

ЧАСТОТНО ЗАВИСИМЫЕ ЭФФЕКТЫ В ОТКЛИКЕ СРЕДЫ И ПРОНИ ФИЛЬТРАЦИЯ

Митрофанов Георгий Михайлович
ИНГГ СО РАН

СОДЕРЖАНИЕ

- **Исторический экскурс**

(обнаружение частотно зависимых эффектов в реальных данных, результаты модельных экспериментов)

- **Прони разложение**

(история построения и характеристики, особенности при работе с сигналами с неопределенным временем прихода, соотношение с вэйвлет анализом)

- **Прони фильтрация**

(ее особенности для сейсмических сигналов, результаты по математическим и физическим моделям, первые примеры применения на реальных данных)

- **Технология Прони фильтрации**

(определение областей с аномальными частотно зависимыми свойствами, прогноз коллекторских свойств продуктивных горизонтов и ловушки неструктурного типа, определение точек под разведочное бурение)

ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС

- **Опыты Ньютона с призмой** (продемонстрировали влияние частоты на характеристики, распространяющихся в веществе колебаний).
- **Начало исследования** (поглощение и рассеивание энергии волн, распространяющихся в реальных средах, и их зависимости от частоты):
 - a) США F.Birch, D.Bancroft (1938), N.H.Ricker (1940), W.T.Born (1941), A.W.Wood (1941);
 - b) СССР в ИФЗ под руководством академика Г.А.Гамбурцева: И.С.Берзон, А.М.Епинатьевой, Г.Н.Парийской и С.П.Стародубровской (1962) .
- **Исследования Рикера** (как показательный пример).
 - a) Обратил внимание, что в некоторых случаях время прихода импульса (по первым вступлениям) опережает скорость его распространения в среде при условии, что не зависит от частоты.
 - b) Наблюдения и выводы с иронией встретили теоретики (отсутствовала база для их объяснения и достоверное подтверждение в экспериментах).
 - c) Результаты в полной мере были представлены значительно позже (Ricker, 1978), когда появился достаточный научный базис для их объяснения.

- Следующие 20 лет (1940-1960).
 - a) Значительные экспериментальные и теоретические работы по исследованию влияния частоты на характеристики сигналов, распространяющихся в среде.
 - b) Основной - параметр затухания. Сложность и неоднозначность его определения по реальным данным привели к прямому измерению (через амплитуду или энергию анализируемого сигнала) на различных образцах.
 - c) Физические эксперименты первоначально приводили к противоречивым результатам и не давали возможности ответить на вопрос о степени зависимости параметра от частоты Bruckshaw, Mabanta (1954).
 - d) Исследования затухания на сухих, однородных образцах (часто гранитах) не давали изменения параметра для широкого диапазона частот.
 - e) Только смоченные (флюидосодержащие) или неоднородные образцы давали изменения параметра затухания с частотой Peselnick, Zietz (1959).
- Осознание значительного влияния микроскопических включений флюидов (различной природы) и трещин на процессы распространения упругих колебаний в реальных средах способствовало развитию теоретических моделей Biot (1956), Knopoff, MacDonald (1960, ...

ПРОНИ РАЗЛОЖЕНИЕ

- **Baron de Prony (Gaspard Riche), 1795.**

Предложил использовать затухающие синусоиды для описания процессов распространения колебаний в среде.

- **Начиная с 60х интерес вернулся.**

Osborne, 1975; Kumaresan, 1983; Marple S. L., Jr., 1987; Osborne and Smyth, 1991, 1995; Beylkin and Monzón, 2005, Bracale et al., 2007...

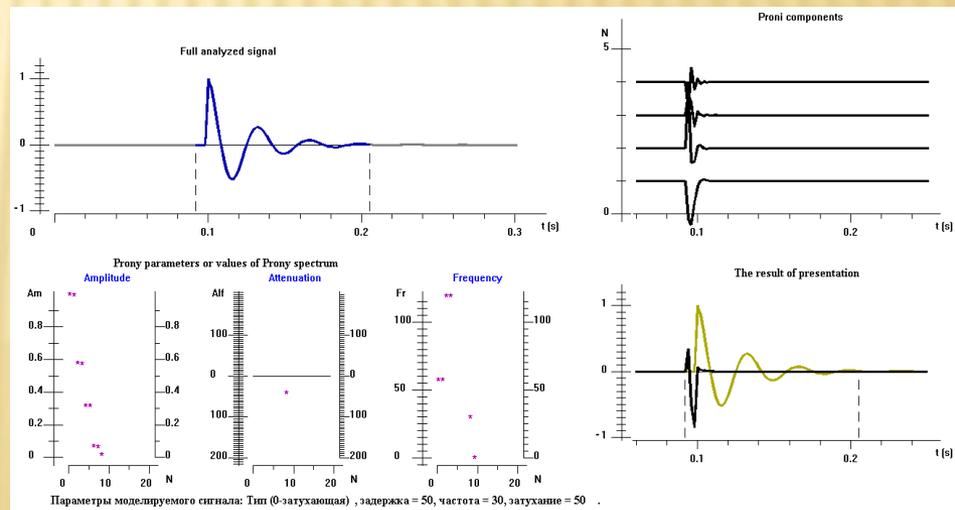
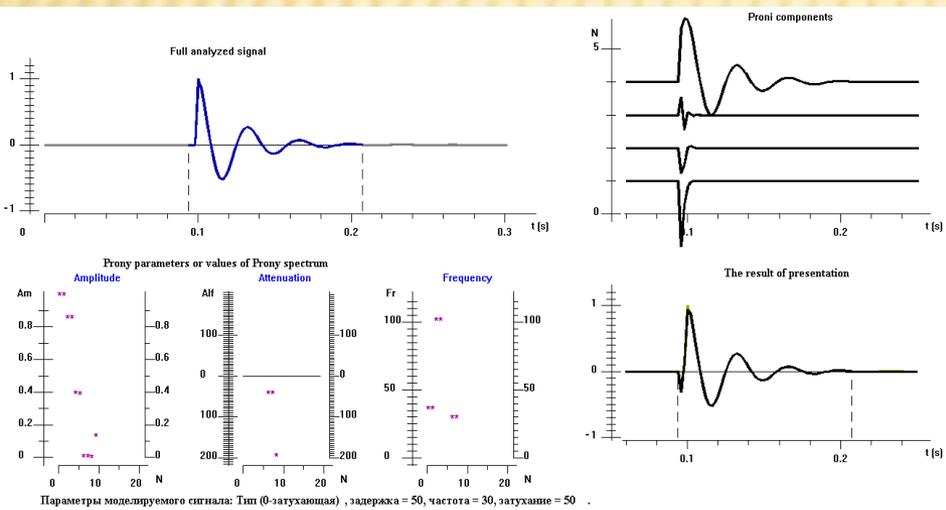
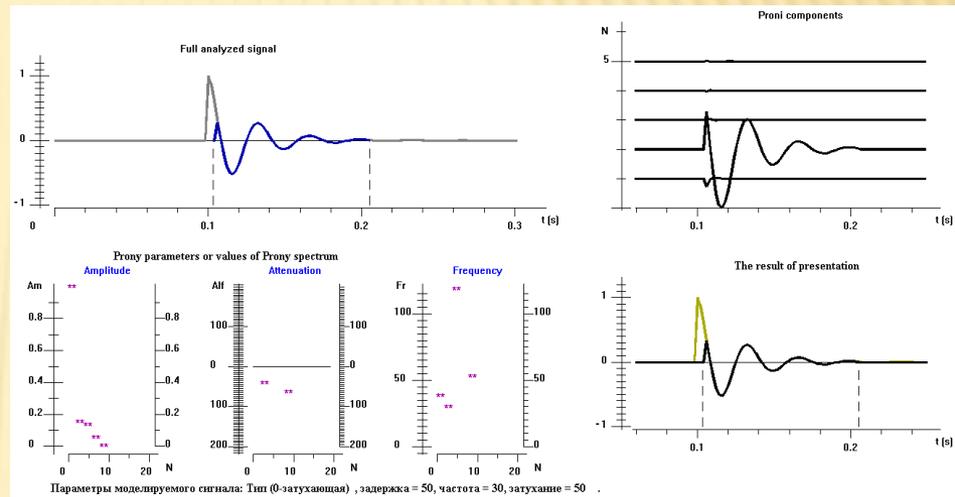
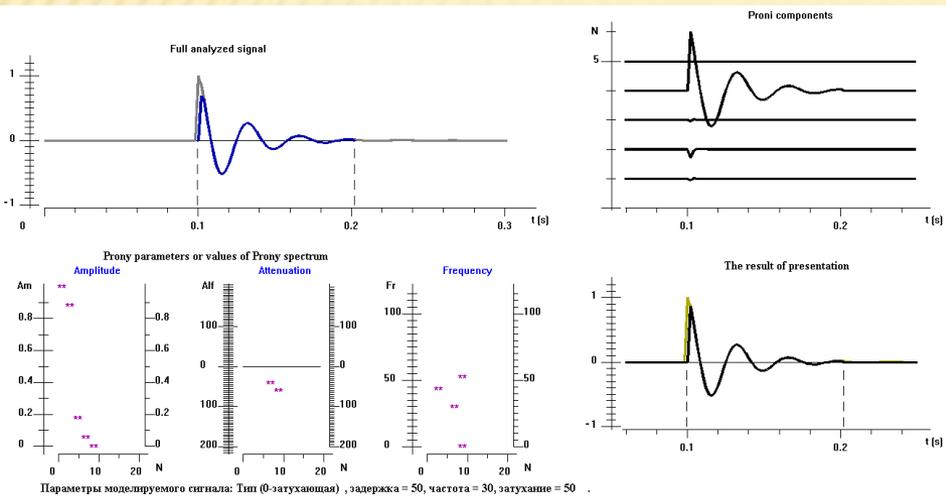
- **В.П.Ковалев, Г.Ф.Телепнев (1981).**

Впервые использовали разложение Прони при изучении динамических особенностей сейсмических волн.

- **Выступает альтернативой вэйвлет анализу.**

Менее выражен формализм ортогонального базиса. Ближе по сейсмическому восприятию к распространяющимся сигналам и имеет параметр затухания.

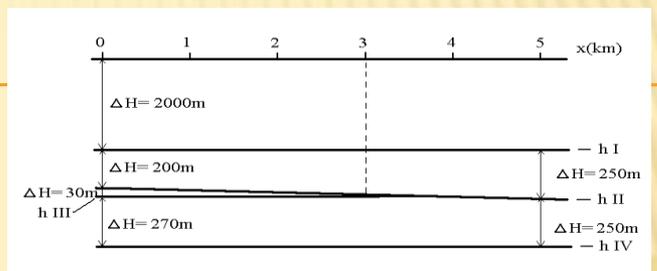
ПРОБЛЕМА РАЗЛОЖЕНИЯ ПРОНИ ПРИ НЕИЗВЕСТНОМ ВРЕМЕНИ СИГНАЛА



МЕТОД ПРОНИ ФИЛЬТРАЦИИ

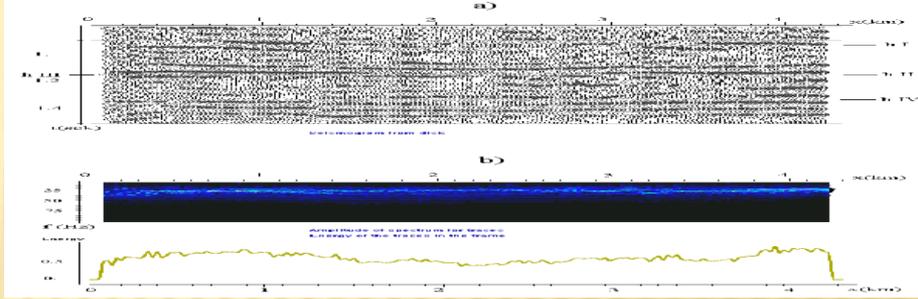
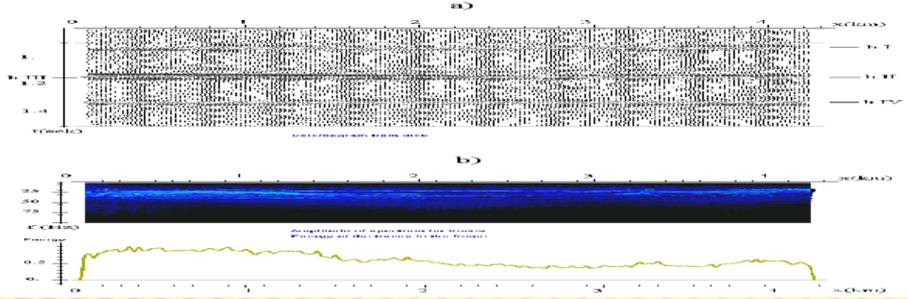
1. Алгоритмы устойчивого разложения Прони для реальных сейсмических сигналов, когда форма и время прихода сигнала точно не определены.
 2. Прони фильтрация (основана на различных критериях отбора компонент Прони разложения).
 3. Технология применения Прони фильтрации (обработка реальных трасс с оптимальным подбором параметров фильтрации).
 4. Методика использования Прони фильтрации при решении различных задач.
-

