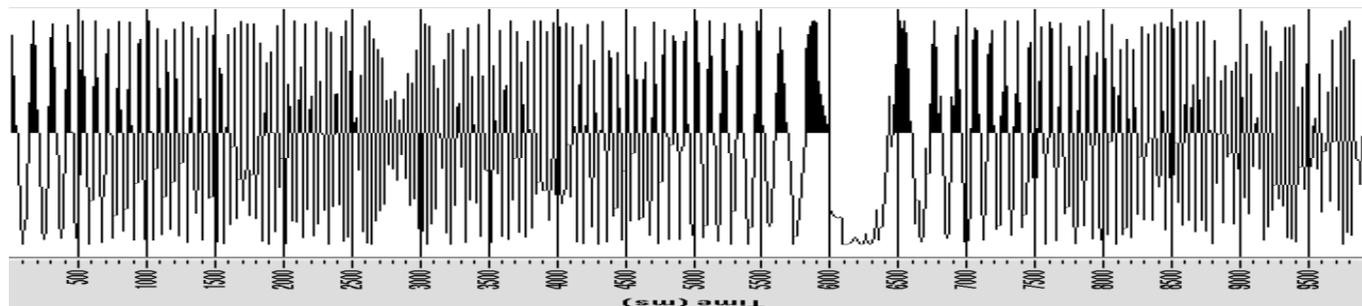


Технология адаптивной сейсморазведки

Москва, 2014

Технология адаптивной вибрационной сейсморазведки «АВИС» - это способ вибросейсморазведки, при котором по установленным критериям (например, максимальной разрешённости записи на заданных частотах в целевом интервале времён), на основе анализа частотно-зависимого затухания сейсмической энергии, осуществляется *выбор параметров нелинейных вибрационных сигналов*, частично компенсирующих затухание, и их отработка, причём процесс выбора происходит в реальном времени в автоматическом режиме.

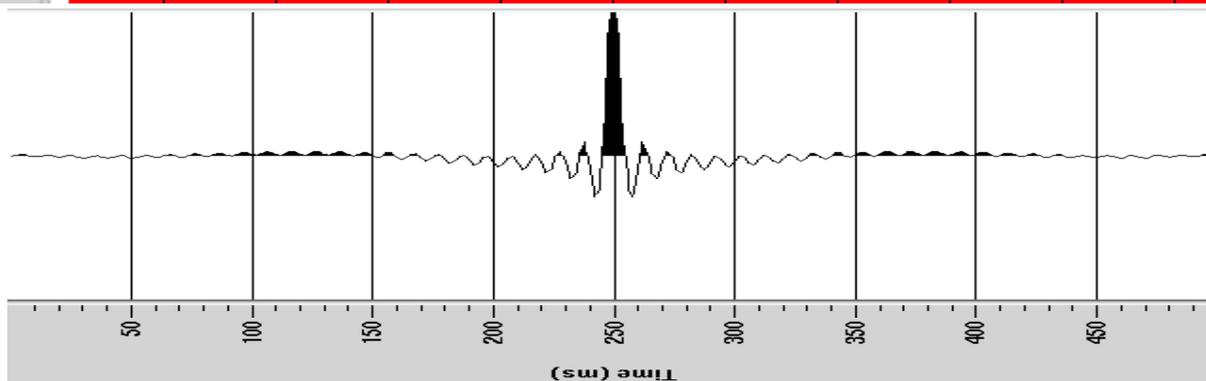
Излучаемый линейный свип 5-100 Гц



Форма свипа

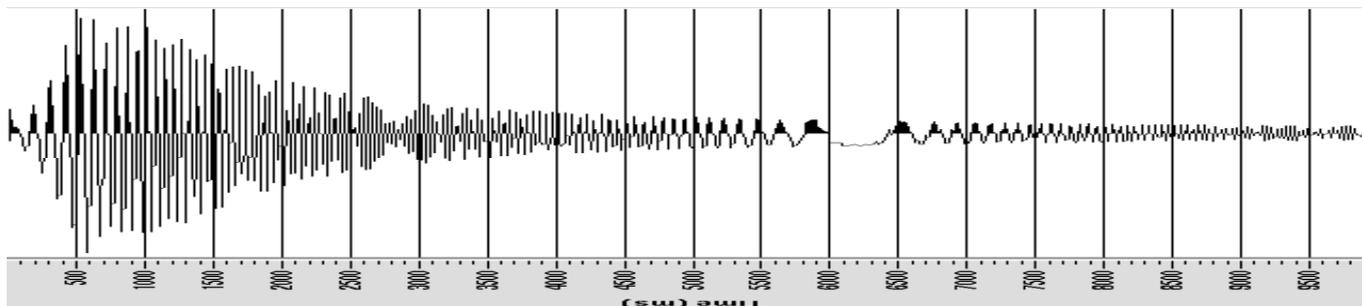


Спектр



Автокорреляция

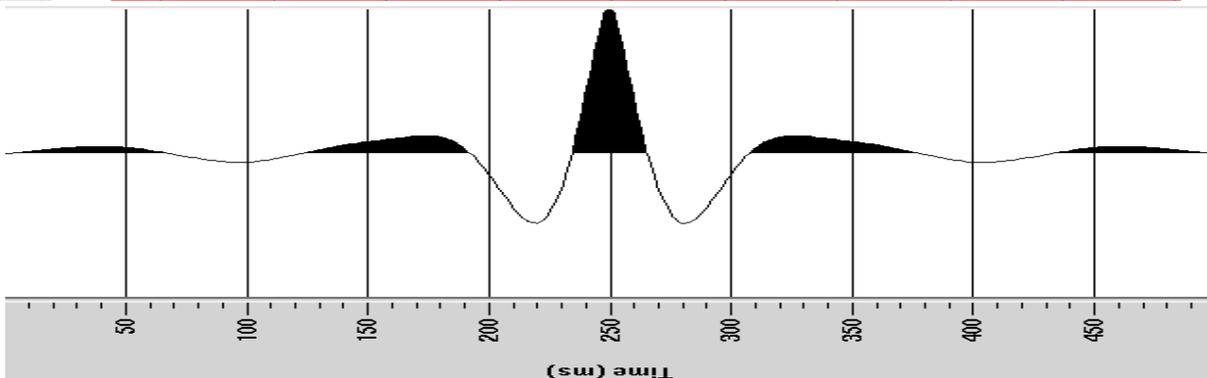
Эффект поглощения высоких частот



Форма свипа



Спектр



Автокорреляция

Аппаратурно-программные средства реализации технологии АВИС

GDS-I (Geophysical Digital System) – многофункциональная геофизическая цифровая система управления виброисточниками, оснащенная радиосвязью и встроенными GPS/GLONASS приёмниками.

Система управления состоит из универсальных устройств, каждое из которых способно работать в двух режимах:

- Encoder – связь между сейсмостанцией и вибраторами по радио;
- Decoder – управление вибраторами.

Geophysical Data Systems Ltd.
www.gds.ru • info@gds.ru • tel. +7 (495) 234 27 94

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАТОРАМИ

GDS-I

Напряжение питания:	9-36 В постоянного тока
Потребляемая мощность:	25 Вт
Законы изменения частоты:	линейный, нелинейный, импульсный, заданный пользователем
Частотный диапазон:	от 1 до 250 Гц
Начальный и конечный конус:	косинус или Блэкман (шаг 0,1 сек)
Макс. число вибраторов:	16
Точность времени старта:	± 25 миксек
Чувствительность аксел.:	25 мВ/г
Точность генератора :	0,1 ppm
GPS:	встроенная или внешняя
Высота:	290 мм
Длина:	280 мм
Ширина:	200 мм
Вес:	6 кг
Рабочая температура:	от -40 до +70 °С
Температура хранения:	от -50 до +80 °С

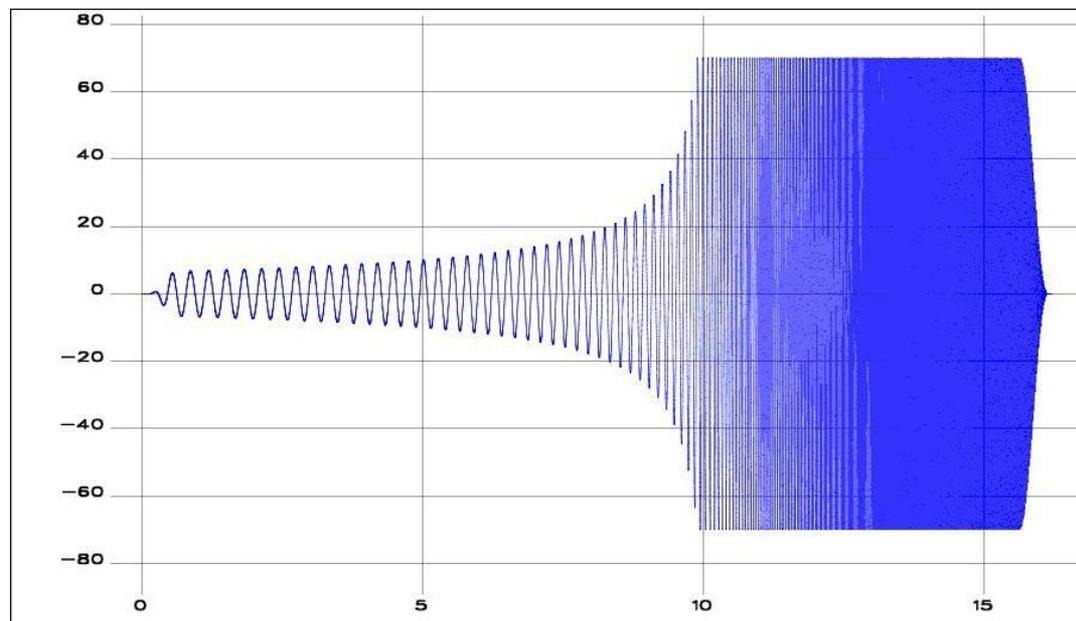
Отличительные особенности блоков-управления GDS-I:

- Современная элементная база;
- Применен процессор ADSP-21369KSWZ-2A, который в 16 раз производительнее, чем ADSP-21060, используемый в VibPro компании Pelton;
- Компактная конструкция, нет внешних дополнительных устройств, все опции (Local Net, VSS, GPS, RadioModem for DGPS) в одном блоке;
- Более совершенный алгоритм регулирования фазы и силы;
- Применен помехозащищенный способ радиосвязи, значительно лучший, чем в VibPro (требуемое отношение сигнал/помеха: VibPro: 20 дБ, GDS-I: 8 Дб, т.е. GDS-I может работать в условиях повышенных радиопомех (уверенная работа при шумах в 4 раза больше, чем при работе с VibPro));
- Возможность работы по методу адаптивной вибрационной сейморазведки (пересчет обновленного свип-сигнала происходит в блоке GDS-I за 200 мсек);
- Возможность работы по каналу RTI (Recorder Truck Interface) со всеми отечественными и зарубежными сейсмостанциями и виброисточниками;
- Конструкция блока проста в эксплуатации и ремонте.

Реализованы все стандартные возможности работы с ЛЧМ и НЧМ свип-сигналами. Кроме этого реализовано:

- вычисление параметров адаптивного свип-сигнала;
- вычисление параметров функционального нелинейного свип-сигнала по спектру адаптивного свип-сигнала;
- вычисление и запись в память $GF(T)$ – (Ground Force – «действующая сила») для использования при деконволюции виброграмм и районирования площади по условиям возбуждения;
- режим минимизации уровня нелинейных искажений при возбуждении упругих колебаний на низких частотах.
- расчет и реализация «низкочастотного свипа», когда развёртка начинается с частоты 2-3 Гц.

Режим минимизации уровня нелинейных искажений при начальной частоте развертки 3 Гц



Опорный сигнал НЧ свипа

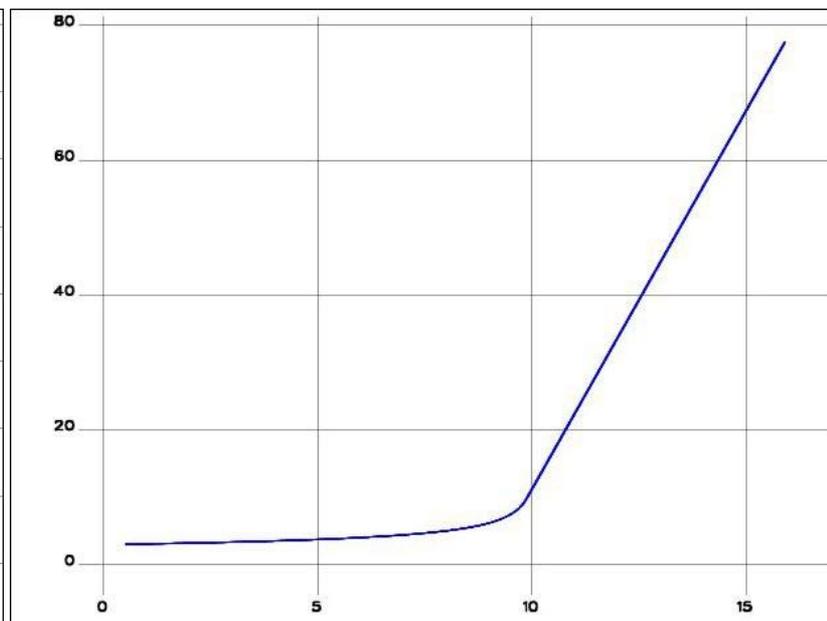


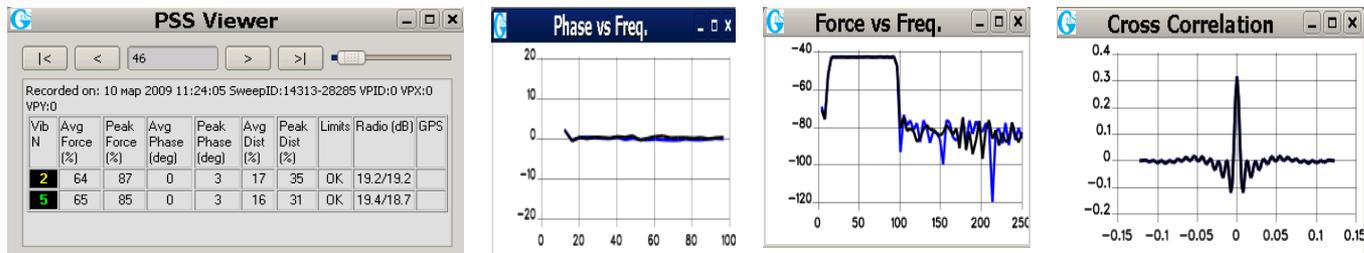
График время/частота НЧ свипа

Программа «VP» выполняет функции управления и контроля вибросейсмического комплекса.

Основные функции программы заключаются в задании параметров работы Дешифраторов, установленных на вибраторах, приёме отчётов о работе вибратора после каждого запуска – PSS (Post Sweep Service) и навигация.

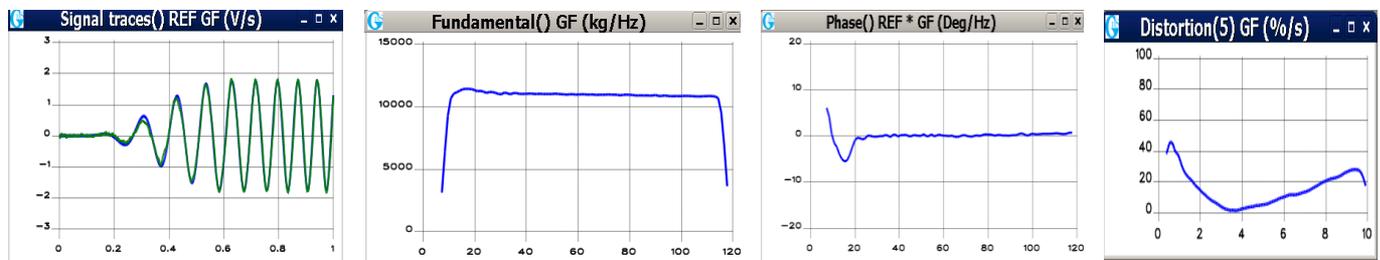
Для работы программы требуется компьютер с установленной операционной системой Windows.

1. После каждого возбуждения все вибраторы передают на сейсмостанцию информацию о качестве работы PSS (Post Sweep Service).



Эта информация включает в себя графические и табличные данные

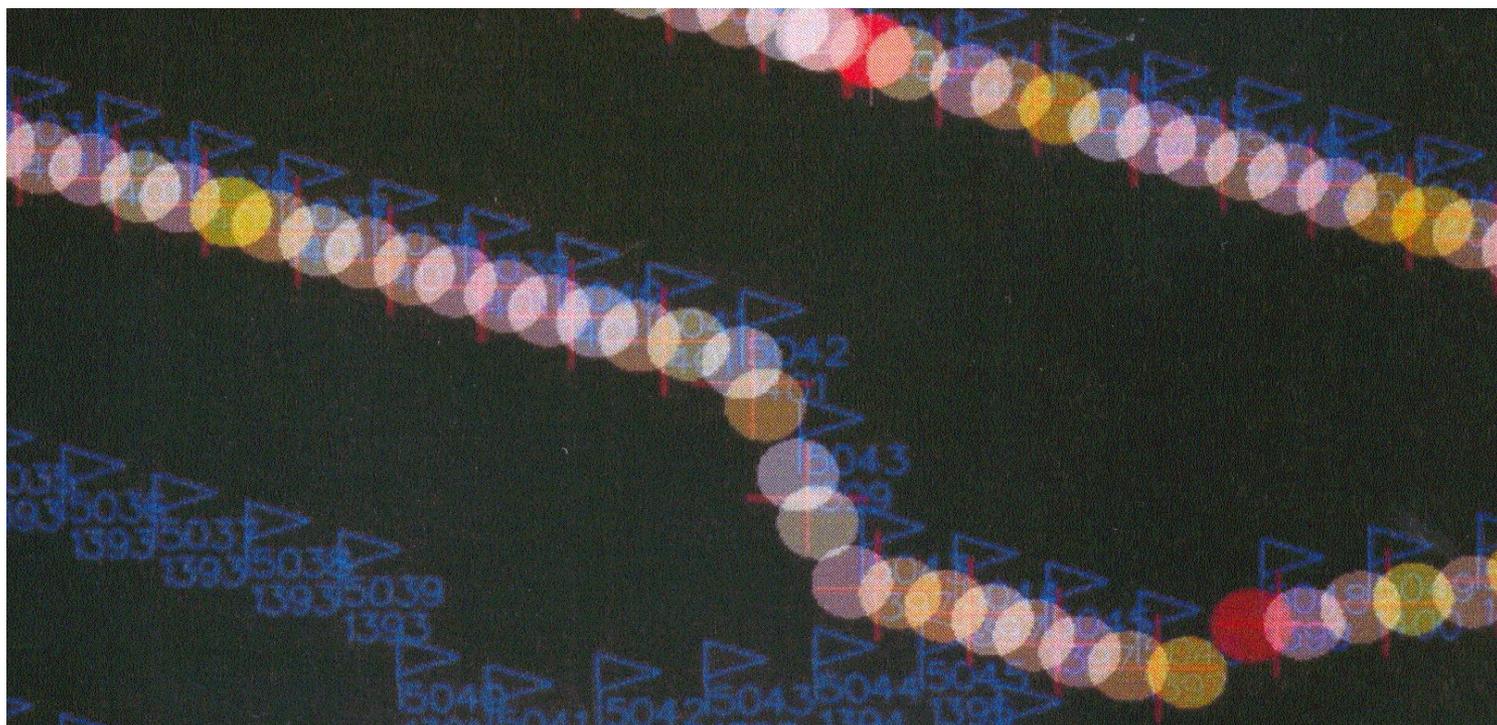
2. Качество работы вибраторов можно проверить по радиоканалу. Проверяются отклонения фазы, величина усилия и возникающие искажения



3. В реальном времени на дисплее отображается информация о пиковых и средних значениях фазы, усилия и искажениях. Также в реальном времени отображается информация о достигнутых пределах по току электрогидравлического преобразователя (*torque motor*), по перемещению реактивной массы и золотника, а также по достижению пикового усилия.

