



ООО "ГАЗПРОМНЕФТЬ-НТЦ"



СПЕКТРАЛЬНАЯ
ДЕКОМПОЗИЦИЯ – КЛЮЧ К
ДЕТАЛЬНОМУ ПОНИМАНИЮ
СТРОЕНИЯ ПЛАСТА

Буторин Александр Васильевич
Ведущий специалист ООО «Газпромнефть-НТЦ»
Butorin.AV@gazpromneft-ntc.ru

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Теоретические основы спектральной декомпозиции
3. Сравнение результатов
4. Практическое применение



Актуальность исследования:

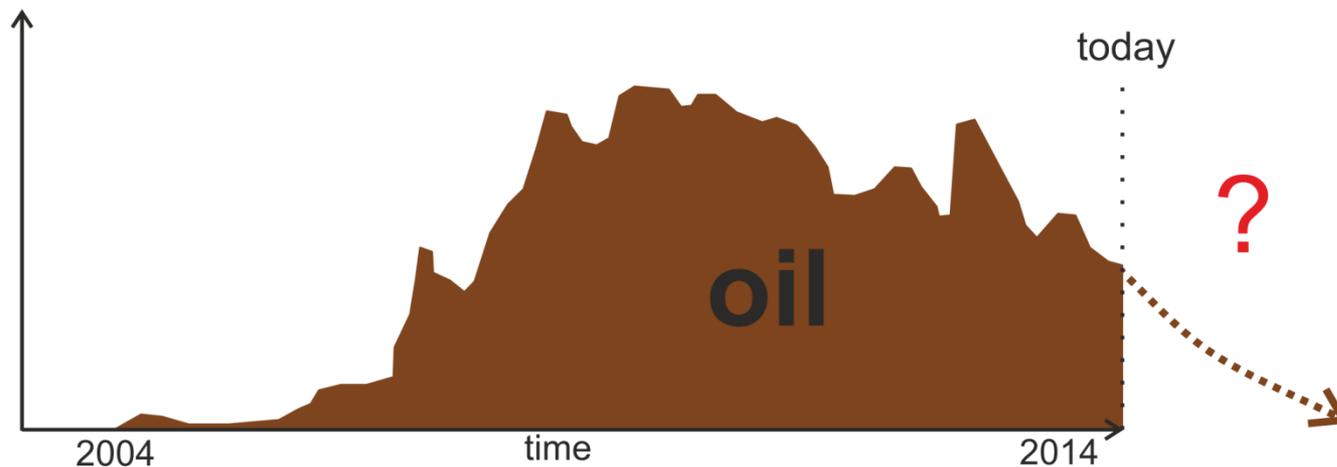
- сложное строение пластов;
- отсутствие адекватной геологической модели;



Высокие риски при бурении!

Цели исследования:

- определение внутреннего строения продуктивных пластов;
- поиск наиболее перспективных участков под эксплуатационное бурение.



Спектральная декомпозиция (СД) – разложение волнового поля на частотные составляющие.



$$X_k \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot e^{-i2\pi kn/N}$$

С физической точки зрения преобразование Фурье по временной выборке (трассе) – разложение в ряд гармонических колебаний, каждое из которых характеризуется собственной амплитудой и фазой. Т.е. на выходе прямого преобразования Фурье мы имеем АЧХ и ФЧХ временного ряда.

$$C(a,b;f(t),\psi(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt$$

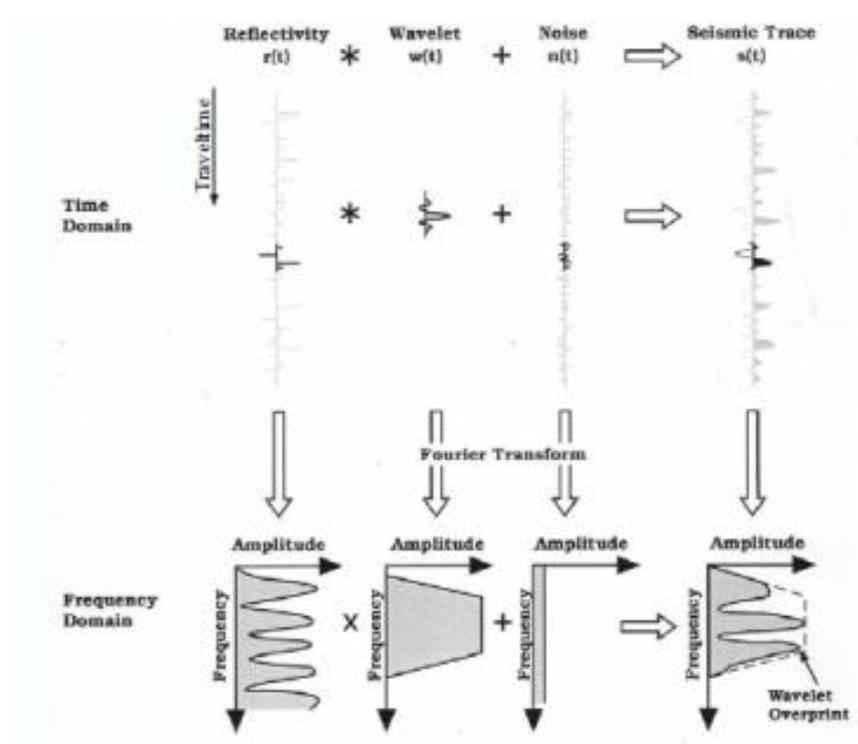
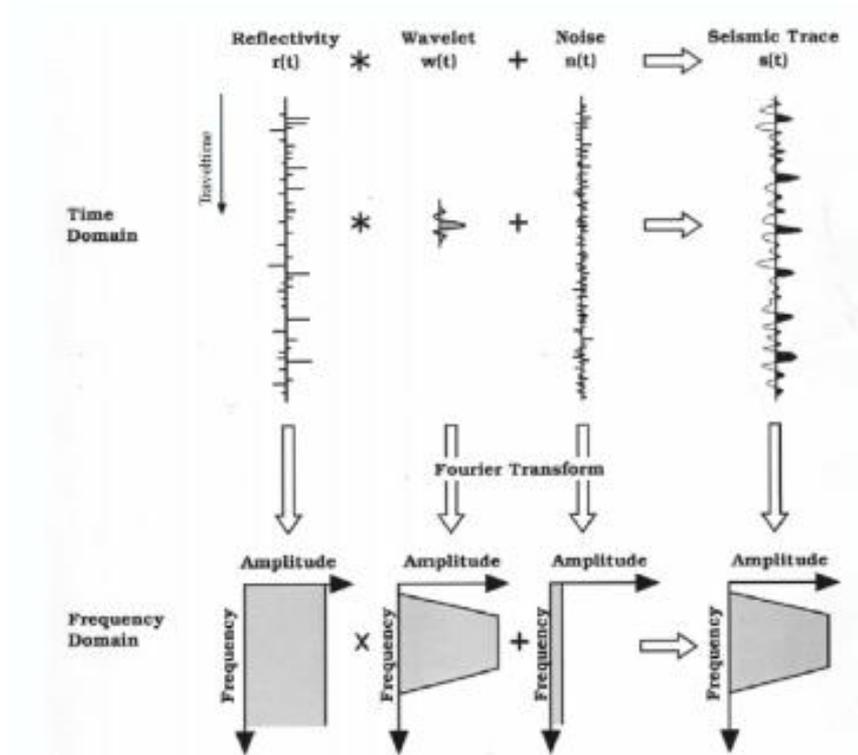
В вейвлет преобразовании (ВП) анализируемая функция – вейвлет $\psi((t-b)/a)$.

В ходе выполнения алгоритма производится сопоставление трассы с масштабированным вейвлетом.

Результатом ВП является коэффициент корреляции зависящий от масштаба (a) и сдвига (b).

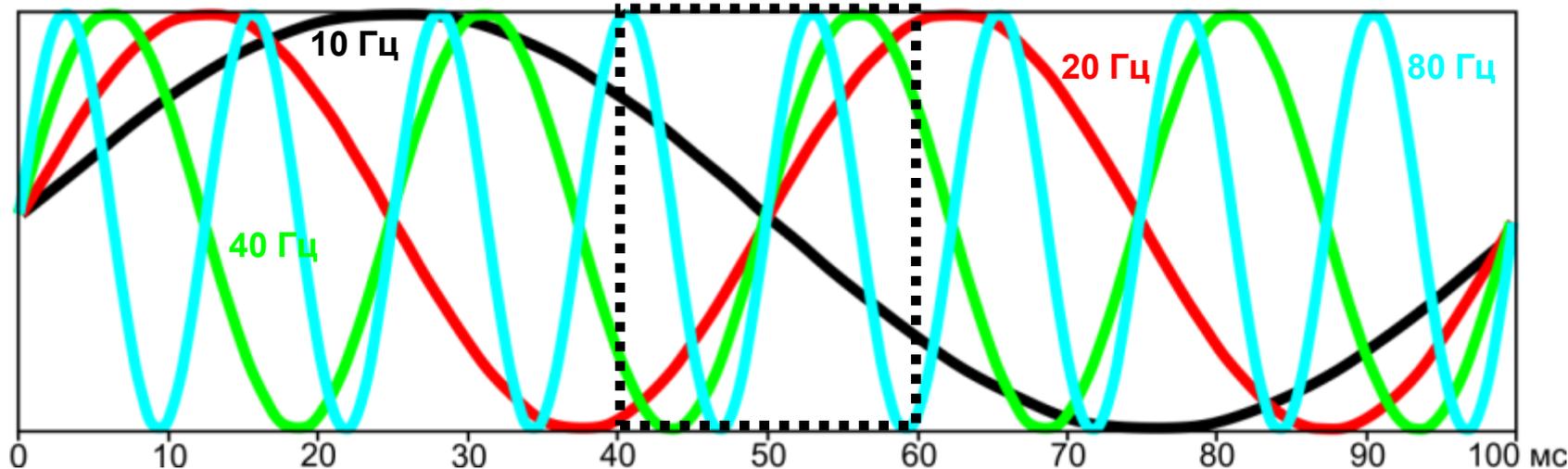
Полный спектр трассы

Локальный спектр трассы



Основная идея: «АЧХ локального участка трассы отражает акустические свойства среды»

* "Interpretational applications of spectral decomposition in reservoir characterization", G. Partyka