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ



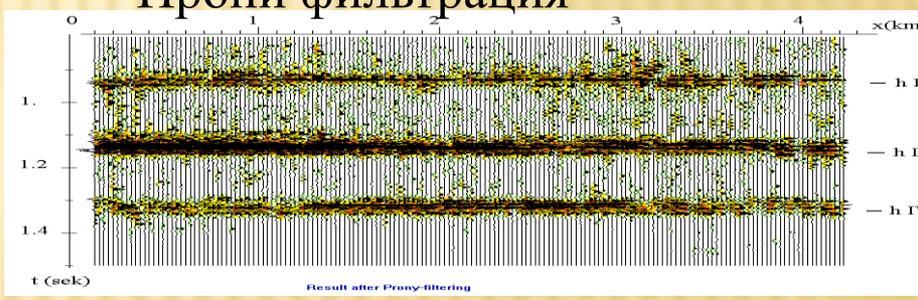
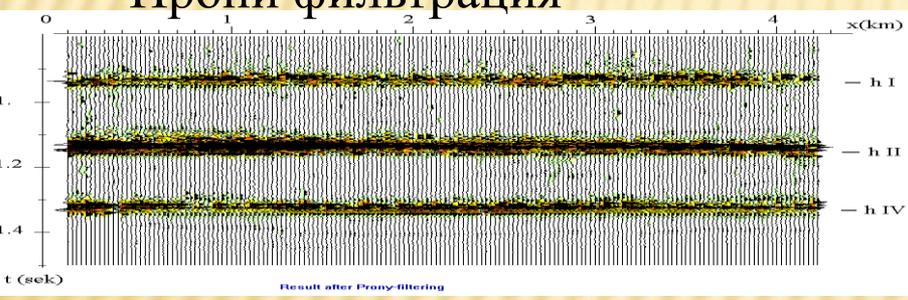
Отношение сигнал/помеха = 3

Отношение сигнал/помеха = 1



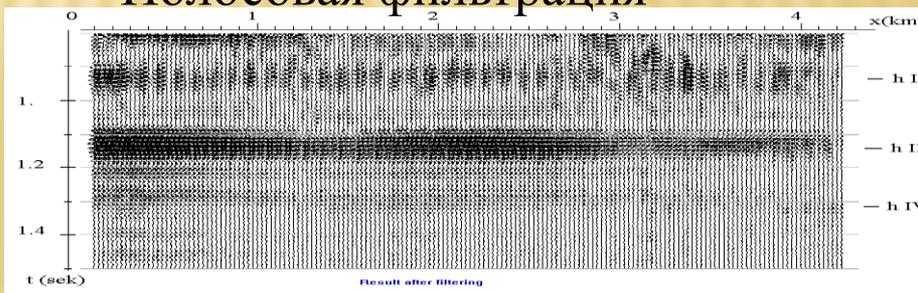
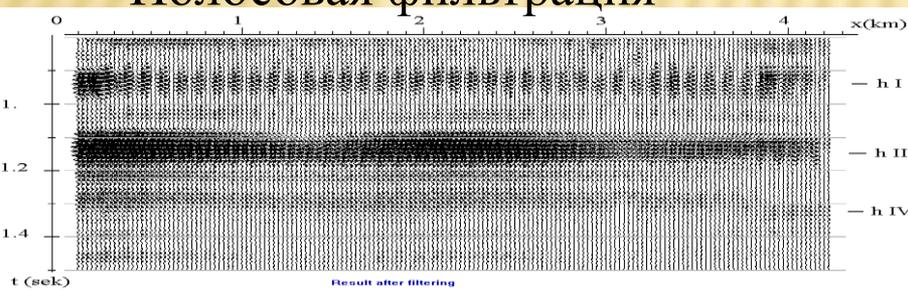
Прони фильтрация

Прони фильтрация

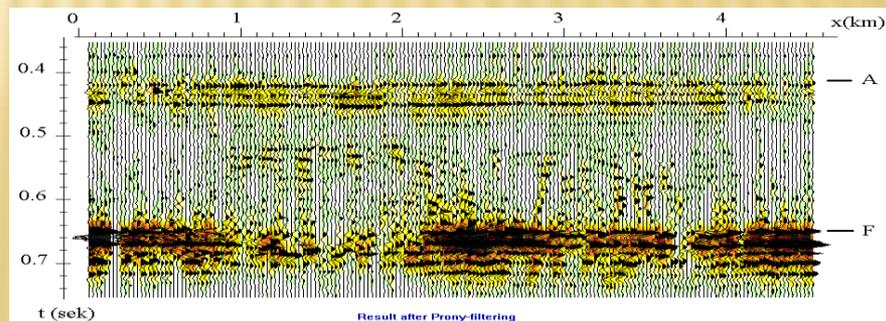
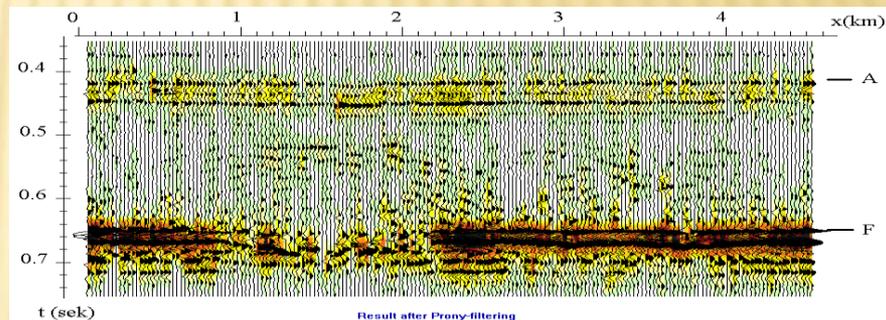
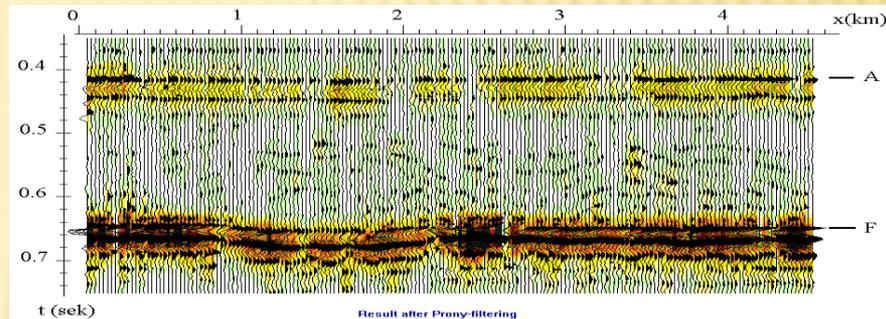
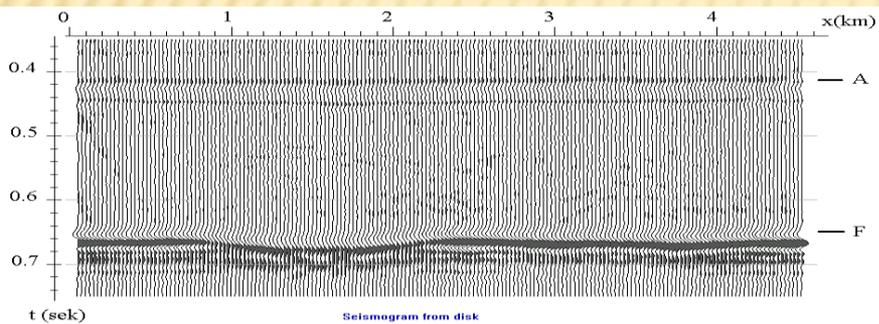
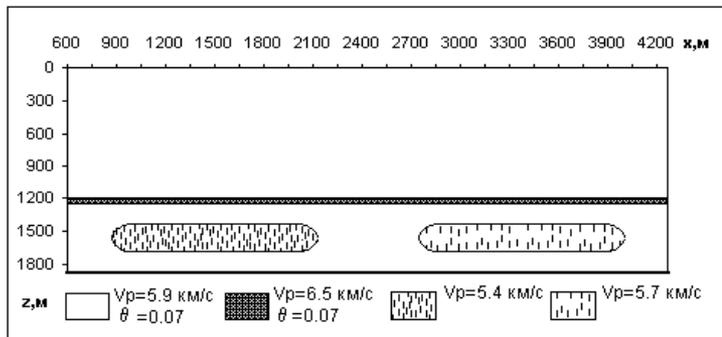


Полосовая фильтрация

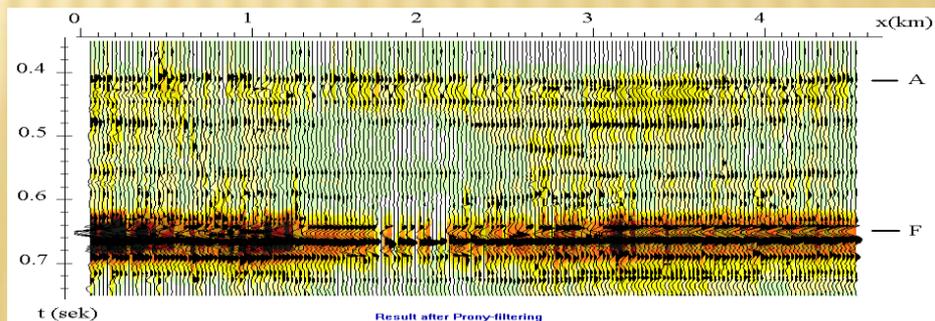
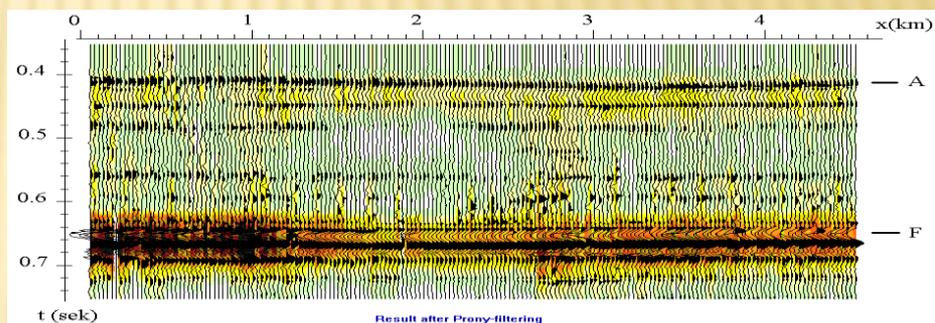
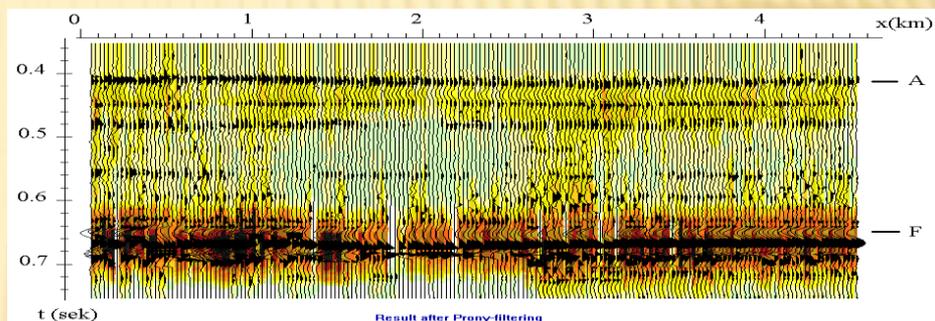
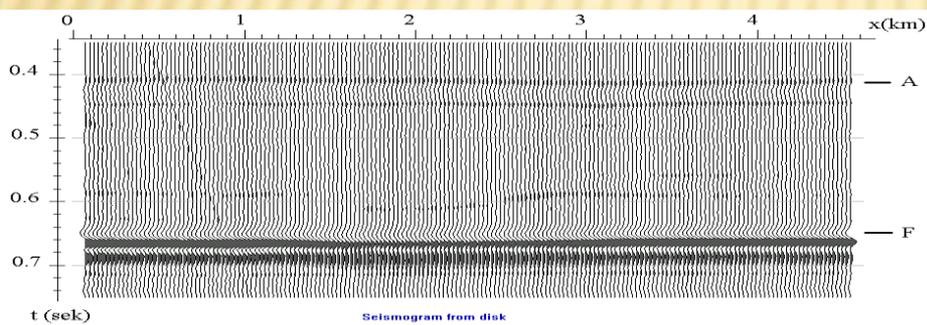
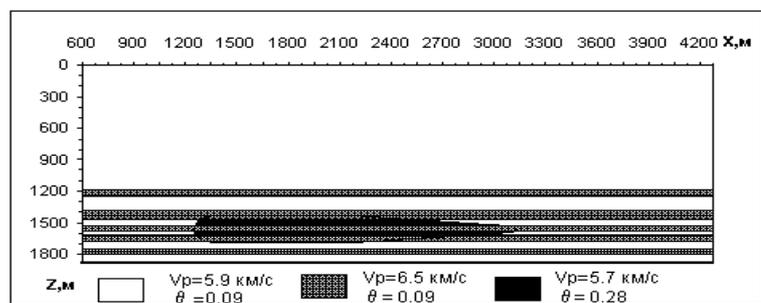
Полосовая фильтрация