Показана зависимость усилия по времени в %

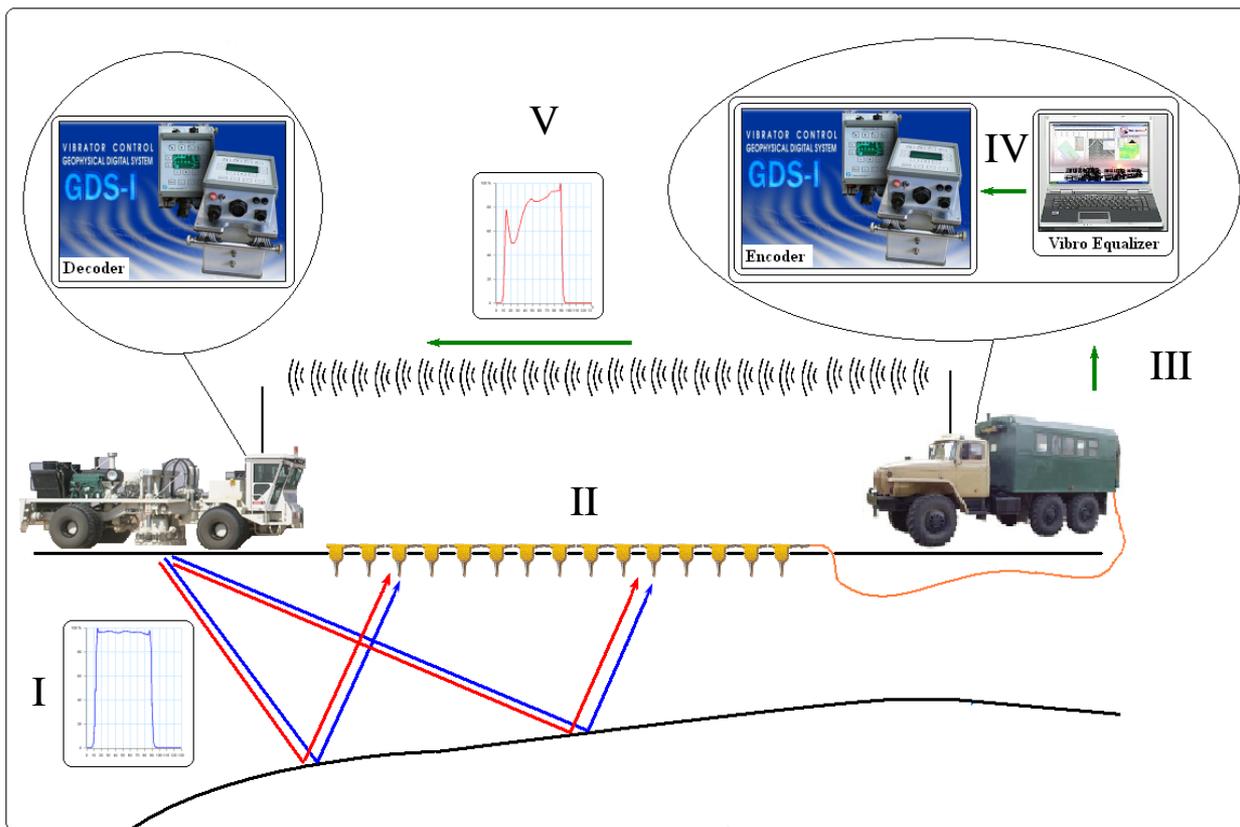




Для повышения производительности сейсморазведочных работ, а также для контроля за положением вибраторов на площади, применяется система спутниковой навигации. Управляющая блоком GDS-I программа позволяет определять и контролировать координаты источников на площади работ, как оператором сейсмической станции, так и оператором вибратора. Для работы с навигацией на вибраторе к Дешифратору подключается планшетный компьютер с установленной программой управления и введенными координатами пунктов возбуждения. Кружки отображают параметры отработки ПВ, кресты – положение центров групп вибраторов. Их цвета отображают: белый – параметры в пределах ошибки предупреждения, жёлтый – хотя бы один параметр больше этой ошибки, но меньше допустимой ошибки, красный – хотя бы один параметр превысил допустимую ошибку.

Обобщенная схема работы по технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС)

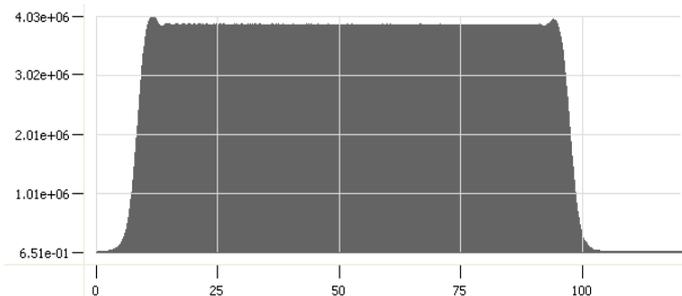
Обобщенная схема работы по технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС)



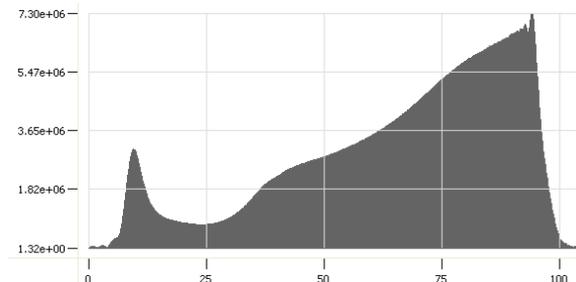
- I. Генерация линейного свип-сигнала на каждом ПВ при первом накоплении;
- II. Регистрация отклика от геологической среды;
- III. Передача виброграммы в программу «Vibro Equalizer» для анализа и расчёта корректирующих коэффициентов;
- IV. Передача рассчитанных коэффициентов в шифратор (Encoder) «GDS-I» станции для расчёта нового свип-сигнала (нелинейного адаптированного) на основании полученных коэффициентов;
- V. Передача данного нелинейного адаптированного свип-сигнала в дешифратор (Decoder) вибрационных источников по радиоканалу для генерации последующих накоплений на данном ПВ.

Схема вычисления спектра оптимального адаптивного свип-сигнала

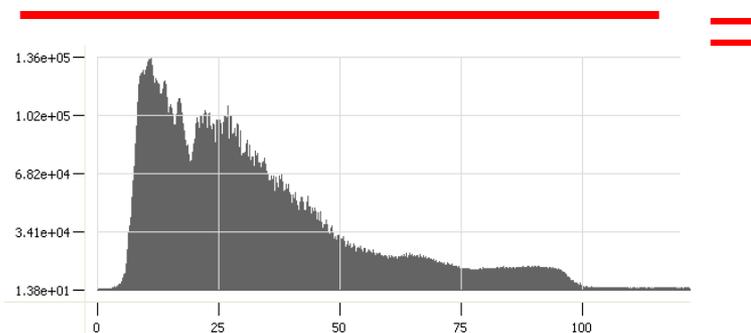
СПЕКТР желаемого
отклика среды на
адаптивный свип



СПЕКТР
адаптивного сигнала

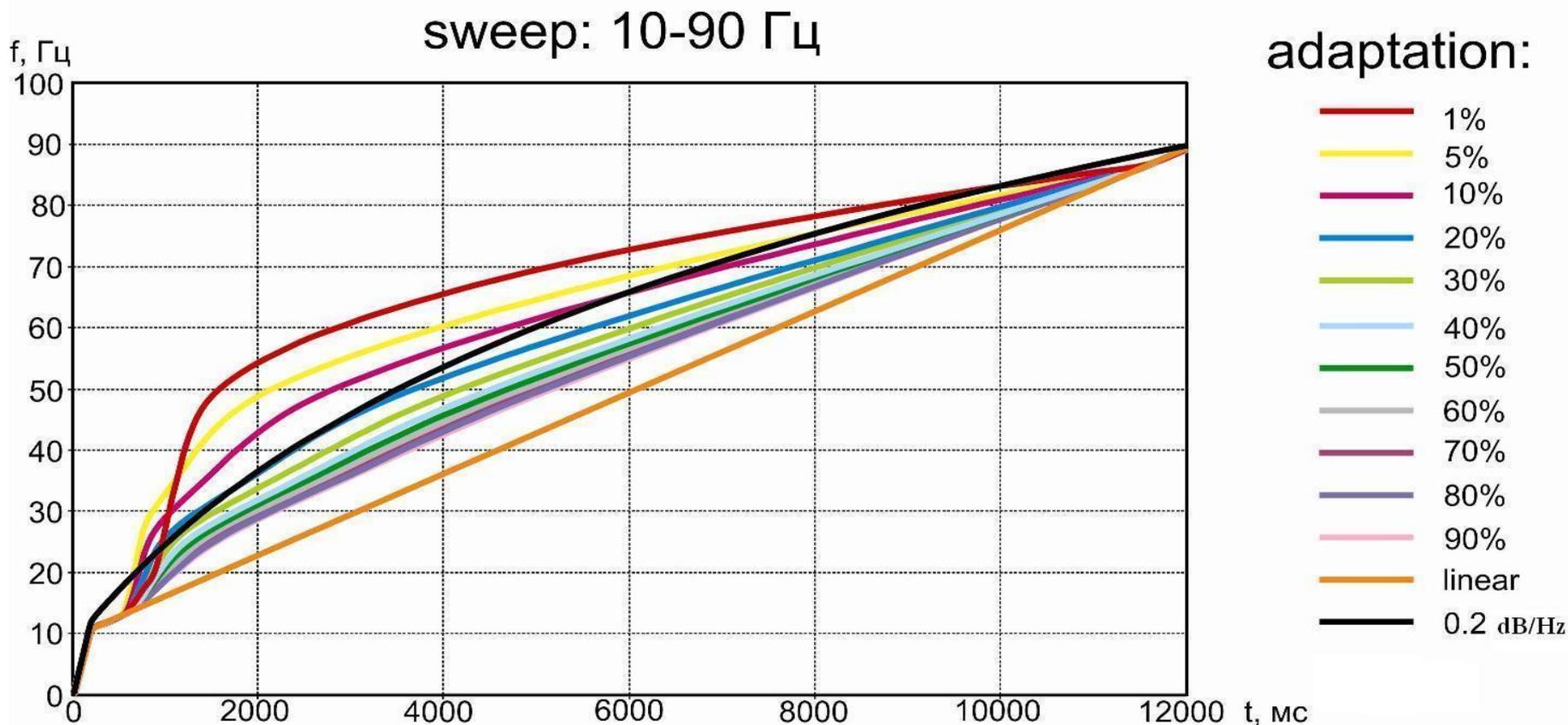


СПЕКТР отклика на
лчм-свип - АЧХ
геологической среды

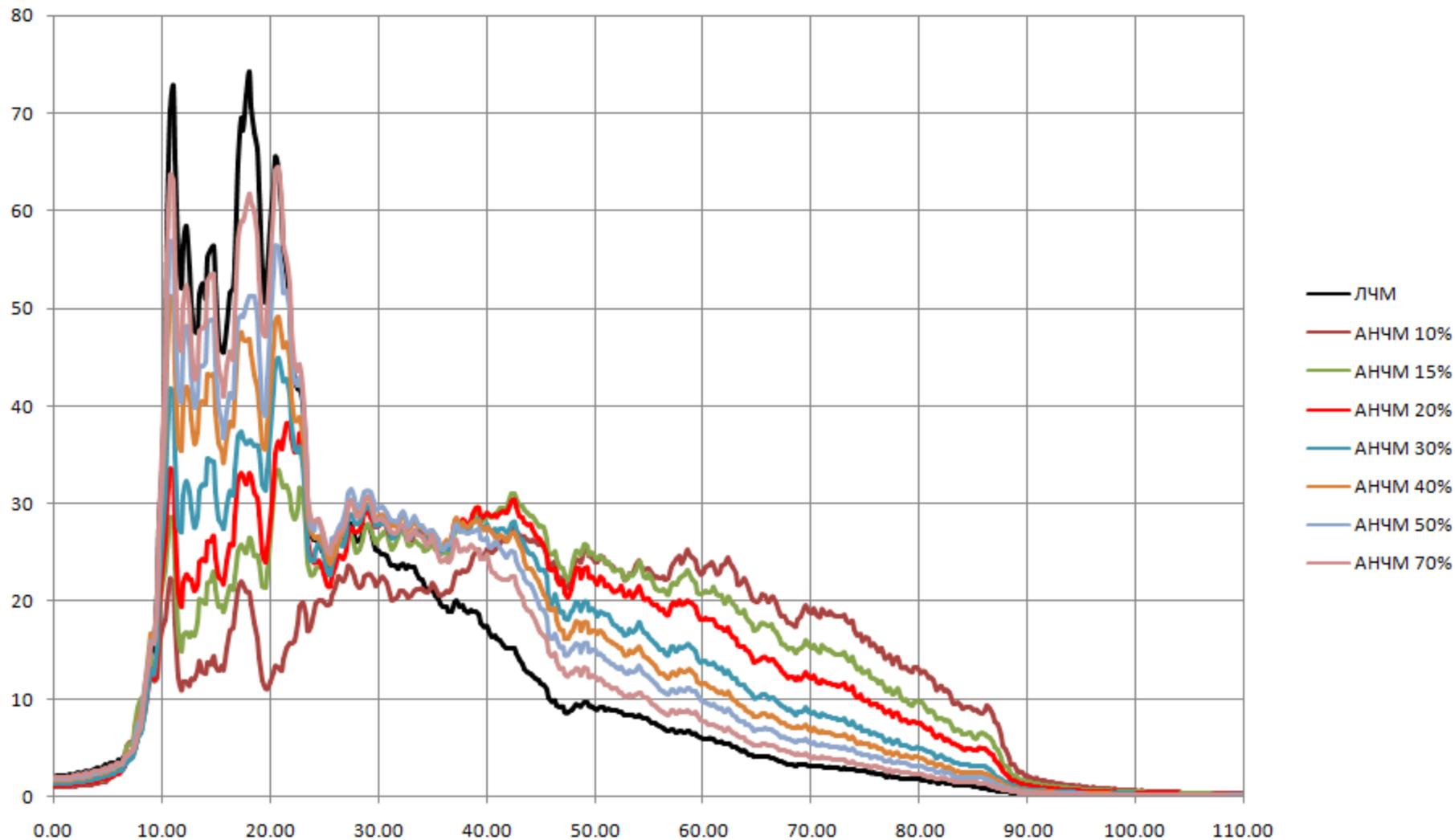


$$S(f)_{\text{avis}} = \frac{1}{S(f)_{\text{response}} + \alpha} \quad \alpha - \text{степень адаптации}$$

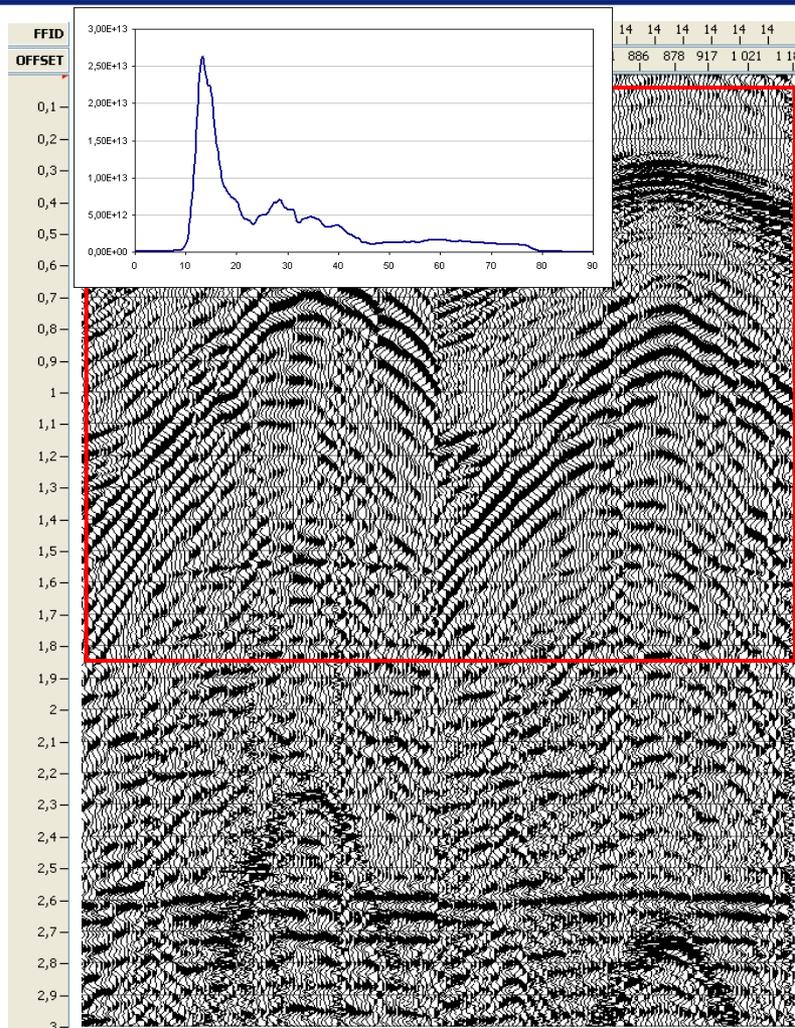
Семейство графиков $f(t)$ для адаптивного свип-сигнала в зависимости от коэффициента адаптации



