Возможности приборов и новейшие разработки в области технологий каротажа в процессе бурения (LWD)

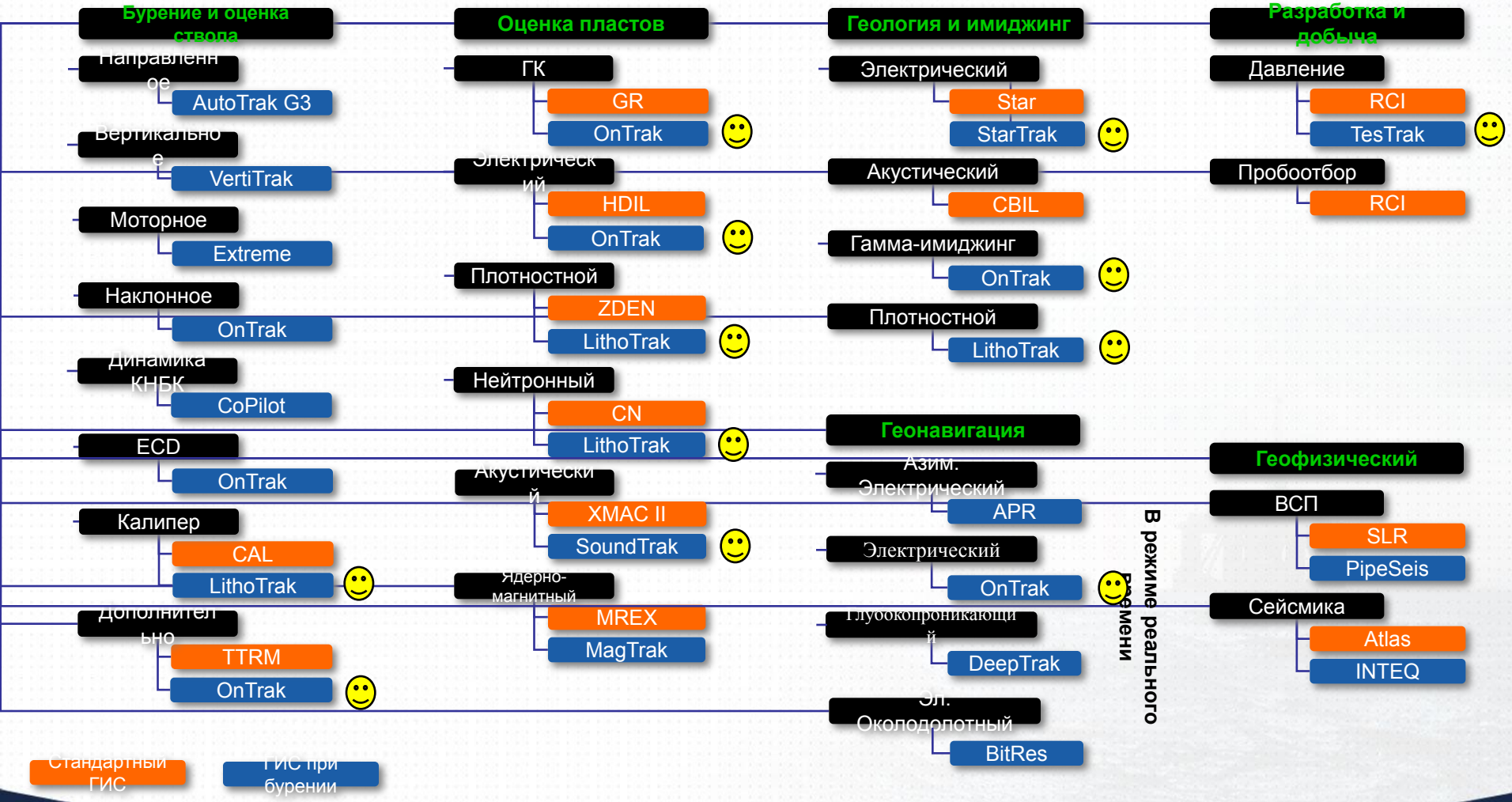
Часть 1

Маргарита Ибрагимова
Региональный Петрофизик
Бэйкер Хьюз ИНТЕК
Россия

BAKER HUGHES INTEQ

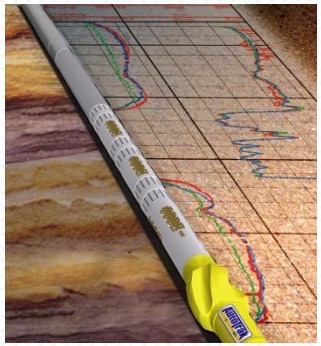
Answers While Drilling℠

Технологии измерений в открытом стволе

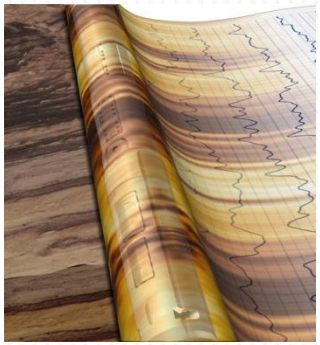


Оборудование и технологии INTEQ
Мультидисциплинарный подход

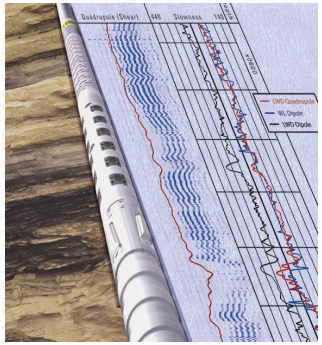
Петрофизика



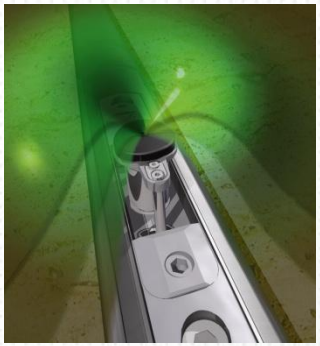
Геология



Геофизика



Разработка



Наличие УВ?
Свойства пласта?
Песчанистость?

Фациальный анализ?
Геометрия и Структура?

Глубины?
Сейсмические Атрибуты?

Вода или УВ?
Контакты?
Давление?

Быстрые ответы – своевременные решения!

OnTrak™

BAKER HUGHES

LithoTrak™

Advanced LWD Porosity

SoundTrak™

Advanced LWD Acoustics

TesTrak®

Formation Pressure While Drilling

MagTrak®

StarTrak℠ High-Def

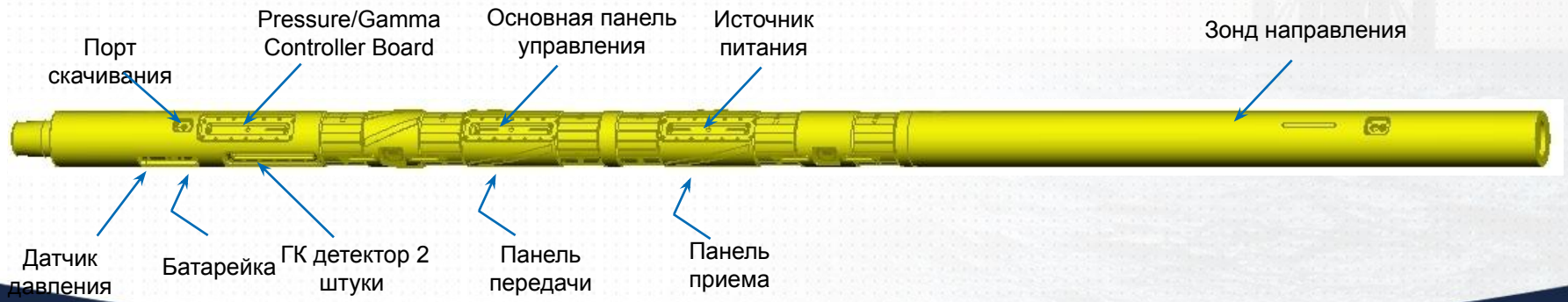
Advanced LWD Imaging

MWD / LWD Система

Платформа MWD / LWD нового поколения

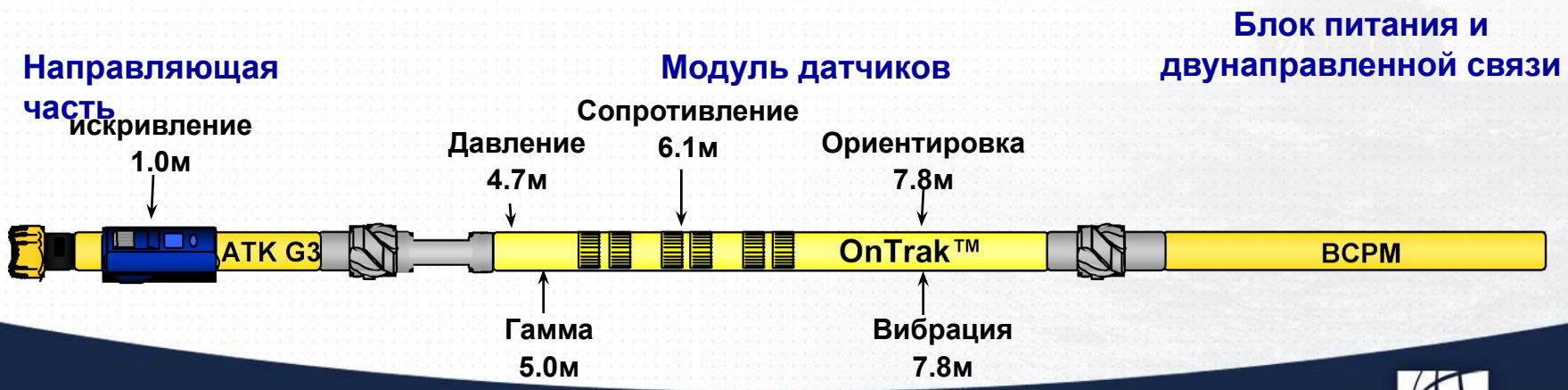
ОнТрак™ – модуль комплексных измерений

- Платформа для поддержки систем бурения и оценки пласта
- Блочное строение
- Для работы требуется ВСРМ
- Повышенная надежность
- Улучшенные возможности
- Конкурентноспособная стоимость



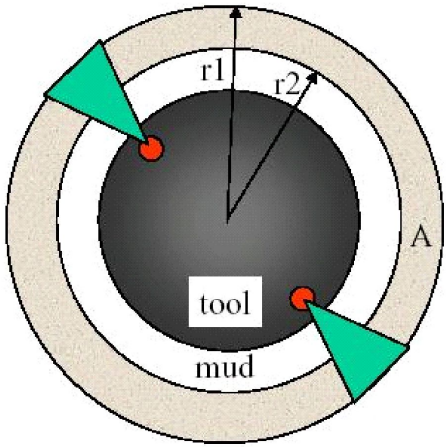
ОнТрак™ система, Базовые измерения

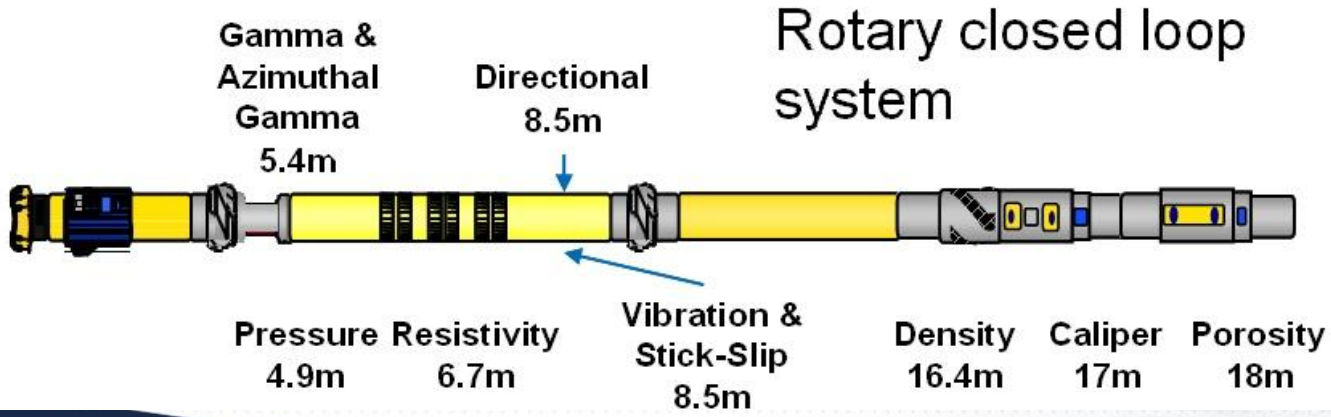
- **Направление**
  - азимут
- **Многочастотный Волновой Электрический Каротаж (МВЭК, или MPR)**
  - 2 МГц and 400 кГц, 4 источника and 2 приемника
  - 8 кривых сопротивления
- **Азимутальный Гамма-каротаж 2мя датчиками**
- **Затрубное и забойное давления**
  - Специальная батарейка для измерений при отсутствии циркуляции
- **Вибрация**

