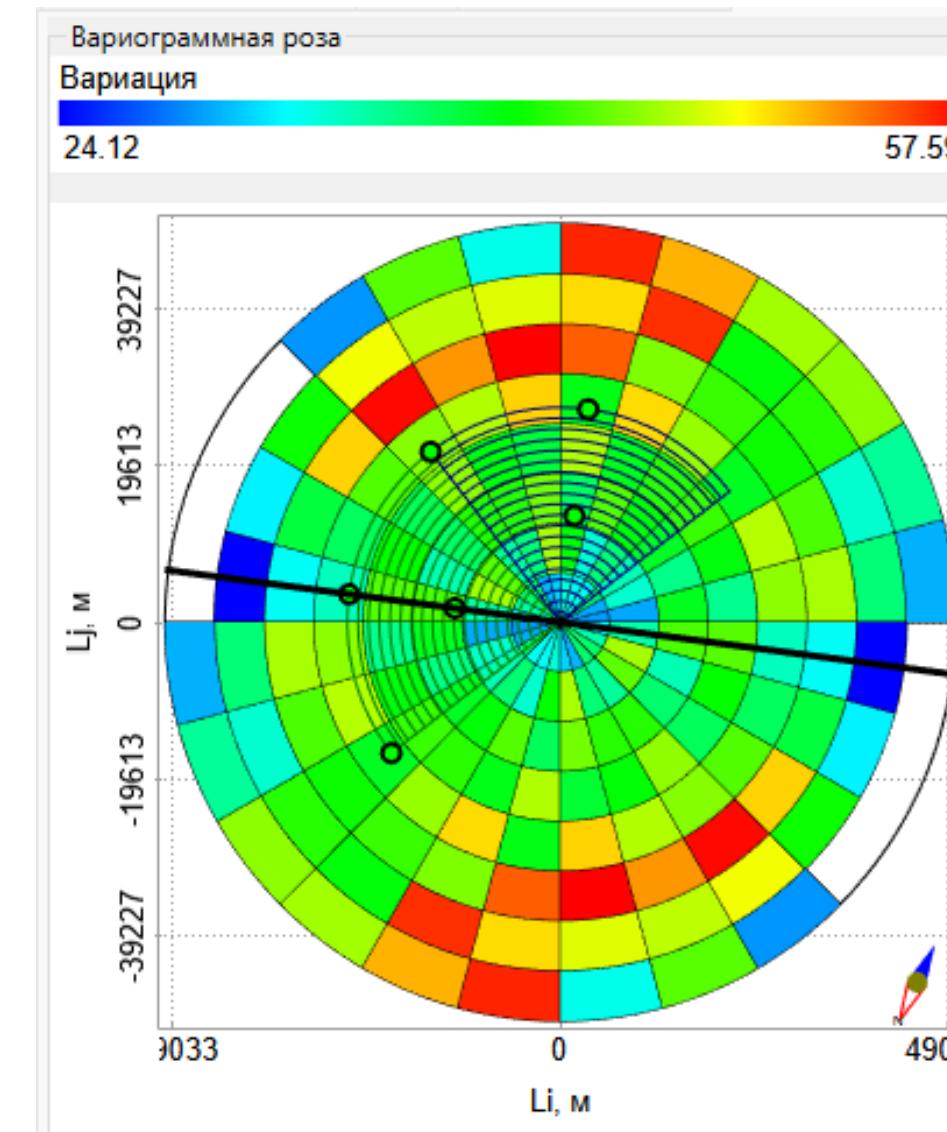
Распространение свойств

Этапы

- BlockedWells
- Вариограммный анализ
- Детерминированные и стохастические модели

