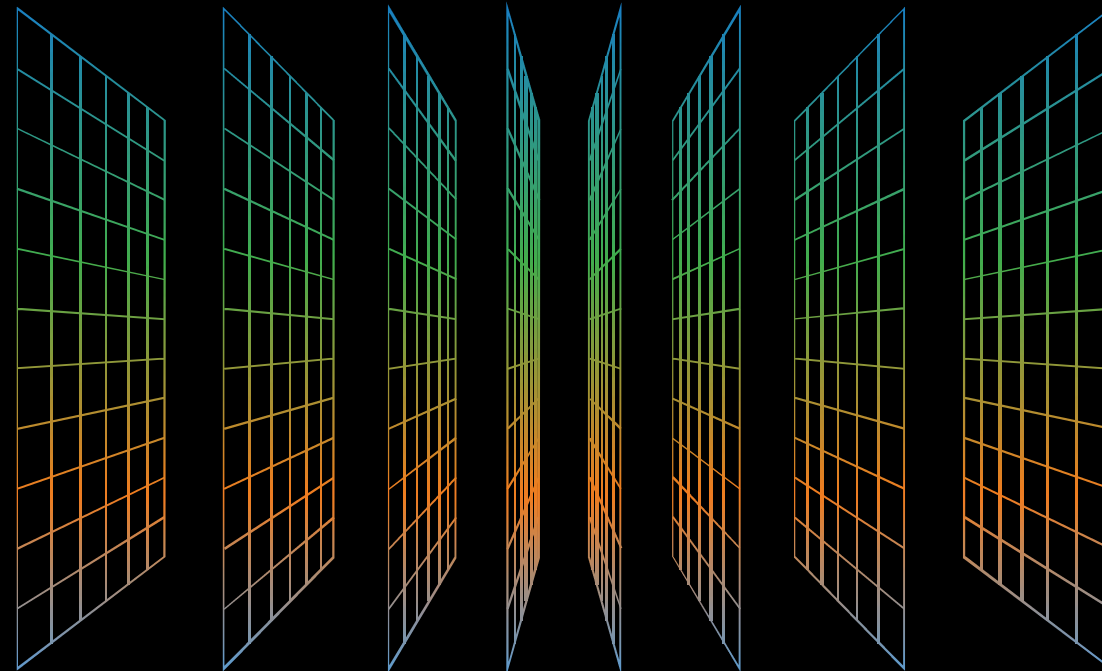


Практический АНМ. Инструкция по применению



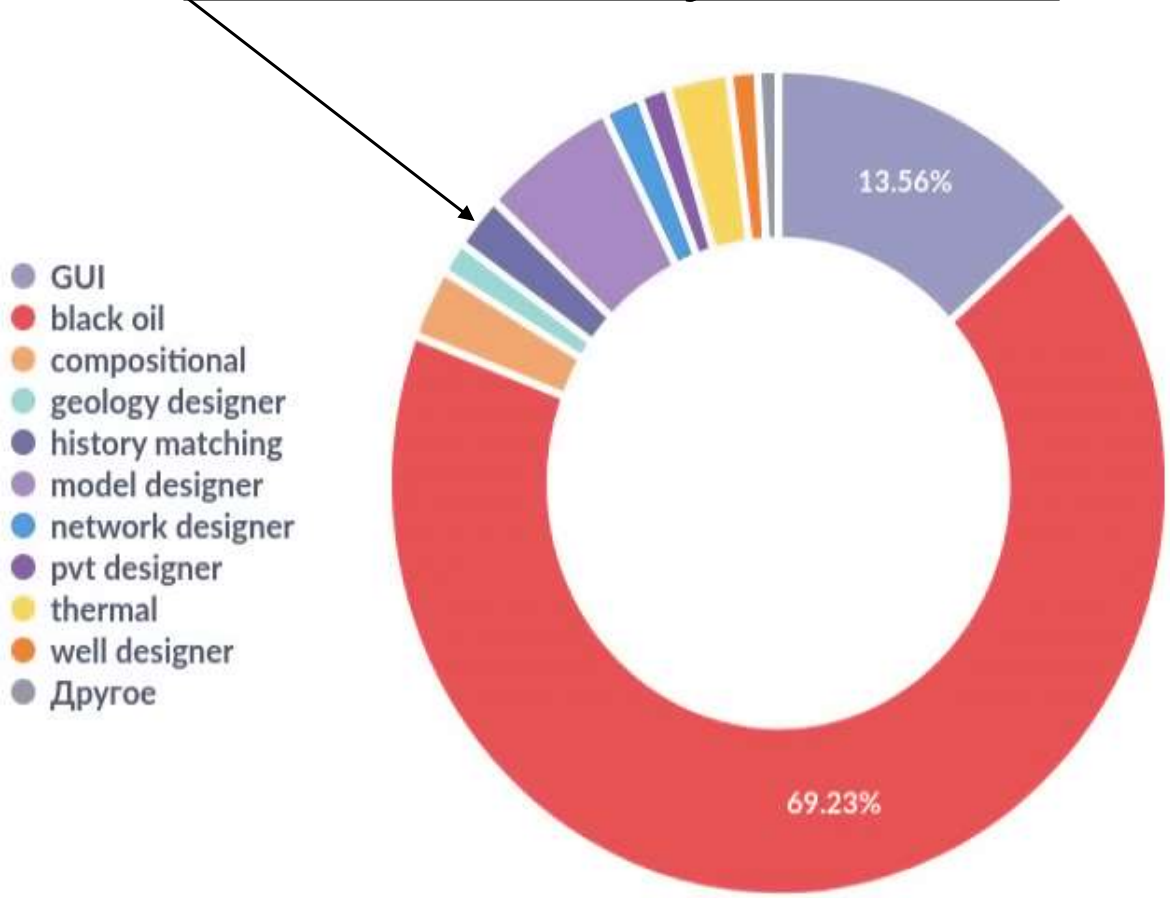
Вафин Альберт
Уфа, 26 апреля 2024



Недооценённые модули

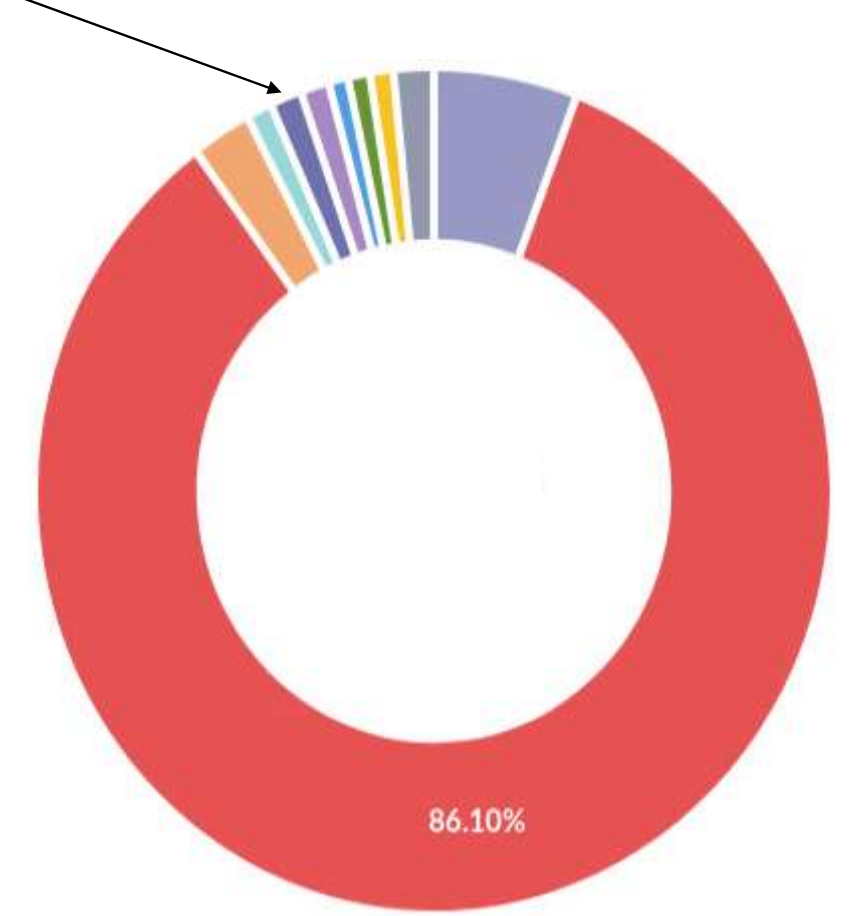
Компания «1»