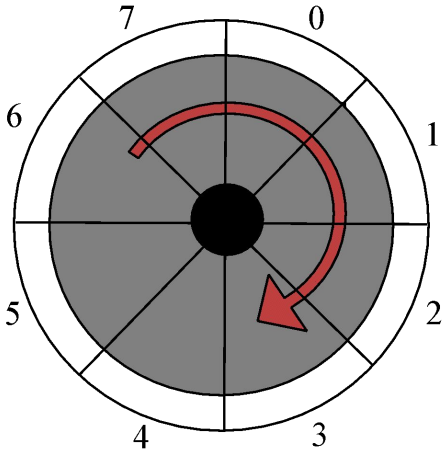


ОнТрак™ – Гамма каротаж

- Измерение естественной радиоактивности пород
- **2 детектора** – достаточные данные и лучшая статистическая повторяемость
- **8 секторов** имиджа в памяти прибора
- Передача верха/низа/лева/права в процессе бурения
- Возможность записи и передачи азимутальных данных при скорости **вращения до 400 об/мин**



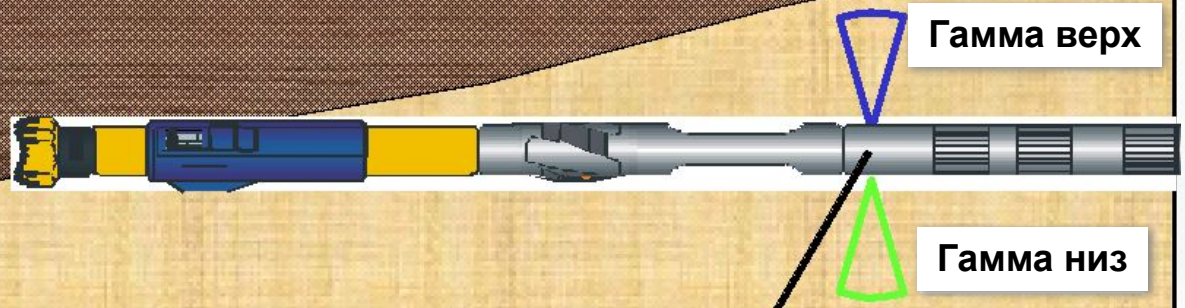


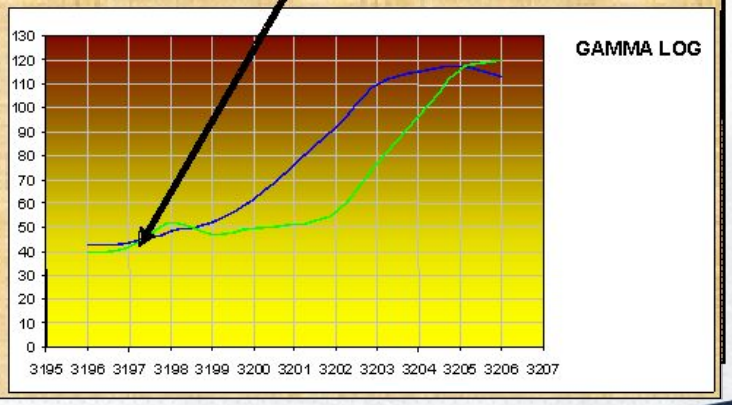


ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

Глина

Песчаник

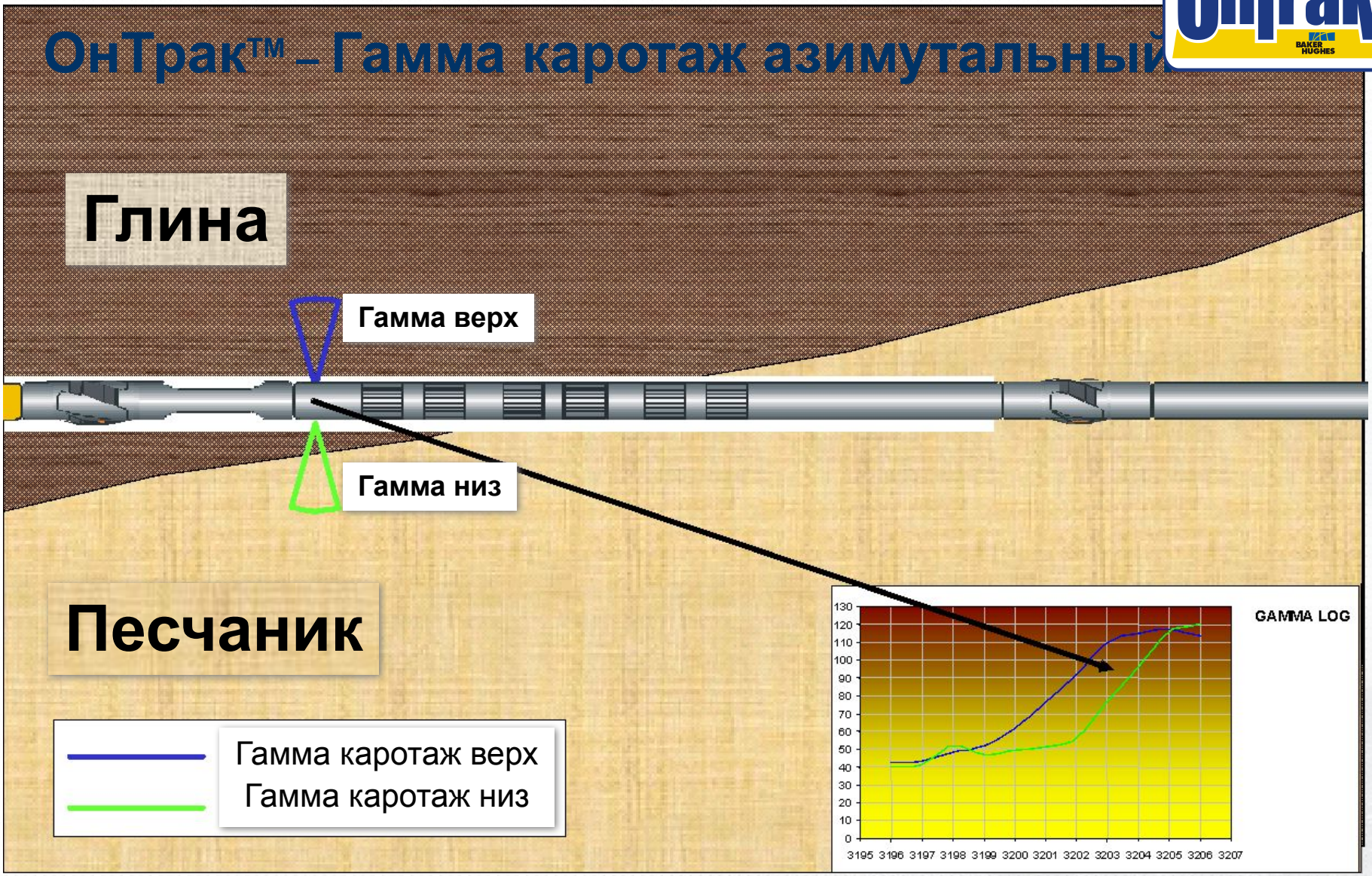




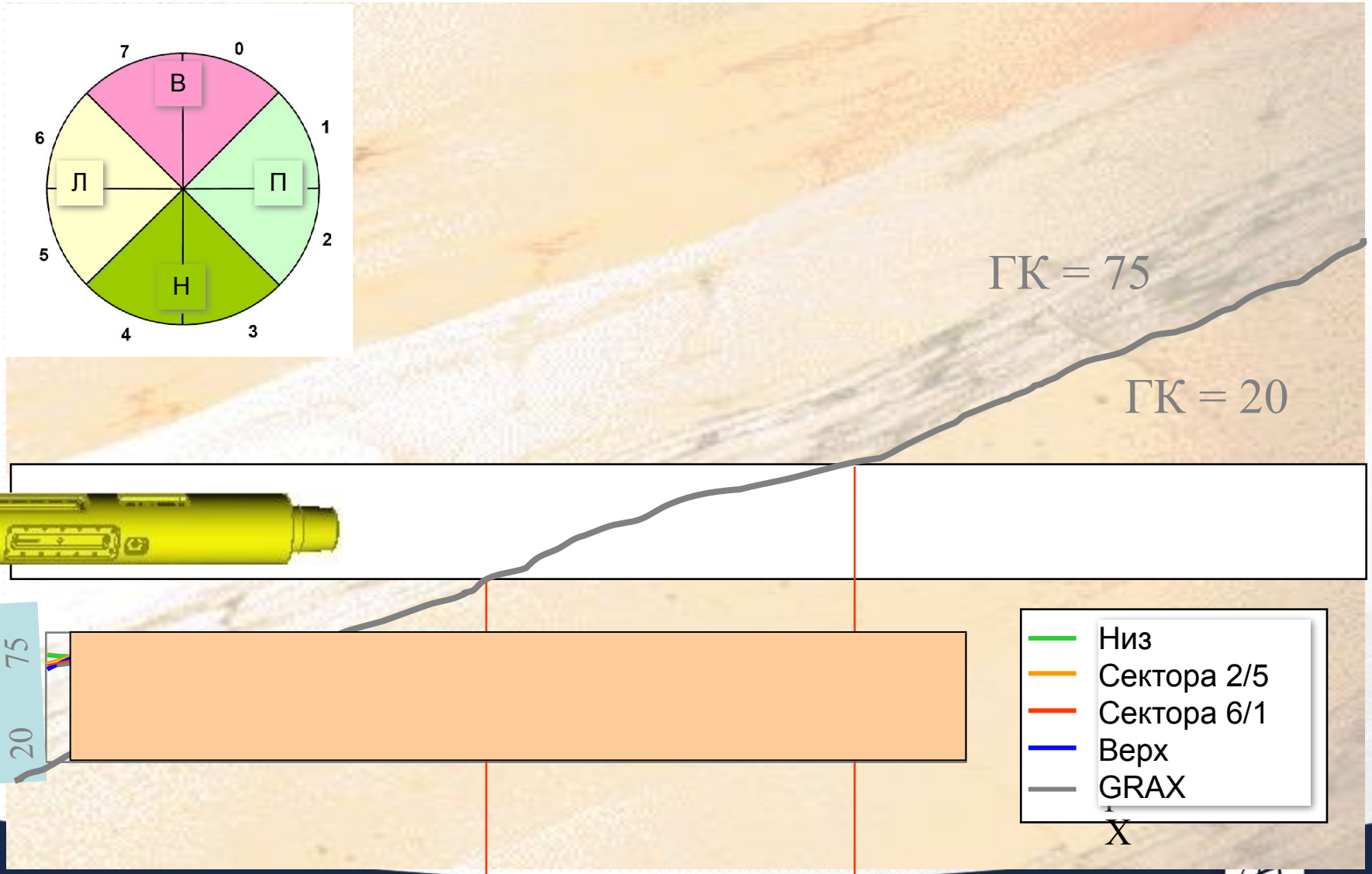
Гамма каротаж верх
Гамма каротаж низ

ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

