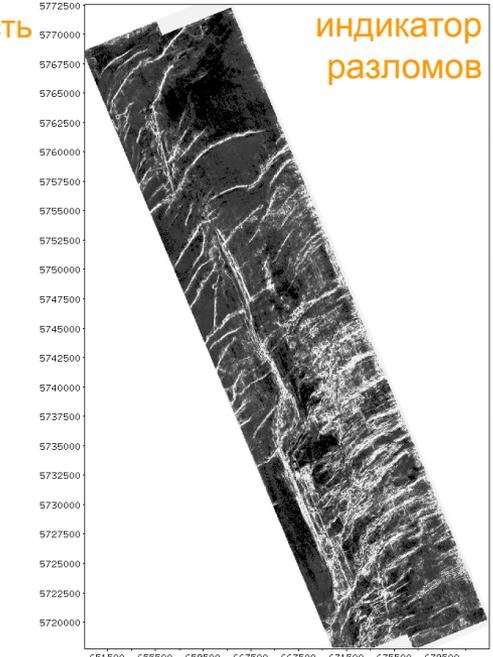
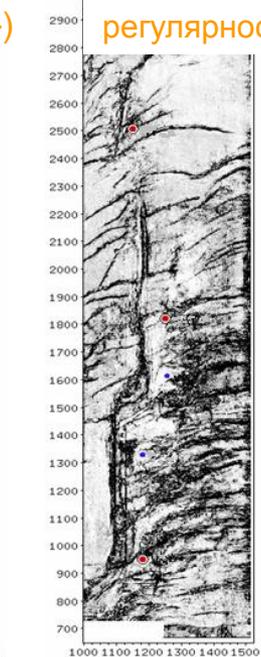
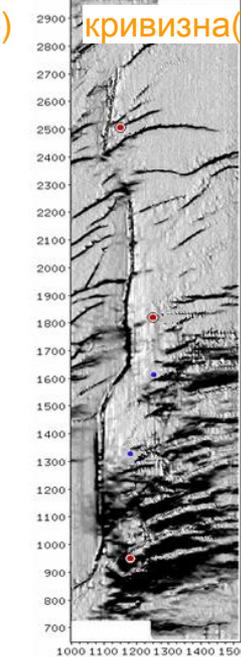
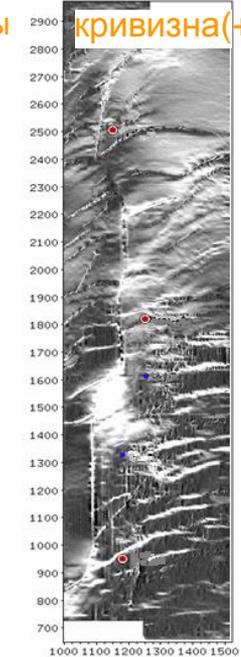