Использование модуля АХМ 1.89%



Компания «2»

Использование модуля АХМ 1.03%



Мотивация использования модуля АНМ

Причины активно использовать

- Станция считает, даже когда инженер отдыхает.
- Сокращает рутину для задач оптимизации
- Можно провести анализ чувствительности модели и не тратить время на ненужные расчеты
- Есть возможность создание прокси-модели и проведения моделирования Монте-Карло для анализа рисков.

Причины активного не использования



Оптимизация скорости расчета и количества расчетных вариантов

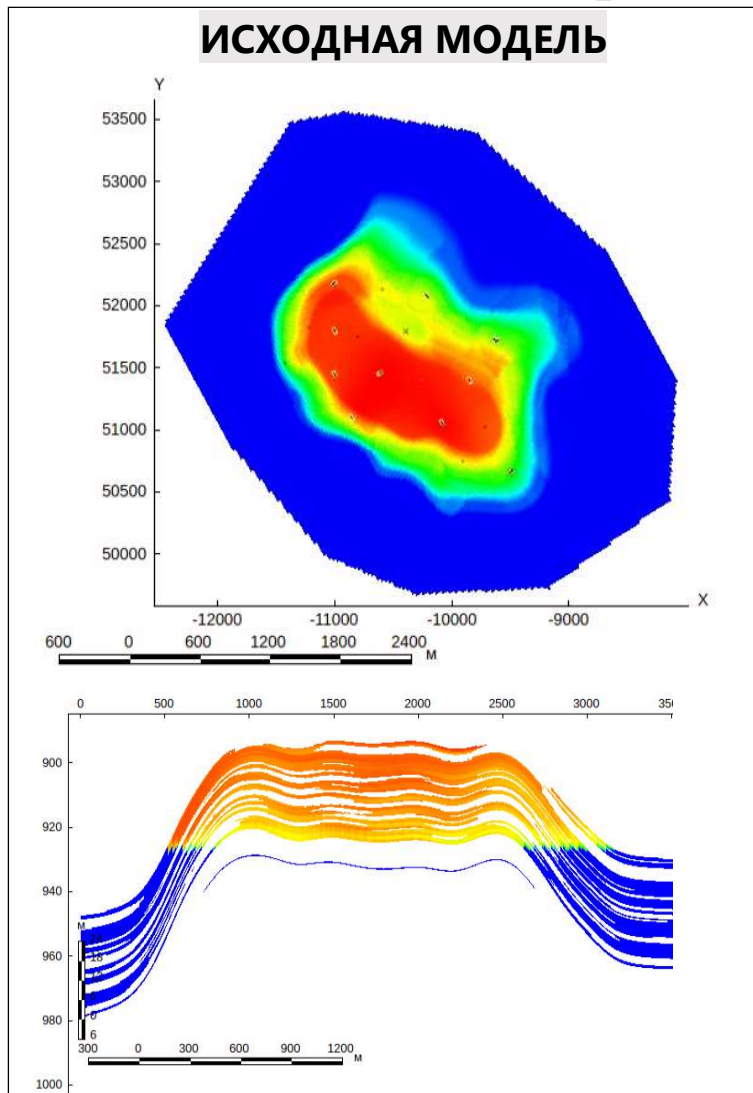
ЗАДАЧА

Максимально сократить время расчета реализации модели с минимальными потерями в точности

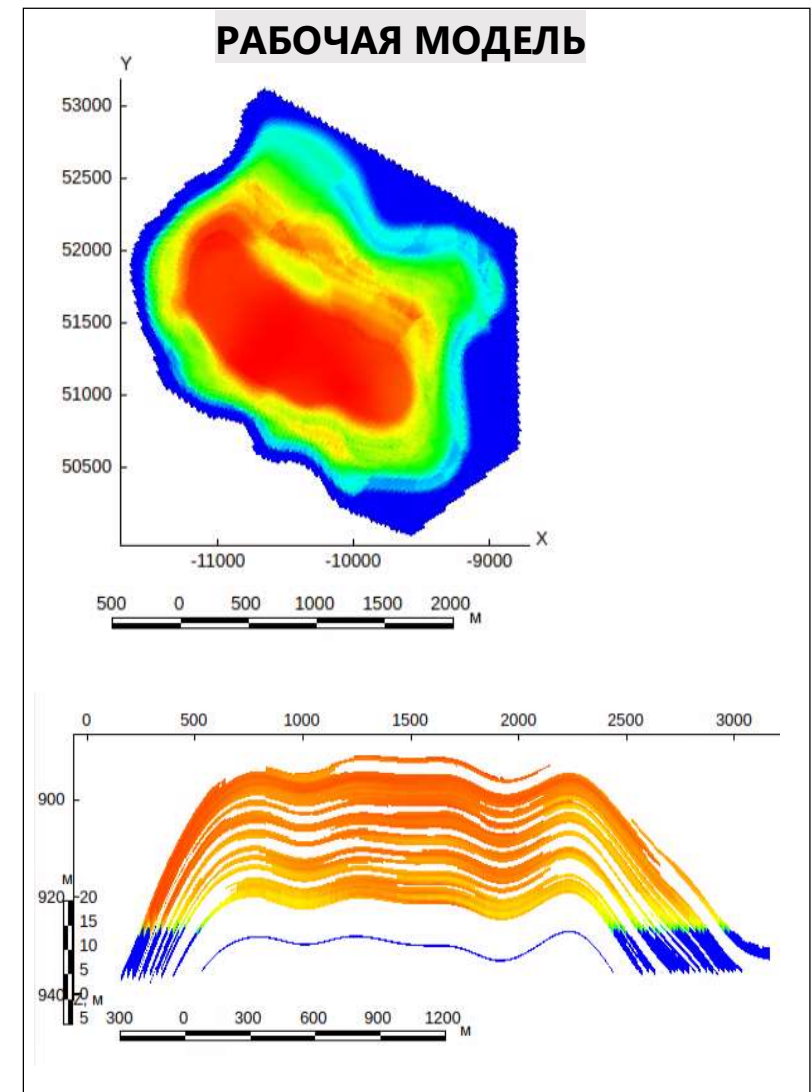
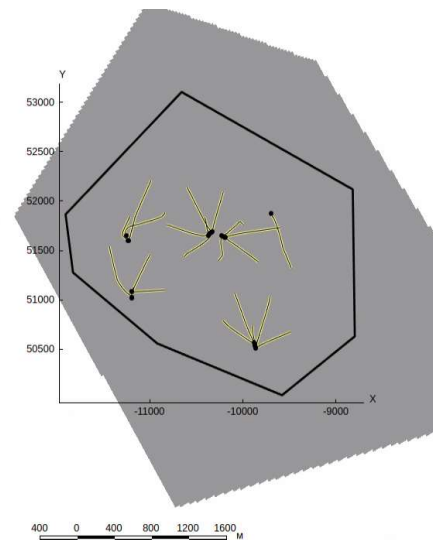
Инженерные решения