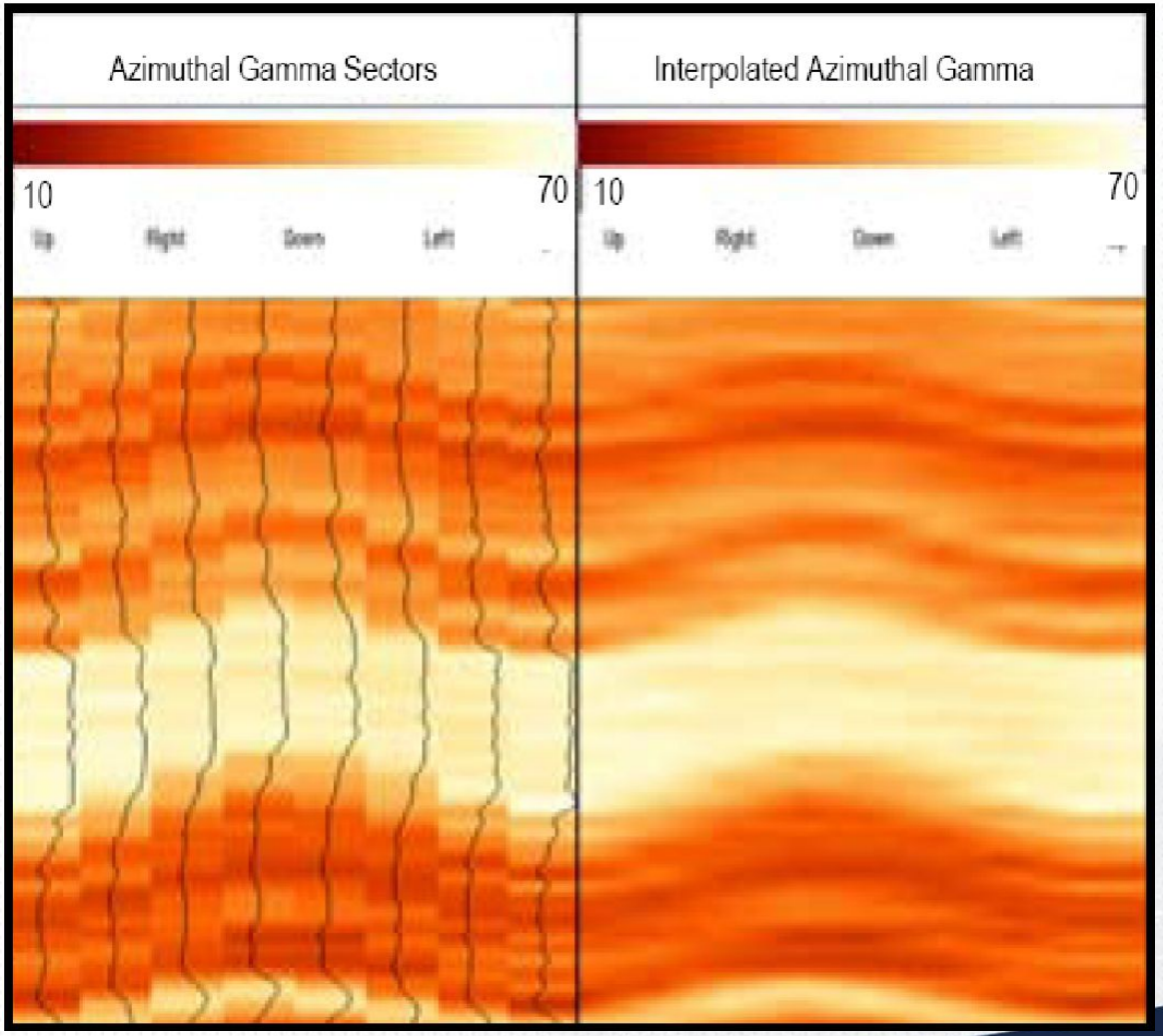


ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

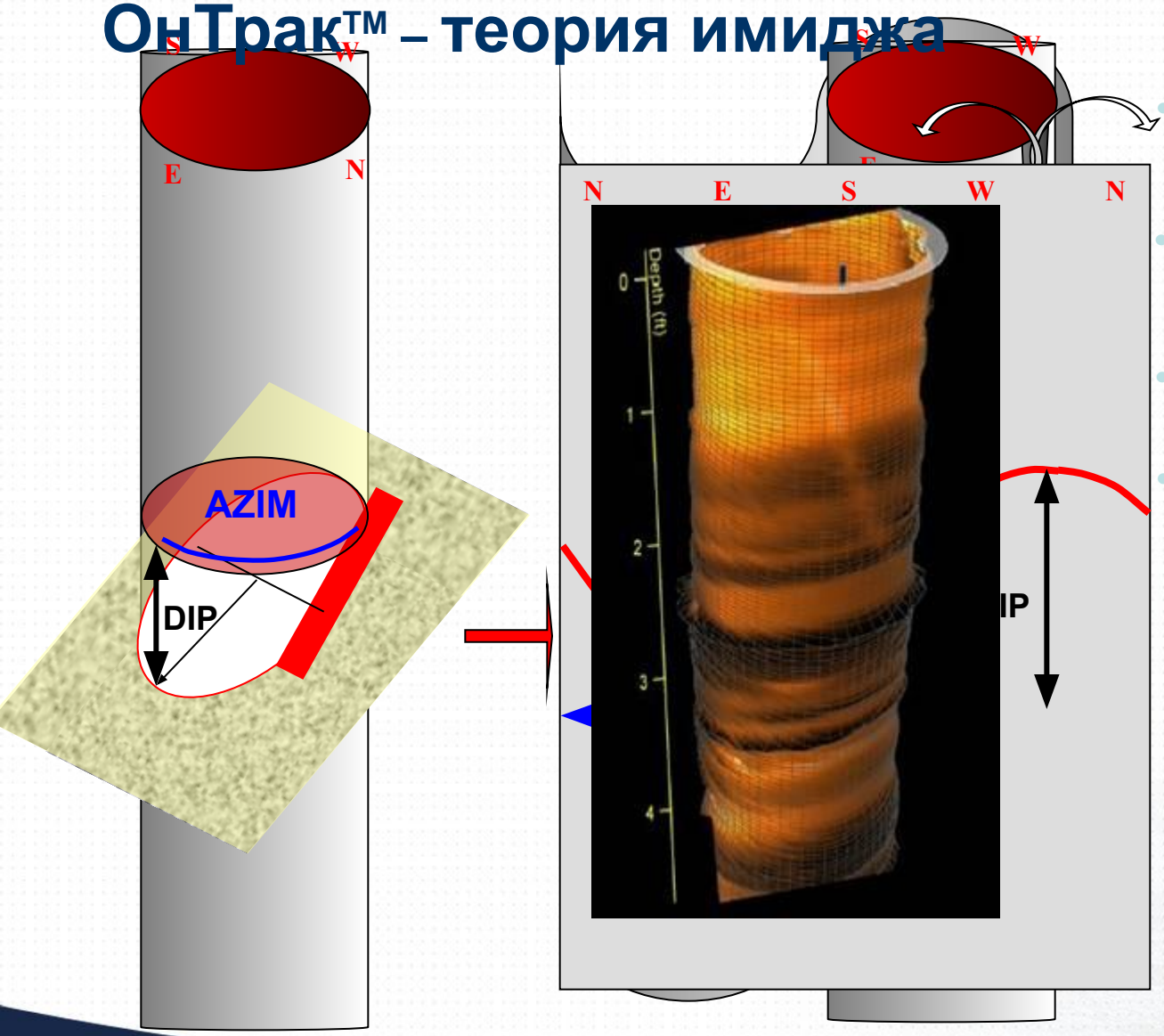


ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

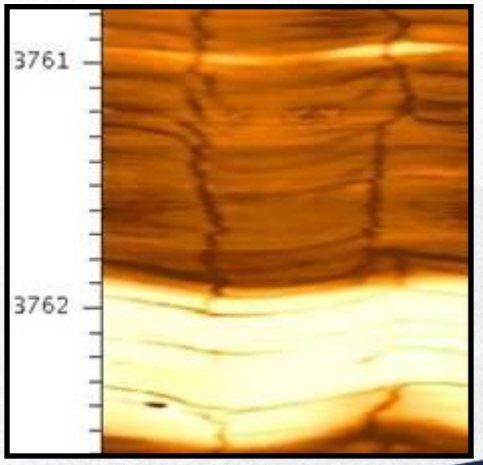
- Азимутальные секторы можно вывести один за другим для создания имиджа
- Для наглядности, имидж из 8 секторов показан на поле справа
- Данные слева – не проинтерполированные, справа - проинтерполированные



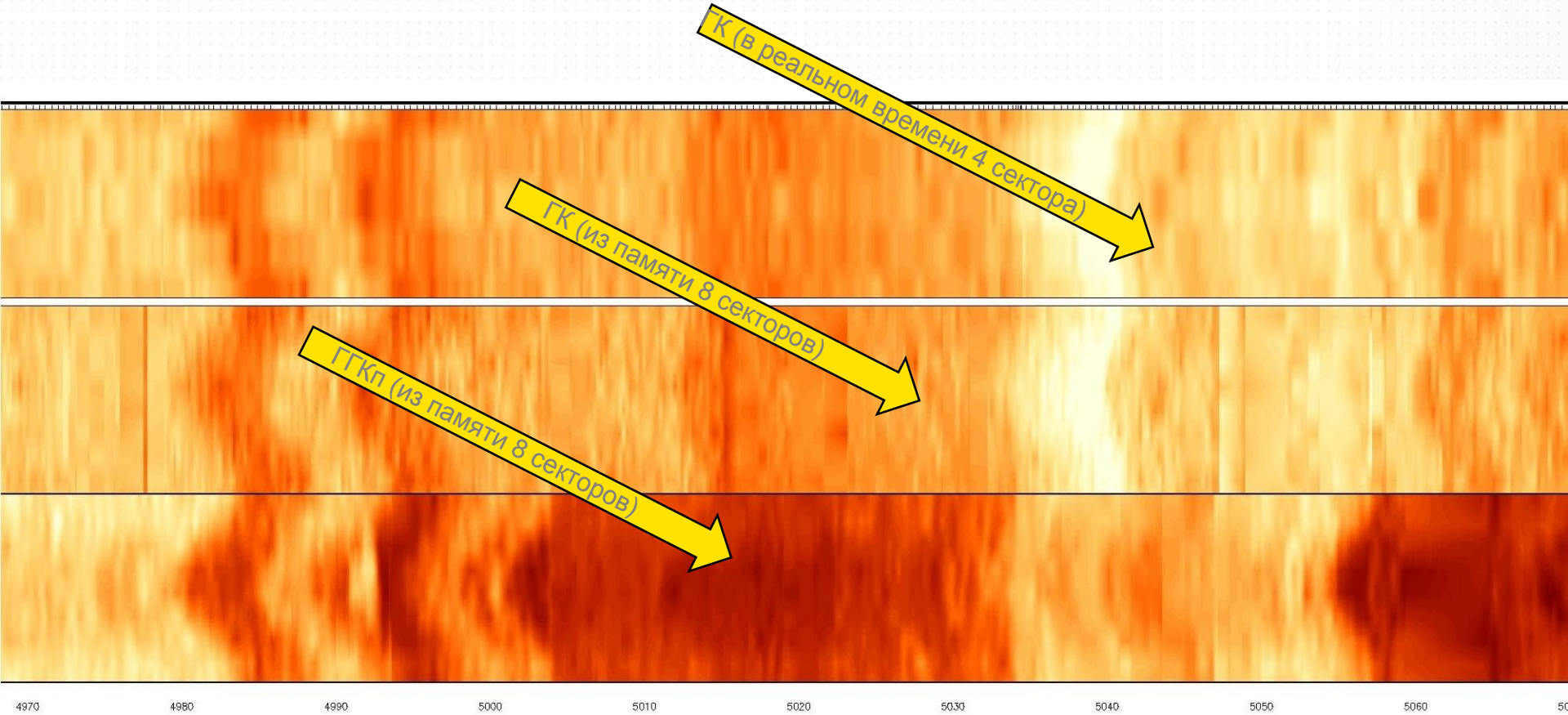
ОнТрак™ – теория имиджа



- Плоская поверхность пересекающая цилиндрический ствол
- цилиндр «разрезается» и разворачивается
- Поверхность видна как синусоида
- Положение в простр-ве определяется положением волны и амплитудой