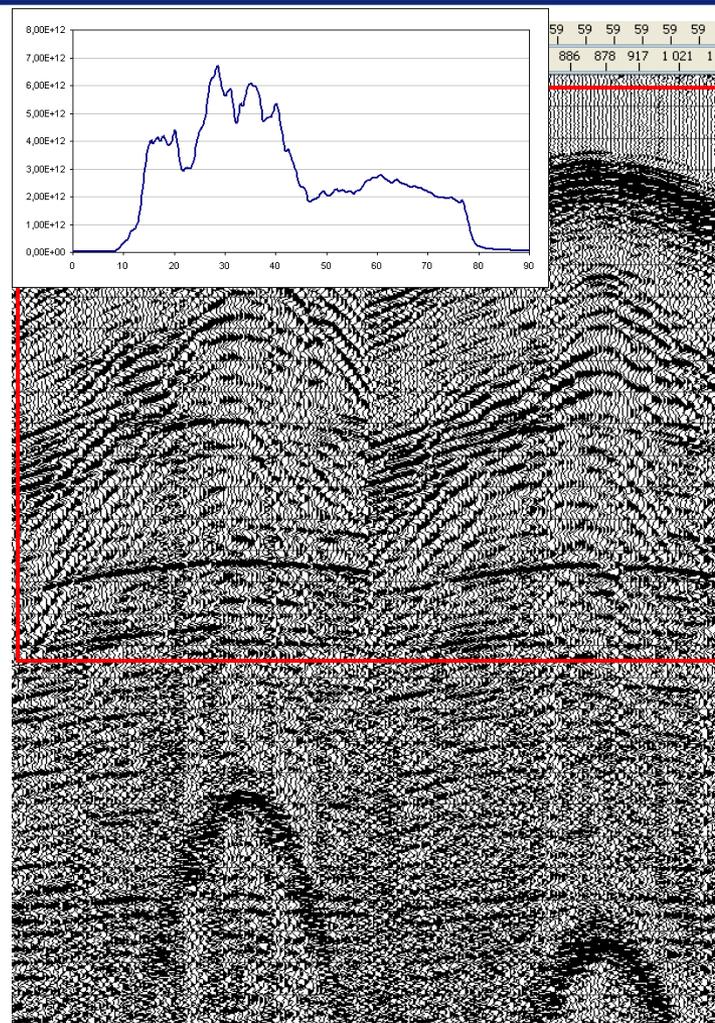
Спектры откликов для семейства адаптивных свип-сигналов в зависимости от коэффициента адаптации



Сравнение фрагментов коррелограмм 3Д и их спектров: линейный свип-сигнал 10-80 Гц, адаптивный свип-сигнал 10-80 Гц (фактор шума 20%)



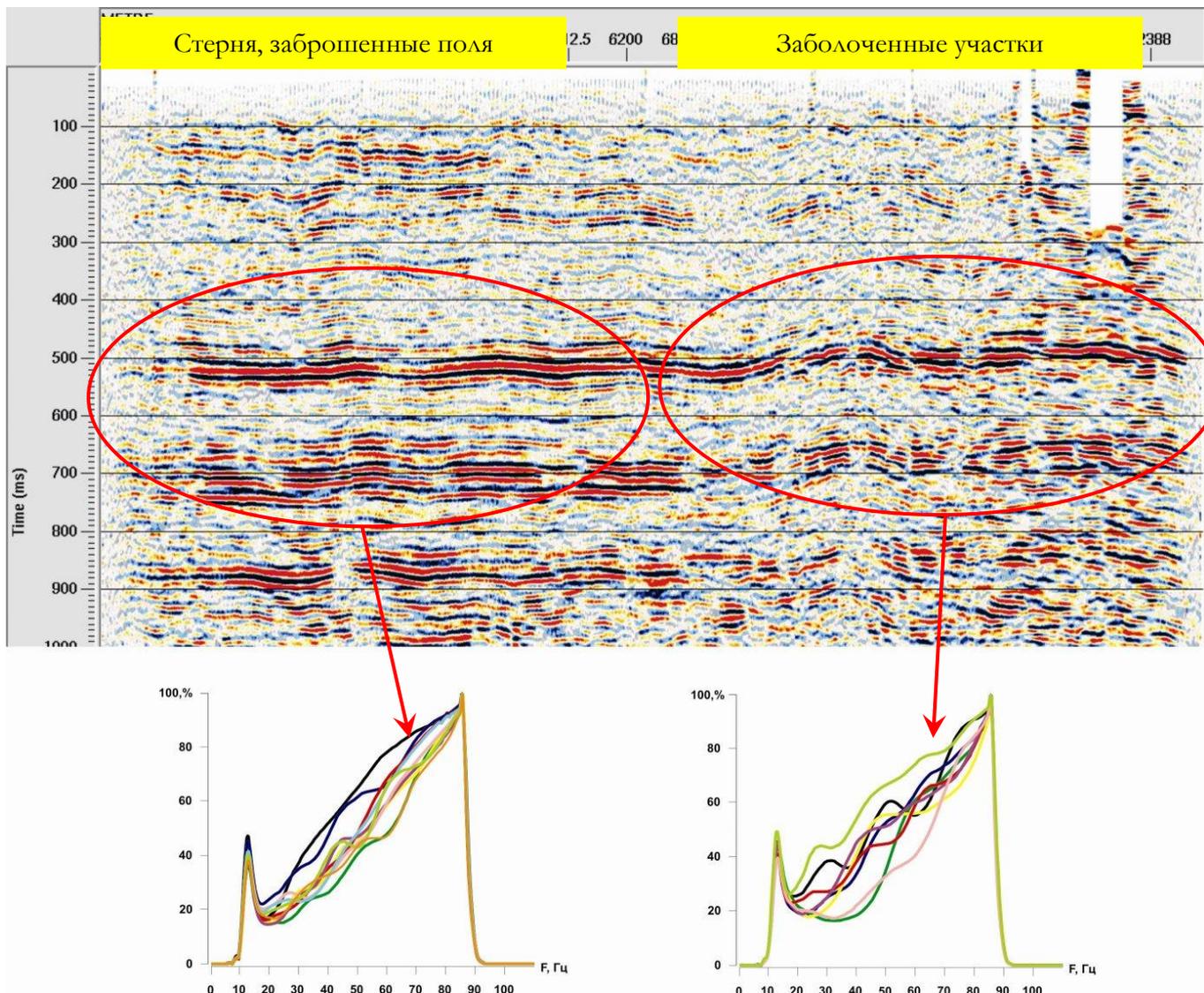
Линейный свип



Адаптивный свип

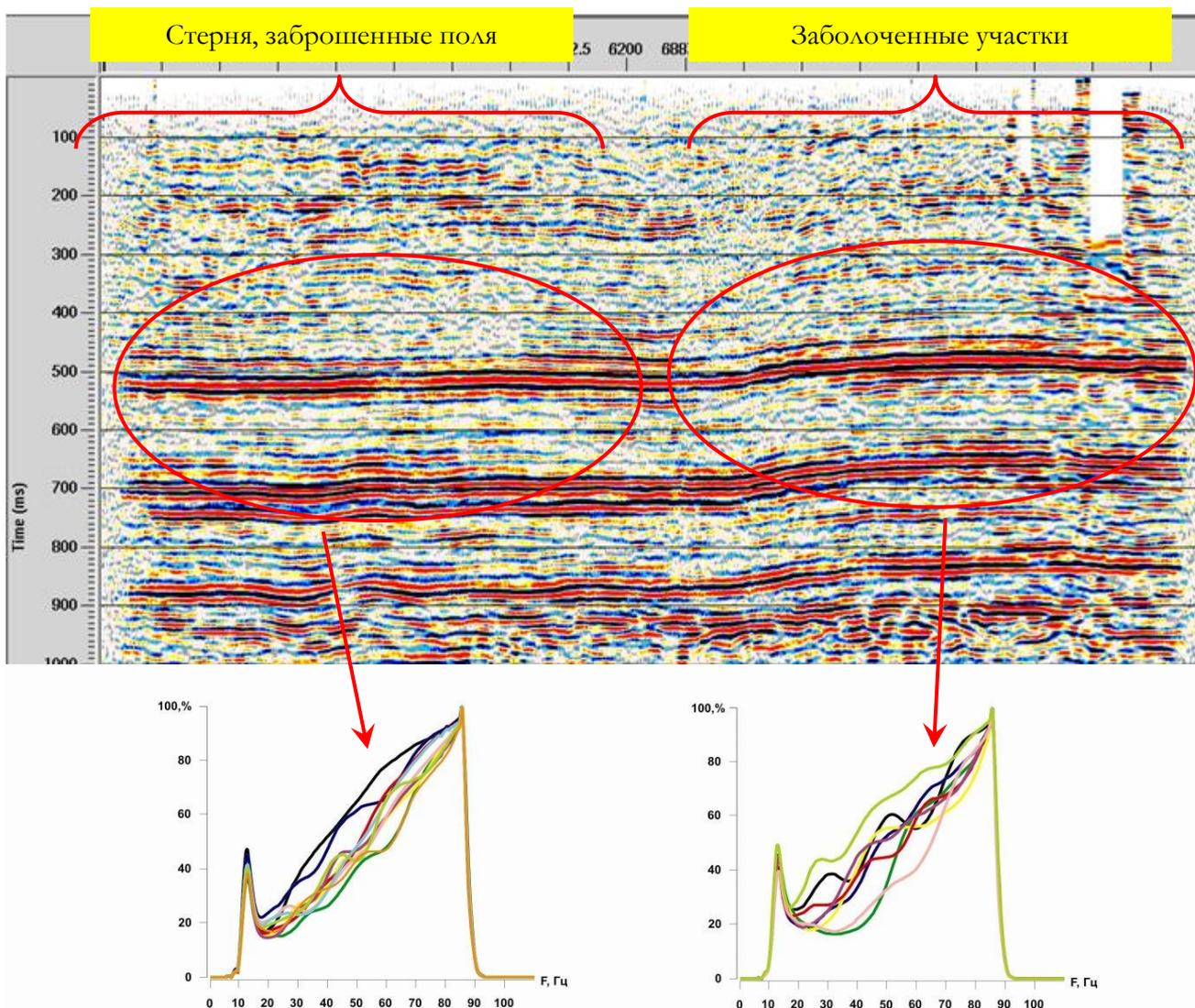
Адаптация выполняется на каждом ПВ

Изменение формы спектра генерируемого свип-сигнала вдоль профиля в зависимости от условий возбуждения



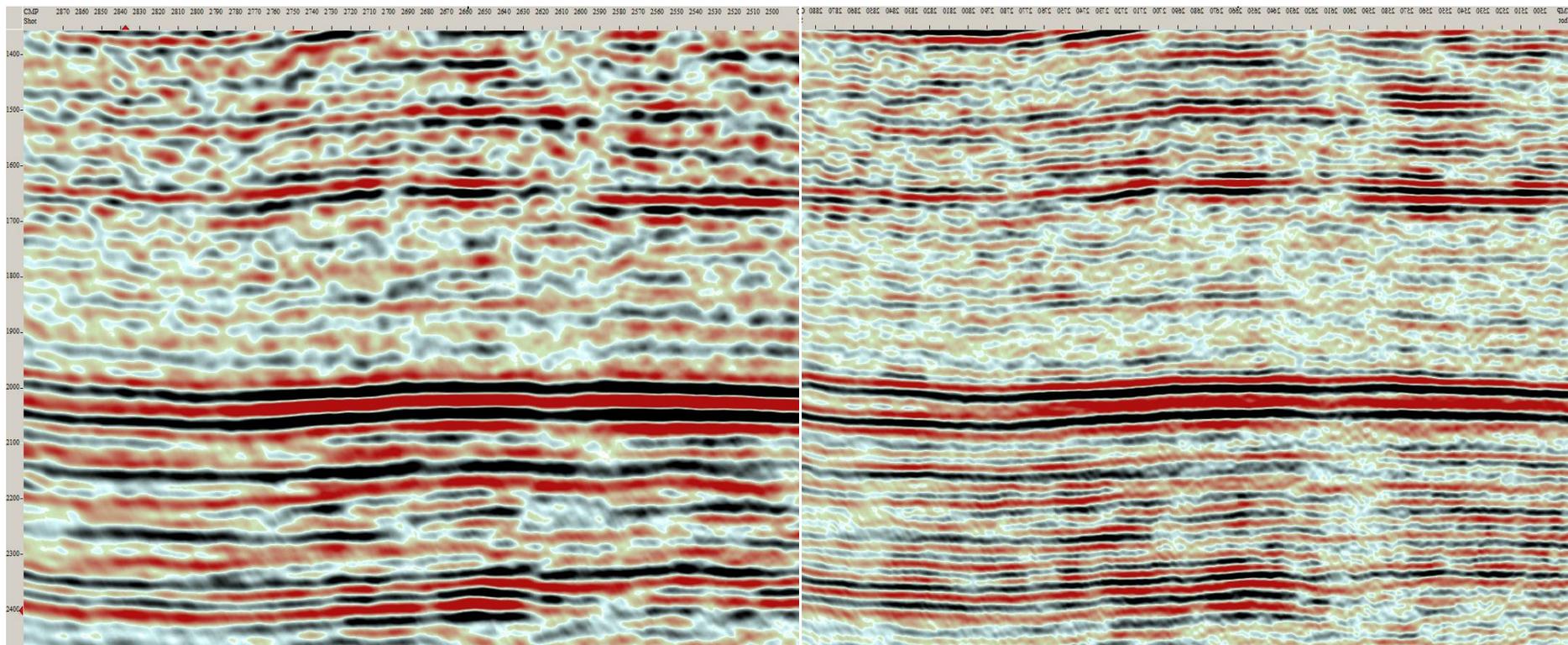
Изменение формы спектра генерируемого свип-сигнала вдоль профиля в зависимости от условий возбуждения

Разрез после коррекции статических поправок



Повышение разрешённости сейсмической записи.

Волновая картина на уровне нижнемеловых и верхнеюрских отложений

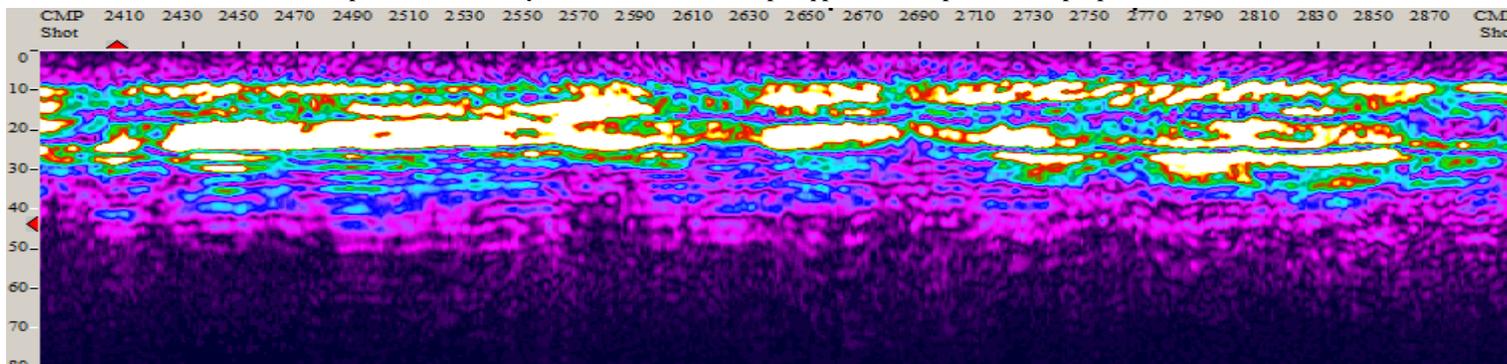


Линейный свип

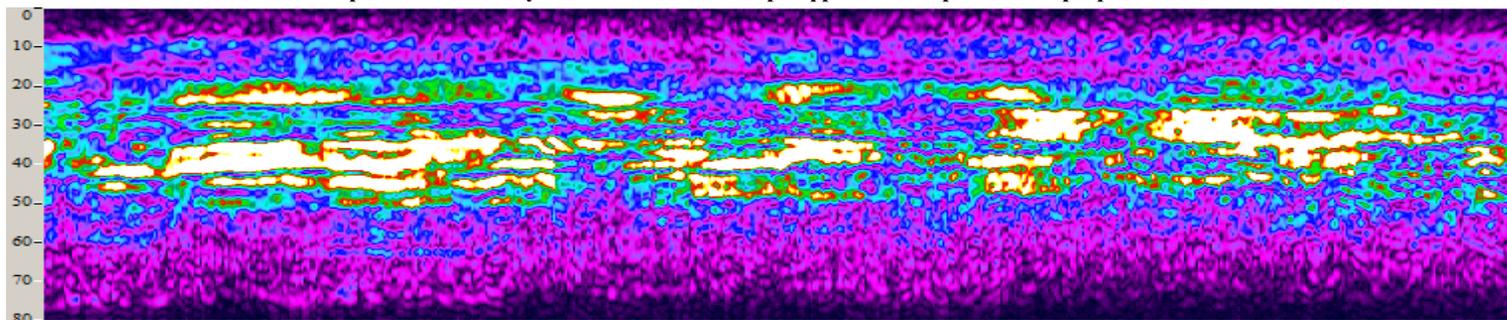
Адаптивный свип

Сравнение амплитудно-частотных спектров вдоль профиля с линейным и адаптивным свип-сигналами

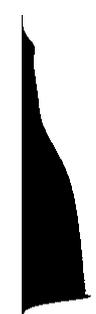
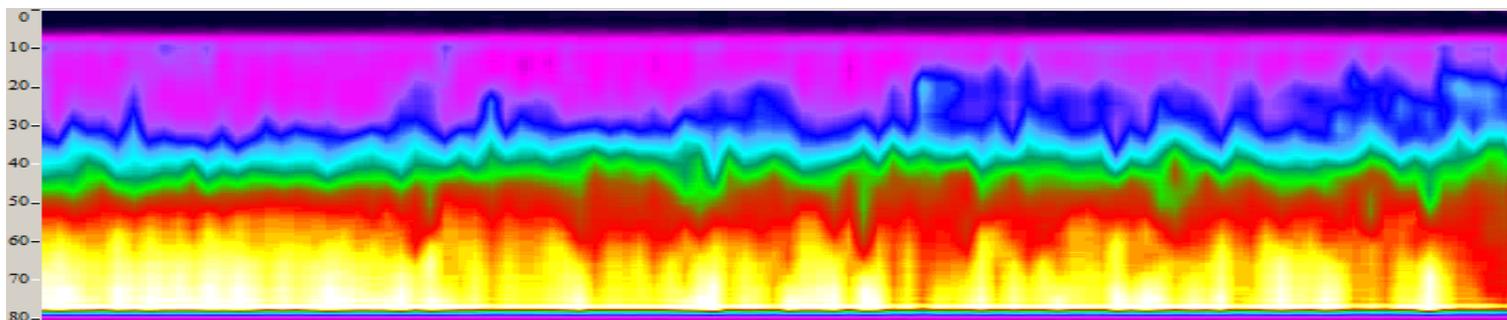
Потрасные амплитудно-частотные спектры фрагмента временного разреза. ЛЧМ



