

# СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*28-30 ноября 2011года, СВФУ, Якутск*

**Применение массовых параллельных расчётов  
при автоматизированной адаптации  
геолого – гидродинамических моделей и  
оценке неопределённости  
техничо–экономических показателей  
разработки месторождений.**

**Геннадий Саркисов, Дмитрий Болотник, Алексей Кухаронок**

This presentation is provided for information purposes only. It should not be used or considered as an offer to sell or a solicitation of an offer to buy any securities. Any opinions expressed are subject to change without prior notice. Although all reasonable care has been taken to ensure that the information herein is not misleading, Roxar ASA makes no representation or warranty expressed or implied as to its accuracy or completeness. Neither Roxar ASA, its employees, nor any other person connected with it, accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss of any kind arising out of the use or reliance on the information in this presentation. This presentation is prepared for general circulation and general information.

# Очевидный подход

- Использование всей вычислительной мощности для решения ОДНОЙ задачи фильтрационного моделирования
  - Ускорение расчёта
  - Увеличение числа ячеек (детальности модели)

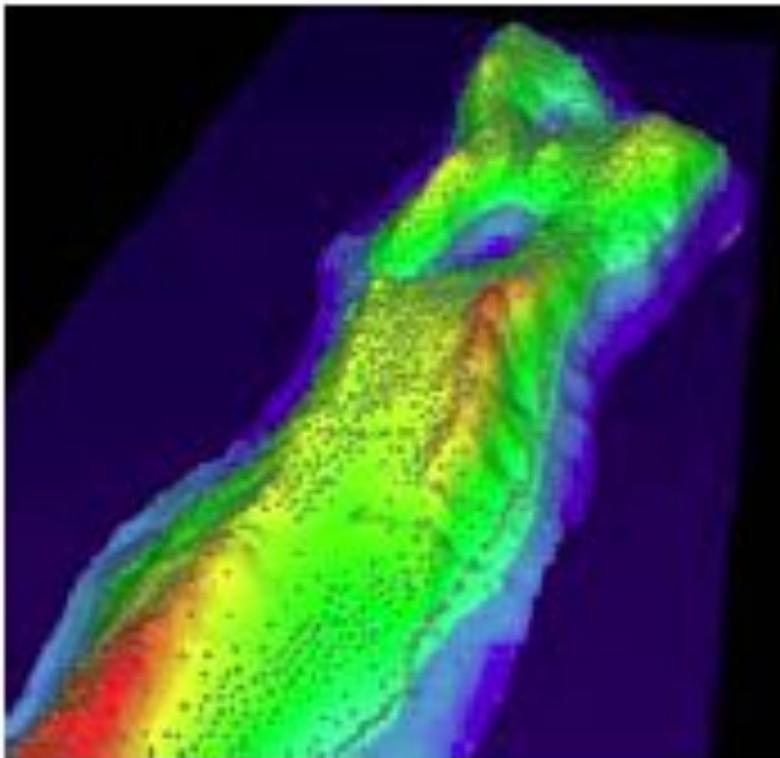


Model3, Model2,  
**Model1**

Mored.exe  
Model1  
Mored.exe  
Model1



**Пионером вероятно является внутренний симулятор компании SaudiAramco POWERS  
1000 млн активных ячеек на 1984 процессорах**



SPE 116675 Gigacell simulation

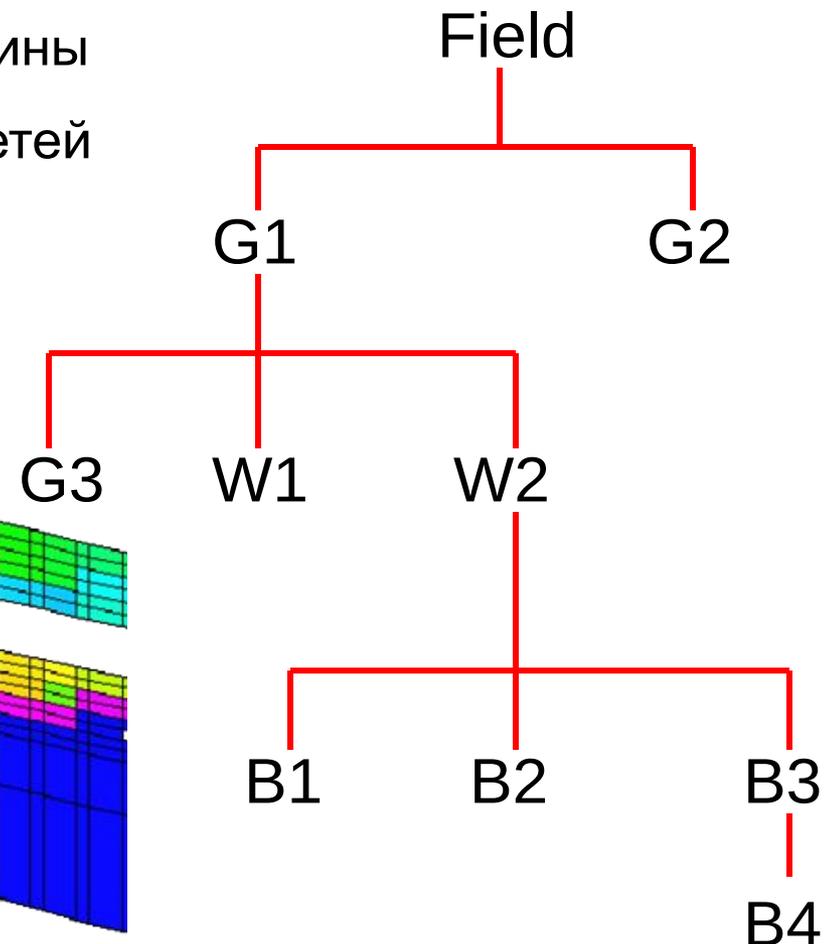
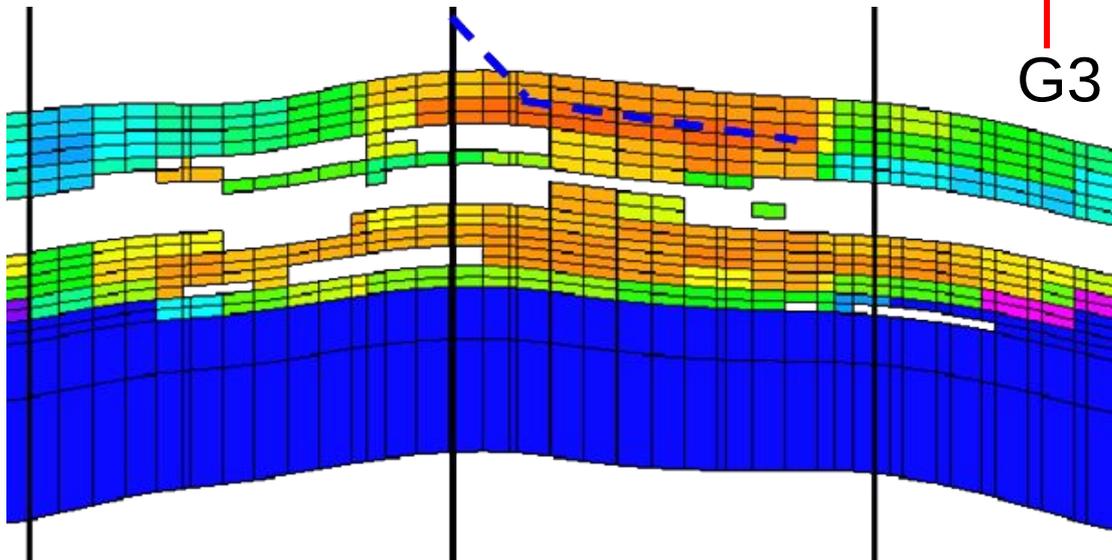
## Очевидный подход - Roxar