ОнТрак™ – Гамма имидж



- ГК имидж разбит на секторы (сейчас: 4 сектора в режиме реального времени)
- Отображение имиджа ГК из памяти прибора на основе 8ми секторов

ОнТрак™ – Гамма имидж - преимущества

- Ориентированный ГК в процессе бурения
- Информация используется для целей:
  - геонавигации
  - Подтверждение геологии

  } *Заранее выявить возможный выход из пласта, минимизировать проходку дополнительных стволов*
- Точная проводка ствола увеличивает проходку по нефтенасыщенной части и нефтеотдачу
- Многочисленные спуско-подъемные операции с целью переориентировки гамма датчика больше не нужны
- Уменьшен риск прихвата инструментов так как отсутствует скольжение

ОнТрак™ – Каротаж УЭС

МВЭК (MPR) – Многочастотный волновой электрический каротаж это:

Две рабочие частоты:

- 2МГц; более точное определение тонких пропластков и границ пластов
- 400кГц; Глубокий радиус проникновения для удержания траектории ствола скважины в пласте

2 приемника фиксируют:

–Сдвиг фазы

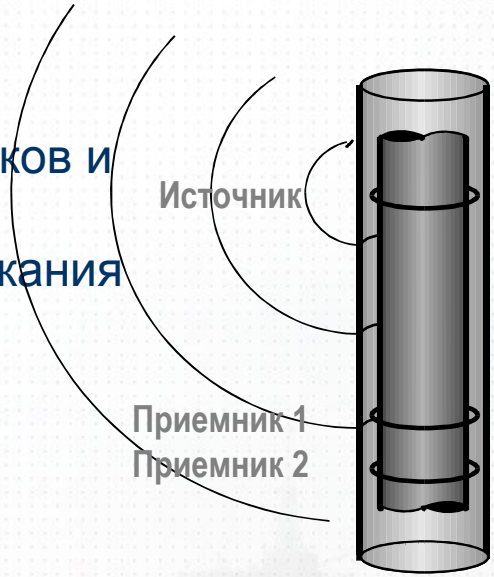
–Затухание амплитуды

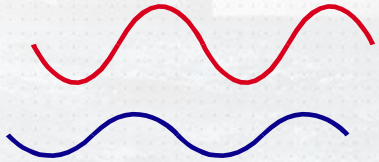
– Обеспечивает разную глубину исследования

– Компенсация данных сопротивления

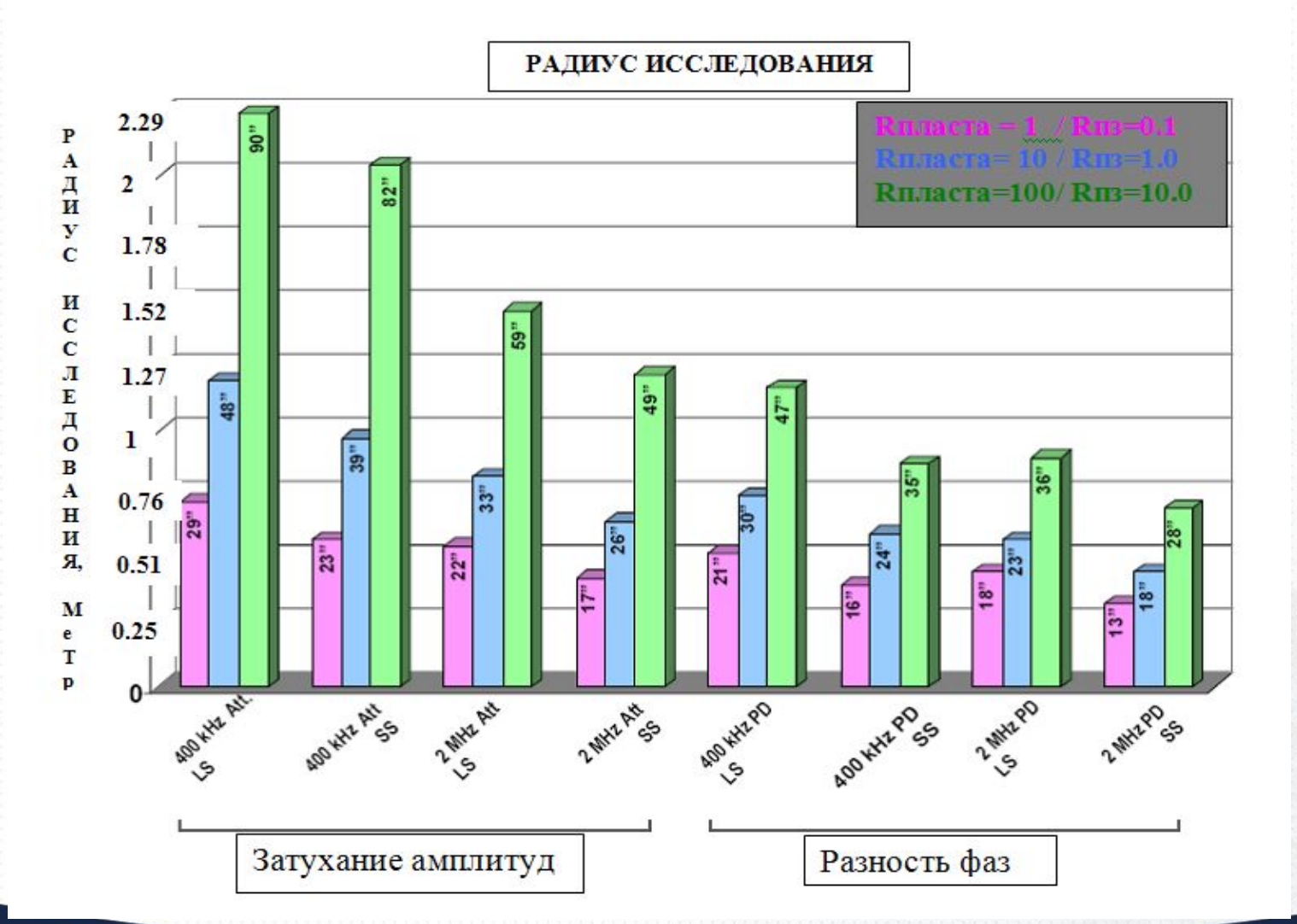
- 32 исходных измерения фазы и амплитуды
- 8 компенсированных измерений, скорректированных за влияние ствола скважины

– Инструменты диаметром 121 мм, 171 мм, 210 мм, и 241 мм





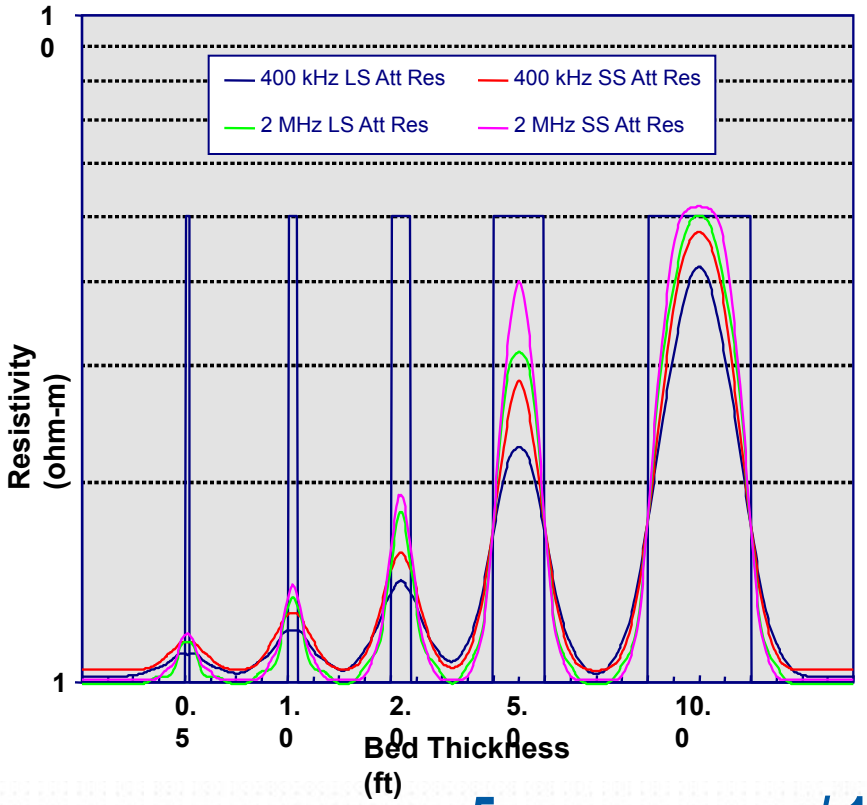
ОнТрак™ – Каротаж УЭС



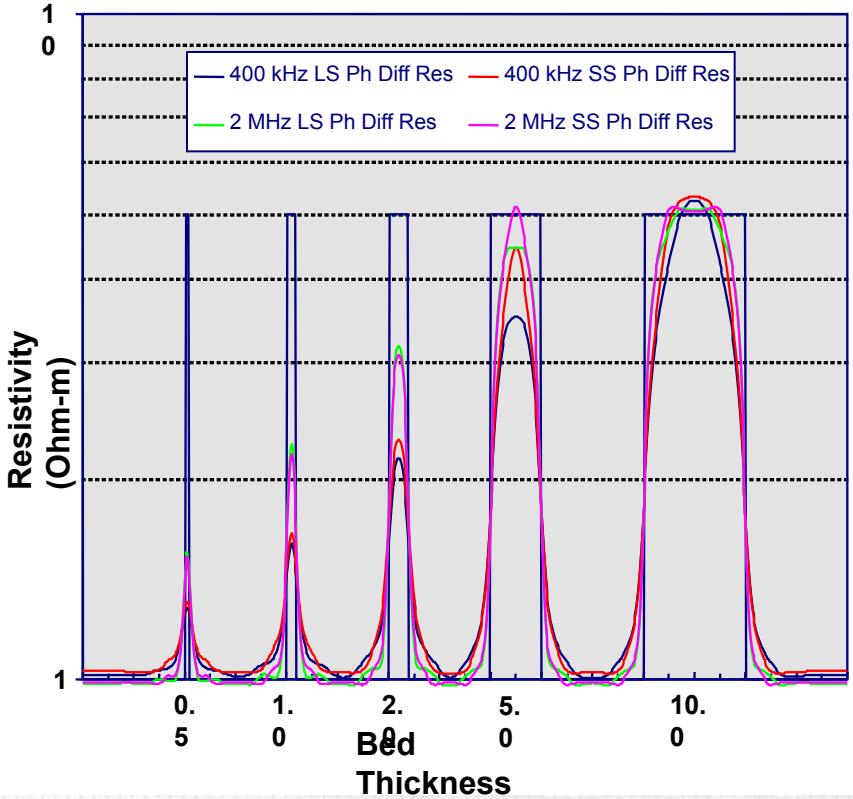
ОнТрак™ – Каротаж УЭС

Вертикальная разрешающая способность

Затухание амплитуды



Разность фаз



5 омм пласты / 1 омм вмещающие породы

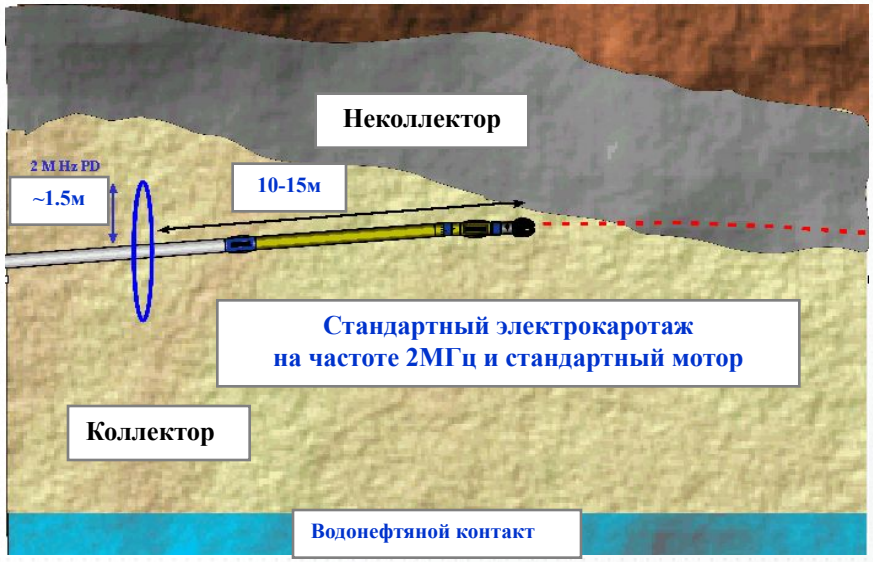
ОнТрак™ – УЭС – применение

МВЭК за мотором

- По мере увеличения зоны исследования, расстояние от долота становится менее важным

Оптимальная комбинация – проведение измерений малого и большого радиуса как можно ближе к долоту.