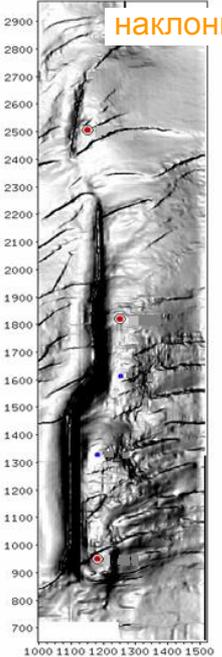
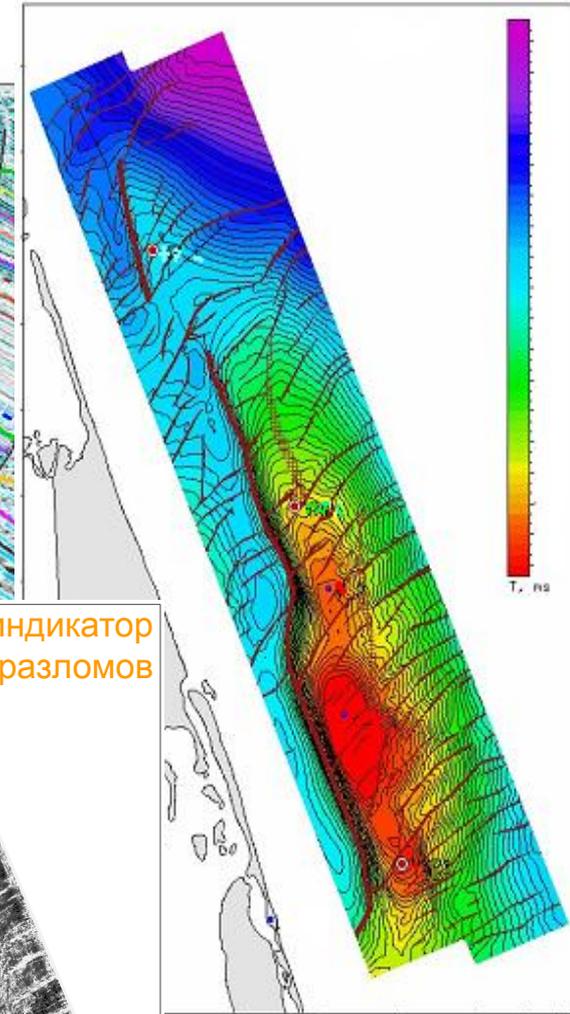
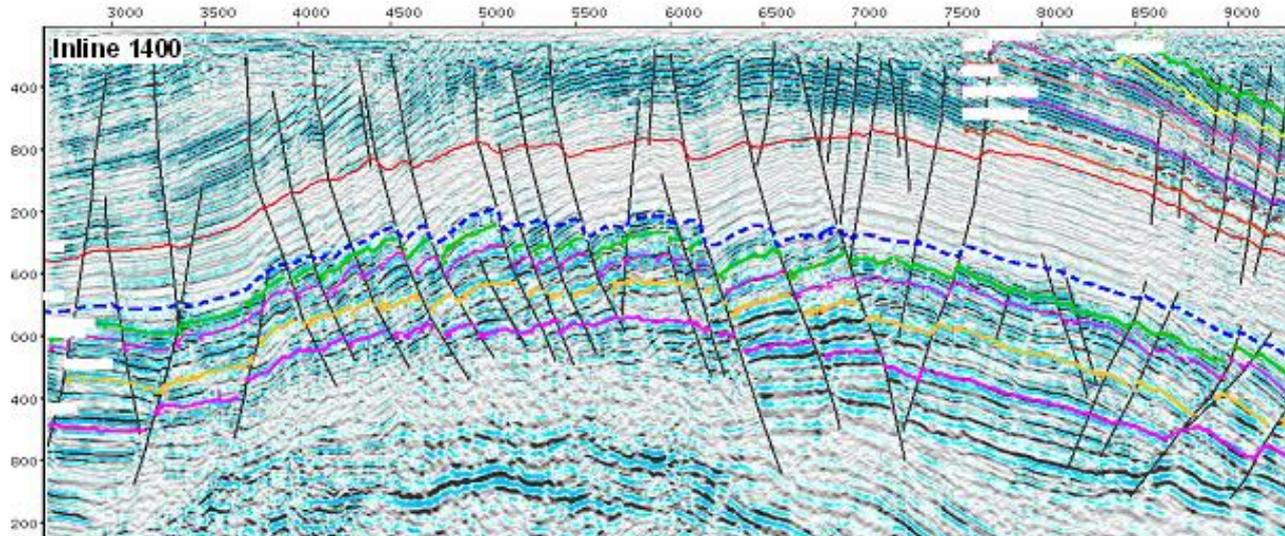