Потрасные амплитудно-частотные спектры фрагмента временного разреза. АВИС

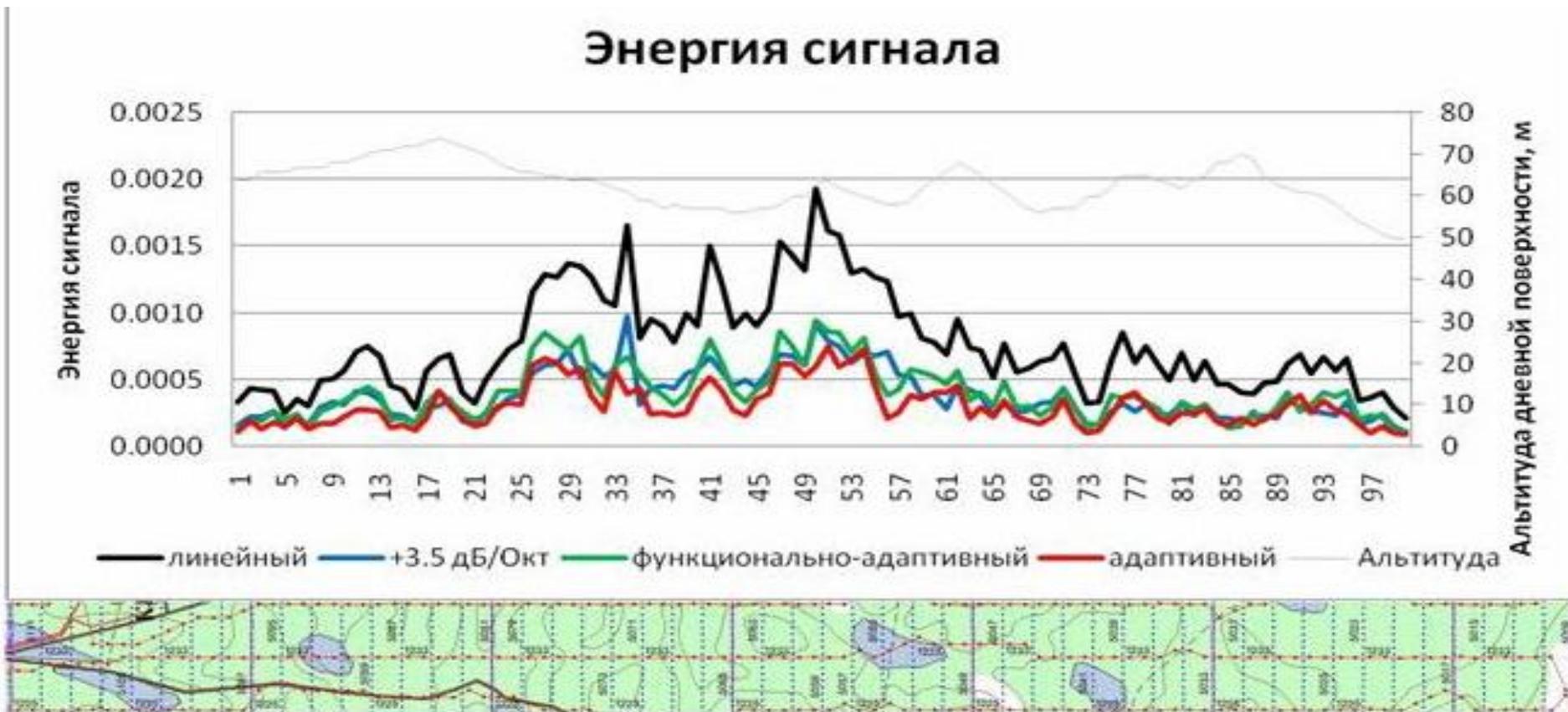


Форма Адаптивного свипа изменяется вдоль профиля, компенсируя влияние поверхностных сейсмогеологические неоднородностей на качество сигнала

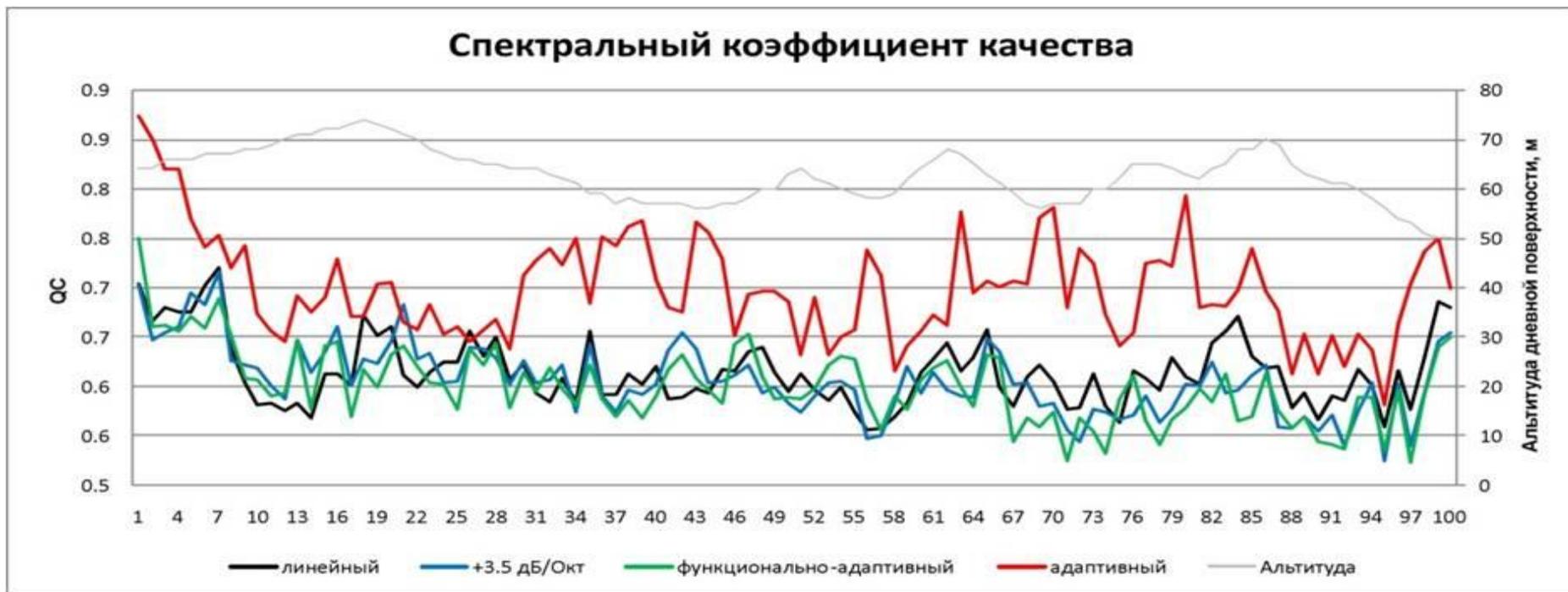


Сравнение различных типов опорного сигнала

Адаптация стабилизирует энергию волнового поля отражений за счет компенсации резонансных явлений в системе плита-грунт, что благоприятно сказывается на качестве дальнейшей обработки данных



Адаптация повышает отношение «сигнал/шум» в области высоких частот, что благоприятно сказывается на качестве дальнейшей обработки данных



$$QC = (F_d / F_{d_{max}} + \Delta F / \Delta F_{max}) / 2$$

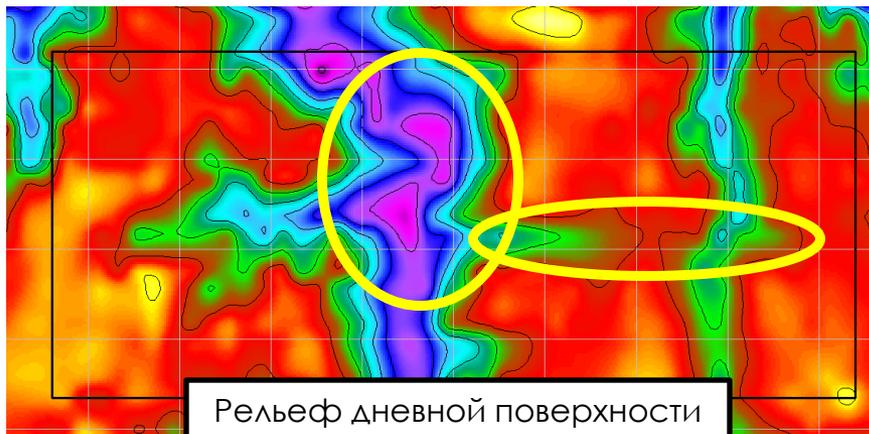
где F_d – значения доминантной частоты на ПВ,

$F_{d_{max}}$ – максимальное значение доминантной частоты по всему диапазону данных (по всем видам наблюдений и всем пикетам);

ΔF – значения ширины спектра на ПВ,

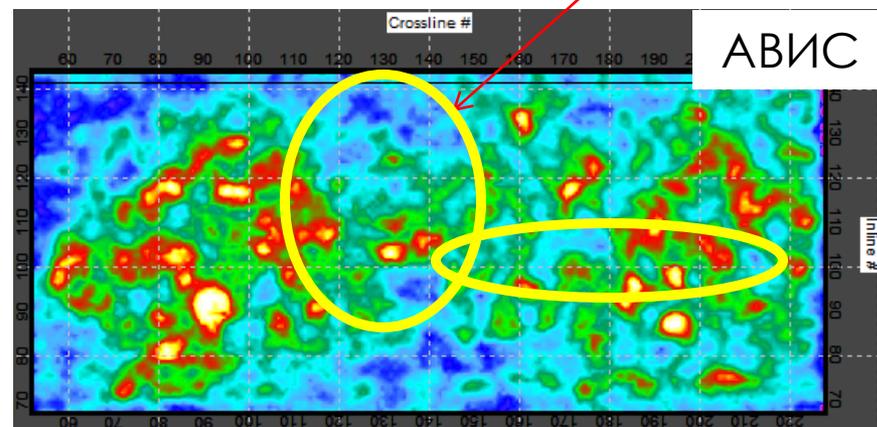
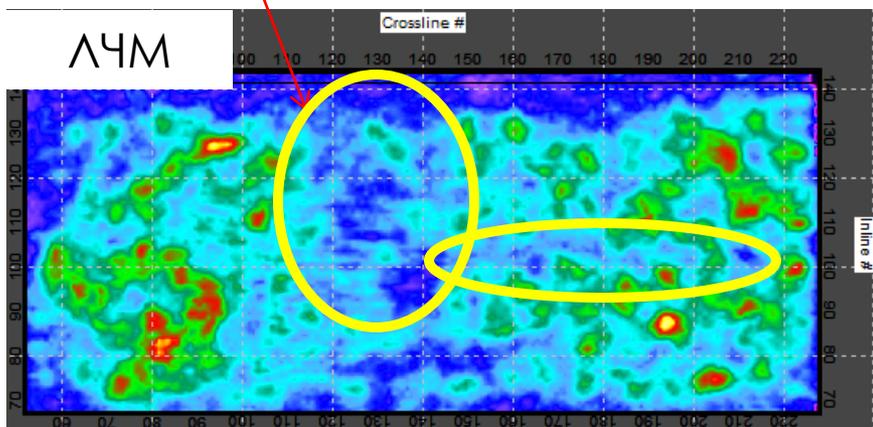
ΔF_{max} – максимальное значение ширины спектра по всему диапазону данных

Компенсация динамических аномалий, связанных с поверхностными условиями, при переходе к АВИС

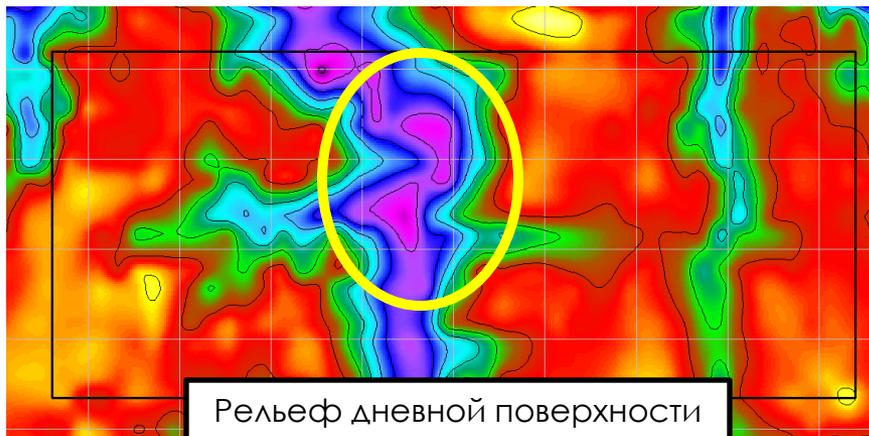


Аномалия НЕ
скомпенсирована

Аномалия
скомпенсирована

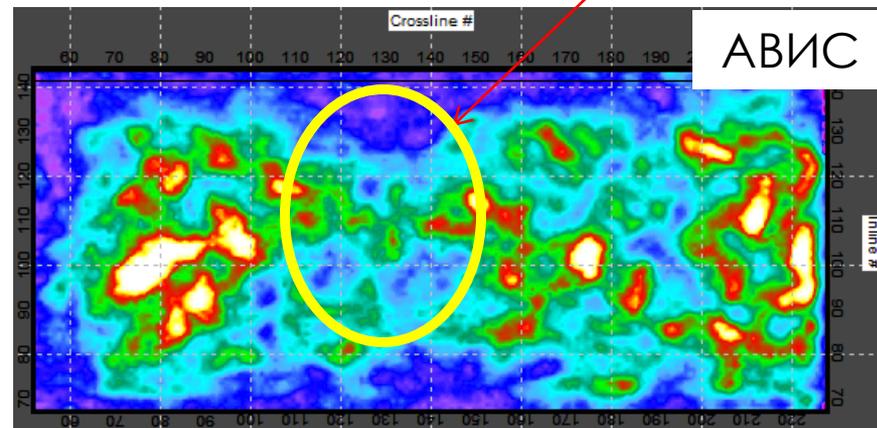
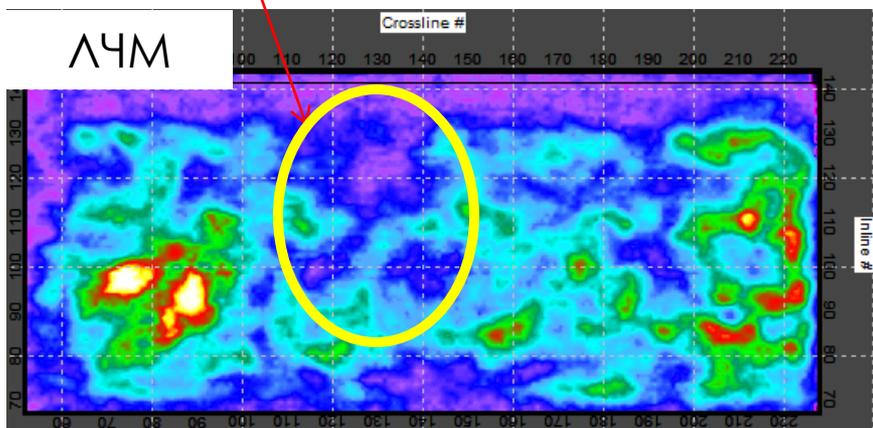


Компенсация динамических аномалий, связанных с поверхностными условиями, при переходе к АВИС

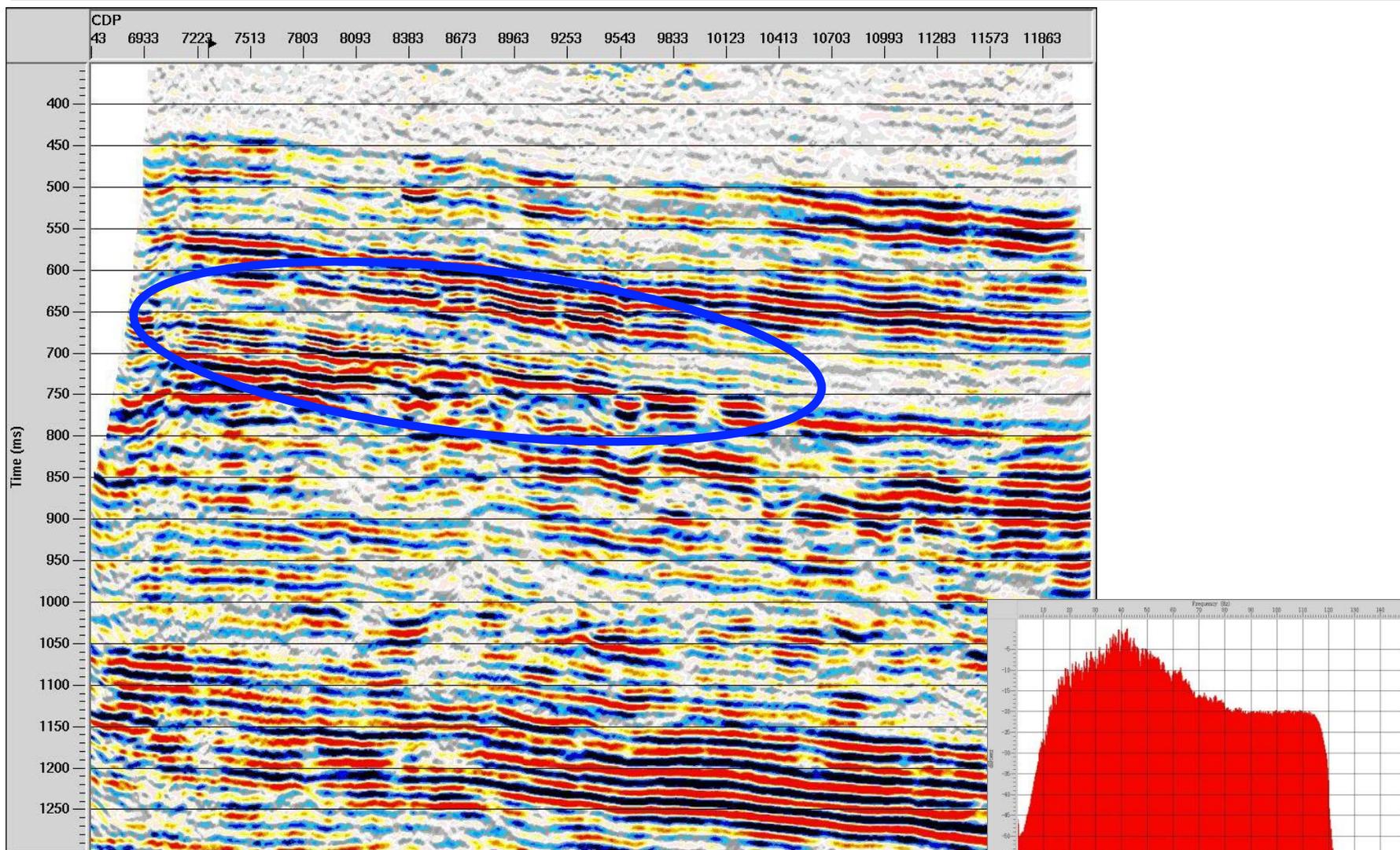


Аномалия НЕ
скомпенсирована

Аномалия
скомпенсирована

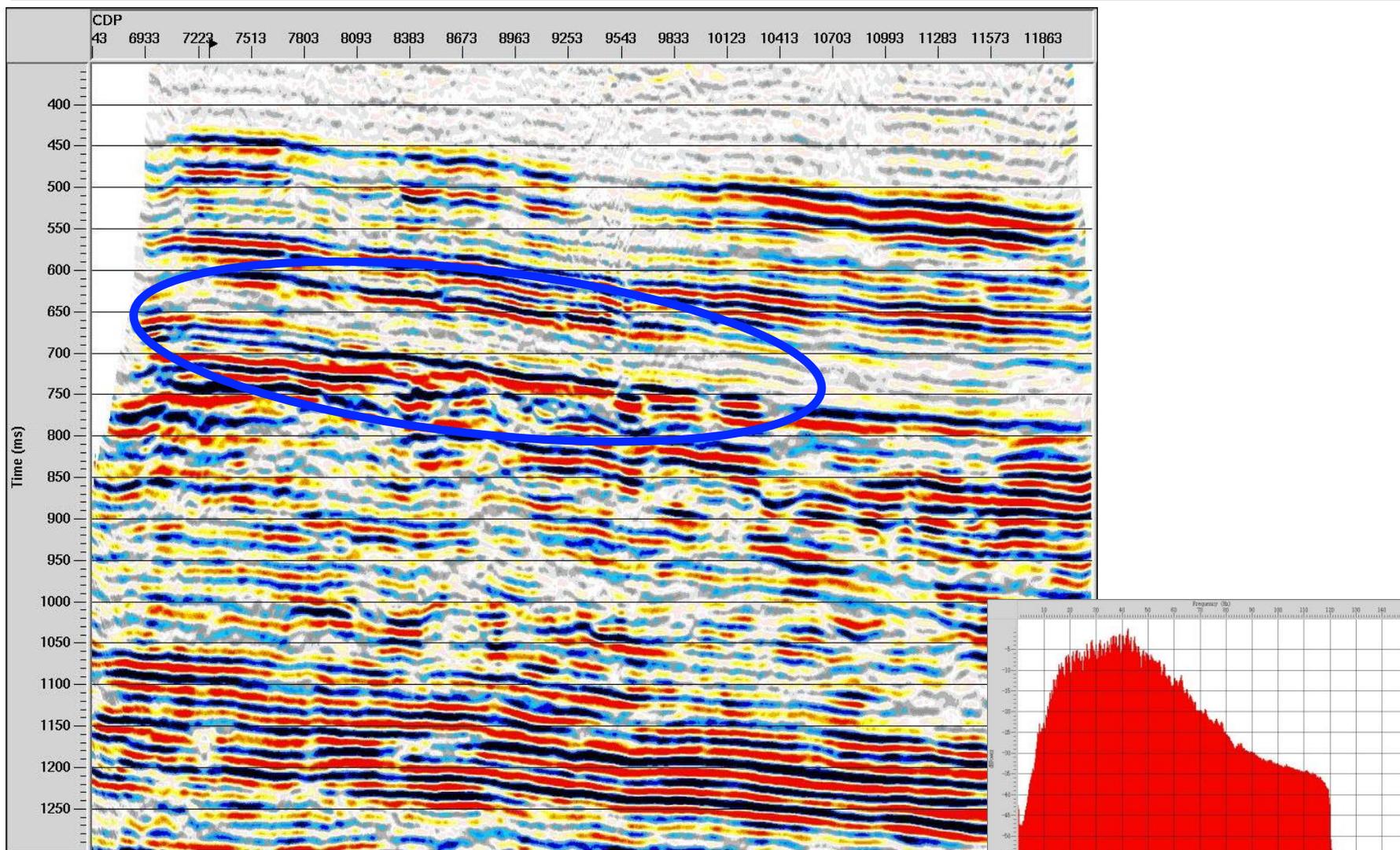


Сравнение данных АВИС с данными, полученными в результате взрывного способа возбуждения