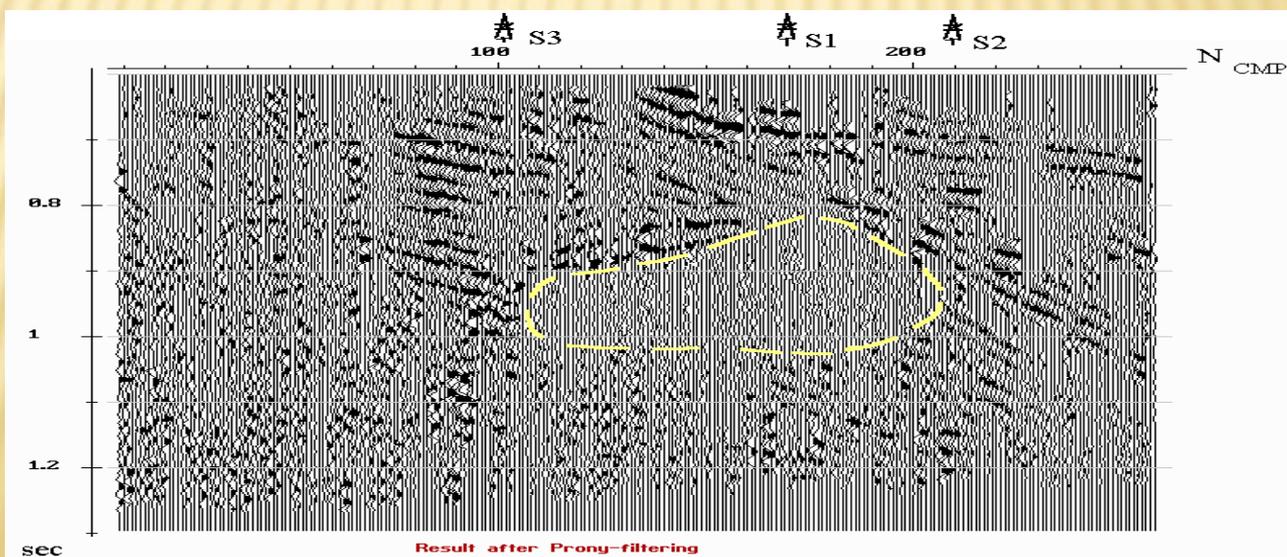
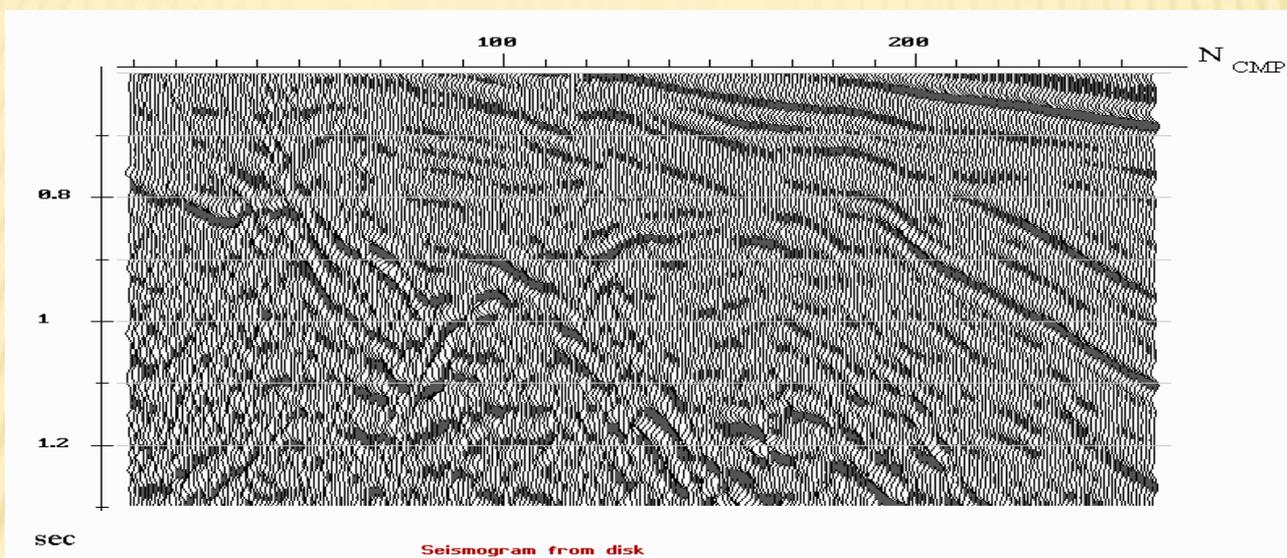
ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С ДВУМЯ ТРЕЩИНОВАТЫМИ ТЕЛАМИ



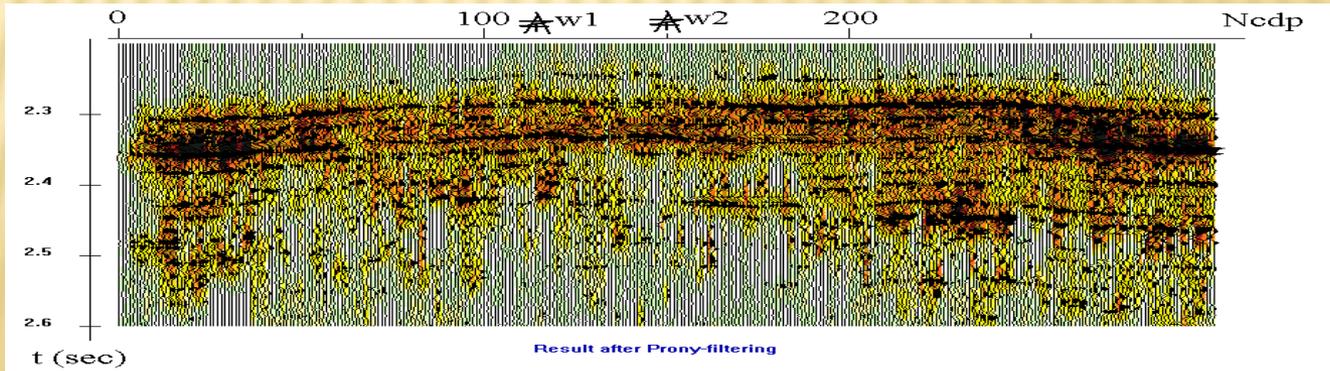
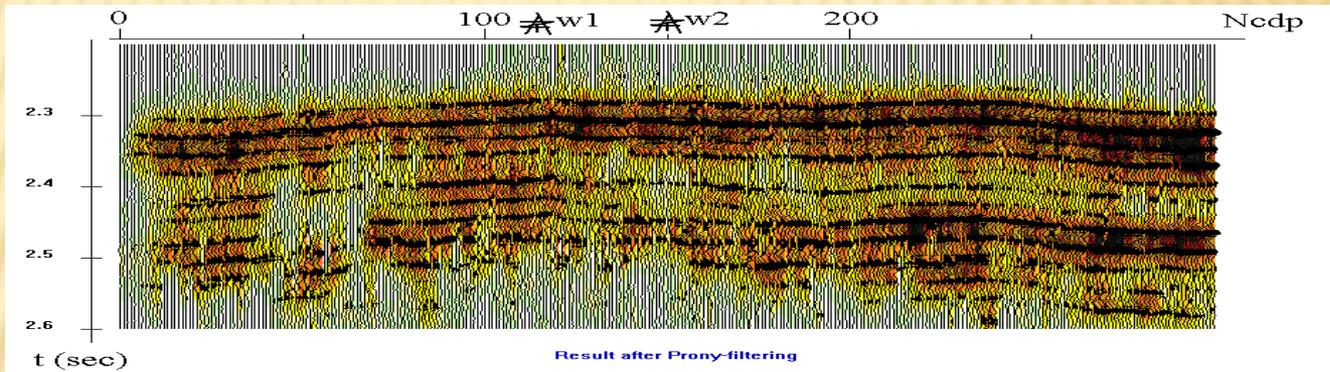
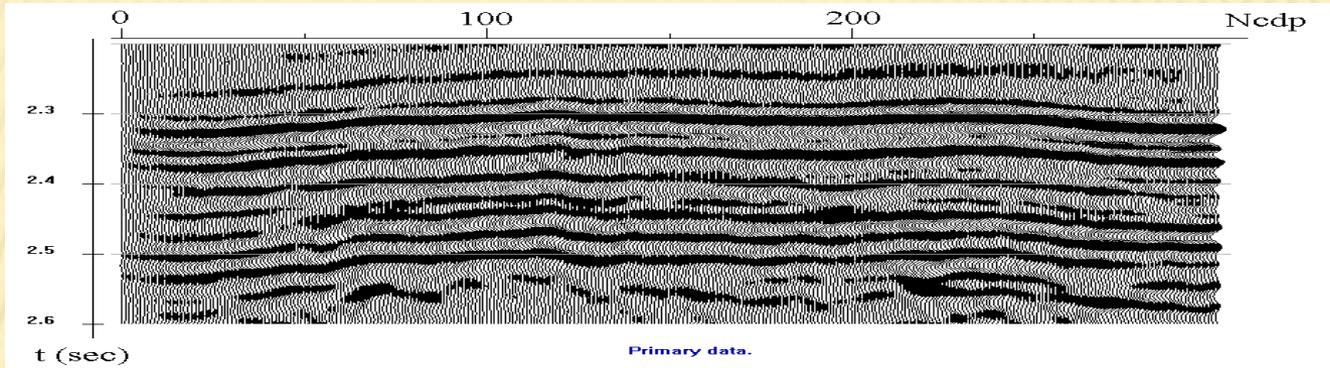
ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С ПОГЛОЩАЮЩИМ ТЕЛОМ НА СЛОИСТОЙ СРЕДЕ