- Укрупнение сетки
- Сокращение расчетных шагов(не полный расчет, объединение шагов в год)
- Удаление из модели ячеек с водой
- Вырезание участков модели
- Тюнинг модели

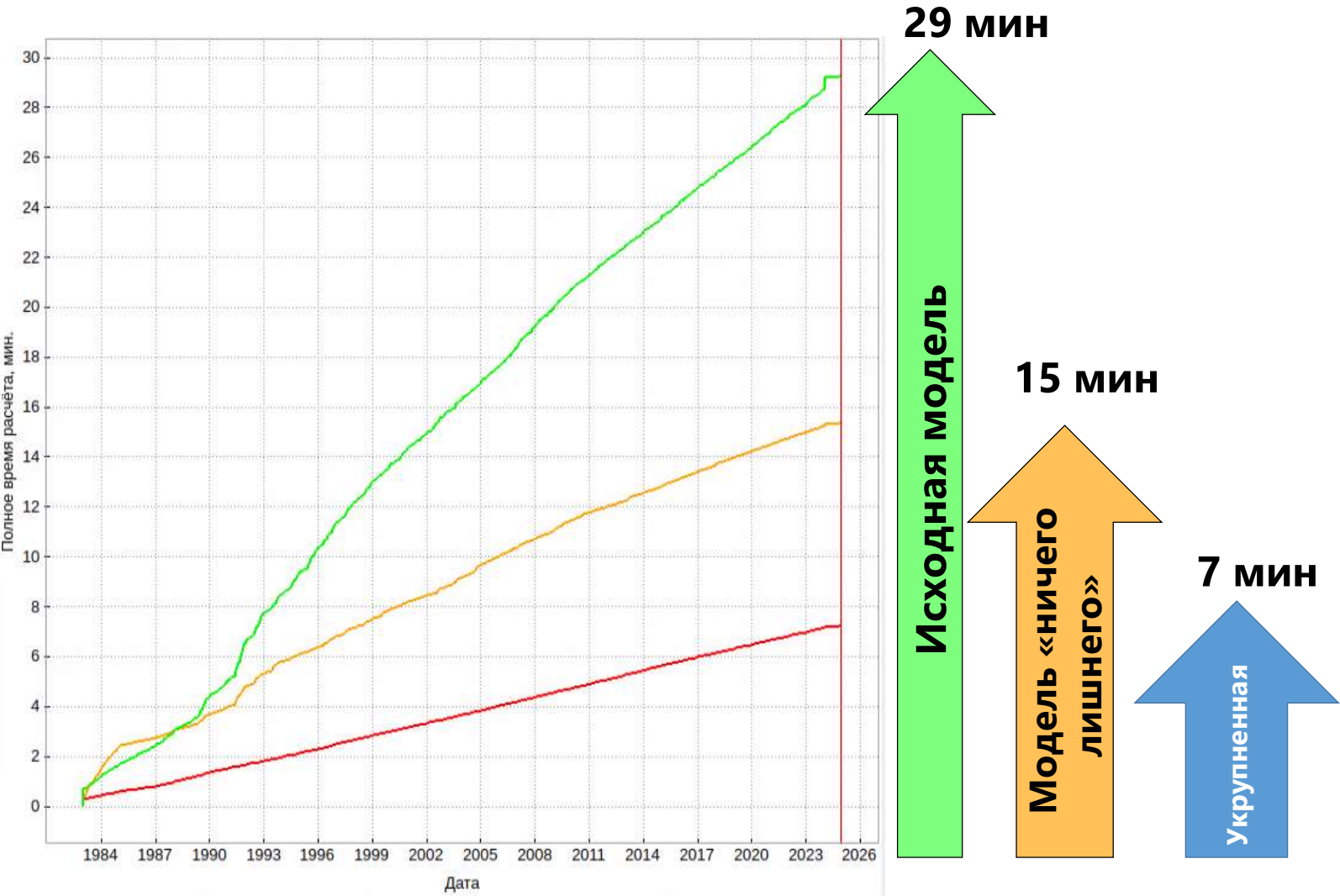
Оптимизация скорости расчета и количества расчетных вариантов



- Обрезаем сетку в пределах целевой нефтенасыщенного контура
- Обрезаем залежь по глубине



Оптимизация скорости расчета и количества расчетных вариантов



Количество расчетов	Сэкономленное время, ч.
10	3.7
50	18.3 или 2.2 рабочих дня
100	36.7
200	73.3

Использование разделения ресурсов

Разделение ресурсов

Технология, позволяющая использовать расчетные мощности ваших коллег



Преимущества разделения ресурсов

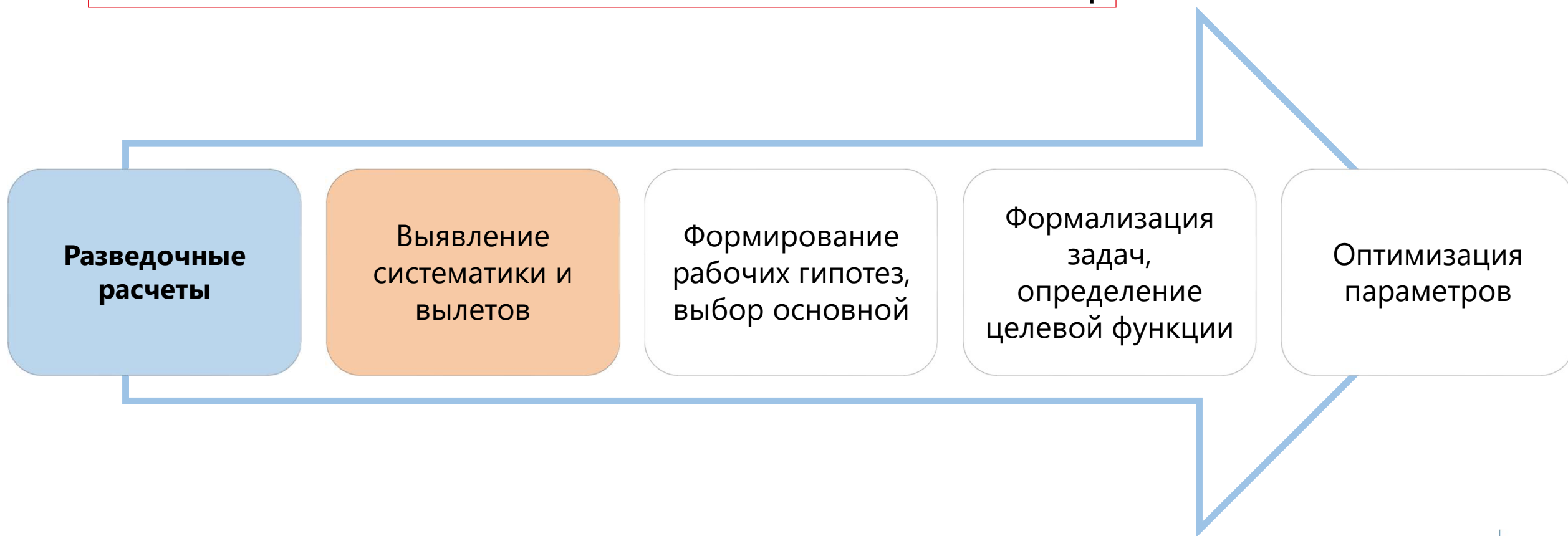
Для модели со средним временем
расчета **5** часов **10** станций это...

