

Distinguished Lecturer Program

Primary funding is provided by
**The SPE Foundation through member donations
and a contribution from Offshore Europe**

*При финансовой поддержке
Добровольного фонда членов SPE и при участии «Офшор Юроп»*

The Society is grateful to those companies that allow their professionals
to serve as lecturers
Additional support provided by AIME

*SPE выражает благодарность компаниям, разрешающим свои сотрудникам
лекционную деятельность
При дополнительном содействии AIME*



Society of Petroleum Engineers
Общество инженеров-нефтяников
Distinguished Lecturer Program
Лекционная программа с участием заслуженных лекторов
www.spe.org/dl



What Have We Learned About Fracturing Shales After 12 Years Of Microseismic Mapping?

Что мы узнали о ГРП сланцев за 12 лет микросейсморазведки?

Shawn Maxwell / Шон Максвелл
Schlumberger / «Шлюмберже»

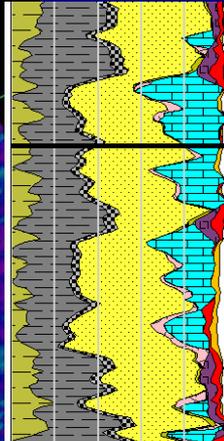
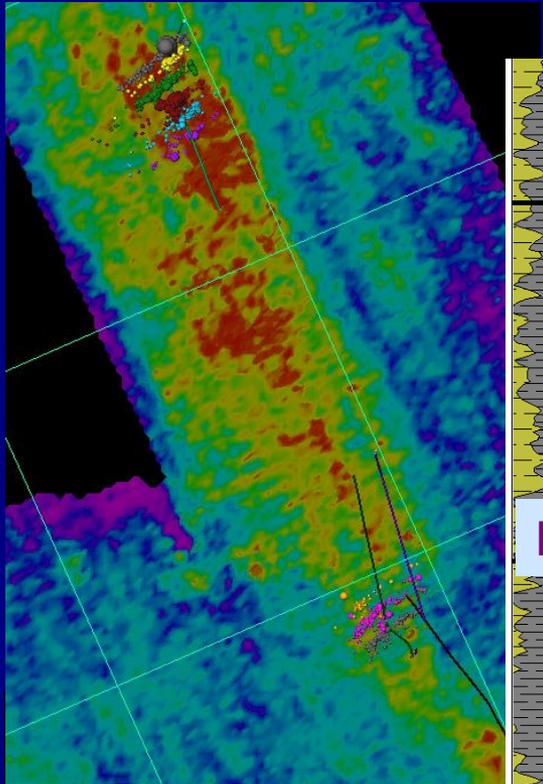
Society of Petroleum Engineers / *Общество инженеров-нефтяников*
Distinguished Lecturer Program \ *Лекционная программа с участием заслуженных лекторов*
www.spe.org/dl

Outline / Содержание

- Unconventionals/microseismic introduction
 - Введение в исследование нетрадиционных залежей методами микросейсморазведки
- Shale fracturing lessons from microseismic
 - Уроки сланцевых коллекторов, основанные на микросейсморазведке
- Geomechanical deformations
 - Геомеханические деформации
- Conclusions
 - Выводы

Unconventionals = Rocks + Frac

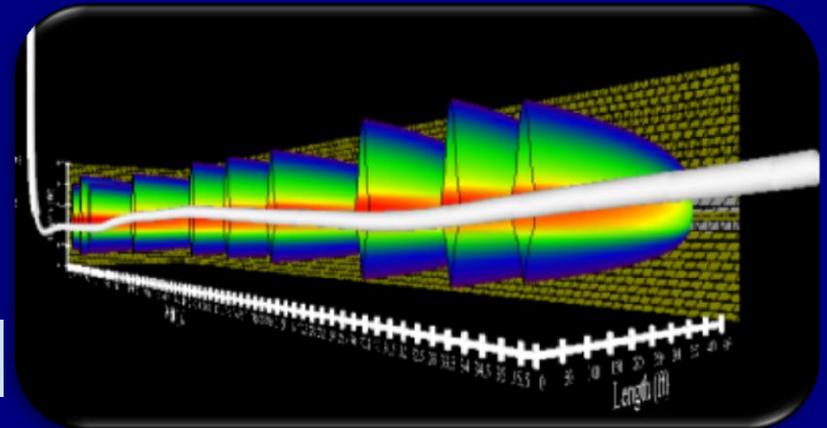
Нетрадиционные залежи = породы + ГРП



Kerogen / кероген



HC Pore / поры с УВ

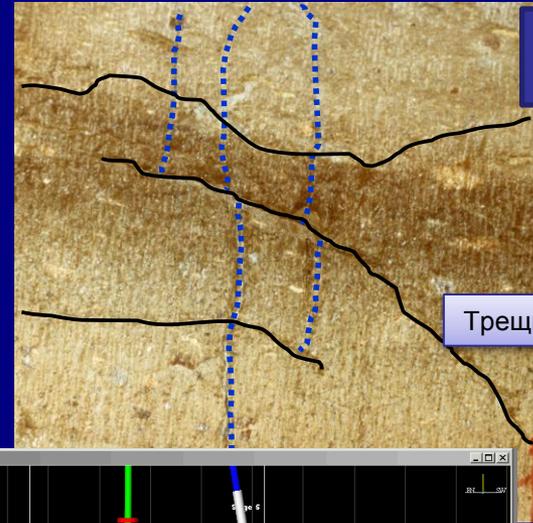


Where Does It All Go?

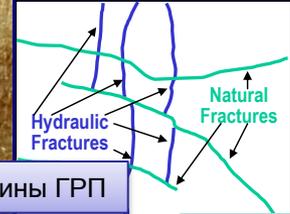
К чему это ведет?



Fracture Complexity & Natural Fractures

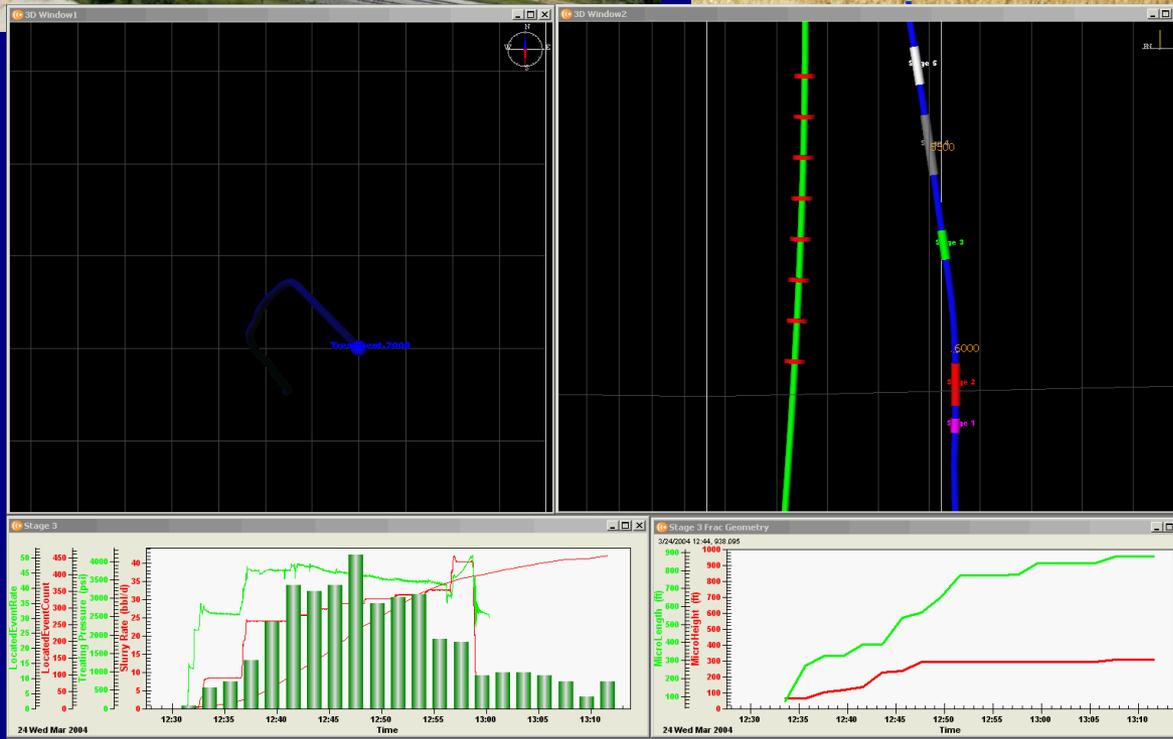


Сложность трещин и естественные трещины



Трещины ГРП

Природные трещины

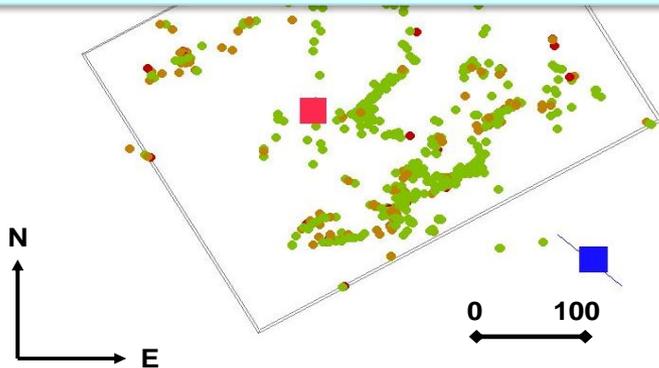


Barnett Shale Activity

Исследования в сланцах Барнетт

SPE77440:
2000 First Barnett Microseismic Image

В 2000 г. получено первое микросейсмическое изображение сланцев Барнетт



Крупные трещины с водой
Горизонтальные скважины
Микросейсморазведка

Massive Water Fracs
Horizontal Wells
Microseismic

IP (MSCFPD)

