

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

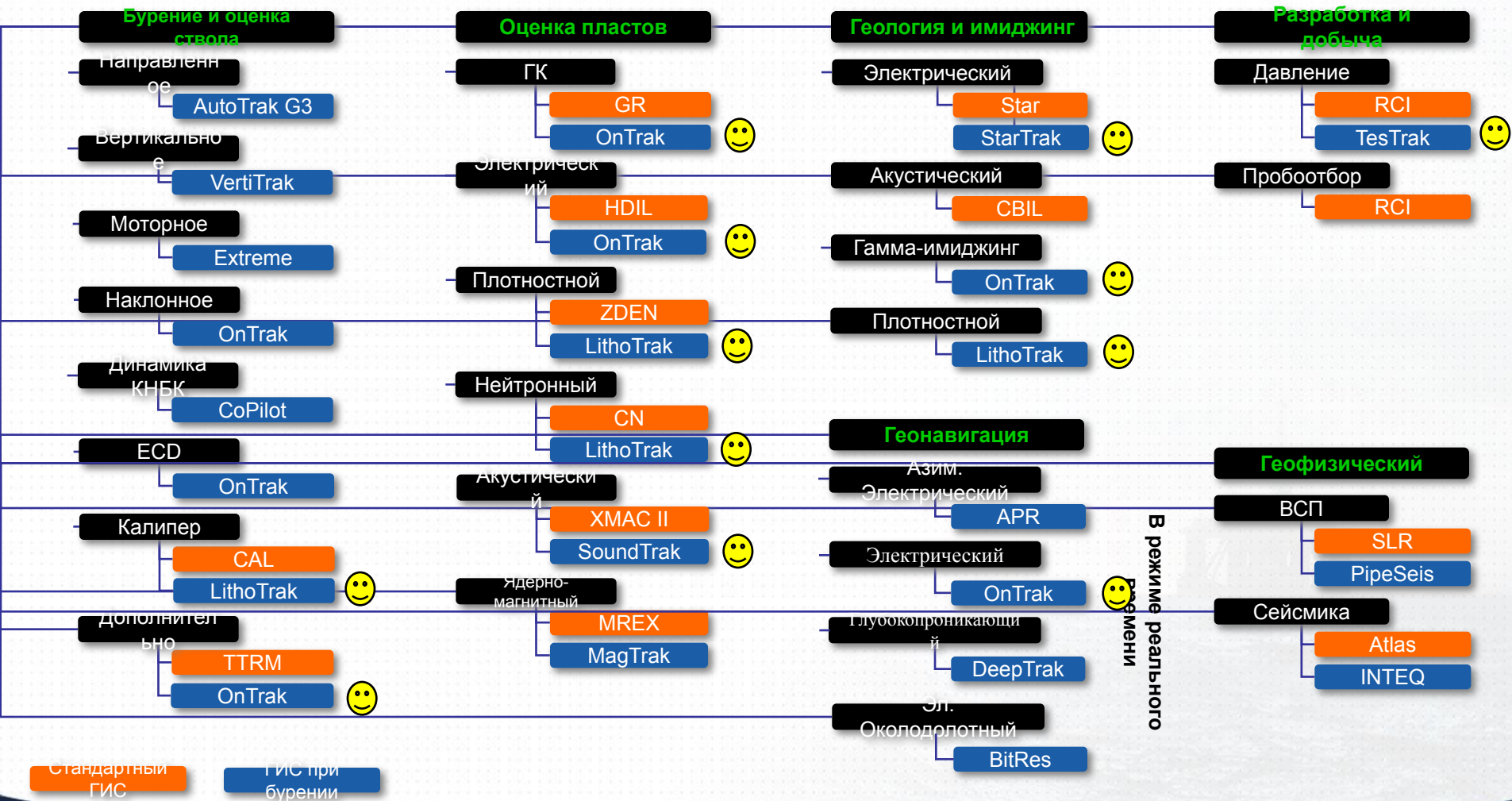
Часть 1

Маргарита Ибрагимова
Региональный Петрофизик
Бэйкер Хьюз ИНТЕК
Россия



INTEQ

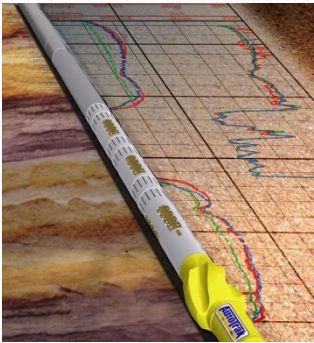
Технологии измерений в открытом стволе



Оборудование и технологии INTEQ

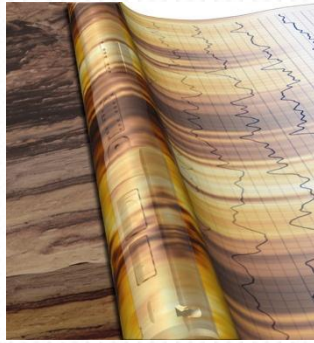
Мультидисциплинарный подход

Петрофизика



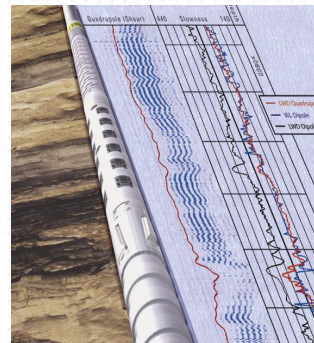
Наличие УВ?
Свойства пласта?
Песчанистость?

Геология



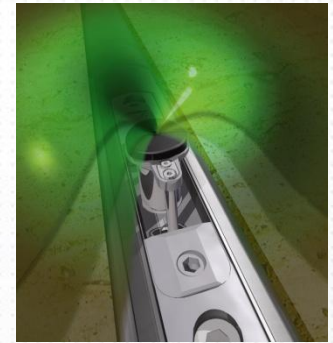
Фациальный анализ?
Геометрия и Структура?

Геофизика



Глубины?
Сейсмические Атрибуты?

Разработка



Вода или УВ?
Контакты?
Давление?

Быстрые ответы – своевременные решения!



LithoTrak™

Advanced LWD Porosity

SoundTrak™

Advanced LWD Acoustics

Testrak®

Formation Pressure While Drilling

MagTrak®

StarTrak™ High-Def

Advanced LWD Imaging



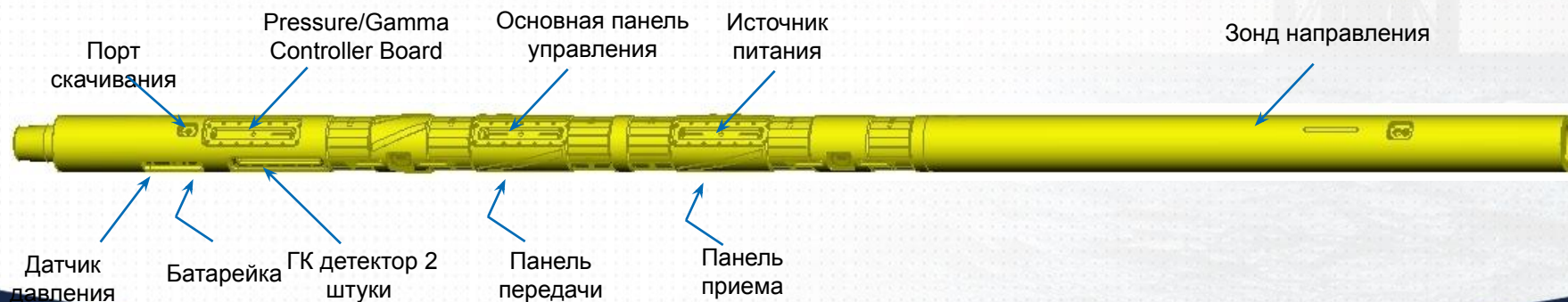
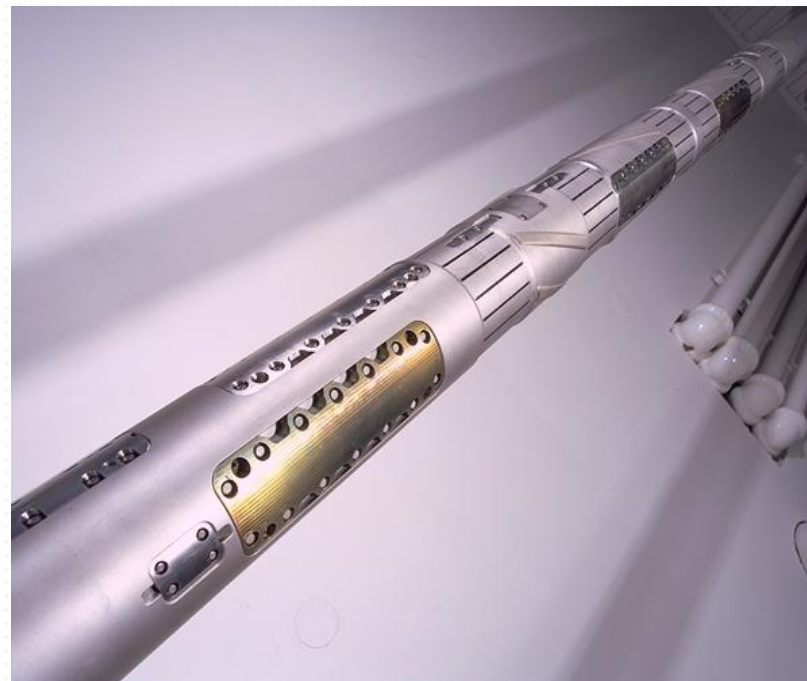
MWD / LWD Система