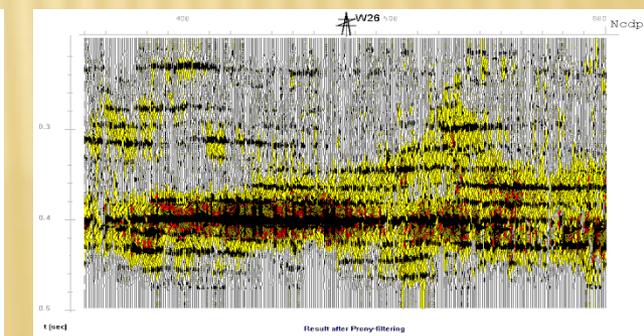
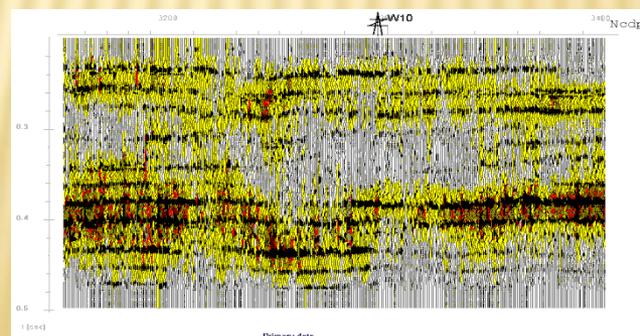
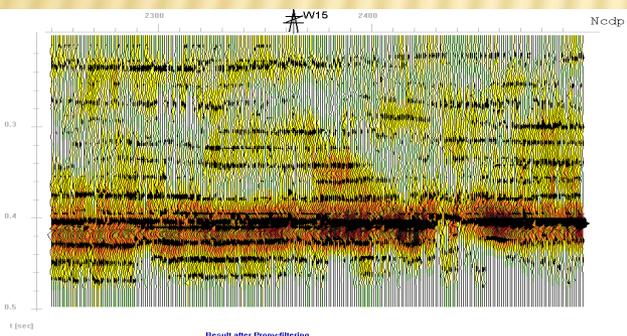
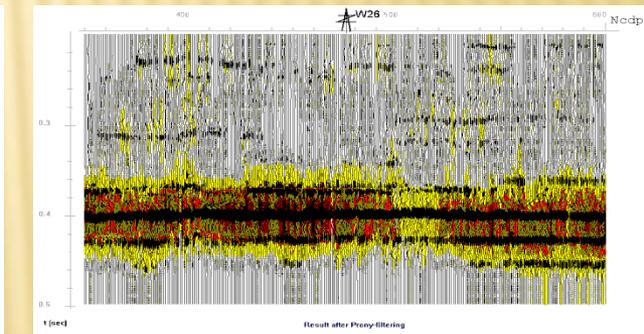
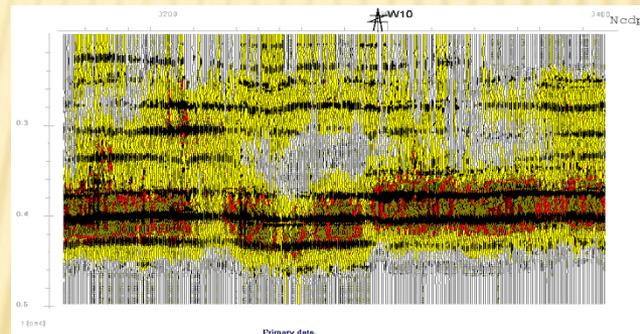
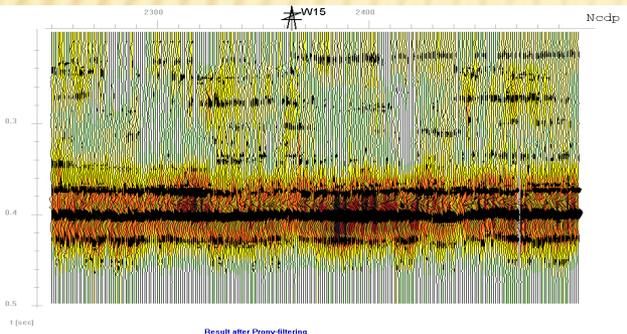
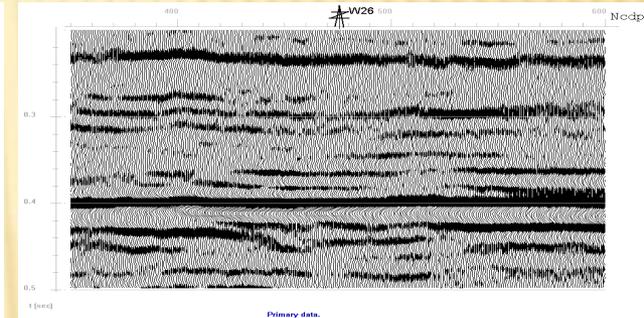
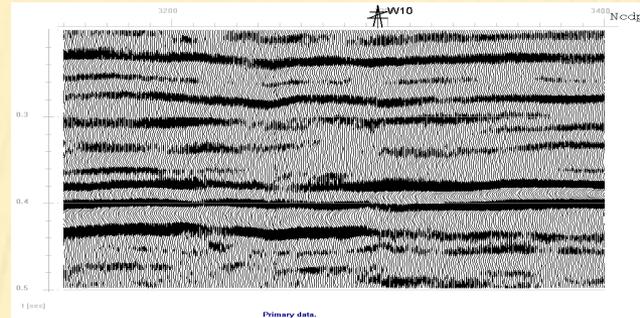
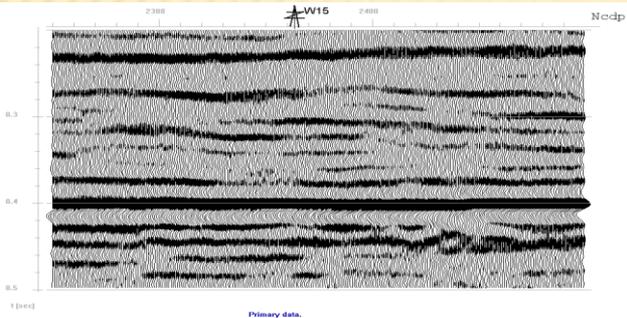
ОКОНТУРИВАНИЕ РЕЗЕРВУАРА ПО ЧАСТОТНОМУ ИЗМЕНЕНИЮ ОТКЛИКА



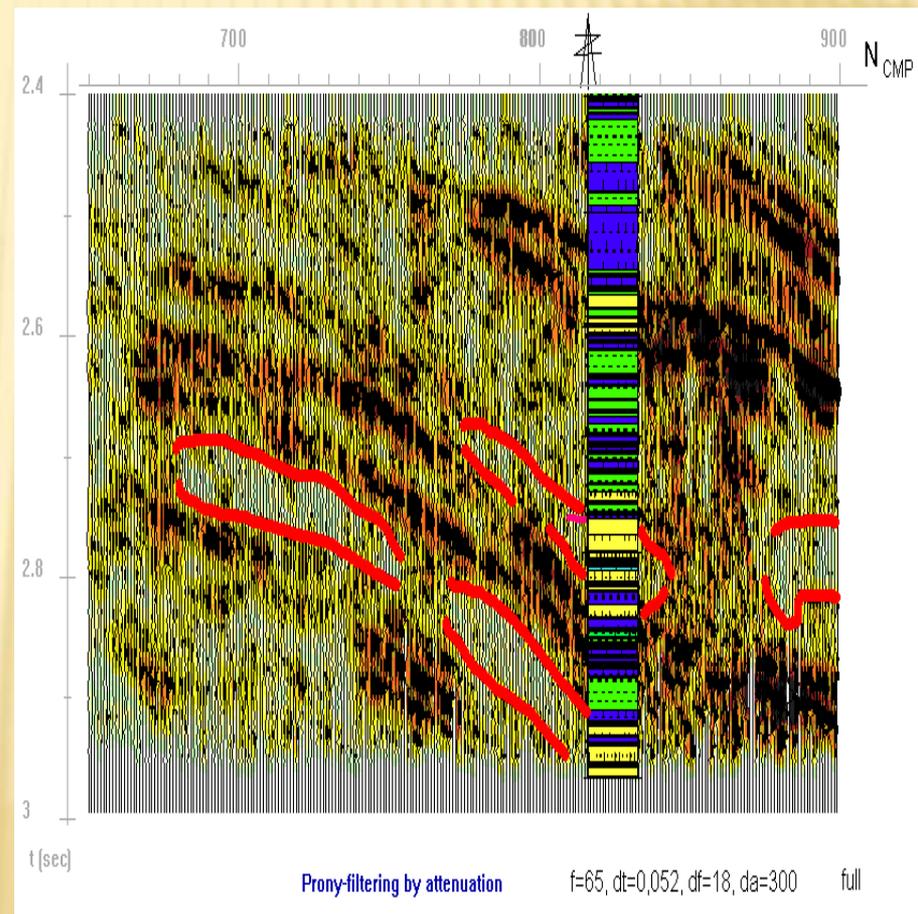
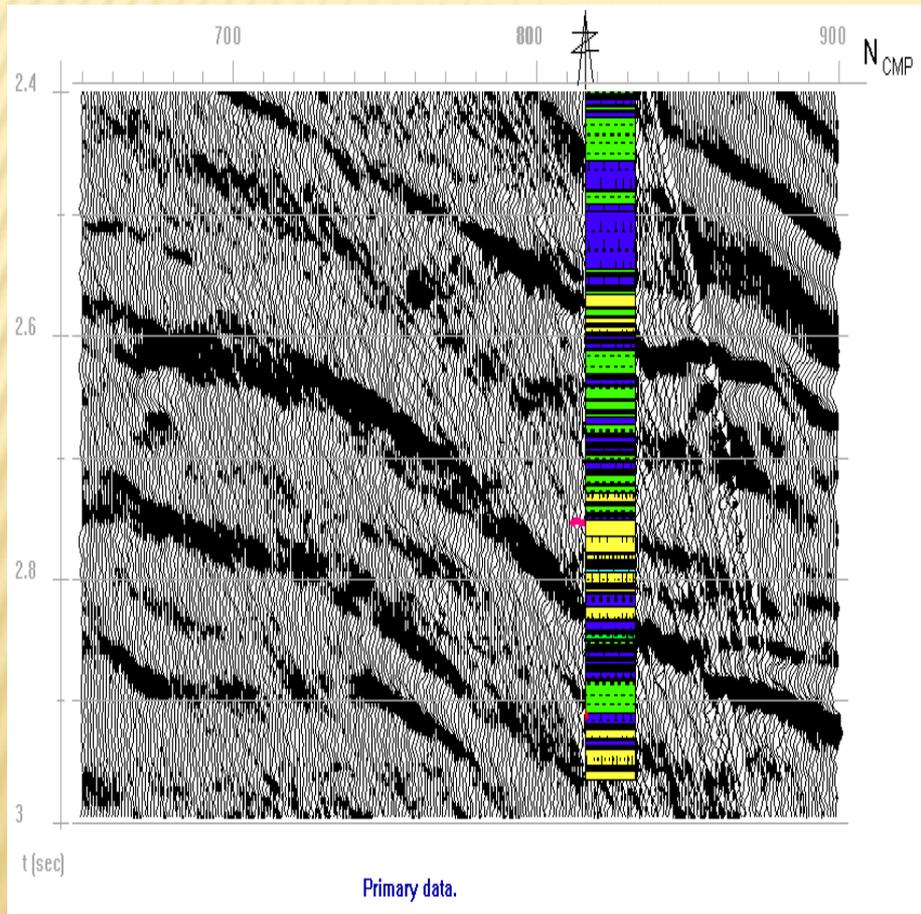
ПРЕДСКАЗАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗЕРВУАРА



ВЫДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВУАРОВ НАД УГОЛЬНЫМИ ПЛАСТАМИ