Дополнительные инструменты

- Куб механотипов
- Тренды



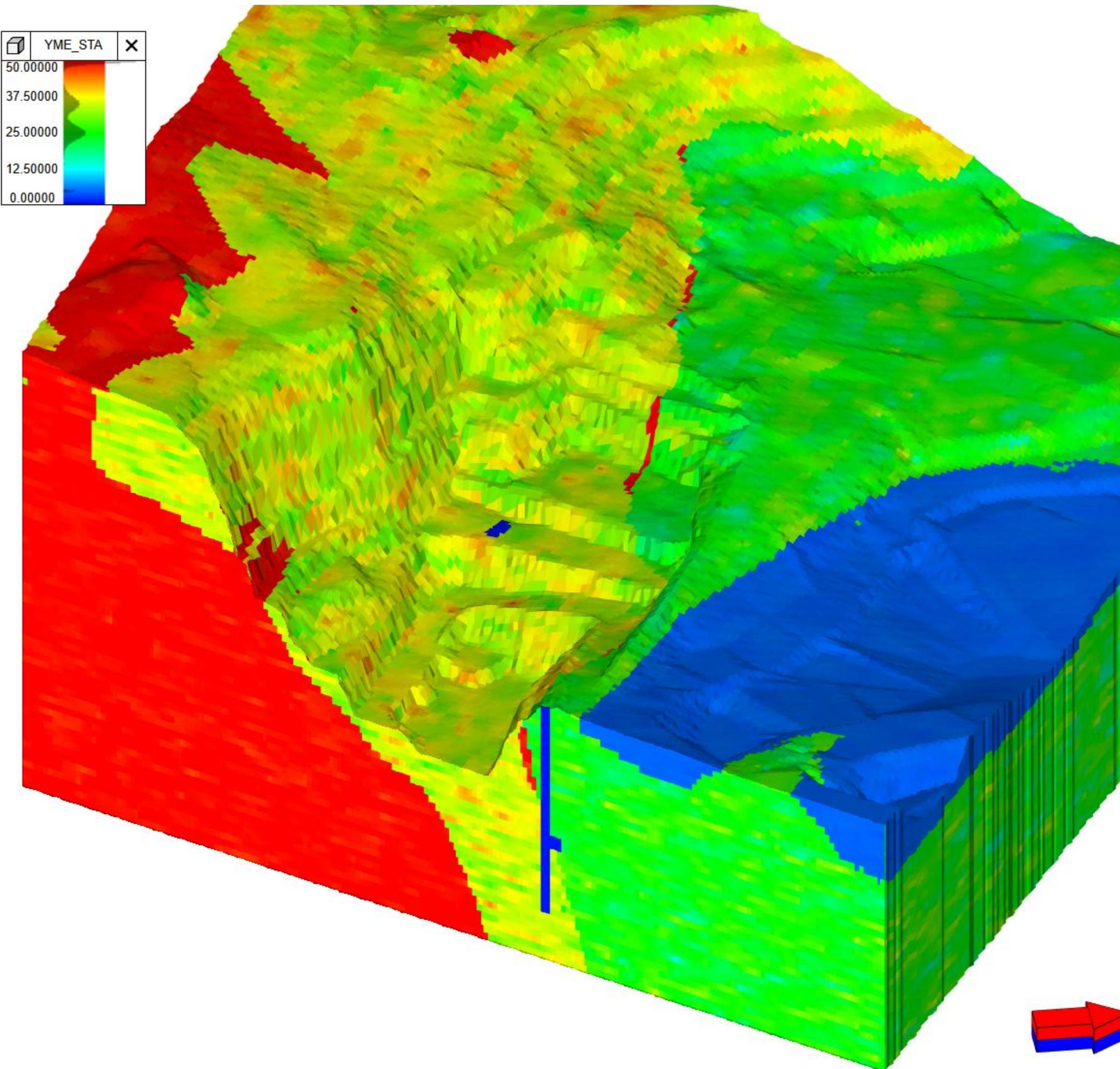
Распространение свойств

Этапы

- 3D Композиты
- Вариограммный анализ
- Детерминированные и стохастические модели