Платформа MWD / LWD
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



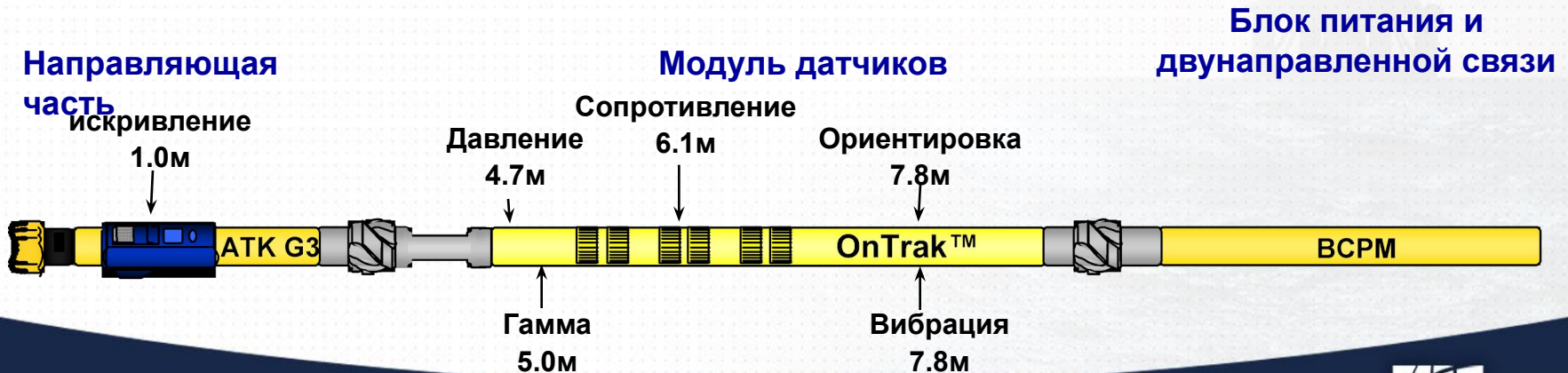
ОнТрак™ – модуль комплексных измерений

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



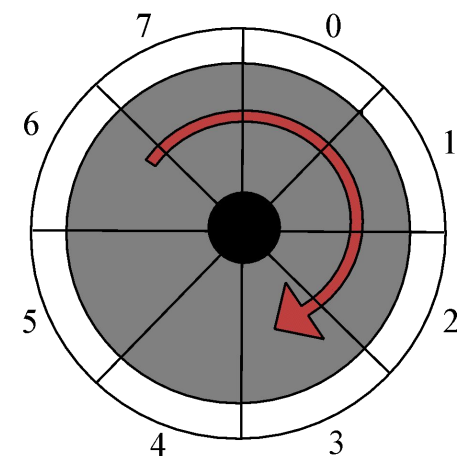
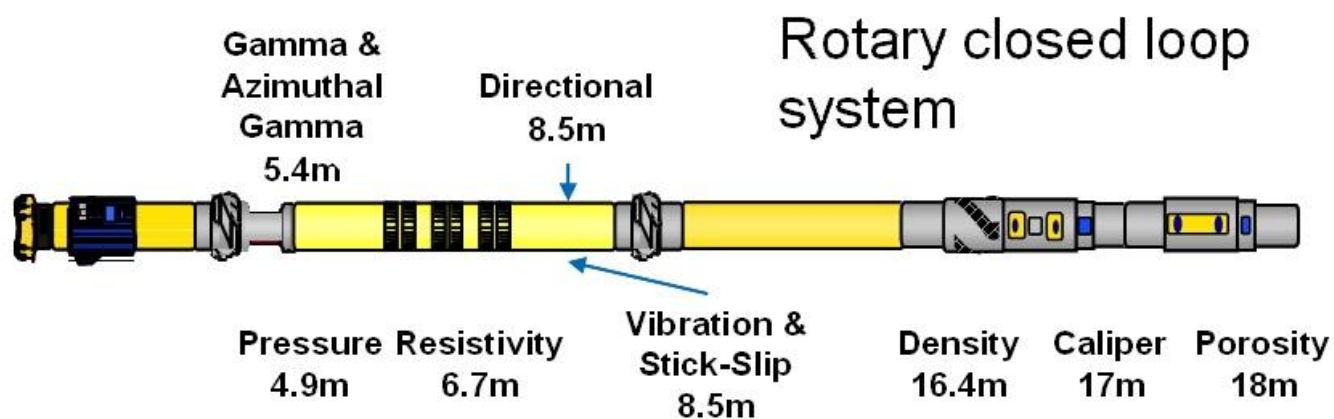
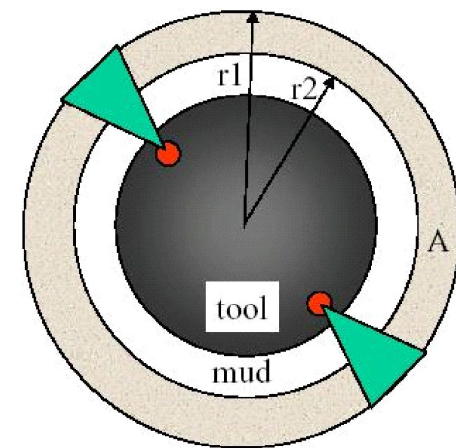
ОнТрак™ система, Базовые измерения

- **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

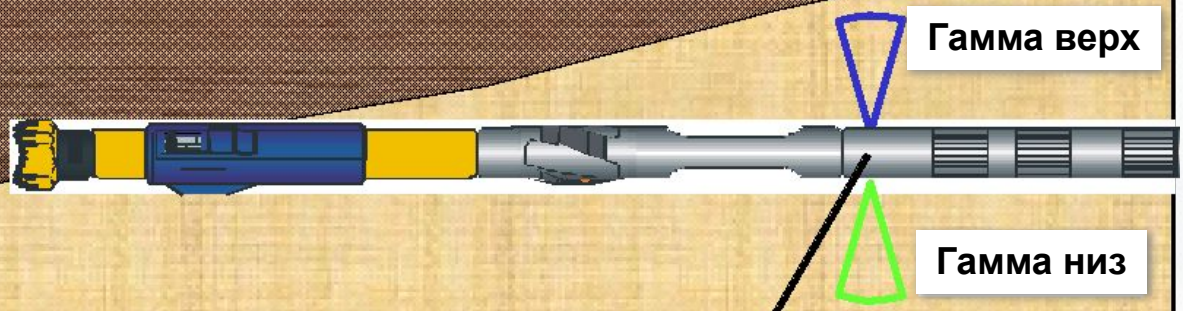
- Измерение естественной радиоактивности пород
- **2 детектора** – достаточные данные и лучшая статистическая повторяемость
- **8 секторов** имиджа в памяти прибора
- Передача верха/низа/лева/права в процессе бурения
- Возможность записи и передачи азимутальных данных при скорости **вращения до 400 об/мин**



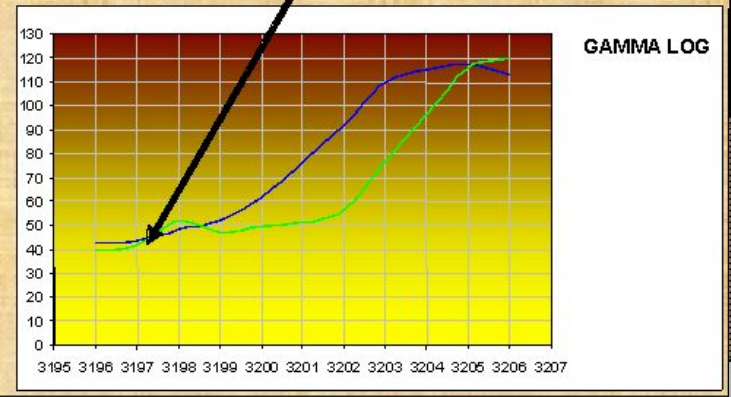
ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

Глина

Песчаник

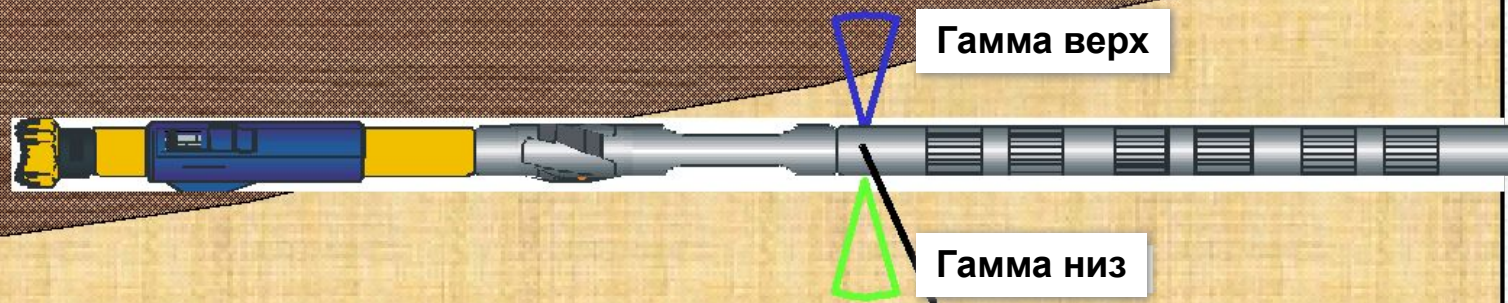


— Гамма каротаж верх
— Гамма каротаж низ



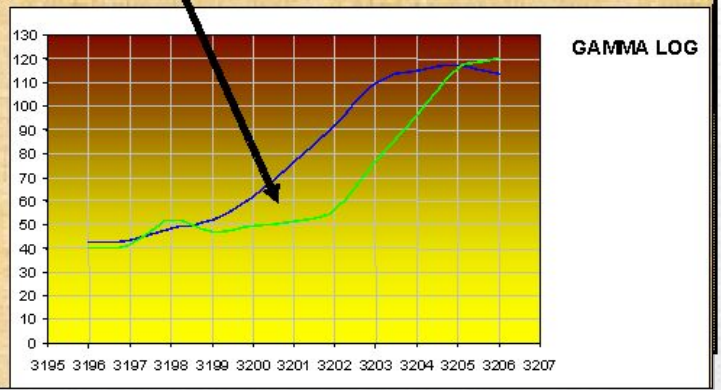
ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

Глина



Песчаник

— Гамма каротаж верх
 — Гамма каротаж низ



ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

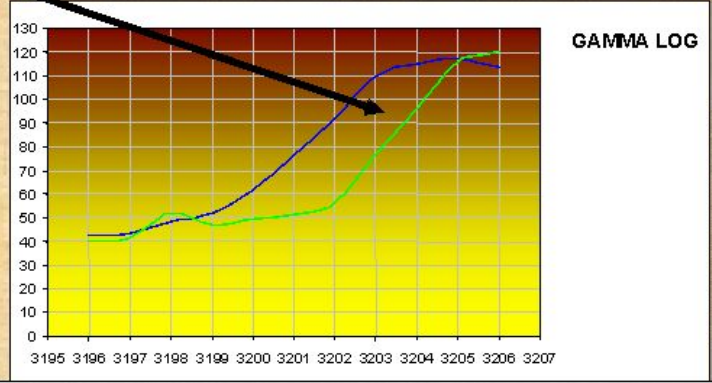
Глина

Гамма верх

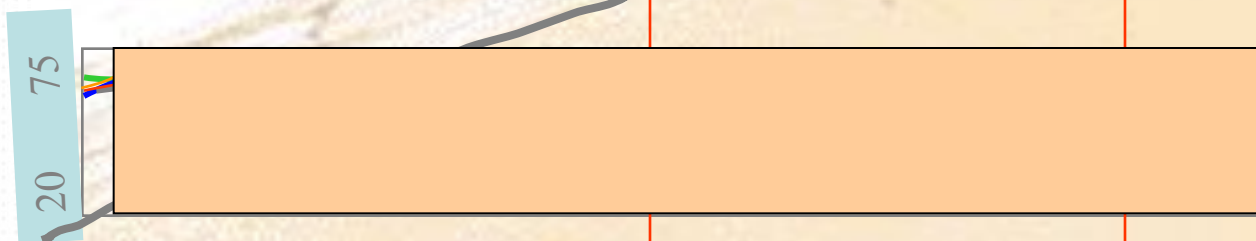
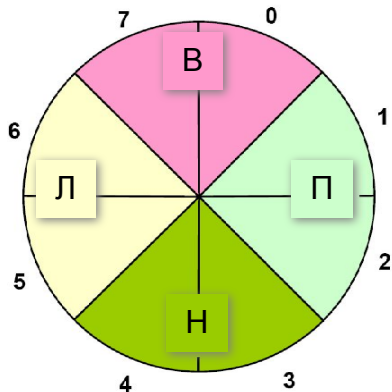
Гамма низ

