



ПОПУЛЯРНЫЙ КУРС ЛЕКЦИЙ ОБЩЕСТВА ИНЖЕНЕРОВ-НЕФТЯНИКОВ

финансируемый, в основном,
за счет гранта

ФОНДА ОБЩЕСТВА ИНЖЕНЕРОВ-НЕФТЯНИКОВ

Общество с удовольствием выражает признательность компаниям, поддерживающим программу, предоставляя специалистов для участия в качестве лекторов.

И особо благодарит Американский институт инженеров горной, металлургической и нефтяной промышленности (AIME) за их вклад в реализацию программы.

Оптимизация проектных решений по активам – от истоков к современности

путем устранения разрыва между науками о земле & техническими дисциплинами с помощью технологии моделирования механических свойств геологической среды

Харвей Е. Гудман

Член научного общества Шеврона

Моделирование механических свойств горных пород и геологической среды

Коммерческая цель и выбор основных технических направлений

Коммерческая цель:

Оптимизация конструкции скважины – надежность и эксплуатация в течение всего периода работы нефтяного/газового месторождения.

Основное техническое направление:

Применение инженерных дисциплин, необходимых для построения безопасных и надежных скважинных систем, совместно с геологией и геофизикой, используемых на этапе разведки месторождения.

Темы обсуждения

1. Применение механической модели земного тела (ММЗ) для проектирования скважинных систем
 - Что это такое?
 - Каким образом ММЗ улучшает проект?
2. Построение ММЗ по акустическим данным
 - Характеристики породы и акустические расчеты
 - Сейсмические методы
 - Примеры
3. Применение ММЗ для концептуального анализа рисков проекта
 - Стабильность ствола скважины
4. Будущие тренды и задачи

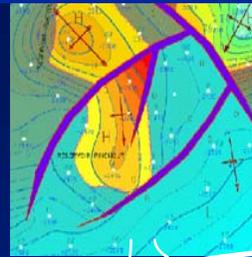
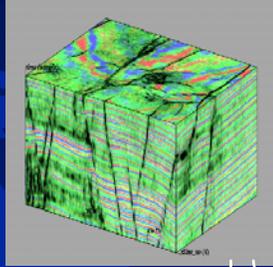
Механическая модель земного тела или (ММЗ)

ММЗ калибруется для многочисленных прикладных задач – ключевое достижение Шелтона в области конструирования скважин с использованием механических свойств породы.

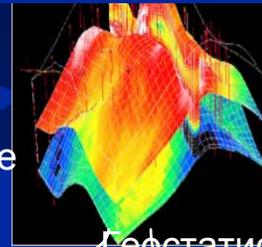


Механическая модель земного тела и ее применения

Сейсмическая интерпретация

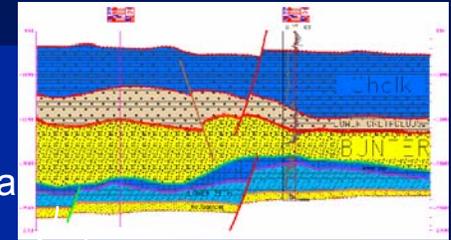


Геологические карты

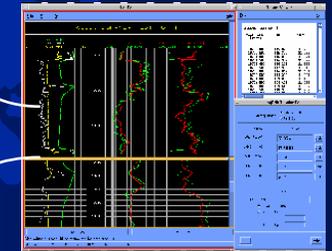


Геоestatистика

Характеризация коллектора

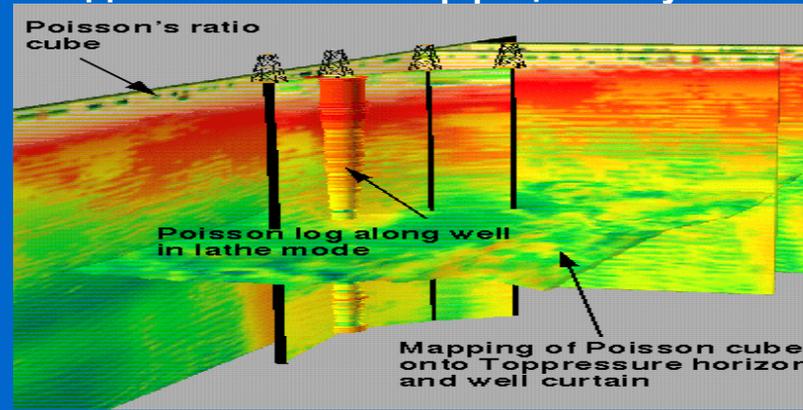


Разрезы

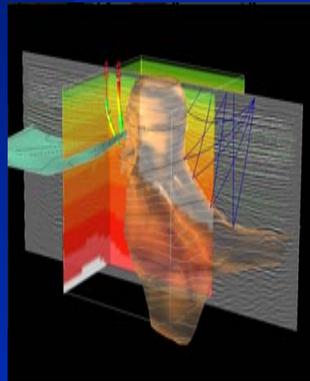


Петрофизика

Динамический коэффициент Пуассона

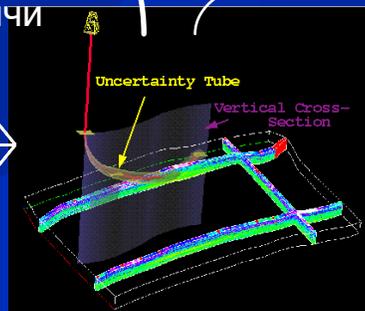


G O C A D

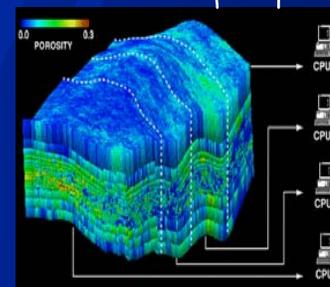


Стратиграфическое моделир.