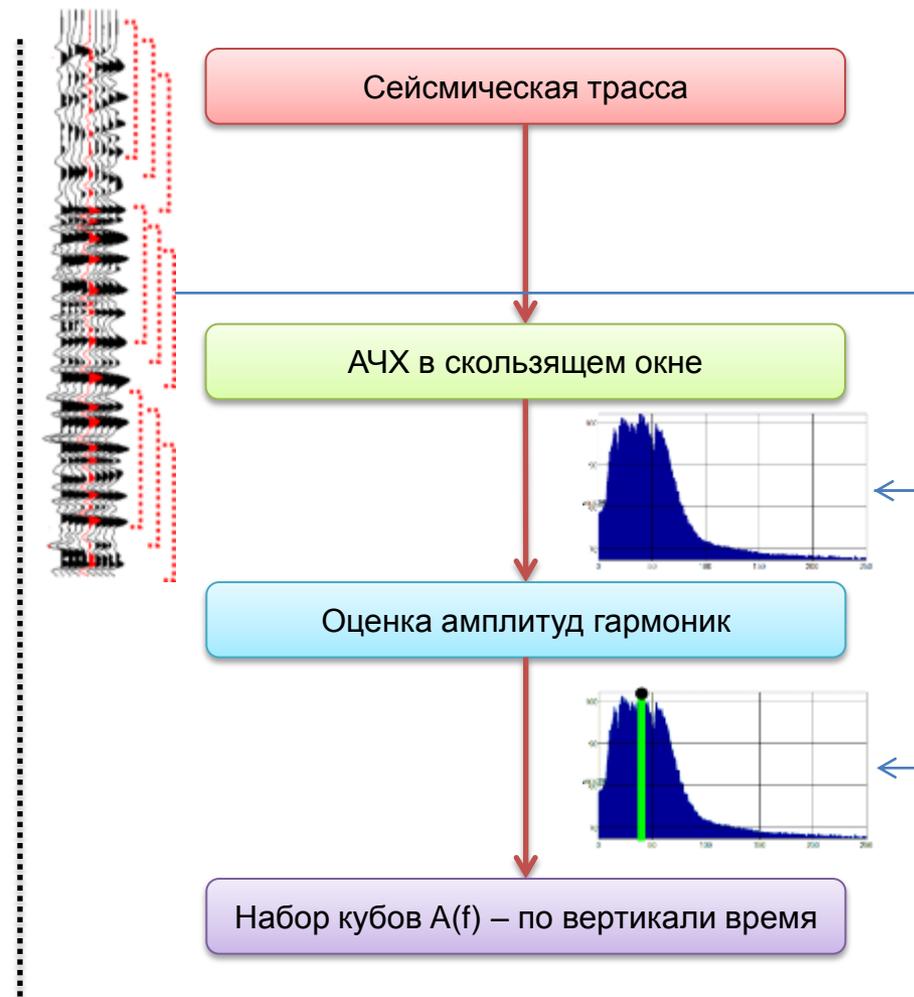
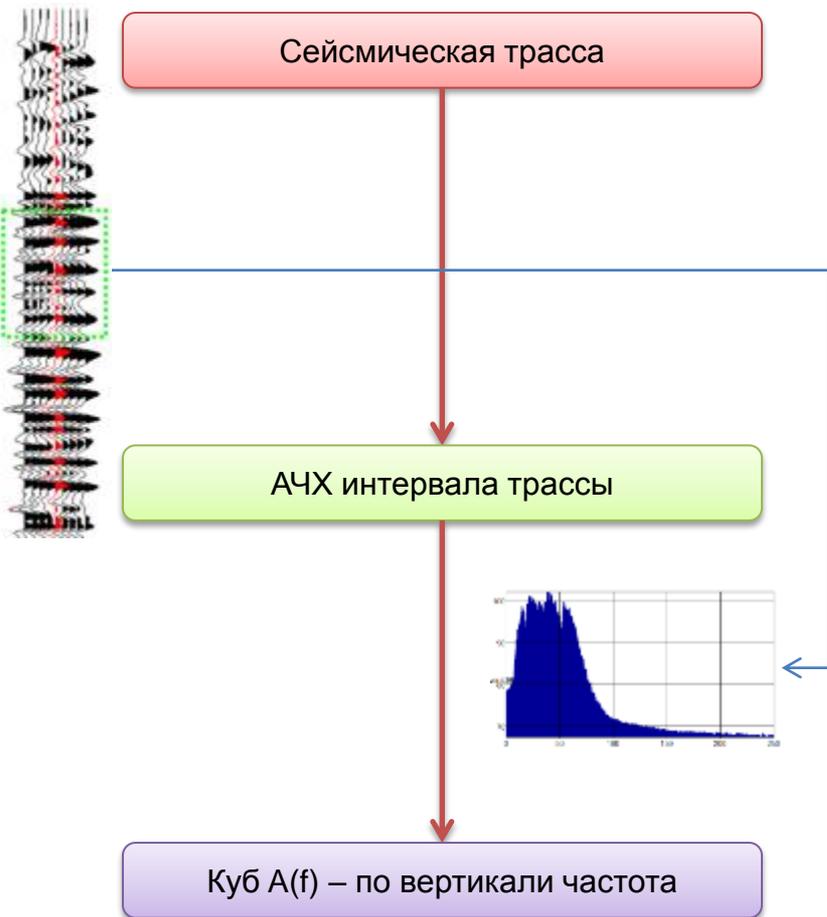
Для корректной оценки амплитуды гармоники окно анализа должно быть сопоставимо с ее периодом:
Для 10 Гц – период колебаний – 100 мс, 20 Гц – 50 мс, 40 Гц – 25 мс и т.д.

- Нельзя корректно оценить низкую частоту в коротком окне!
- Чем шире окно, тем меньше детальность!

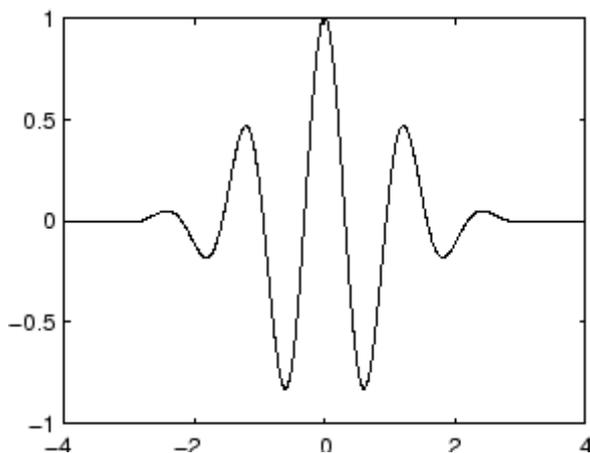
Основной недостаток – зависимость результата от размеров окна анализа!

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ

Алгоритм:



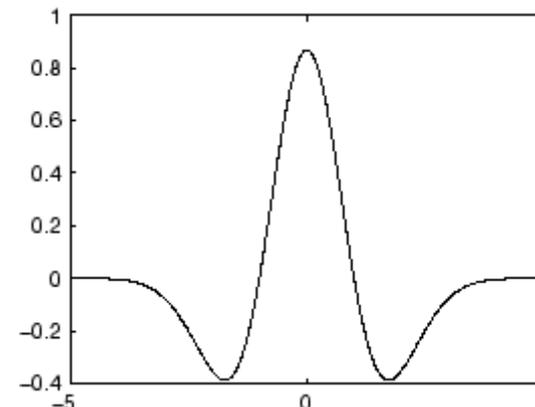
В используемом ПО стандартная библиотека сигналов предусматривает использование трех типов вейвлета:



Сигнал Морлета



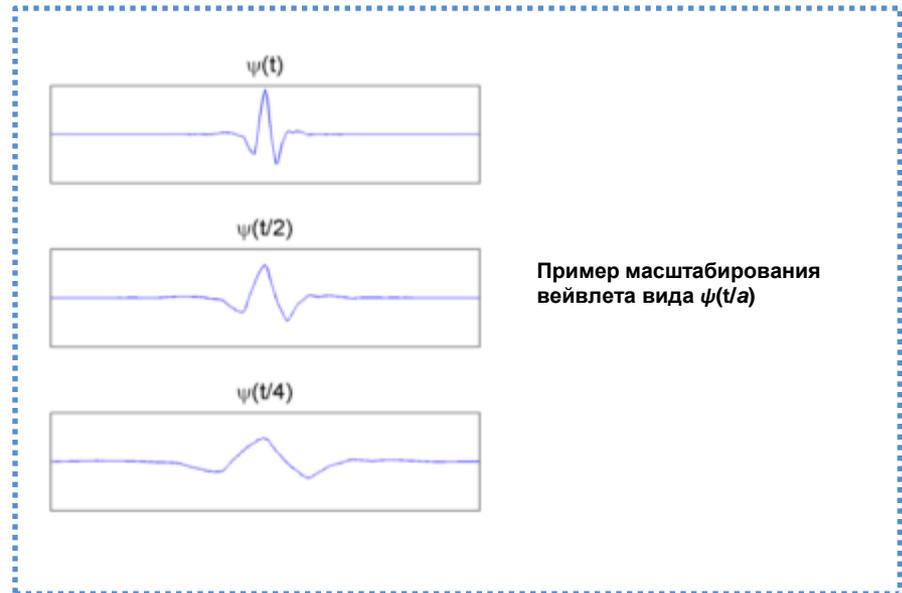
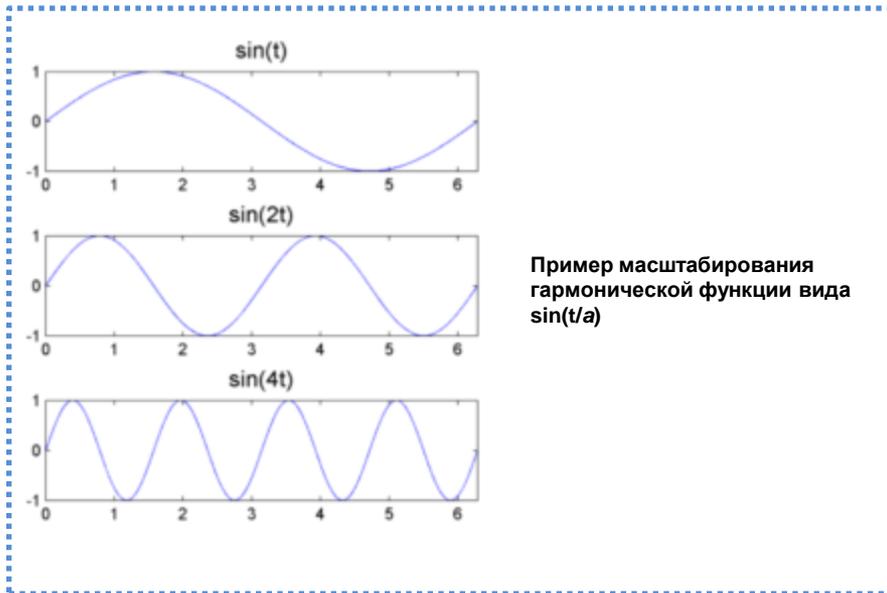
Гауссовский сигнал



Сигнал Рикера

Результат ВП - мера подобия трассы и выбранного вейвлета - полностью определяется выбранным типом сигнала.

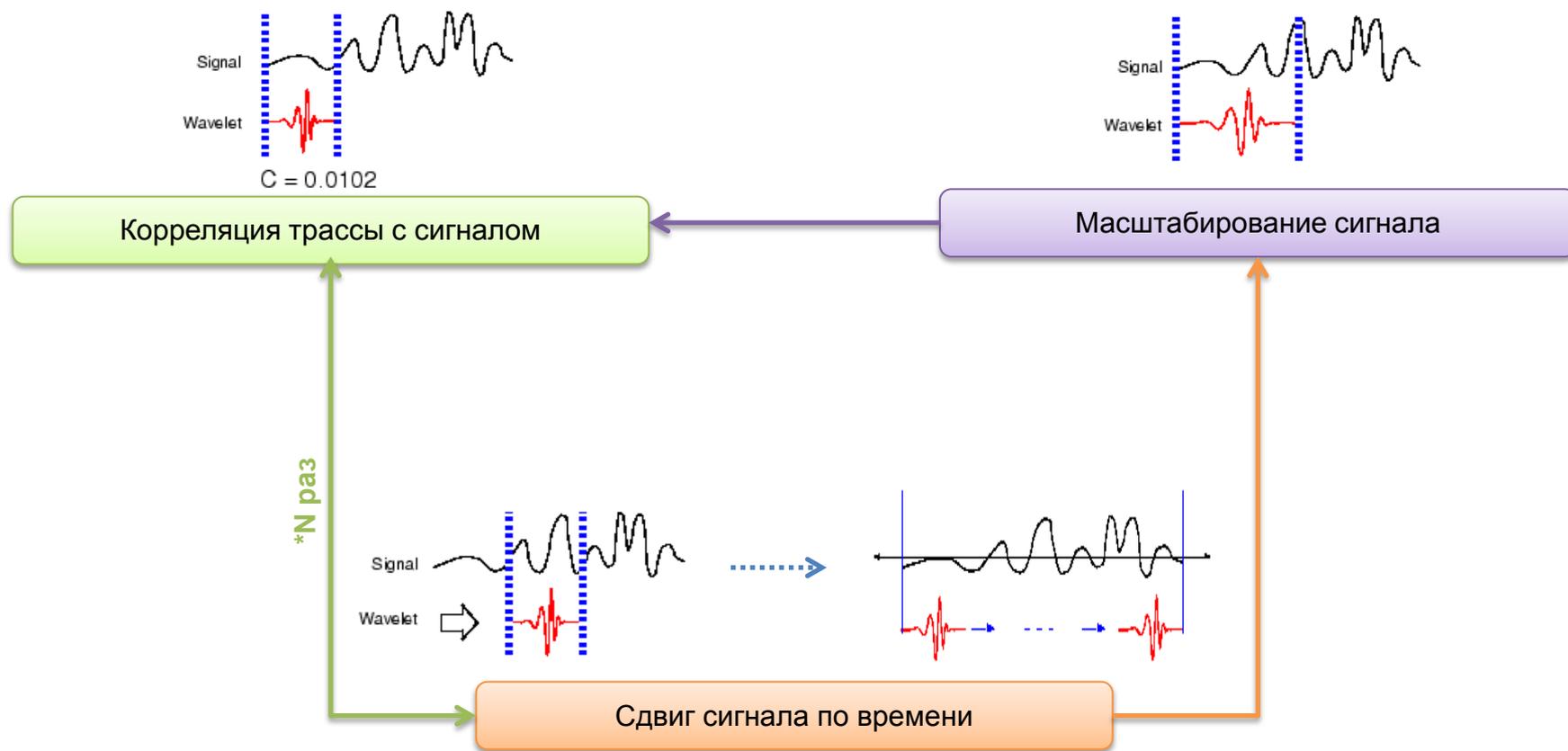
Масштабирование:



Малый масштаб a = быстро меняющийся сигнал = высокая частота;
Крупный масштаб a = плавно меняющийся сигнал = низкая частота.