Дополнительные инструменты

- Куб mechanотипов
- Тренды



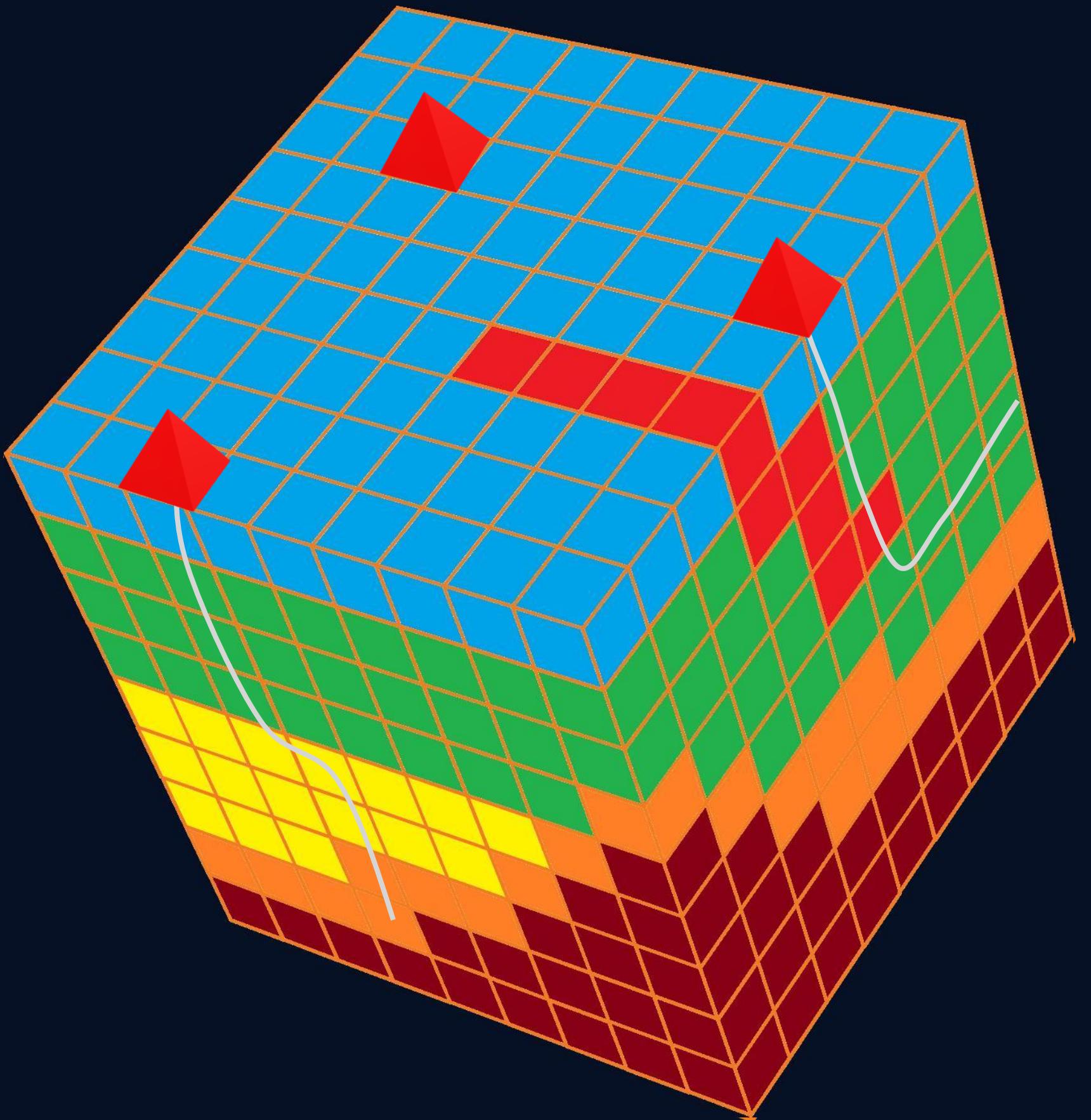
Запуск симулятора

Результат

Напряженно-деформированное состояние массива

Входные данные

- Расчетная сетка
- Упруго-прочностные свойства массива
- Границные условия



Ключевые слова

Гидродинамика