Временной разрез и его спектр. Адаптивный свип-сигнал.

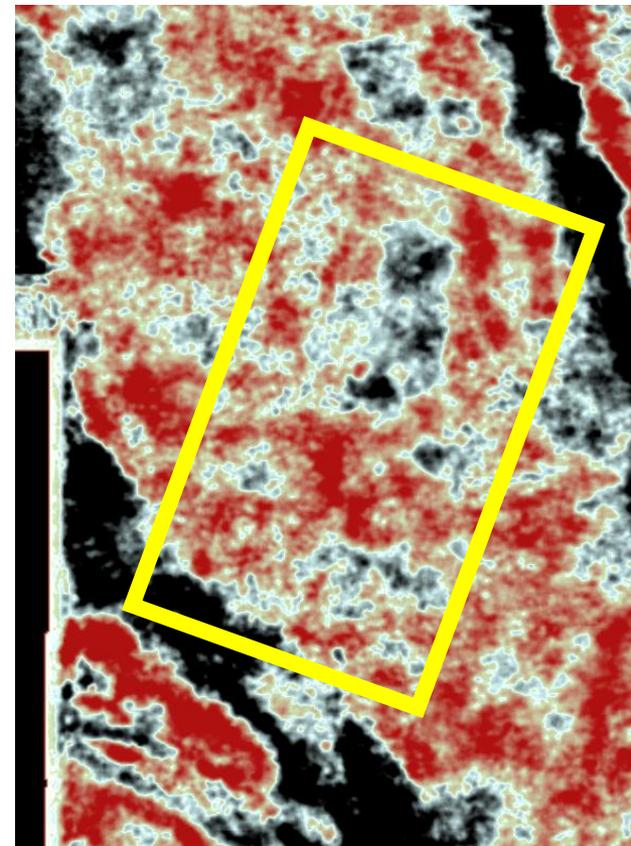
Сравнение данных АВИС с данными, полученными в результате взрывного способа возбуждения



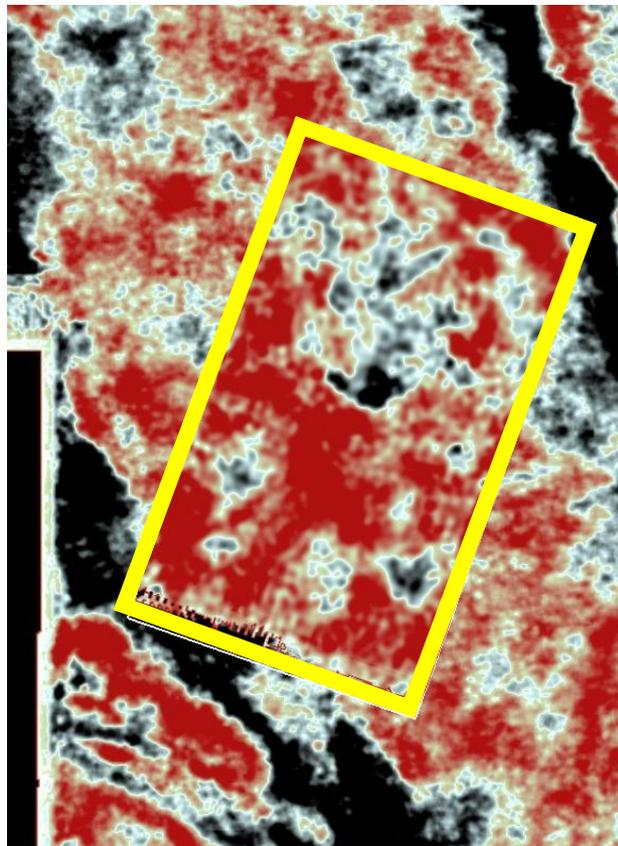
Временной разрез и его спектр. Взрывной источник.

Повышение динамической выразительности и разрешённости сейсмической записи при совместном применении АВИС и плотной съёмки.

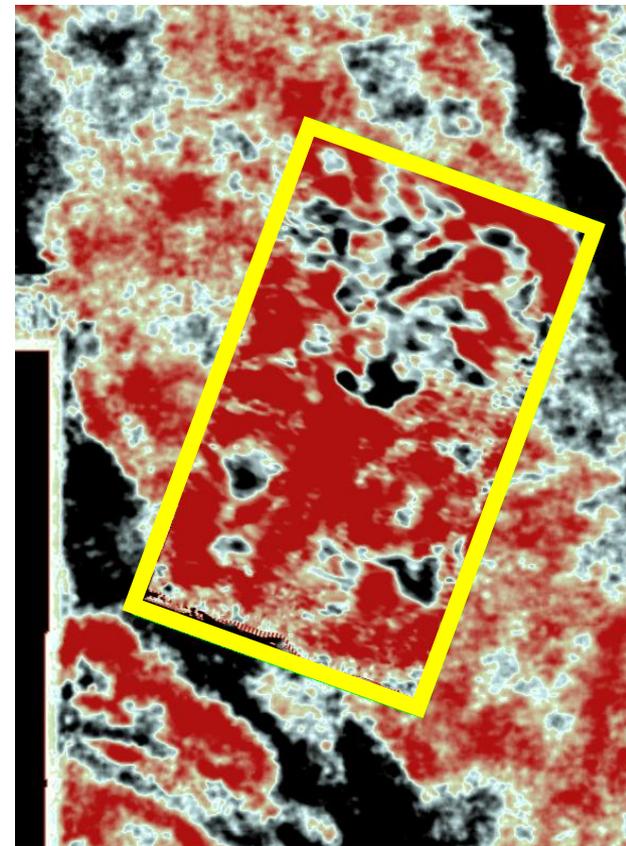
Временные срезы на уровне сеноманской залежи



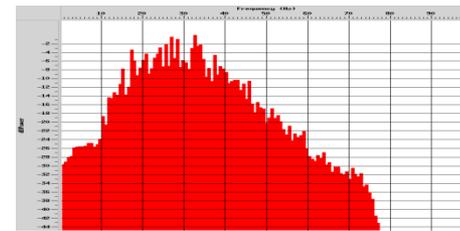
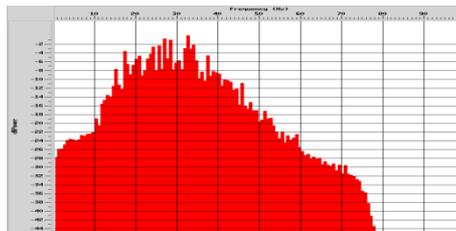
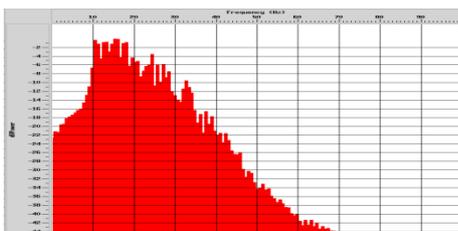
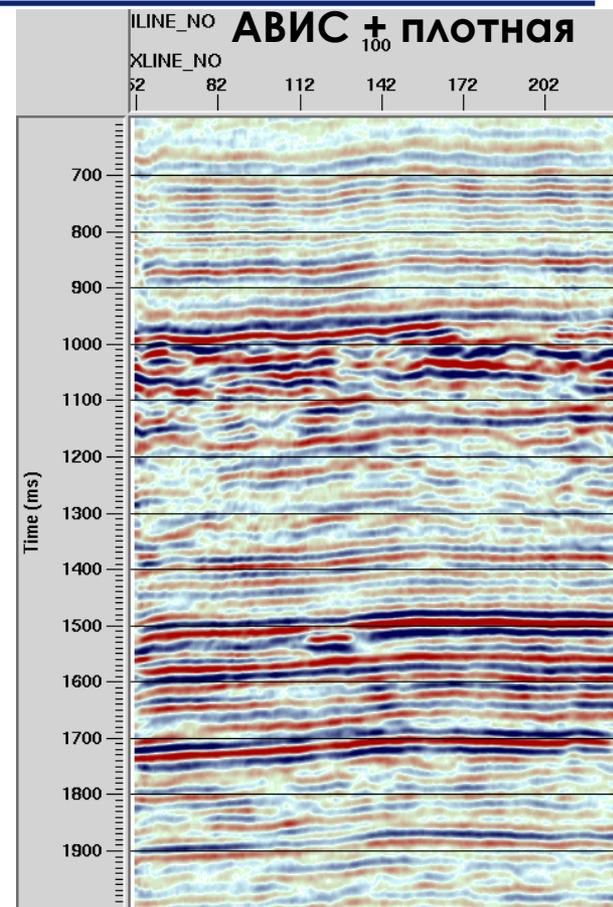
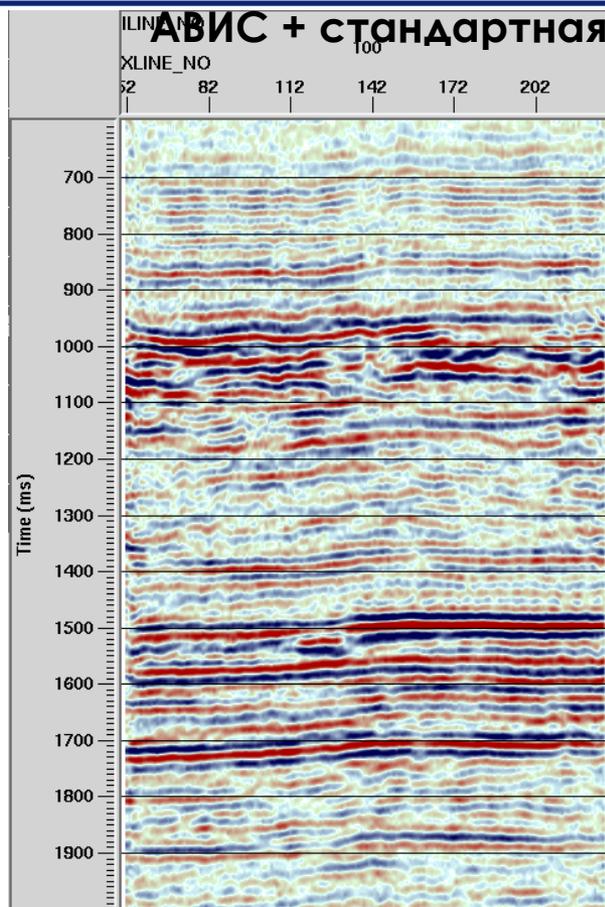
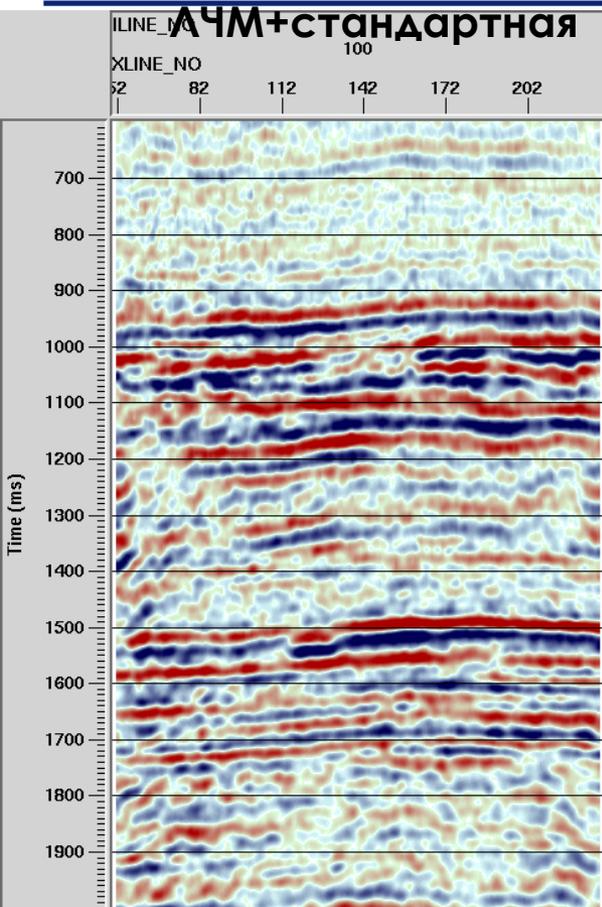
ЛЧМ + стандартная съёмка
(ЛПхЛВ=300х300 кв.м, бин 25х25 кв.м)

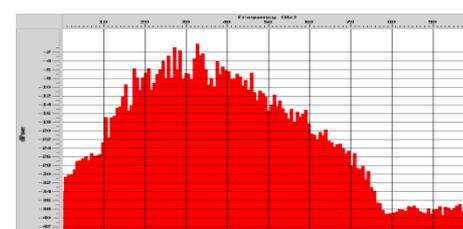
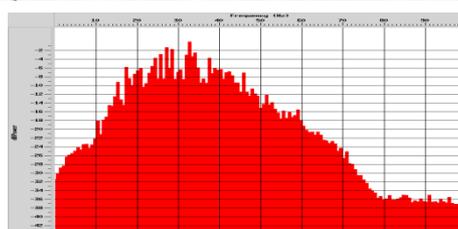
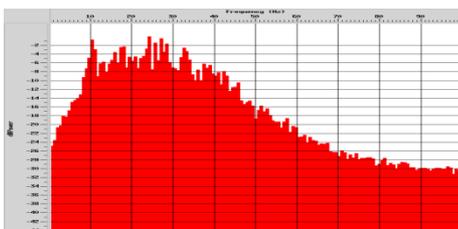
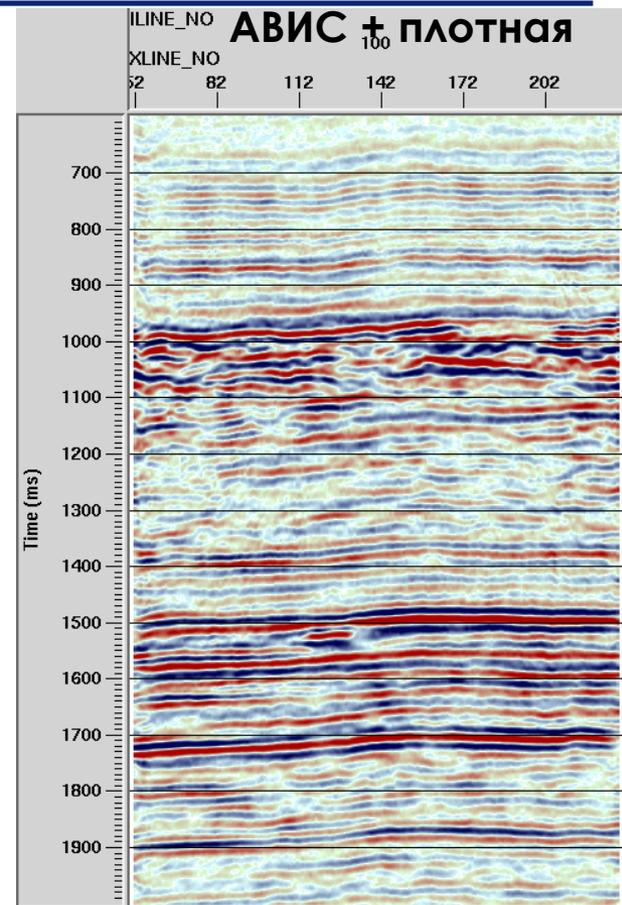
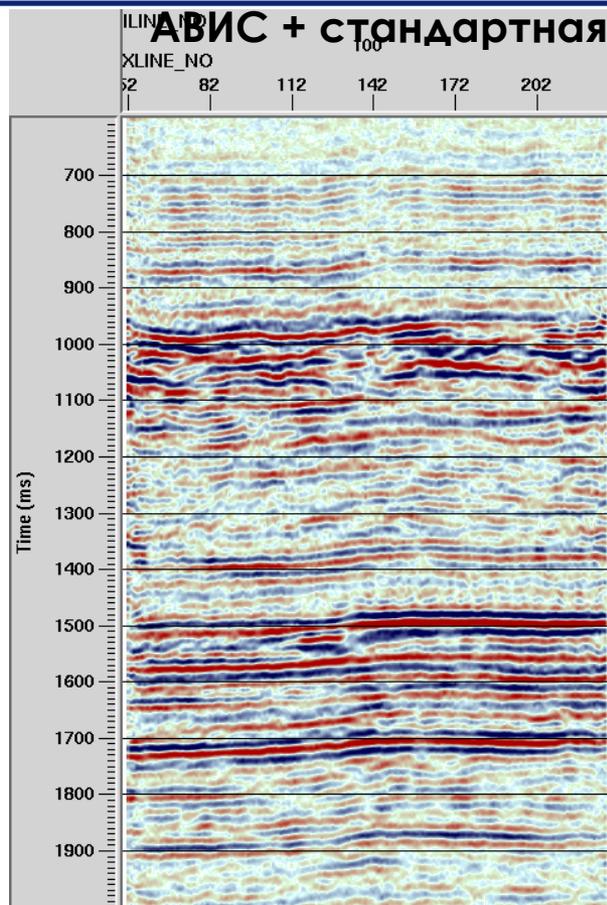
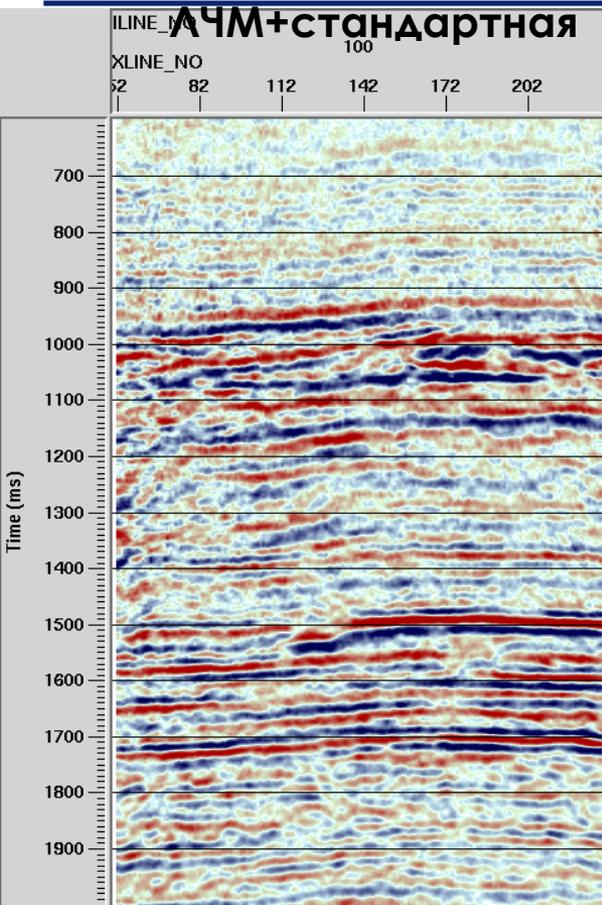