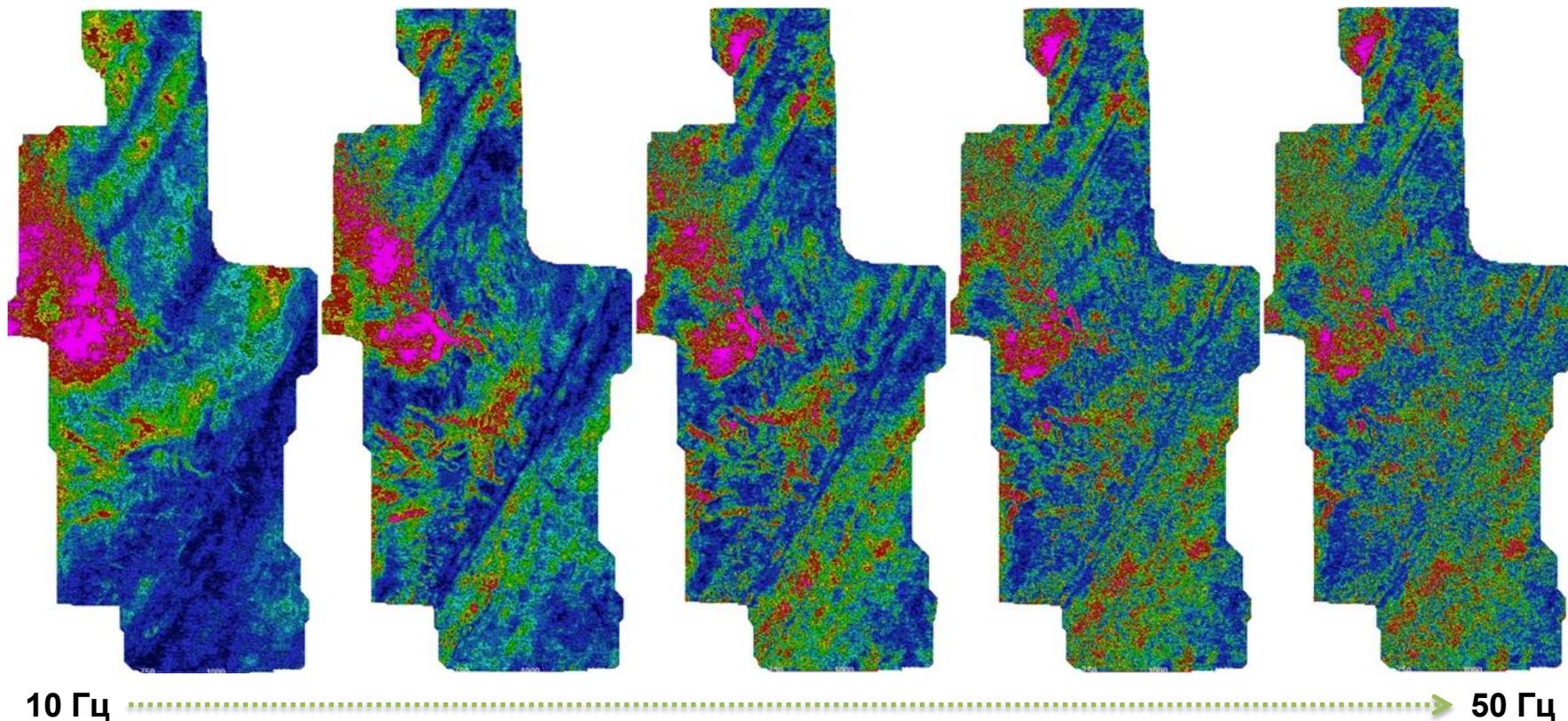
ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Алгоритм:

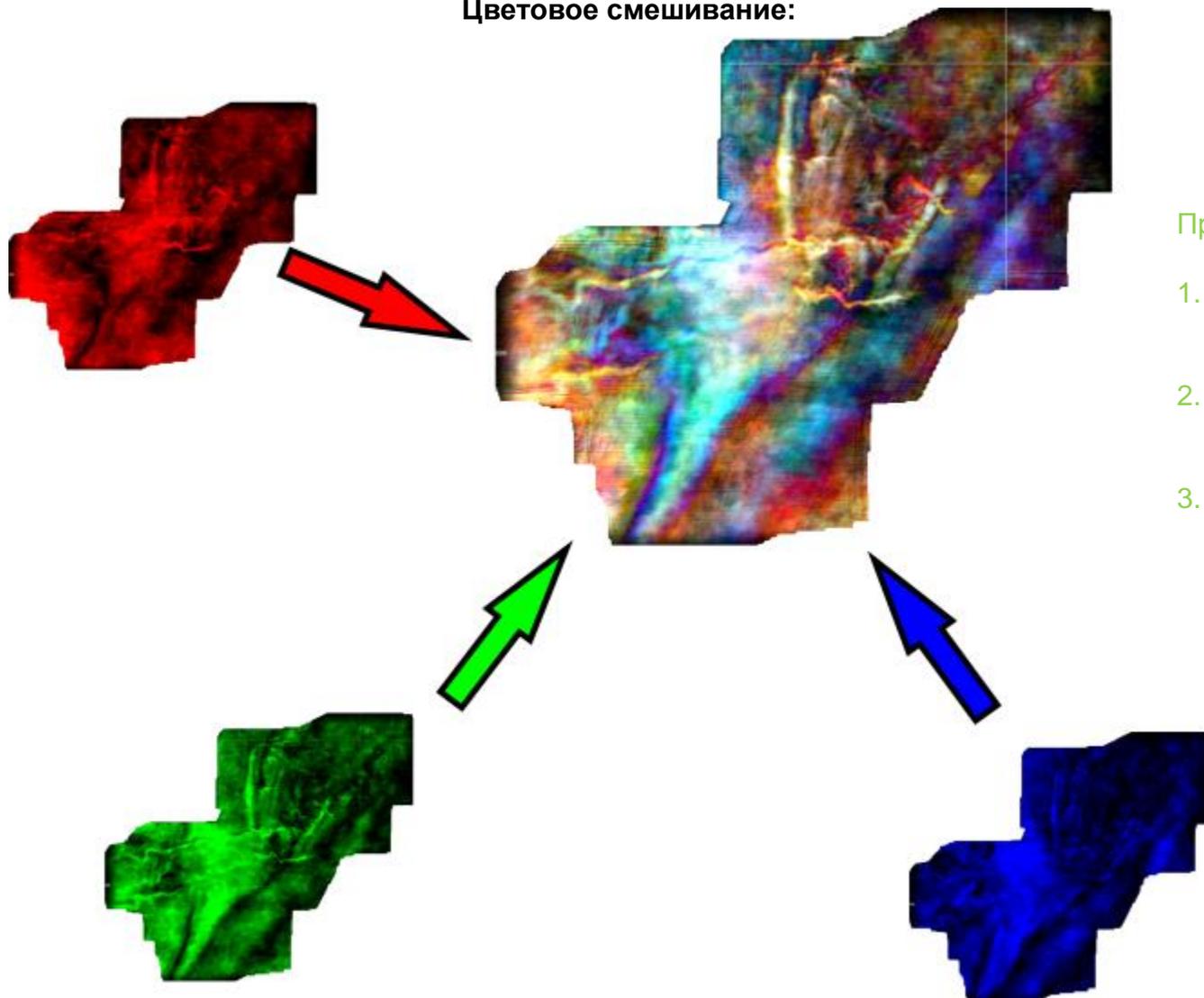


На выходе алгоритма входной суммарный куб раскладывается на кубы амплитуд заданных частот

Частотные срезы:

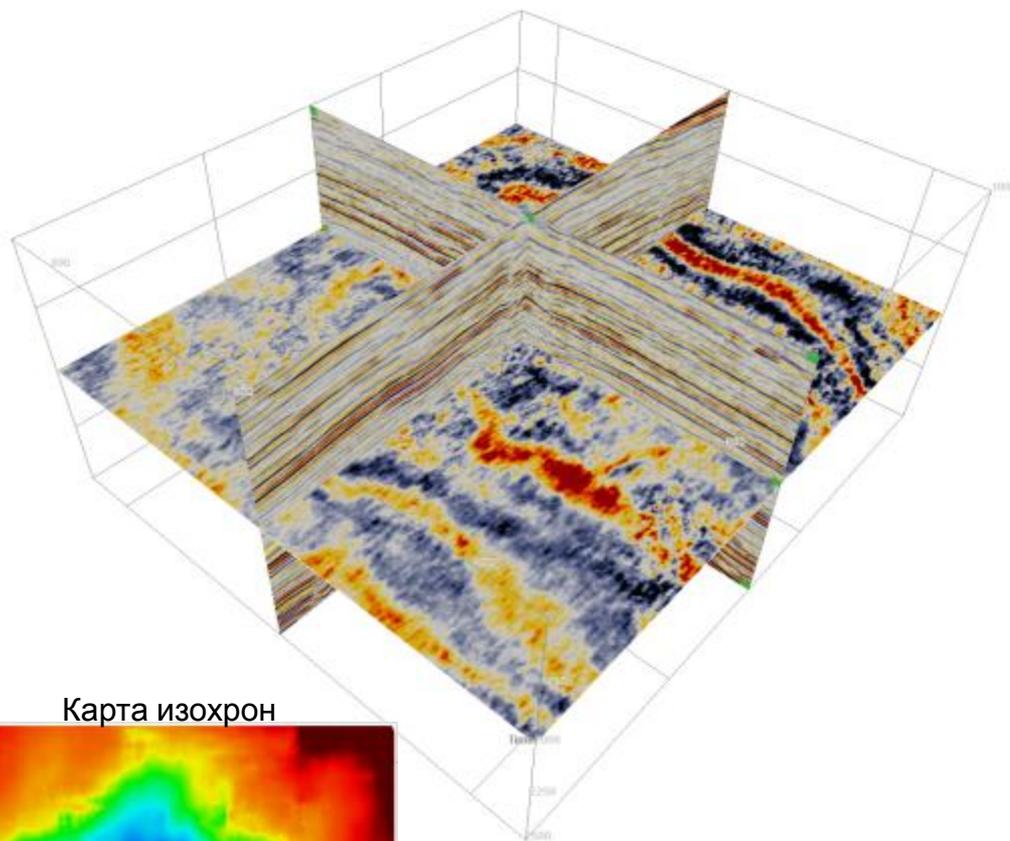


Цветовое смешивание:



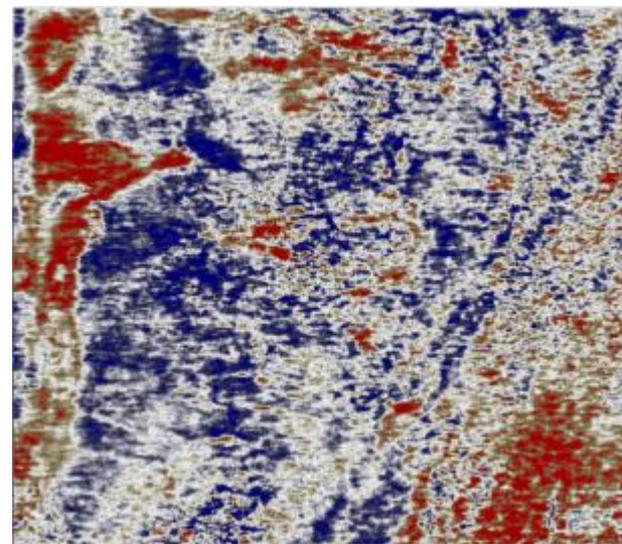
Преимущества:

1. Цветовая дифференциация;
2. Анализ нескольких компонент поля;
3. Более высокое SNR за счет использования частот в районе доминантного значения

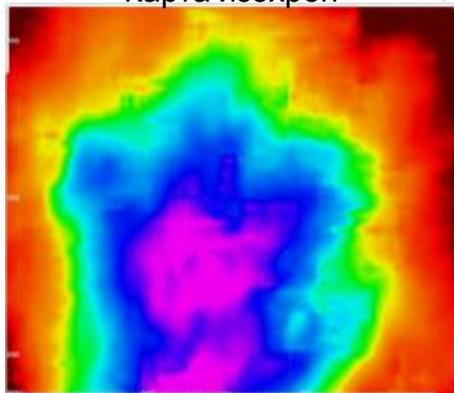


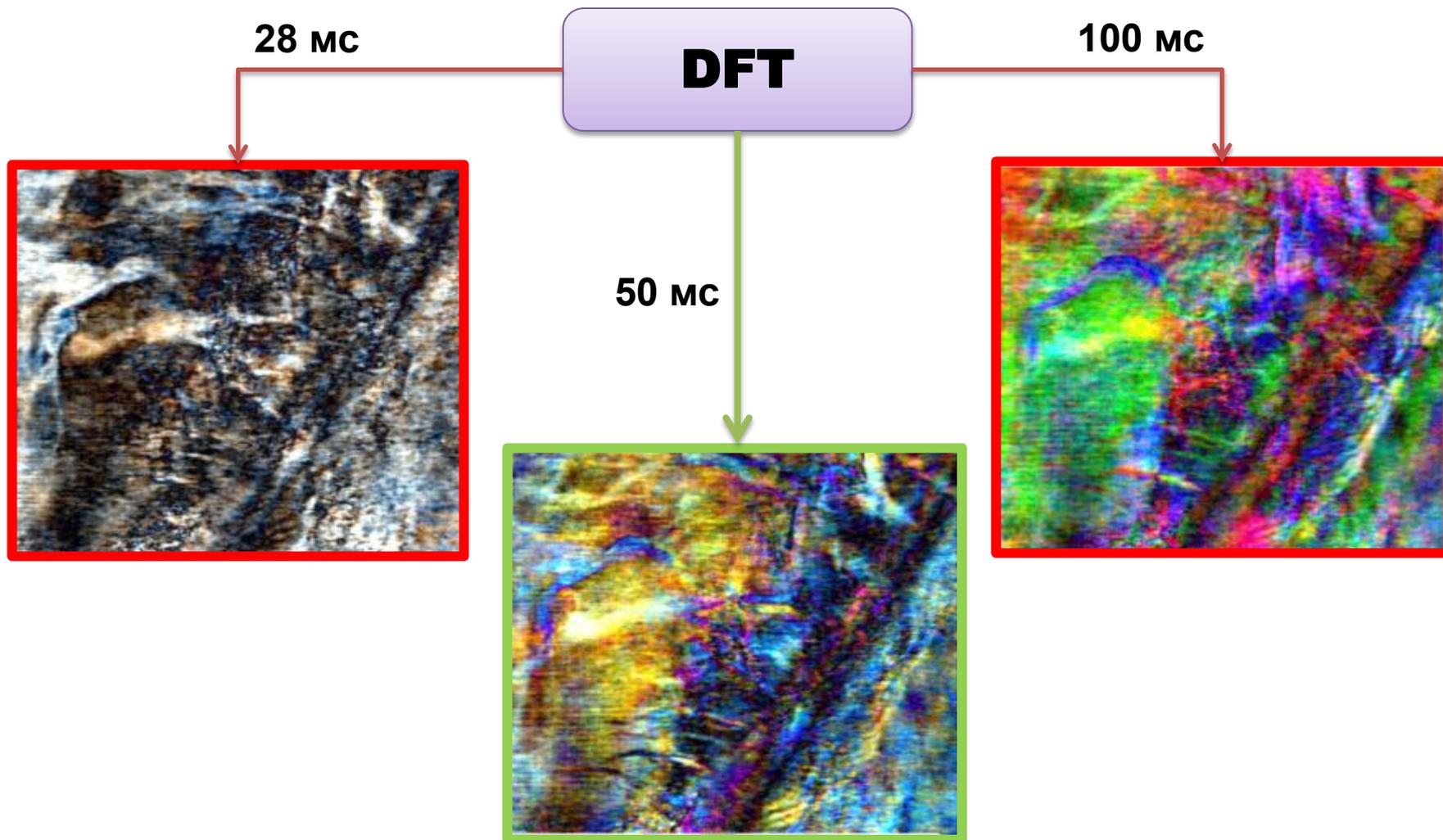
- Пласт **БП16**;
- Рассчитаны кубы спектральной декомпозиции по алгоритмам DFT и SWT.