- Позволяет раньше определять границы пластов для размещения скважины в оптимальной зоне и избегать выхода из резервуара
- Интерактивный процесс геонавигации



ОнТрак™ – УЭС – сравнение с кабельным

Стабилизатор

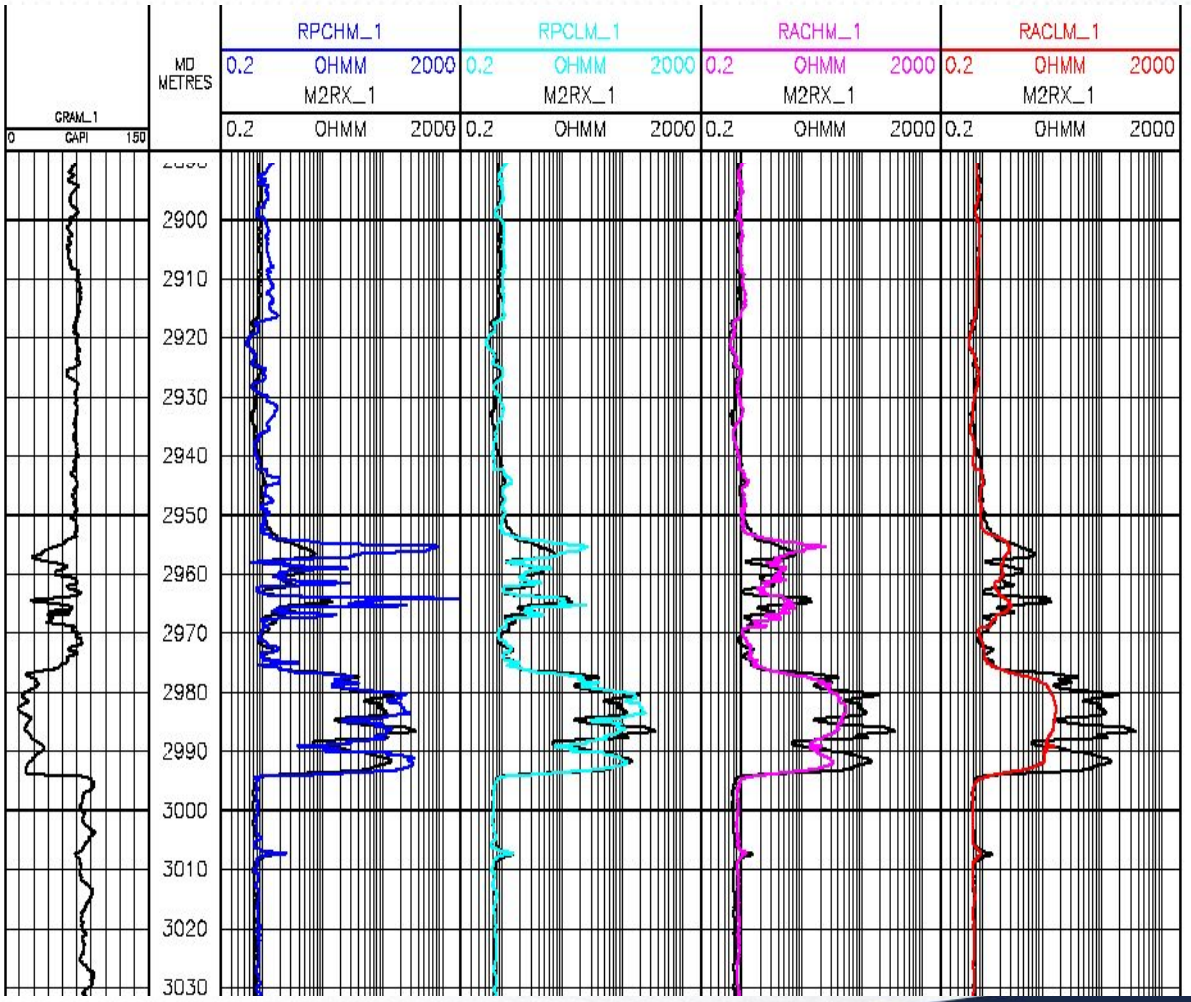
Антенны верхнего передатчика

Стабилизатор

Антенны приемника

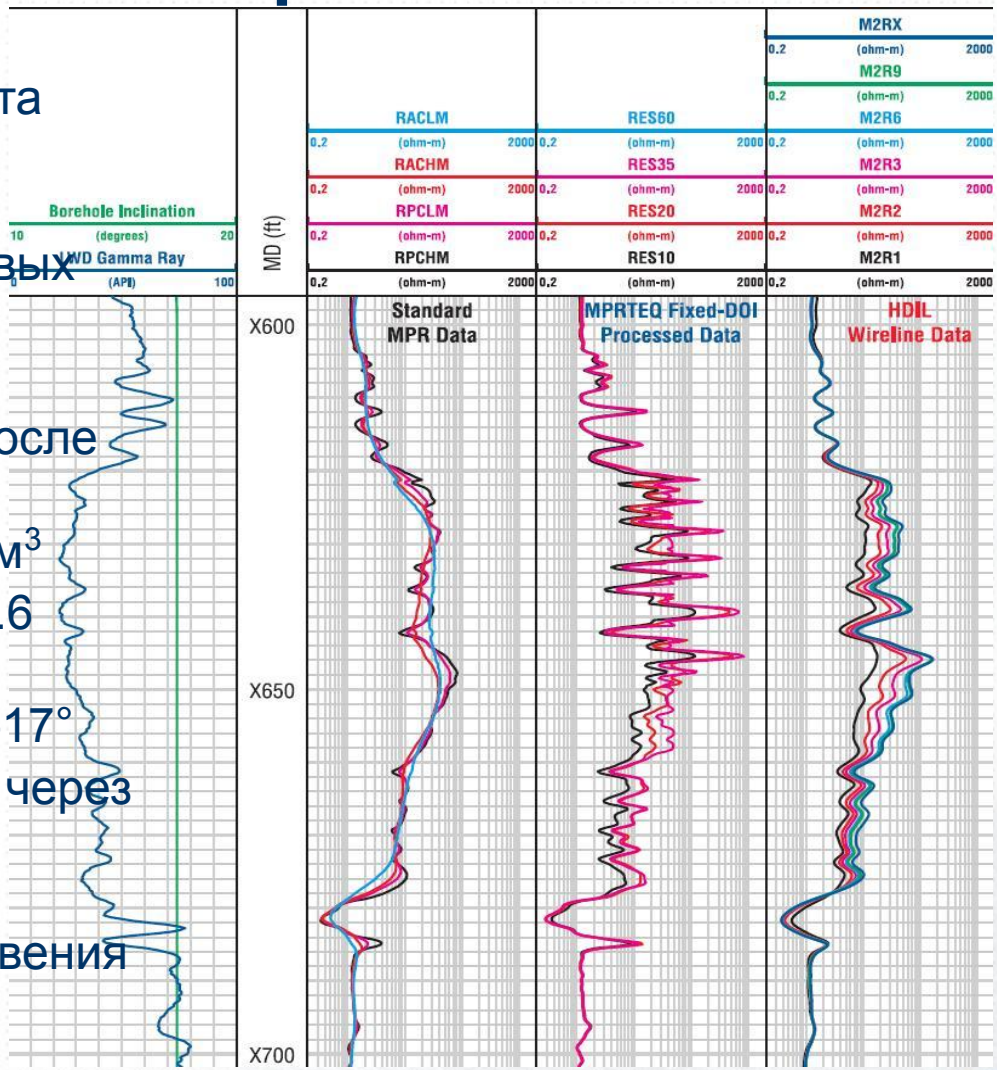
Антенны нижнего передатчика

Стабилизатор

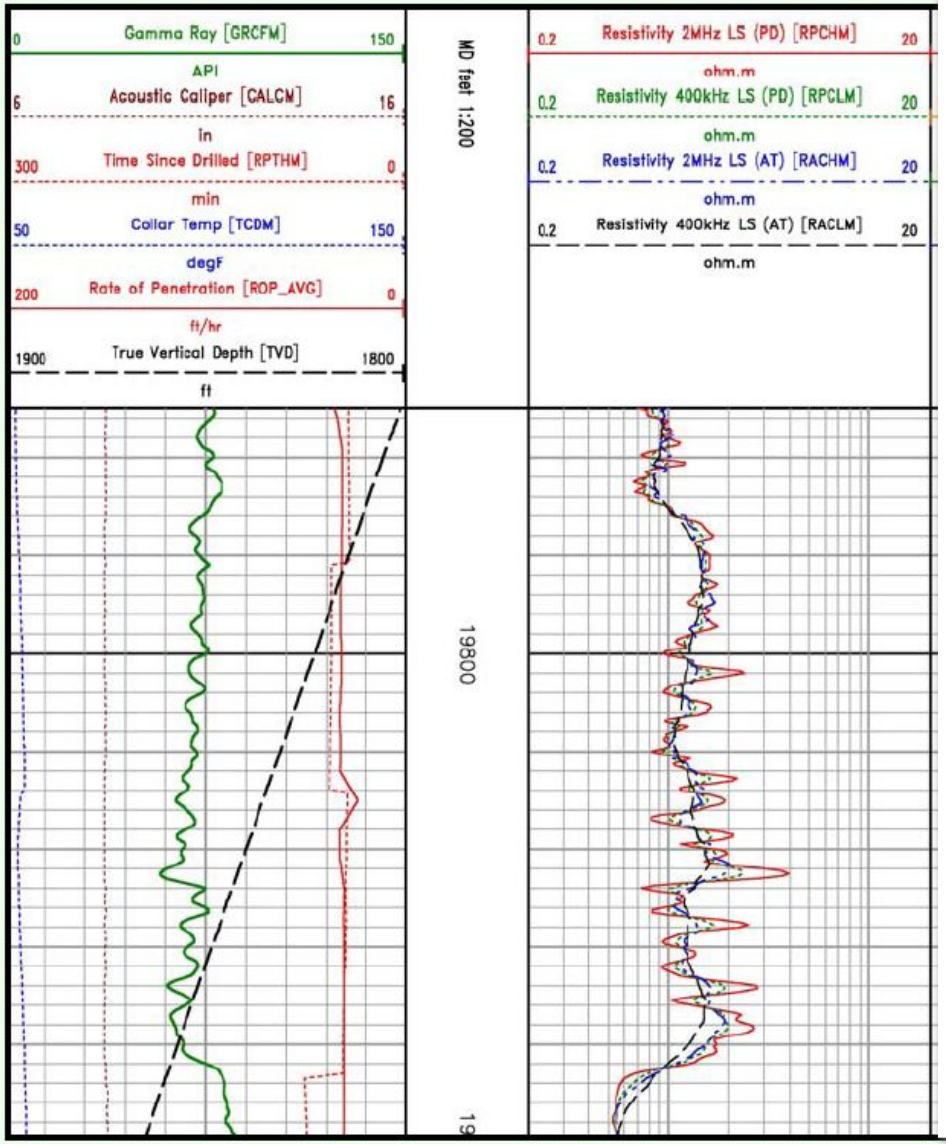


ОнТрак™ – УЭС – MPRTEQ обработка

- Оценка проникновения фильтрата бур. раствора
- Фиксированные радиусы проникновения для четырех кривых сопротивления
  - 0.25м, 0.5м, 0.9м, 1.5м
- MPR проведен через два часа после бурения
  - плотность раствора = 1.2 г/см^3
  - сопротивление раствора = 0.6 Омм
  - угол наклона скважины = 12-17°
- Стандартный каротаж проведен через 28 часов после MPR
  - Подтверждение прогрессирующего проникновения фильтрата в пласт



ОнТрак™ – УЭС – MPRTEQ обработка



Каротаж сегодня?