- n Компания Roxar ведёт активные разработки в области создания высоко параллельной версии симулятора Tempest
- n Имеется необходимая инфраструктура
  - Поддержка MPI, система запуска и мониторинга расчётов, графический интерфейс для визуализации и анализа гигантских моделей TempestView (используется с SaudiAramco)
- n Ведутся работы по созданию нового линейного солвера
- n Мы также работаем над параллелизацией ПК геологического моделирования RMS
- n Создаётся инфраструктура
- n Ведётся параллелизация наиболее критичных ко времени алгоритмов

## Очевидный подход - проблемы

- n Существуют “нелокальные” объекты, создающие сильные связи между удалёнными ячейками модели. Их влияние на скорость тем больше чем больше число параллельных процессов
  - Длинные горизонтальные скважины
  - Балансировка поверхностных сетей



## Очевидный подход – проблемы (2)

- n Детализация фильтрационной модели подразумевает «истинность» исходной геологической модели
- Опыт использования детальных геомodelей связан с использованием rescaling – аналогично сглаживанию
  - Требуемую детализацию в межскважинном пространстве обеспечивают только стохастические модели
  - Часто содержат “шум”
  - Являются многовариантными

*Чтобы оценить локализацию остаточных запасов с «детальностью» геомodelей, содержащей 100 миллионов ячеек надо просчитать (и адаптировать по истории разработки) представительный ансамбль реализаций (10-100) фильтрационных моделей, каждая по 100 миллионов ячеек каждая !!!*

# Альтернативный подход

п Использование всей вычислительной мощности для **ОДНОВРЕМЕННОГО** решения **НЕСКОЛЬКИХ** задач фильтрационного моделирования

- Ускорение достижения общей ЦЕЛИ
- Адаптация по истории разработки
- Оценка неопределённости
- Оптимизация **Model1**



**Model2**

**Mod**

Mored.exe Model1  
Mored.exe Model1  
Mored.exe Model1  
Mored.exe Model1  
Mored.exe Model2  
Mored.exe Model2  
Mored.exe Model2  
Mored.exe Model2  
Mored.exe Model3  
Mored.exe Model3  
Mored.exe Model3  
Mored.exe  
Model3



## Альтернативный подход - преимущества



- n Подход реализуется уже сейчас на кластерах и может быть перенесён на суперкомпьютеры
- n Все требуемые программные компоненты существуют и имеются в распоряжении Центра прикладных высокопроизводительных технологий СВФУ
- n Подход является экстенсивным расширением стандартной практики моделирования
- n Одновременный расчёт нескольких независимых моделей, каждая на относительно небольшом количестве процессоров, вероятно, всегда будет быстрее чем последовательный расчёт аналогичного числа моделей, с использованием большого числа процессоров.