- 480 часов расчетов в выходные дни или **96 расчетов**
- 750 часов расчетов в нерабочее время рабочей недели или **150 расчетов**



Типовой рабочий процесс для модуля АХМ

«Преждевременная оптимизация есть корень всех зол»
Энтони Хоар

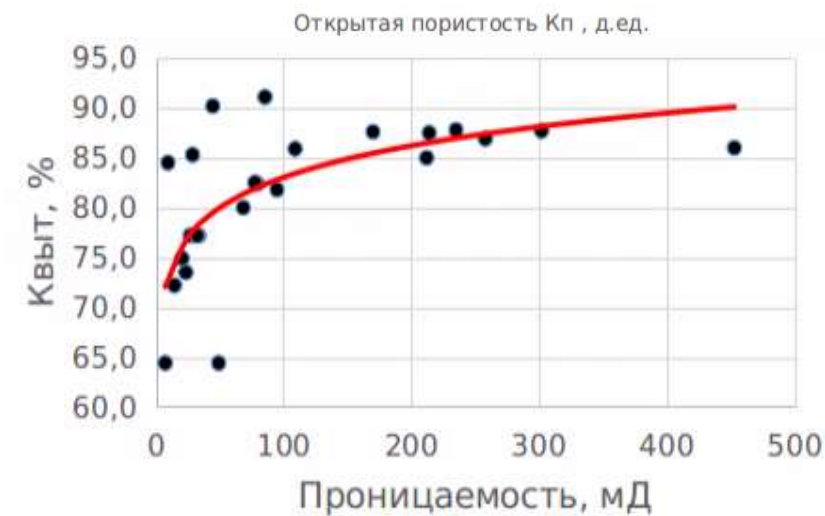
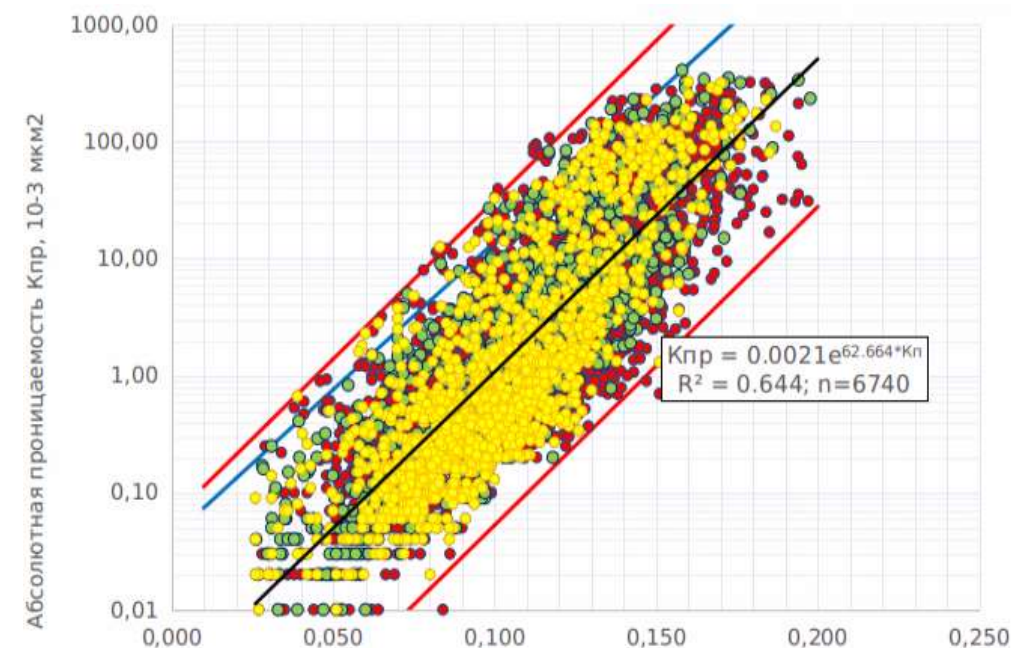


Разведочные расчеты

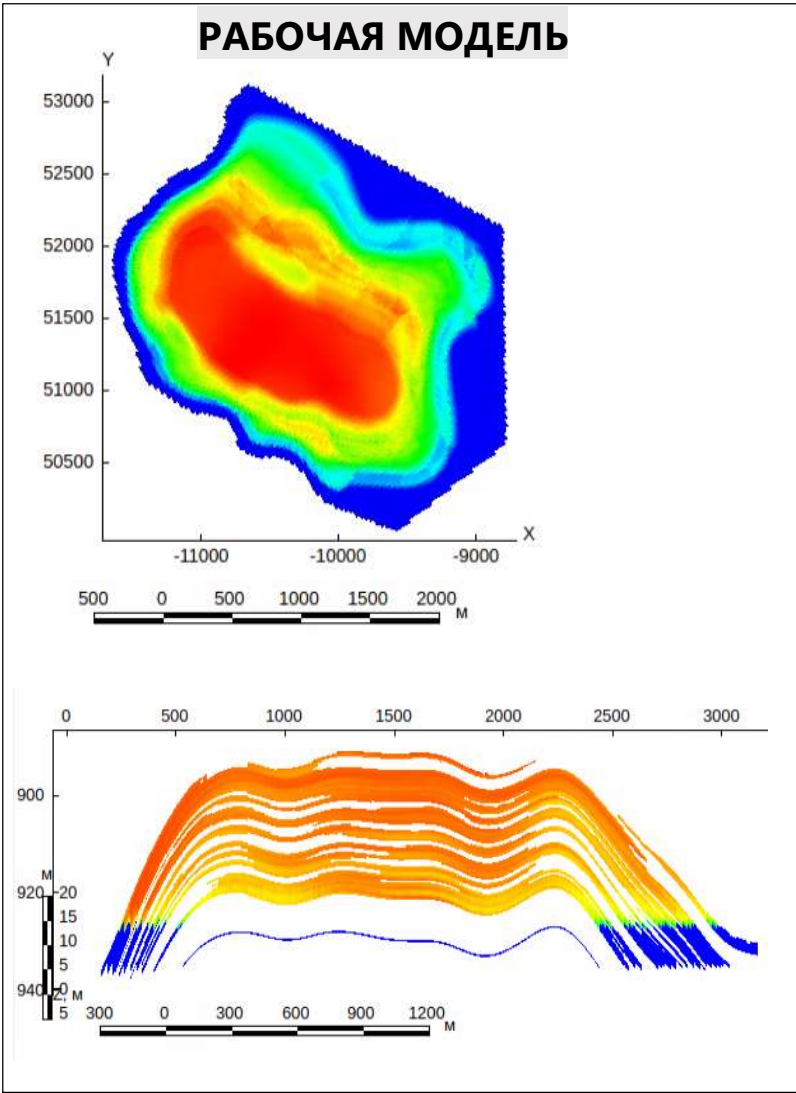
Разведочные расчеты — комплекс мероприятий для добывания сведений о качестве исходных данных, соответствии *априорной информации* данным разработки, чувствительности модели на изменение входных параметров

Причины

- Высокая дисперсия значений
- Маленькая выборка
- Использование аналогов
- Множество вариантов аппроксимации экспериментальных точек



Разведочные расчеты



Параметры с неопределенностью

- Зависимость проницаемости
- Зависимость связанной воды
- Анизотропия
- Параметры ОФП
- Параметры аквифера
- Процент производительной закачки

Параметры латинского гиперкуба:

Выбранные переменные: 16/16 Количество вариантов: 10

Переменная	Баз. значение	Мин.	Макс.	Тип	Распределение
<input checked="" type="checkbox"/> ANIZ	0.2	0.1	0.5	REAL	Uniform (min=0.1, max=0.5)
<input checked="" type="checkbox"/> AQ_RAD	500	300	1000	REAL	Uniform (min=300, max=1000)
<input checked="" type="checkbox"/> AQ_THICK	10	8	15	REAL	Uniform (min=8, max=15)
<input checked="" type="checkbox"/> BHP_INJ	240	240	280	REAL	Uniform (min=240, max=280)
<input checked="" type="checkbox"/> COMP	0.0005	0.0002	0.0009	REAL	Uniform (min=0.0002, max=0.0009)
<input checked="" type="checkbox"/> FWL	927	927	933	REAL	Uniform (min=927, max=933)
<input checked="" type="checkbox"/> KRO	0.8	0.5	1	REAL	Uniform (min=0.5, max=1)
<input checked="" type="checkbox"/> KRW	0.1	0.05	0.3	REAL	Uniform (min=0.05, max=0.3)
<input checked="" type="checkbox"/> KVUT	0.55	0.4	0.6	REAL	Uniform (min=0.4, max=0.6)
<input checked="" type="checkbox"/> LAT_ANIZ	1	0.75	1.25	REAL	Uniform (min=0.75, max=1.25)
<input checked="" type="checkbox"/> PERM_A	0.02	0.004	0.04	REAL	Uniform (min=0.004, max=0.04)
<input checked="" type="checkbox"/> PERM_B	54	51	58	REAL	Uniform (min=51, max=58)
<input checked="" type="checkbox"/> SKIN	-4	-5	-0.5	REAL	Uniform (min=-5, max=-0.5)
<input checked="" type="checkbox"/> SWCR_PER	0.2	0.1	0.8	REAL	Uniform (min=0.1, max=0.8)
<input checked="" type="checkbox"/> SWL_A	0.0003	0.00028	0.00035	REAL	Uniform (min=0.00028, max=0.00035)
<input checked="" type="checkbox"/> SWL_B	-3.35	-3.4	-3.3	REAL	Uniform (min=-3.4, max=-3.3)

ВАЖНО!!!

- Параметры должны быть взаимосогласованными между собой!

Разведочные расчеты

Планирование эксперимента

- ☐ Пользовательский
- ☐ Перебор по сетке
- ☐ Латинский гиперкуб
- ☐ Монте-Карло
- ☐ Торнадо
- ☐ Плакетт-Берман
- ☐ Бокс-Бенкен



Разведочные расчеты

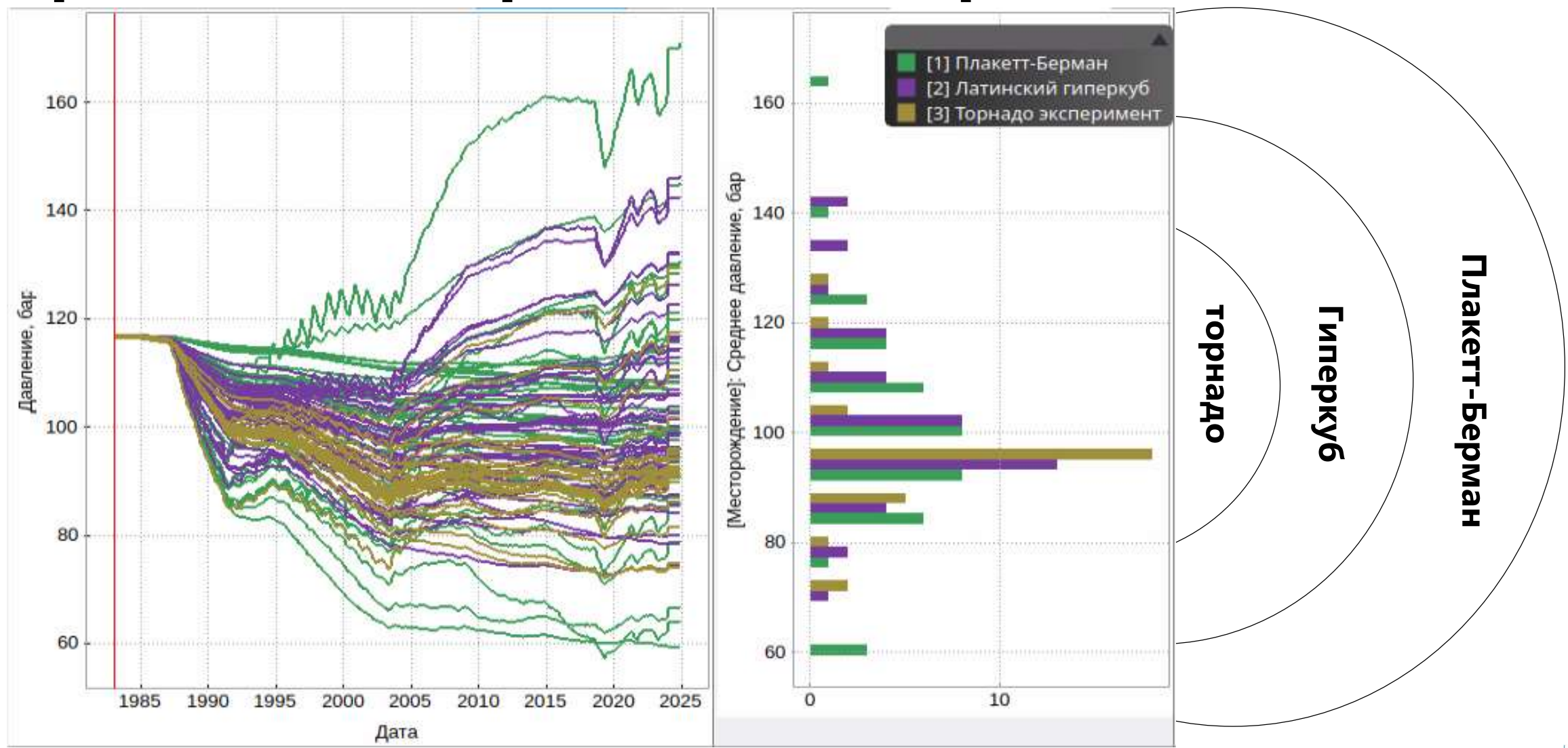


16 переменных

Полный факторный эксперимент	65 536 расчетов
------------------------------	-----------------

Метод	Краткое пояснение	Минимальное количество расчетов
Плакett-Берман	Многофакторный расчет по минимальным и максимальным значениям, позволяющий оценить весь диапазон возможных решений за небольшое количество расчетов.	21
Латинский гиперкуб	Центральный композиционный план, зачастую решения группируются в центральной части.	-
Монте-Карло	Случайная генерация, иногда тоже пригождается	-
Бокс-Бенкен	Похож на Плакett-Берман, но включает еще базовое значение переменных, чтобы оценить линейность. Требуется больше расчетов	385
Торнадо	Однофакторный расчет, хорошо понимается интуитивно, но может быть не корректным ввиду взаимосвязи переменных между собой	31

Разведочные расчеты. Результаты работы алгоритмов планирования экспериментов



Оценка влияния переменных на результаты расчетов

Корреляция Пирсона. Параметр «Среднее пластовое давление»

Плакett-Берман



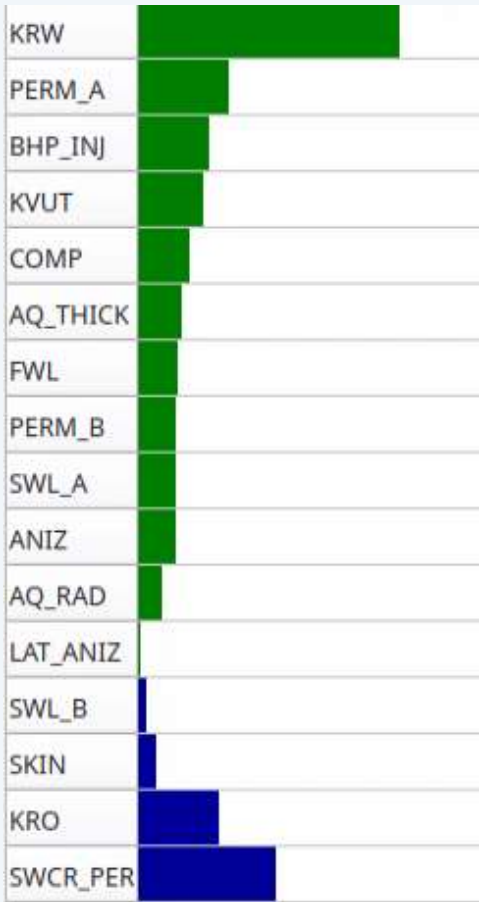
Латинский гиперкуб



Торнадо



3 в 1



Работа с целевыми функциями

$$\sum_{term} \frac{w_{term}}{\sum_{term} w_{term}} \left(\sum_{obj} \frac{w_{obj}}{\sum_{obj} w_{obj}} \left(\frac{\sum_{n=k}^N w_n l_n}{\sum_{n=k}^N w_n l_n} \right) \right)$$