Историч. данные добычи



Планирование скважины и моделирование бурения



Моделирование пласта

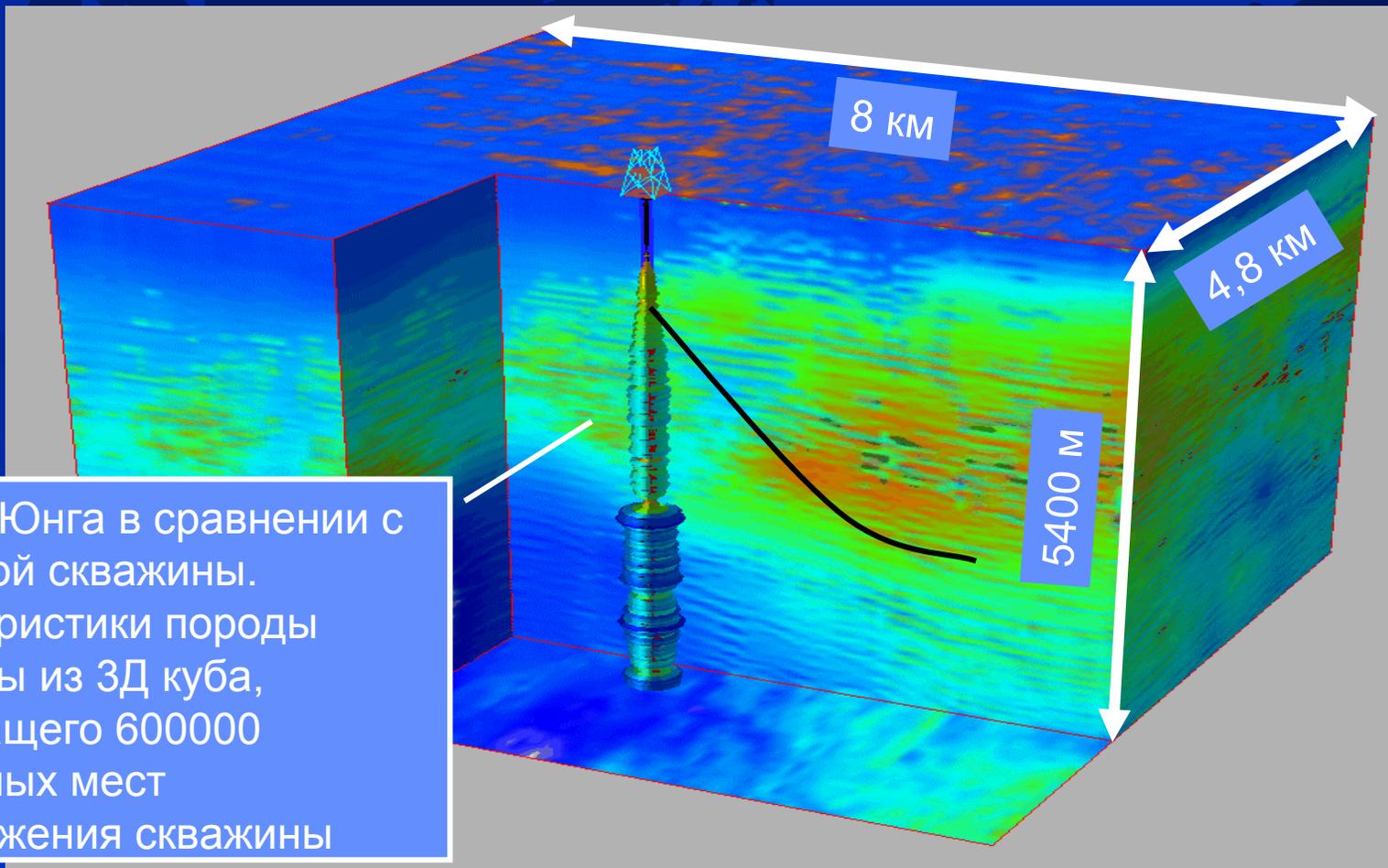
Исторические данные добычи



Сбор данных в реальном времени

Буровые данные в реальном времени

Механическая модель поздней стадии развития земли

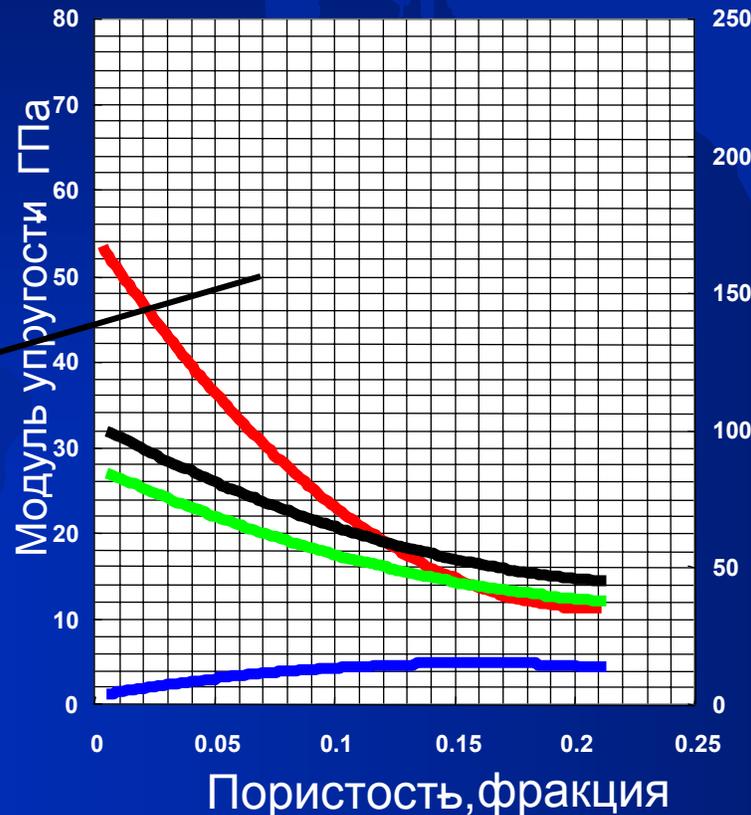


Модуль Юнга в сравнении с привязкой скважины. Характеристики породы получены из 3Д куба, содержащего 600000 возможных мест расположения скважины

Физические и инженерные свойства породы

- Свойства скелета породы используются для оценки величины твердости и напряжения.

Пористость и модули упругости и прочность на сжатие



Прочность на сжатие

Объемн. модуль, K_b

Модуль сдвига, G

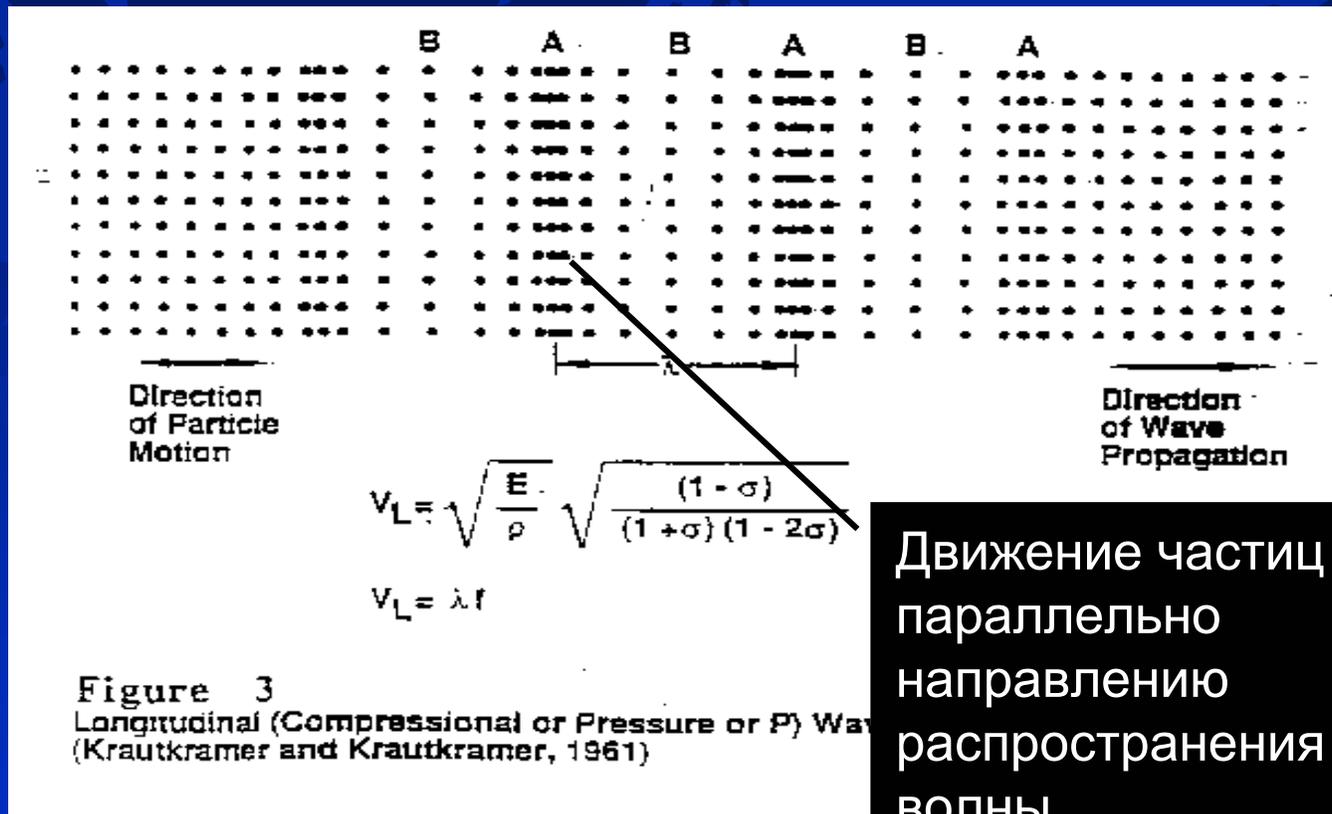
Модуль порового объема, K_p

С уменьшением пористости жесткость породы увеличивается, оказывая влияние на тренды распространения твердости и напряжения