Песчаник

— Гамма каротаж верх
— Гамма каротаж низ



ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

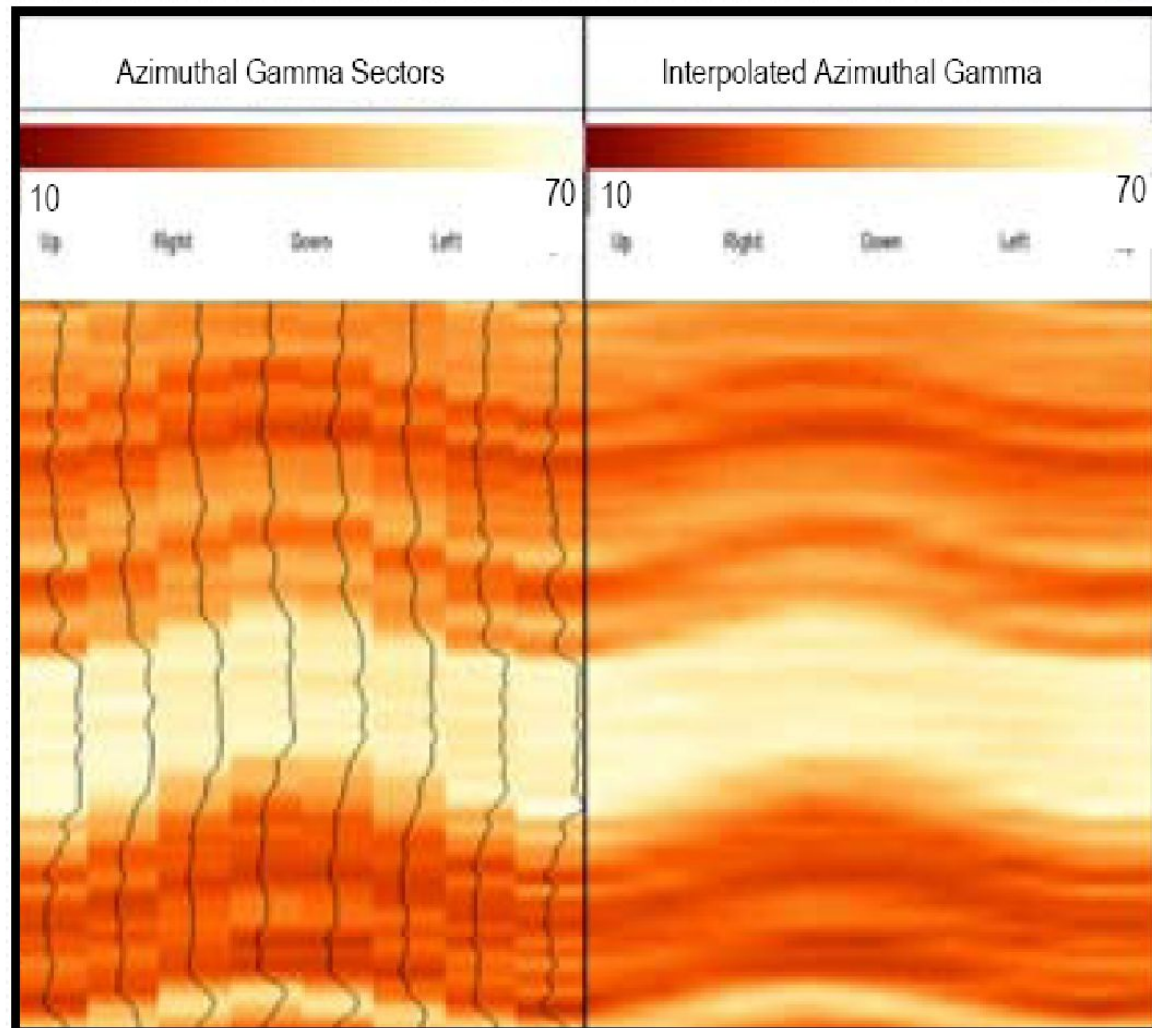


- Низ
- Сектора 2/5
- Сектора 6/1
- Верх
- GRAX

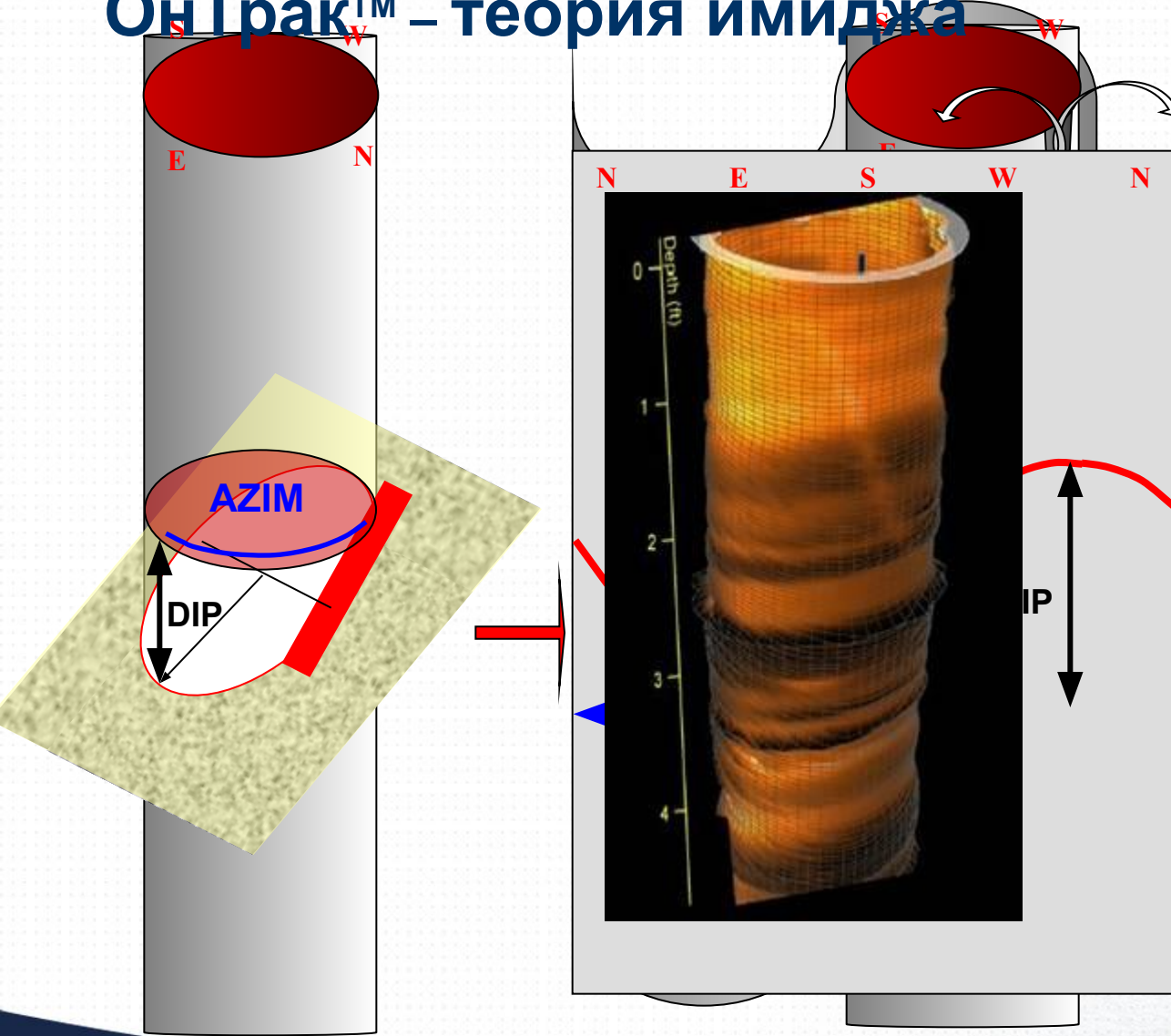
X

ОнТрак™ – Гамма каротаж азимутальный

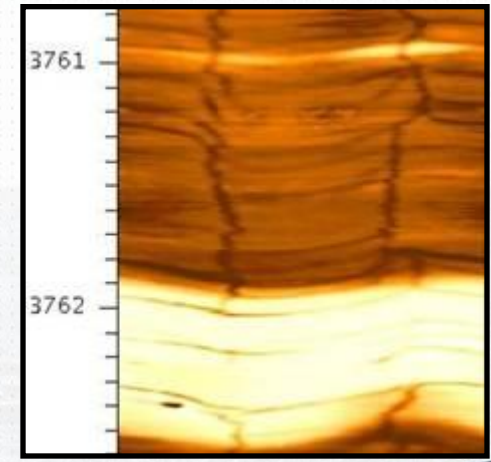
- Азимутальные секторы можно вывести один за другим для создания имиджа
- Для наглядности, имидж из 8 секторов показан на поле справа
- Данные слева – не проинтерполированные, справа - проинтерполированные