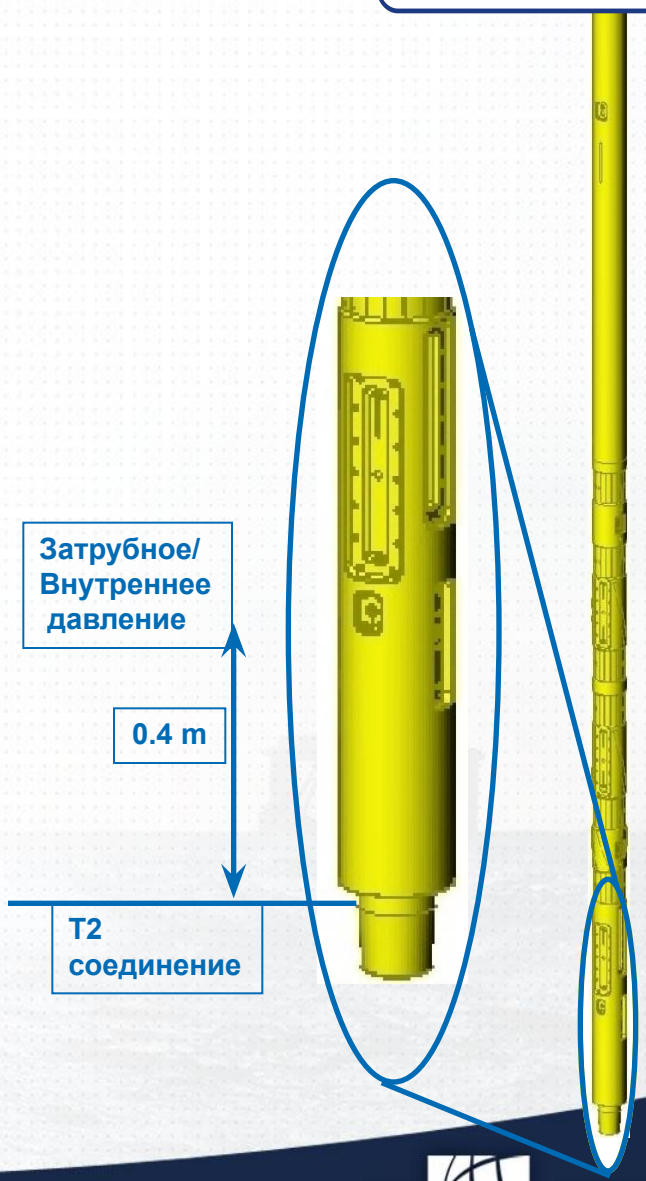
А завтра?

ОнТрак™ – УЭС – обобщение

- **Геонавигация**
  - Расчет расстояния до границ
  - Модель наклонных пластов с анизотропией
- **Петрофизика**
  - Анализ коллектора
    - Определение диэлектрической постоянной
    - Расчет анизотропии
  - Характеристика зоны проникновения
    - Расчет сопротивления промытой зоны и пористости заполненной водой
- **MPRTEQ™ - Бэйкер Хьюз ИНТЕК собственная разработка**
  - Из необработанных данных сопротивления вычисляются 4 кривые определенной глубины исследования, с учетом разрешающей способности 25 см, 50 см, 90 см и 152 см
    - 25 см используется для зоны проникновения, 152 см для нетронутой зоны

ОнТрак™ – Давление

- **Затрубное и забойное давления**
  - Циркуляция вкл
  - Циркуляция выкл
    - Surge / Swab
    - Прорыв геля
- **Точно измеряет ECD & ESD**
  - Увеличение эффективности бурения
    - Бурение с мин депрессией/репрессией
    - Исключить ненужные СПО
    - Заранее выявить возможный выброс
- **Разброс 0 – 1720 бар (0 – 1697 атм)**
  Разрешающая способность 0.35 атм
  Точность ±0.25% от полной шкалы



ОнТрак™ – Динамика бурения

Стандартный набор

- На буровой загорается предупреждение в зависимости от заранее заданных параметров
- Рекомендуем подходящие изменения параметров бурения
- Прибор передает данные VSS при превышении заданного порога

Улучшенный набор

- Специалист по динамике бурения на присутствует на буровой
- Совместное использование данных на поверхности и с забоя
- Доступно изложенный отчет по скважине
- Моделирование динамики бурения

VSS℠

V ibration

S tick

S lip

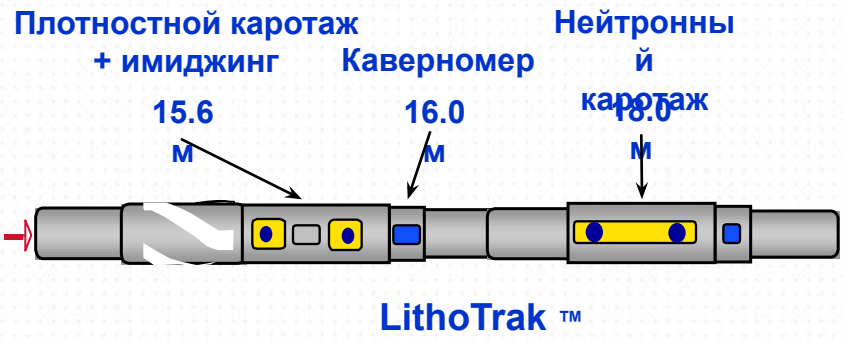
ОнТрак™ система - Базовые измерения

- **Направление**
  - азимут
- **Многочастотный Волновой Электрический Каротаж (МВЭК, или MPR)**
  - 2 МГц and 400 кГц, 4 источника and 2 приемника
  - 8 кривых сопротивления
- **Азимутальный Гамма-каротаж 2мя датчиками**
- **Затрубное и забойное давления**
  - Специальная батарейка для измерений при отсутствии циркуляции
- **Вибрация**

LithoTrak™

Advanced LWD Porosity

ЛитоТрак™ – каротаж пористости

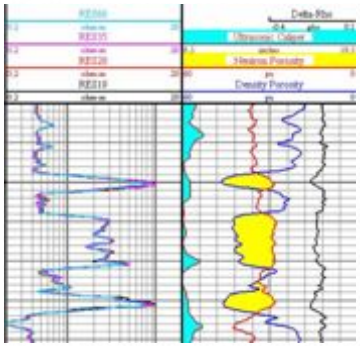


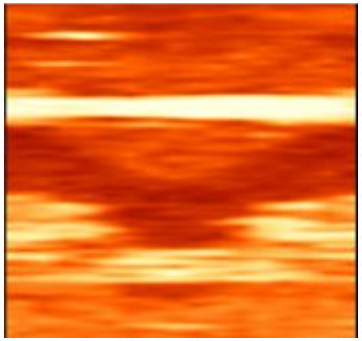
Плотность ГГКп

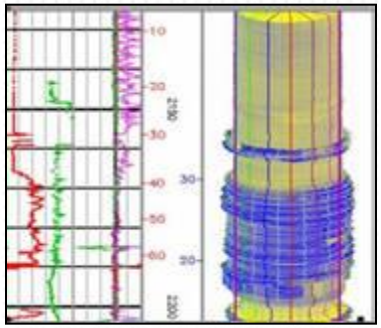
Нейтронный ННКт

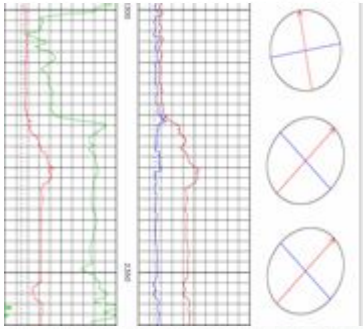
ЛитоТрак™ – каротаж пористости

LithoTrak™
Advanced LWD Porosity





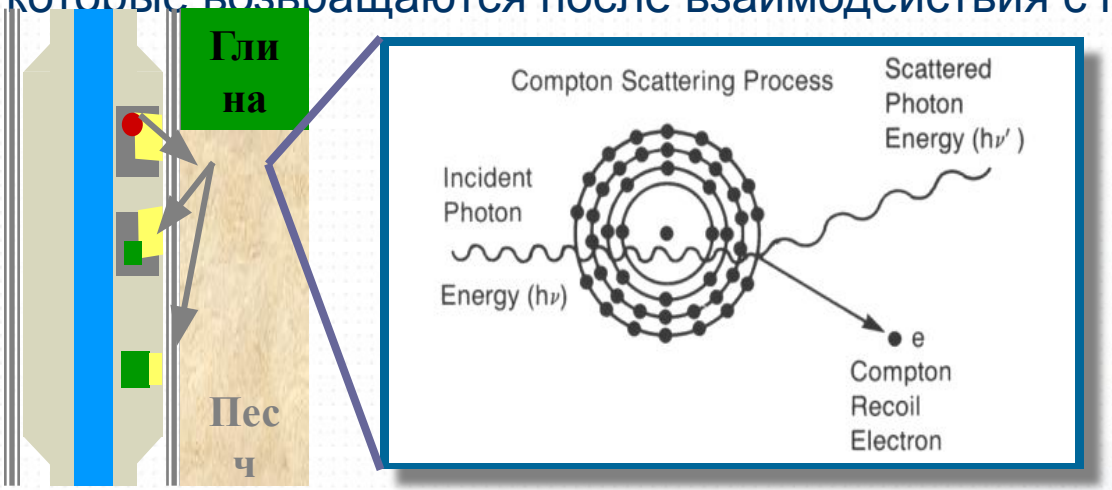




Пористость	Имидж	Кавернномер	Применение
Точная пористость Индикатор газа Показатель литологии	Структура (углы наклона) Корреляция с опорными скв Определение положения в коллекторе	Объем скважины Определение разрывов Выбор мест перфорации	Навигация в коллекторе Стабильность стенок скважины Межскважинная корреляция

ЛитоТрак™ – физика измерений

- Плотность измеряется за счет взаимодействия Гамма излучения с веществом породы, в результате которого получаются Гамма лучи более низкой энергии
- Источник гамма излучения - Цезий 137.
- 2 датчика измеряют рассеянные, с меньшей энергией Гамма лучи, которые возвращаются после взаимодействия с породой.



- Количество счетов прямо пропорционально эллектронной плотности породы
- Эллектронная плотность (ρ_e) очень близка по значению общей плотности (ρ_b) и легко в нее пересчитывается

ЛитоТрак™ – физика измерений

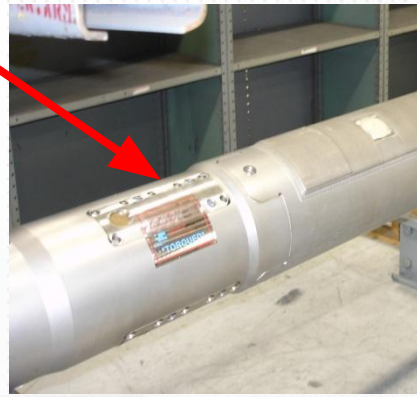
LithoTrak™
Advanced LWD Porosity

Трехосевая скважинная кавернометрия

Измерения проводятся трехосевым ультразвуковым датчиком испускающим пульс частоты 250 КГц.