Веса объектов, параметров,
временных шагов

S

b

$$S = \frac{\text{история} - \text{модель}}{\text{значение ошибки}}$$

$$S = \frac{\text{история} - \text{модель}}{\text{значение ошибки} * \text{история}}$$

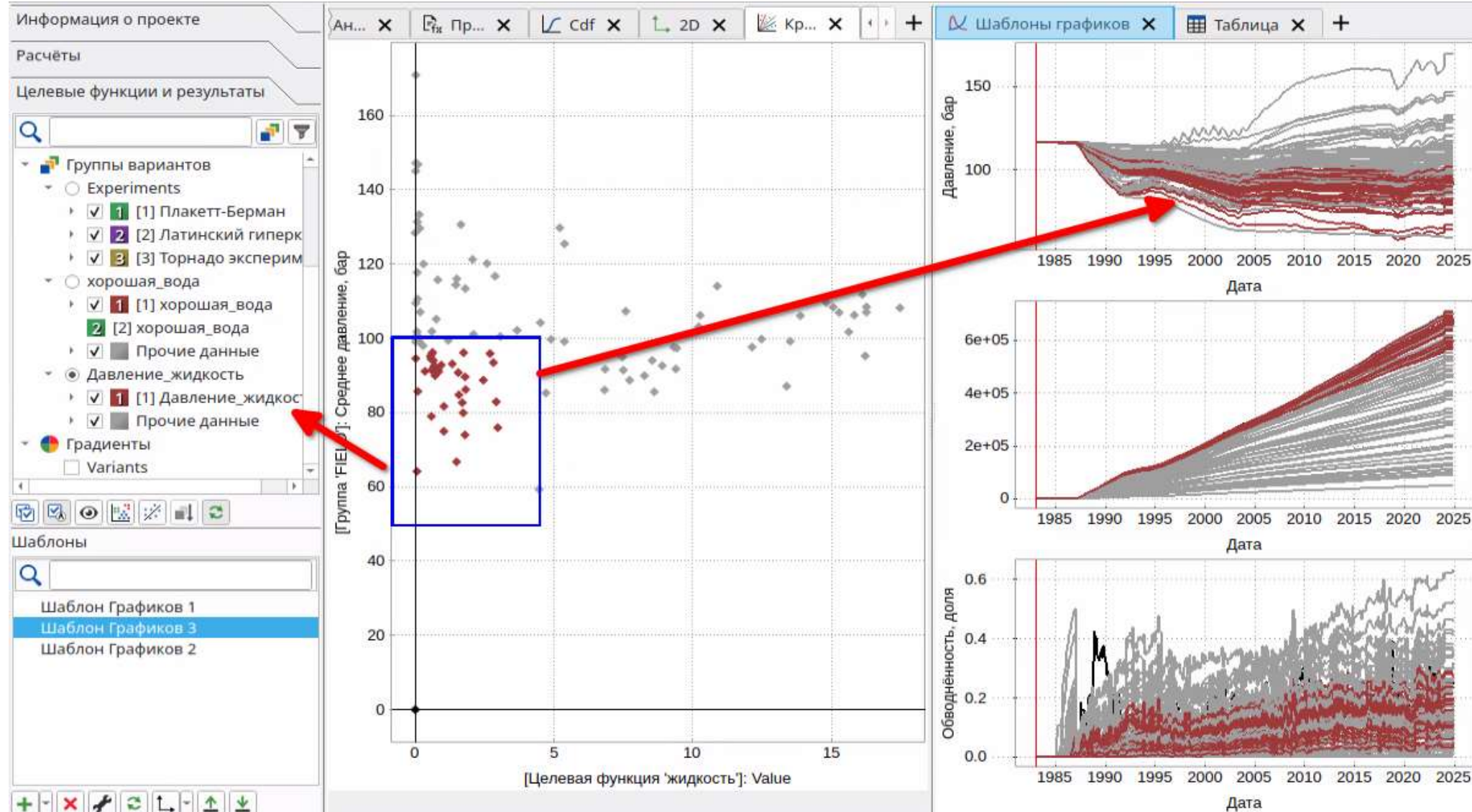
Целевые функции это не только инструмент для оптимизационных алгоритмов, но и инструмент анализа многовариантных расчетов.

Использование целевых функций в разведочных расчетах направлено на **выявление систематики и вылетов**

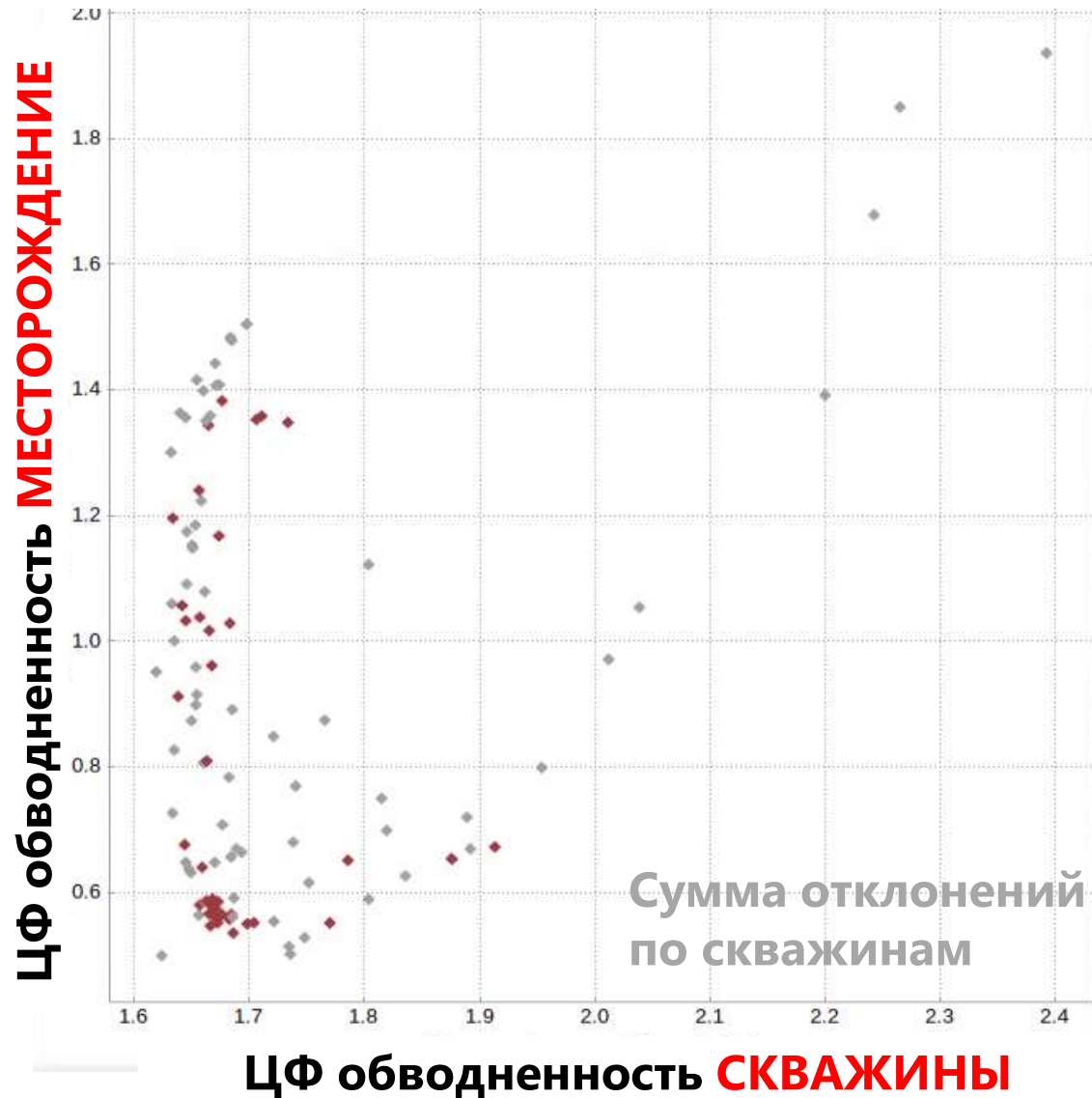
- Может быть сколь угодно много
- Лучше начинать анализ с простых функций