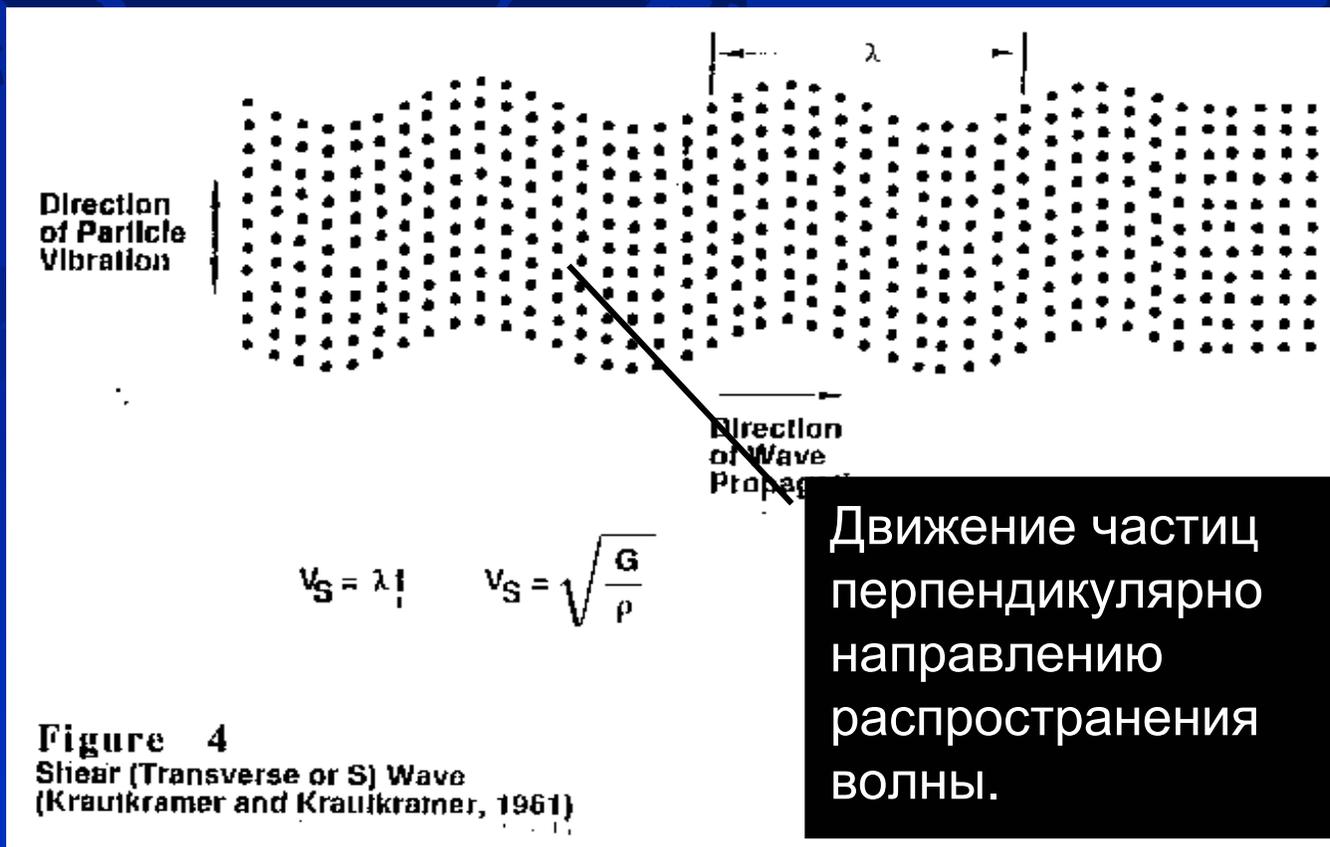
A dark blue world map is visible in the background, showing the outlines of continents and oceans.

Как мы используем акустические
методы в расчетах ММЗ ?
Но прежде всего, давайте рассмотрим
основные положения:

P-волна



S-волна



Скорости P и S волн

- ◆ Зависят от эластичности среды
 - Твердые породы характеризуются высокими скоростями P и S волн.
 - Мягкие породы характеризуются медленными скоростями P и S волн.

$$V_p = \sqrt{\frac{\frac{4}{3}G + K_b}{\rho_b}}$$

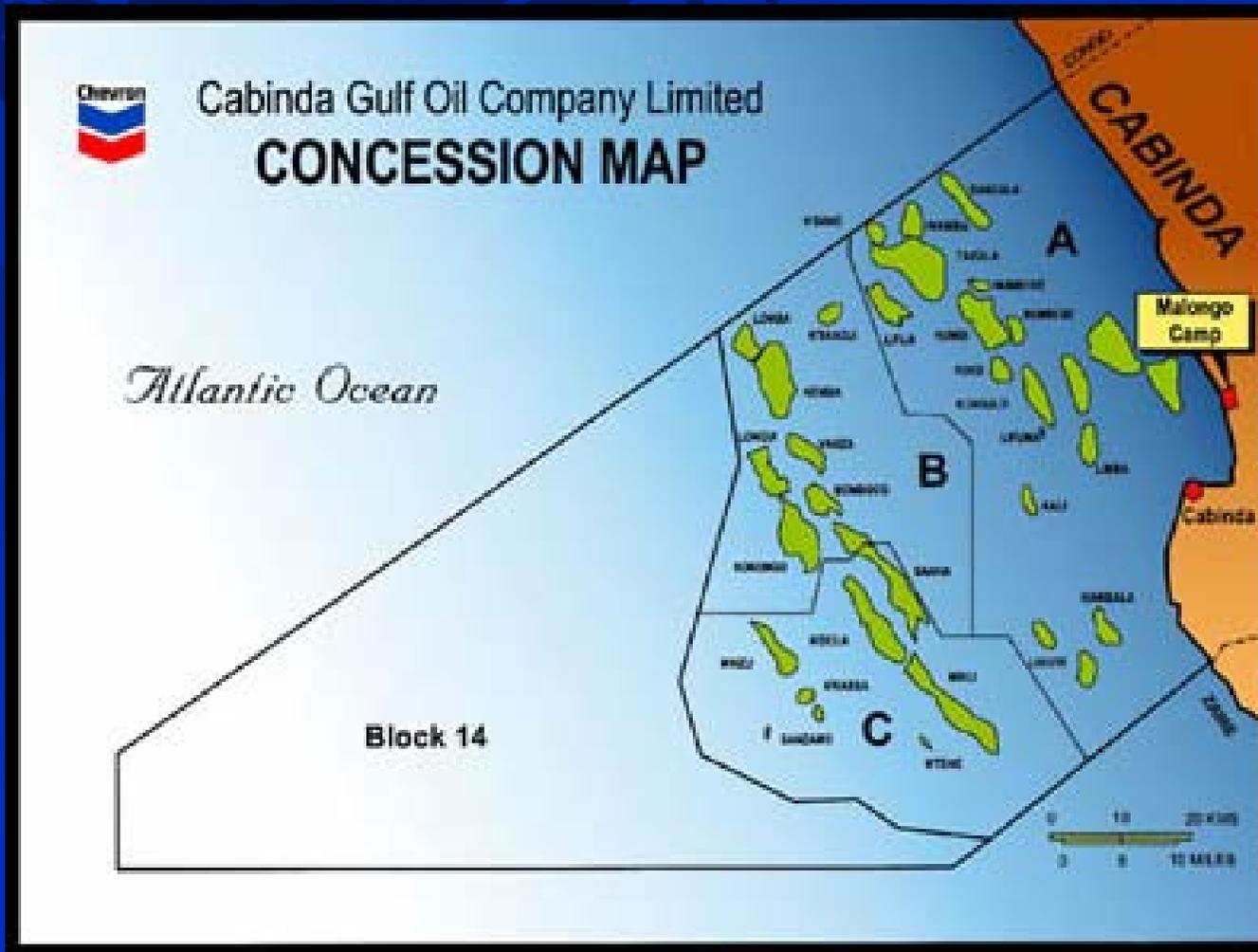
$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho_b}}$$

Модуль сдвига (G) и объемный модуль (K_b) определяют жесткость породы; оба модуля обратно пропорциональны объемной плотности (ρ_b).



Насколько хорошо мы можем
предсказать скорость волны сдвига?
Что необходимо определить в первую
очередь?

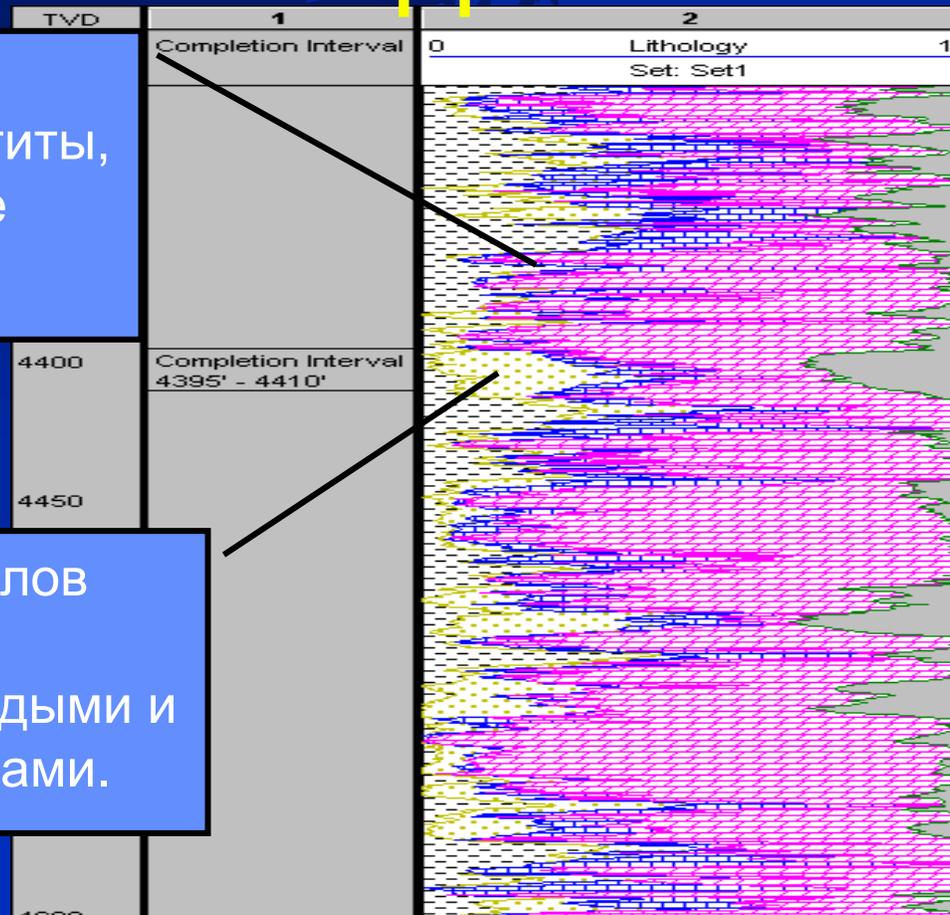
Шельф Анголы



Сложная литология, Западная Африка

Перемешанные песчаники, доломититы, известняки и тонкие глины.