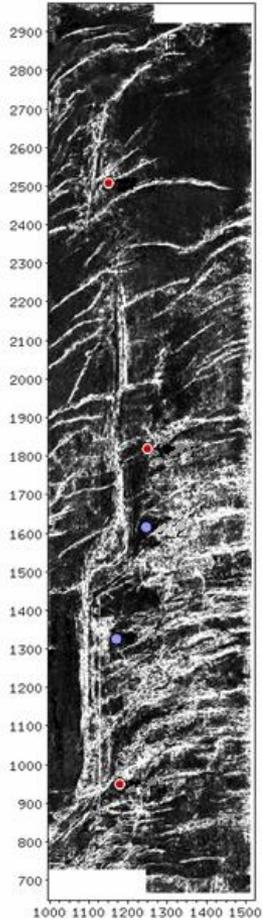
***Современный подход к прогнозу  
петрофизических свойств в программном  
комплексе ИНПРЕС***

*Ахметова Э.Р.  
Гарнов А.В.  
АО ЦГЭ*

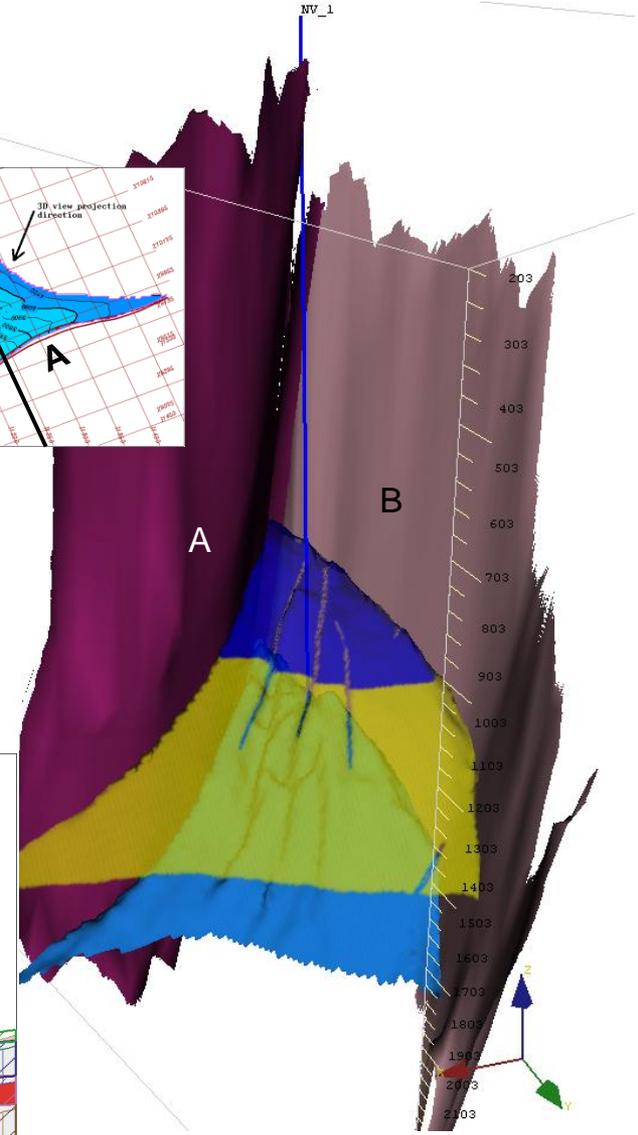
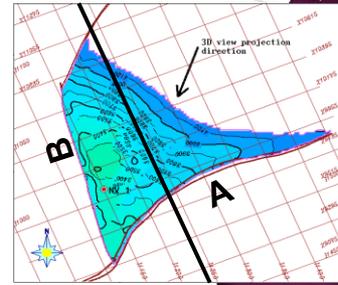
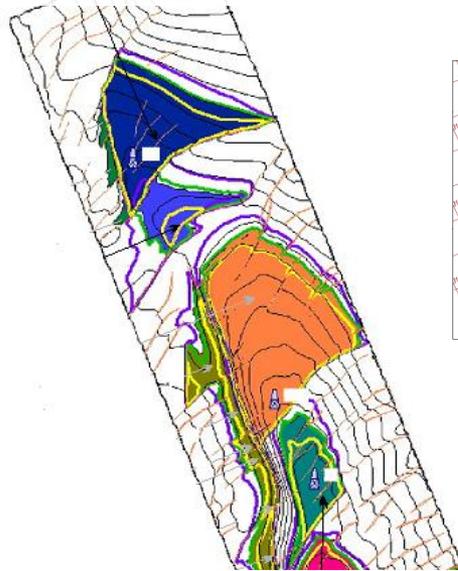
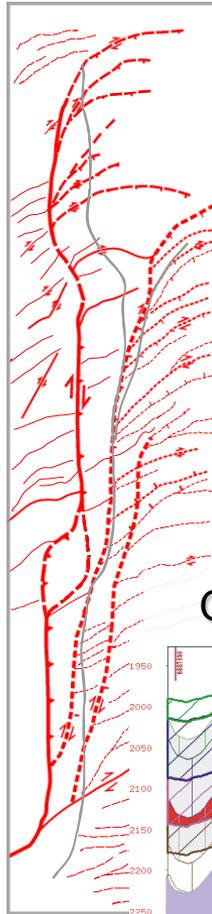
# Картирование поверхностей горизонтов и разломов