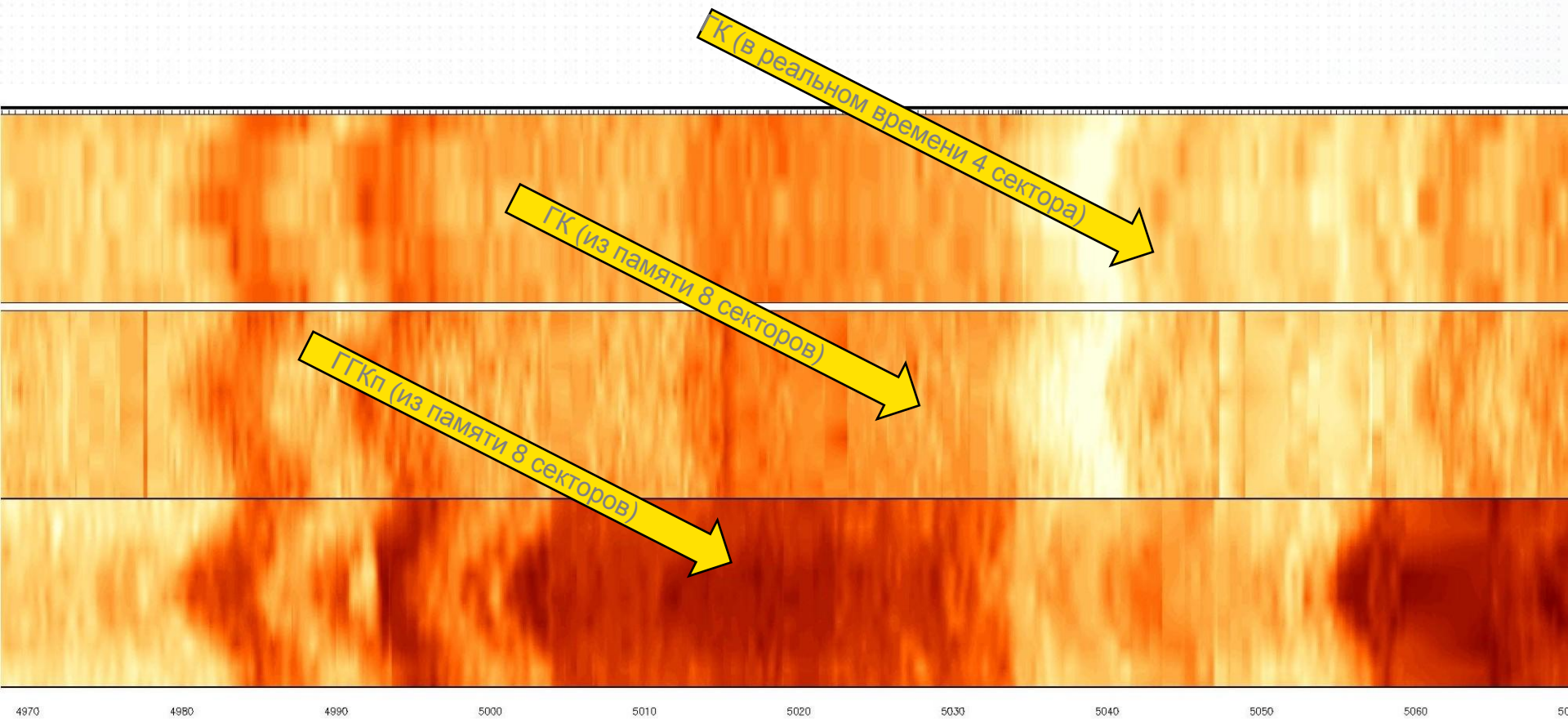
ОнТрак™ – теория имиджа



- Плоская поверхность пересекающая цилиндрический ствол
- цилиндр «разрезается» и разворачивается
- Поверхность видна как синусоида
- Положение в пространстве 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

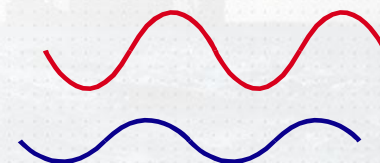
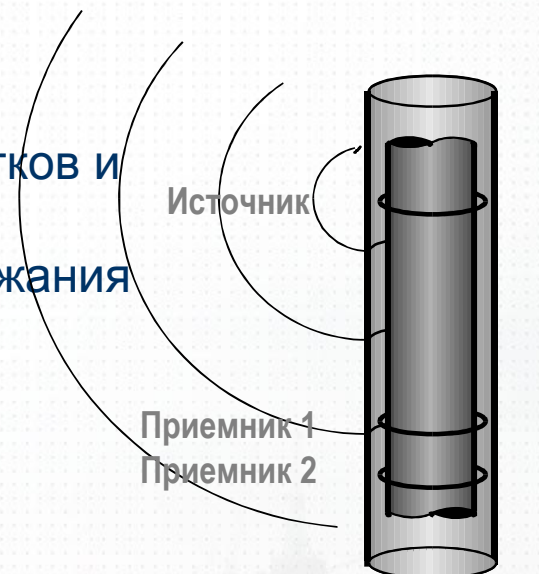
МВЭК (MPR) – Многочастотный волновой электрический каротаж это:

Две рабочие частоты:

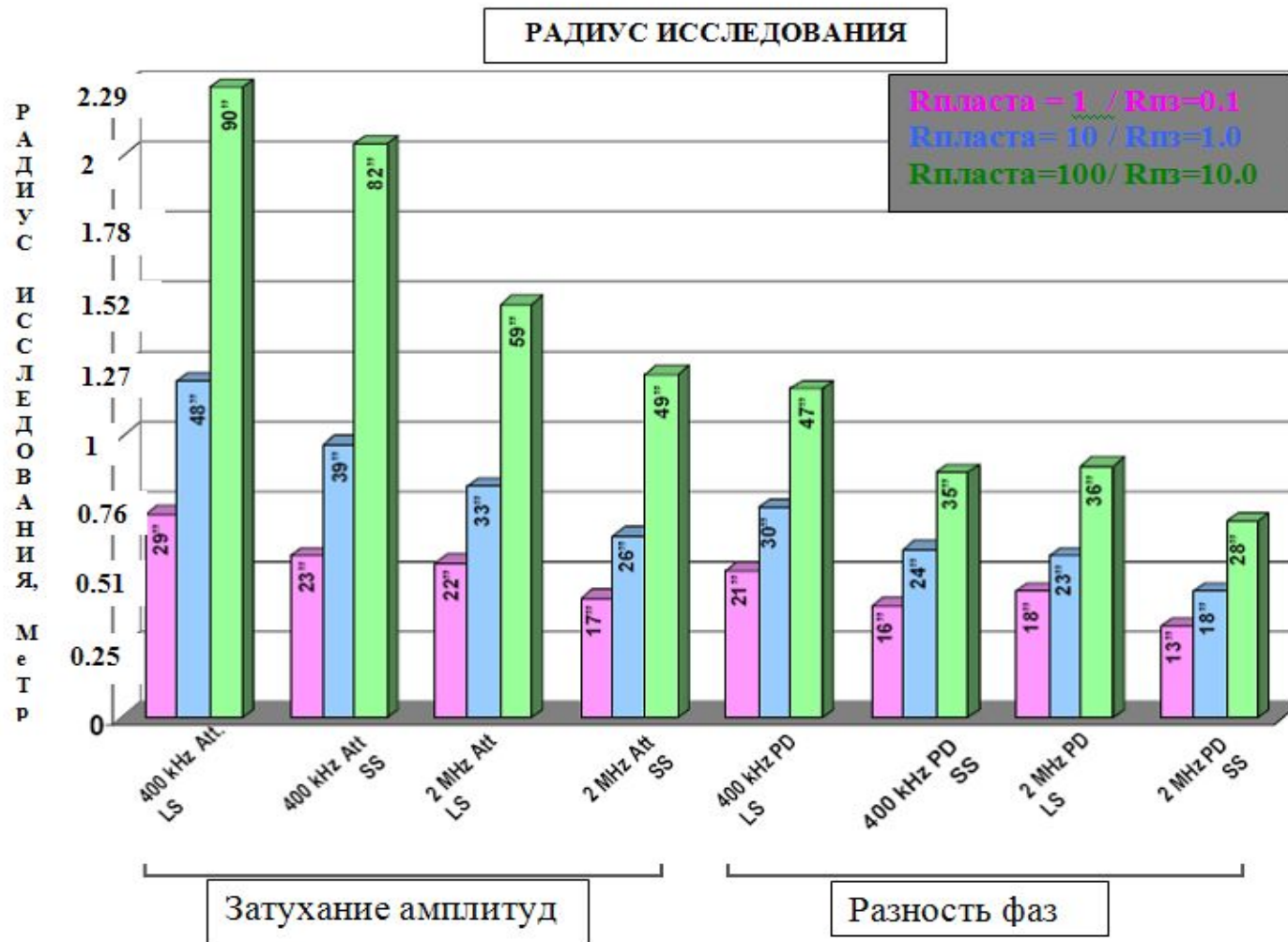
- 2МГц; более точное определение тонких пропластков и границ пластов
- 400кГц; Глубокий радиус проникновения для удержания траектории ствола скважины в пласте