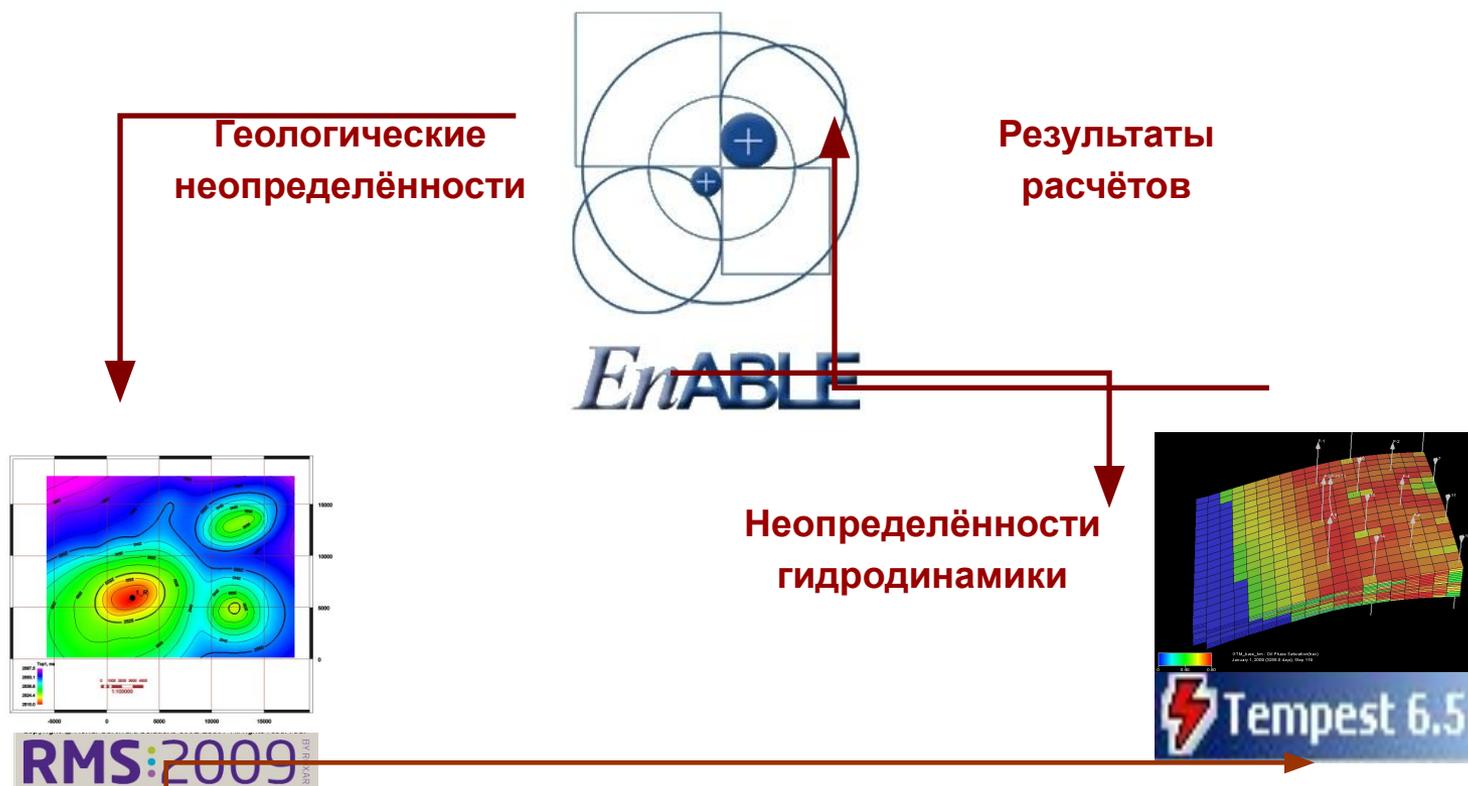
# Альтернативный подход - проблема



- n Практика моделирования показывает что человеческий мозг похоже не способен эффективно работать с большим количеством моделей одновременно. Инженеру сложно
- n Одновременно создать 20-30 осмысленных вариантов модели (например при адаптации по истории разработки)
- n Совместно анализировать результаты ансамбля, состоящего из десятков или сотен моделей