Добыча из интервалов сыпучего песка, окаймленного твердыми и жесткими карбонатами.



Моделирование S-волны. Сложная литология отложений Пинда

В настоящее время для варианта, когда известна литология, мы можем точно оценить скорости волны по данным Р-волны.

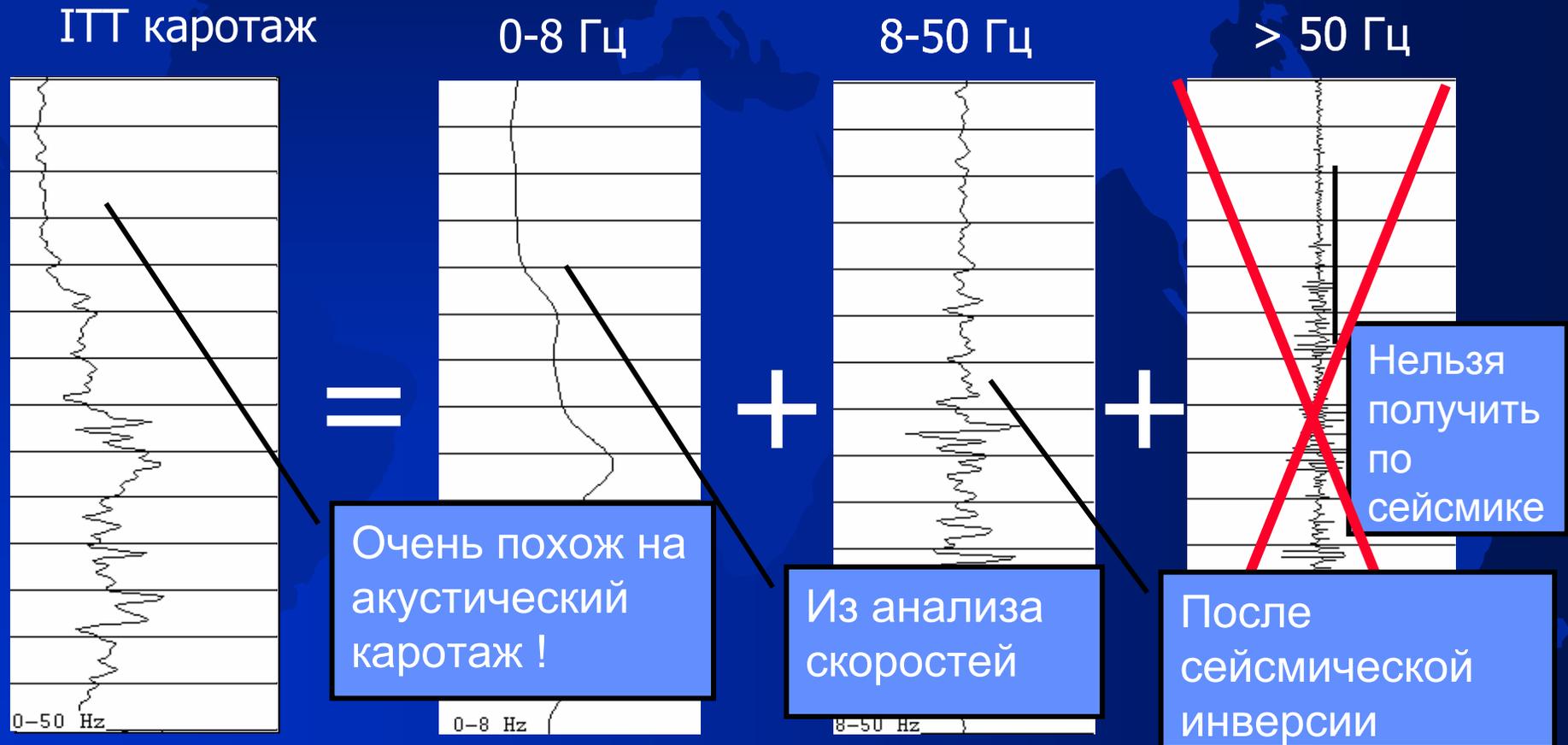
Очень хорошая сходимость между прогнозируемым (красный цвет) и измеренным (желтый) значениями времени пробега сдвиговой волны.





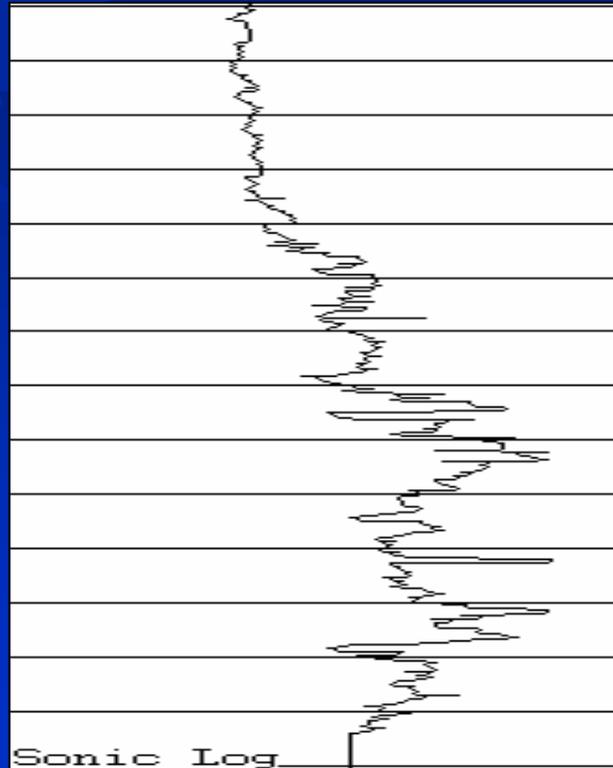
Основные положения нашего подхода к
характеризации скорости Р-волны и
литологии по сейсмическим данным.

Интервальное время пробега (ИТВ) или псевдо акустический каротаж как сумма сейсмических скоростей

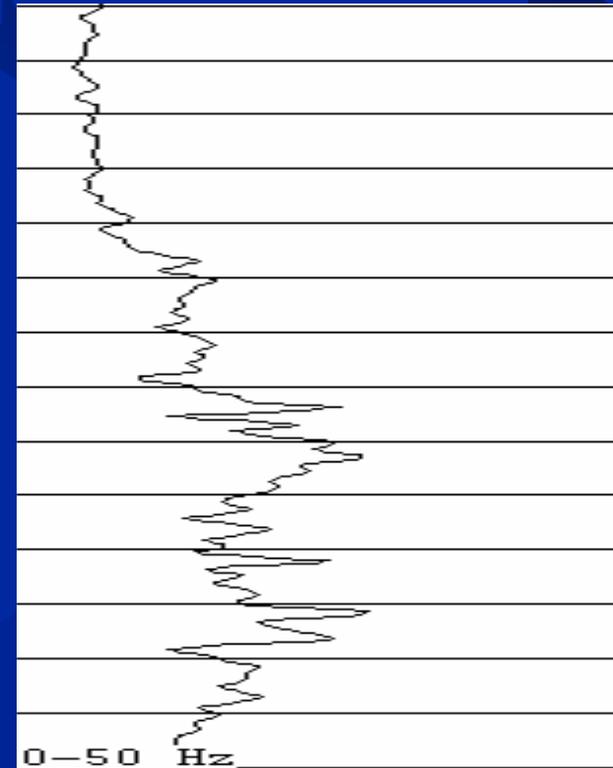


Очень хорошая сходимость !