АВИС + стандартная съёмка
(ЛПхЛВ=300х300 кв.м, бин 25х25 кв.м)



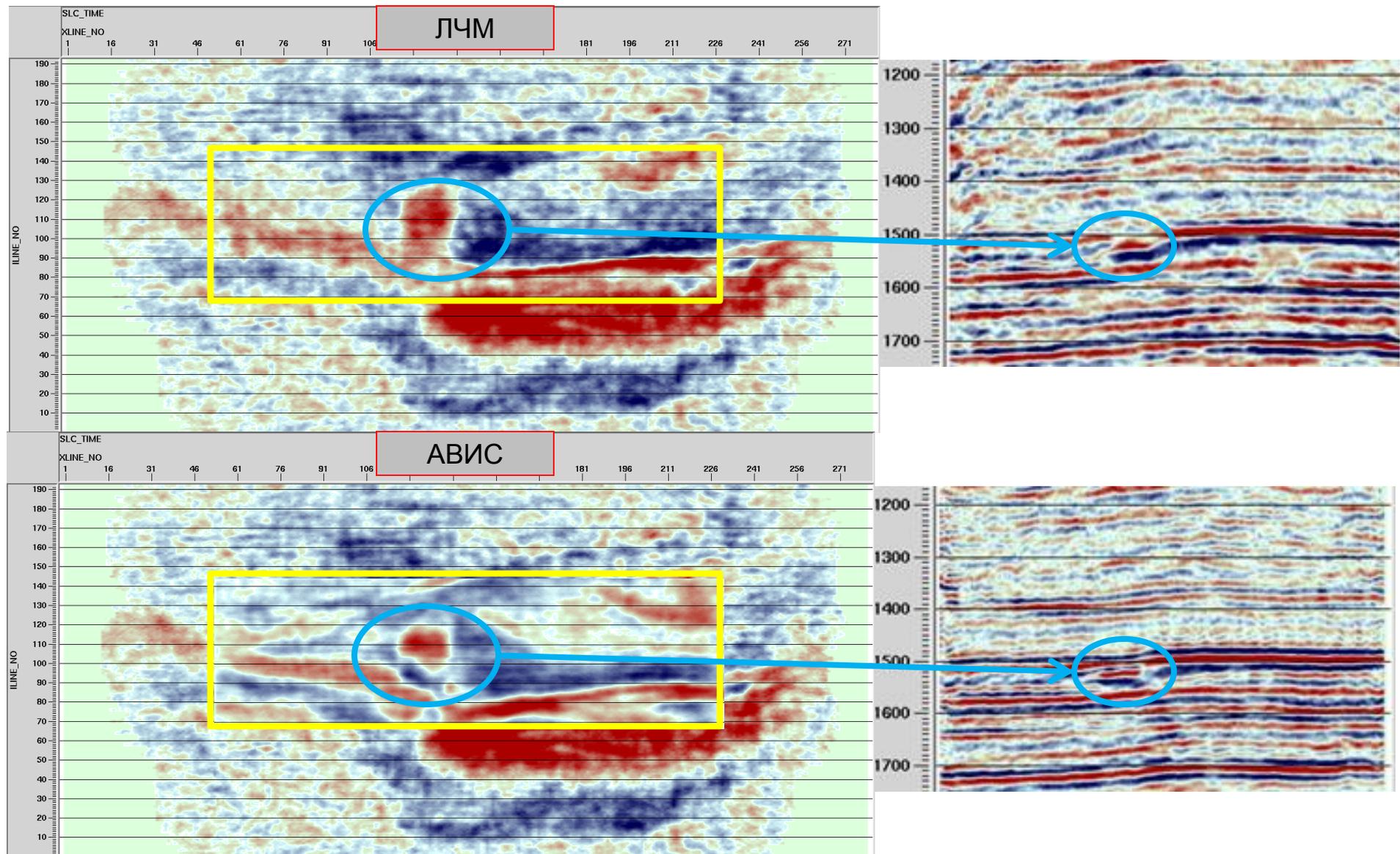
АВИС + плотная съёмка
(ЛПхЛВ=100х200 кв.м, бин 12,5х25 кв.м)





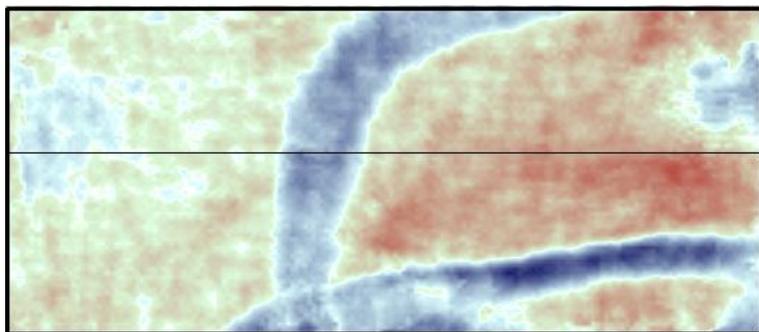
Сравнение горизонтальных срезов кубов 3Д с линейным и адаптивным свип-сигналами

Срез на времени 1516 мс

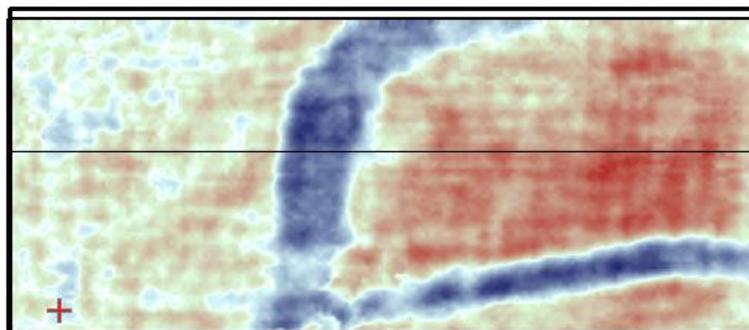


Отображение русловых объектов на срезках ниже ОГ М

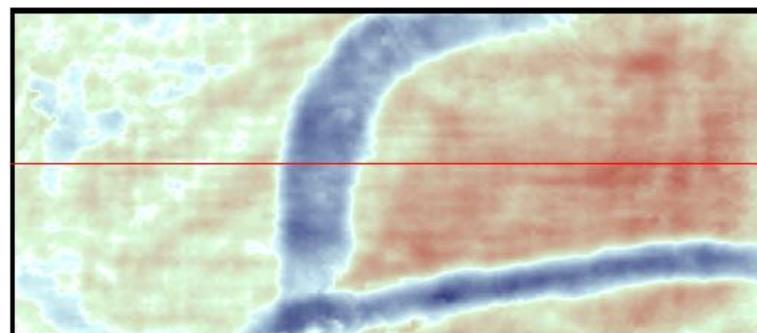
Стандартная ЛЧМ



Стандартная АВИС



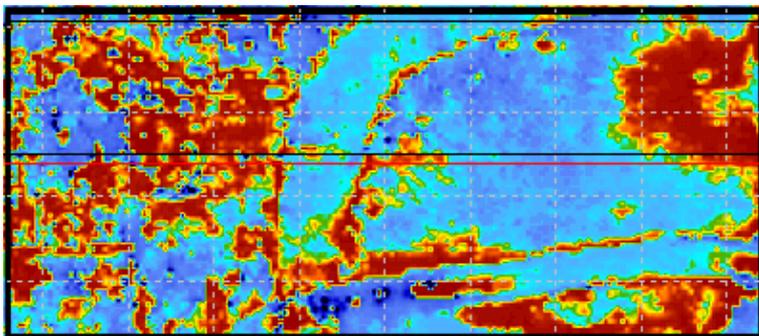
Плотная АВИС



Отображение русловых объектов на срезах ниже ОГ М

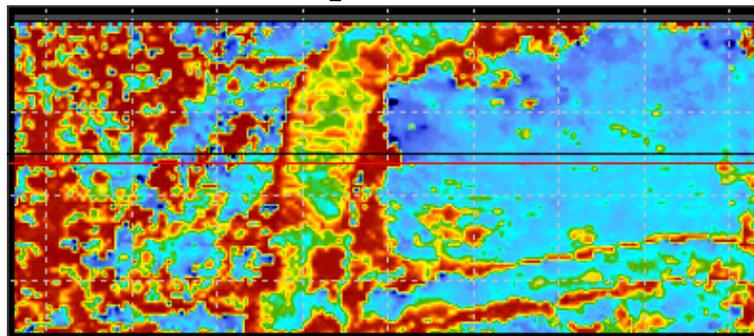
Среднее значение мгновенной частоты

Стандартная ЛЧМ

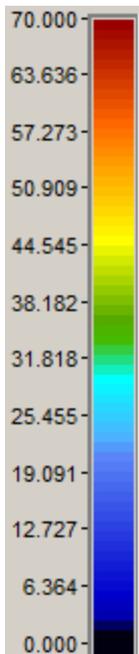
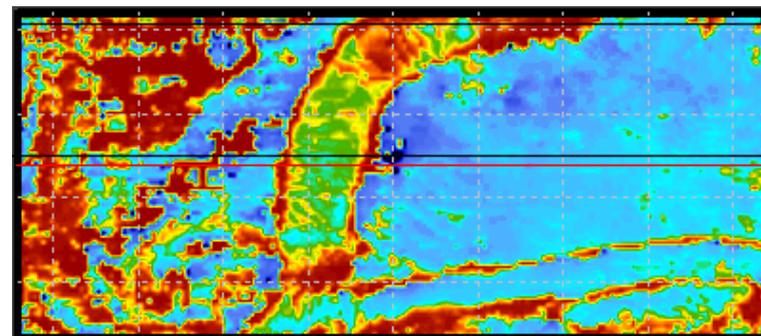


Повышение информативности
динамических атрибутов, как
индикаторов изменения свойств
поисковых объектов

Стандартная АВИС

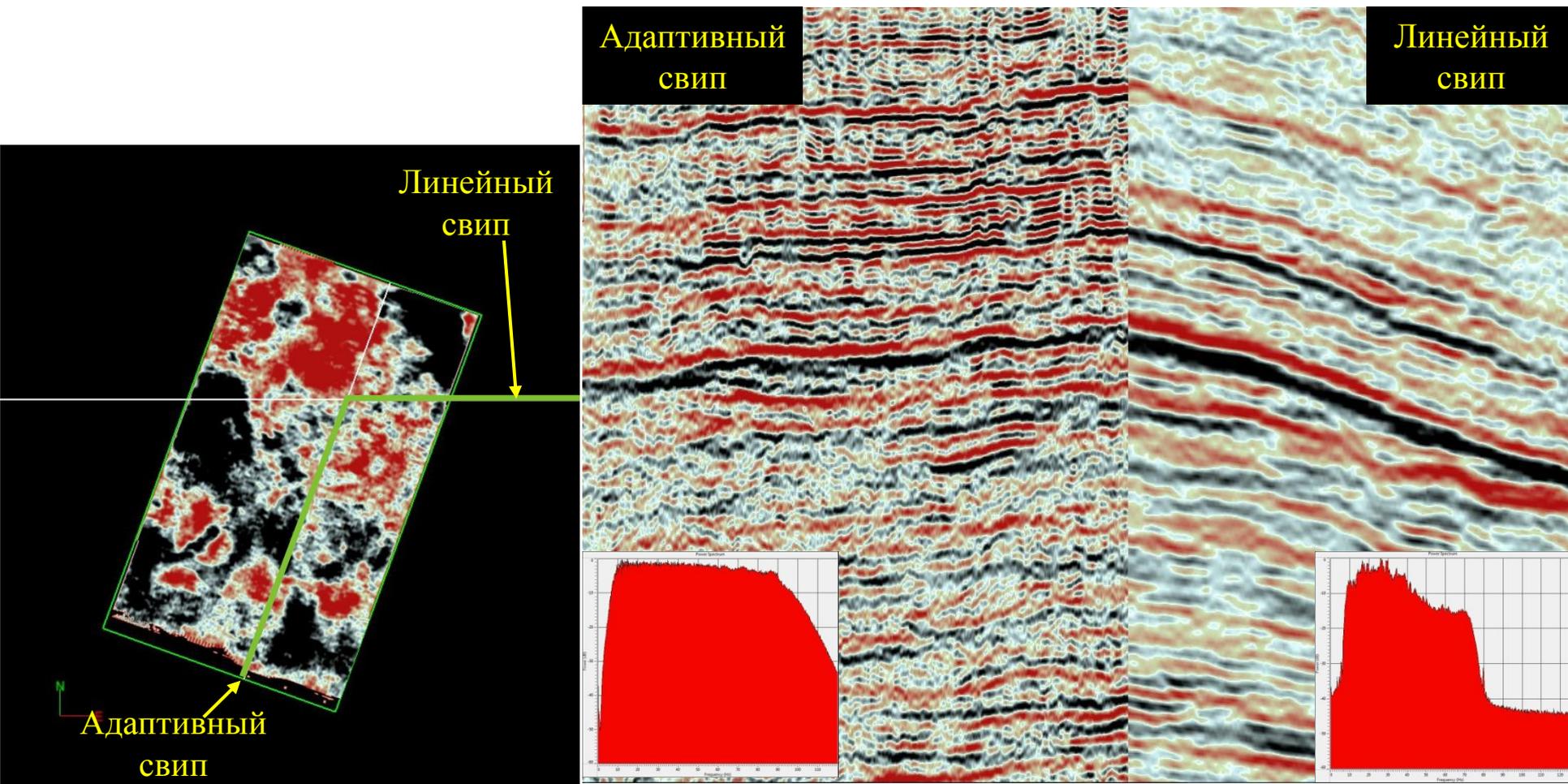


Плотная АВИС

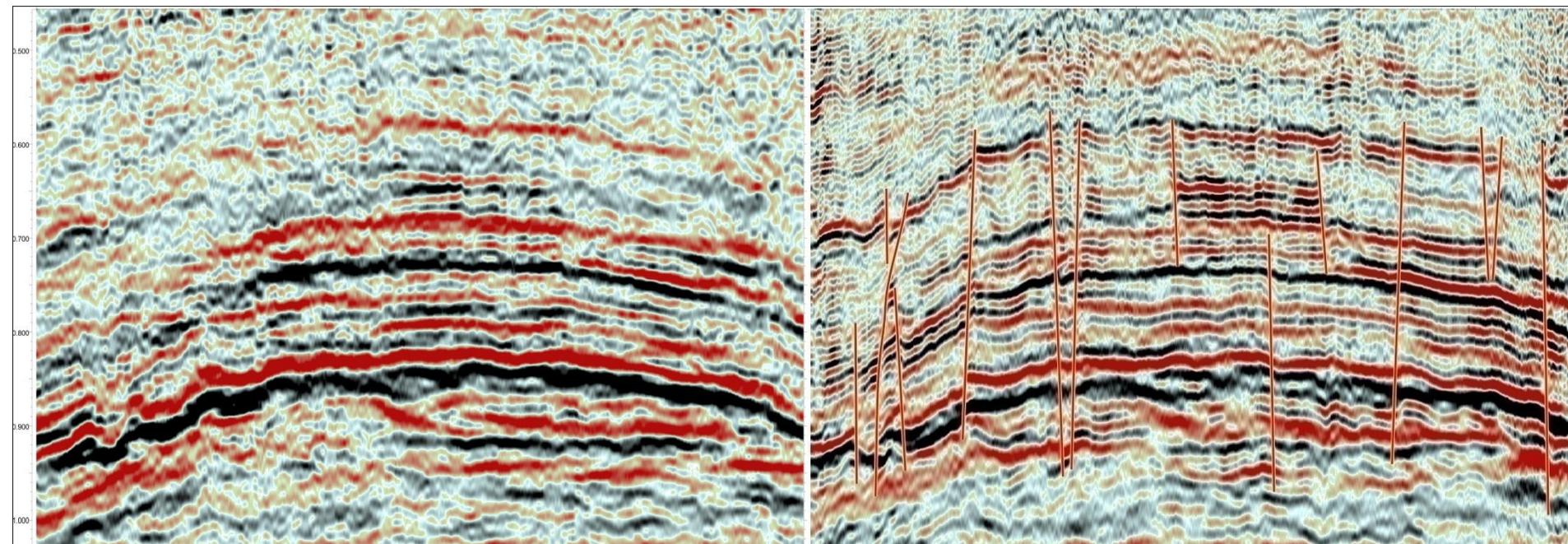


Повышение достоверности комплексной геолого-геофизической интерпретации скважинных и сейсмических данных

Повышение вертикальной разрешённости записи – повышение точности определения времён отражений от целевых пластов