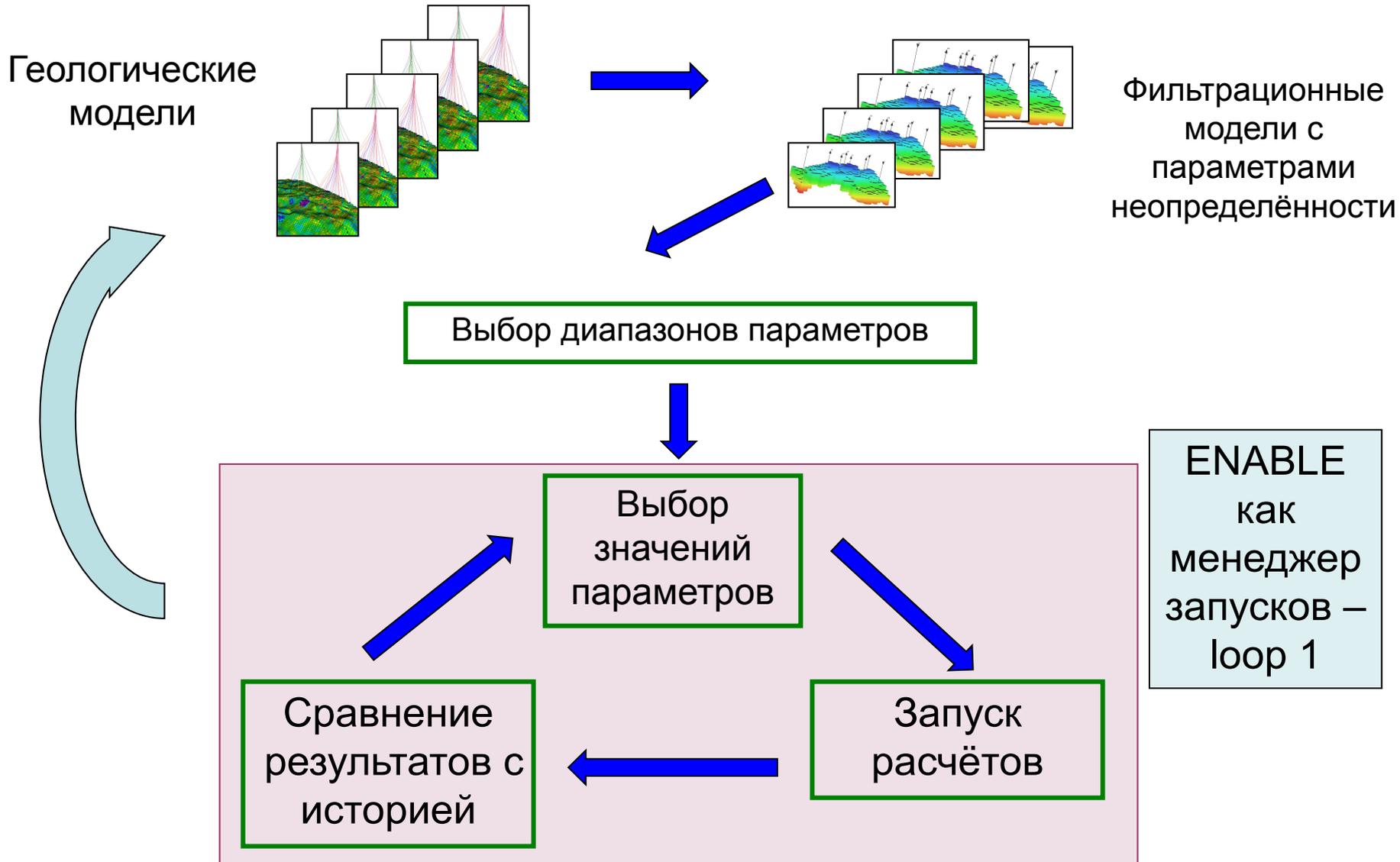
# Альтернативный подход - решение

- В ПК EnABLE компании Roxar реализована технология многомерных прокося моделей.