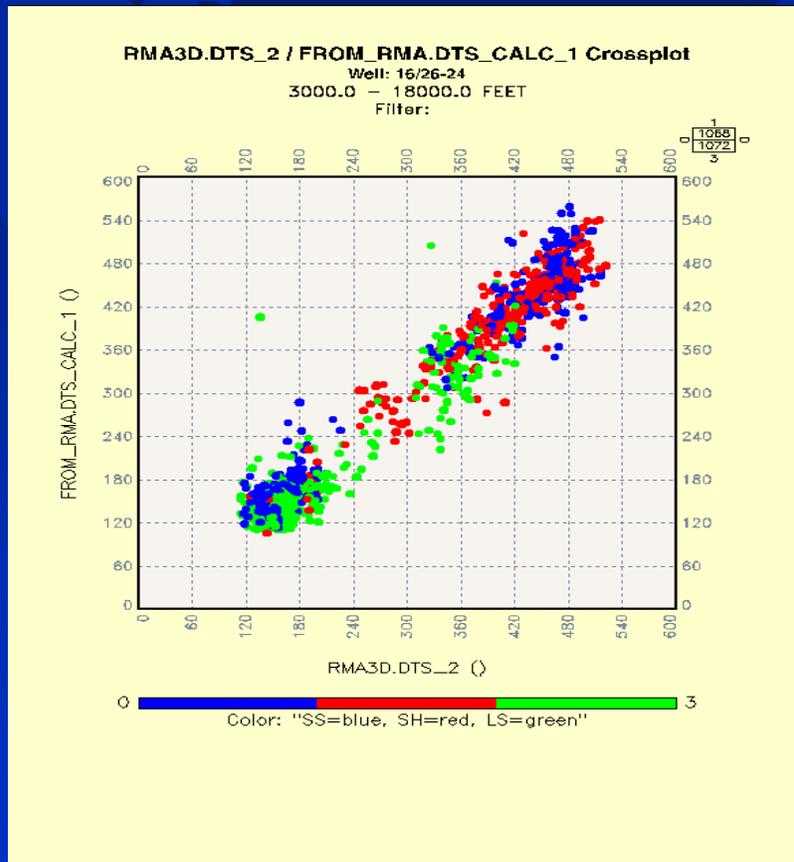
Акустический каротаж



ITТ каротаж



Скорость сдвиговой волны, определенная по каротажу и сейсмике, по отношению к литологии



- ◆ Вертикальная ось — медленность сдвига, определенная по акустическому каротажу и по литологии из каротажа.
- ◆ Горизонтальная ось — медленность сдвига, определенная по сейсмической инверсии

Механические характеристики породы аварийной скважины

◆ Симптомы:

- ◆ Вынос большого объема и размера шлама
- ◆ Размер ствола слишком большой
- ◆ Прихват трубы за счет уплотнения
- ◆ Заполнение скважины после СПО
- ◆ Ограниченная циркуляция /увеличение давления насоса

Обычный метод - оценка величин напряжения и твердости породы, при которых скважина становится аварийной.

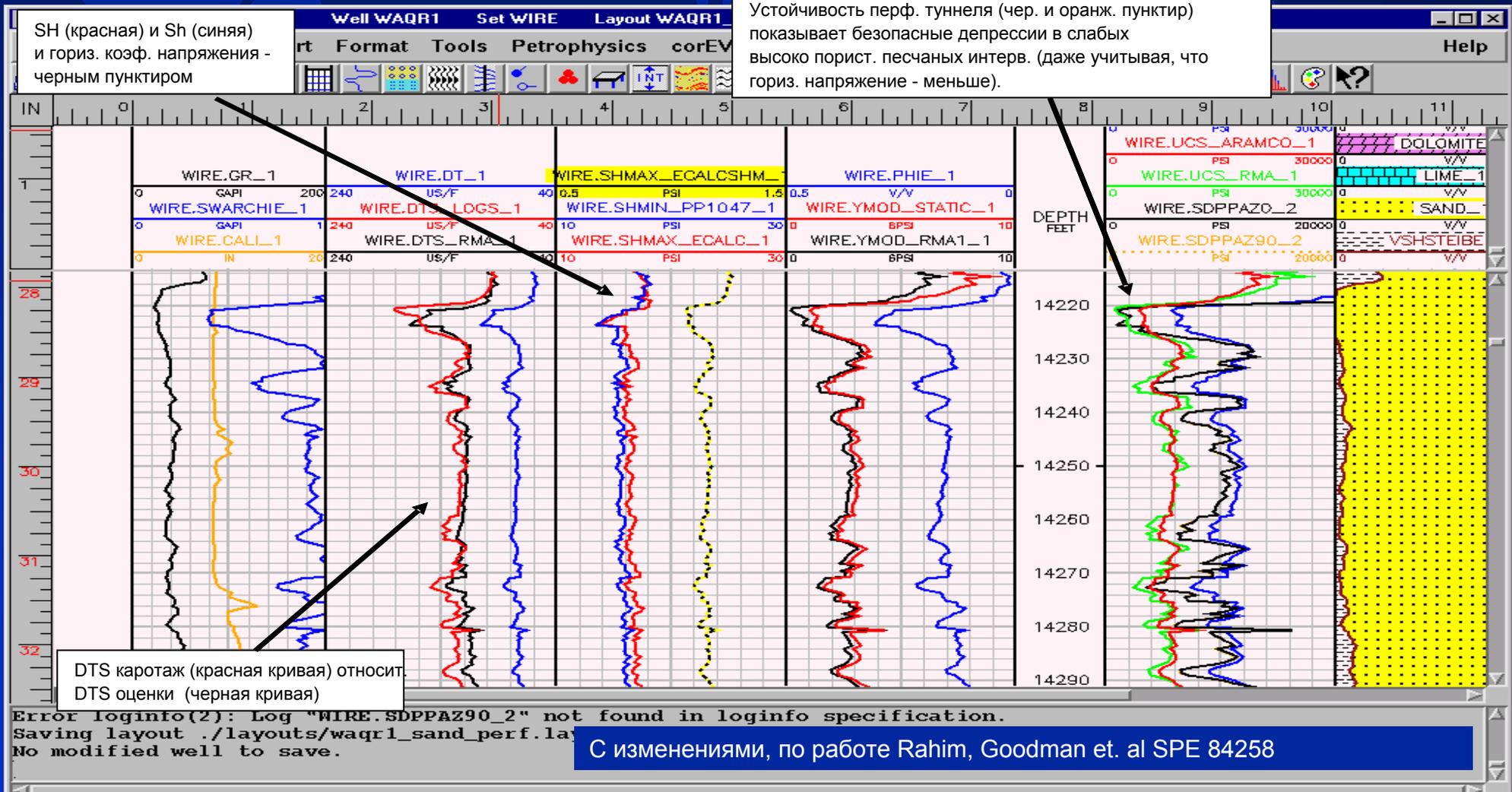
Обратите внимание на то, что нестабильность ствола скважины может быть также вызвана применяемыми методами бурения!



A dark blue world map is visible in the background, showing the outlines of continents. The text is overlaid on the map.

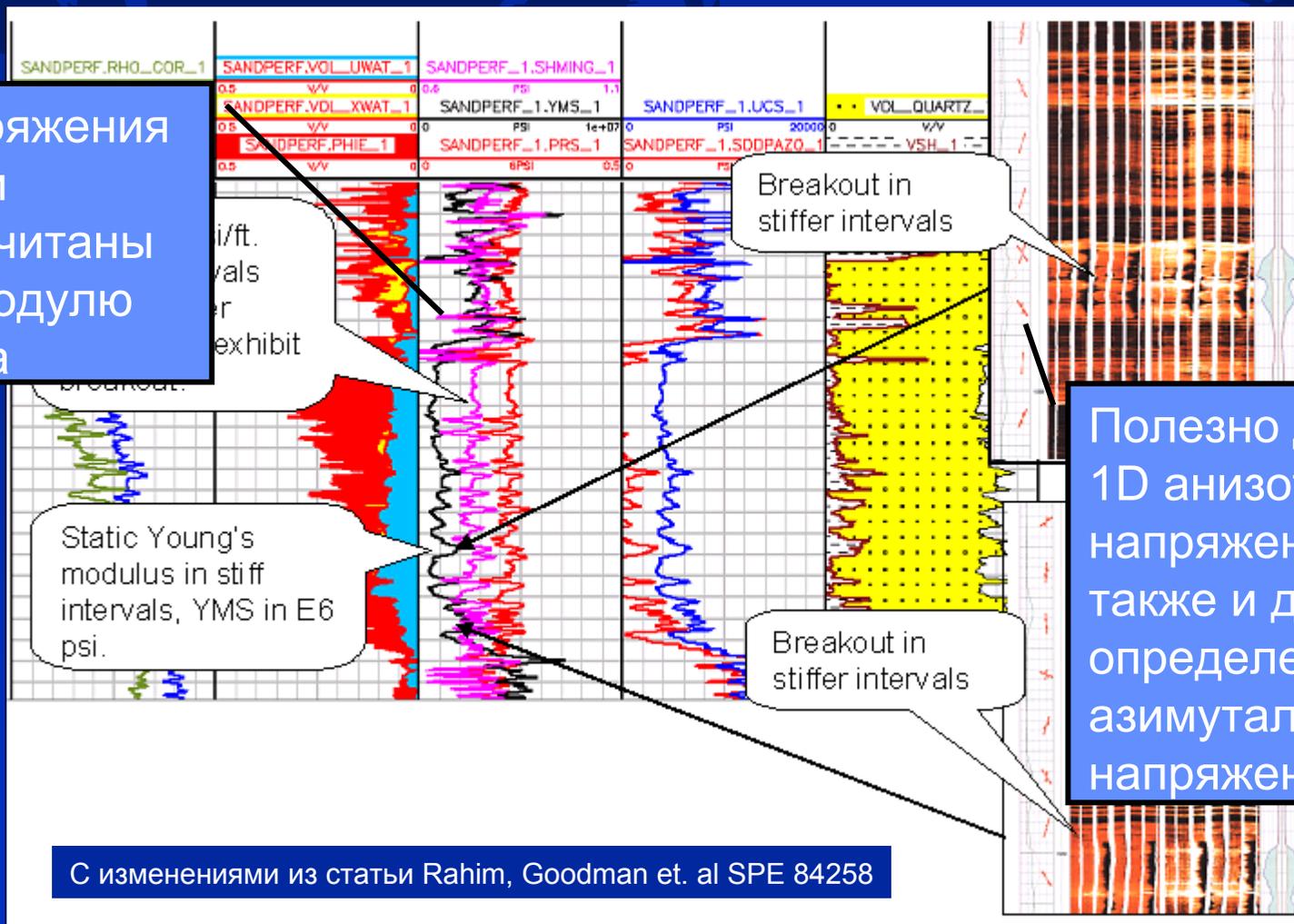
Мы можем рассчитать крепость породы
и статический модуль Юнга по
акустическим данным.