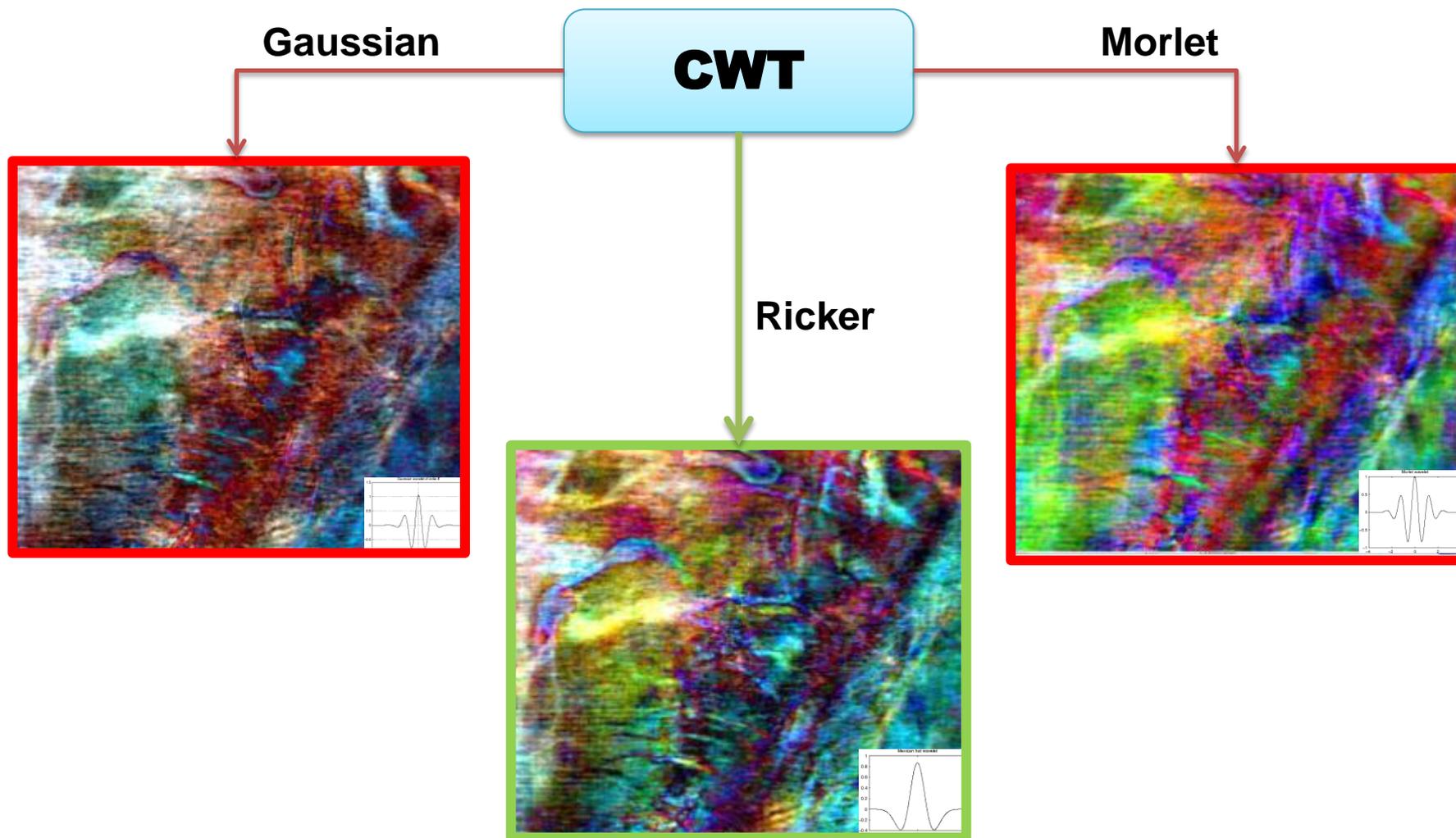
Срез по суммарному кубу



Карта изохрон

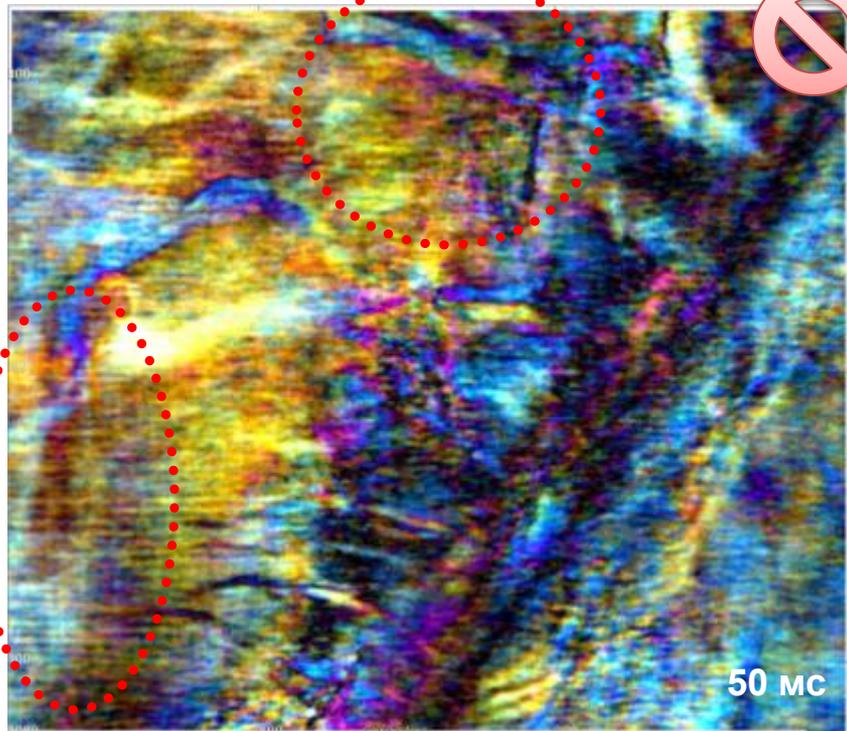




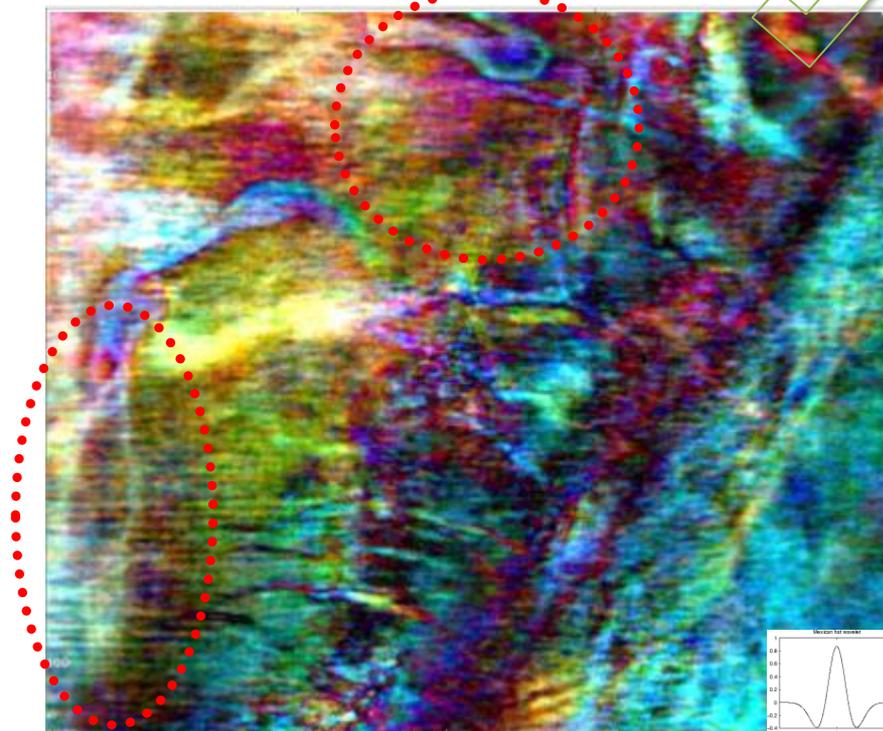


СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА

DTF



CWT

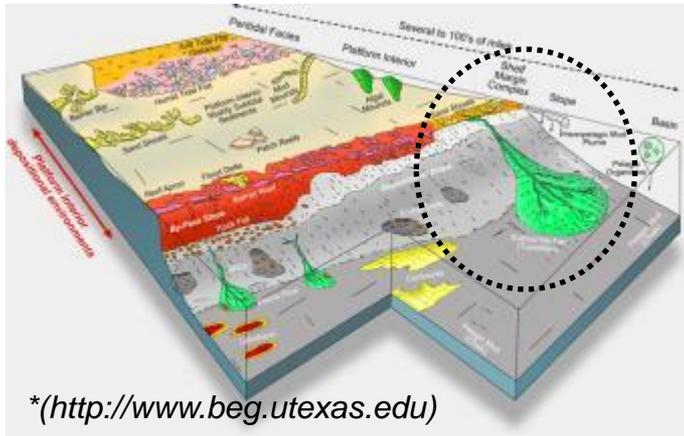


По результатам тестирования установлено: вейвлет-преобразование позволяет получить более детальное изображение внутреннего строения пласта.

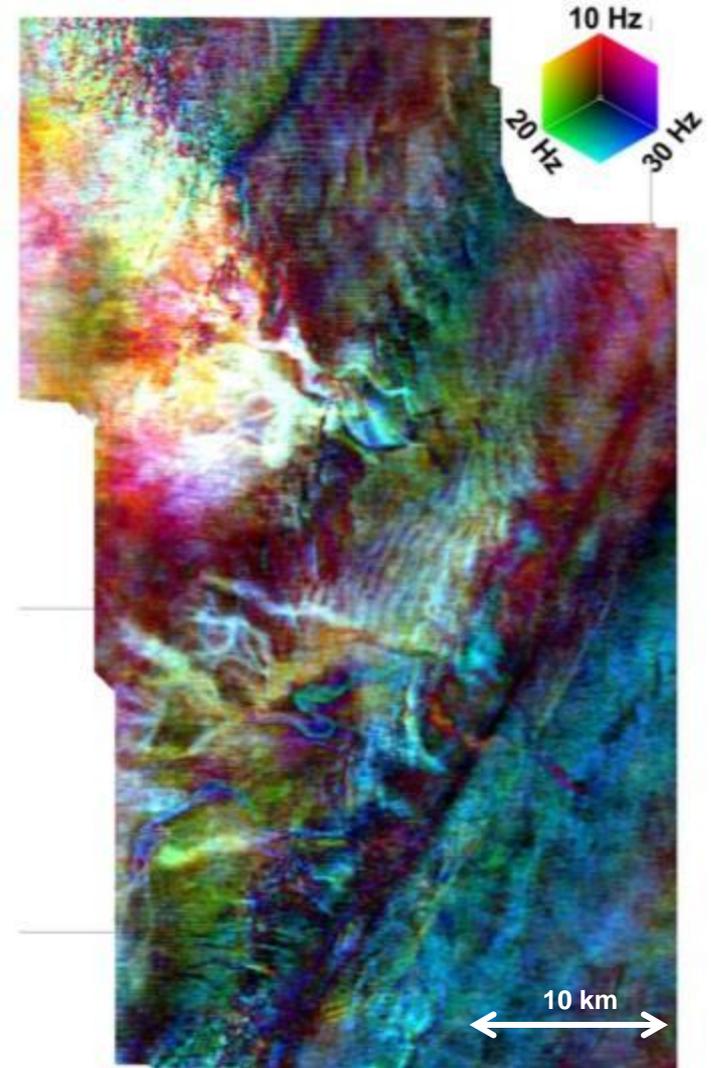
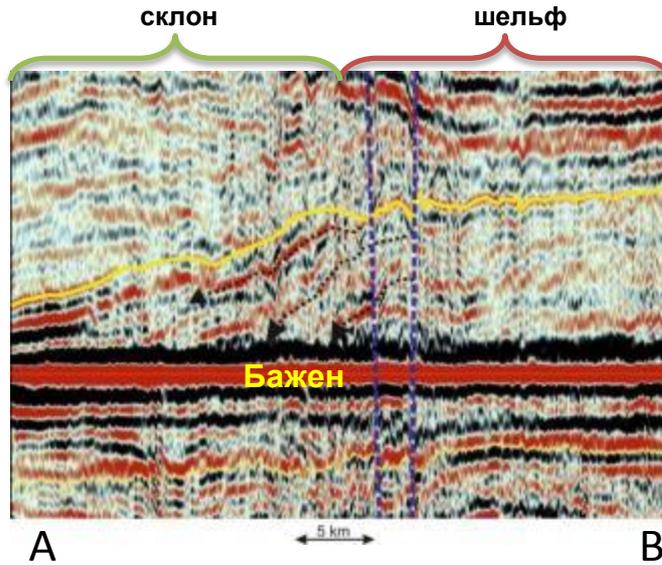
ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ



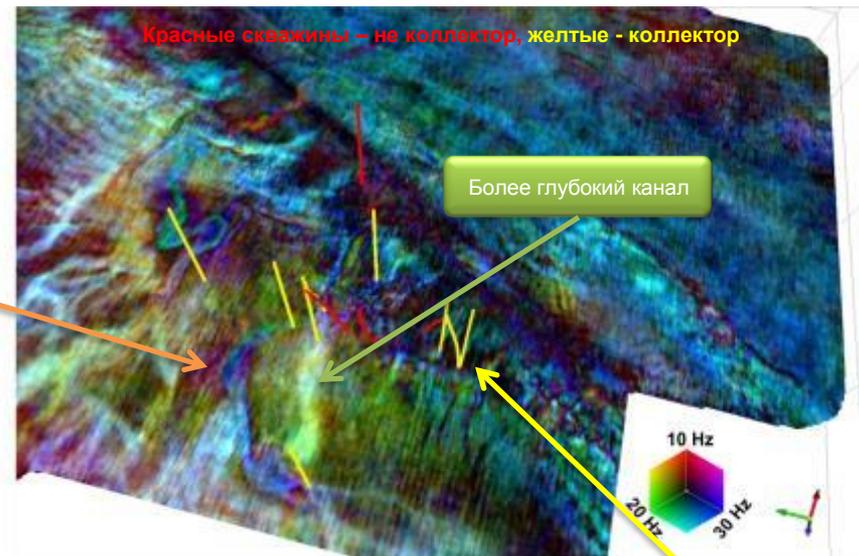
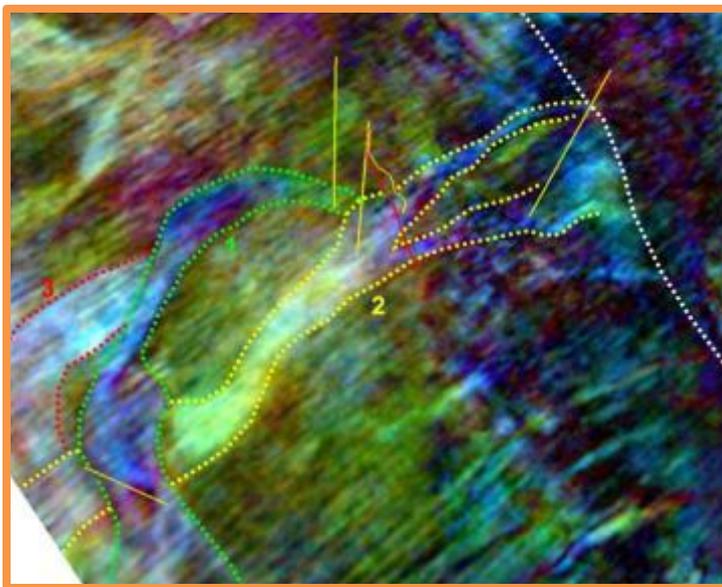
МЕСТОРОЖДЕНИЕ А



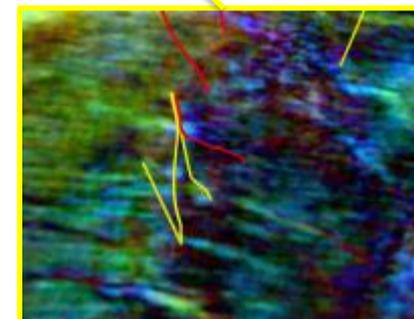
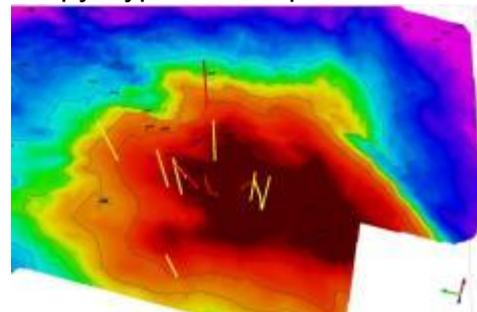
*(<http://www.beg.utexas.edu>)