4000

2000

1980

1990

2000

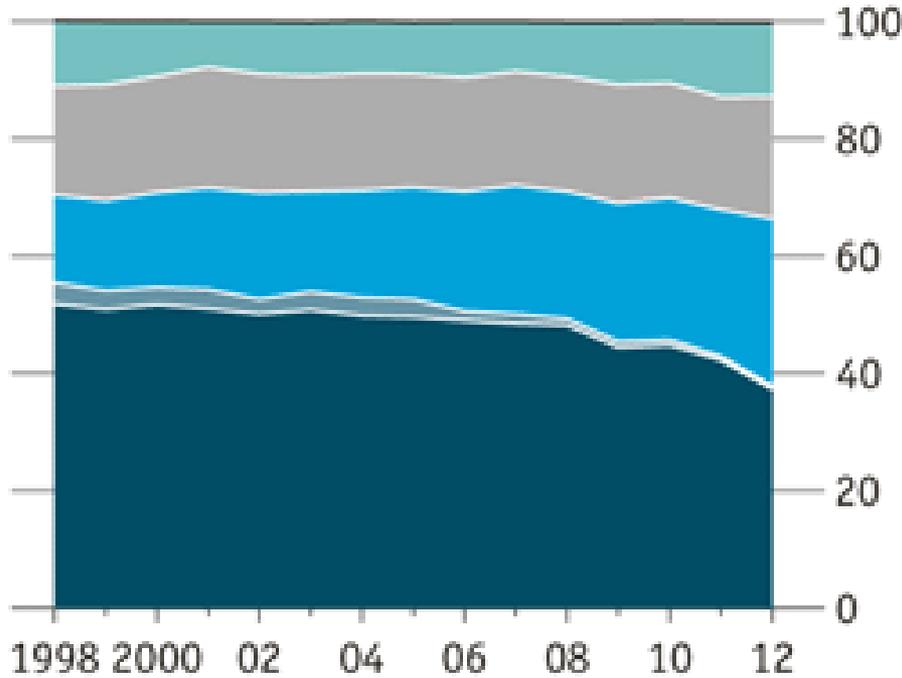
Year

Unconventional Energy Renaissance

Возрождение нетрадиционных источников энергии

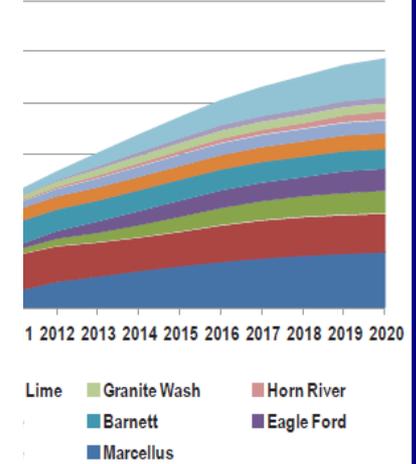
Step on the gas

US electricity generation mix, %

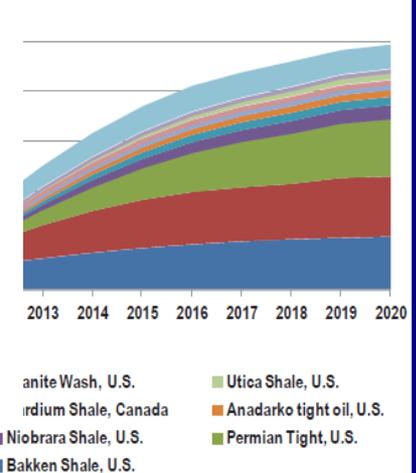


Source: EIA

Gas Production

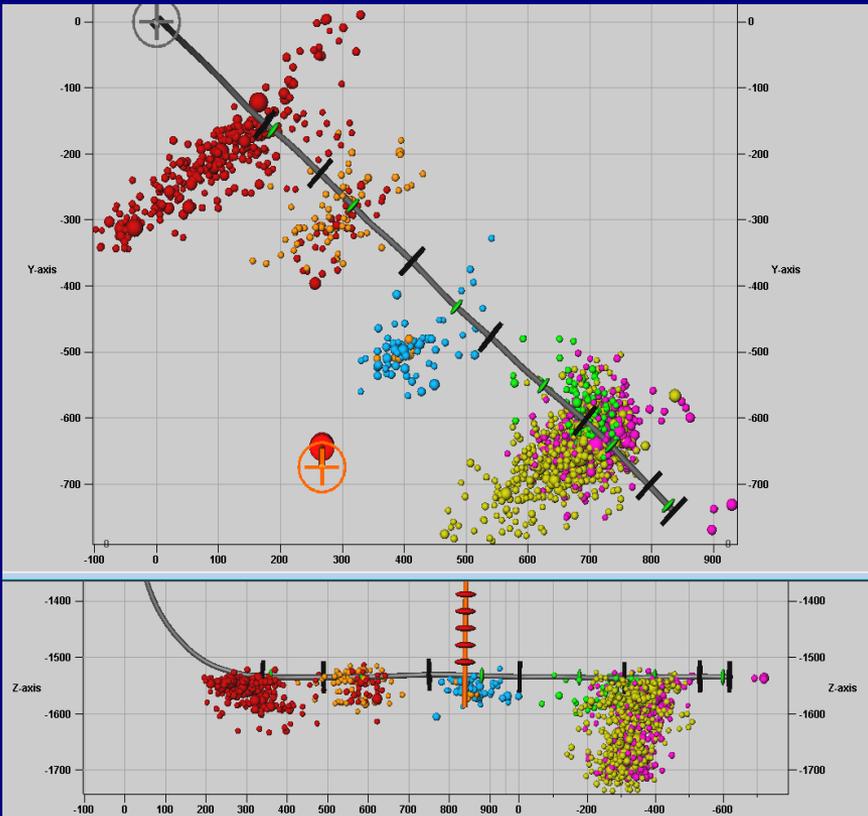


Production by Plays



Hydraulic Fracture Applications

Назначение трещин ГРП

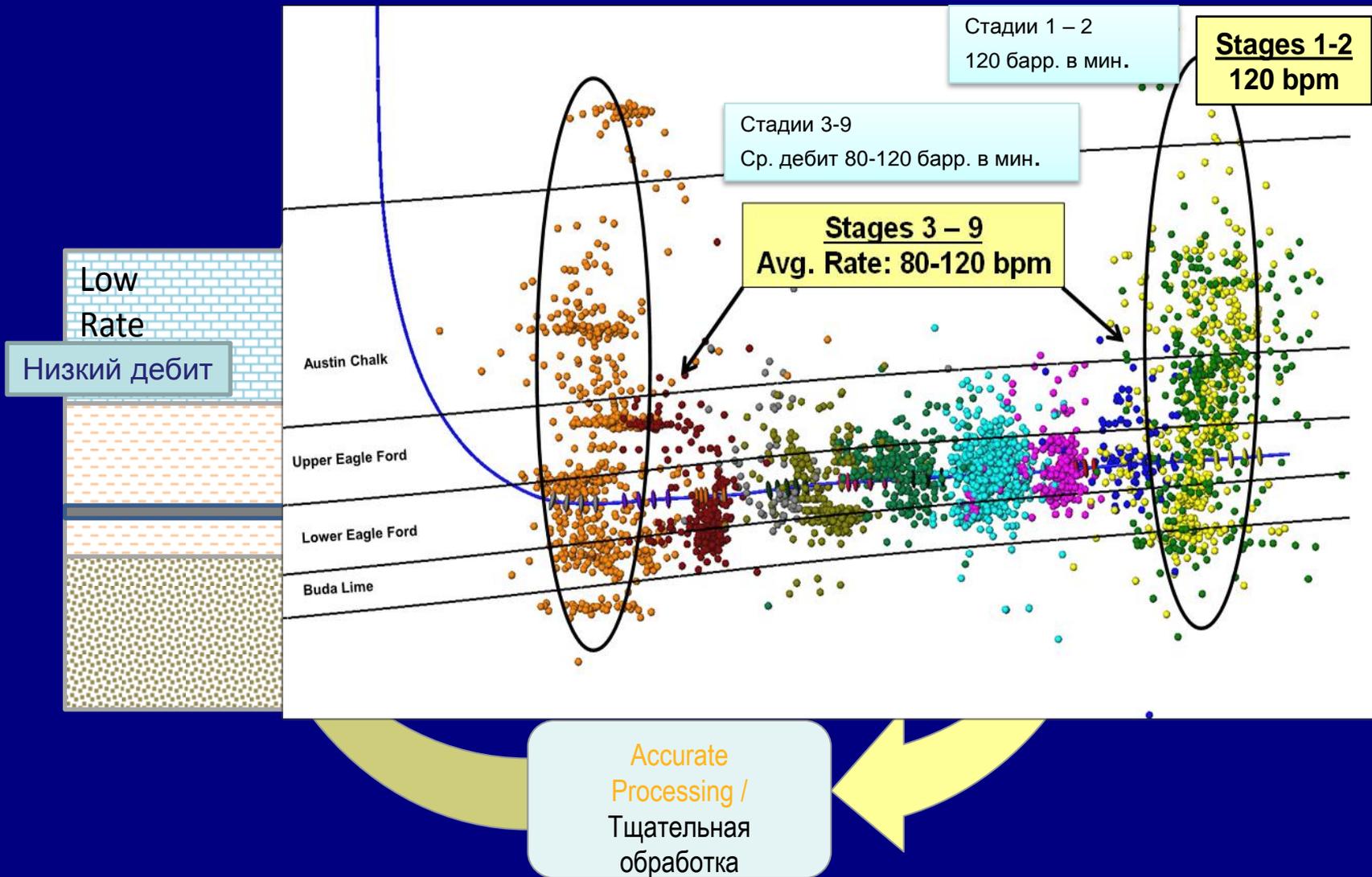


- Real-Time Fracture Control / Управление трещинами в реальном времени
 - Geo-Hazards / Геологические осложнения
 - Re-fracturing / Повторный ГРП
 - Stage modification / Изменение стадий
 - Completion Strategy / Стратегия заканчивания
 - Staging & Isolation / Стадийность и ИЗОЛЯЦИЯ
 - Frac Design / Проектирование ГРП
 - ✓ Perforation strategy & frac initiation / Стратегия перфорации и зарождение трещин
 - Field Development / Разработка месторождений
 - ✓ Well placement / Проводка стволов
 - ✓ Well spacing / Расстояние между скважинами
 - ✓ Drainage patterns / Схемы отбора нефти
- Improved fracs/production / Лучше трещины – выше продуктивность

- ✓ Fracture direction / направление трещин
- ✓ Height / высота
- ✓ Length / протяженность
- ✓ Complexity / сложность

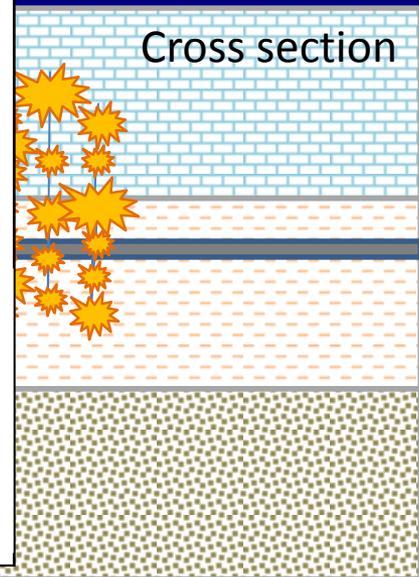
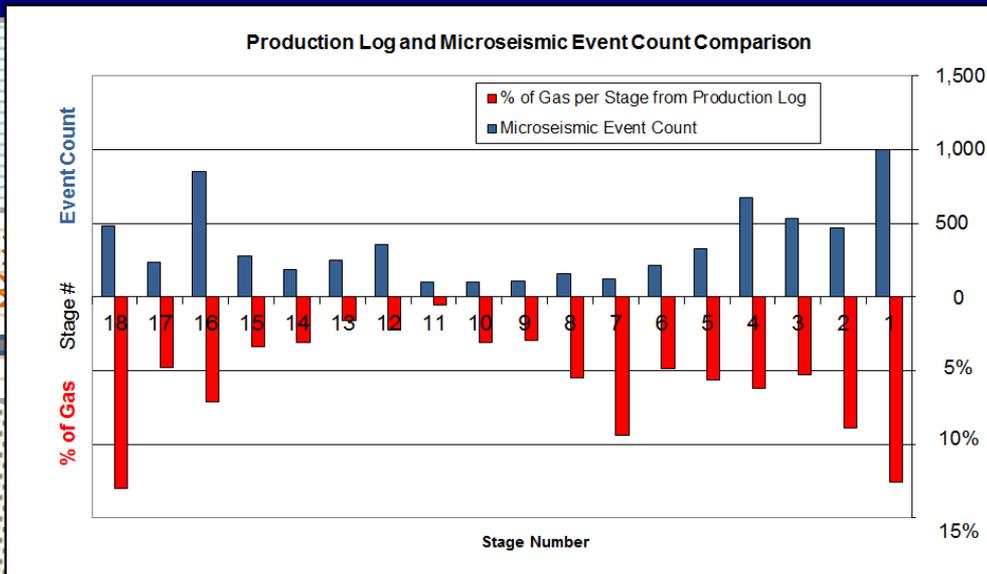
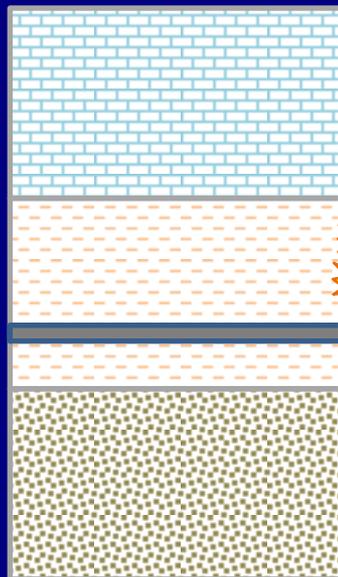
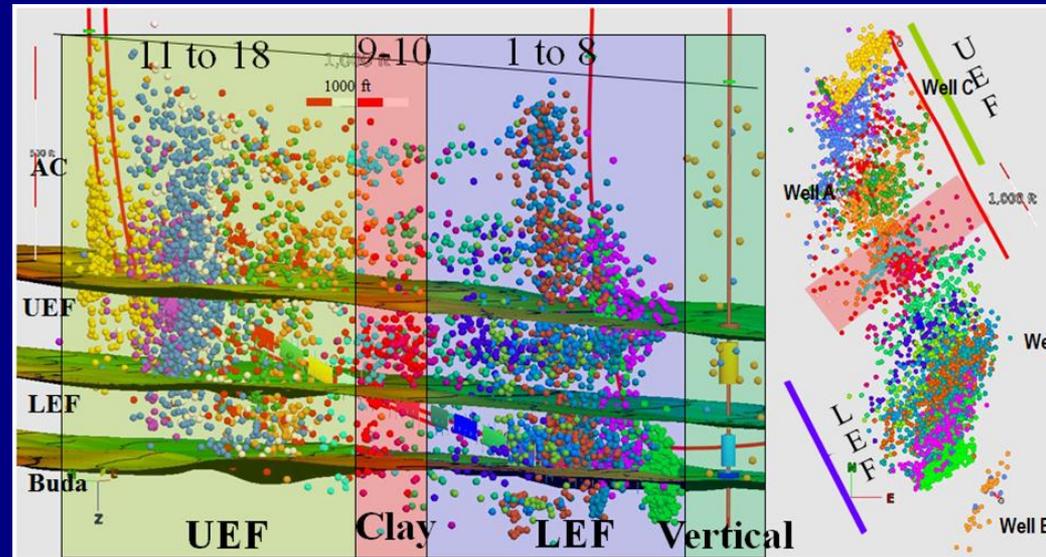
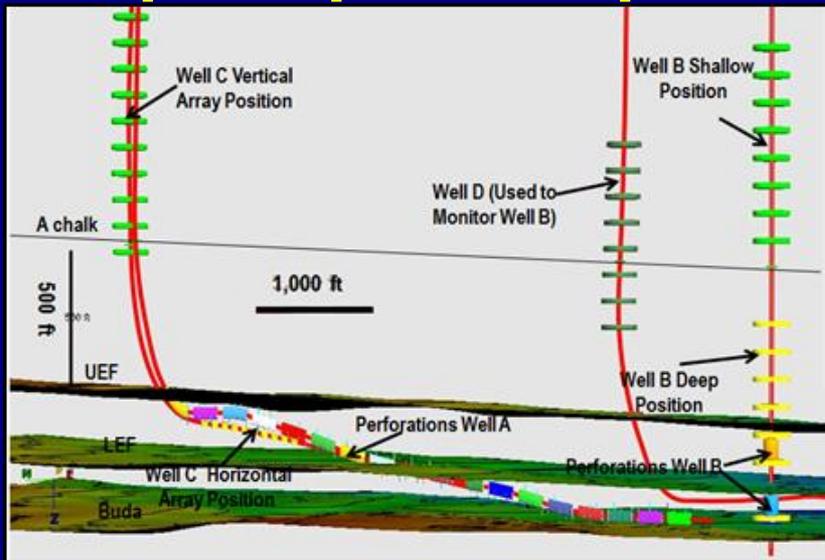
Project Design for Value

Проектирование с прицелом на конечный результат



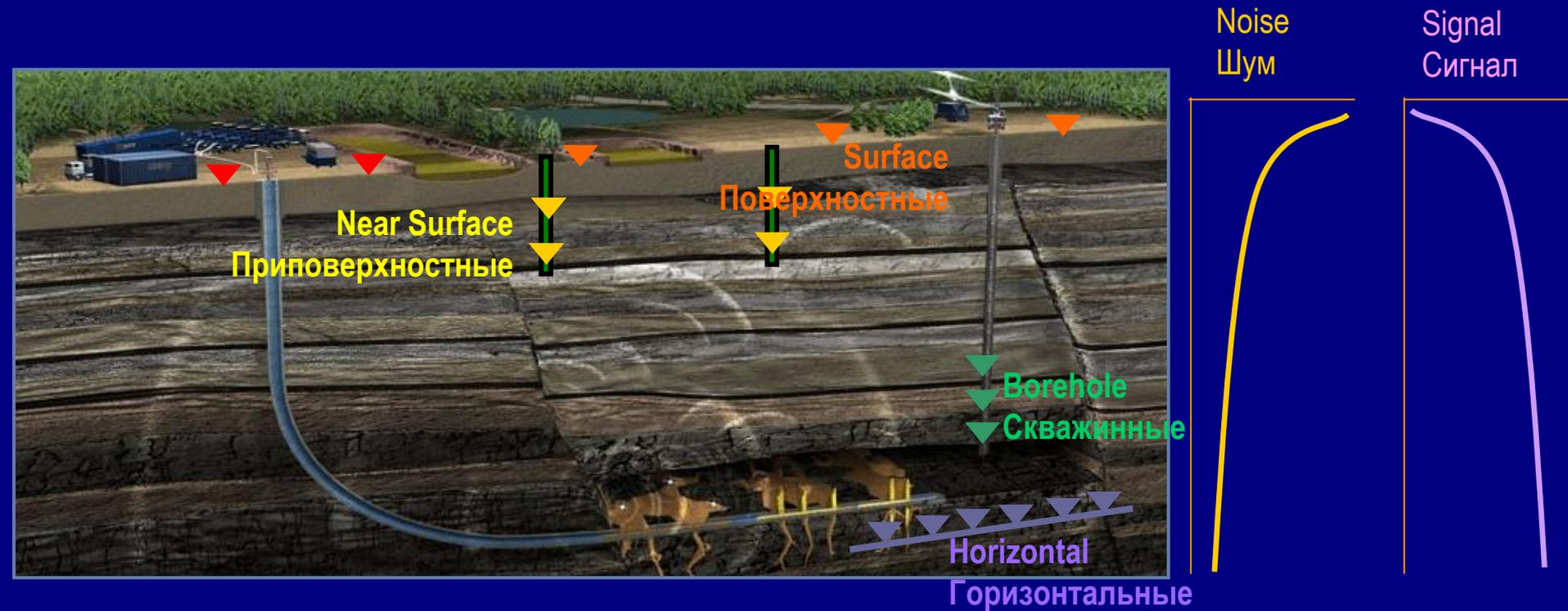
Eagle Ford Example

Пример месторождения Игл-Форд



Evolution of Monitoring Geometries

Развитие методов пространственного мониторинга



How do accuracies and sensitivities compare?

Как сравнивать точность и чувствительность?

How do you decide which option?