Работа с целевыми функциями

- Лучше начинать анализ с простых функций
- По возможности избегать комплексных параметров
- Использовать фильтры и группировки при разведочном анализе



Работа с целевыми функциями



ЦФ по скважинам \neq ЦФ по месторождению

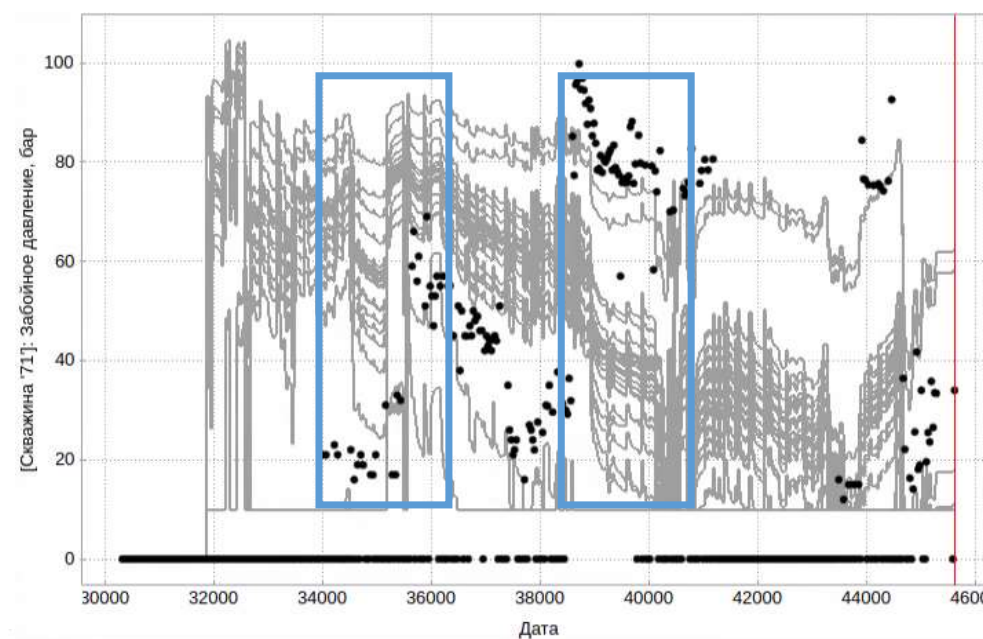
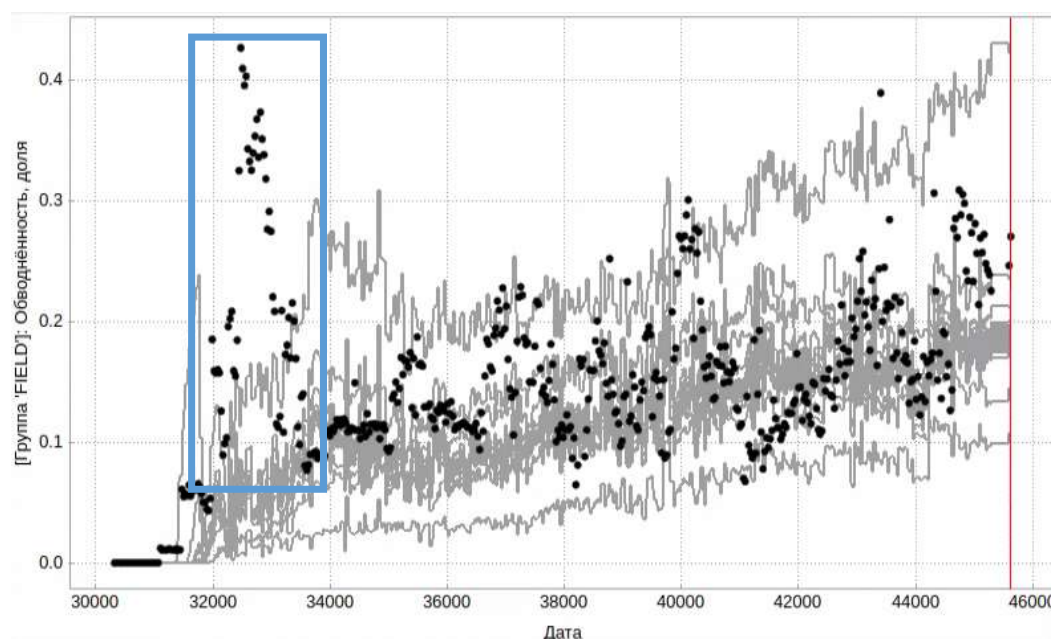
Последовательная проверка различных параметров и целевых функций на уровне месторождения и скважин позволит:

- Сузить коридор переменных для дальнейшей работы
- Выбрать и корректно настроить веса целевых функций для оптимизации
- Найти не состыковки в исторической информации и использованных переменных

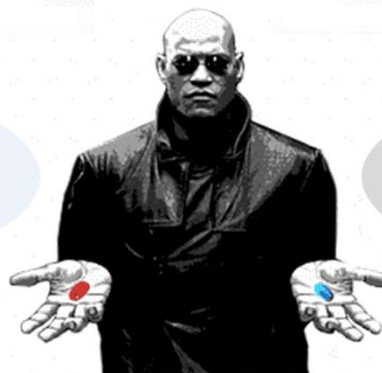
Выявление систематики и вылетов

«Противоречий не существует. Всякий раз, когда ты считаешь, что сталкиваешься с противоречием, проверь исходные положения. Ты обнаружишь, что одно из них ошибочно.»