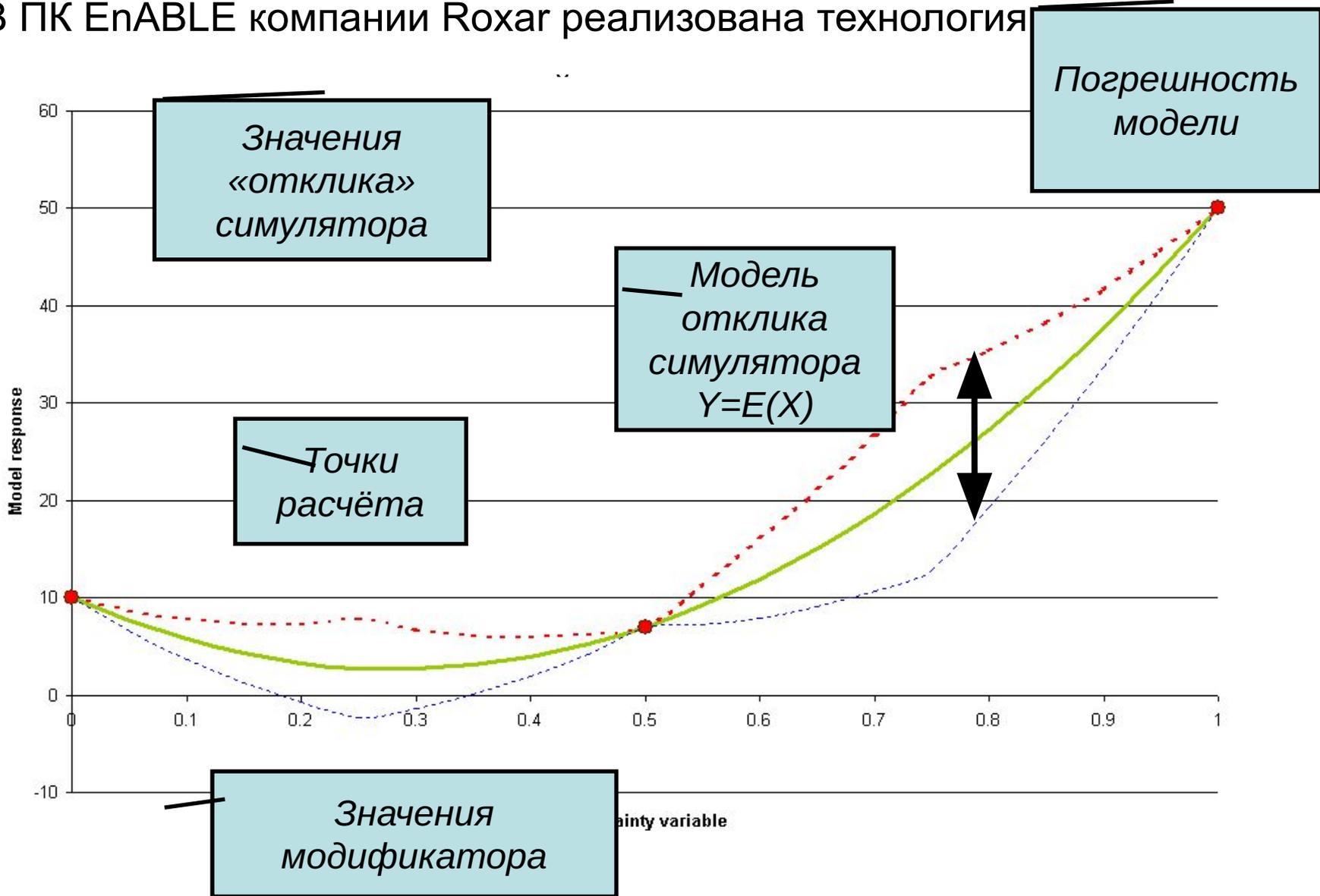
Статическая основа модели

# Альтернативный подход – решение (2)



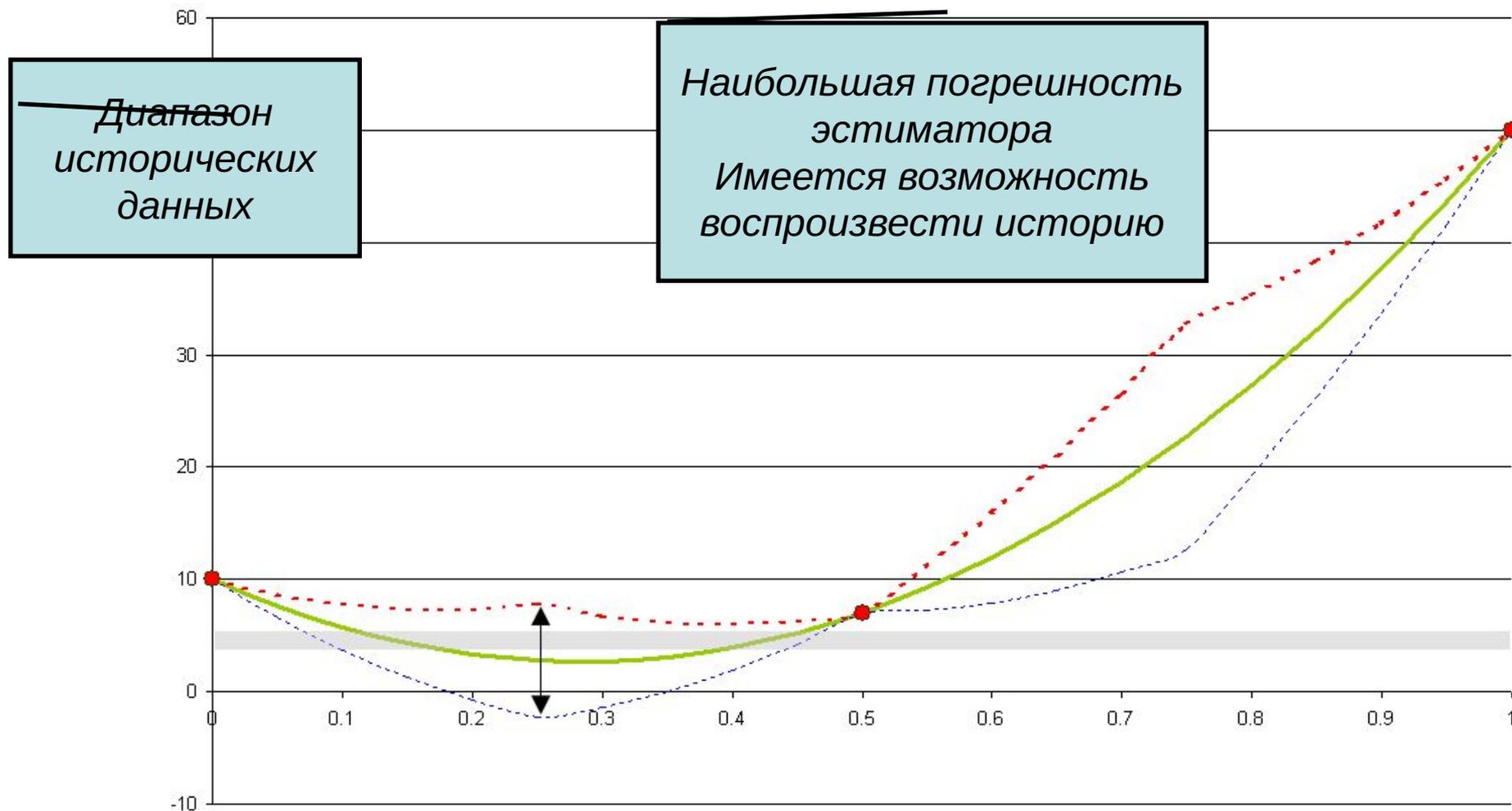
# Альтернативный подход – решение (3)