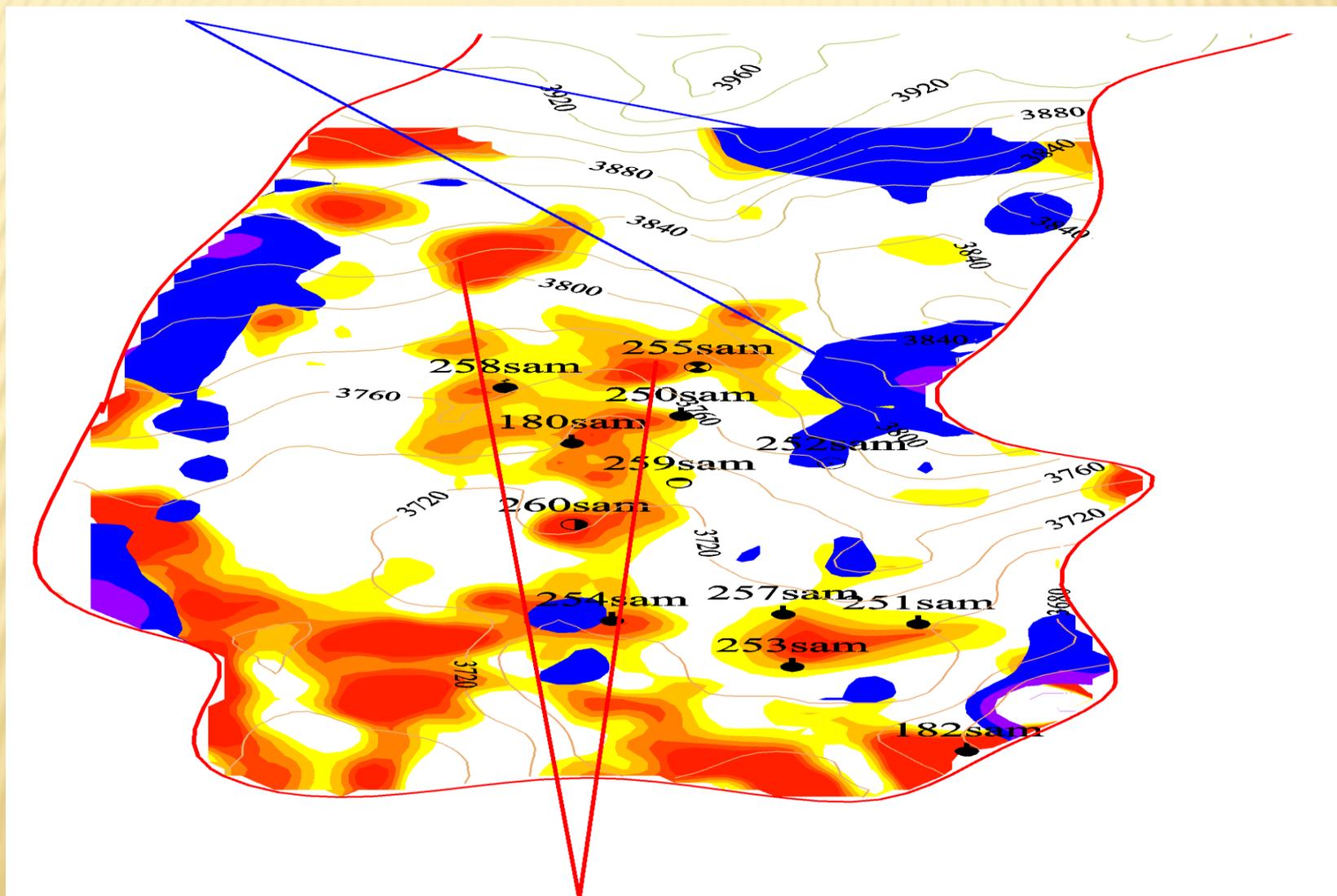


ПРЕДСКАЗАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗЕРВУАРА



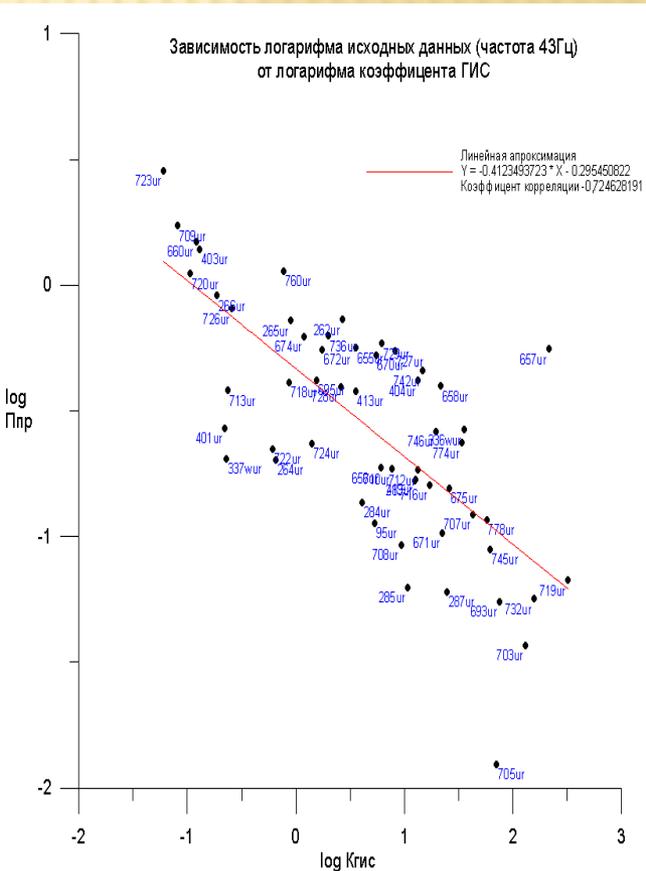
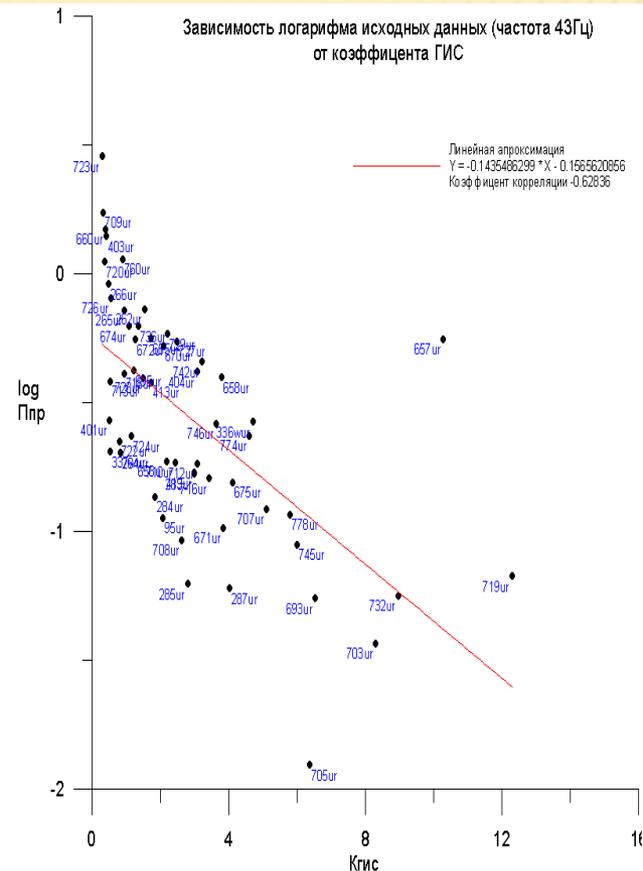
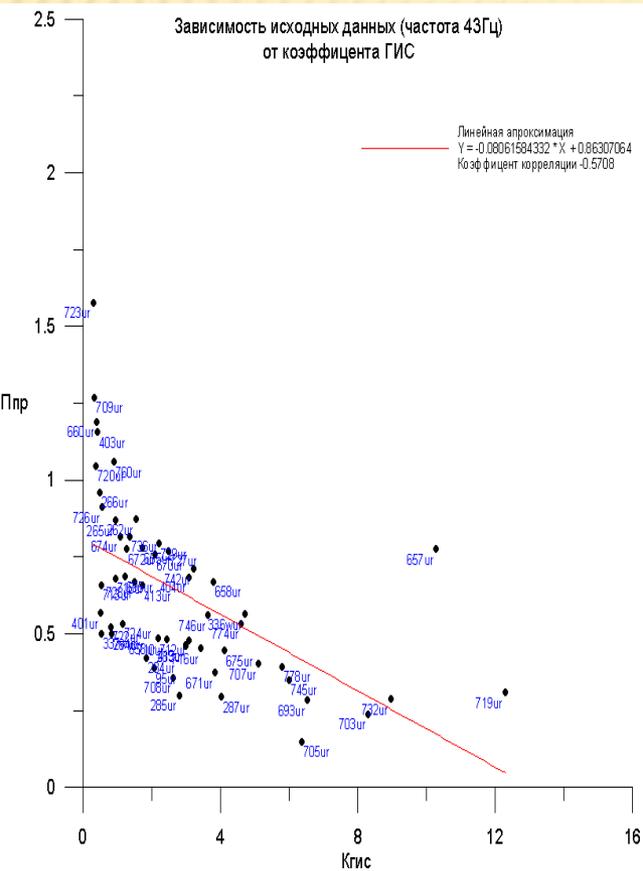
ПРЕДСКАЗАНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЦЕЛЕВОГО ГОРИЗОНТА

Зоны консолидации

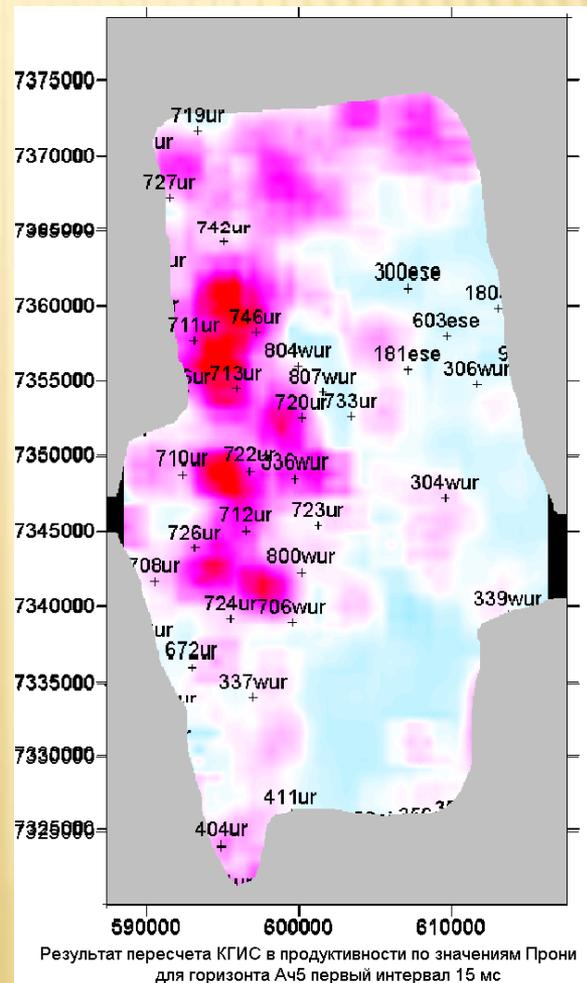
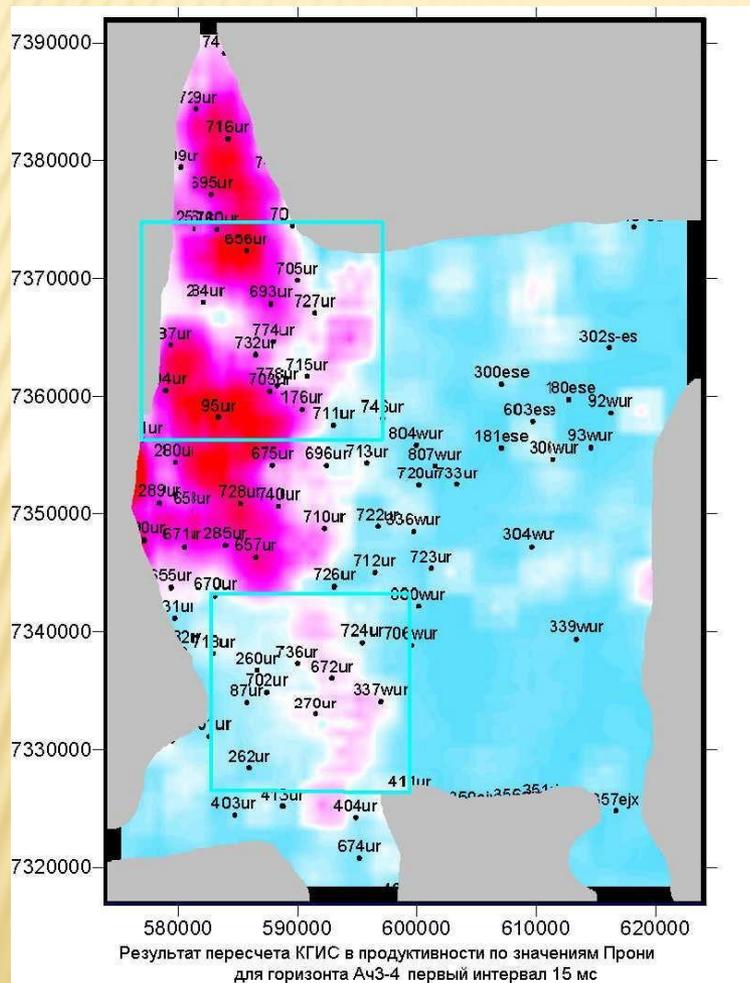