Крепость породы и статический модуль Юнга определенные по каротажам.



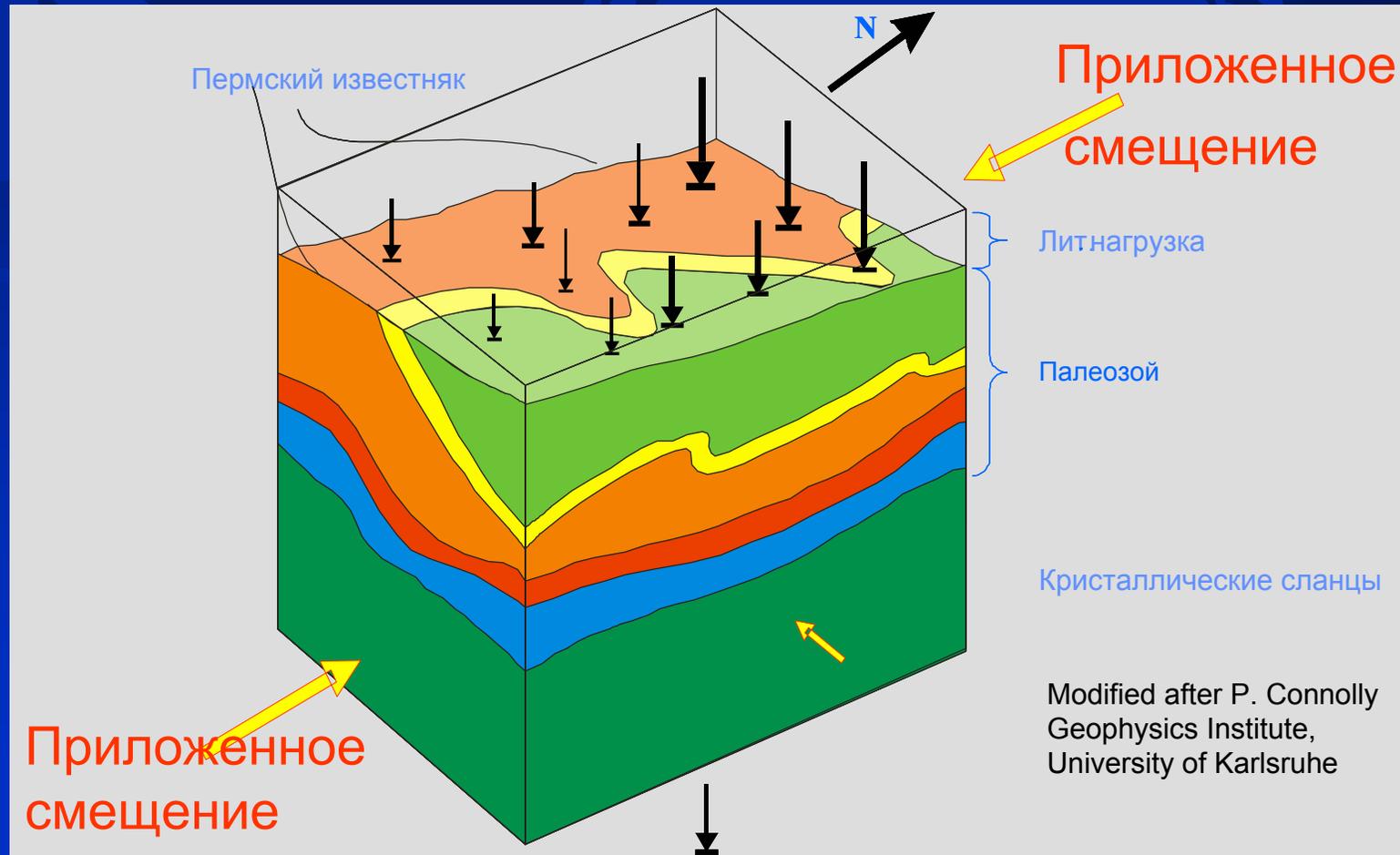
Разрушение ствола в зависимости от типа пласта

Напряжения были рассчитаны по модулю Юнга

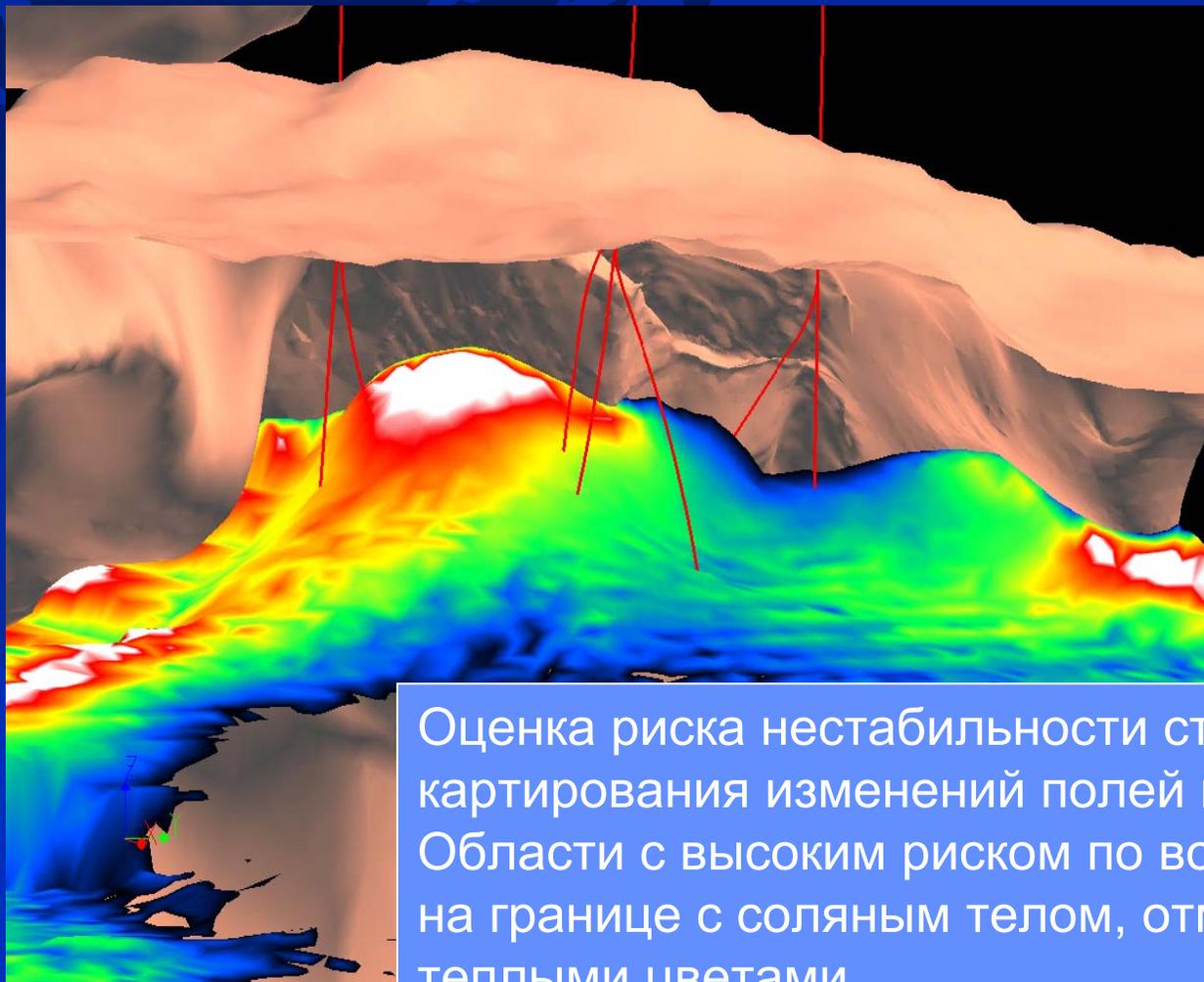


- 
- ◆ Мы считаем, что более жесткие пластовые интервалы - более напряженны и являются несущими элементами геологического разреза.
 - ◆ В результате, мы можем использовать эту концепцию для прогнозирования характера напряжения по геологическому разрезу, применяя свойства ММЗ и численное моделирование.