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



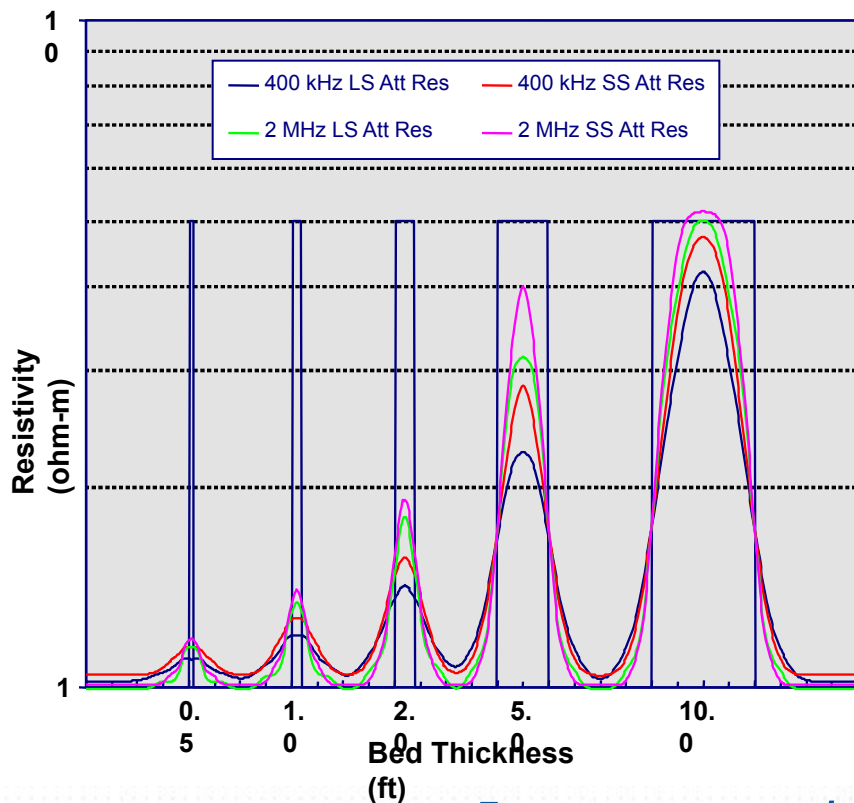
ОнТрак™ – Каротаж УЭС



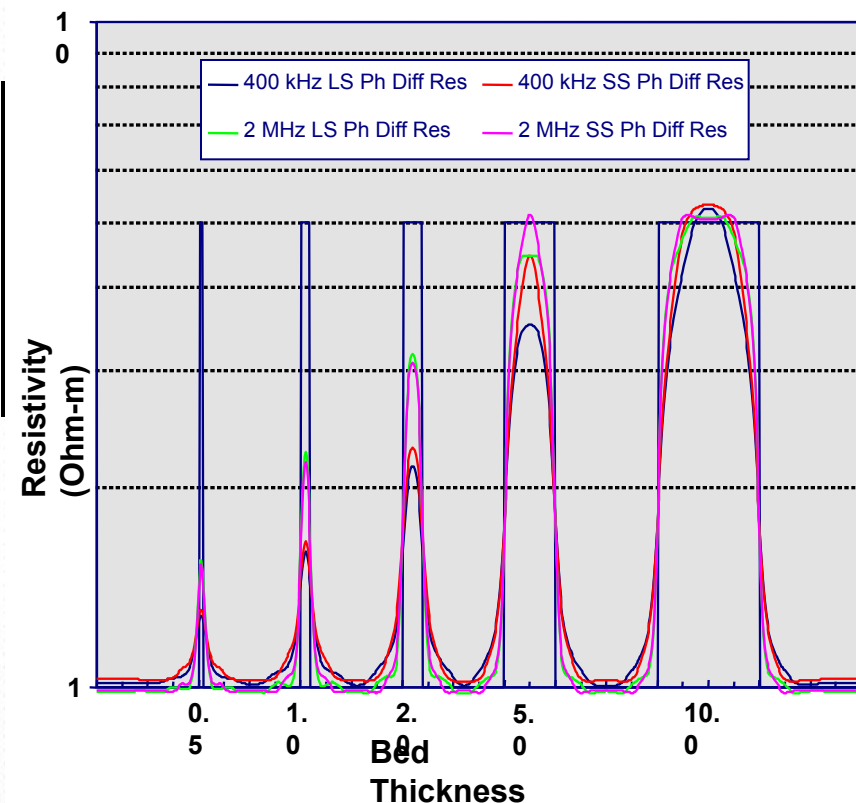
ОнТрак™ – Каротаж УЭС

Вертикальная разрешающая способность

Затухание амплитуды



Разность фаз



5 омм пласты / 1 омм вмещающие породы

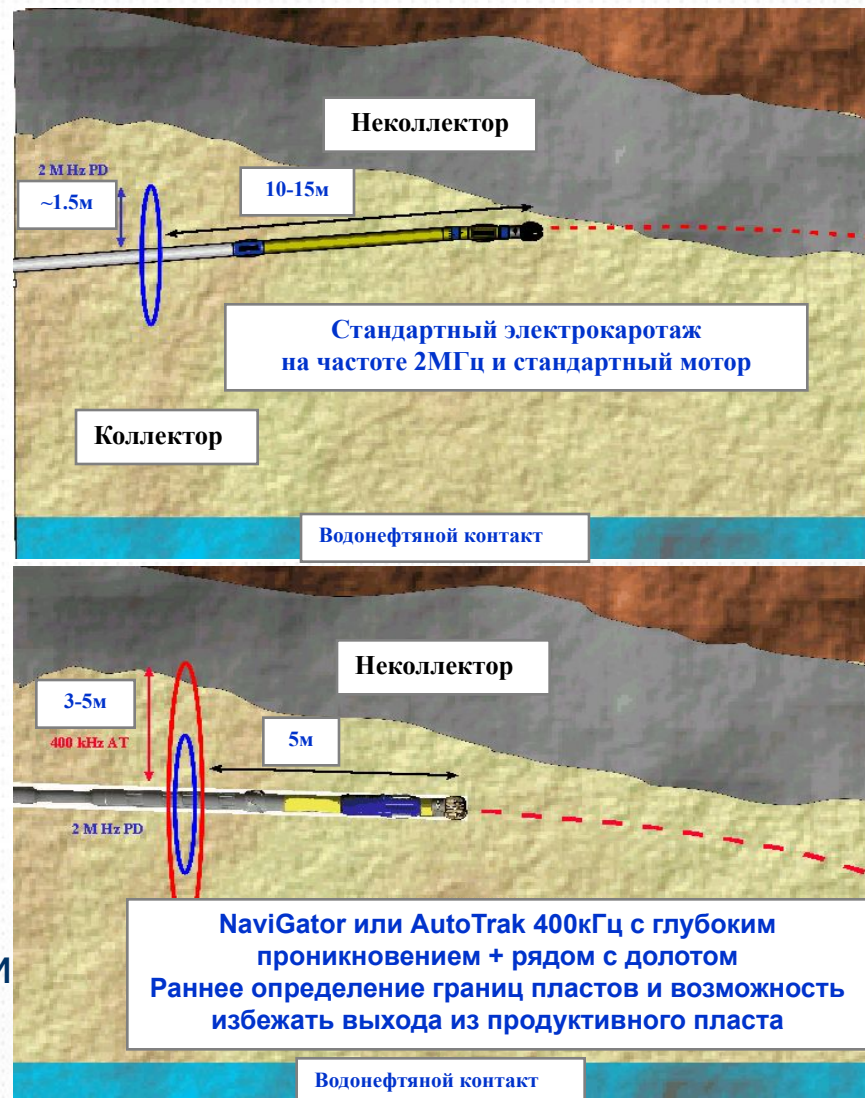
ОнТрак™ – УЭС – применение

МВЭК за мотором

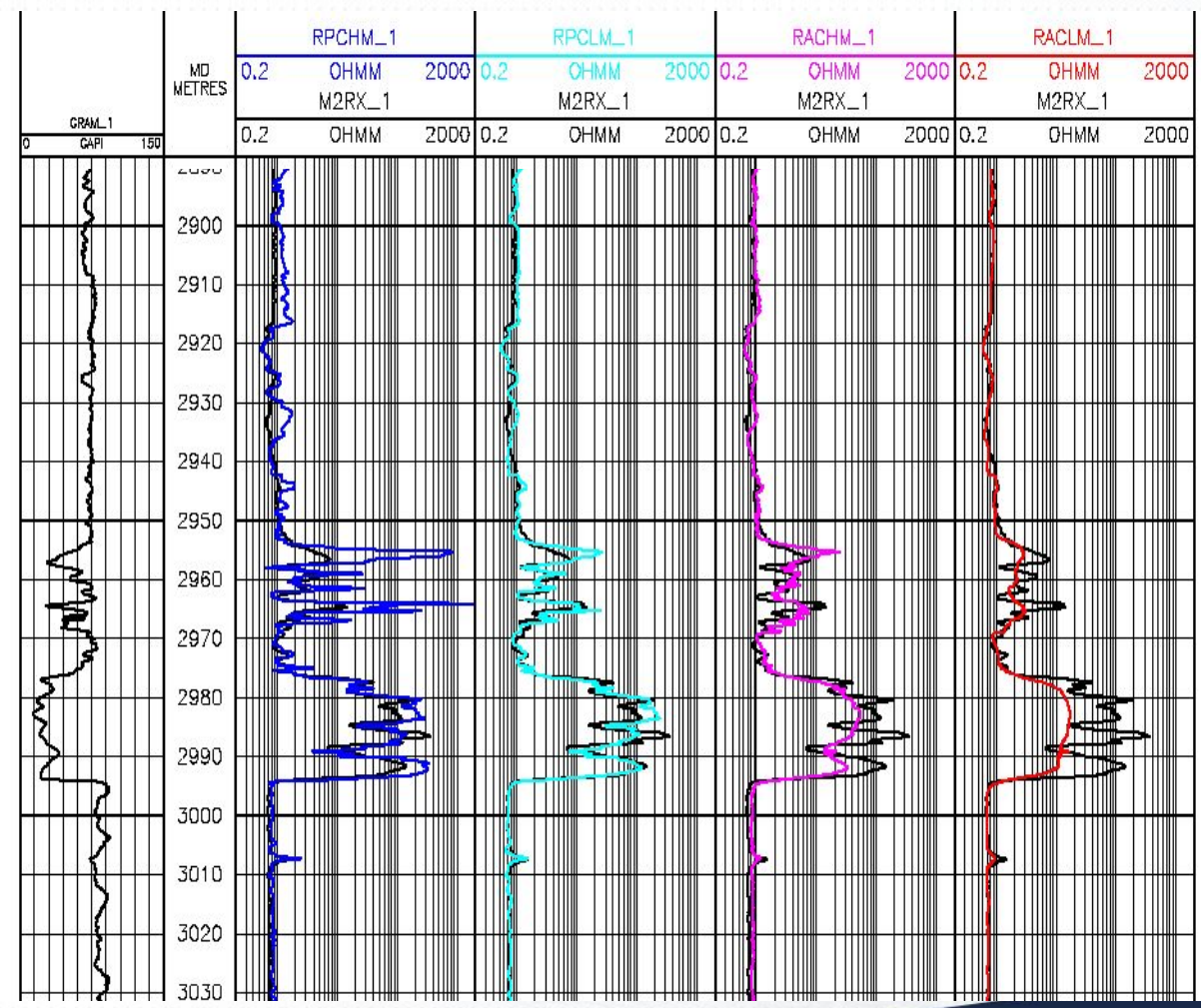
- По мере увеличения зоны исследования, расстояние от долота становится менее важным