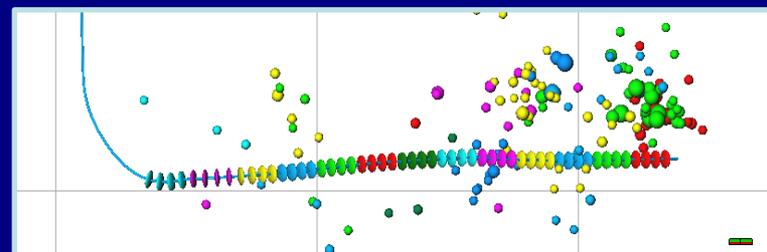
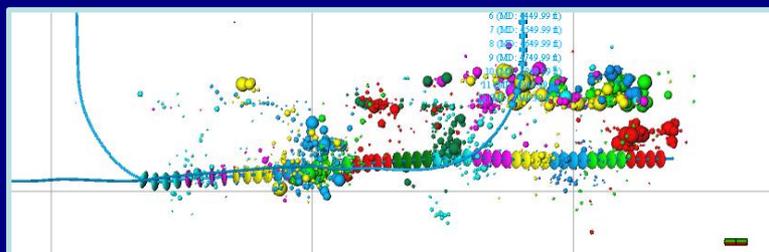
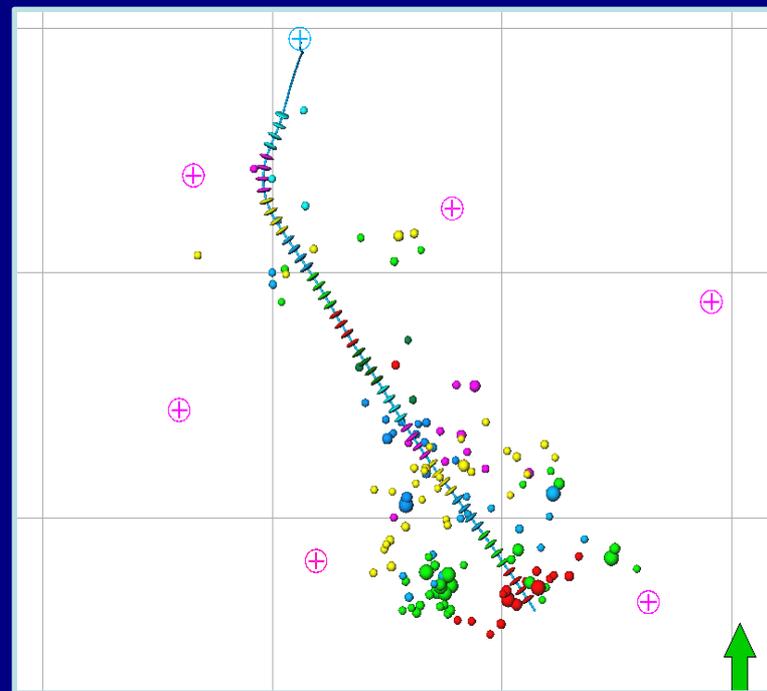
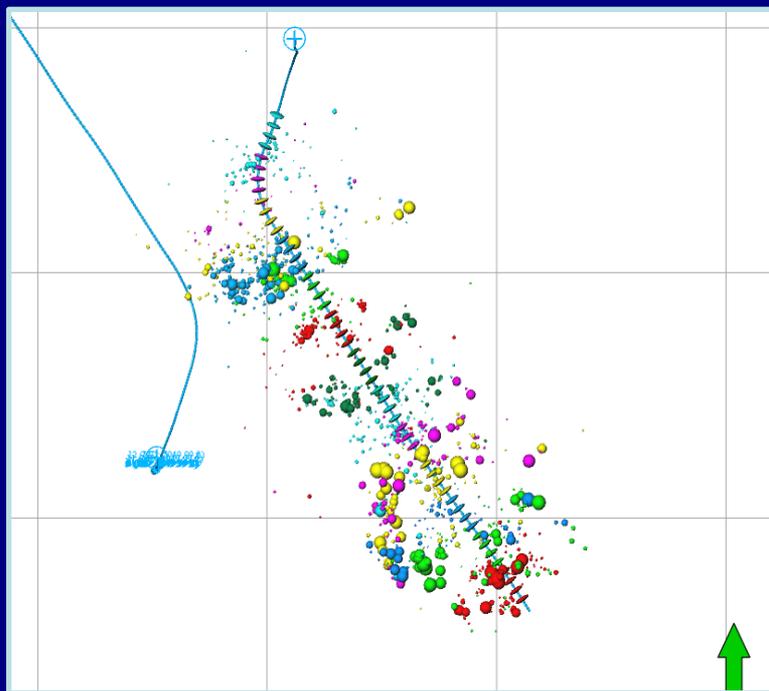
Как выбирать варианты?

Acquisition Footprint

Влияние системы наблюдений

Downhole Array / Скважинная группа

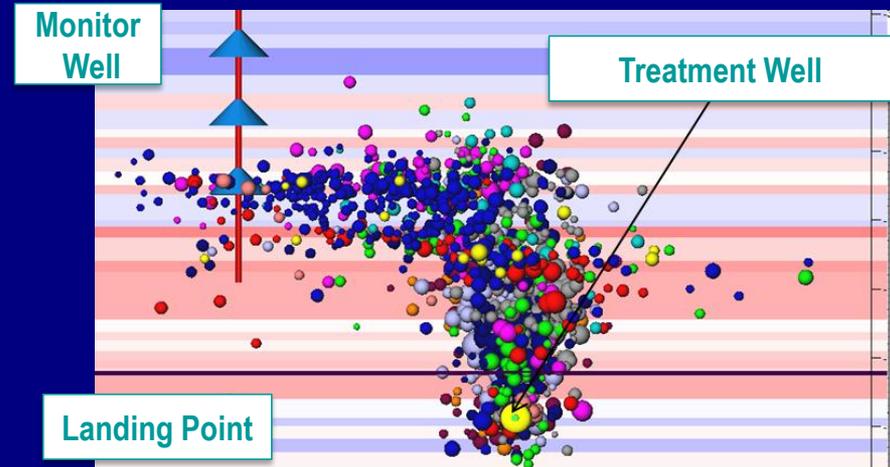
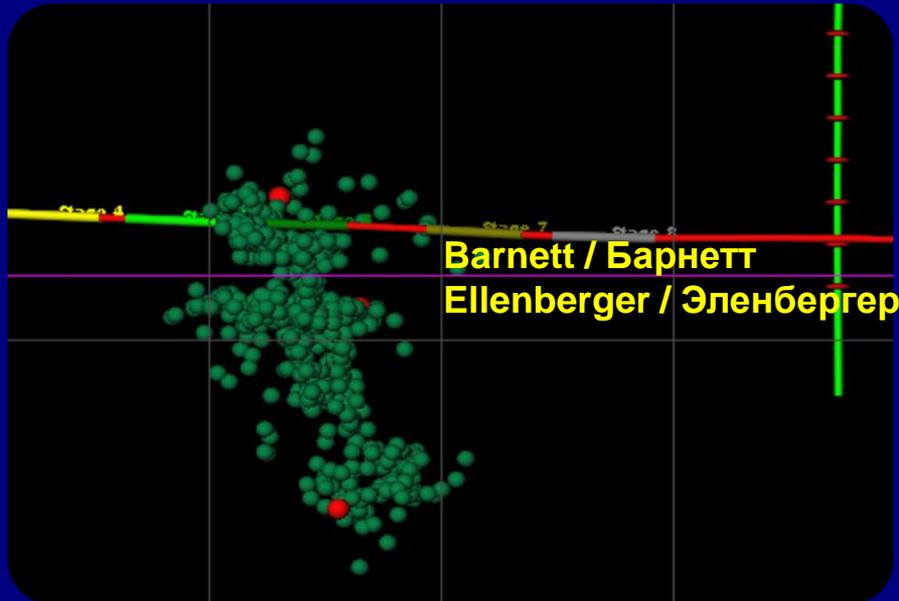
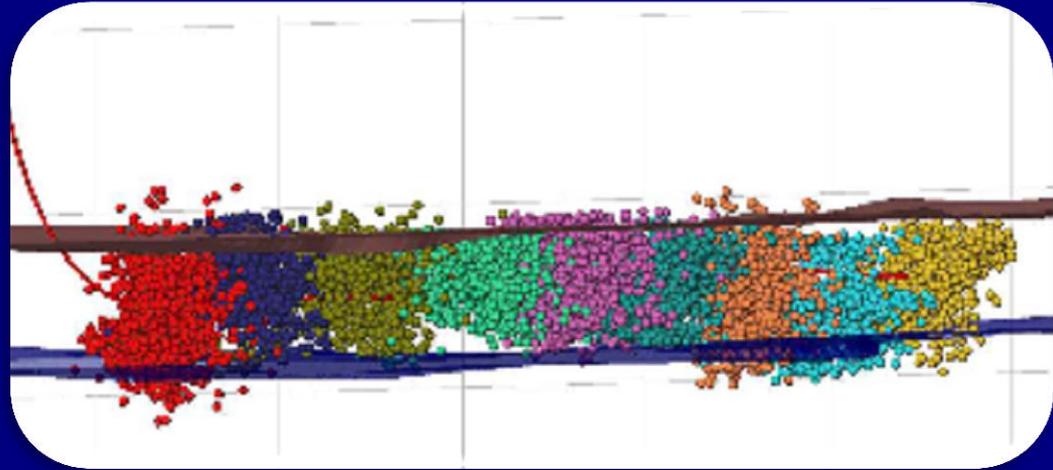
Shallow Grid / Близповерхностная сеть



Shale Lessons: Containment

Уроки сланцевых коллекторов: ограничения

1. Depth Containment Ограничения по глубине



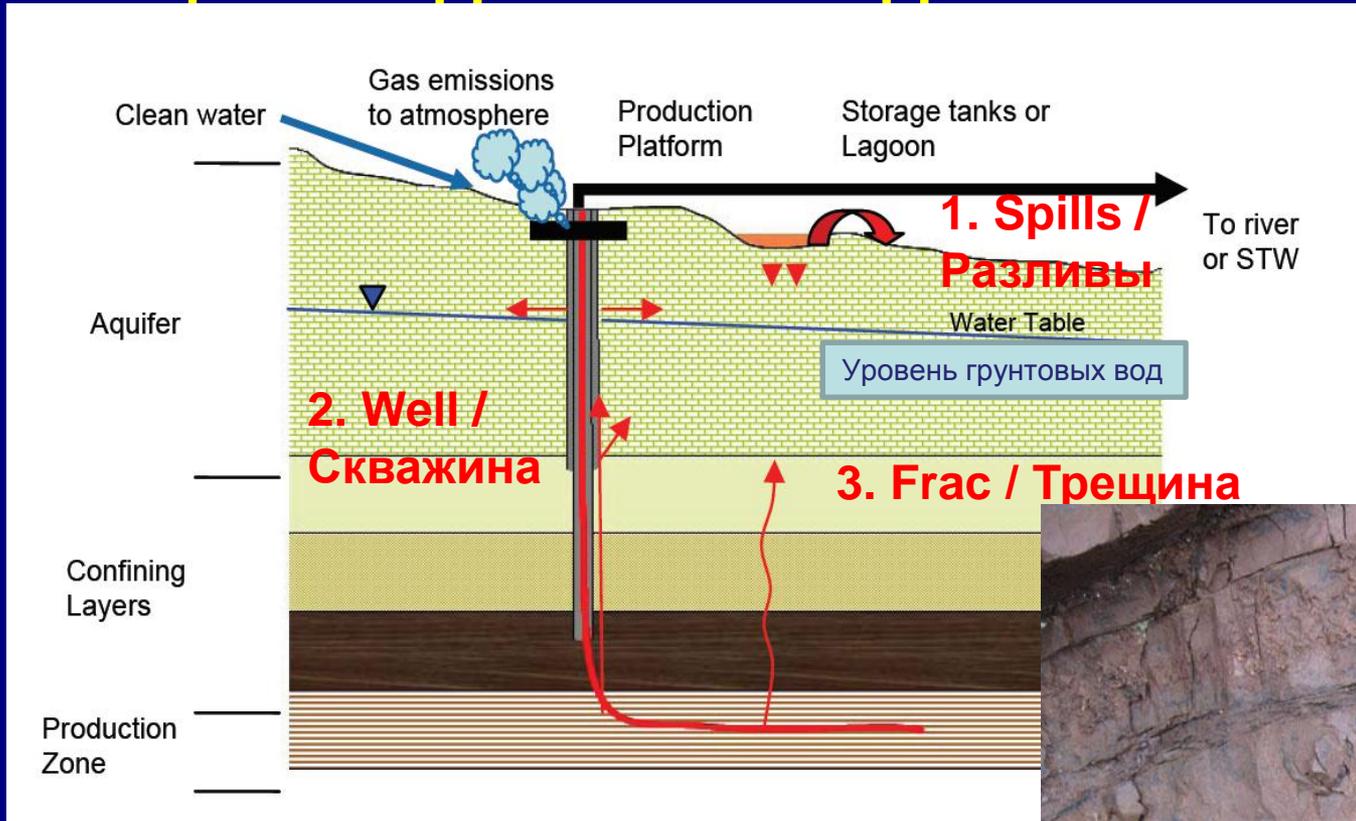
Environmental Concerns

Экологические вопросы



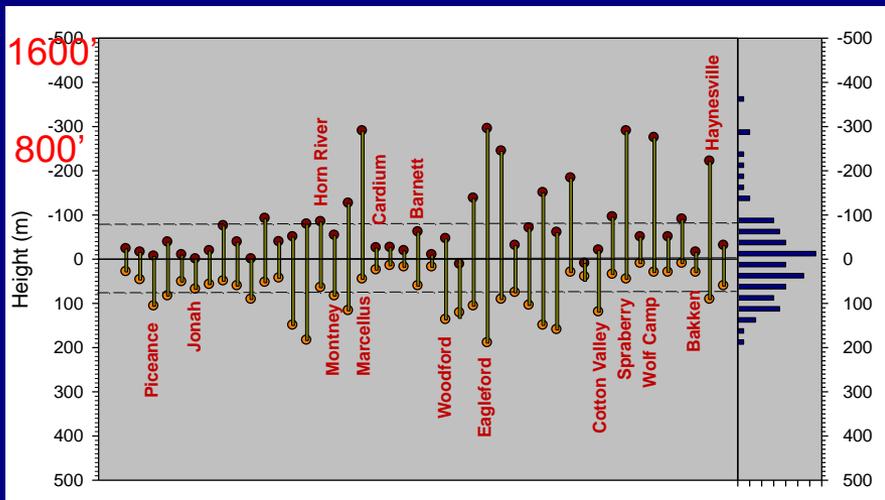
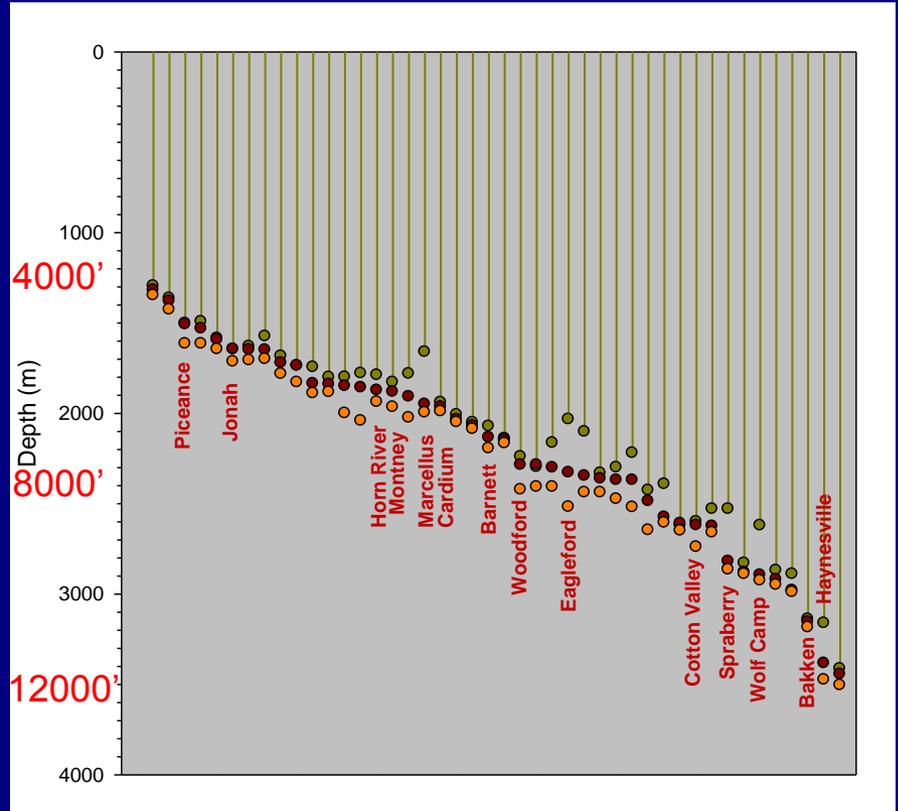
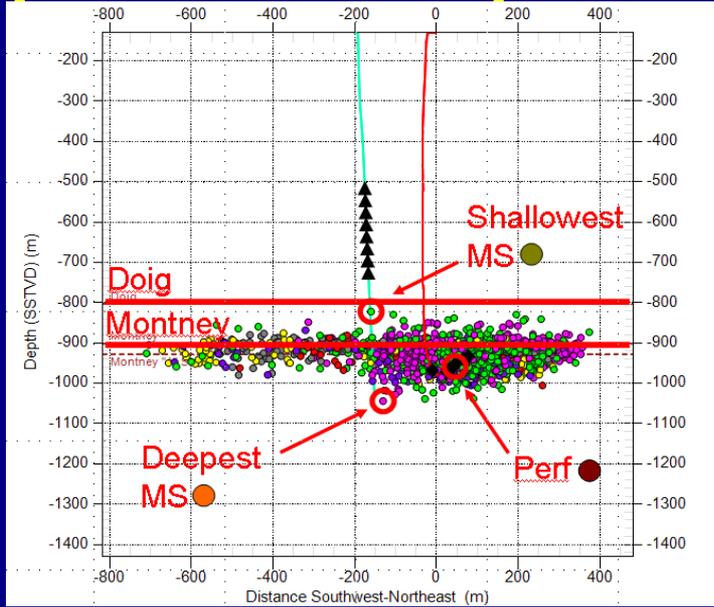
Aquifer Protection