МЕСТОРОЖДЕНИЕ А



Структурная поверхность

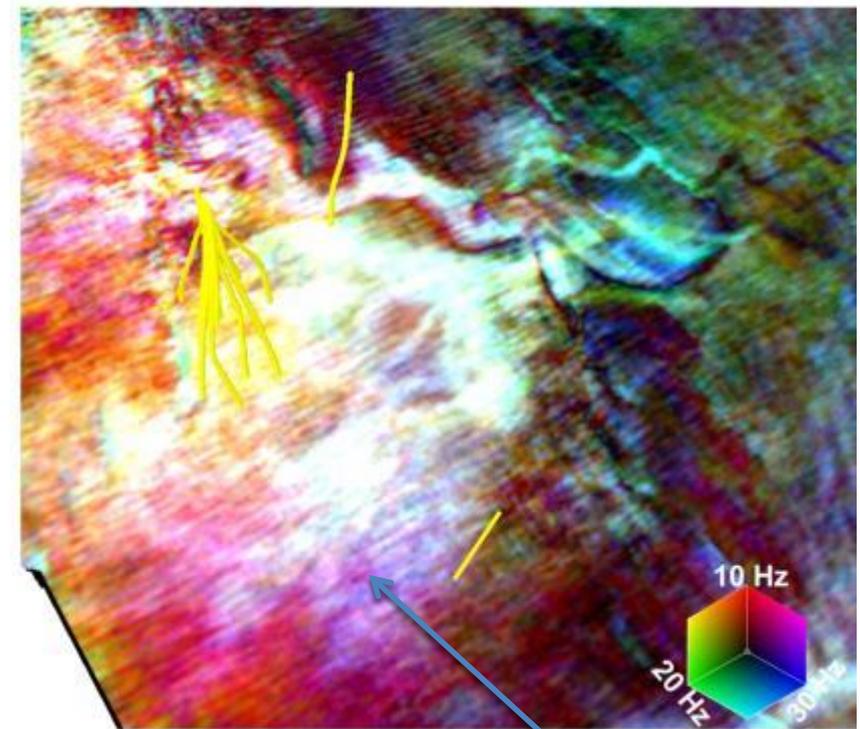
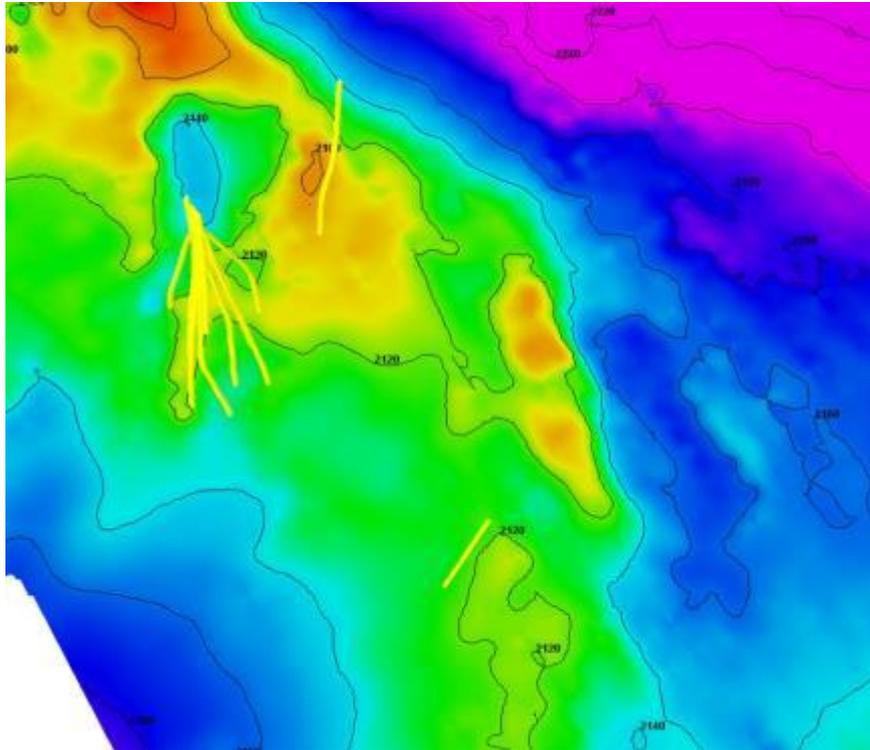


Даже мелкие каналы – перспективны!

- Отсутствие структурного фактора!
- Скважины вскрывающие каналы - нефтенасыщенные
- «Сухие» скважины характеризуются затуханием спектра

МЕСТОРОЖДЕНИЕ А

Структурная поверхность



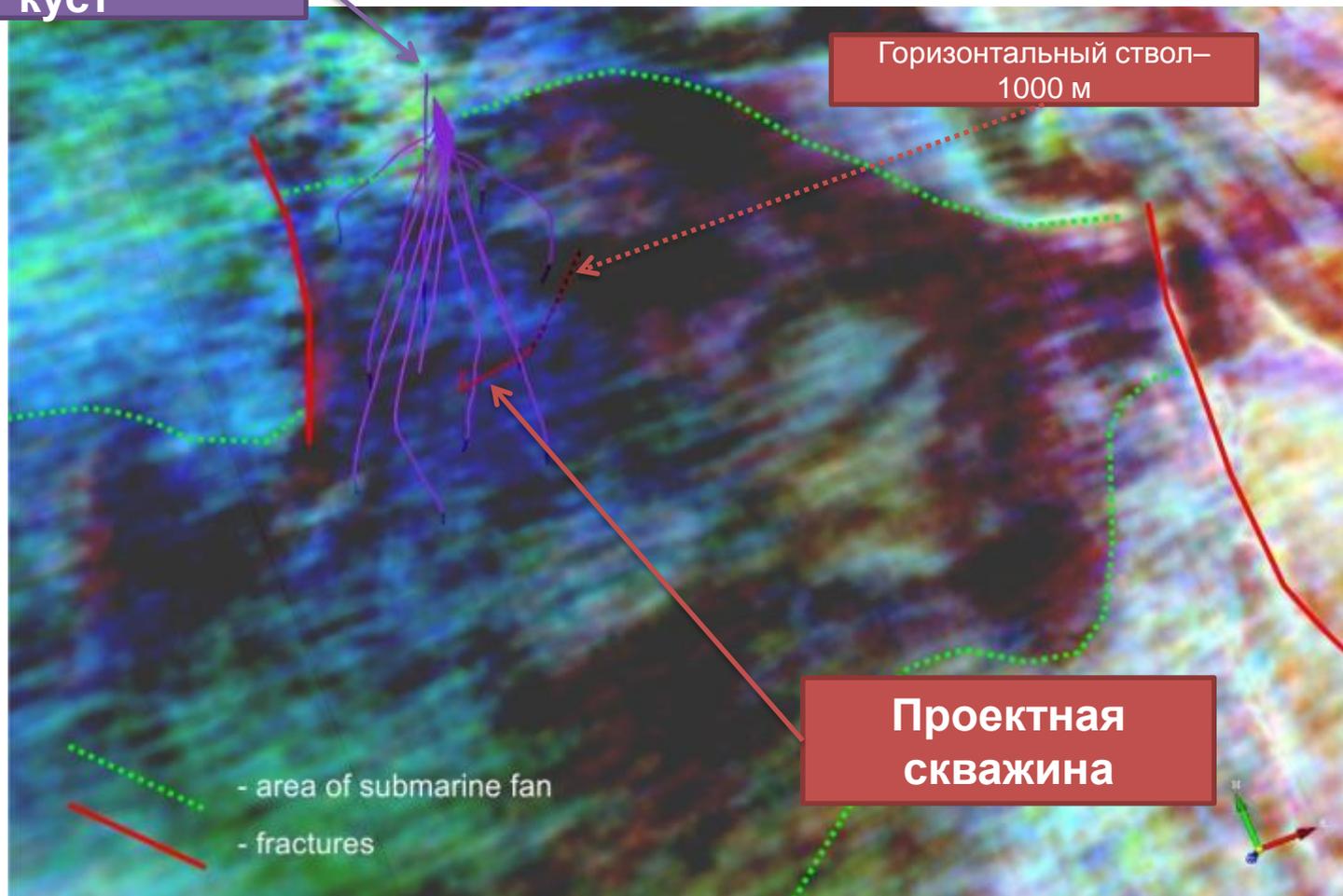
↑↓ - Лучшее направление для ориентации горизонтального ствола (перпендикулярно каналам)

↑↓ - Худшее направление для ориентации горизонтального ствола (вдоль каналов)

Выклинивание конуса выноса (преобладание высокой частоты)

МЕСТОРОЖДЕНИЕ А

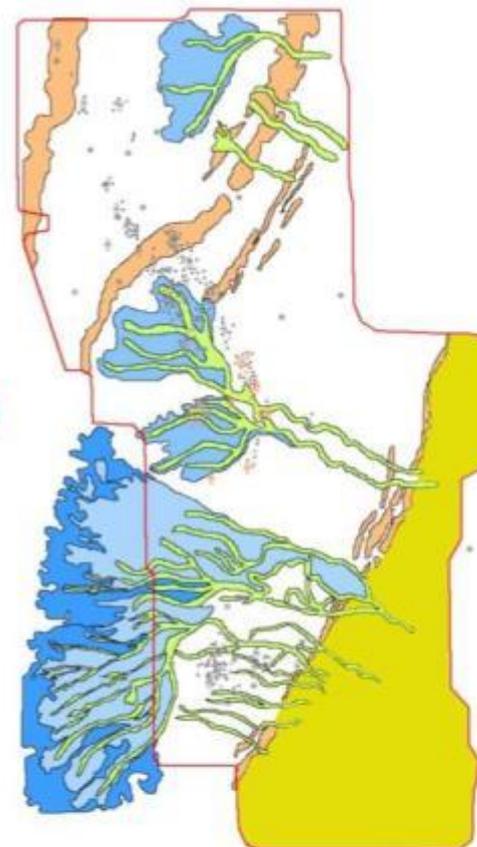
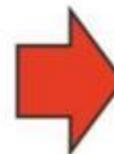
Эксплуатационный
куст



МЕСТОРОЖДЕНИЕ А

Результат:

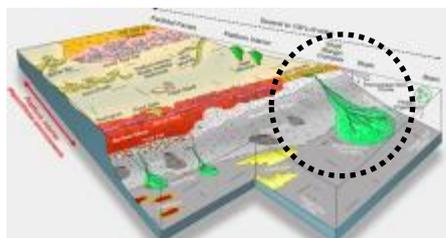
- построена детальная геологическая модель строения пласта;
- получен однозначный инструмент контроля перспективности.



- | | | | |
|---|---------------|---|------------------|
|  | - shelf |  | - submarine fan |
|  | - sand shoals |  | - pelagic facies |
|  | - channels |  | |