Зоны разуплотнения

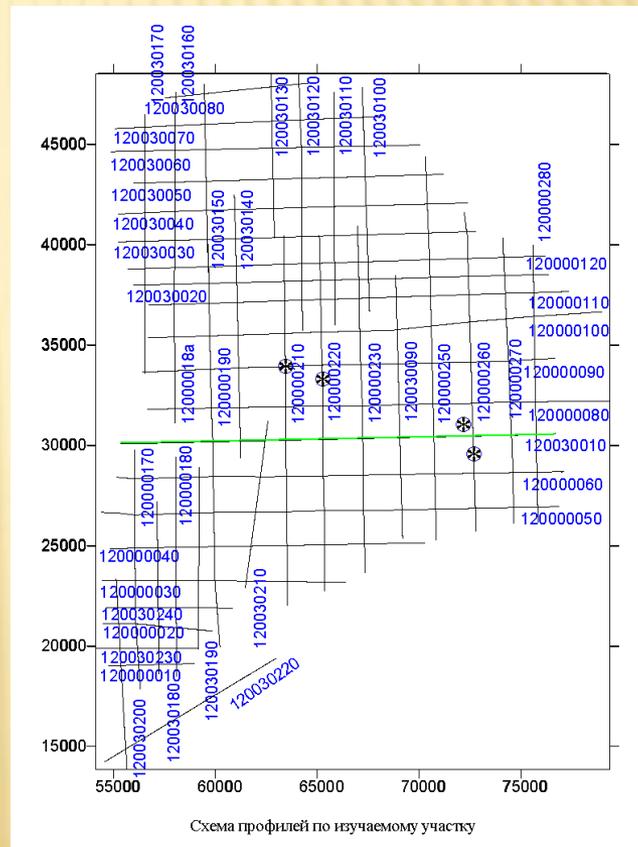
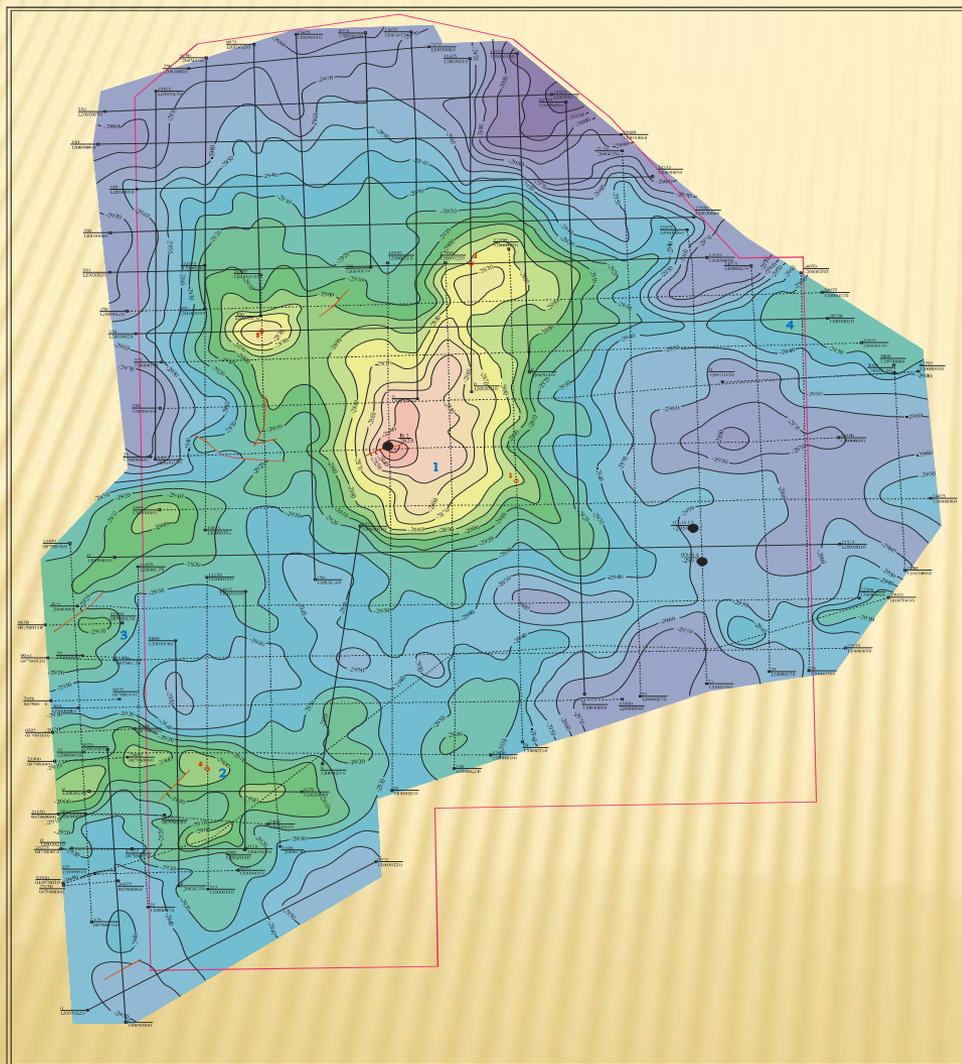
УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ СО СКВАЖИННЫМИ ДАННЫМИ



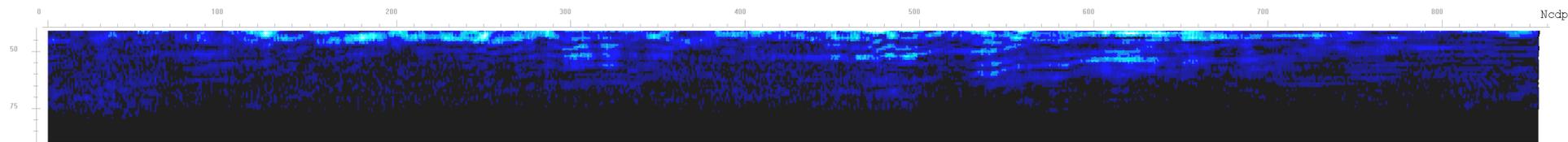
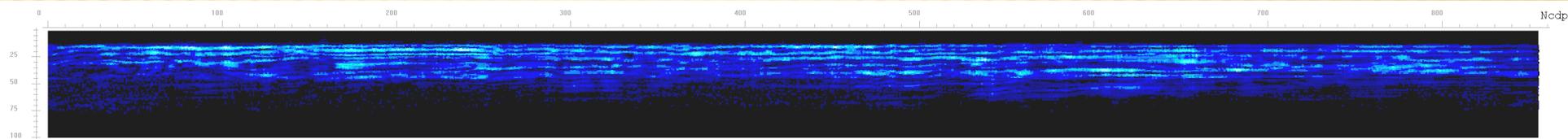
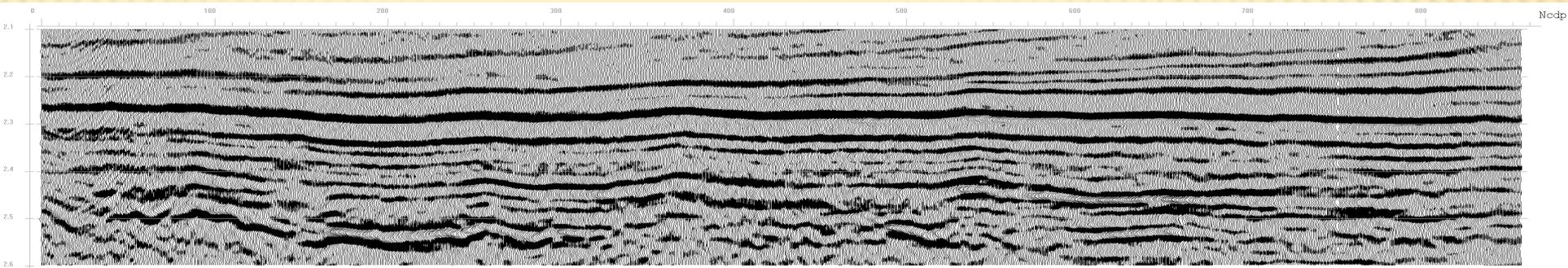
ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ПРОДУКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ



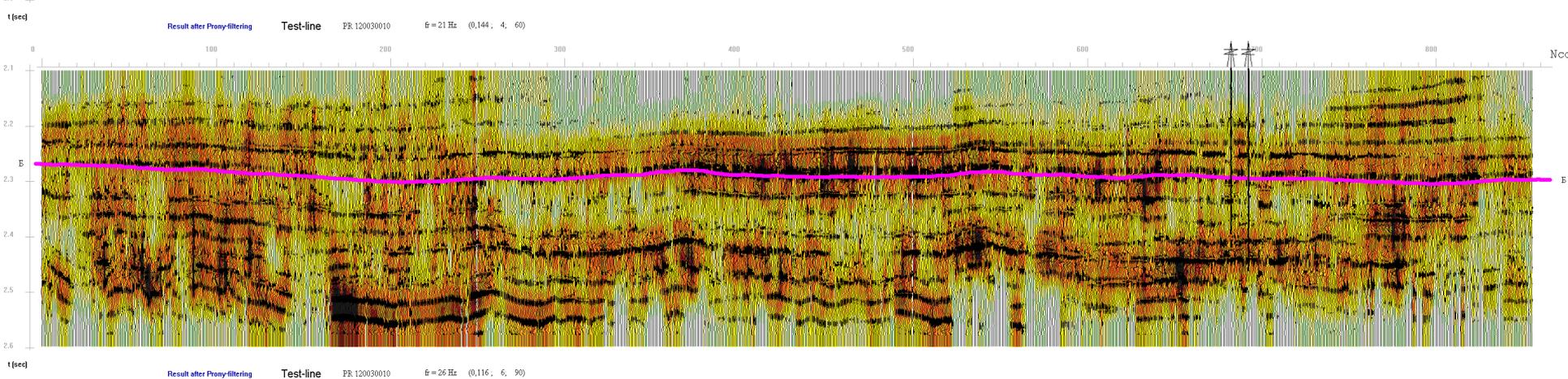
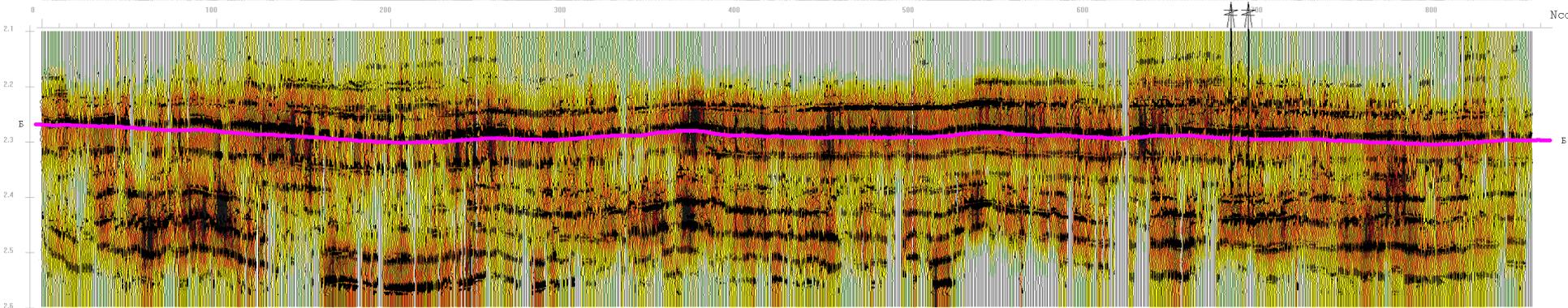
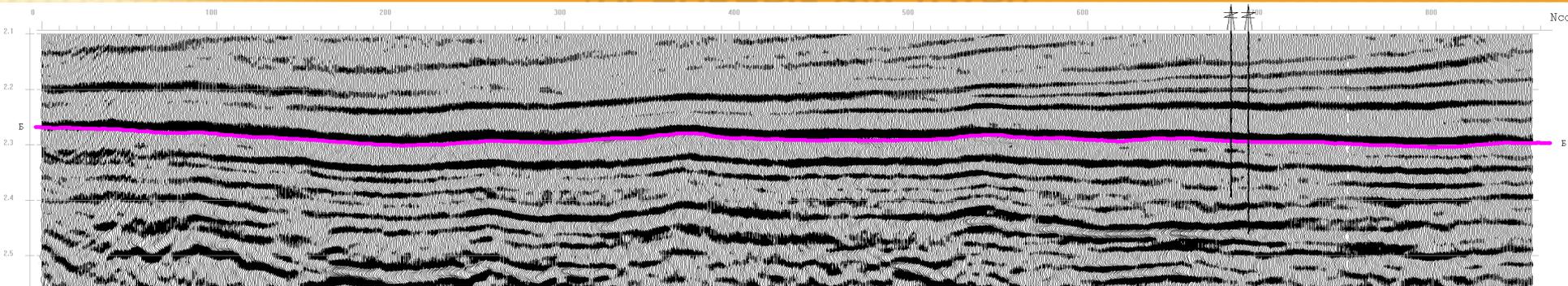
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОНИ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН ПОРОВО-ТРЕЩИННЫХ КОЛЕКТОРОВ В ИНТЕРВАЛЕ ПЛАСТОВ Ю2-Ю4.