Защита подземных вод



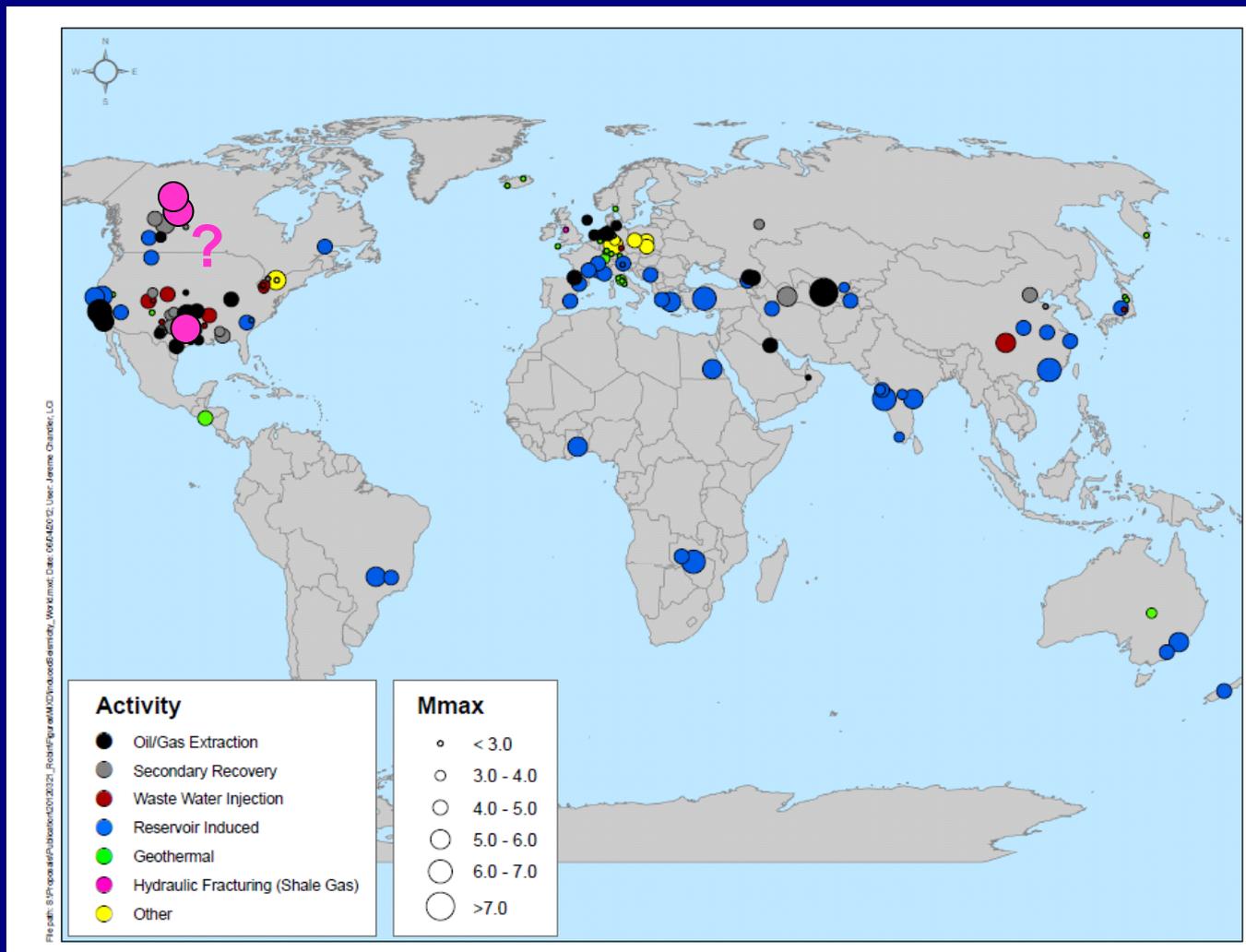
Fracture Height Growth

Вертикальный рост трещин



Induced Seismicity

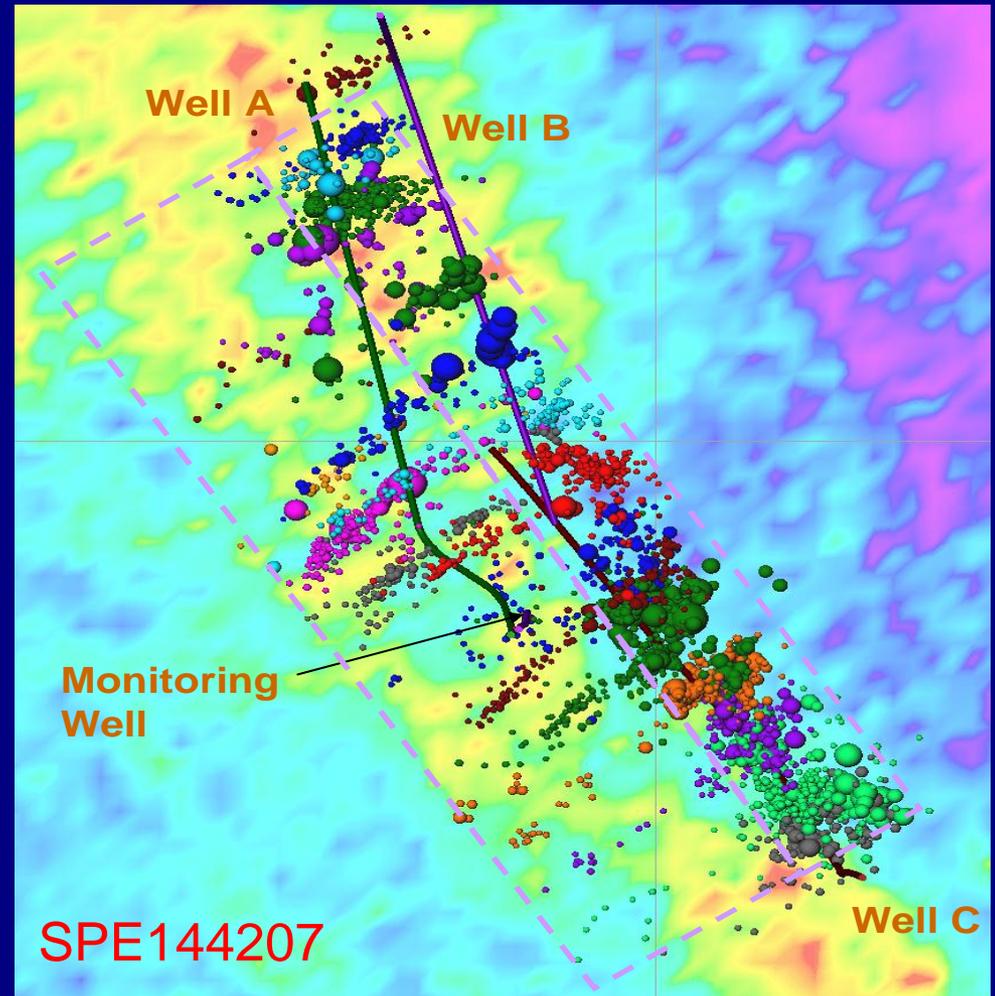
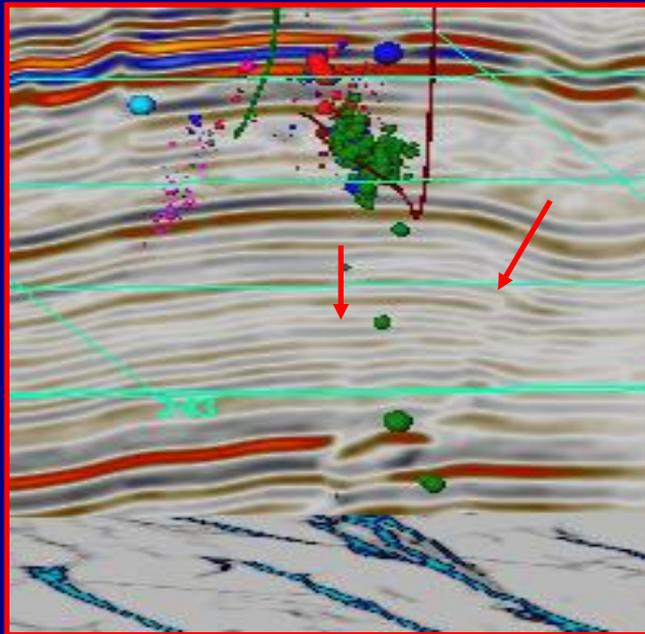
Наведенная сейсмоактивность



Shale Lessons: Heterogeneity

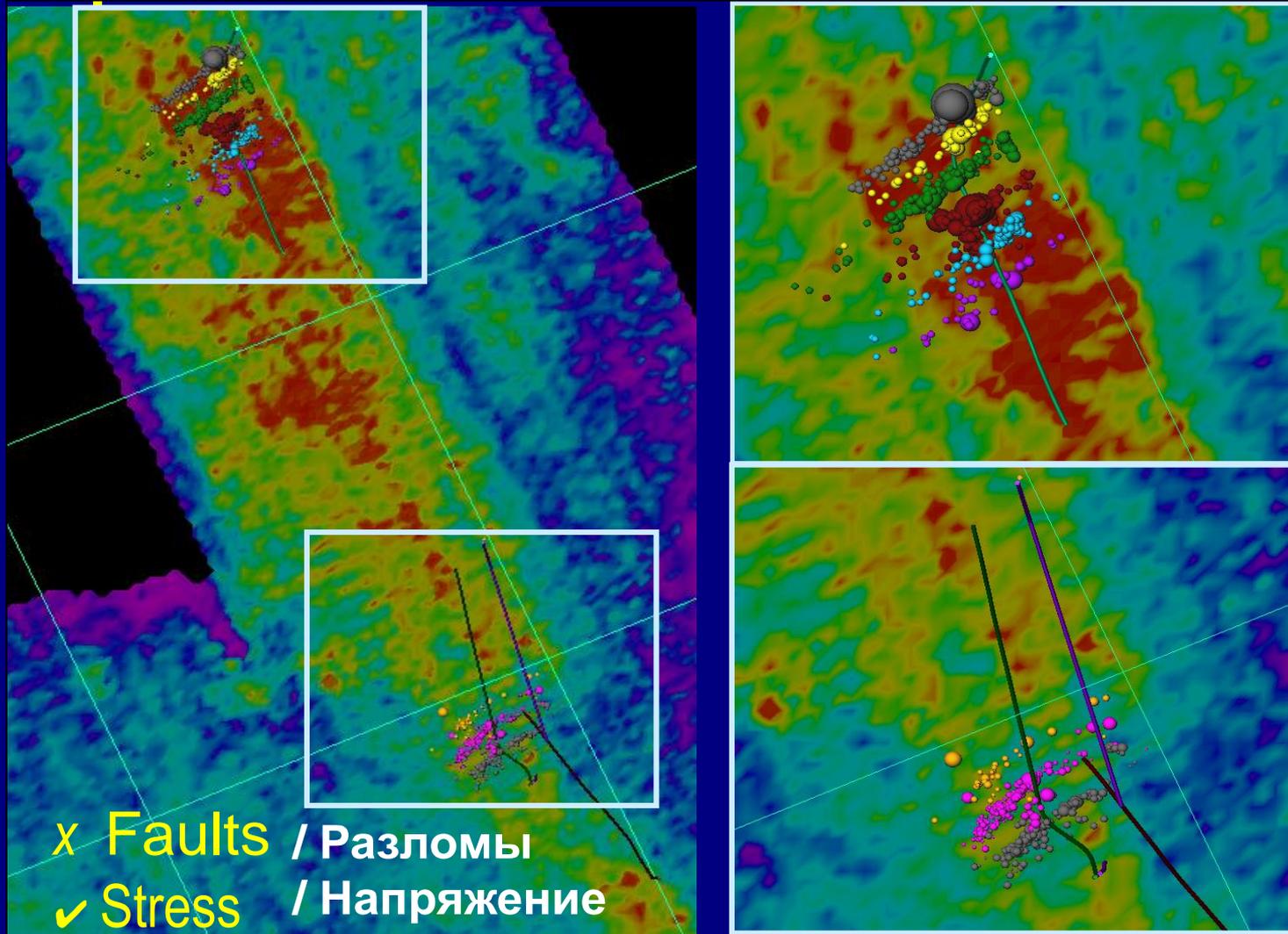
Уроки сланцевых коллекторов: неоднородность

1. Depth Containment
Ограничения по глубине
2. Fracture Variability
Разнообразие трещин



Geomechanical “Sweetspots”