Напряжения в 3D объеме

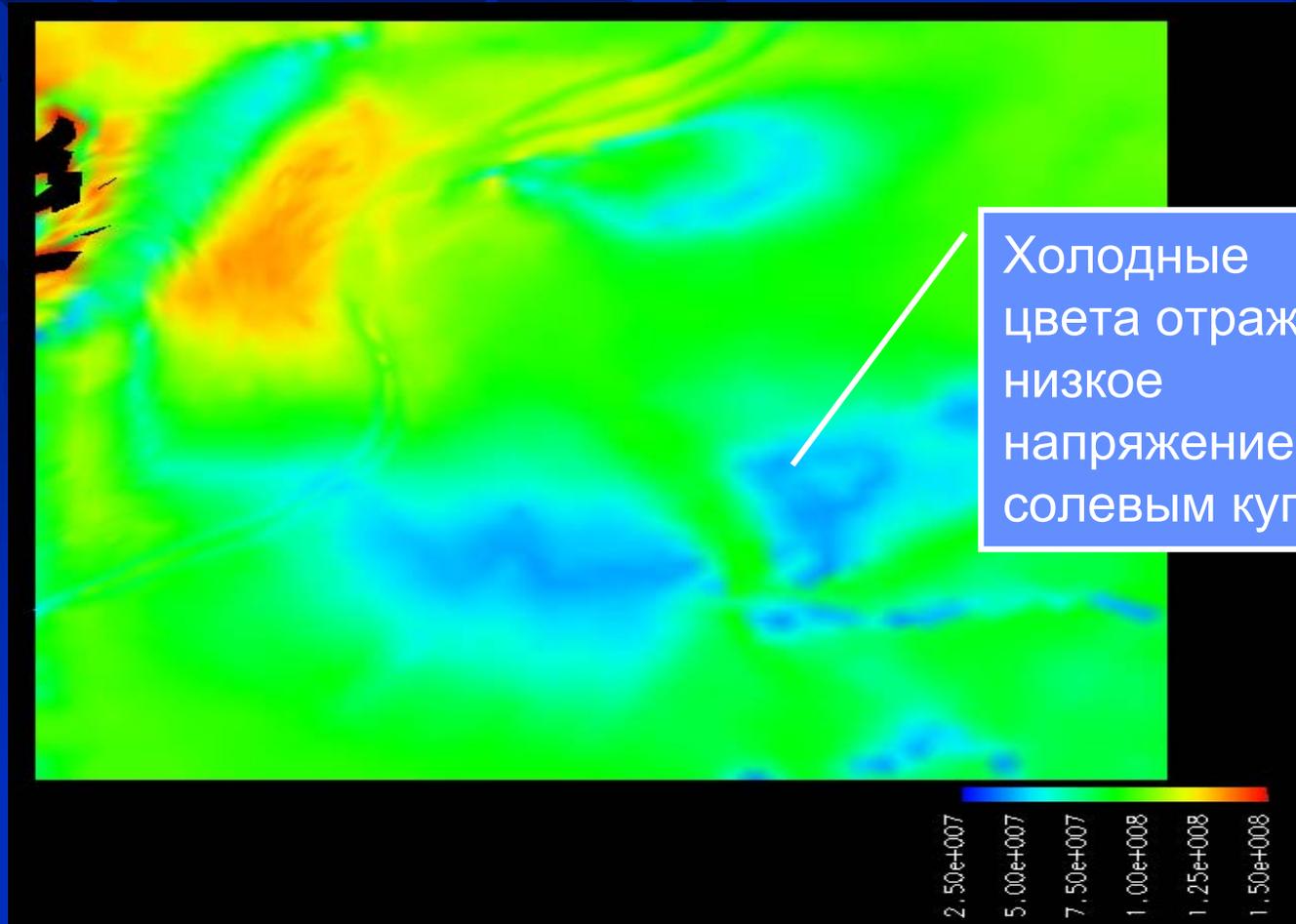


Напряжения на границах соли с обломочными горными породами

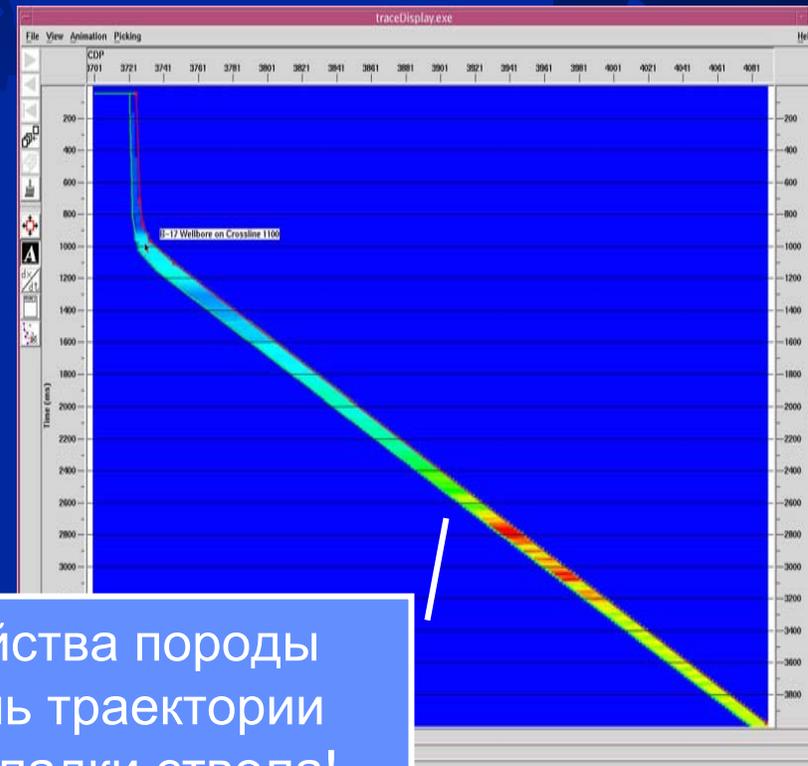
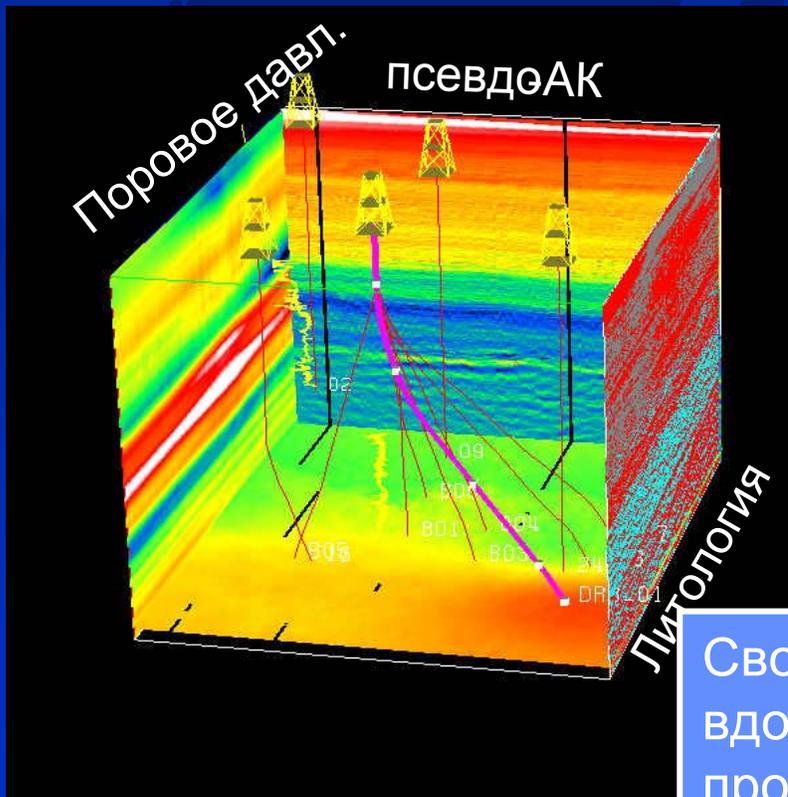


Оценка риска нестабильности ствола с помощью картирования изменений полей напряжения. Области с высоким риском по восстанию пласта на границе с соляным телом, отмеченные теплыми цветами.

S_3 (минимальное первоначальное напряжение) на подошве соли.