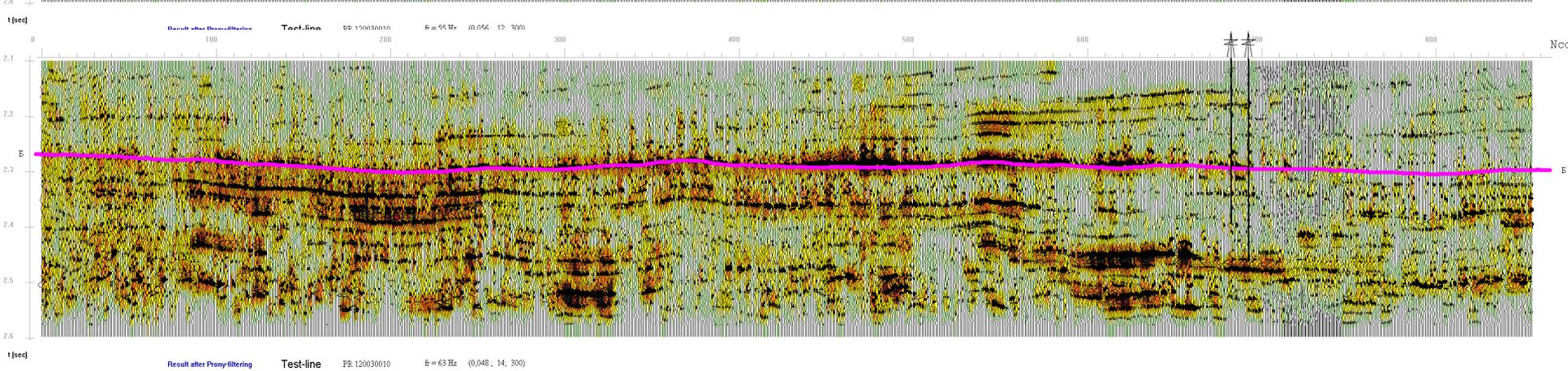
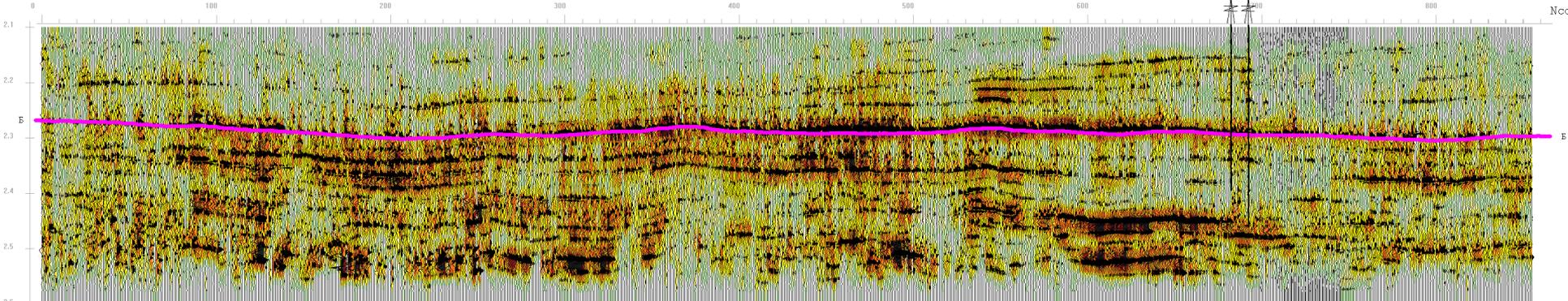
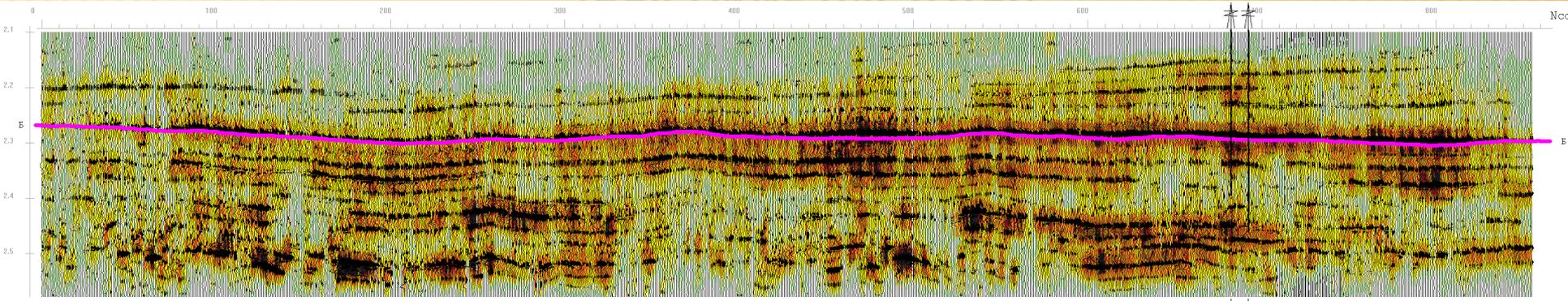
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕСТОВОЙ ЛИНИИ



ОБРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ЛИНИИ НА ОСНОВЕ ПРОНИ ФИЛЬТРАЦИИ (ОСНОВНЫЕ ЧАСТОТЫ)

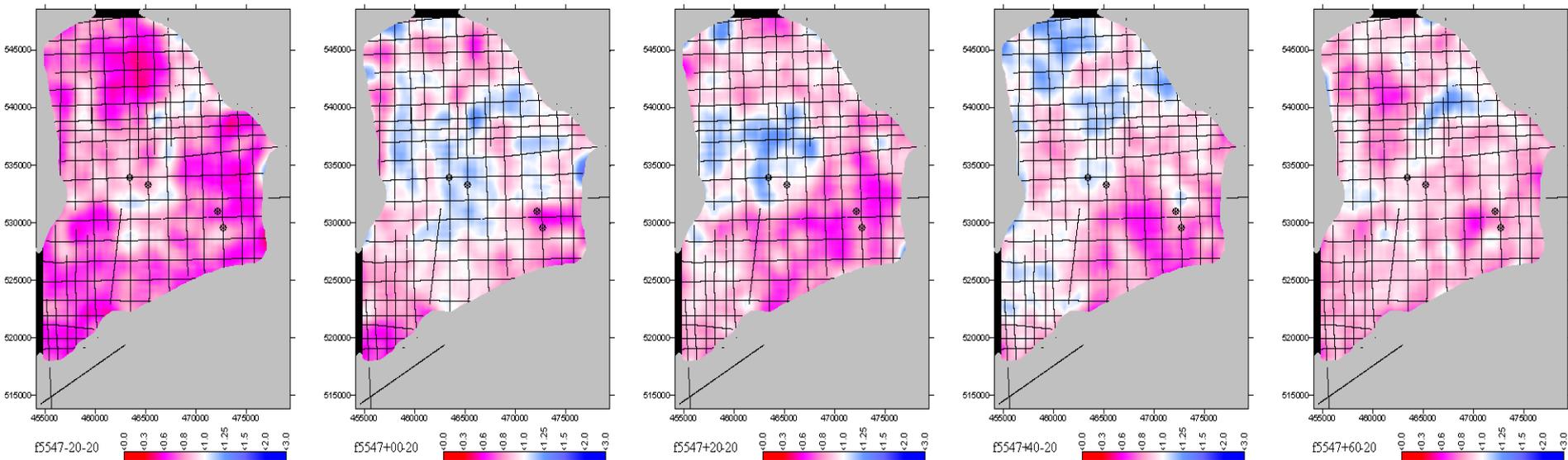


ОБРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ЛИНИИ НА ОСНОВЕ ПРОНИ ФИЛЬТРАЦИИ (ВЫСОКИЕ ЧАСТОТЫ)