Априорные распределения параметров не позволяют описать часть промысловых данных



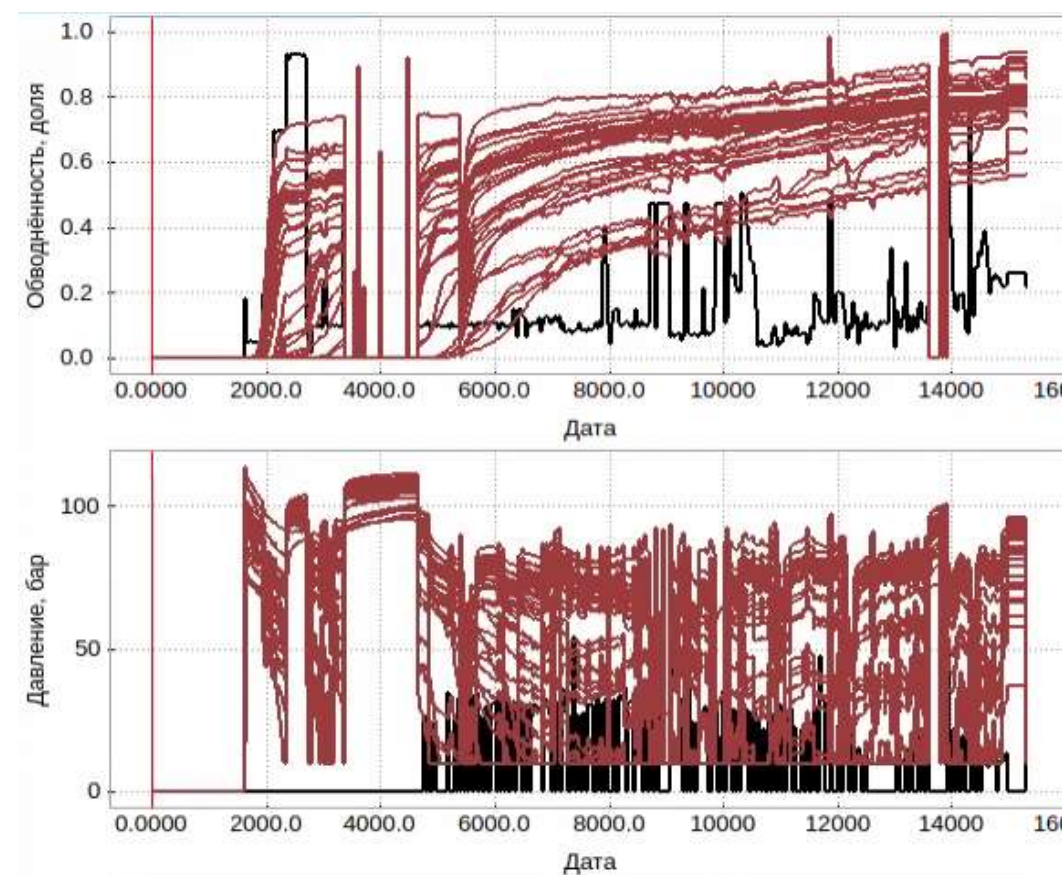
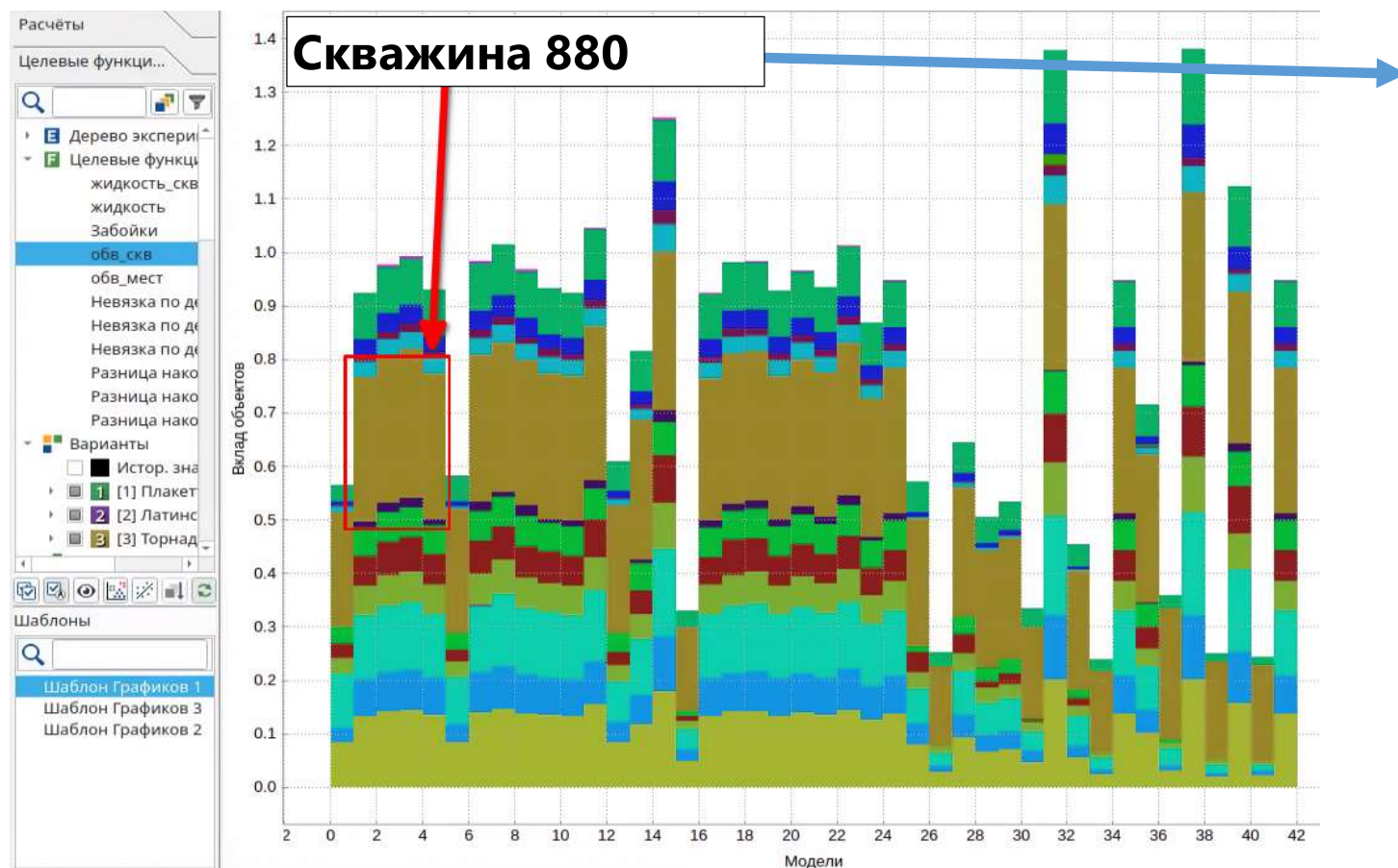
Изменить гипотезу и ввести другие наборы переменных для проверки



Исключить данные из расчета целевой функции как не валидные

Выявление систематики и вылетов

Расхождение между расчетными и историческими данными во всех расчетах указывает на наличие ошибок в геологической модели или в принятых неопределенностях модели и требует проведения дополнительного анализа.



Методы планирования эксперимента и оптимизаторы

«Преждевременная оптимизация есть корень всех зол»
Энтони Хоар

Планирование эксперимента

- У меня есть несколько конкурирующих гипотез
- Я не знаю чувствительность результатов расчета модели от параметров неопределенности
- У меня нет понимания проблем противоречия априорной информации между собой
- Я не могу формализовать целевую функцию

Оптимизация

- Я знаю, что влияет на результат
- Я знаю какие параметры хочу оптимизировать и эти параметры друг другу не противоречат

Заключение



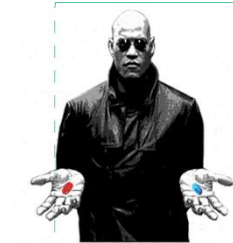
AXM – мощный модуль, позволяющий проверять гипотезы инженера в режиме 24/7



Для повышения эффективности АХМ оптимизируйте время расчета моделей и пользуйтесь технологией **Распределения ресурсов**



Планируйте эксперименты правильно



Перед проведением оптимизации следует предварительно провести анализ согласованности априорной информации и промышленных данных.

Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы и видеоуроки доступны на сайте:

www.rfdyn.ru

Остались вопросы?

Обратиться в техническую поддержку:

tnavigator@rfdyn.ru