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

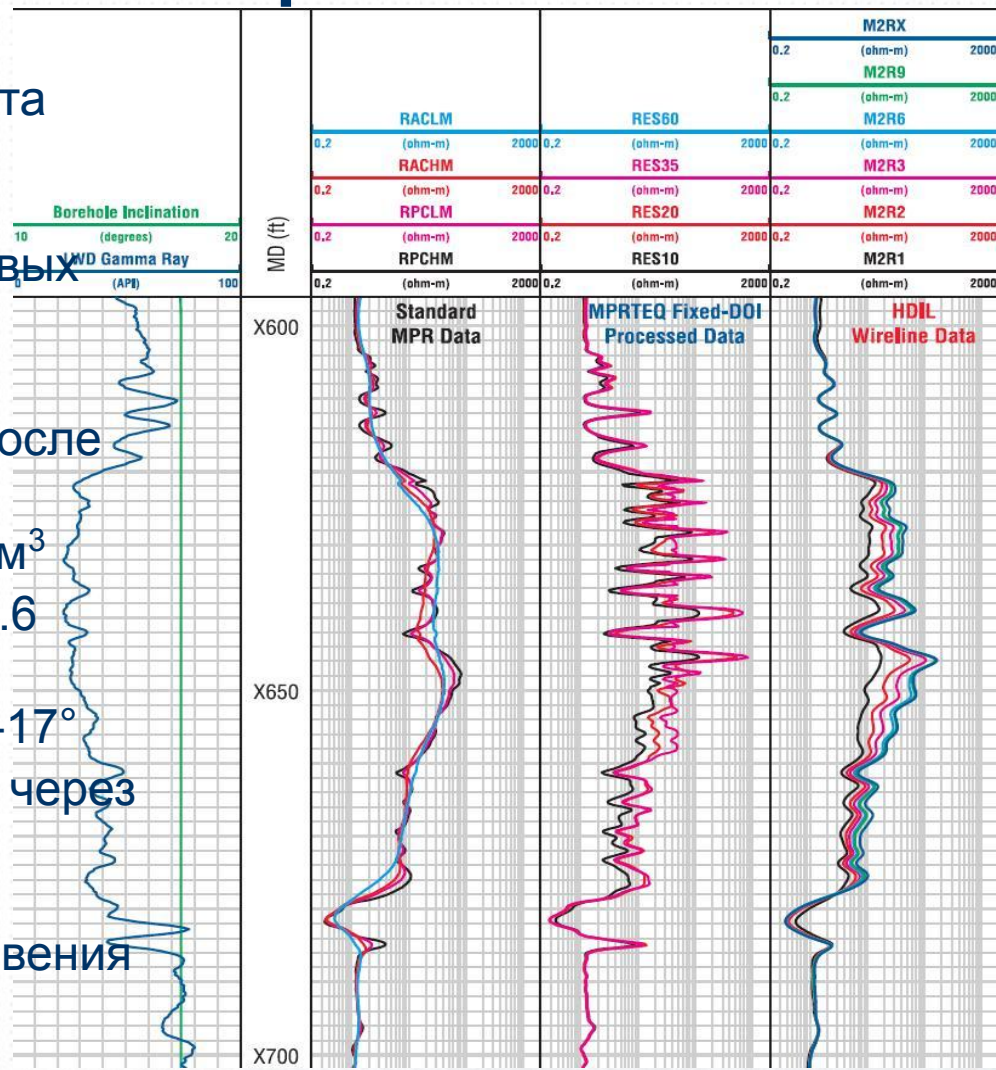


ОнТрак™ – УЭС – сравнение с кабельным

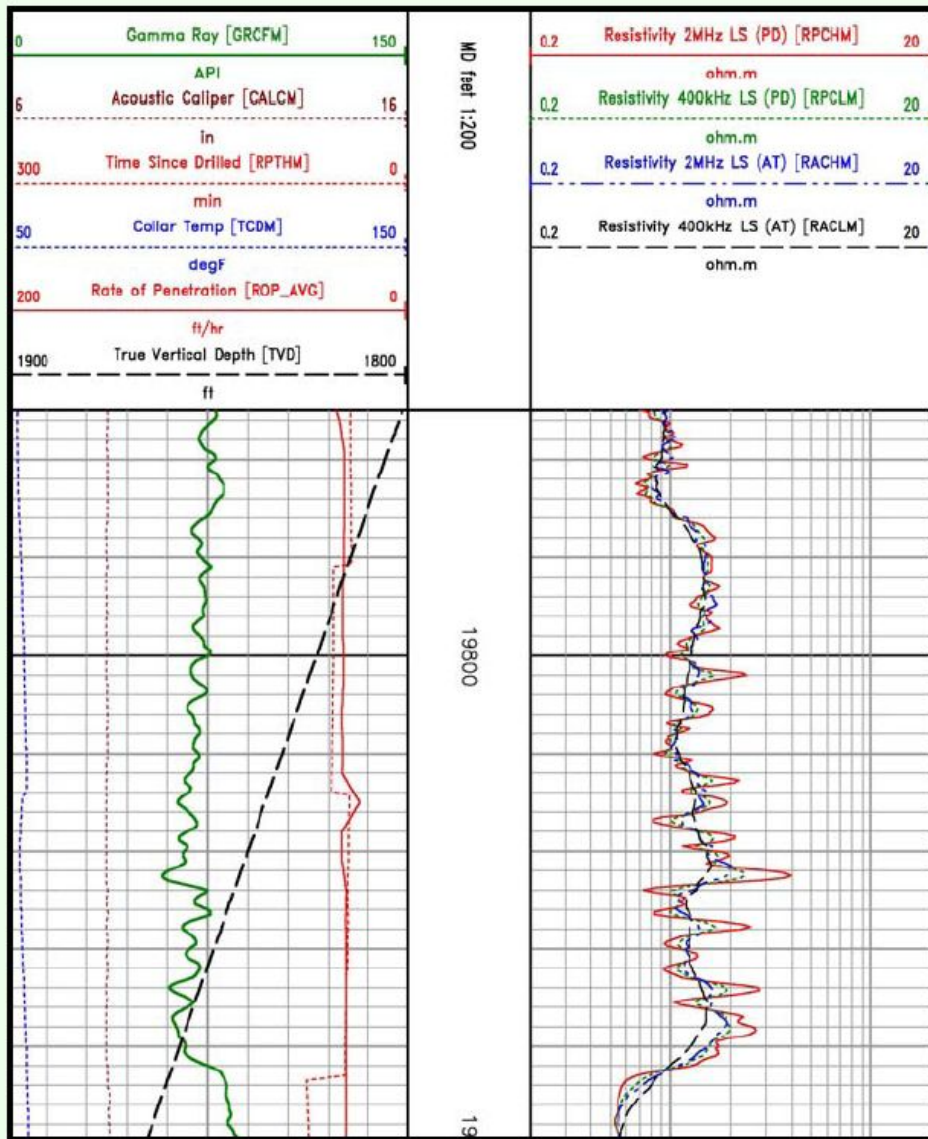


ОнТрак™ – УЭС – MPRTEQ обработка

- Оценка проникновения фильтра 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/см³
 - сопротивление раствора = 0.6 Ом
 - угол наклона скважины = 12-17°
- Стандартный каротаж проведен через 28 часов после MPR
 - Подтверждение прогрессирующего проникновения фильтра 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 $\pm 0.25\%$ 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



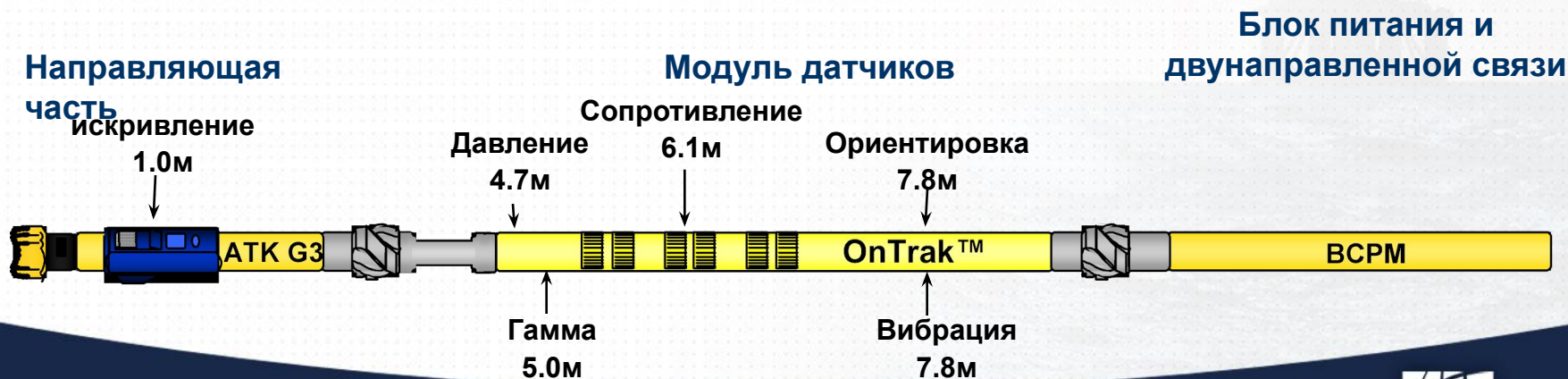
Vibration

Stick

Slip

ОнТрак™ система - Базовые измерения

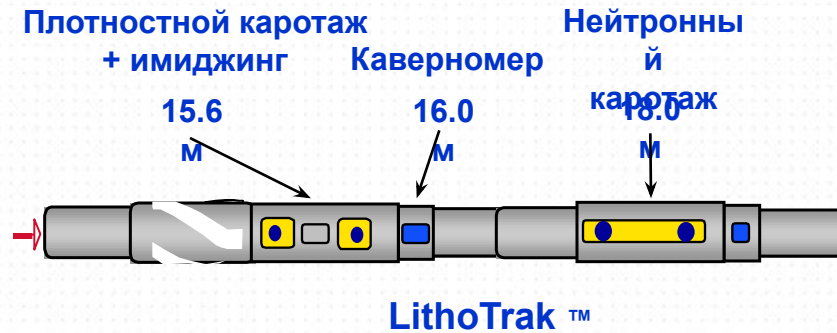
- **Направление**
 - азимут
- **Многочастотный Волновой Электрический Каротаж (МВЭК, или MPR)**
 - 2 МГц and 400 кГц, 4 источника and 2 приемника
 - 8 кривых сопротивления
- **Азимутальный Гамма-каротаж 2мя датчиками**
- **Затрубное и забойное давления**
 - Специальная батарейка для измерений при отсутствии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



LithoTrak™

Advanced LWD Porosity

ЛитоТрак™ – каротаж пористости



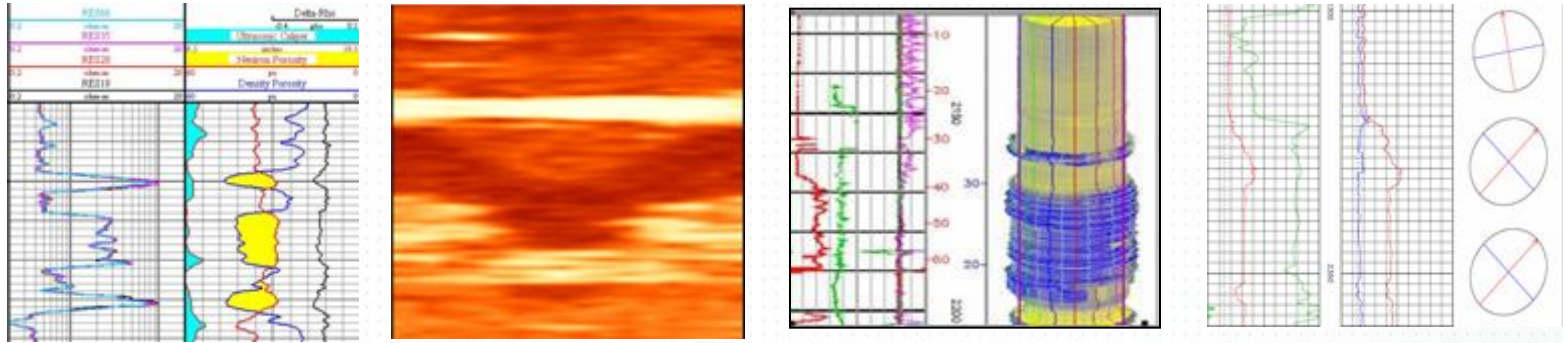
Плотность ГГКп



Нейтронный НККт



ЛитоТрак™ – каротаж пористости



Пористость	Имидж	Каверномер	Применение
------------	-------	------------	------------