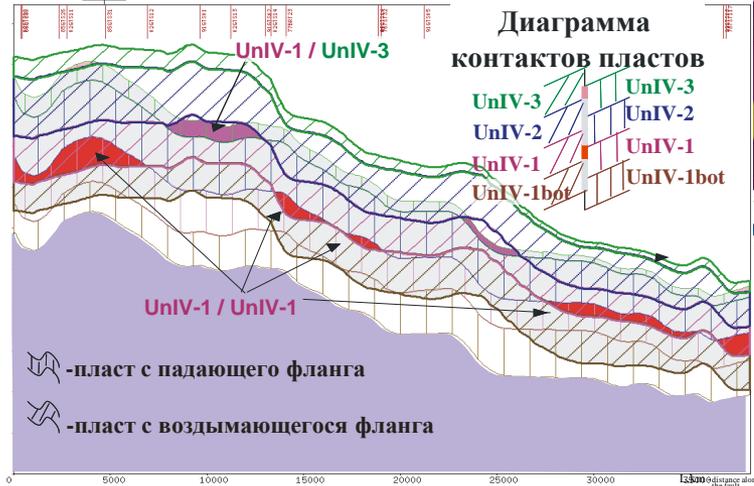
## Классификация разломов



## Картирование ловушек углеводородов (разломы непроницаемы)

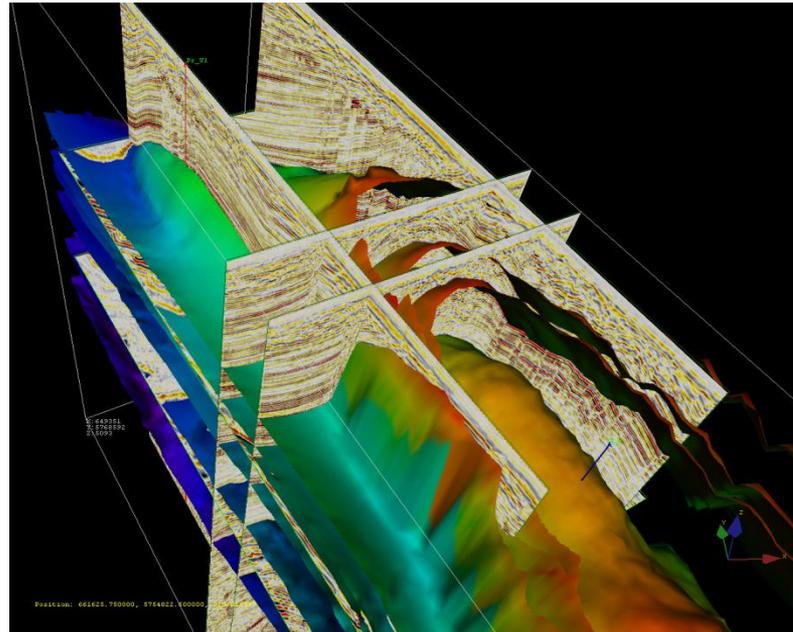


## Оценка проницаемости разломов

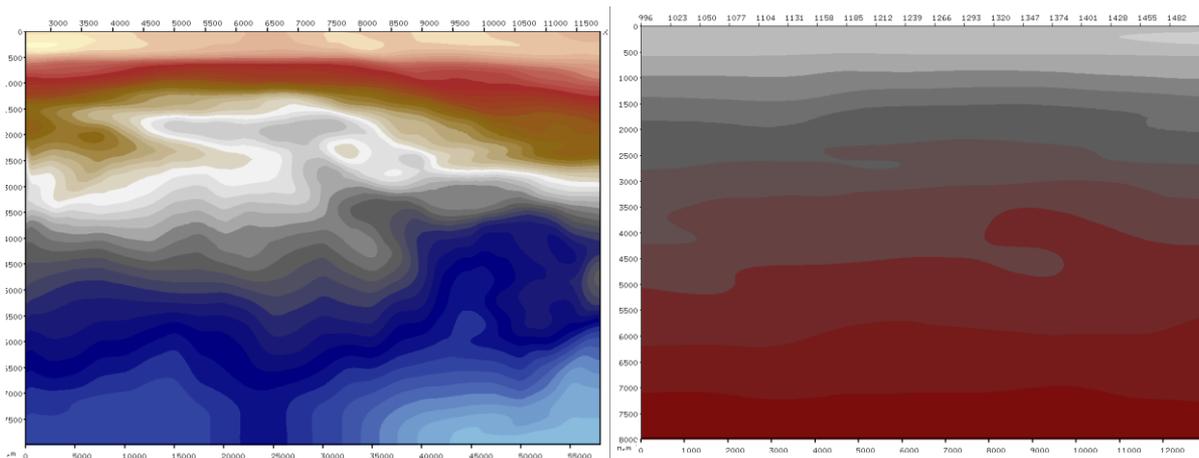


Исходные данные:

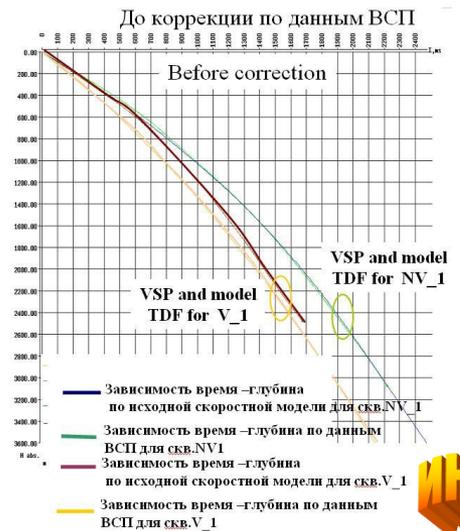
Месторождение  
на шельфе в Охотском море