200 замеров в секунду что при скорости 200 об/мин соответствует 1ому замеру на 6 градусов.

Диапазон 3.8 см (+/- 3 мм) для буровой жидкости до 1.7 г/см3



Фотоэлектрический фактор

Фотоэллектрическое поперечное сечение (Pe) связано с ЛИТОЛОГИЕЙ.

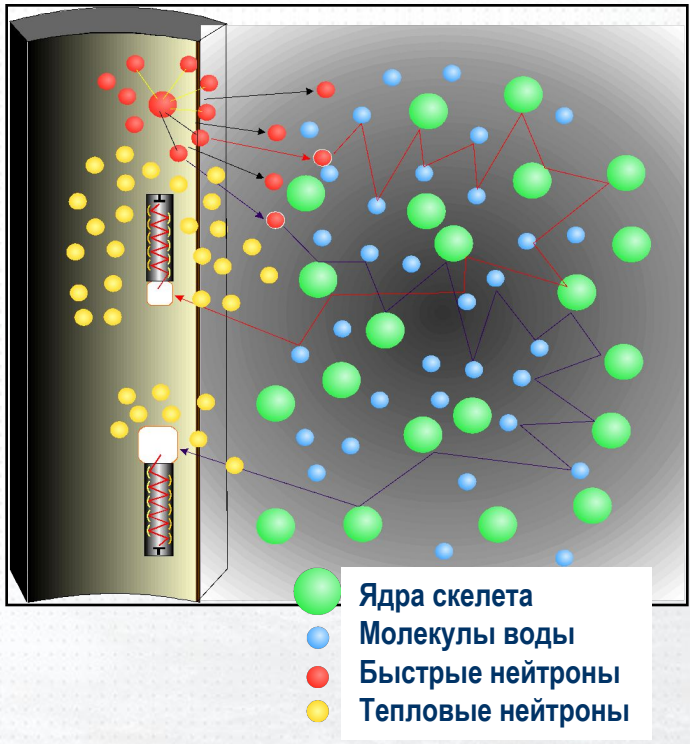
Pe определяется из рассеянных Гамма лучей низкой энергии (<150KeV).

Pe очень легко искажается составом буровой жидкости (особенно в присутствии барита) и скважинными условиями.

ЛитоТрак™ – физика измерений

LithoTrak™
Advanced LWD Porosity

- Источник - 5 Кюри (876 Гбеккерель) Америций-241/Бериллий нейтроны высокой энергии (4.5 MeV)
- Потеря энергии при столкновении с атомами водорода
- Результат - Тепловые Нейтроны (0.025 eV)
- Детектор - Литий-6 измеряет как Тепловые так и Надтепловые нейтроны.
- Надтепловые важны тем, что менее подвержены влиянию окружающей среду (например минерализация бур раствора) и менее чувствительны к поглотителям тепловых нейтронов

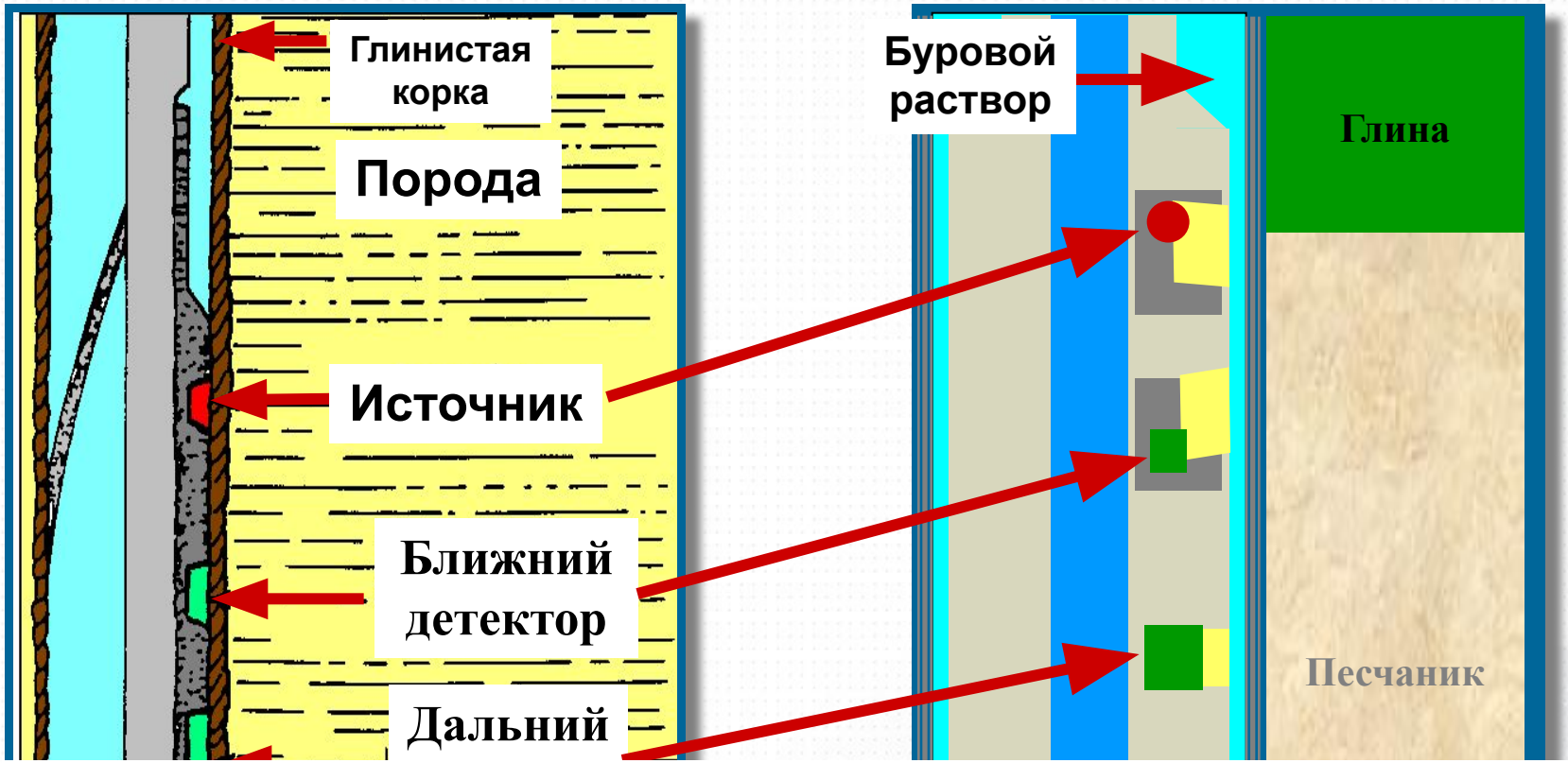


ЛитоТрак™ – условия записи

LithoTrak™
Advanced LWD Porosity

Каротаж на кабеле

В процессе бурения



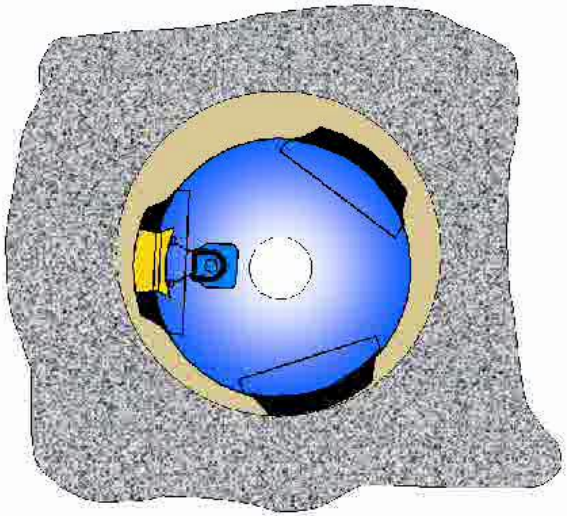
Каротаж на кабеле требует поправки за глинистую корку

Каротаж в процессе бурения – за буровой раствор

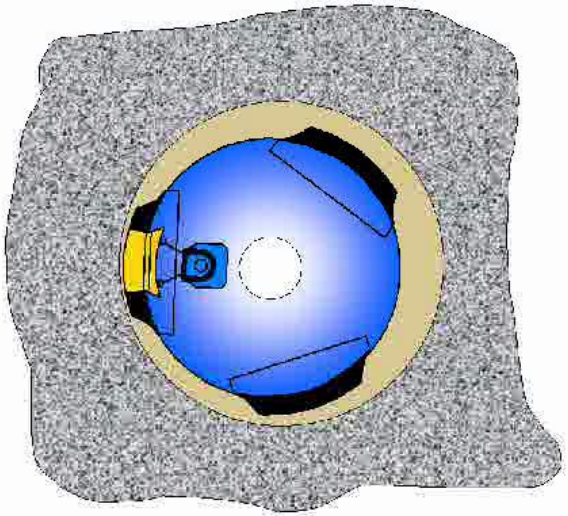
ЛитоТрак™ – условия записи

LithoTrak™
Advanced LWD Porosity

Горизонтальная скважина



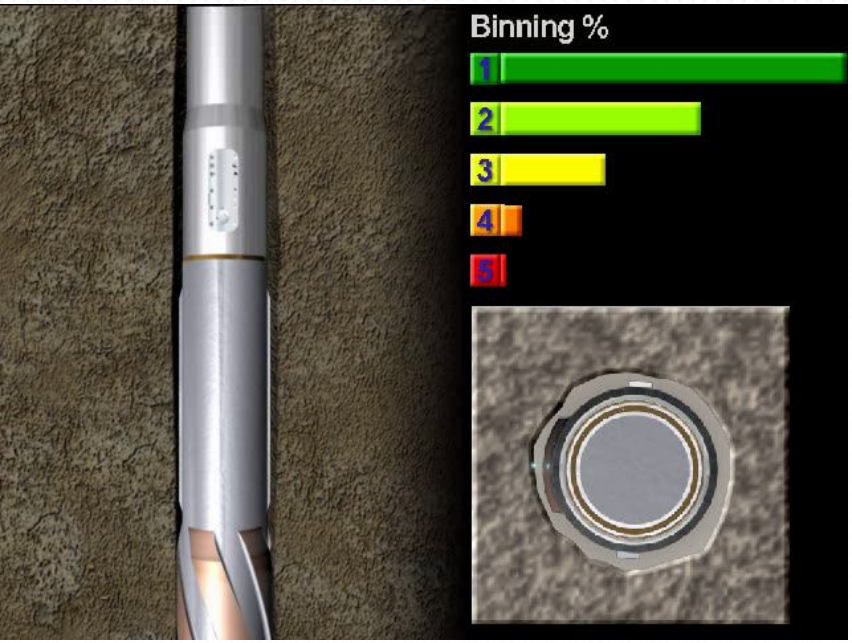
Вертикальная скважина



INTEQ разработал уникальный метод для уменьшения влияния скважины на каротаж плотности при работе с ЛитоТраком

Разбивка на бины

ЛитоТрак™ – разбивка на бины



- Бин 1: SO < 1/4”
- Бин 2: 1/4” < SO < 1/2”
- Бин 3: 1/2” < SO < 3/4”
- Бин 4: 3/4” < SO < 1”
- Бин 5: SO > 1”
- Бин 6: нет сигнала

Разбивка на бины это собственный метод компании для сбора и записы данных плотности в соответствии с отходом от стенки скважины.

Каждый замер плотности соотносится с замером кавернометрии с датчика 1. Сортировка и запись в один из бинов.