Благоприятные геомеханические зоны

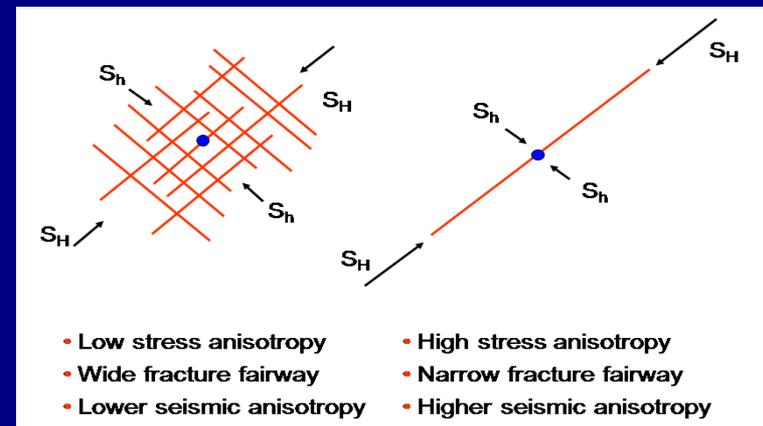
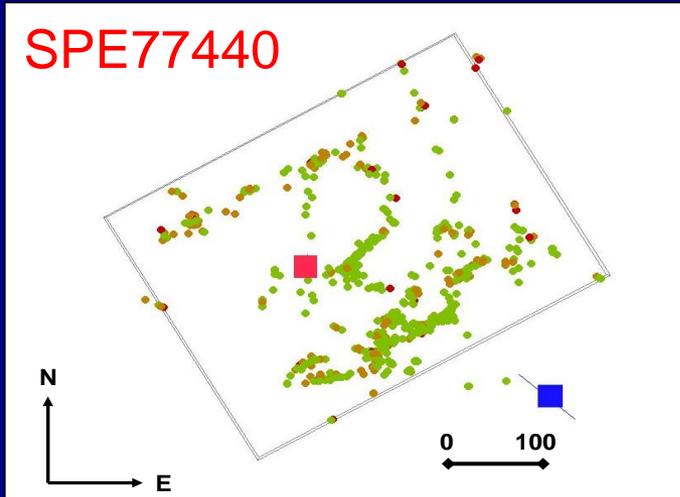
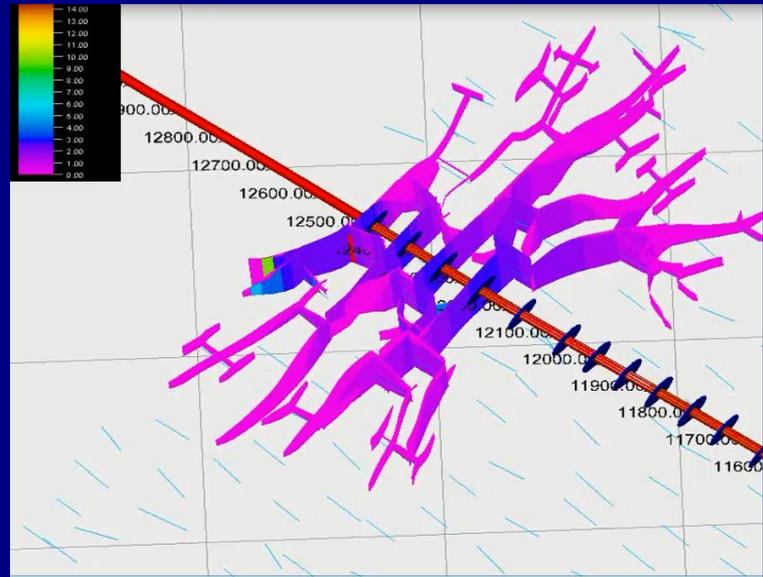


Improved well placement using integrated reservoir characterization and microseismic
Улучшенная проводка стволов скважин с использованием комплексных характеристик пласта и
данных микросейсморазведки

Shale Lessons: Complexity

Уроки сланцевых коллекторов: сложность строения

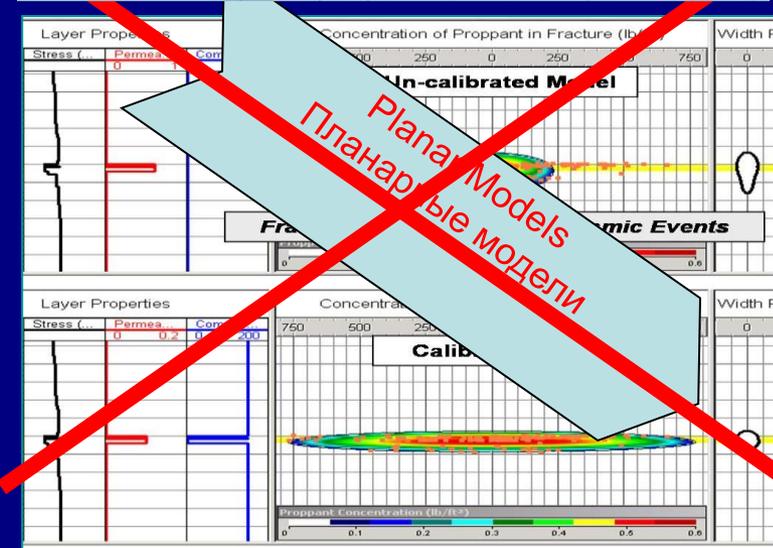
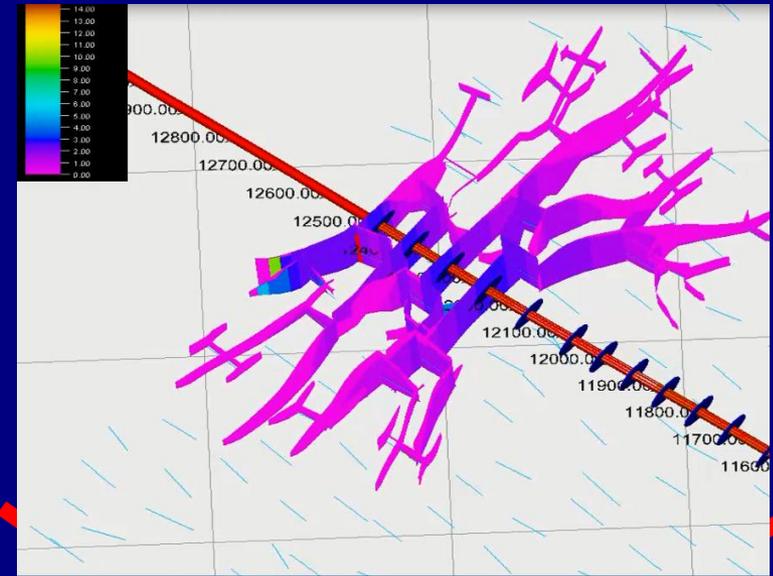
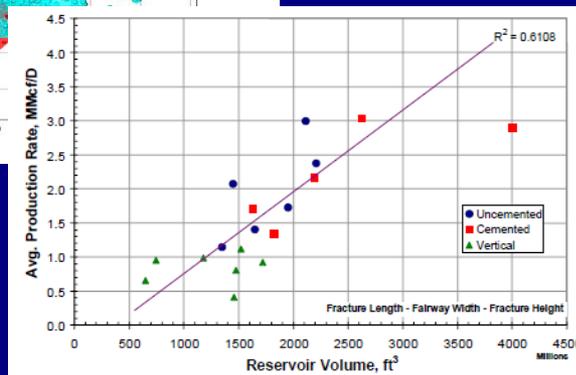
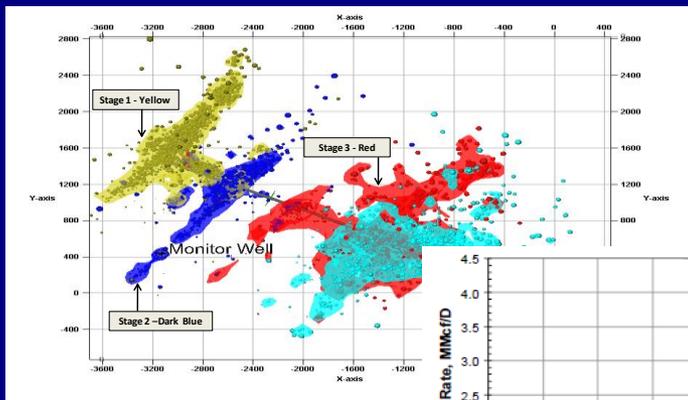
1. Depth Containment
Ограничения по глубине
2. Fracture Variability
Разнообразие трещин
3. Fracture Complexity
Сложность трещин



Shale Lessons: Reservoir Contact

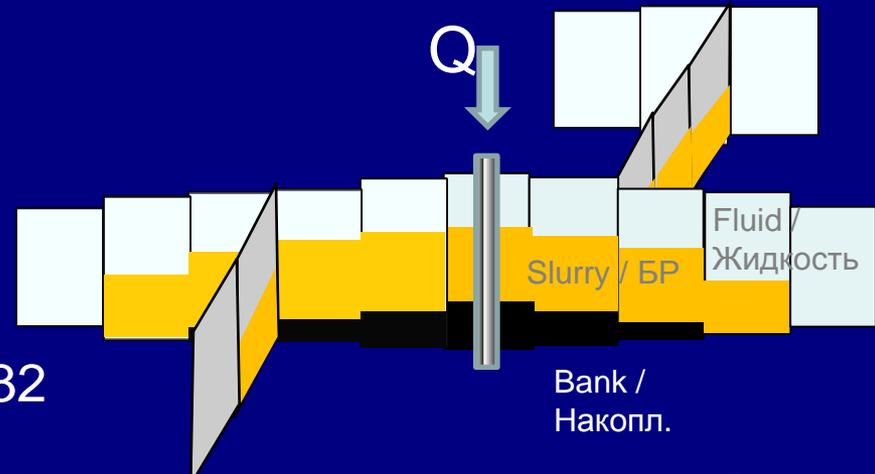
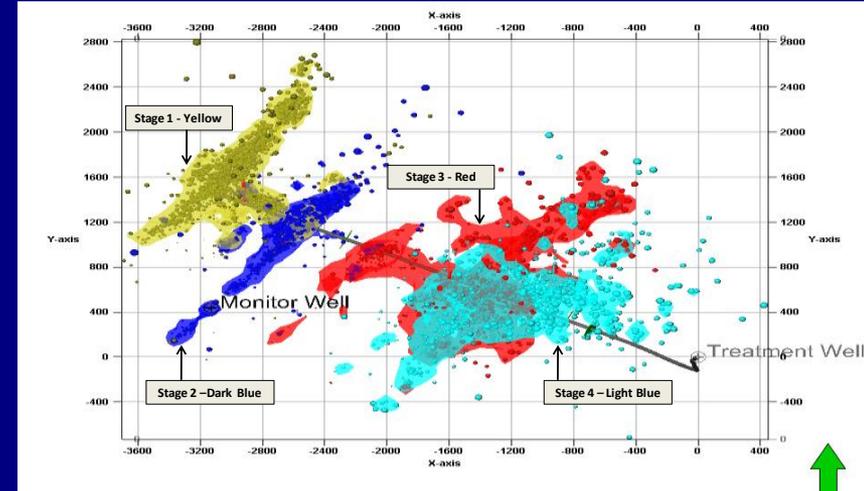
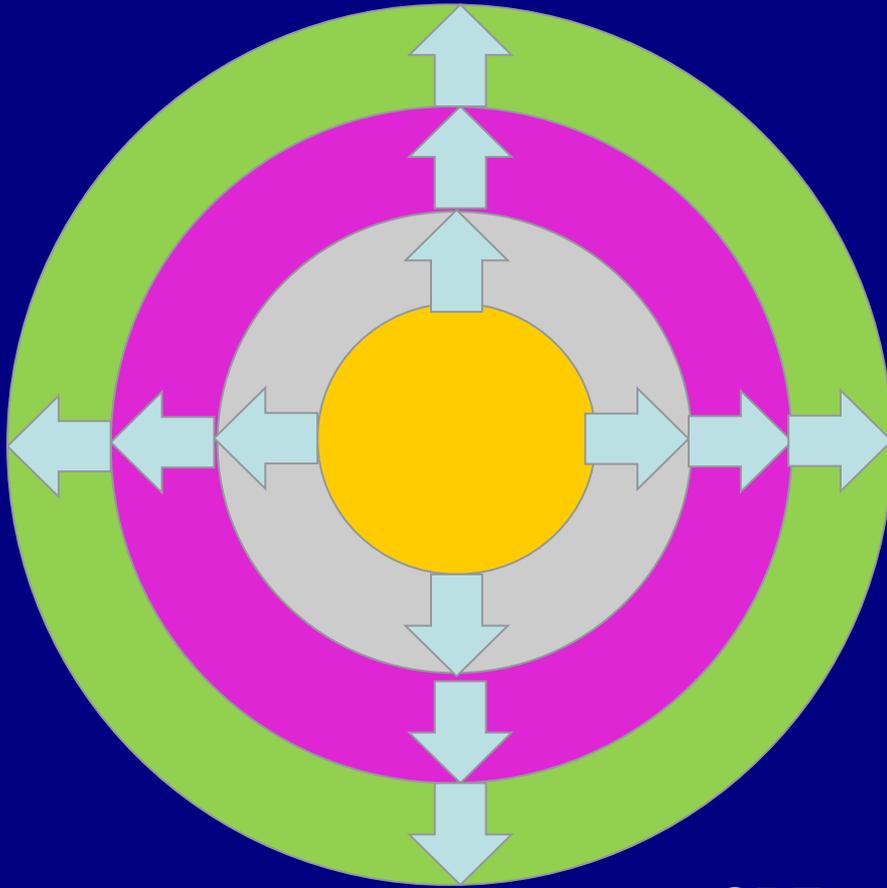
Уроки сланцевых коллекторов: контакт с пластом

1. Depth Containment
Ограничения по глубине
2. Fracture Variability
Разнообразие трещин
3. Fracture Complexity
Сложность трещин
4. Stimulated Reservoir Volume
Объем пласта под воздействием ГРП



Stimulated Reservoir Volume

Объем пласта под воздействием ГРП



SPE146932

Microseismic Vol >
Об. микромейсм.
Location Uncertainty
Неопределенность местоположения

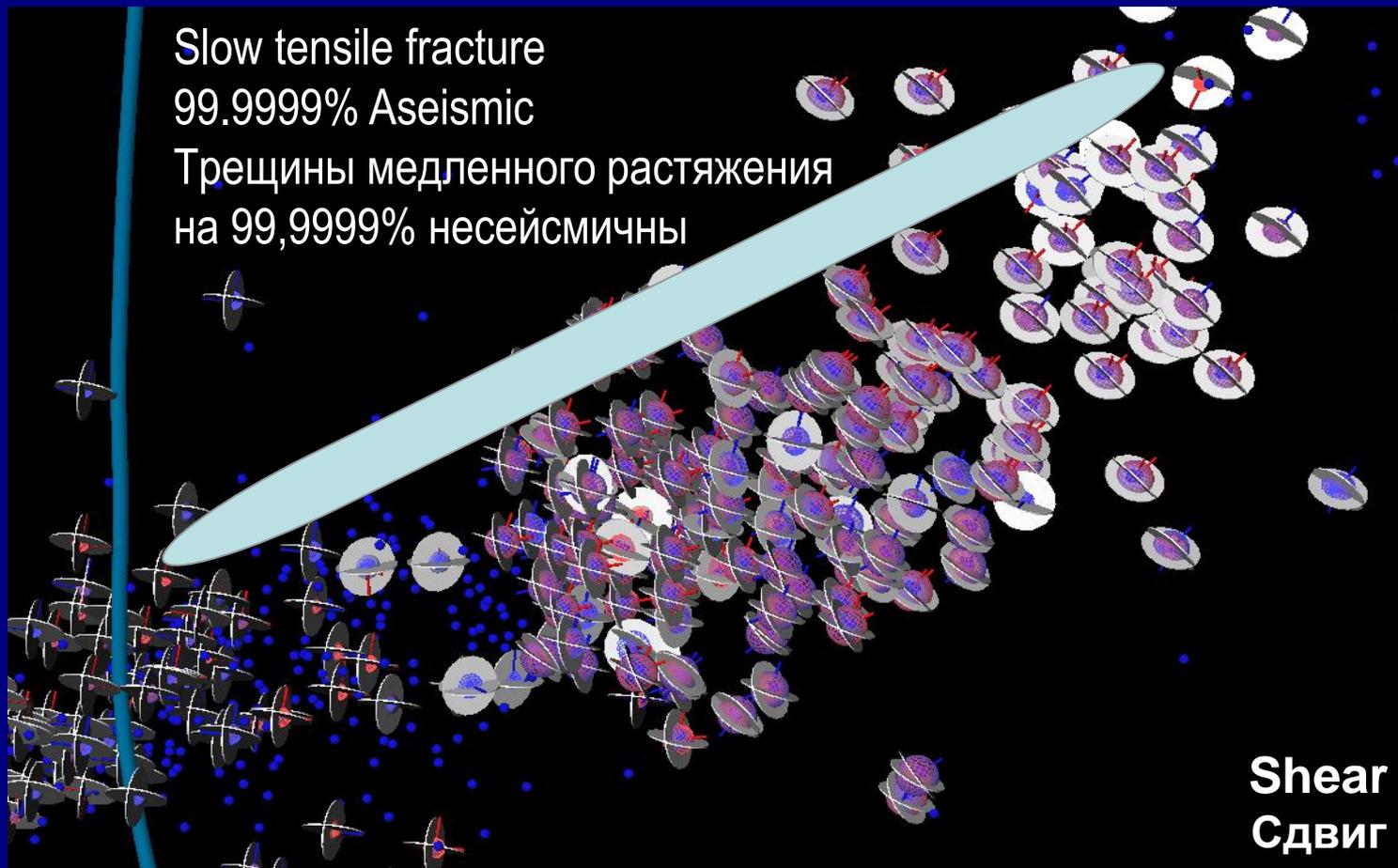
Stress Vol >
Напряж. об.