Модель скоростей миграции до суммирования



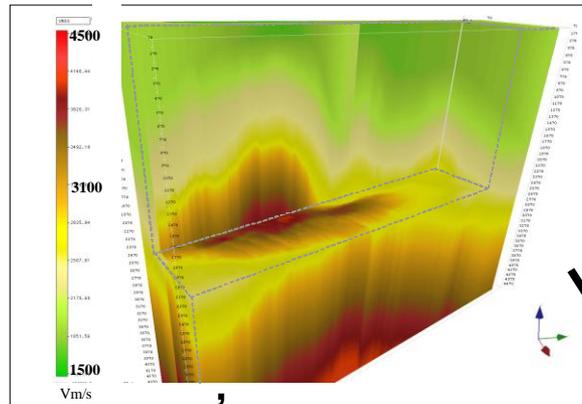
Данные ВСП по 3 скважинам



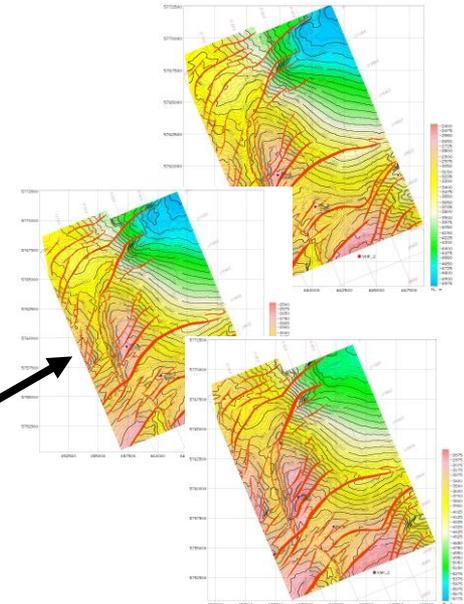
Пересчет в приближенную модель средних скоростей

$$V_{aver}(T_0) = \sqrt{V_{migr}^2(T_0) - \frac{\sum V_i \Delta t_i}{T_0}}$$

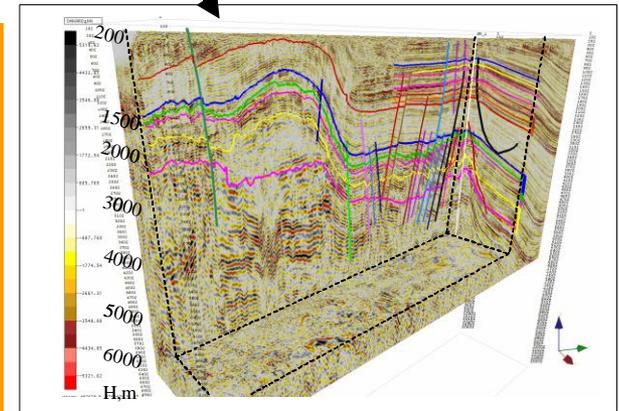
Уточнение куба средних скоростей кригингом с учетом данных ВСП