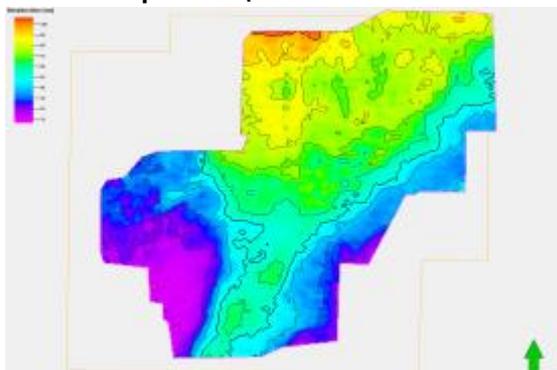


МЕСТОРОЖДЕНИЕ Б

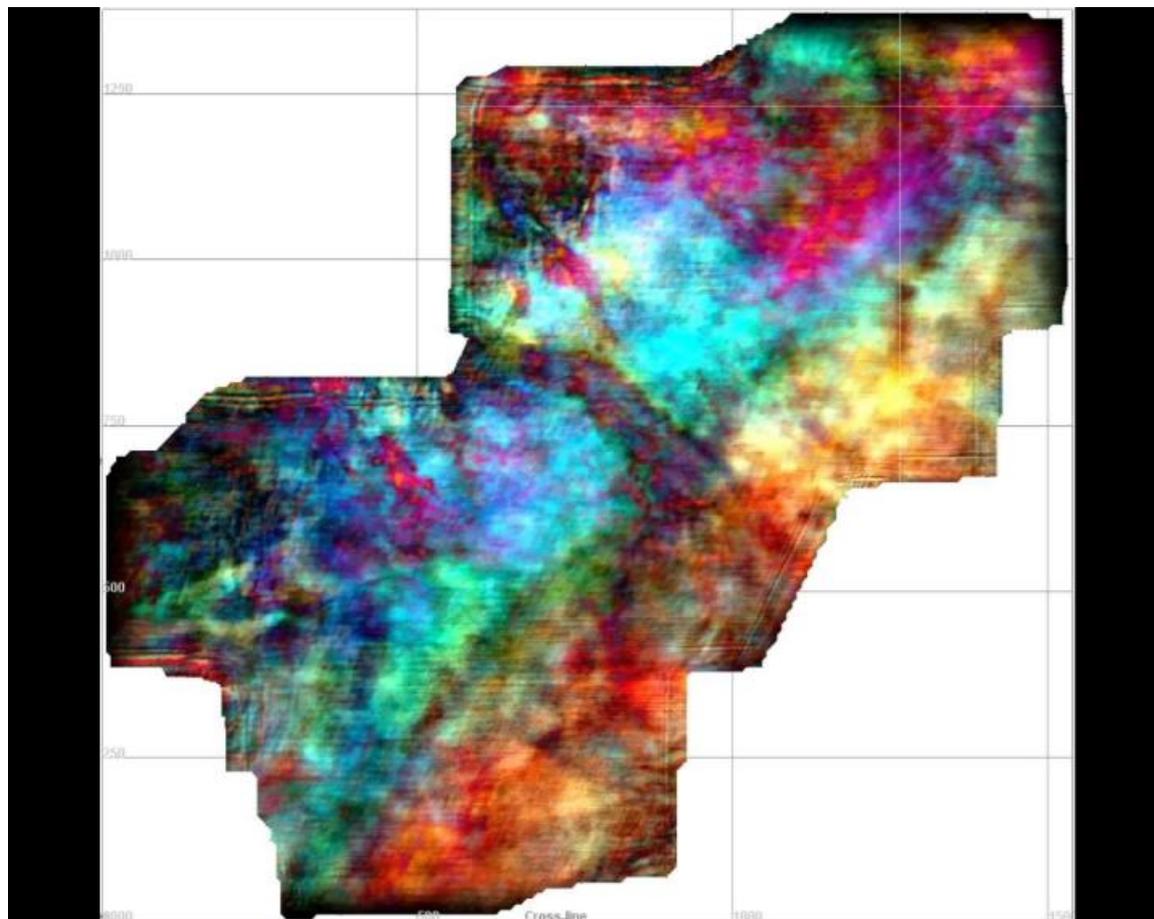
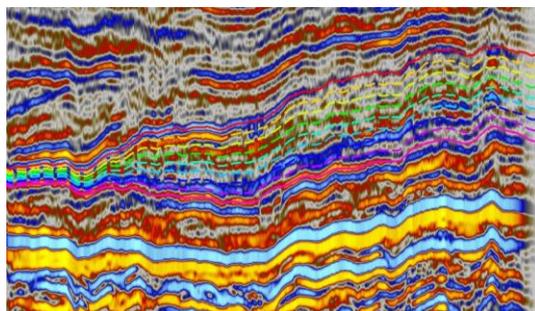


**(<http://www.beg.utexas.edu>)*

Карта мощности пласта



Характерный разрез в направлении 3-В

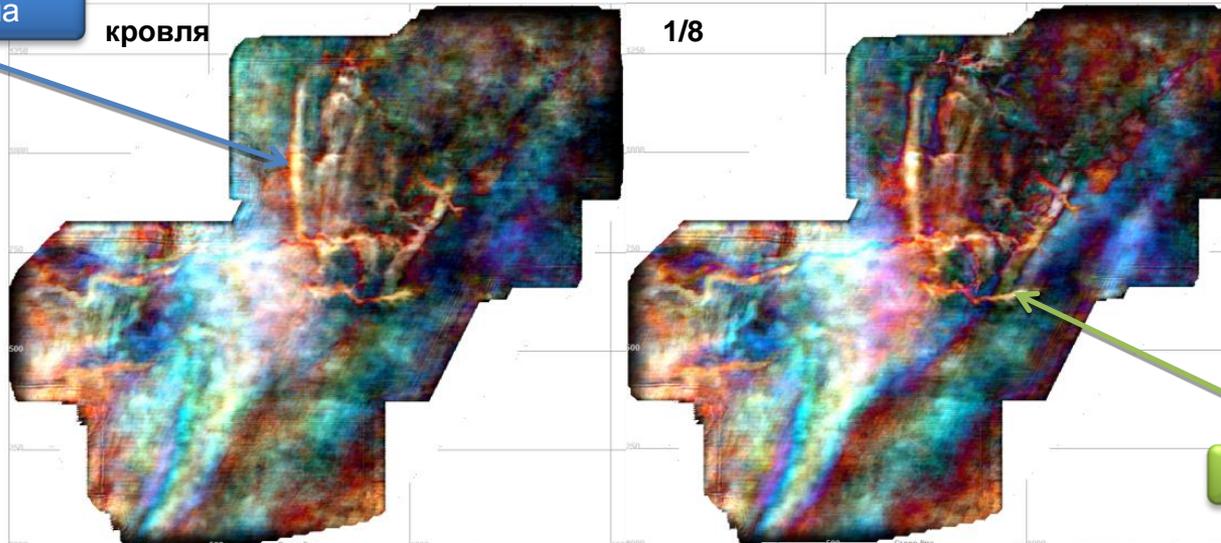


МЕСТОРОЖДЕНИЕ Б

Баровые тела

кровля

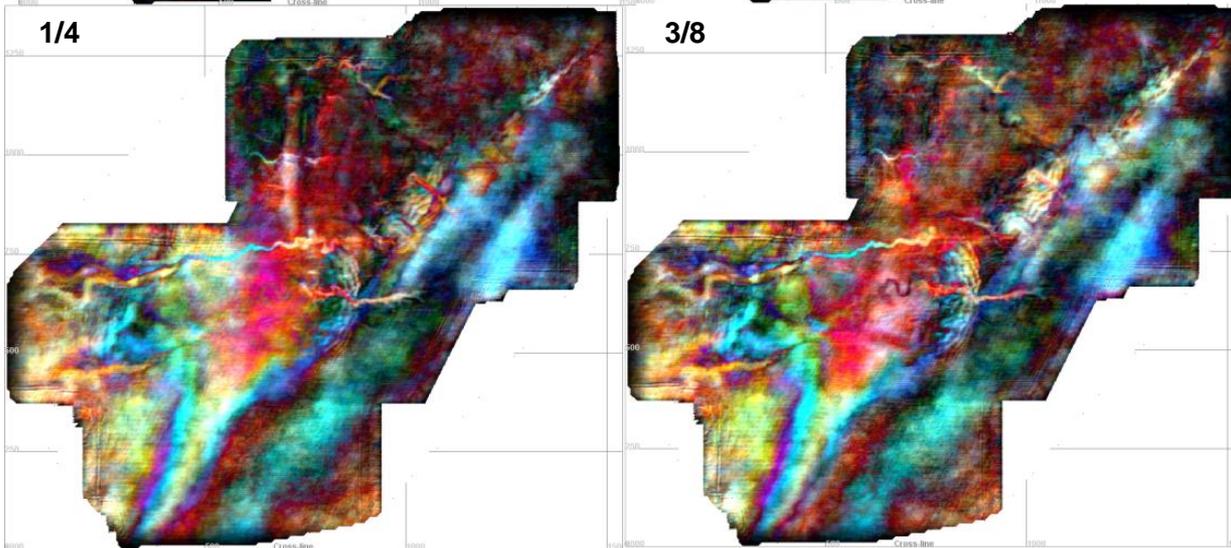
1/8



Палеоканалы

1/4

3/8

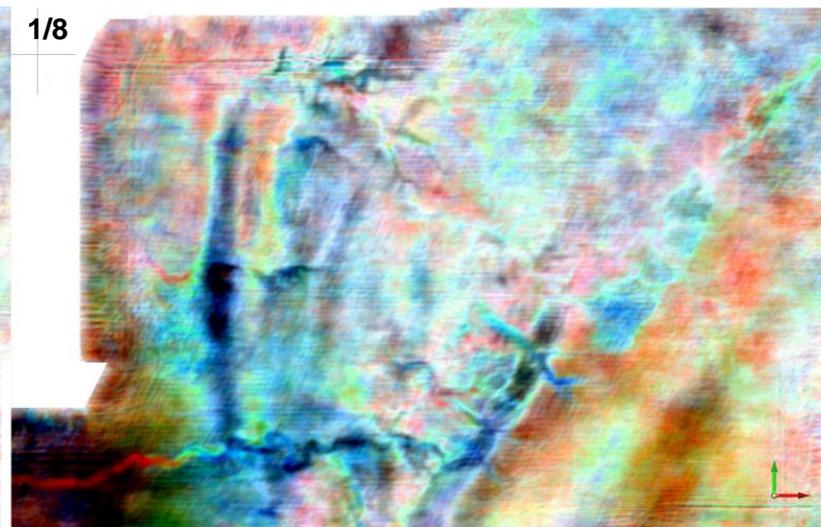


МЕСТОРОЖДЕНИЕ Б

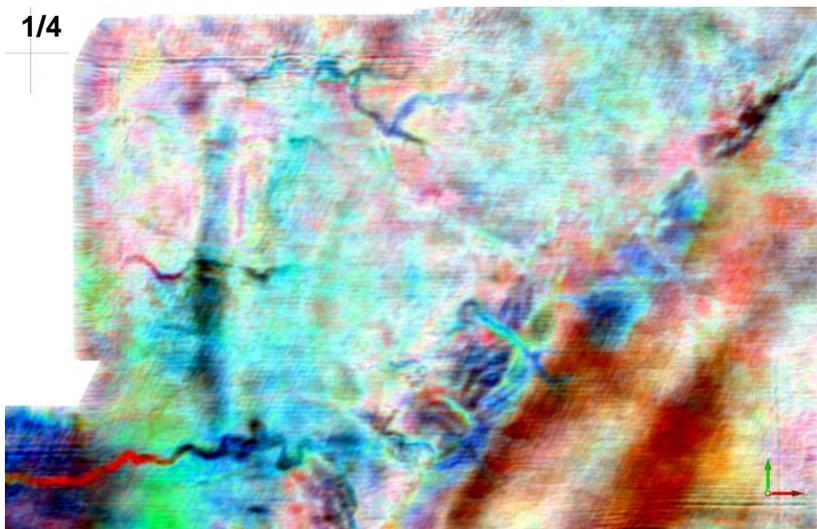
кровля



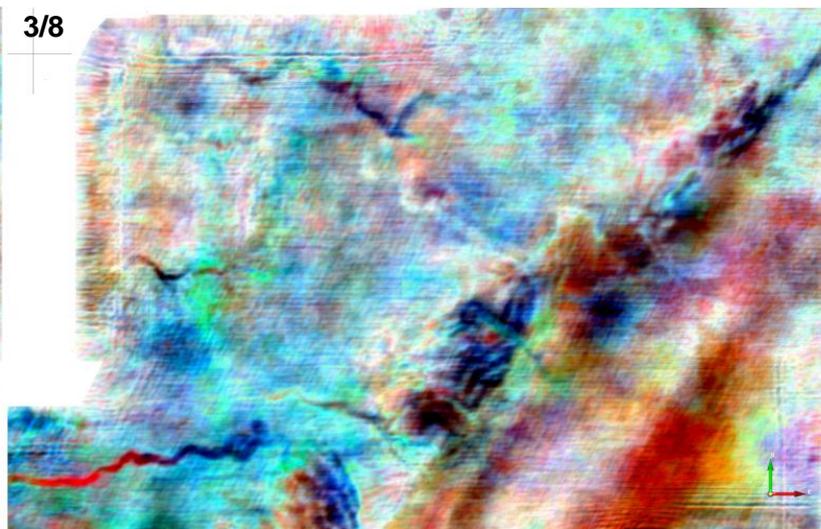
1/8



1/4



3/8



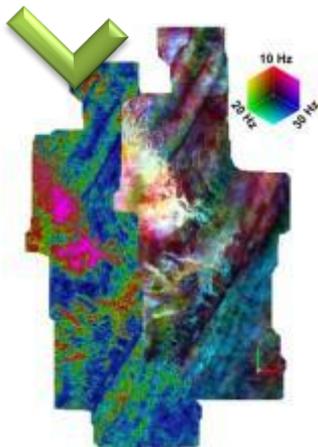
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основа удачной разработки