В ПК EnABLE компании Roxar реализована технология



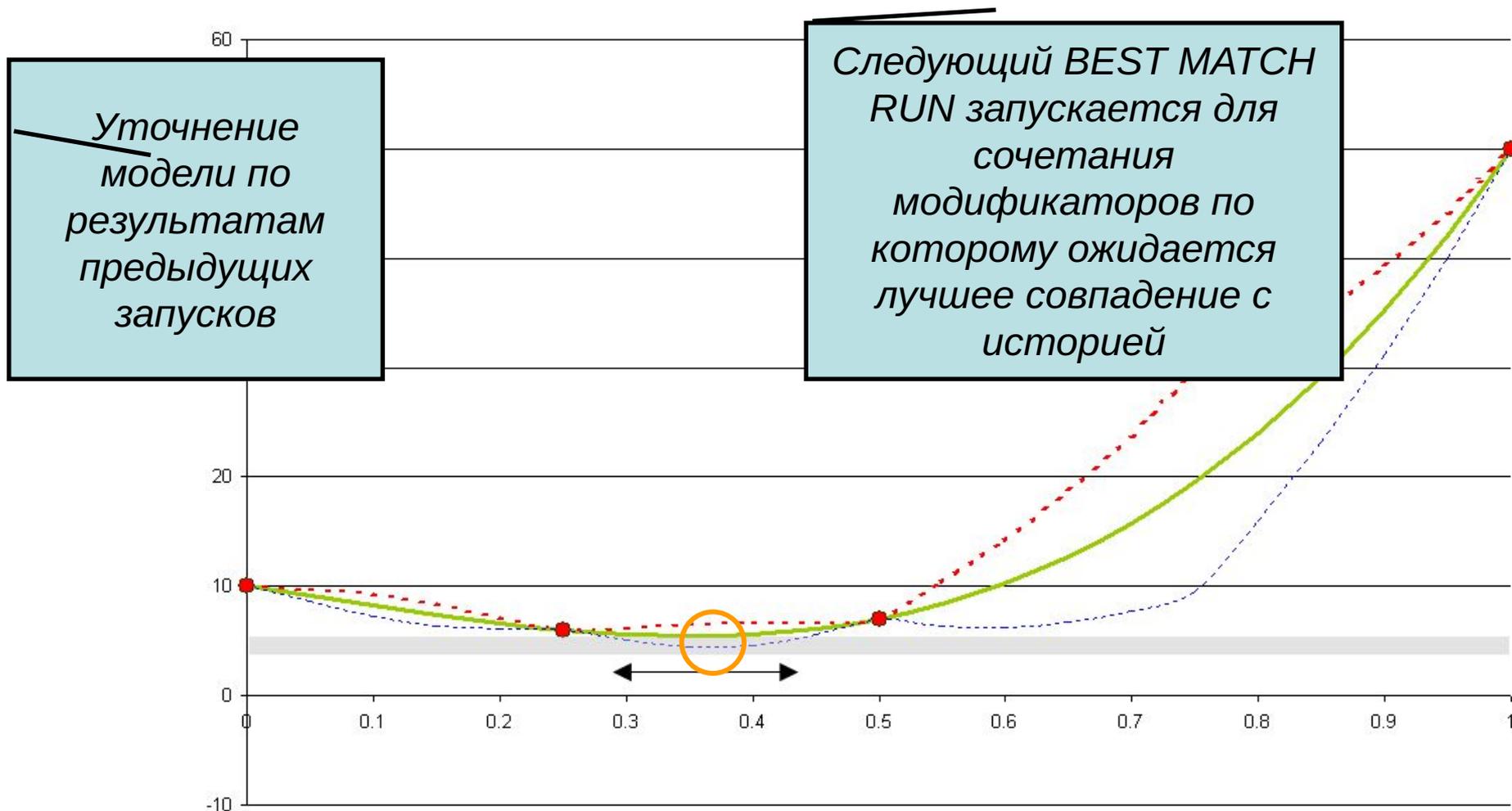
# Альтернативный подход – решение (4)

- В ПК EnABLE компании Roxar реализована технология многомерных прокося моделей.



# Альтернативный подход – решение (5)

- В ПК EnABLE компании Roxar реализована технология многомерных прокося моделей.



## Альтернативный подход – решение (3)



- n Технология автоматизированной адаптации позволяет
  - Автоматически генерировать большое число «информативных» вариантов модели
  - Запускать их ОДНОВРЕМЕННО на кластере
  - Анализировать и использовать результаты ВСЕХ предыдущих запусков.
  
- n Технология используется для
  - Адаптации по истории
  - Анализа неопределённости
  - Оптимизации

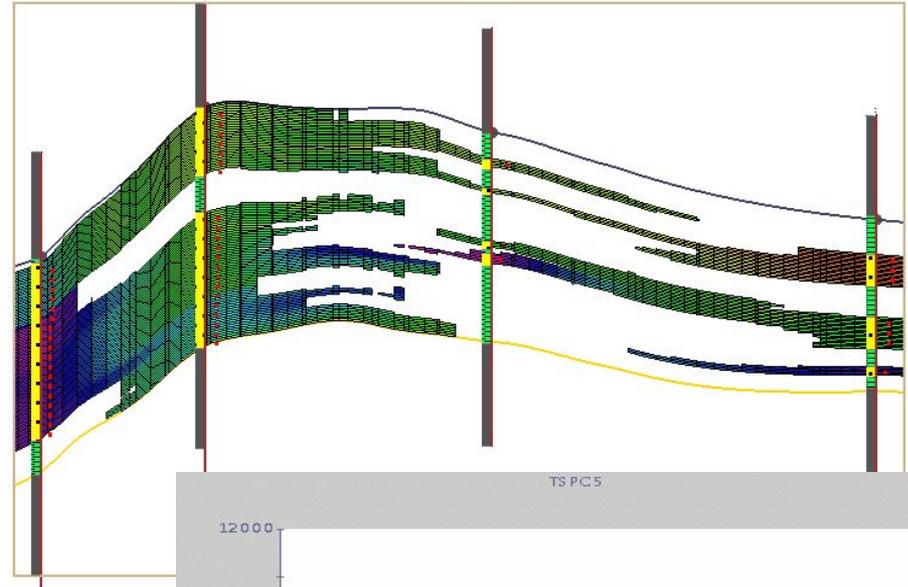
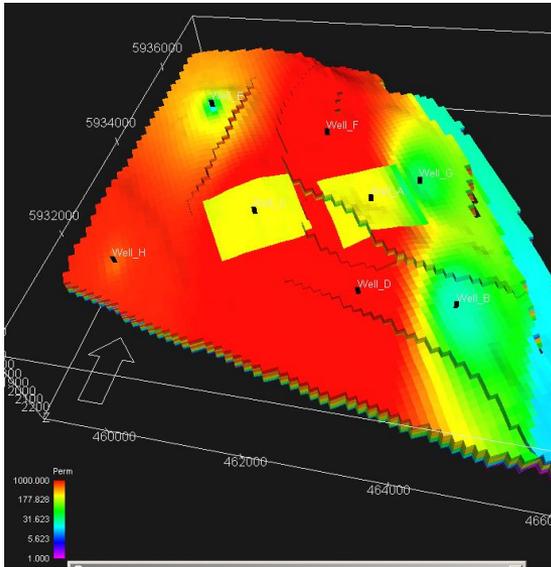
# Зачем нам суперкомпьютеры ?