Hydraulic Vol >
Гидравлич. об.

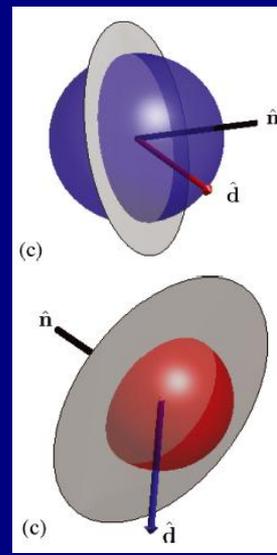
Propped Vol /
Расклиненный об.

Microseismic Effective Fracture Moment Tensor Inversion

Инверсия микросейсмического тензора эффективного момента трещины

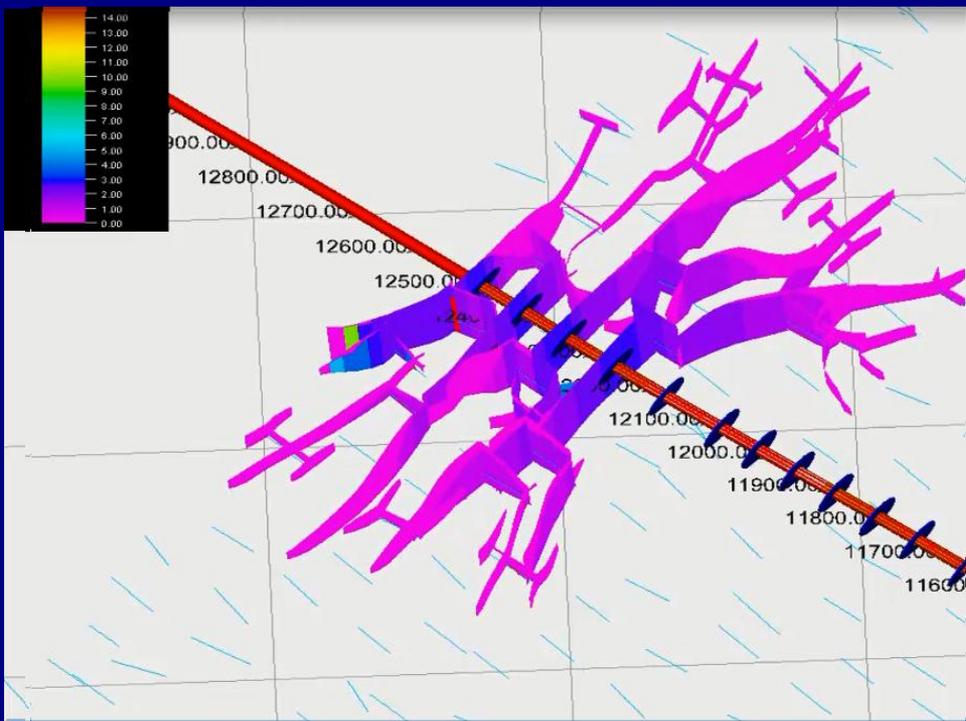


Opening
Раскрытие

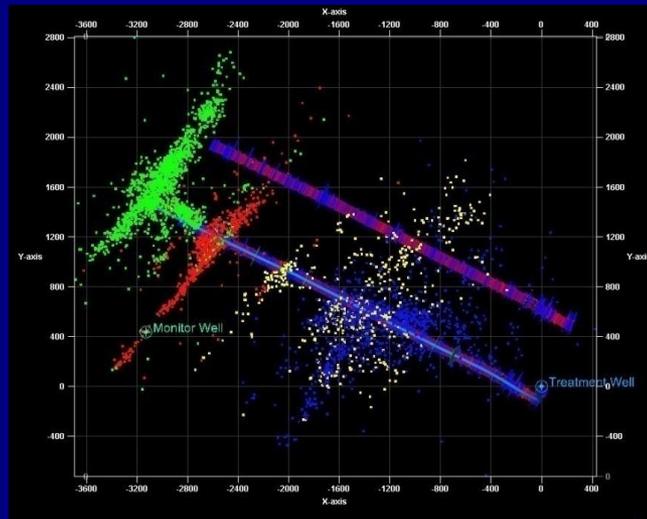


Geomechanics

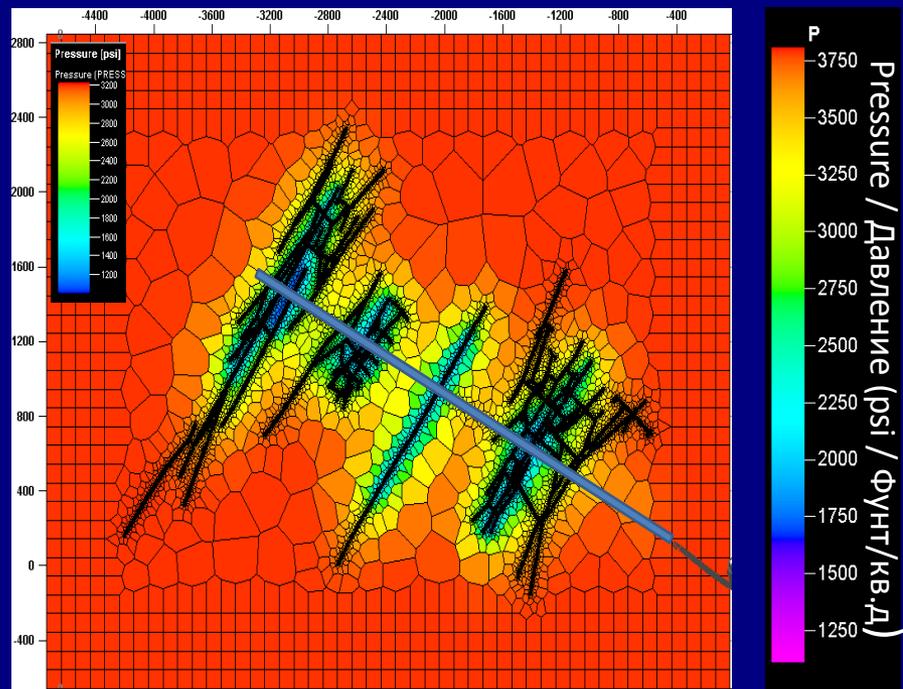
Геомеханика



Proppant
Проппant

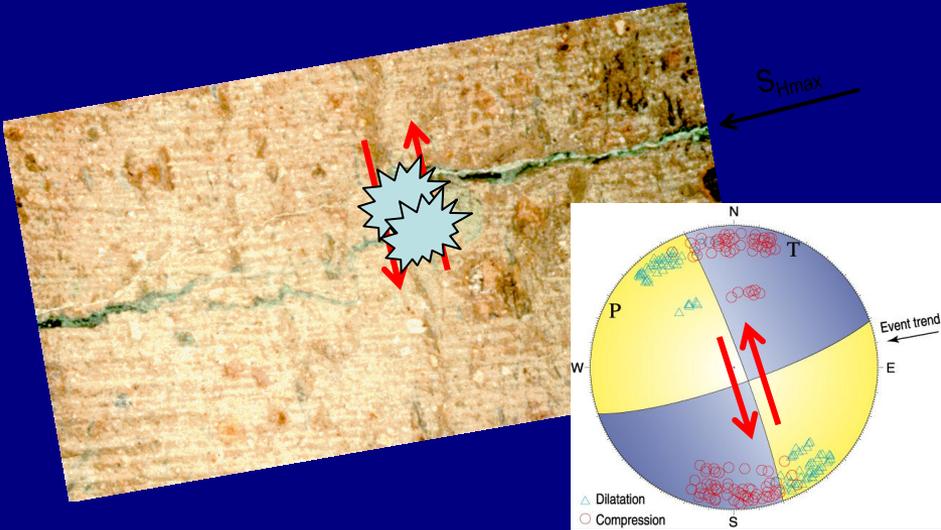
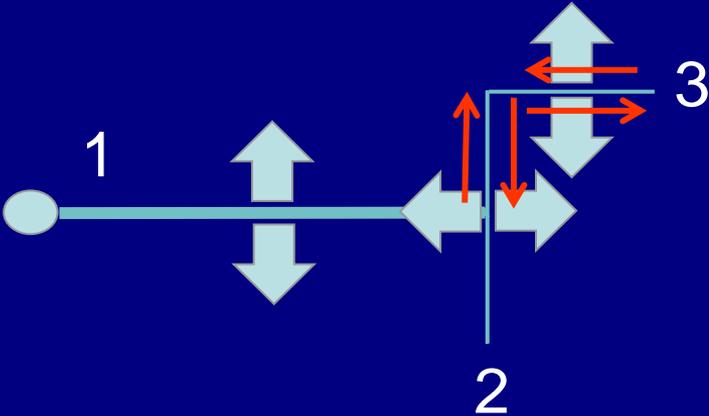