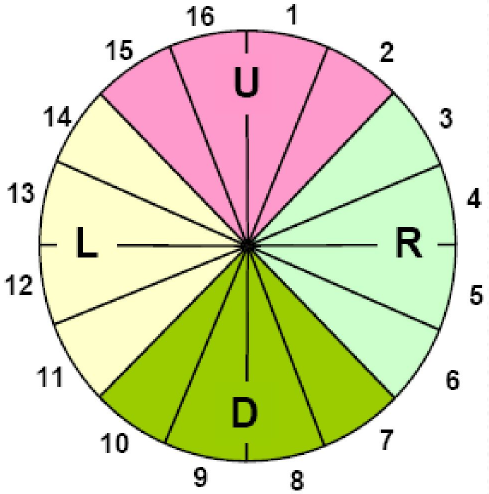
По мере вращения прибора в скважине все данные разделяются на измеренные ближе к стенке скважины и дальше.

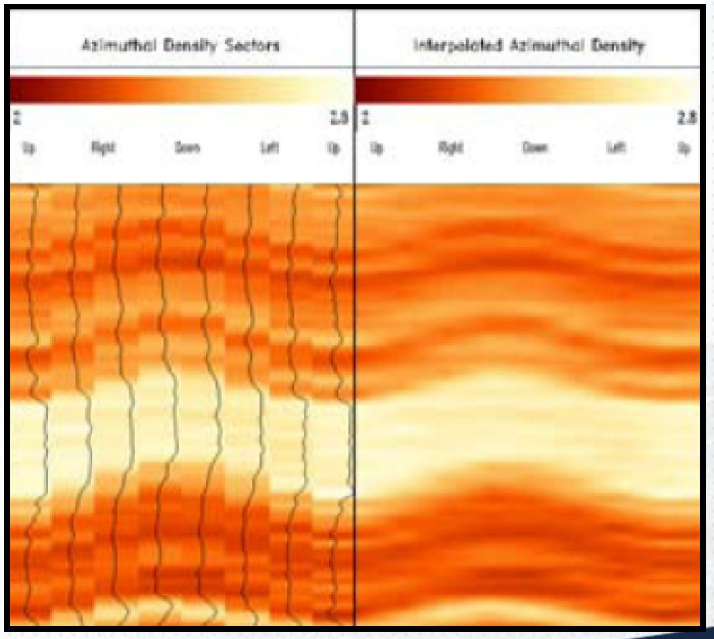
ЛитоТрак™ – азимутальная плотность

ЛитоТрак блок плотности позволяет измерить 4 квадранта, 8 секторов и 16 секторов азимутальных данных.

Блок магнетометра участвует в ориентировке азимутальных данных Плотности.

Секторы ориентированы относительно верха прибора за счет угла наклона и азимута полученных с MWD платформы (OnTrak/NaviTrak).



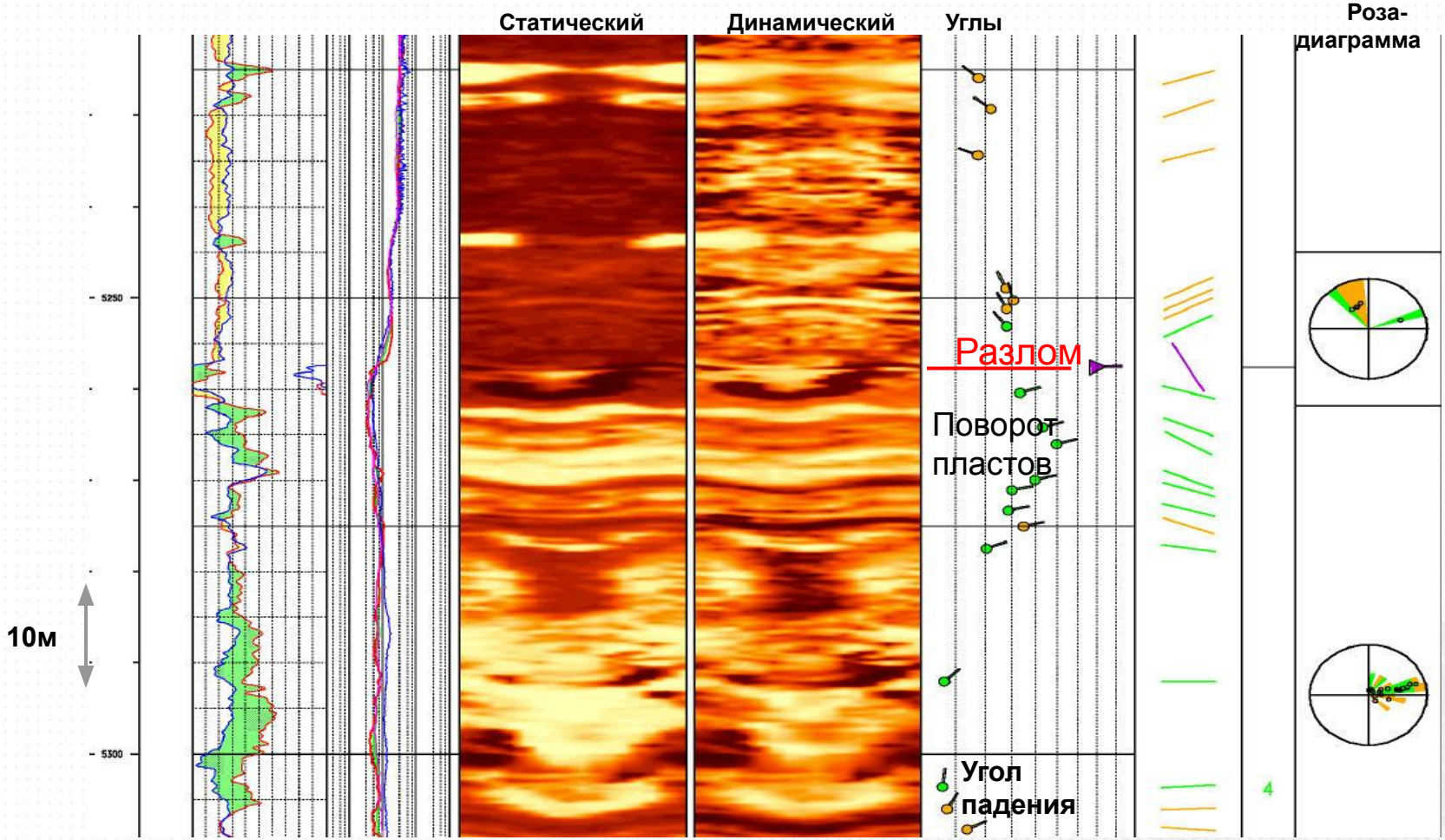


ЛитоТрак™ – анализ имиджа

LithoTrak™
Advanced LWD Porosity

- **Углы наклона и зональность**
  - Напластование
  - Несогласия
  - Разломы (разрешимые сейсмикой и нет)
  - Сравнение с сейсмикой и керном
- **Описание трещиноватости**
  - Типизация
  - Распространение
  - Способность к фильтрации
- **Геологический стресс**
  - Borehole breakout
  - Трещины возникшие в результате бурения

ЛитоТрак™ – анализ имиджа



ЛитоТрак™ – главные черты

LithoTrak™
Advanced LWD Porosity

- **Новые возможности**

  16ти секторный имидж плотности
  - Улучшенное разрешение

  Вытеснитель бурового раствора

  16ти секторный имидж фотоэлектрического фактора
  - Измерения чисто в пласте по нижней стенке скважины

  Азимутальная кавернометрия
  - Анализ состояния скважины

ТриплКомбо™ – главные черты

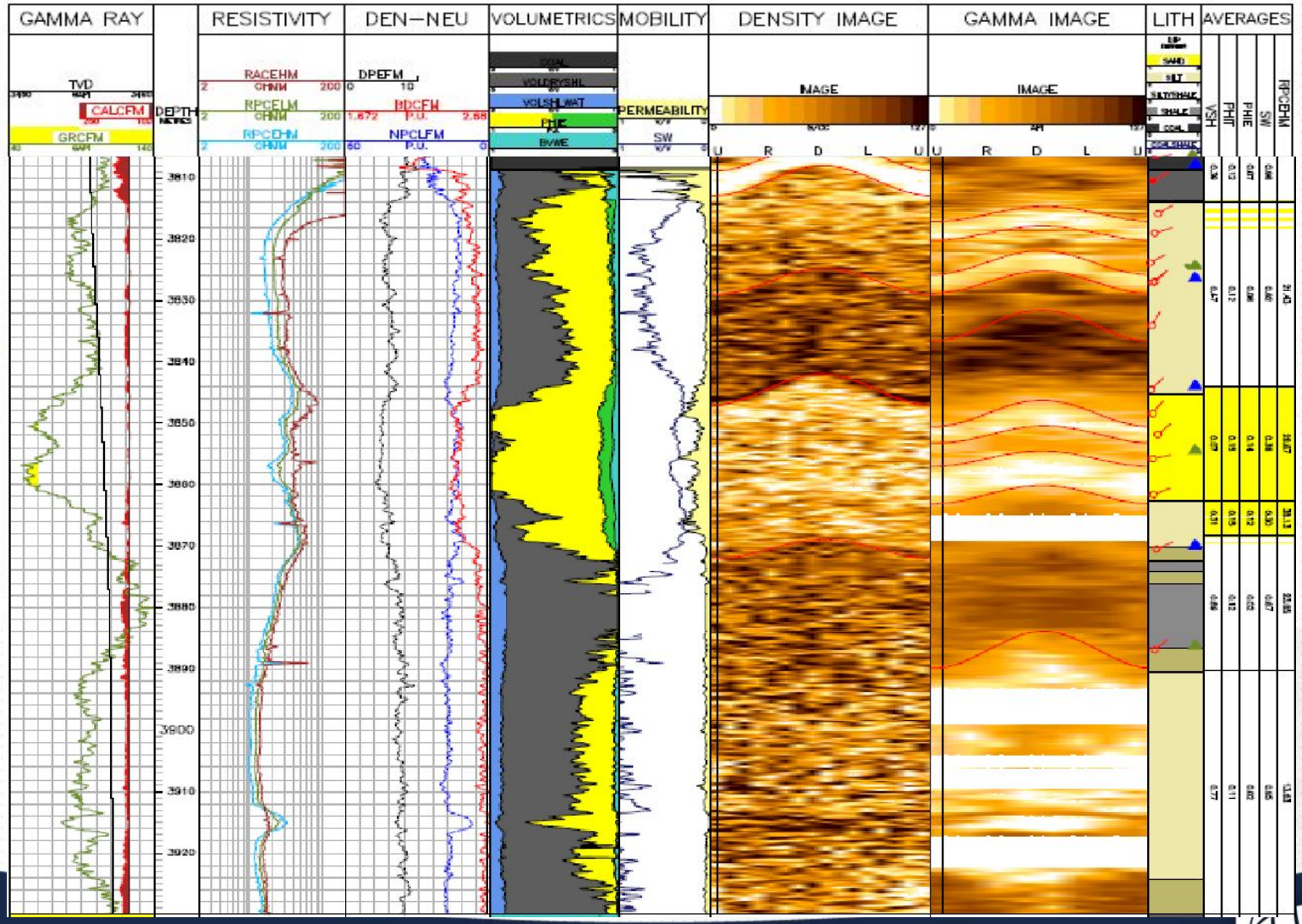
Интегрированная КНБК TripleCombo® включает:

- Каротаж УЭС на частотах 2МГц and 400кГц + Давление на забое + инклинометрия
- Гамма каротаж + Азимутальный 8-секторный гамма-имиджинг
- Нейтронно-плотностной каротаж + Азимутальный 16-секторный плотностной имиджинг + Каверномер

Результаты в режиме реального времени:

- Корелляция с данными каротажа опорных скважин
- Обновление структурной геологии коллекторов
- Идентификация разломов и литологического строения коллекторов
- Подтверждение флюидонасыщения коллекторов
- Обеспечение данными ГИС для последующей интерпретации

ТриплКомбо™ – пример применения в России



ТриплКомбо сервис

LithoTrak™ + OnTrak™

Advanced LWD Porosity

BAKER HUGHES

Вопросы?