**«количественные изменения на определенном этапе приводят к качественным, а новое качество порождает новые возможности и интервалы количественных изменений».**

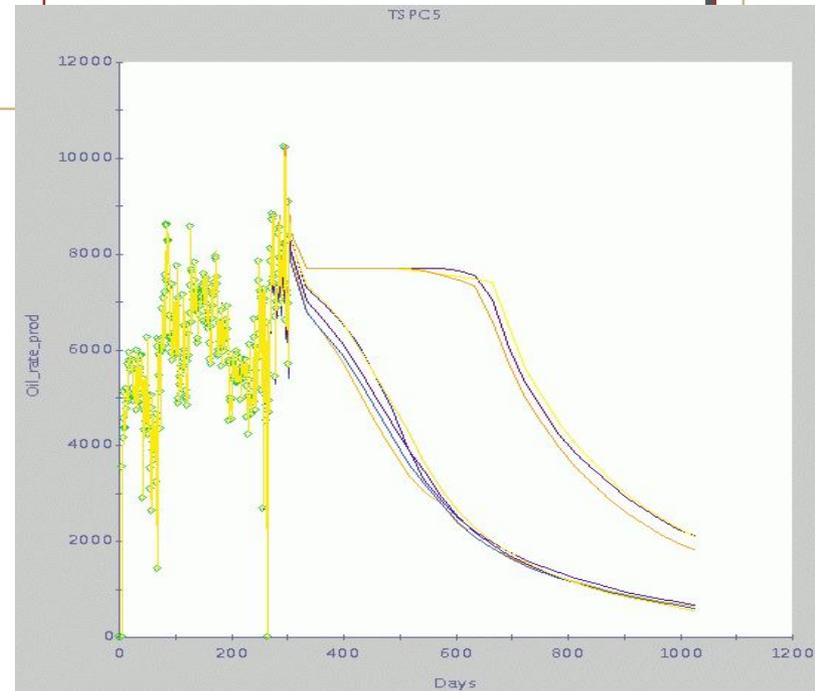


# Суперкомпьютеры - адаптация

п Можно обеспечить реалистичность адаптированных моделей

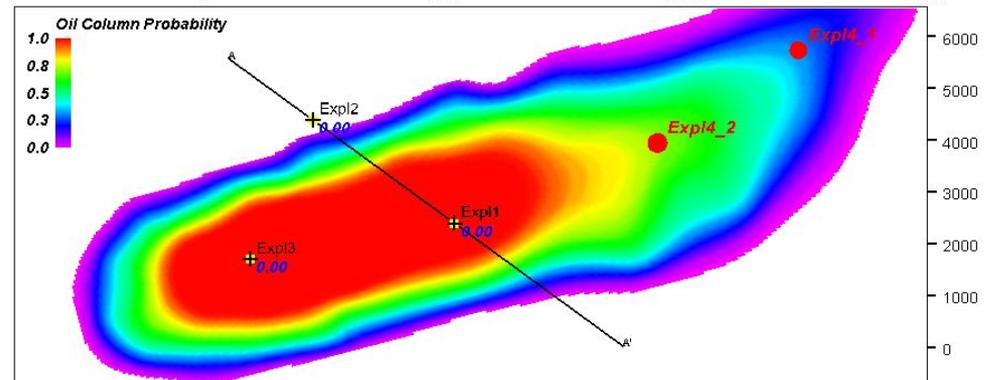
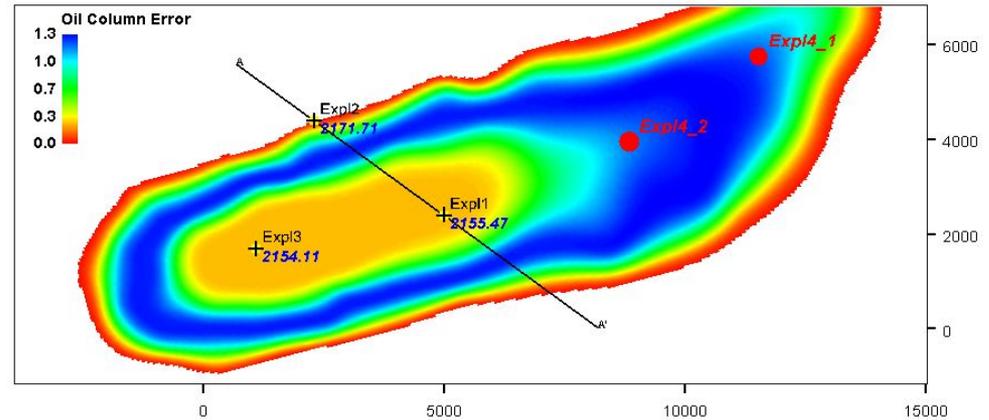
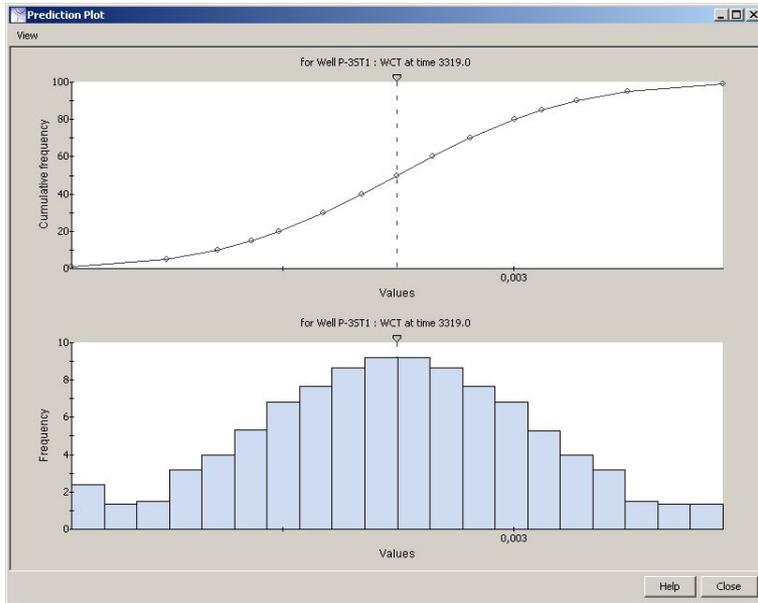