Production Forecast 20 Years
Прогноз добычи на 20 лет



Deformation

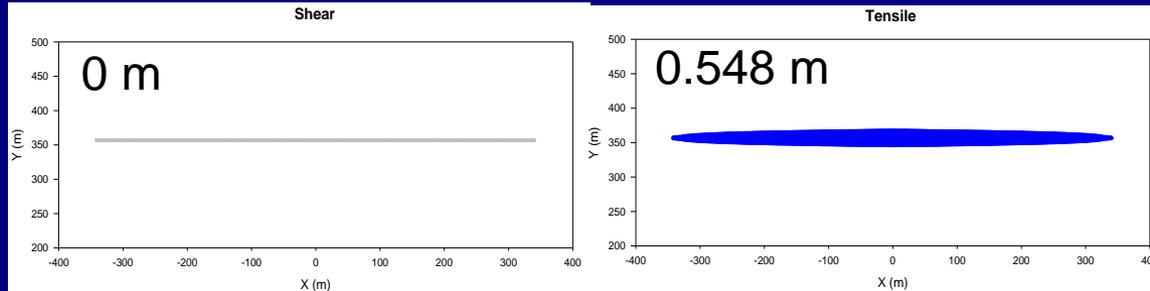
Деформация



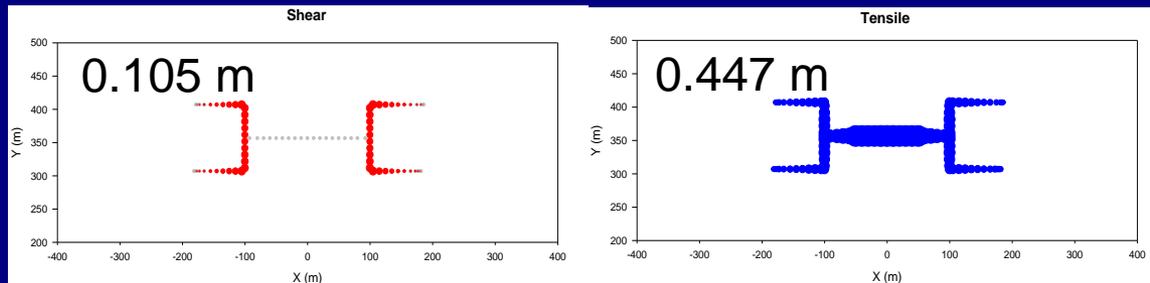
Simple Model Scenarios

Варианты упрощенных моделей

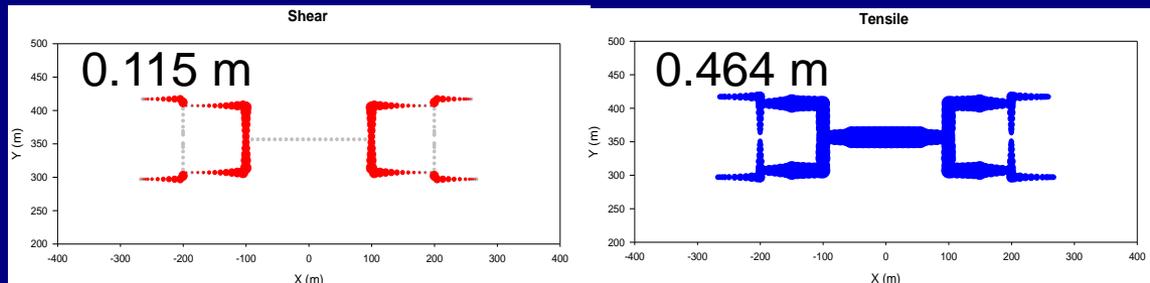
Percentage Shear
% сдвига



0%



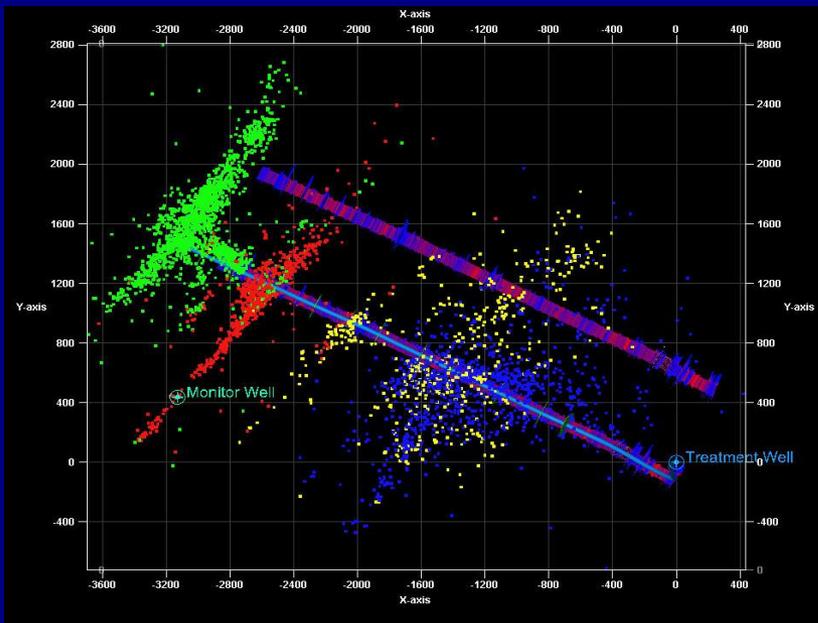
23.5%



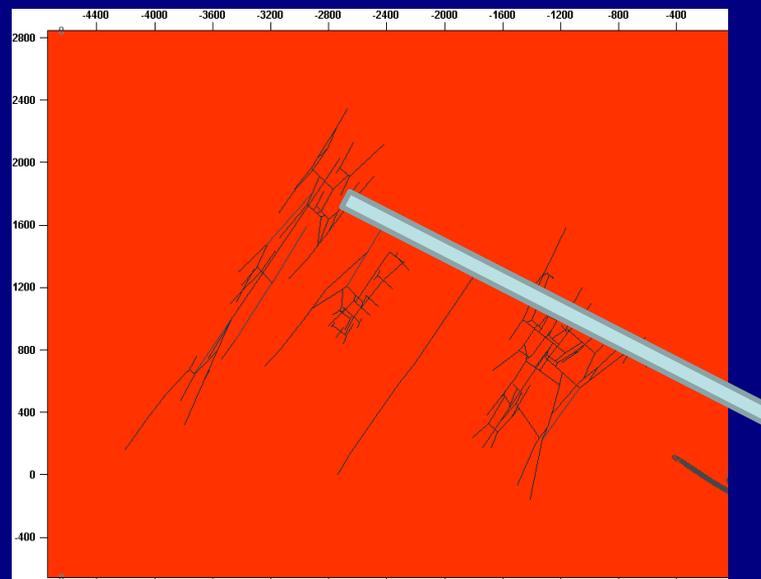
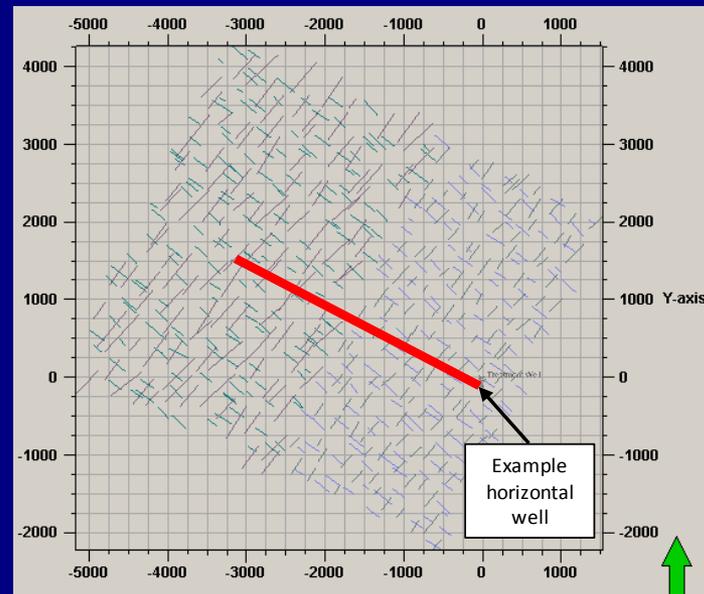
24.8%

Microseismic Calibration

Калибровка по данным микросейсмозведки

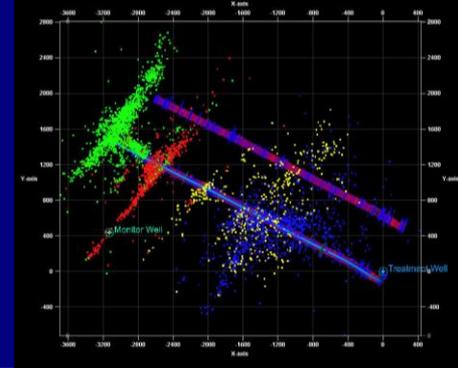


SPE152165

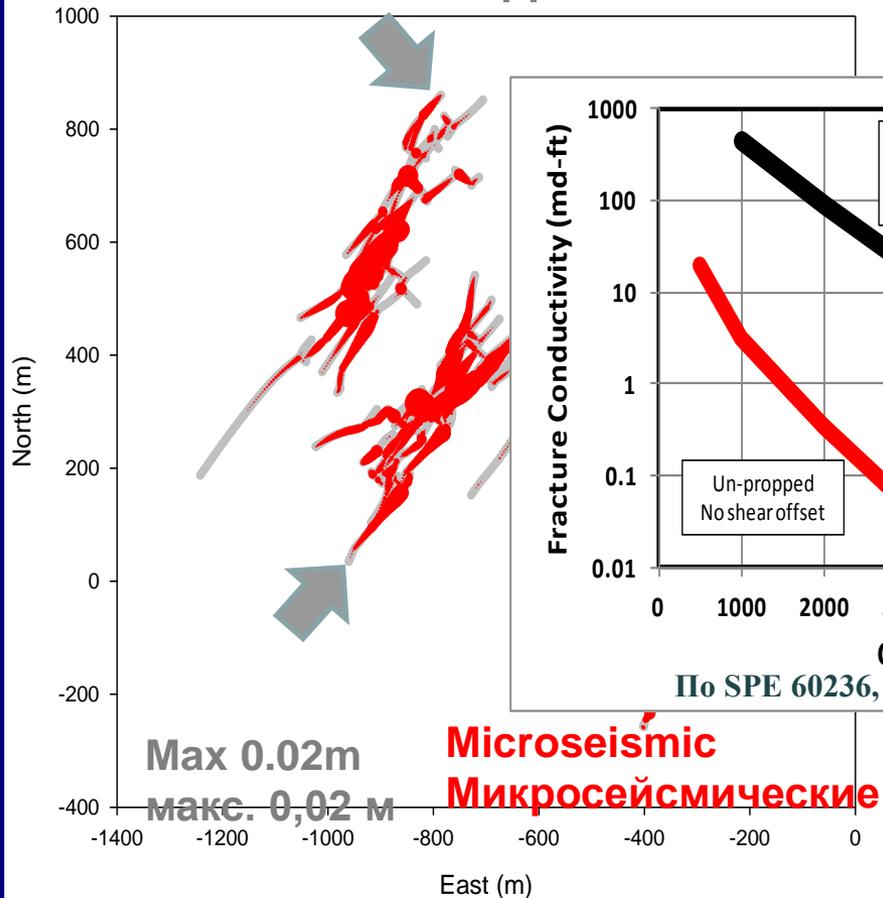


Partitioning Deformation

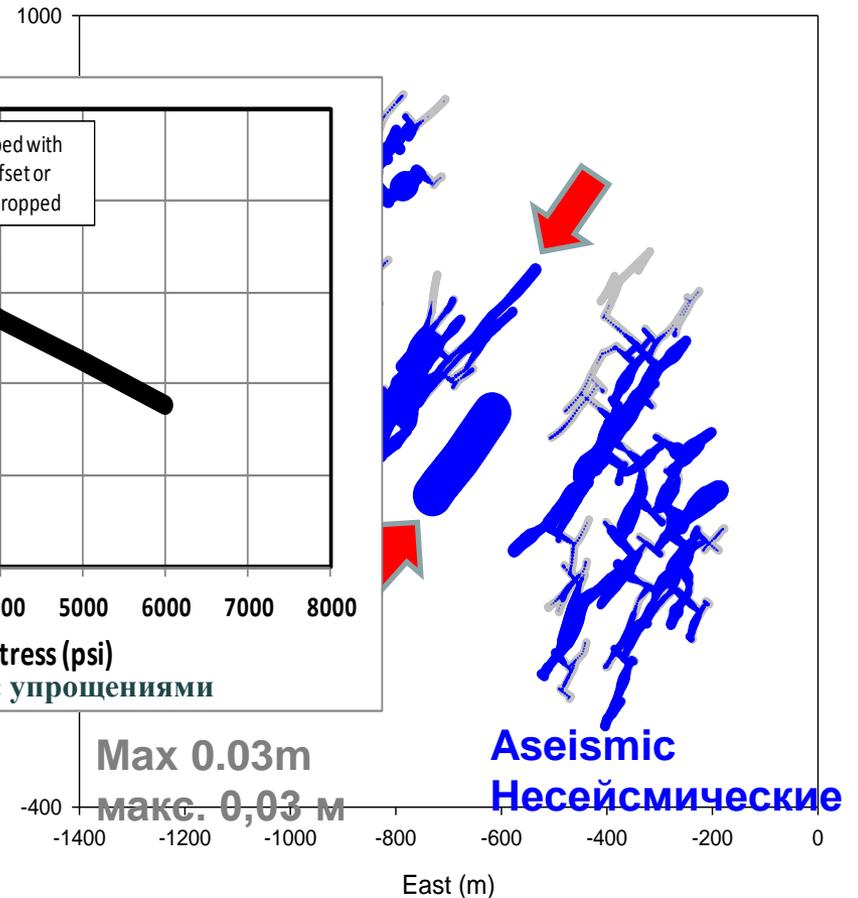
Трещинные деформации



Shear / Сдвиг

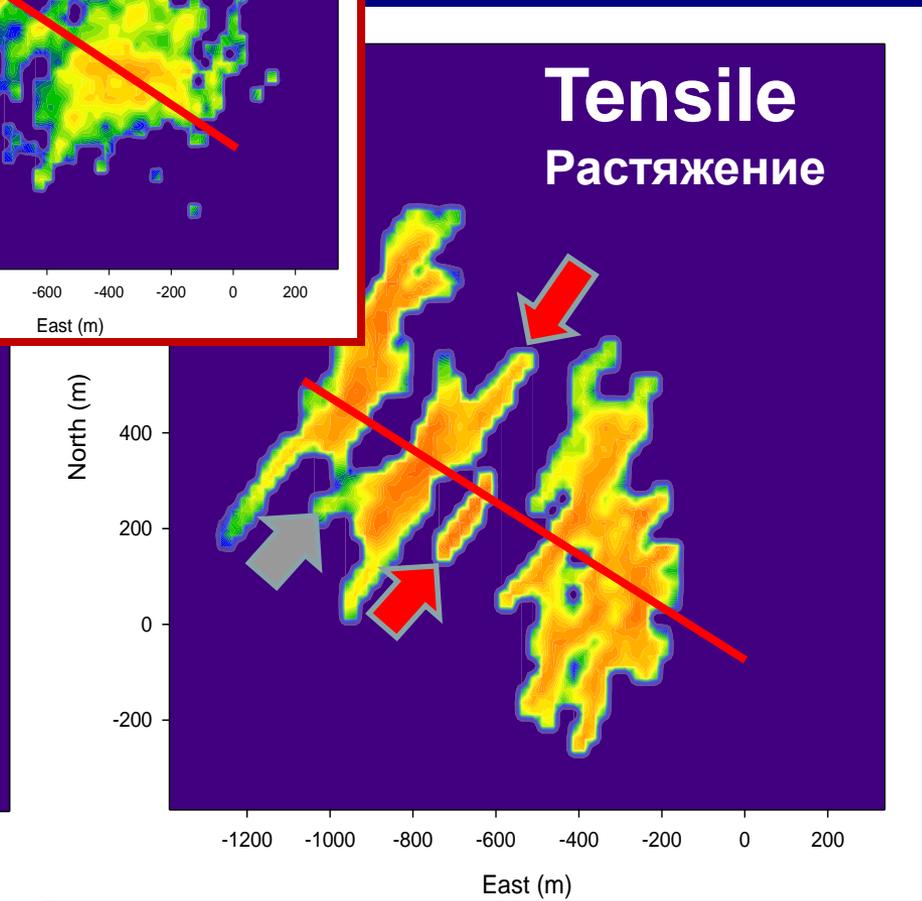
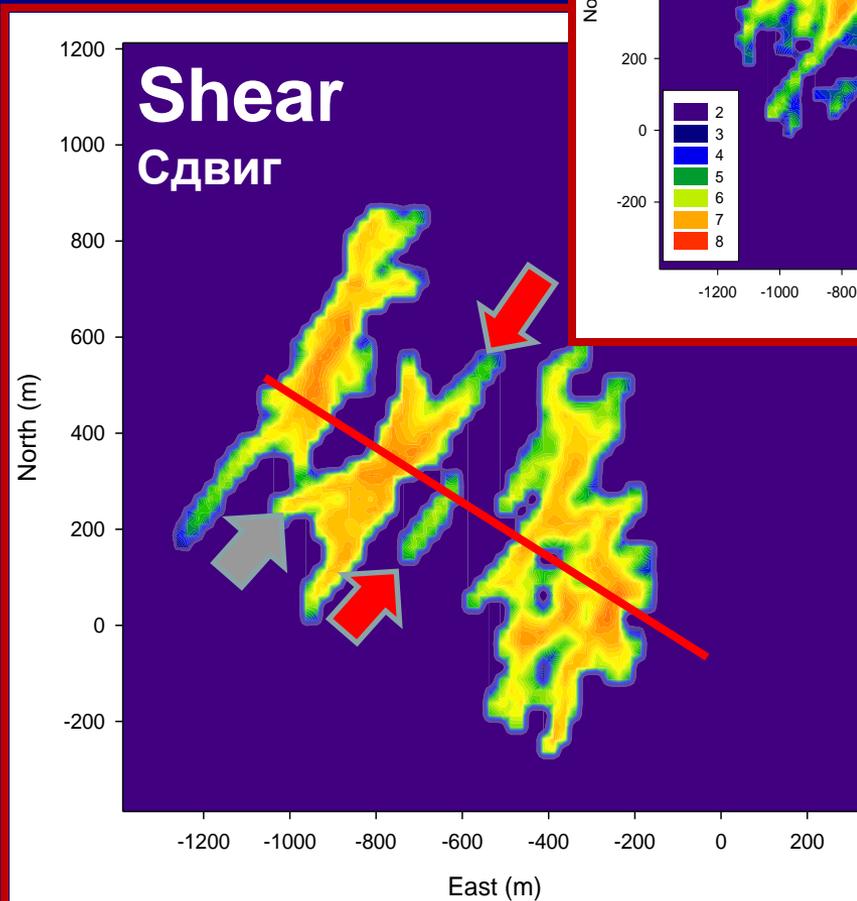
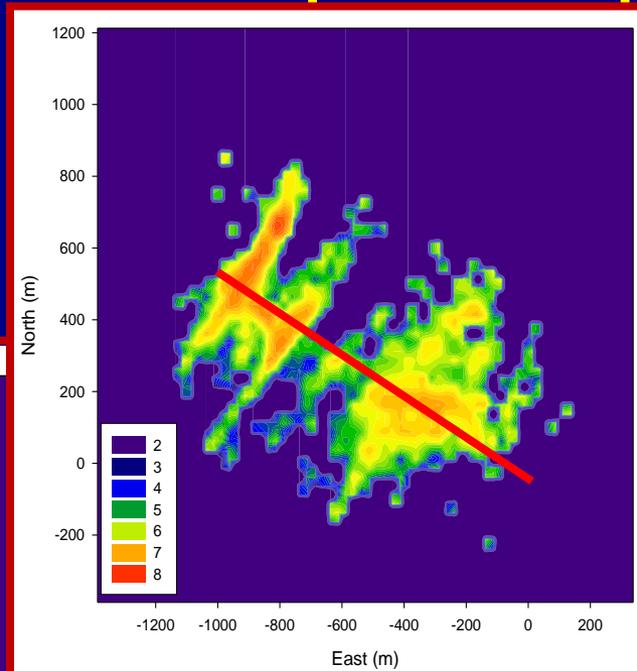