Стандартный анализ



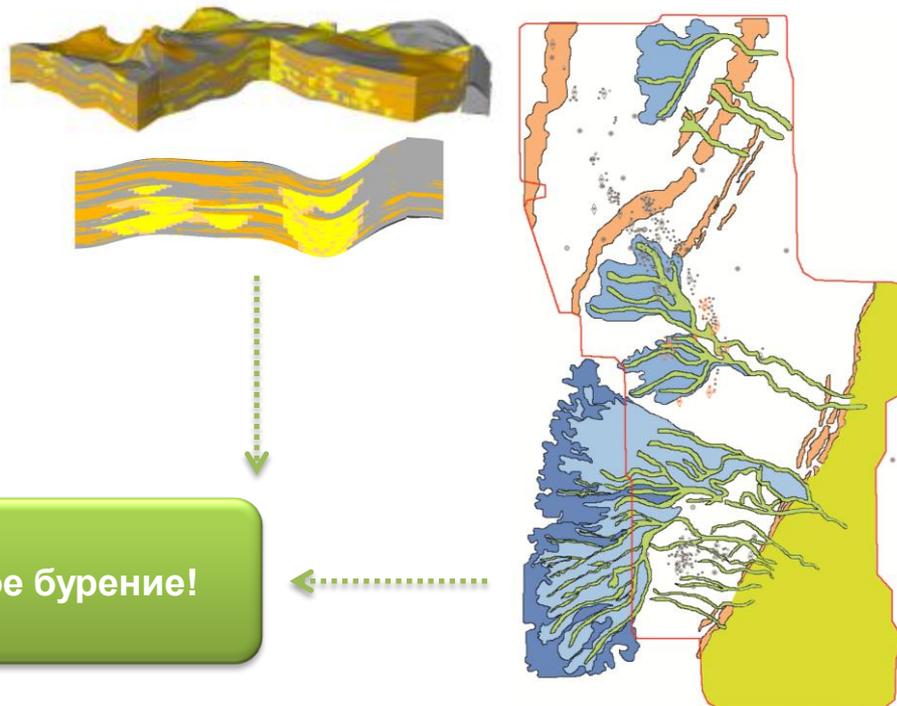
Спектральная декомпозиция



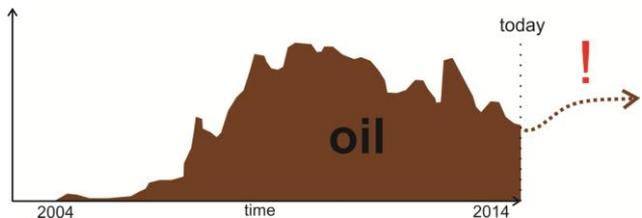
- Низкое разрешение;
 - Низкое разделение тел;
 - Низкая корреляция с ГИС
- Высокое разрешение;
 - Хорошее разделение тел;
 - Высокая корреляция с ГИС

Детальное понимание строения пласта

Геологические и гидродинамические модели высокого разрешения



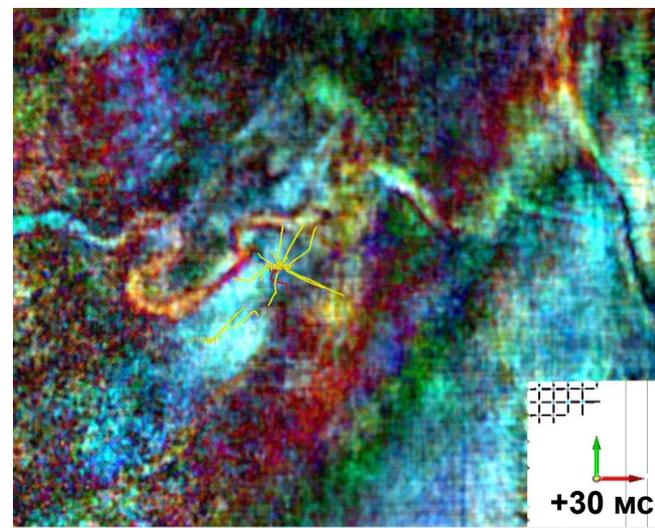
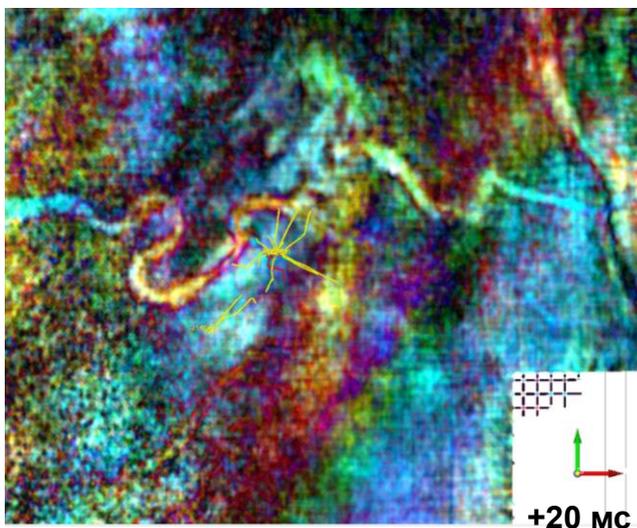
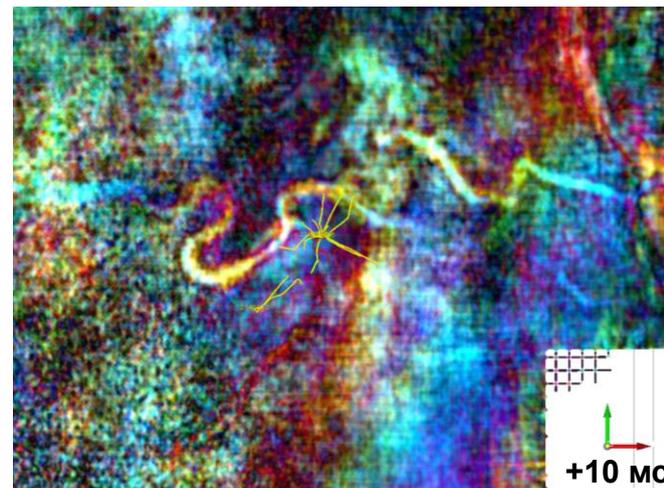
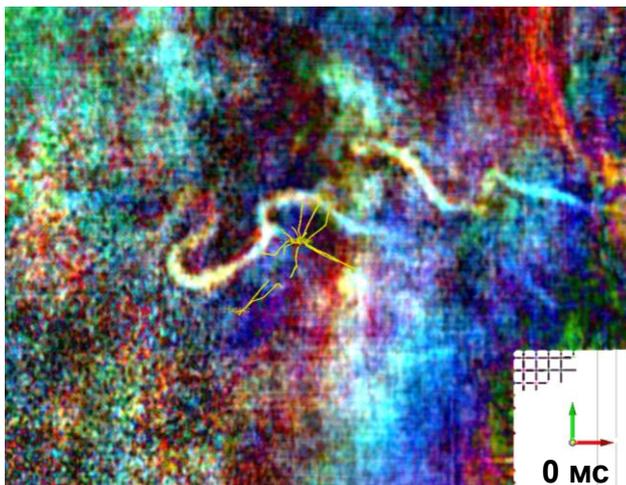
Успешное бурение!

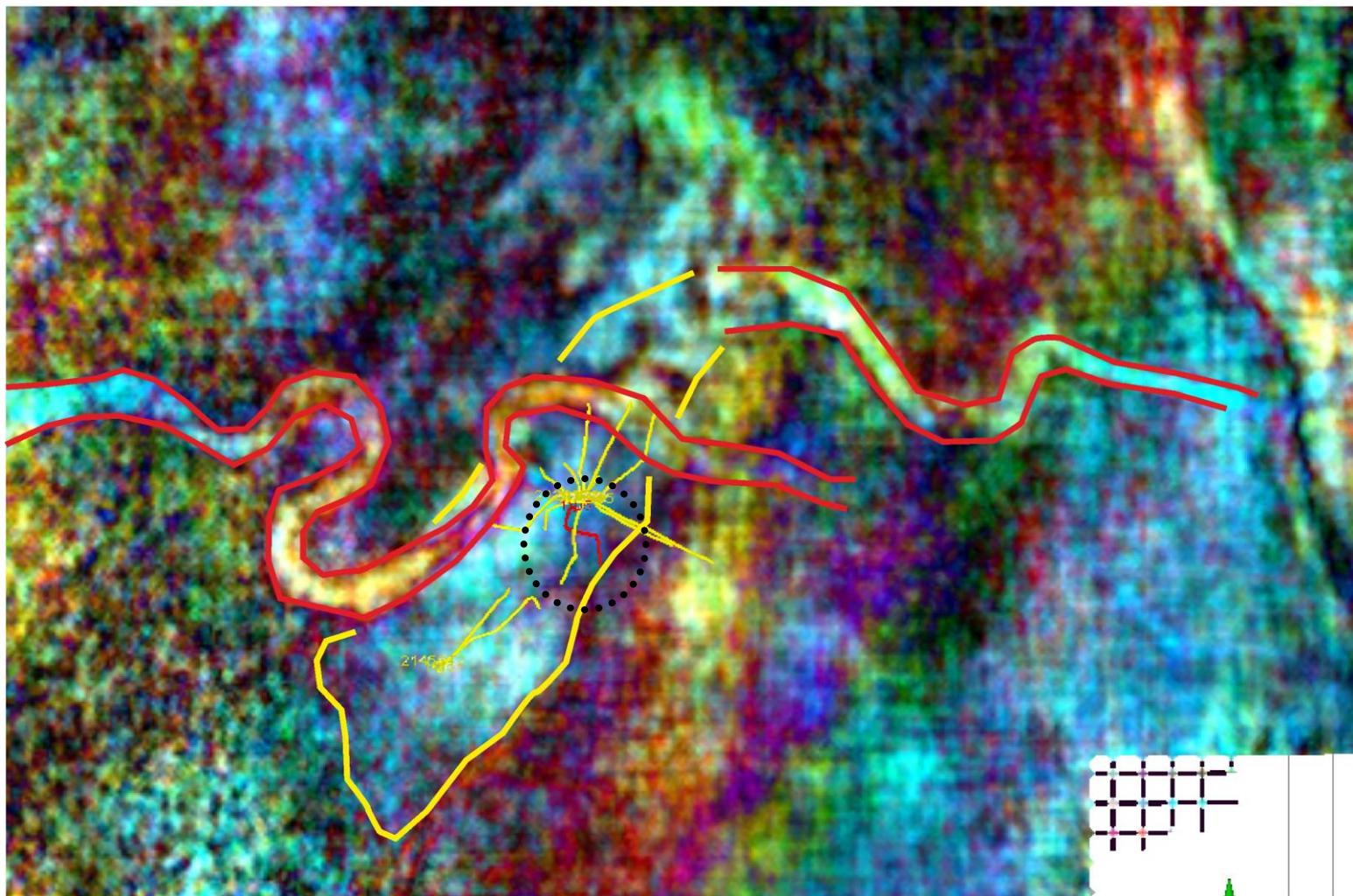


СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



МЕСТОРОЖДЕНИЕ В





Результат – пересмотр положения проектируемой скважины!