- Насыщение
- Пористость, проницаемость
- ОФП, PVT

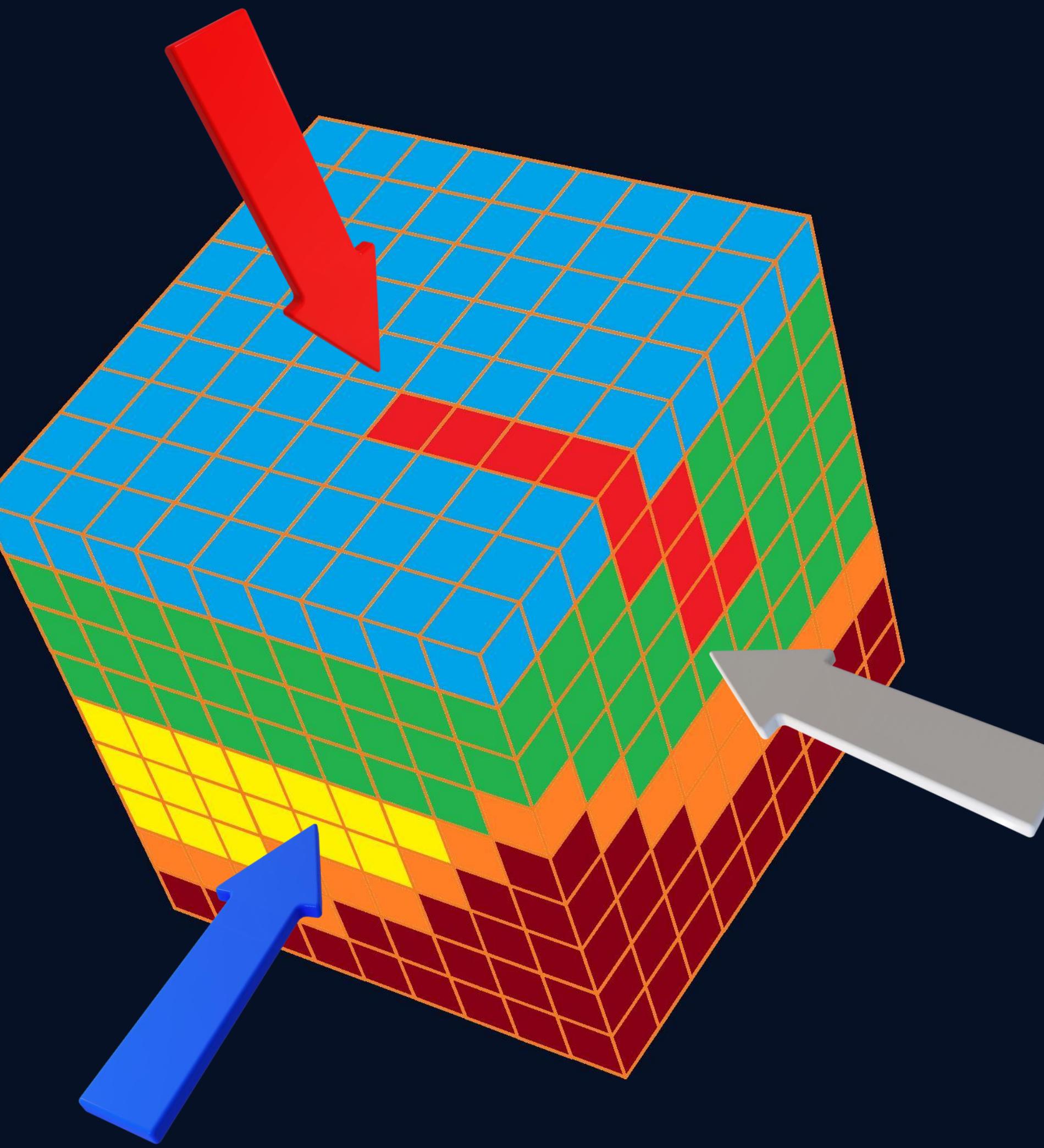
Геомеханика

- Плотность породы
- Модули упругости
- Начальные условия (напряжения, смещения)

Опционально

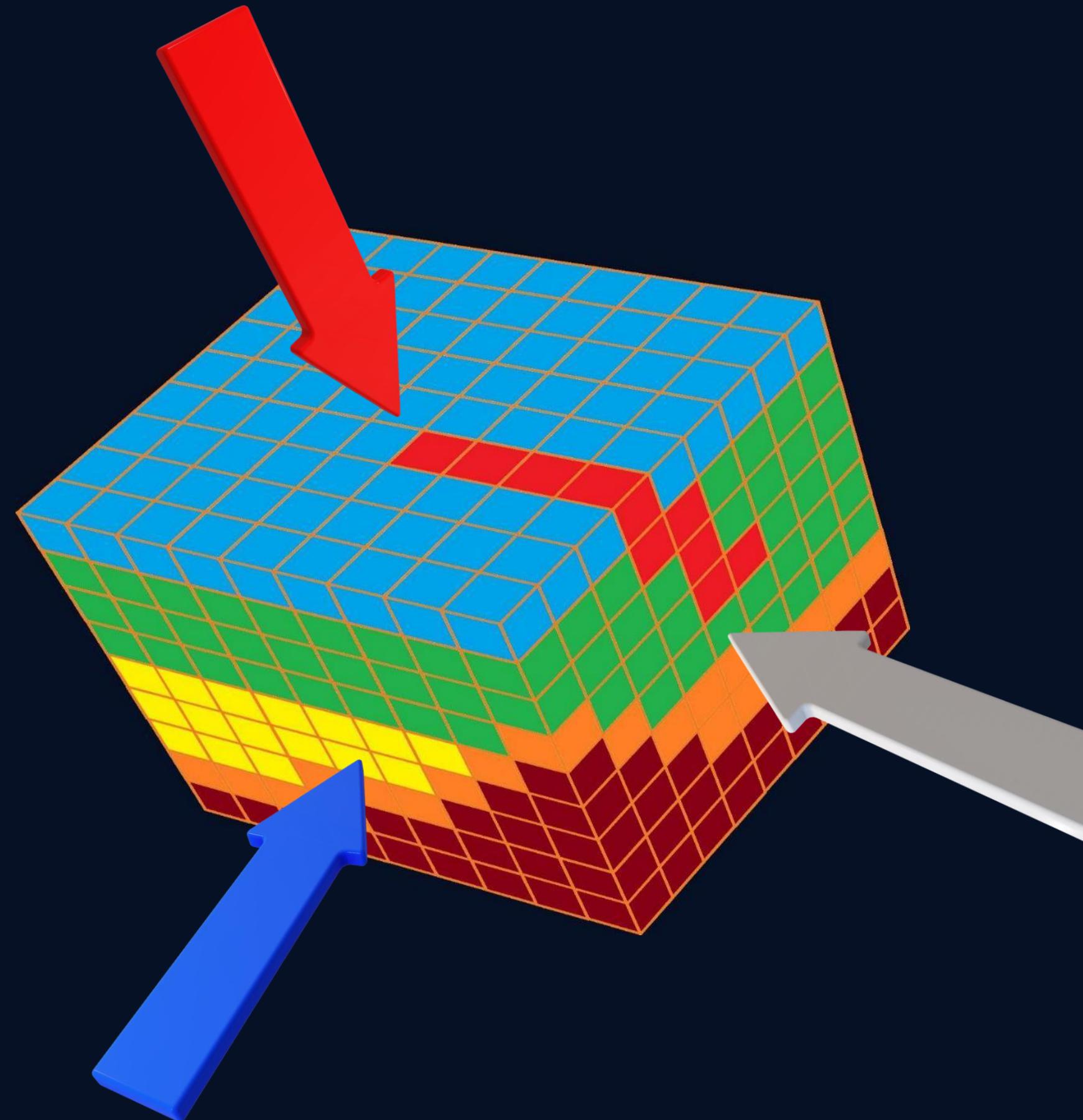
- Критерий обрушения
- Критерий пластической деформации