Tensile / Растяжение



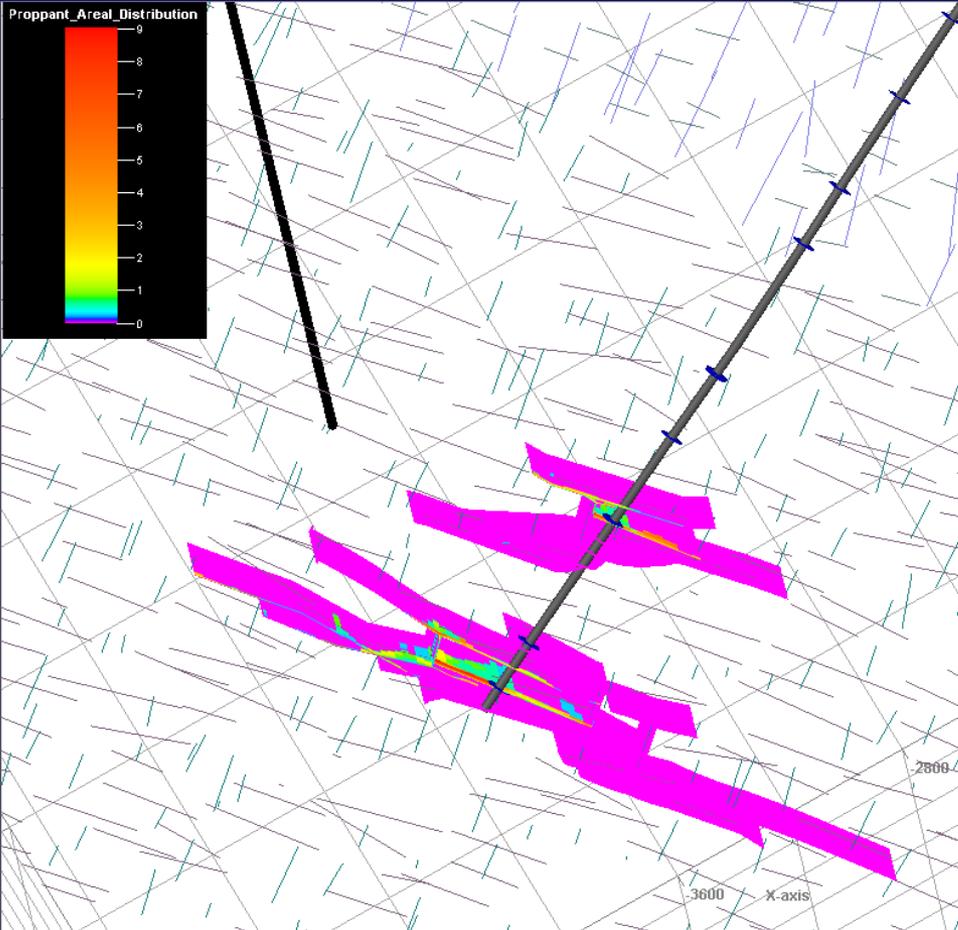
Comparison With Microseismic

Сравнение с данными микросейсморазведки



Estimating Proppant Distribution

Расчет распределения проппанта

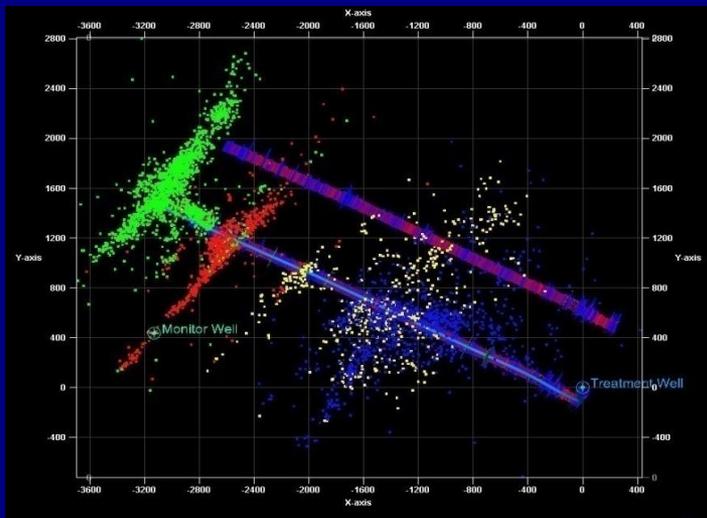


SPE152165

- Estimate propped component from mass balance
Расчет расклинивающего агента по массовому балансу
- Majority of the hydraulically activated network not propped
Большинство гидравлически активизированных трещин остаются нерасклиненными

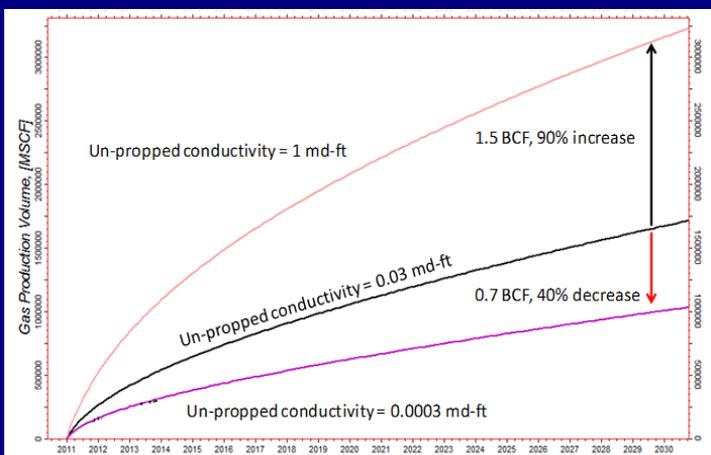
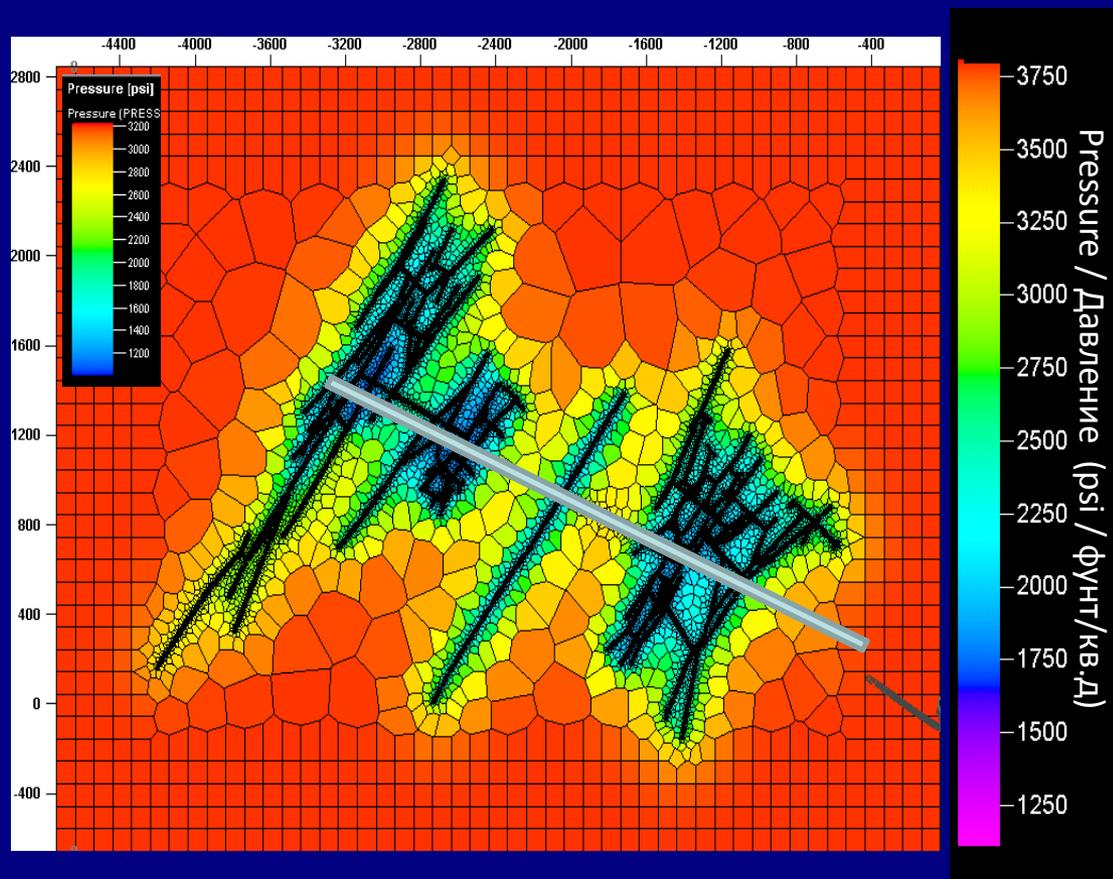
Reservoir Simulation

Построение гидродинамической модели залежи



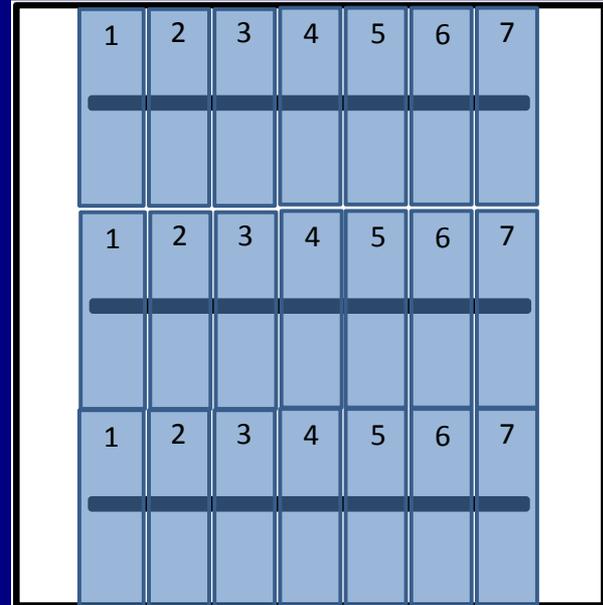
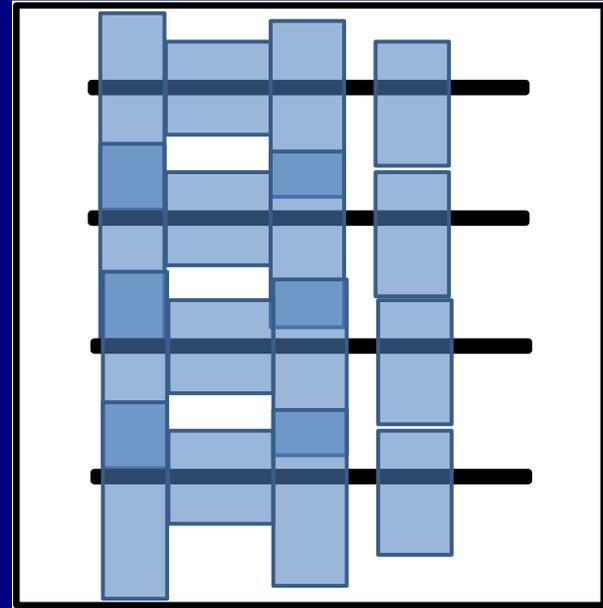
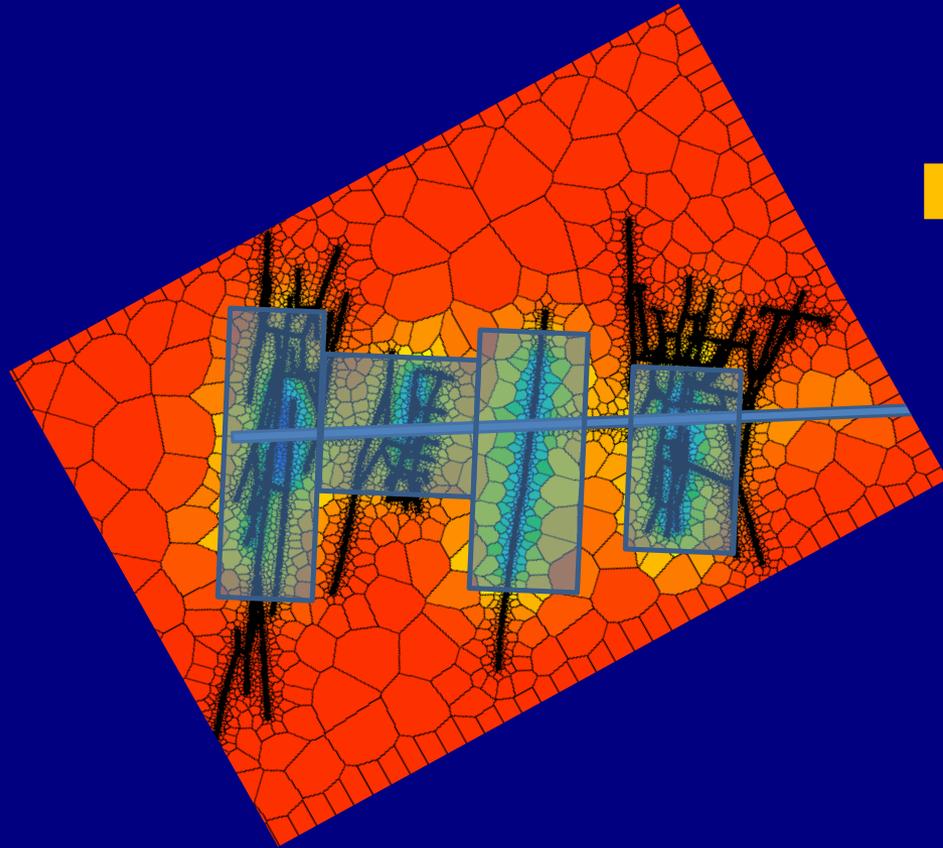
Production Forecast 20 Years

Прогноз добычи на 20 лет



Reservoir Drainage

Нефтеотдача



Optimized Fracturing

Оптимизация ГРП

More stages smaller proppant, more proppant

Больше стадий, мельче проппант, больше проппанта

Conclusions / Заключение

Evolving geomechanical interpretation tools key to realize the full value from microseismic

Совершенствующиеся методы интерпретации геомеханических данных позволяют всё полнее использовать данные микросейсморазведки

- Microseismic demonstrated complex fracture networks
Данные микросейсморазведки выявляют сложную сеть трещин
- Microseismic volume oversimplification
Данные микросейсморазведки облегчают расчеты объемов
- Microseismic calibration of complex geomechanical fracture model
Данные микросейсморазведки позволяют калибровку сложных геомеханических моделей трещиноватости
 - Enables reservoir simulation of well performance
Позволяют моделирование пласта и производительности скважин
 - Estimates effective propped network
Помогают в расчете сетки эффективных открытых трещин

Questions?

Есть вопросы?