Точная пористость
Индикатор газа
Показатель литологии

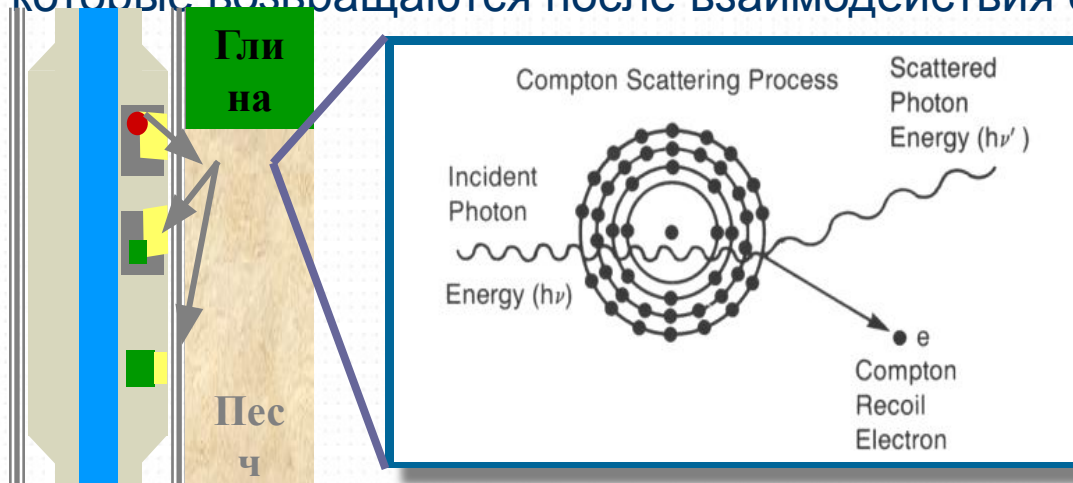
Структура (углы наклона)
Корреляция с опорными скв
Определение положения в коллекторе

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 электронной плотности породы
- Электронная плотность (ρ_e) очень близка по значению общей плотности (ρ_b) и легко в нее пересчитывается

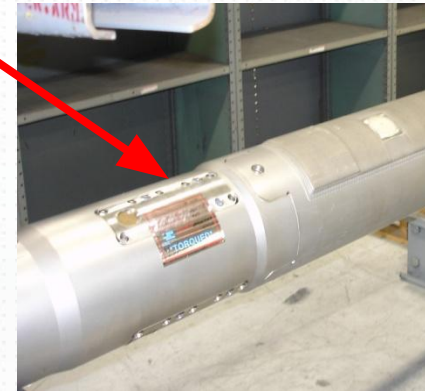
ЛитоТрак™ – физика измерений

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

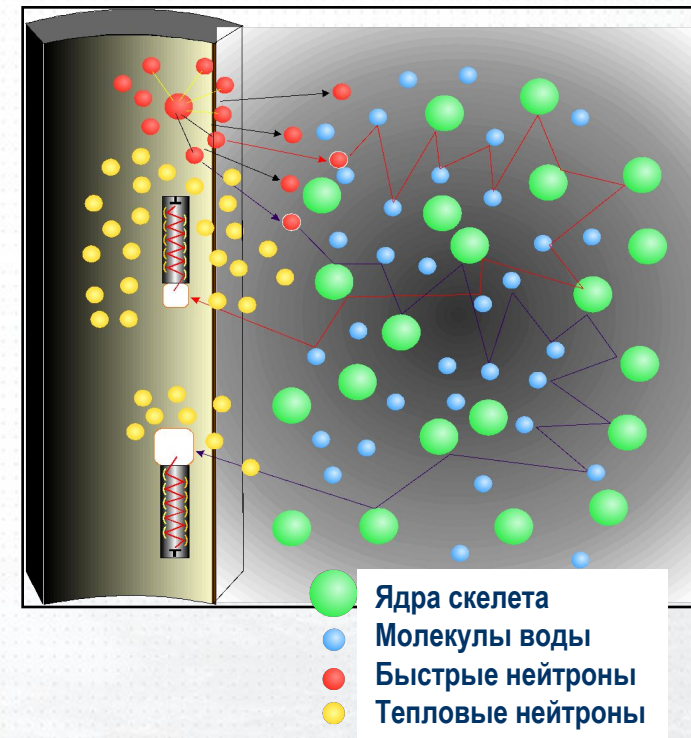
Фотоэлектрическое поперечное сечение (Pe) связано с ЛИТОЛОГИЕЙ.

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

- 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

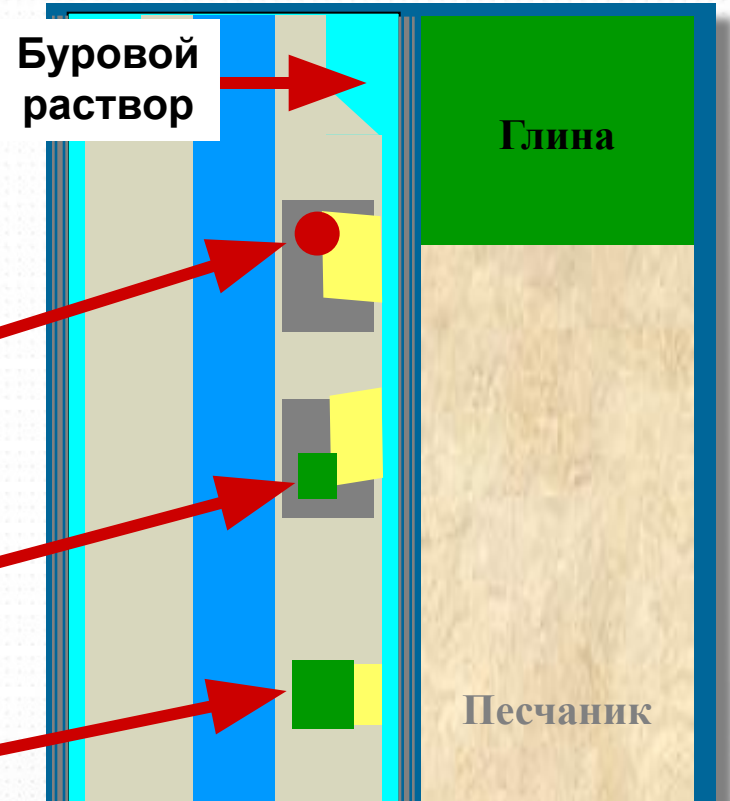


ЛитоТрак™ – условия записи

Каротаж на кабеле



В процессе бурения

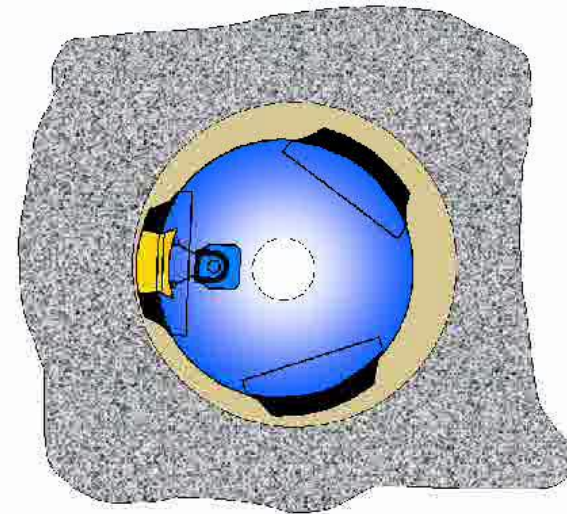
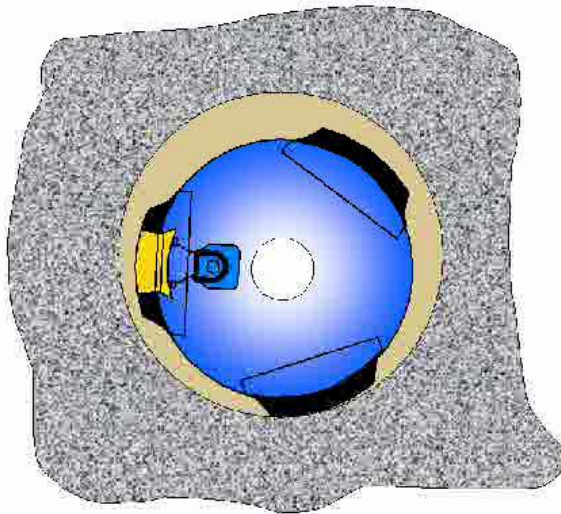


Каротаж на кабеле требует поправки за глинистую корку
Каротаж в процессе бурения – за буровой раствор

ЛитоТрак™ – условия записи

Горизонтальная скважина

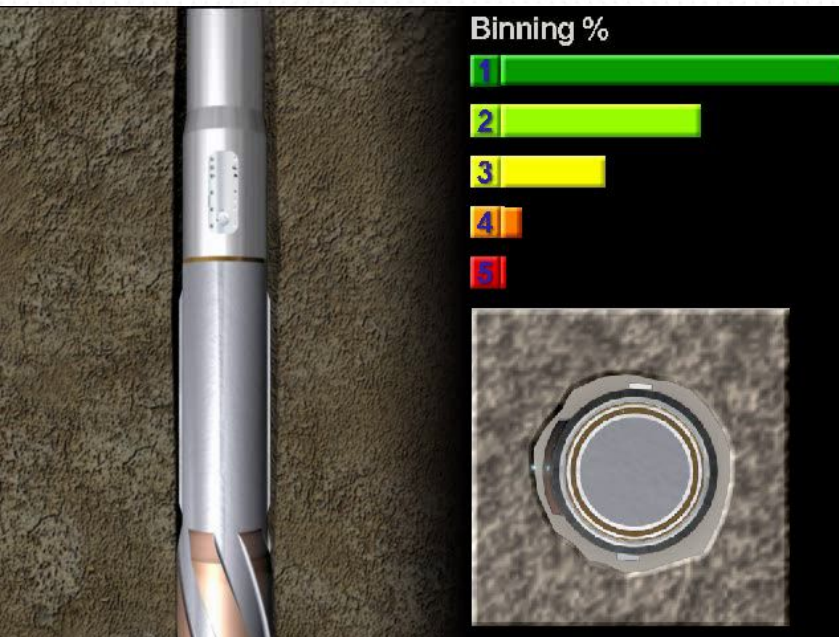
Вертикальная скважина



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

Разбивка на бины

ЛитоТрак™ – разбивка на бины



Разбивка на бины это собственный метод компании для сбора и записи 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.