	Описание	Кл. слово	Компонента	Свойство	Постоянная
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальная насыщ. водой	SWAT			<input type="text"/> 1
<input checked="" type="checkbox"/>	Проницаемость по X	PERMX			<input type="text"/> 0.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Проницаемость по Y	PERMY			<input type="text"/> 0.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Проницаемость по Z	PERMZ			<input type="text"/> 0.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Пористость	PORO			<input type="text"/> 0.25
<input checked="" type="checkbox"/>	Регионы геомеханики	GMNUM			<input type="text"/> GMNUM
<input checked="" type="checkbox"/>	Плотность породы	ROCKDEN			<input type="text"/> DENSITY_
<input checked="" type="checkbox"/>	Модуль Юнга	YOUNGMOD			<input type="text"/> YME_SIM
<input checked="" type="checkbox"/>	Коэффи. Пуассона	POISSONR			<input type="text"/> PR
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальный стресс для геомеханики	STRESSINIT	1		<input type="text"/> SH_MIN_S
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальный стресс для геомеханики	STRESSINIT	2		<input type="text"/> SH_MAX_S
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальный стресс для геомеханики	STRESSINIT	3		<input type="text"/> SV_SIM
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальный стресс для геомеханики	STRESSINIT	4		<input type="text"/> 0
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальный стресс для геомеханики	STRESSINIT	5		<input type="text"/> 0
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальный стресс для геомеханики	STRESSINIT	6		<input type="text"/> 0
<input checked="" type="checkbox"/>	Угол внутреннего трения	THETA			<input type="text"/> FA
<input checked="" type="checkbox"/>	Когезия	COHESION			<input type="text"/> 0
<input checked="" type="checkbox"/>	Начальное давление	PRESSURE			<input type="text"/> PP_SIM
<input checked="" type="checkbox"/>	Константа Био для взаимодействия п...	BIOTC			<input type="text"/> Biot
<input checked="" type="checkbox"/>	Угол дилатации	DILANGLEMAP			<input type="text"/> 5
<input checked="" type="checkbox"/>	Предел текучести	YLDSTRESSMAP			<input type="text"/> UCS_SIM
<input checked="" type="checkbox"/>	Коэффи. пластичности	PLASTICCOEFM...			<input type="text"/> 1e-06



HPM

Роль геомеханики?



Результаты расчета в симуляторе

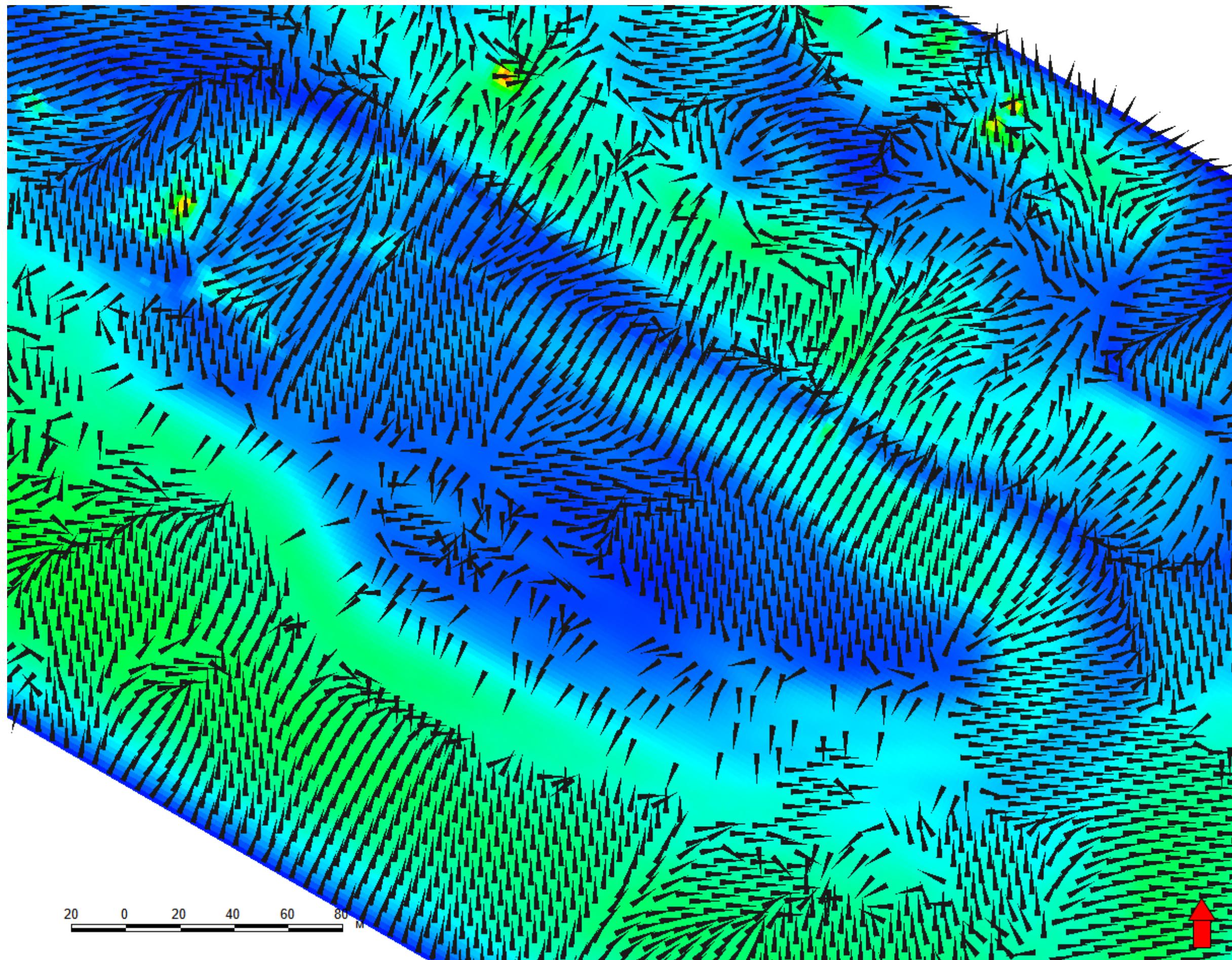
Расчитанные свойства

- Тензор напряжений
- Тензор деформаций
- Тензор смещений
- Тензор пластических деформаций
- Векторные поля