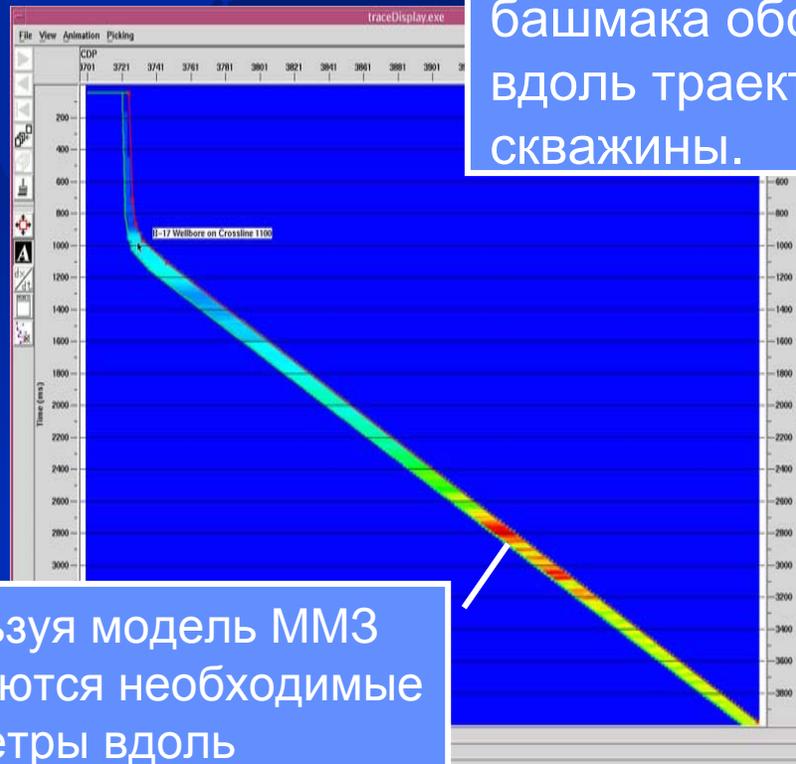
Прогноз устойчивости ствола по ММЗ



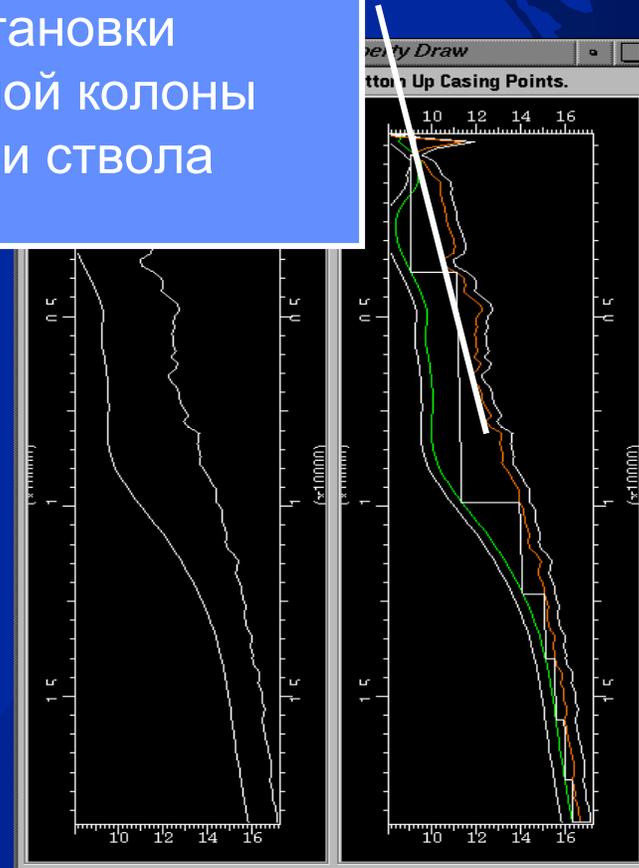
Свойства породы
вдоль траектории
прокладки ствола!

Выбор глубины установки башмака обсадной колонны

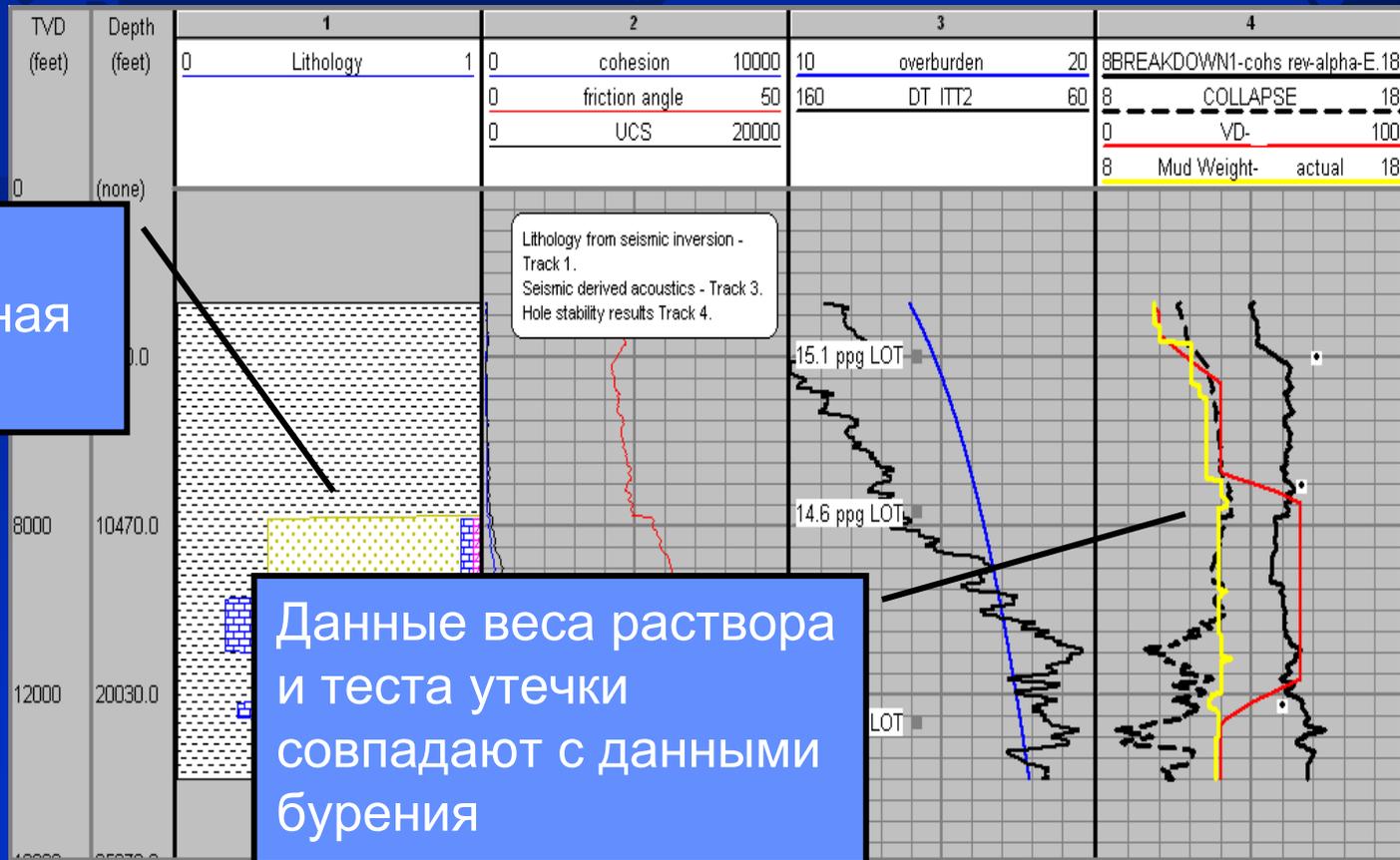
Выбор места установки башмака обсадной колонны вдоль траектории ствола скважины.



Используя модель ММЗ отбираются необходимые параметры вдоль предлагаемой траектории ствола скважины.



Прогноз устойчивости ствола для скважин с большим отходом



Литология, определенная по ММЗ

Данные веса раствора и теста утечки совпадают с данными бурения

Будущие тренды и задачи

- ◆ Способность построения надежной модели механики земного тела (ММЗ) по сейсмическим массивам данных, применяемых геологами и геофизиками, позволяет инженерам проектировщикам скважин учесть возможные неопределенности подземного разреза при разработке конструкции скважины.
- ◆ Команды специалистов различных направлений, необходимые для оптимизации планирования процесса разработки объекта, могут быть также использованы во время построения модели ММЗ.

Будущие тренды и задачи

- ◆ Существует прекрасная возможность увеличить применение ММЗ в работе группы управления разработкой месторождения.
- ◆ Наиболее трудная задача при построении ММЗ заключается в необходимости проведения значительной работы по моделированию пластов перекрывающих пород.
- ◆ Остаются трудности в вопросах характеристики свойств породы в перекрывающих пластах, особенно по вопросу азимутальной анизотропии.