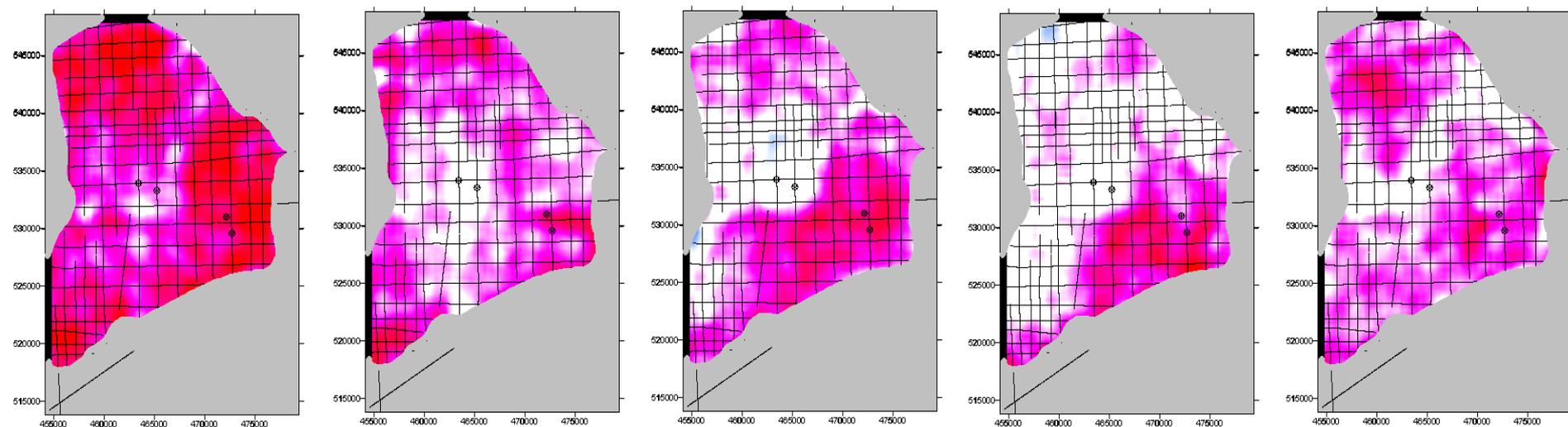


КАРТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОНИ ПО СРЕЗАМ

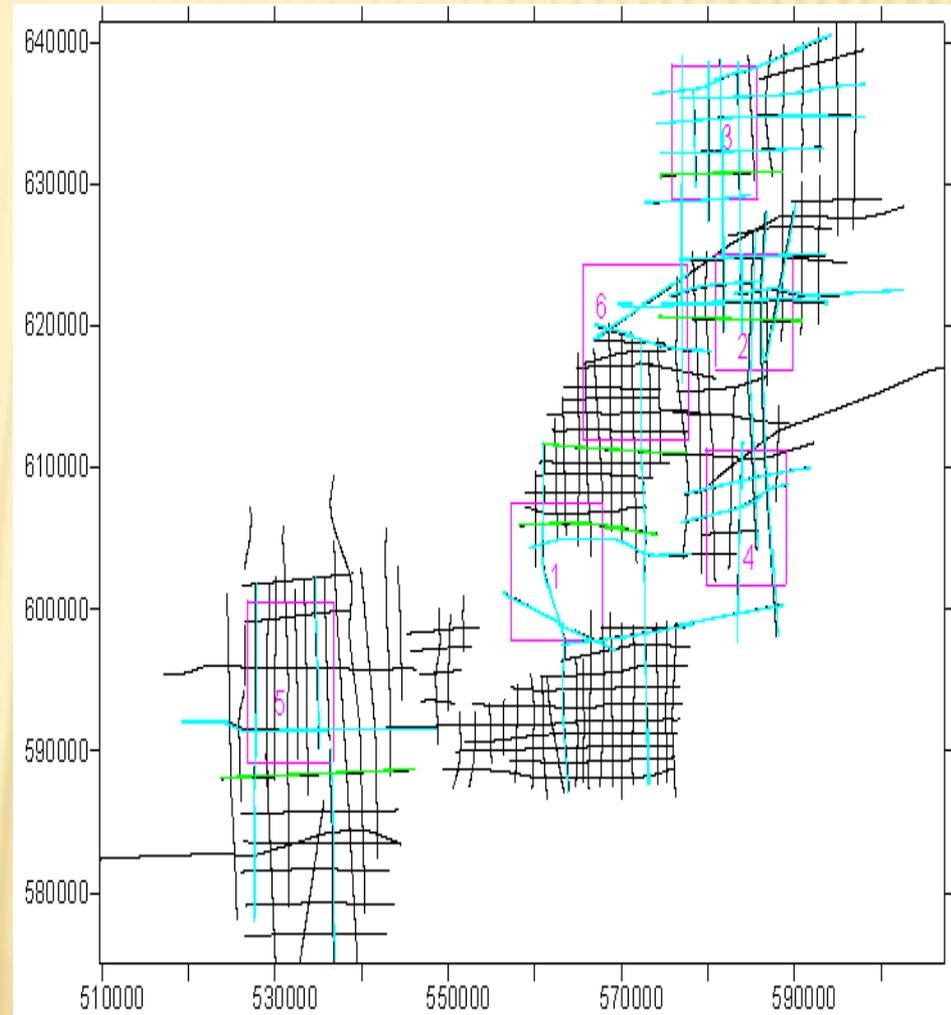
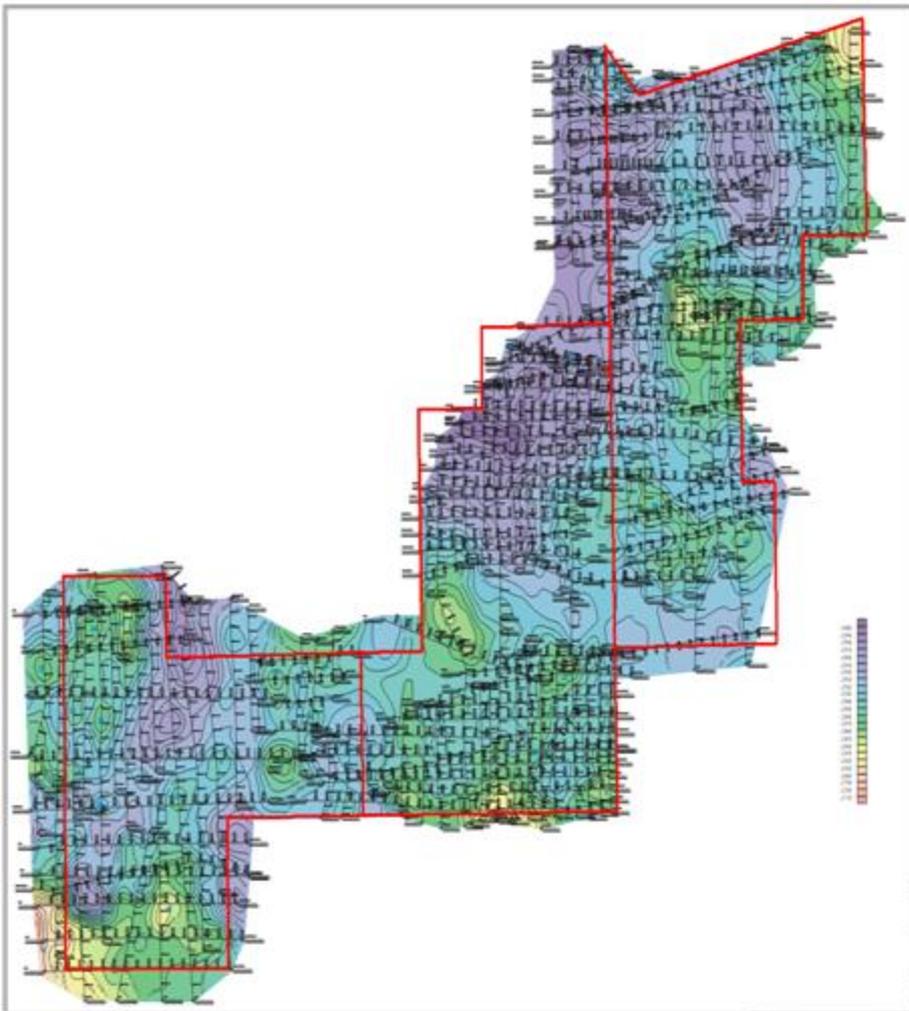
Ratio 55/26 Hz



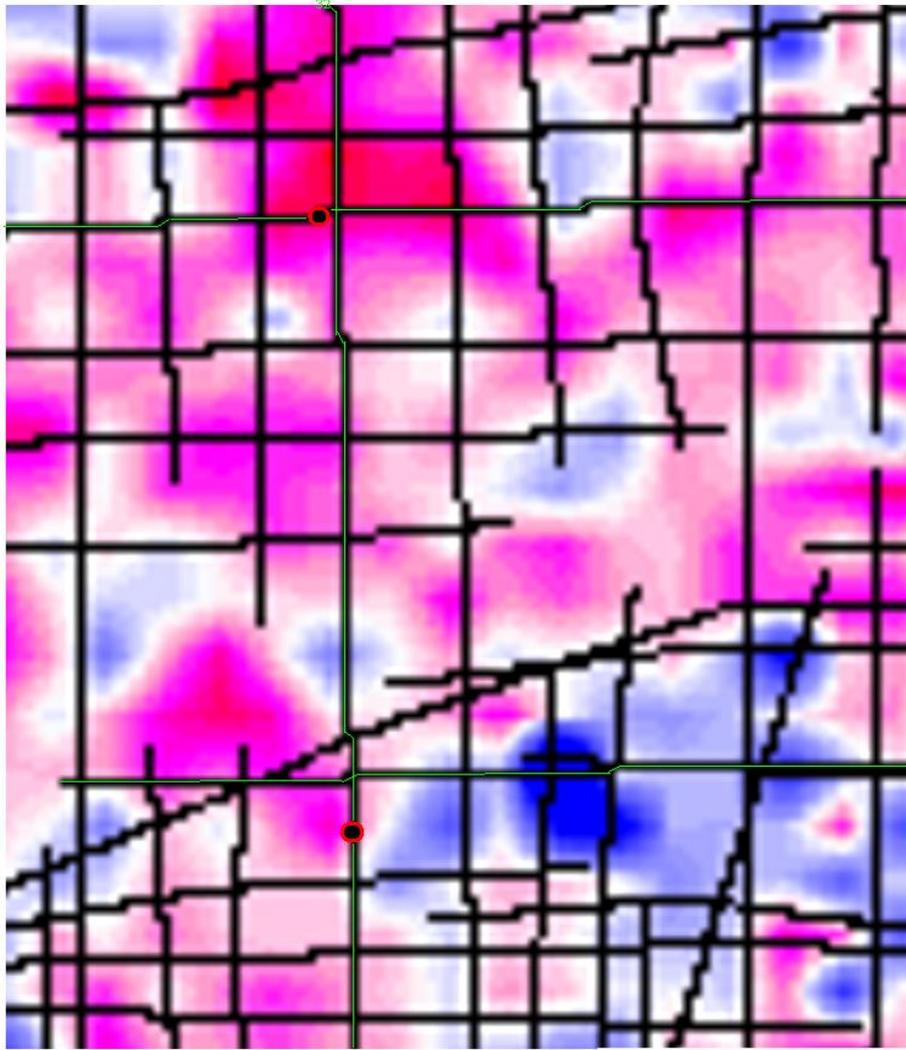
Ratio 55/47 Hz



ИССЛЕДУЕМАЯ ОБЛАСТЬ

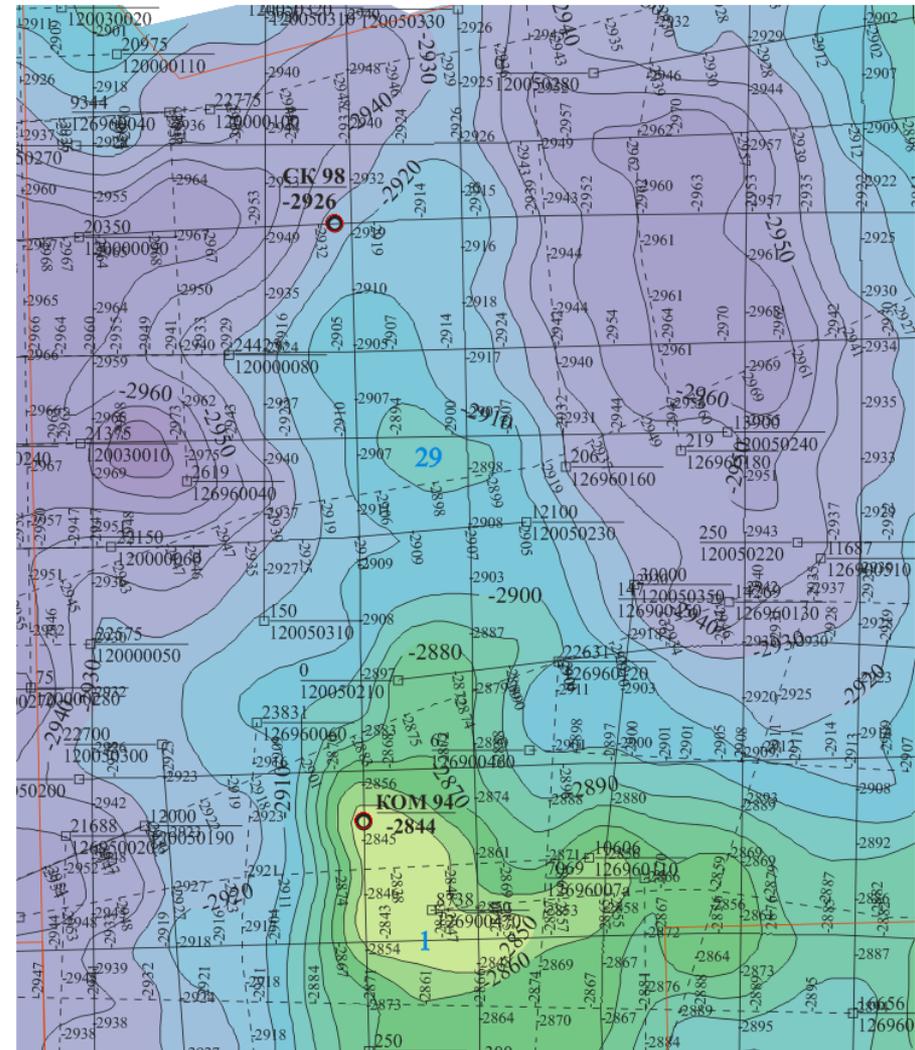


КАРТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОНИ И ЕЕ СООТНОШЕНИЕ СО СТРУКТУРНЫМ ПЛАНом ГОРИЗОНТА ДЛЯ НЕБОЛЬШОГО УЧАСТКА



Результаты Прони фильтрации для области планируемых скважин 94 и 98, полученные по интервалу времен 20-20 мс ниже горизонта Б.

● - положение рекомендуемых скважин, совпадающее с положением пробуренных скважин



Часть структурной карты по горизонту Тю2 с нанесенными на нее точками поискового бурения для скважин 94 и 98, которые были заложены и пробурены по результатам Прони-анализа.