Калибровочная информация

- Тензометры
- Гидроразрыв пласта
- Карты смещений

Поле смещений



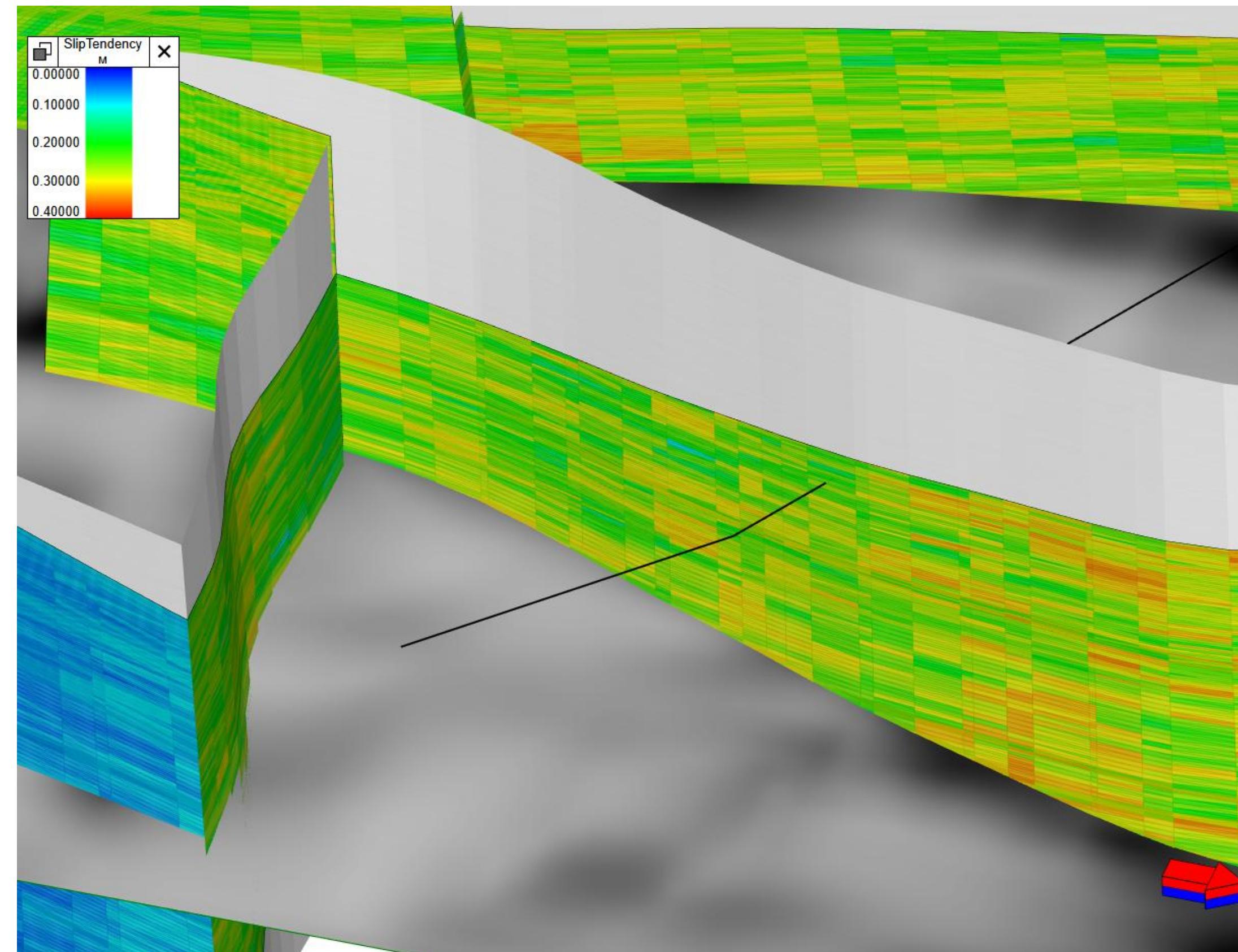
Расчет НДС в плоскости разломов

Входные данные

- Разломы / разломы сетки
- Тензор напряжений

Выходные атрибуты разломов

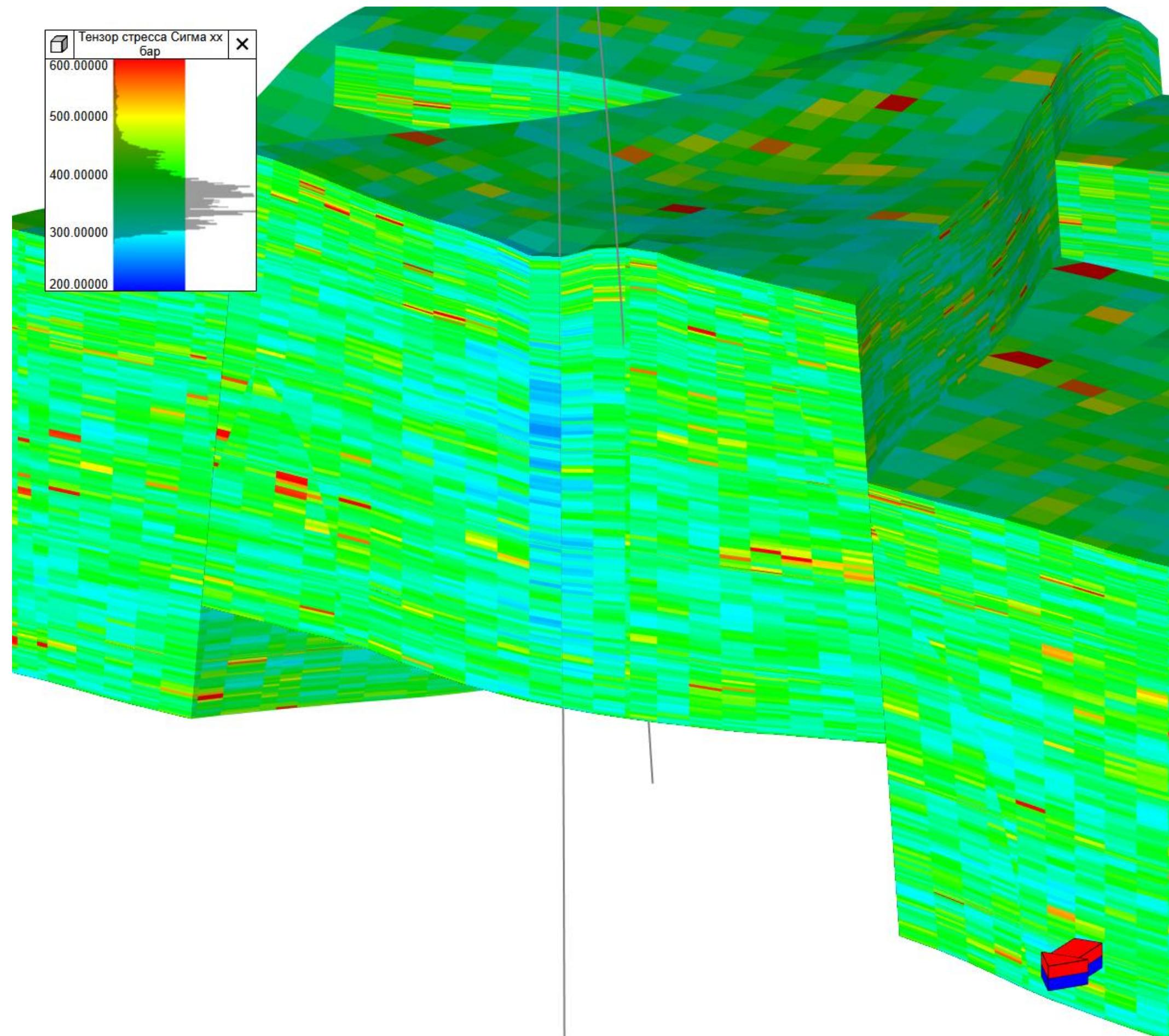
- Slip Tendency
- Dilation Tendency



Геомеханика и расчет фильтрации

Задачи

- Дегазация пласта
- Расчет НДС
- Реактивация разрывных нарушений



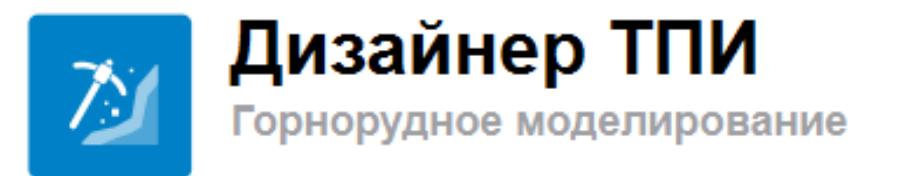
Интеграция с другими дисциплинами в тНавигатор