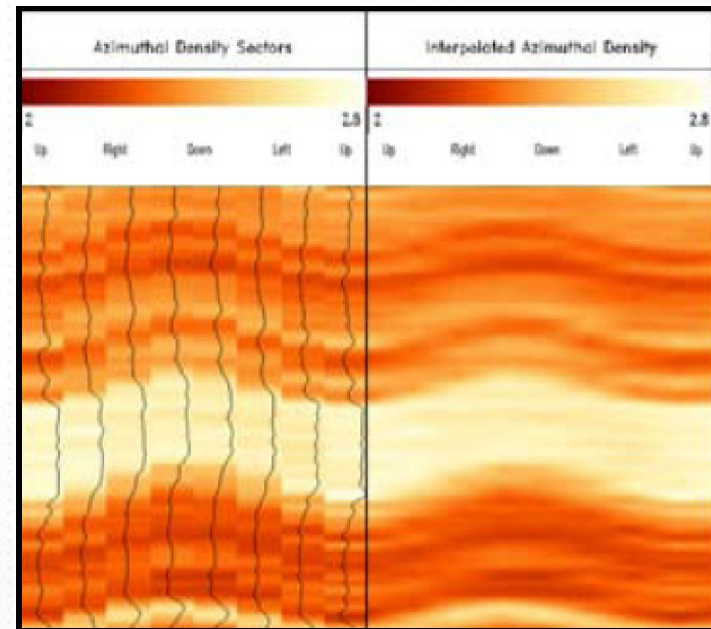
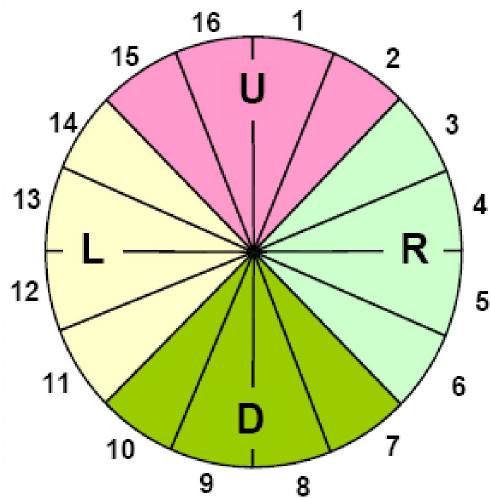
- **Бин 1:** $SO < 1/4''$
- **Бин 2:** $1/4'' < SO < 1/2''$
- **Бин 3:** $1/2'' < SO < 3/4''$
- **Бин 4:** $3/4'' < SO < 1''$
- **Бин 5:** $SO > 1''$
- **Бин 6:** нет сигнала

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.

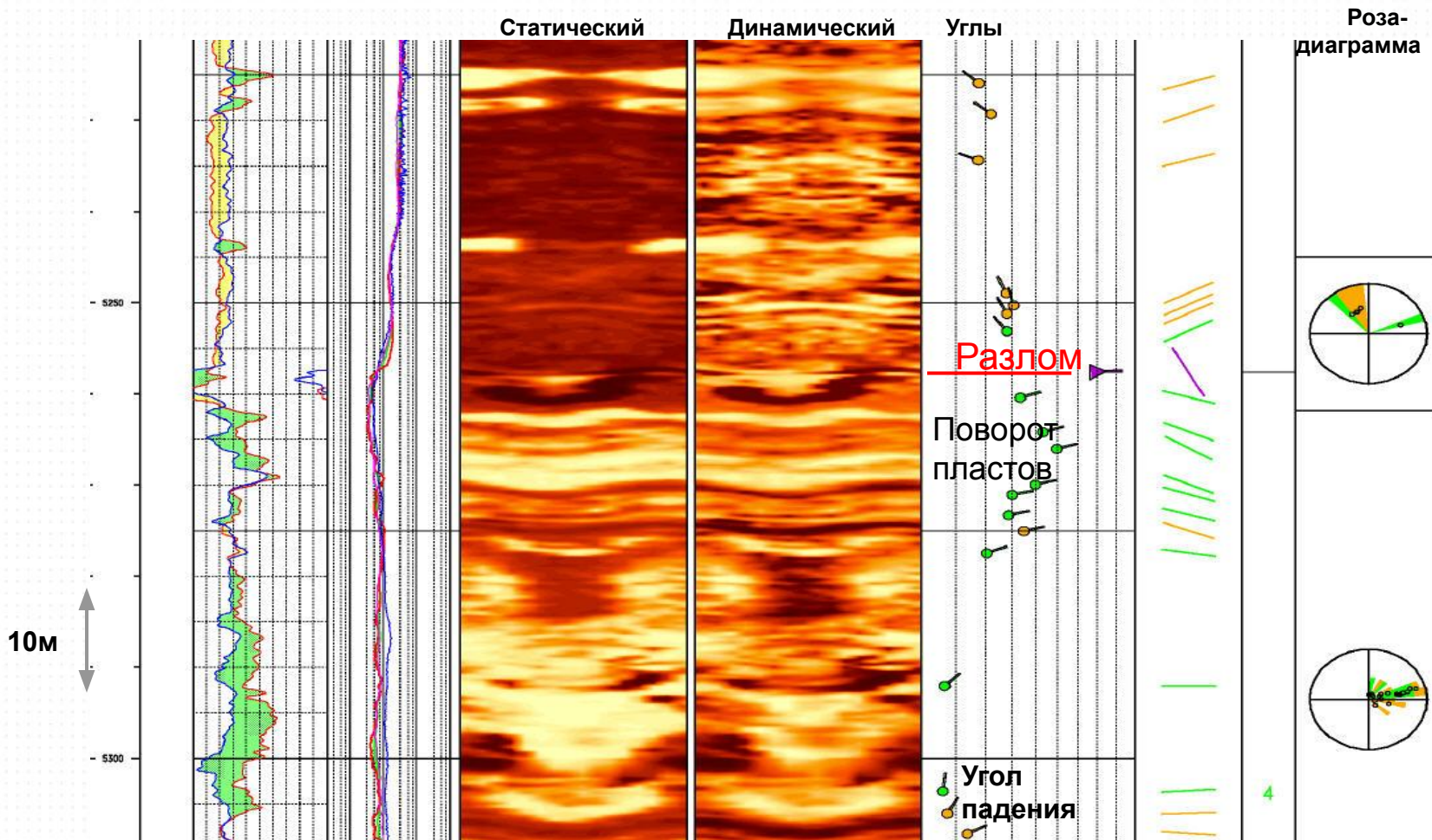
Секторы ориентированы относительно верха прибора за счет угла наклона и азимута полученных с MWD платформы (OnTrak/NaviTrak).



ЛитоТрак™ – анализ имиджа

- **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

- **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

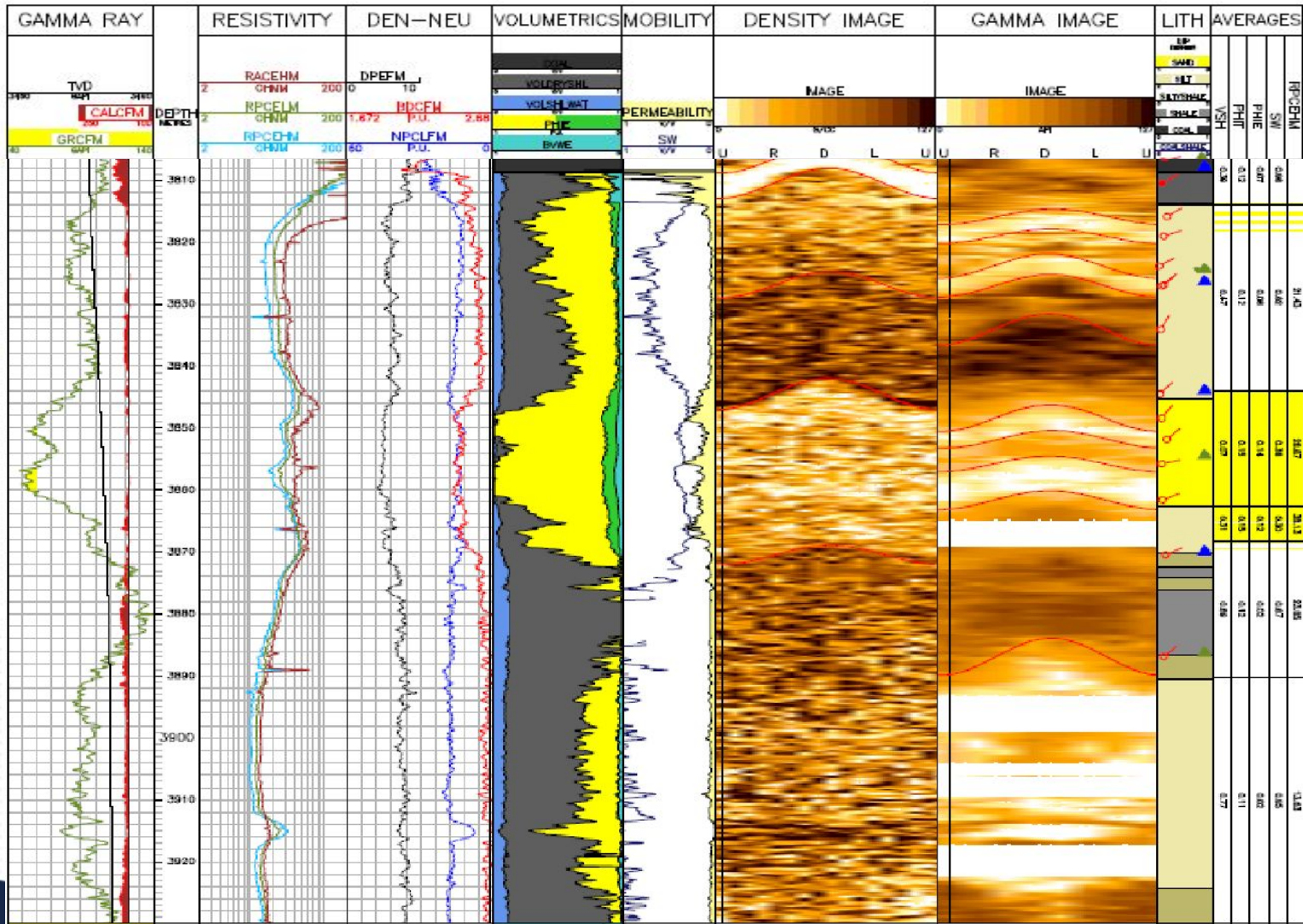
Интегрированная КНБК TripleCombo® включает:

- 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



Вопросы?