п Можно найти разные варианты адаптации



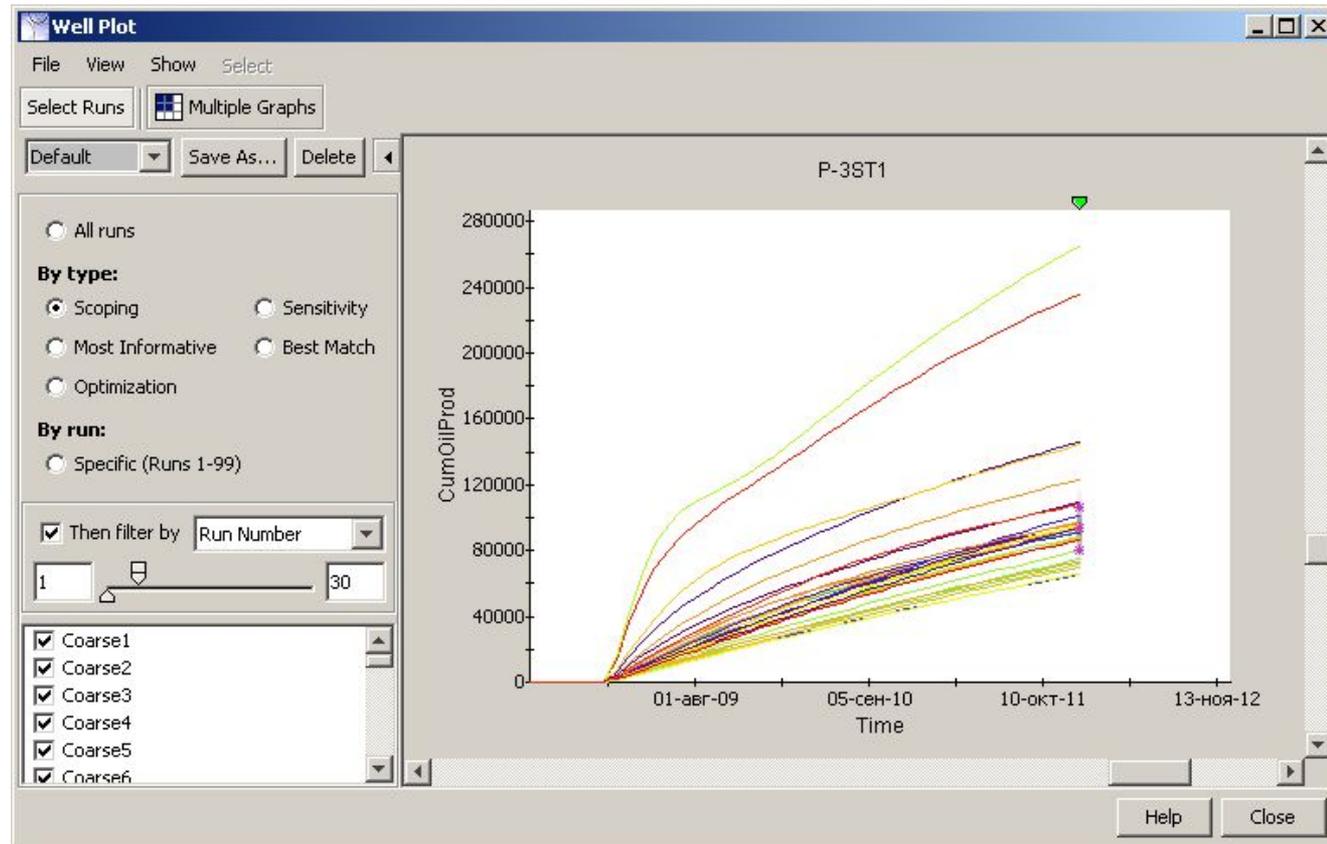
# Суперкомпьютеры - неопределённость

- Работа с большим числом реализаций модели позволяет
  - Оценить неопределённость (погрешность) оценки показателей проекта
  - Сравнивать варианты реализации проекта с учётом их рискованности
  - «Локализовать» неопределённость



# Суперкомпьютеры - оптимизация

- n По каждому варианту разработки месторождения (или ГТМ) можно провести многокритериальную оптимизацию
  - Обычно целевой функцией выбирают ЧДД/NPV
- n Можно рассмотреть большое количество вариантов
- n Для оптимизированных вариантов можно оценить неопределенность



# Выводы



- n Возможны два подхода к использованию суперкомпьютеров в геолого – гидродинамическом моделировании
- n ОЧЕВИДНЫЙ подход
  - Реализован большинством Компаний
  - Сопряжён со значительными техническими проблемами
  - Несёт риски связанные с неоднозначностью геомodelей
- n АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ подход
  - Реализован с использованием технологии EnABle
  - Способен сократить сроки и/или повысить качество работ по
    - Адаптации моделей
    - Оптимизации проектных решений
    - Оценке неопределённости

## Заключение



**n Наличие мощного вычислительного кластера дает возможность СВФУ решать прикладные задачи, в том числе, и для нефтегазовых компаний и стать одним из передовых центров математического моделирования в Якутии и Восточной Сибири.**

Спасибо  
за  
ВНИМАНИЕ