Автообновление модели

- Новые данные
- Изменение топографии
- Геологическая модель

Автокалибровка модели

- Недостаток данных
- Неопределенности модели
- Сложность ручной калибровки



Дизайнер ТПИ

Горнорудное моделирование



Дизайнер Моделей

Создание, расчёт и анализ динамических моделей и интегрированных проектов



Симулятор ГРП

Моделирование трещин гидроразрыва пласта



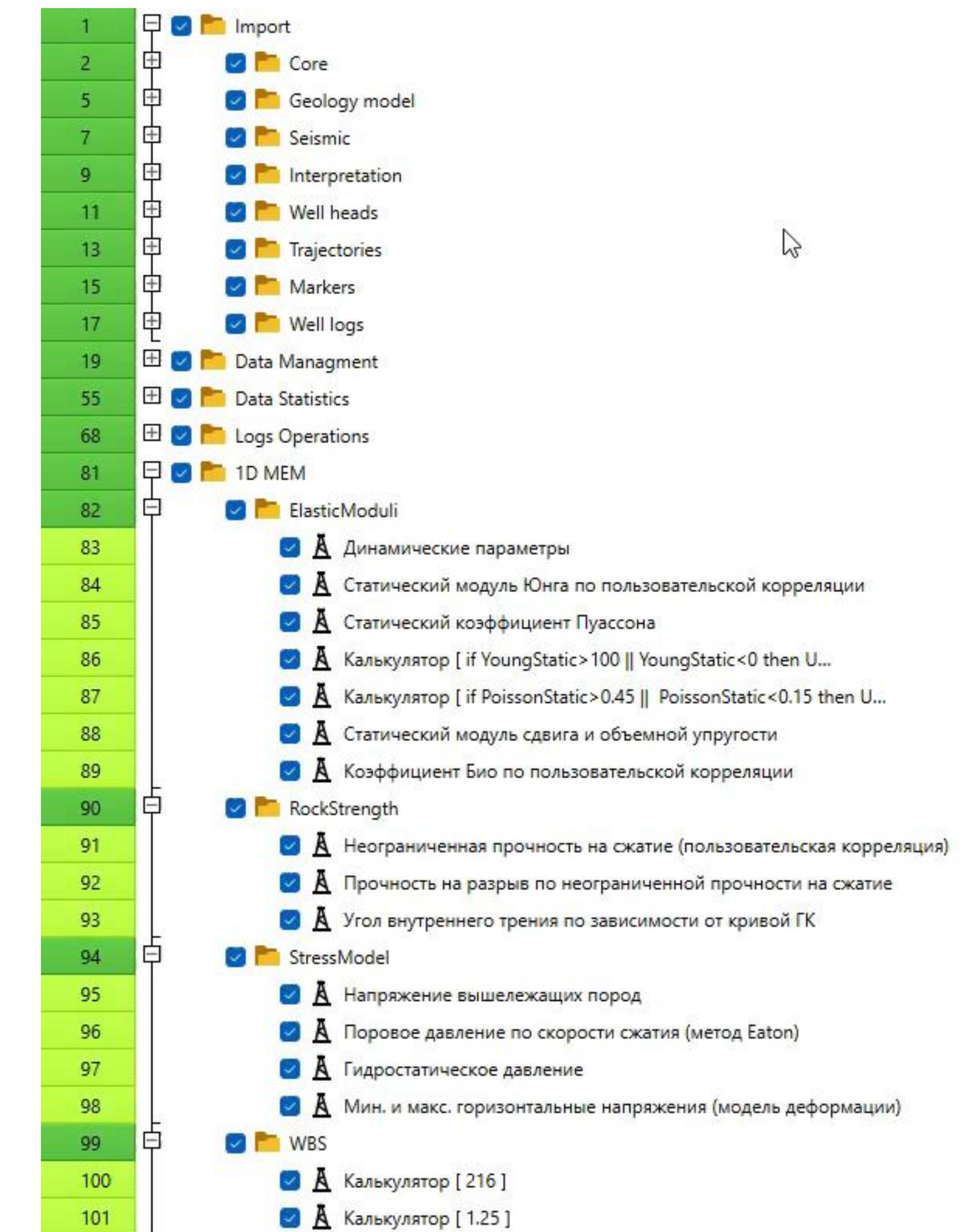
Расчёт

Модели чёрной нефти, композиционные, термические и интегрированные

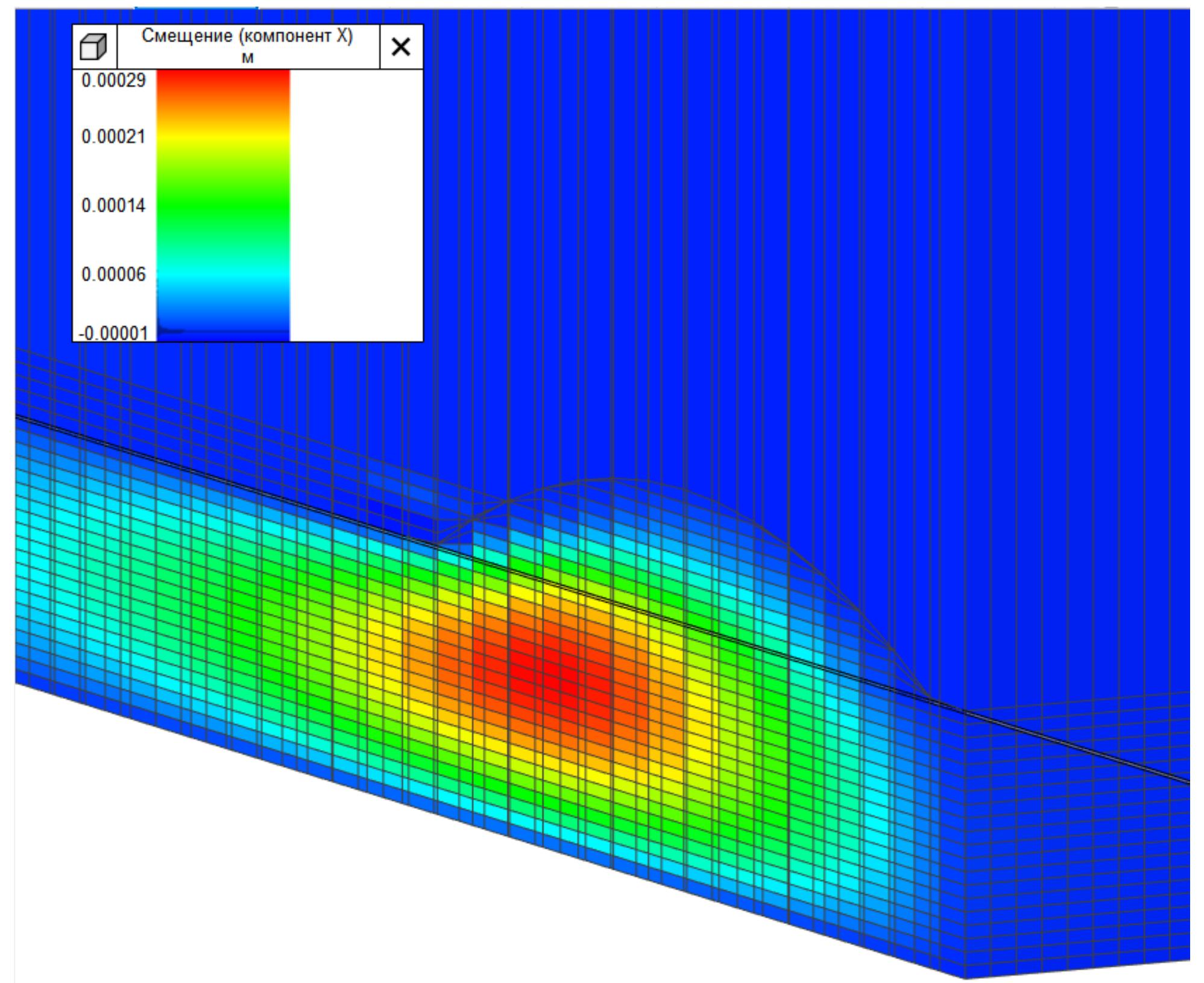
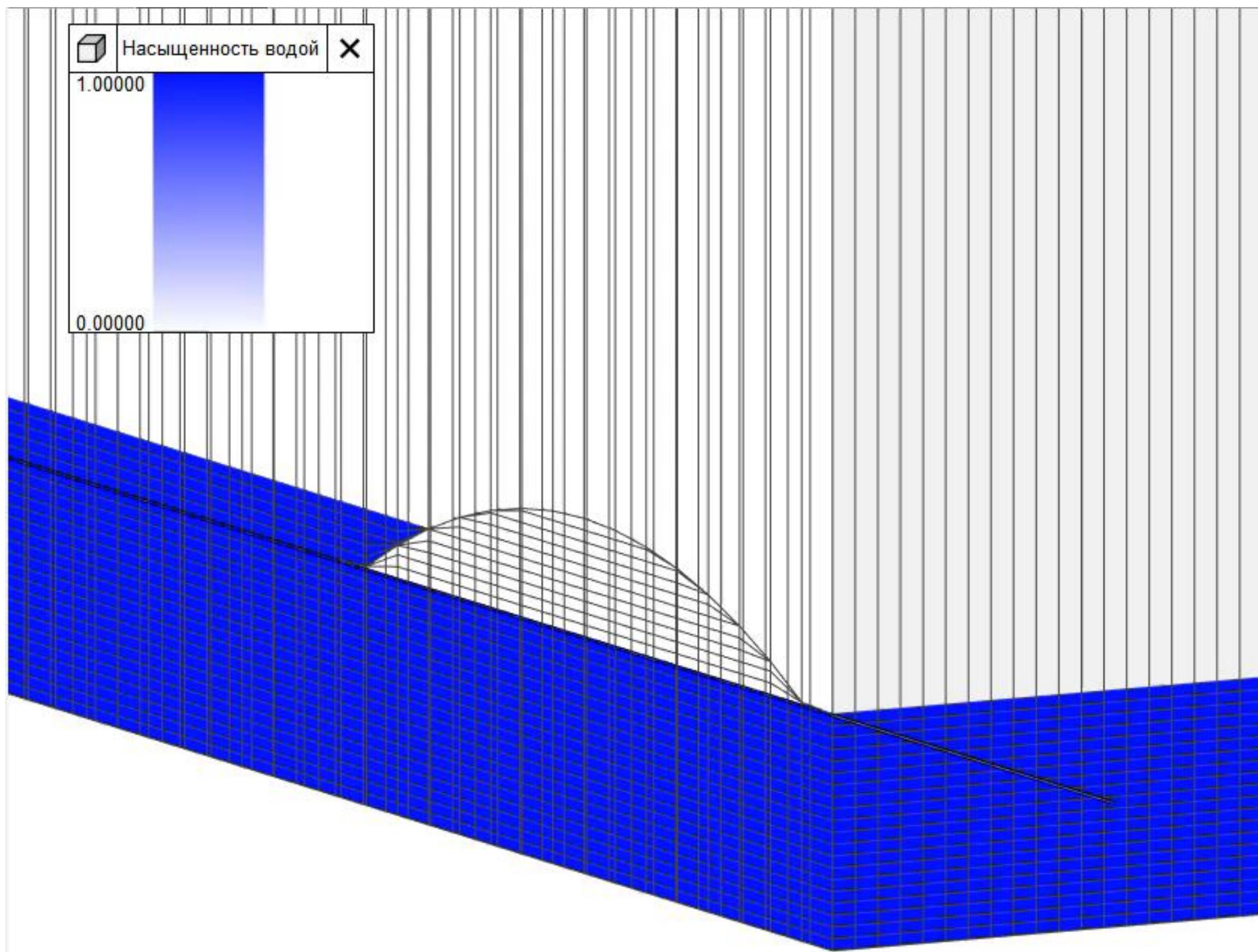