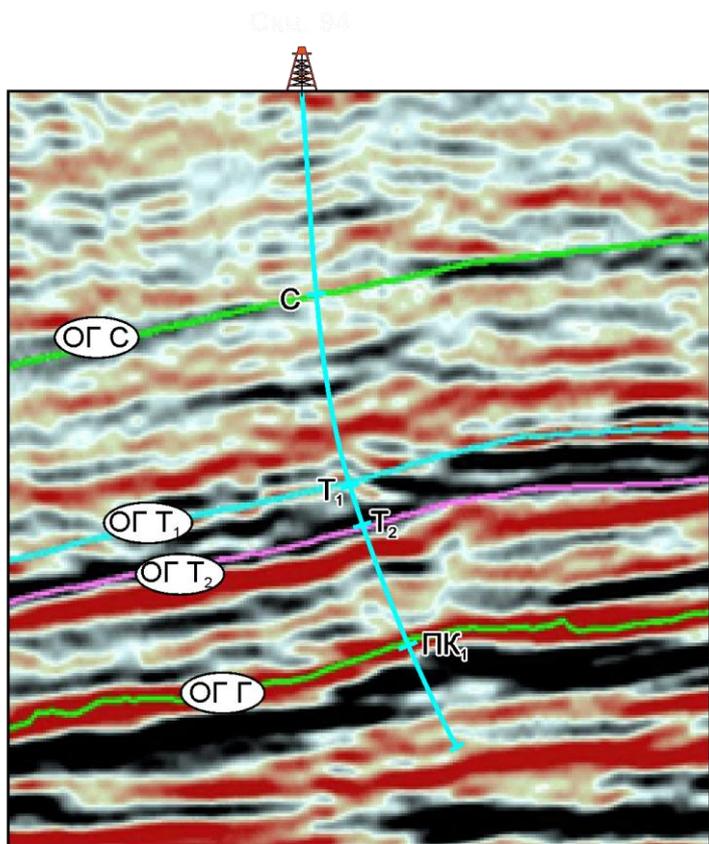
Повышение латеральной разрешённости записи – однозначность при выделении разрывных нарушений



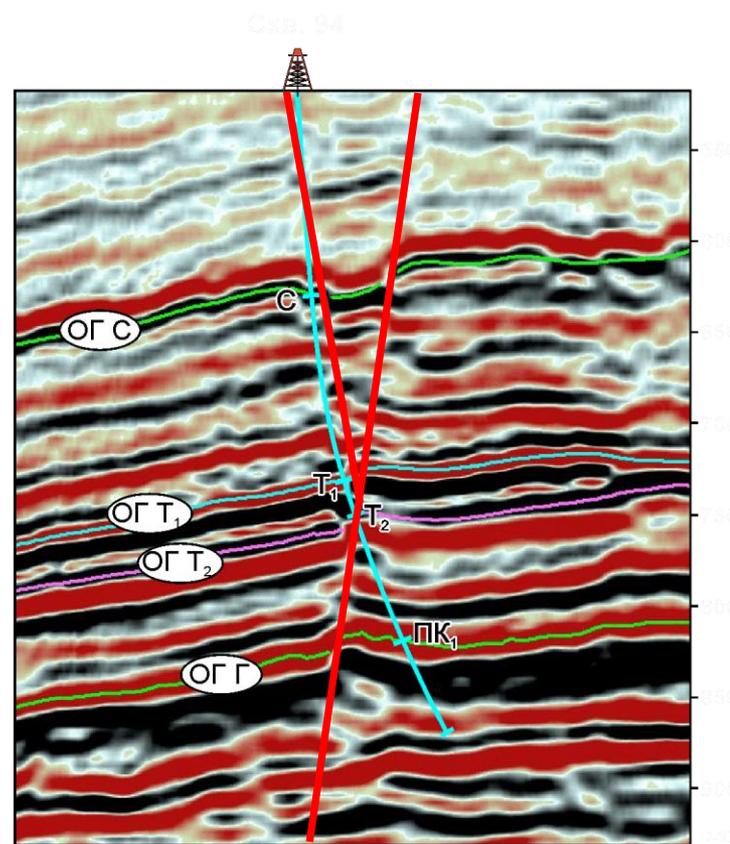
ЛЧМ + стандартная съемка 3Д

АВИС + плотная съемка 3Д

Повышение латеральной разрешённости записи – однозначность при выделении разрывных нарушений

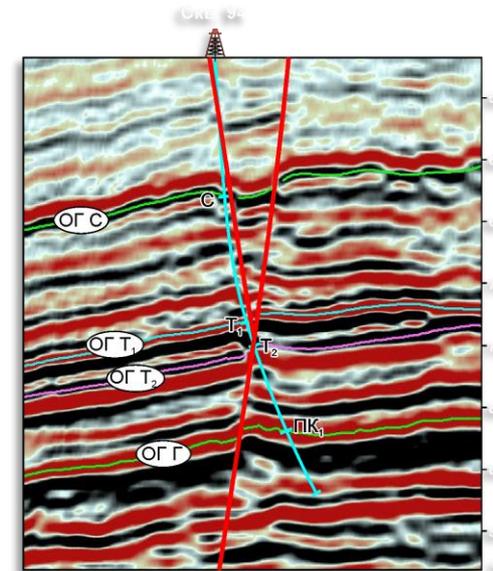
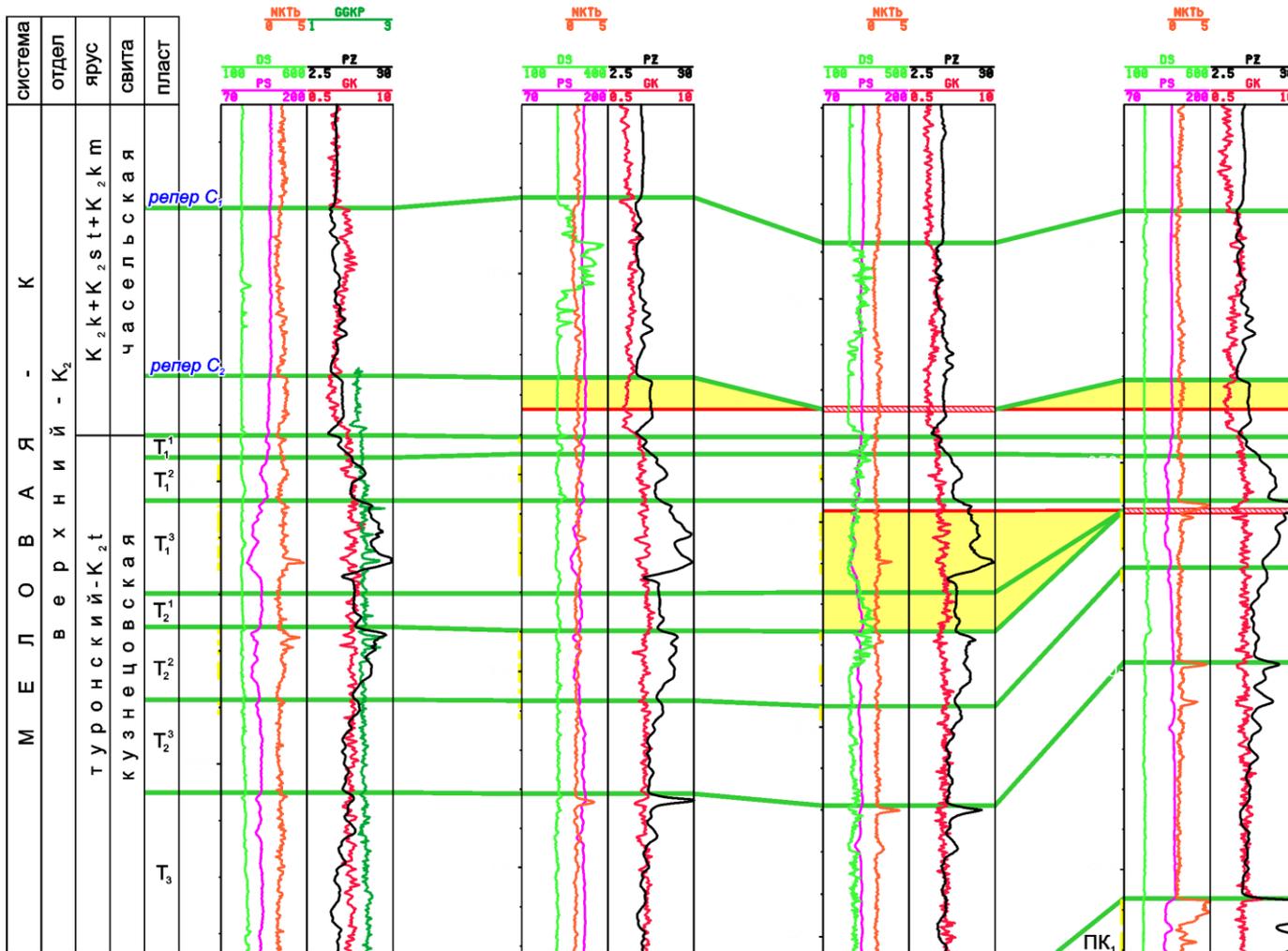


ЛЧМ + стандартная съемка 3Д



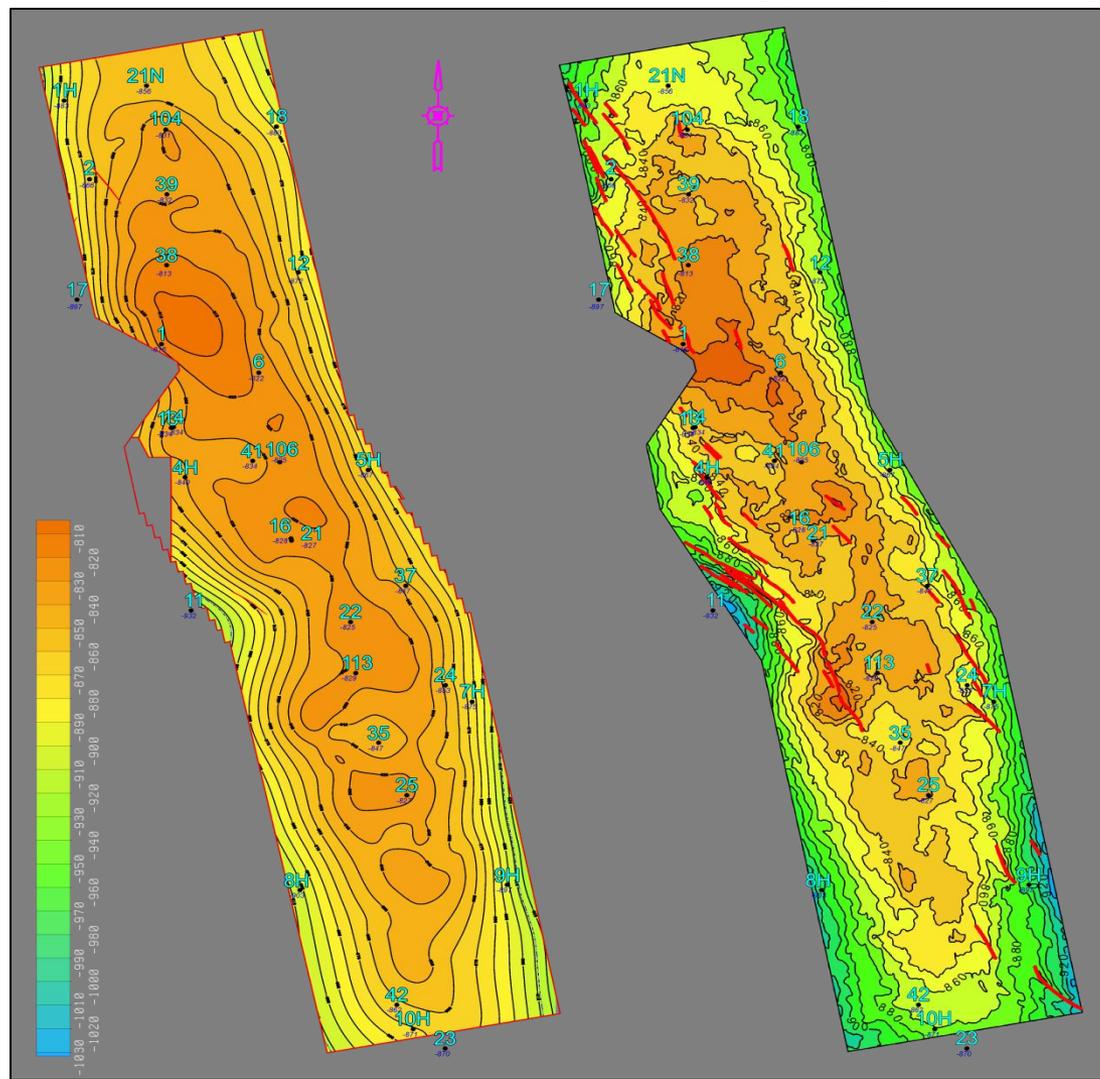
АВИС + плотная съемка 3Д

Учет данных сейсморазведки при выполнении межскважинной корреляции и построении геологической модели



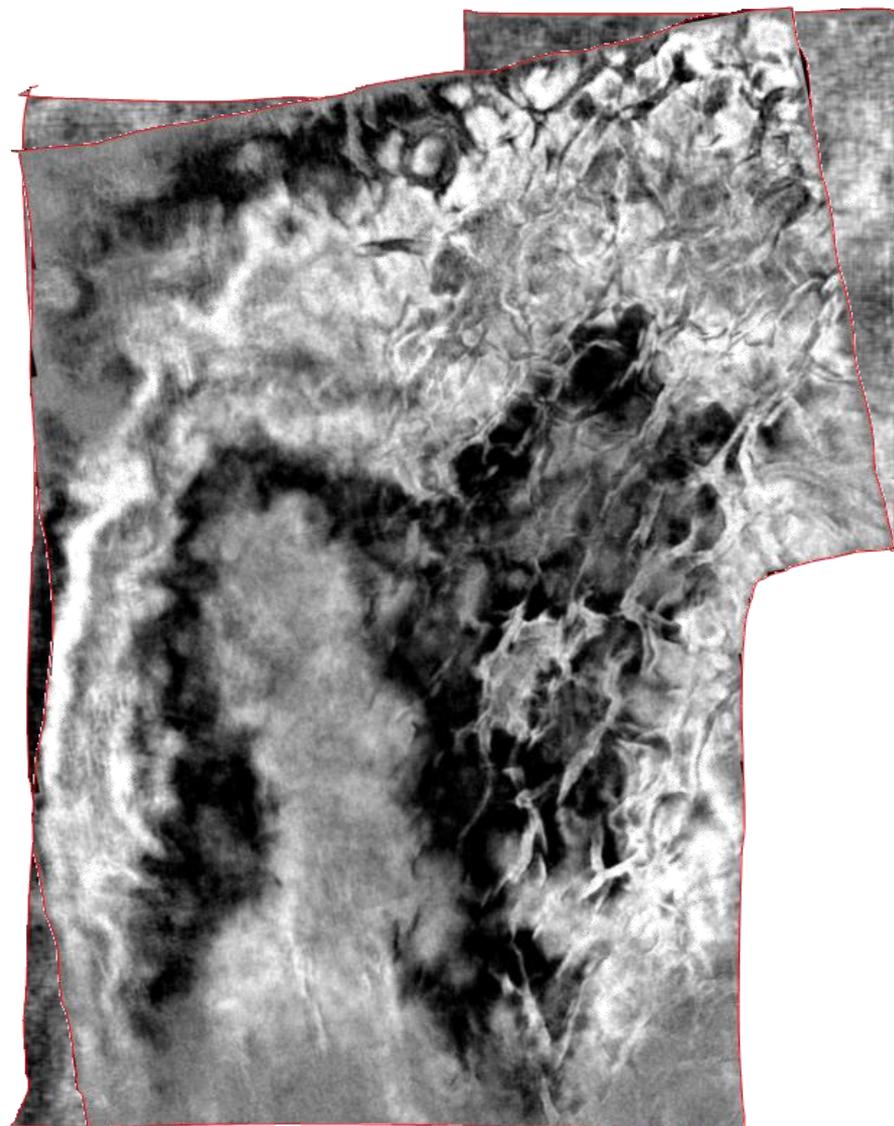
Повышение детальности сейсмических данных предоставляет дополнительные сведения при построении и обосновании геологических моделей

Повышение детальности и точности структурных построений



ЛЧМ + стандартная съемка 3Д

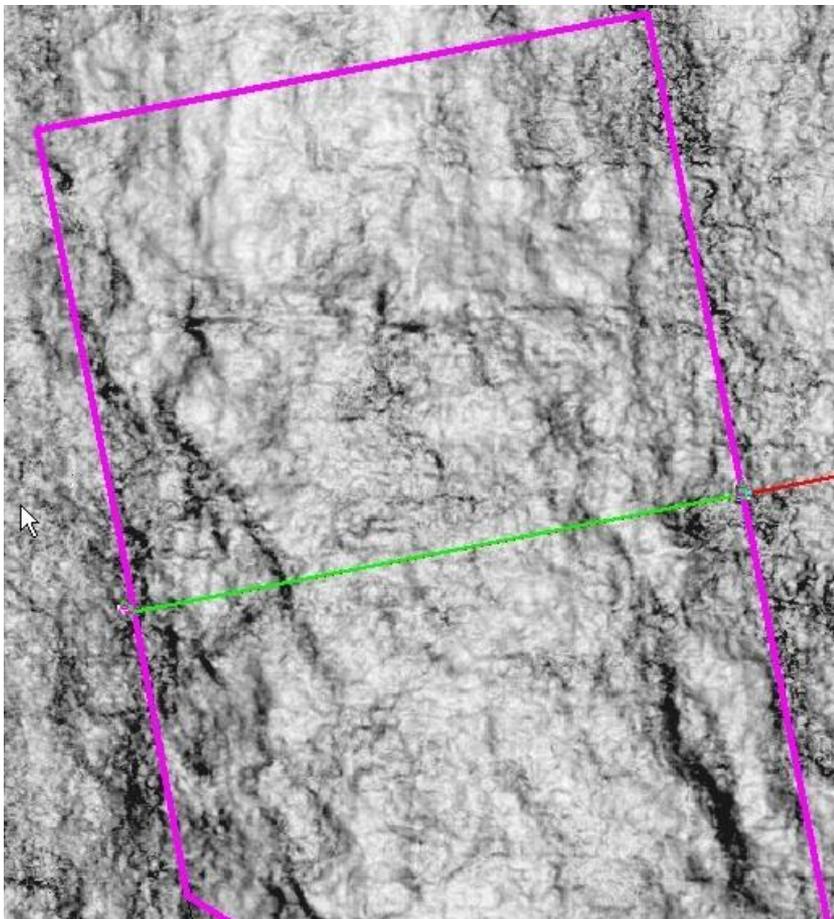
АВИС + плотная съемка 3Д



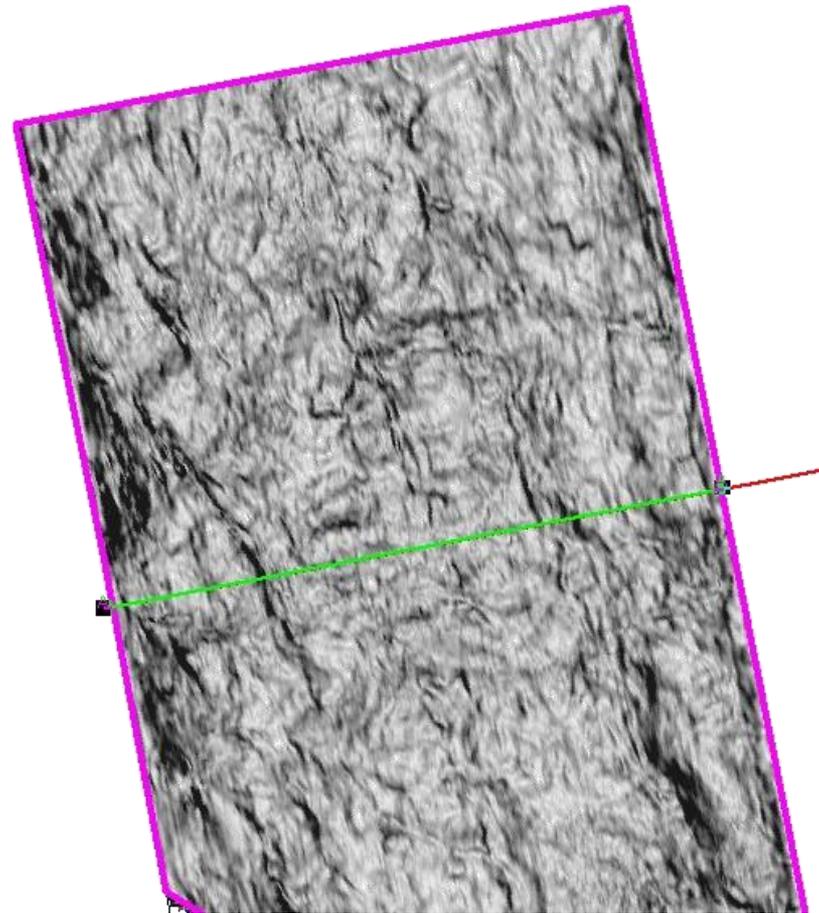
10 км
↔

Повышение детальности карт атрибутов сейсмической записи.