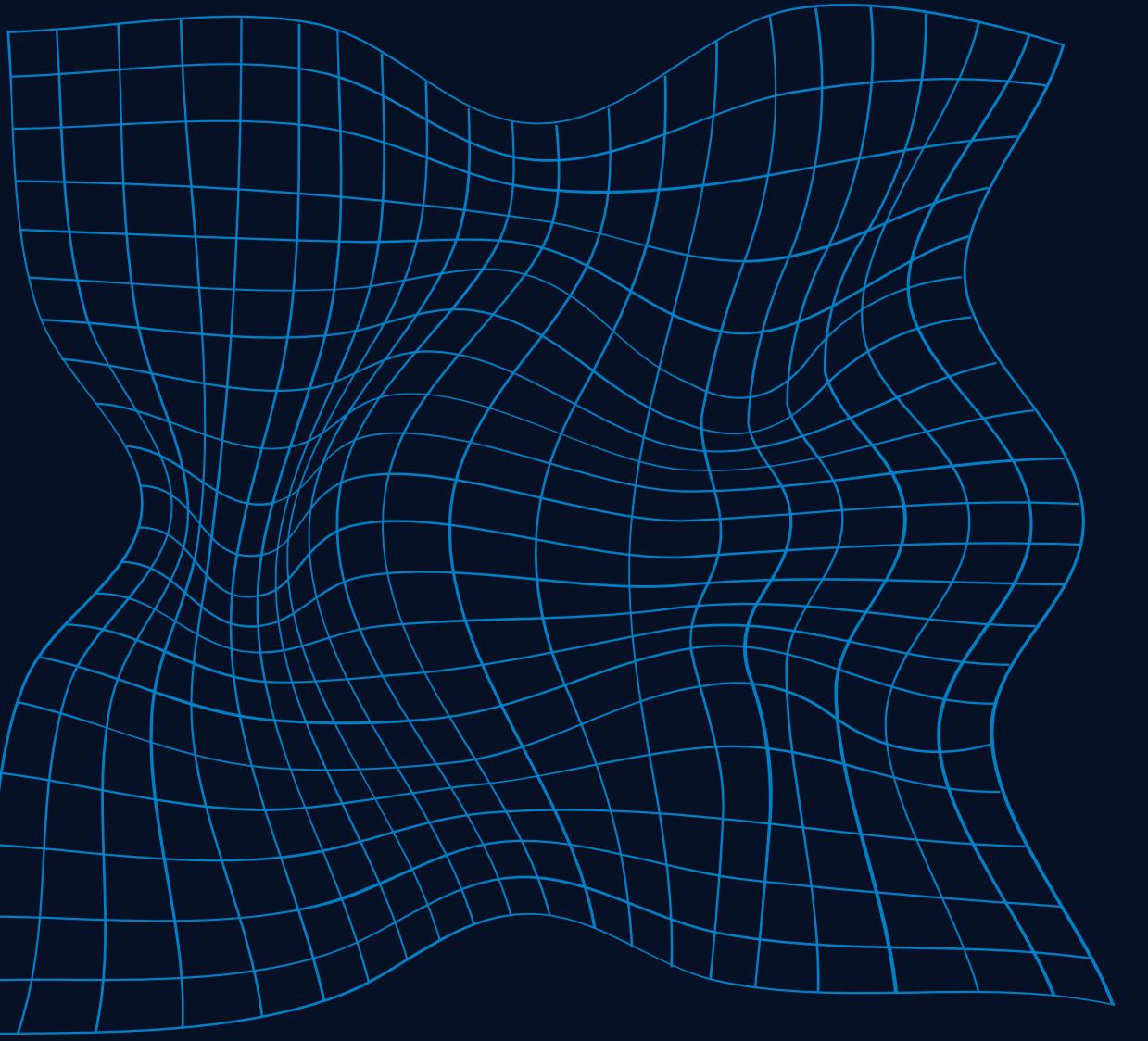
Адаптация

Автоматизированная адаптация, оптимизация и анализ неопределённостей



Моделирование насыпи





Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы
и видеоуроки доступны на сайте:

irmodel.ru

Остались вопросы?

Обратиться в техническую
поддержку:

tnavigator@irmodel.ru

ИРМ

A logo consisting of the letters 'ИРМ' in a bold, white, sans-serif font. Below the letters is a horizontal bar composed of three colored segments: red, green, and blue.