Временные срезы кубов когерентности на уровне сеноманской залежи

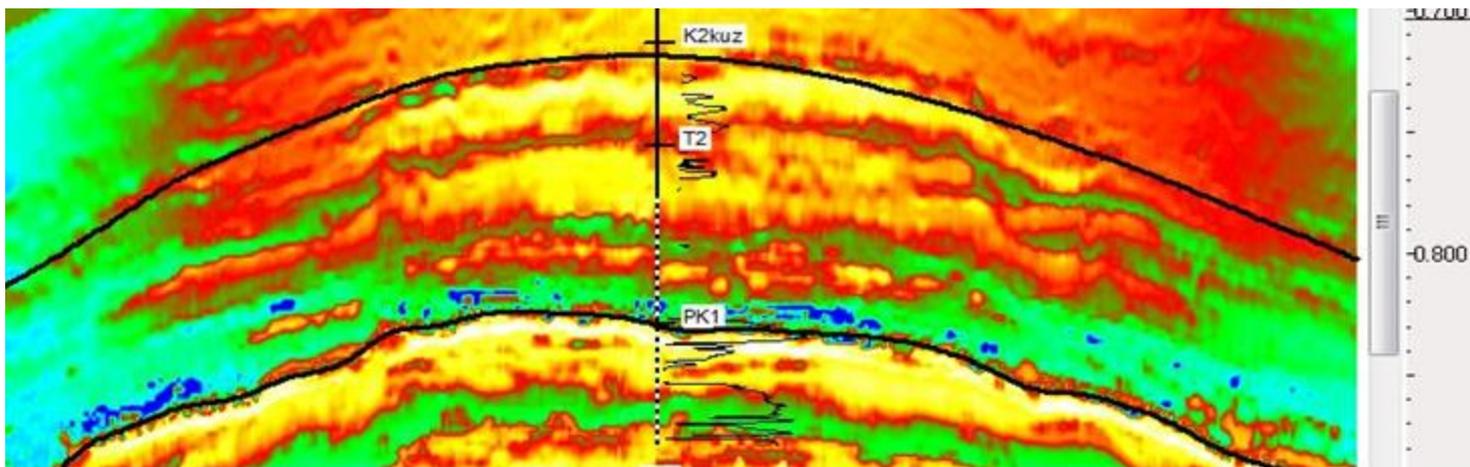


ЛЧМ + Стандартная съемка 3Д

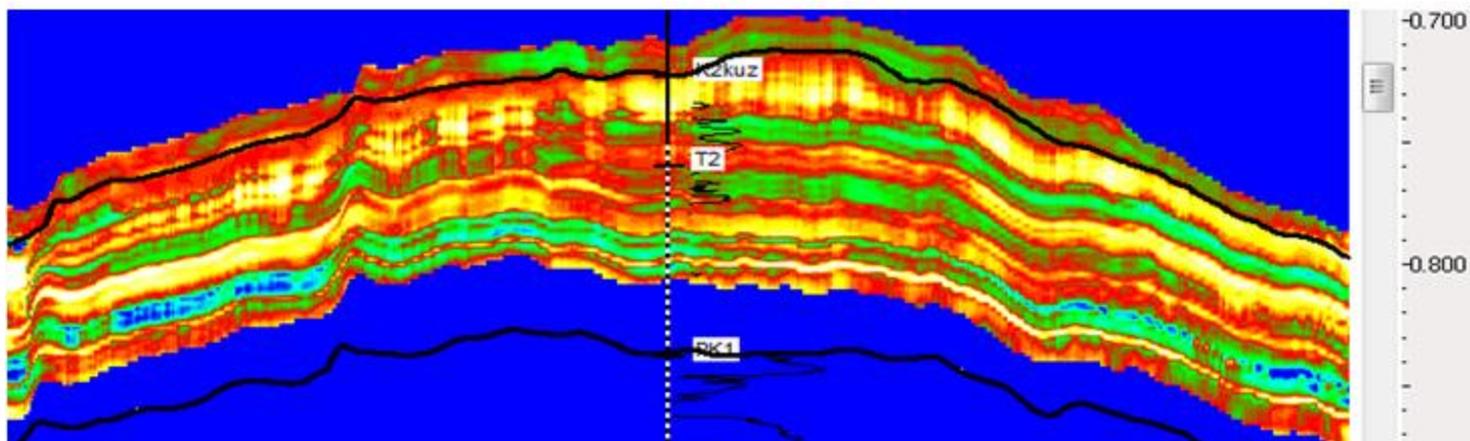


АВИС + плотная съемка 3Д

Повышение достоверности динамической интерпретации. Вертикальные срезы кубов пористости



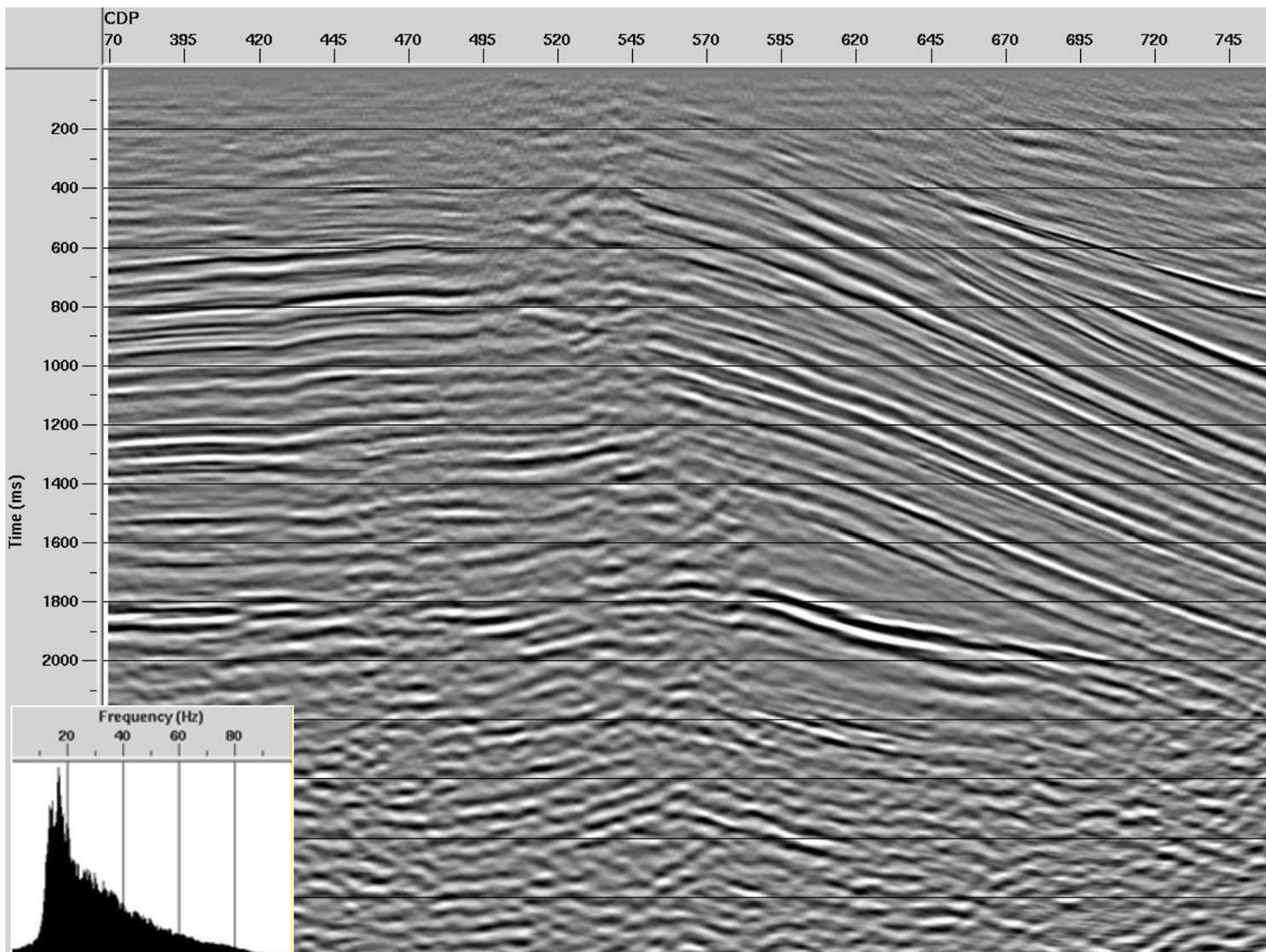
ЛЧМ + Стандартная съемка 3Д



АВИС + плотная съемка 3Д

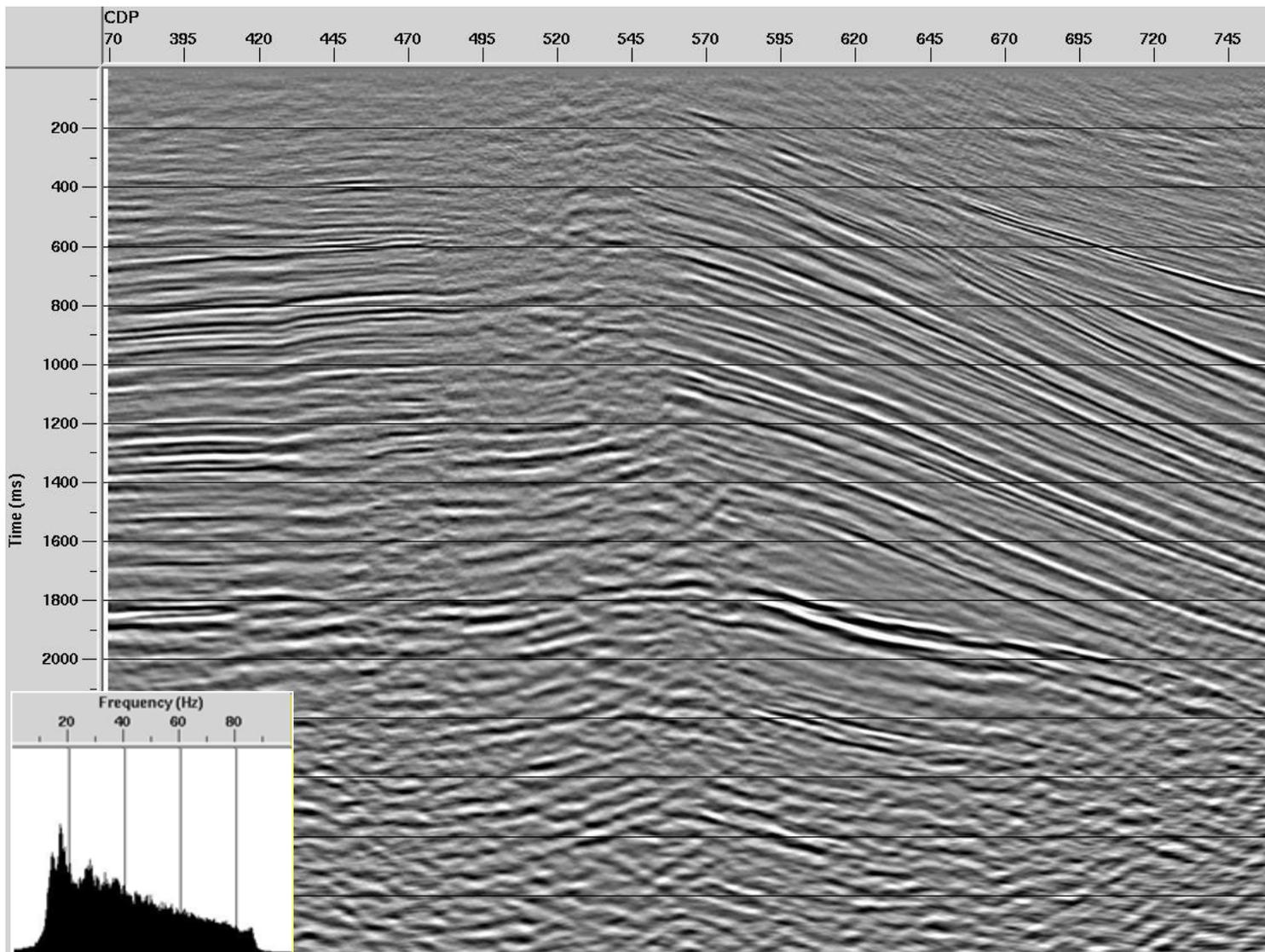
Временные разрезы после временной миграции до суммирования и обработкой после суммирования.

Линейный свип



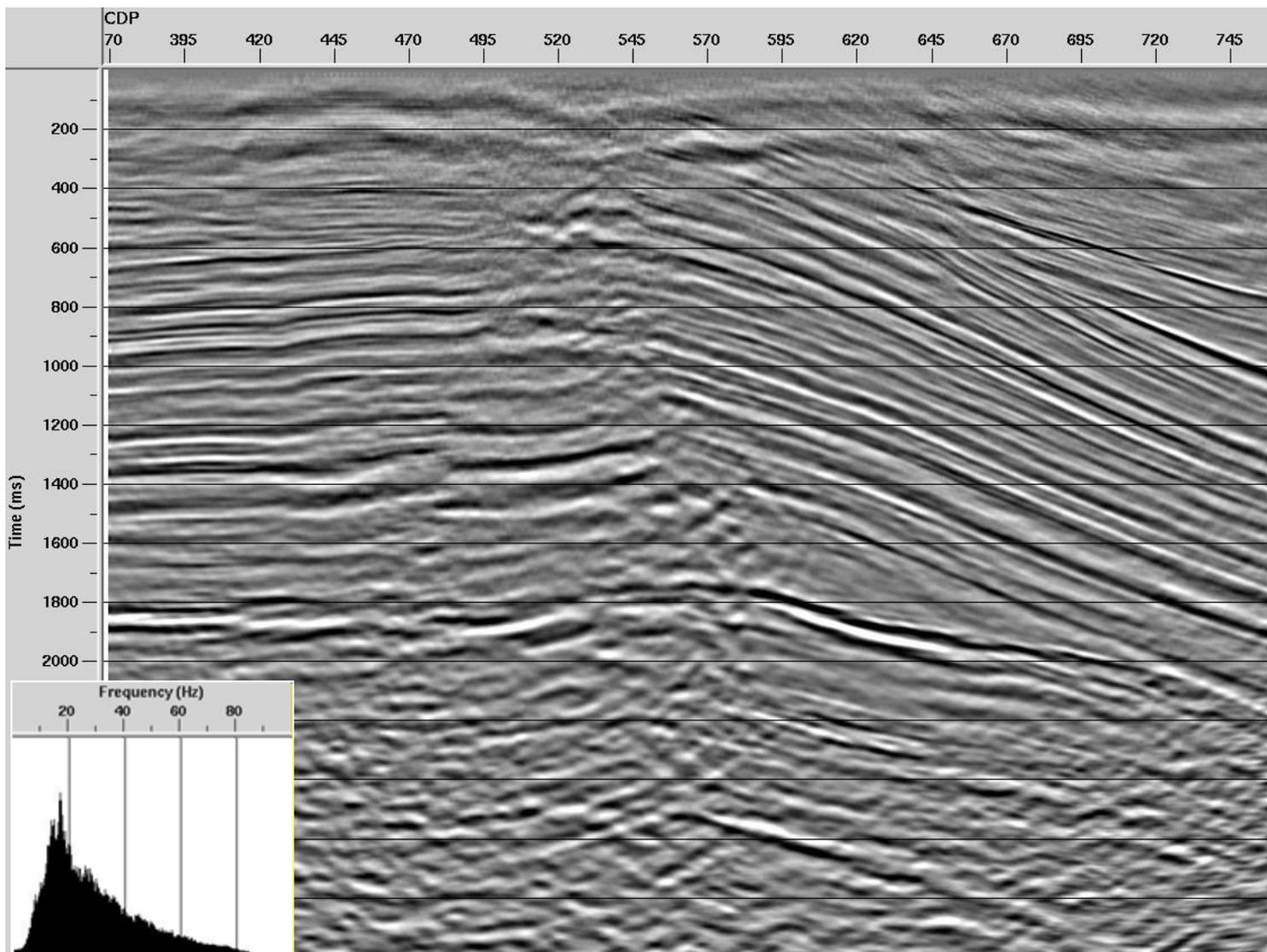
Временные разрезы после временной миграции до суммирования и обработкой после суммирования.

Адаптивный свип



Временные разрезы после временной миграции до суммирования и обработкой после суммирования.

Низкочастотный свип



- **Технология АВИС позволяет повышать разрешенность сейсморазведки в 1.5 – 2 раза без уменьшения соотношения сигнал/шум в широком диапазоне глубин**
- **Высокоплотная съемка АВИС рекомендуется для построения надежной модели месторождения и количественного прогноза**
- **Применение АВИС не влияет на сроки полевых работ т.к. адаптация сигналов происходит в реальном времени**
- **Эффективность технологии подтверждена на практике детальных съемок в Западной Сибири**

«В течение последнего десятилетия работа, выполненная в ООО «Геофизические системы данных» по исследованию и внедрению в производство адаптивной вибросейсморазведки, является по существу единственной в нашей стране завершённой научно-исследовательской работой по развитию вибросейсмического метода, включающая проведение необходимых научных исследований, разработку аппаратного комплекса и соответствующей технологии, а также внедрение предлагаемого способа в практику полевой сейсморазведки. Особая значимость выполненных исследований заключается в том, что способ адаптивной вибросейсморазведки по своему содержанию позволяет реально повысить достоверность геологической интерпретации сейсмических материалов.»...

Из отзыва Ю.П. Кострыгина, доктора технических наук.