Куб средних скоростей



Глубинные структурные карты

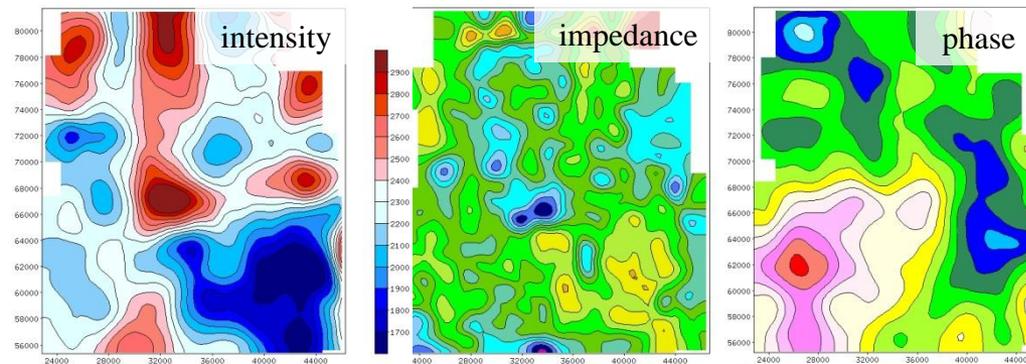
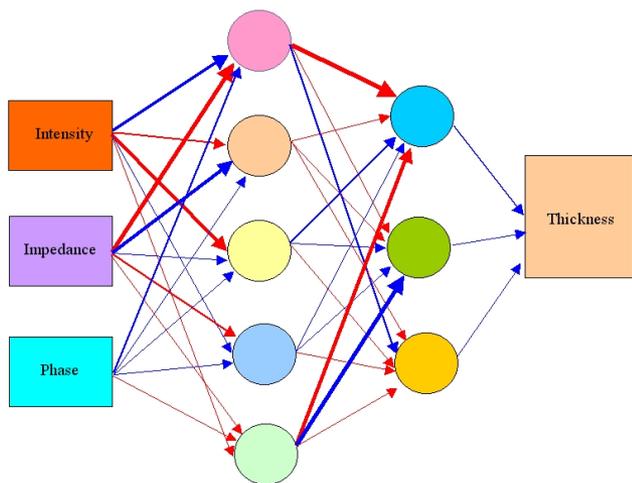


Сейсмический куб в глубинном масштабе



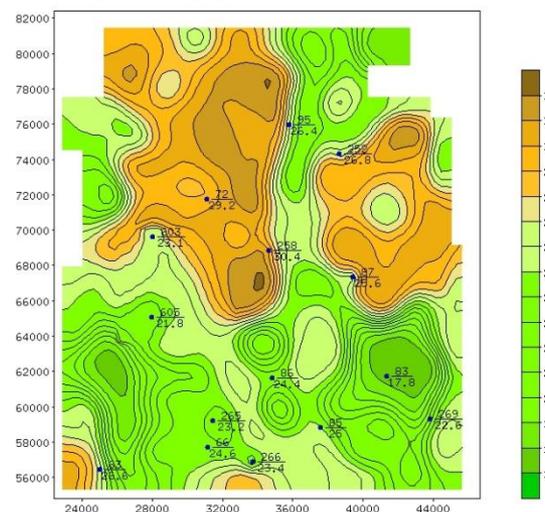
В основе геостатистики — вариограммный анализ (кригинг). Как правило, объекты, явления и процессы, которые расположены ближе в пространстве, являются более подобными между собой сравнительно с теми, которые более удалены друг от друга. Вариограмма - график, который показывает зависимость между дисперсией признака в определенных точках и расстоянием между последними. Эта зависимость используется для предсказания значений в других местоположениях, то есть при пространственной интерполяции.

## II этап: MSP прогноз



MSP

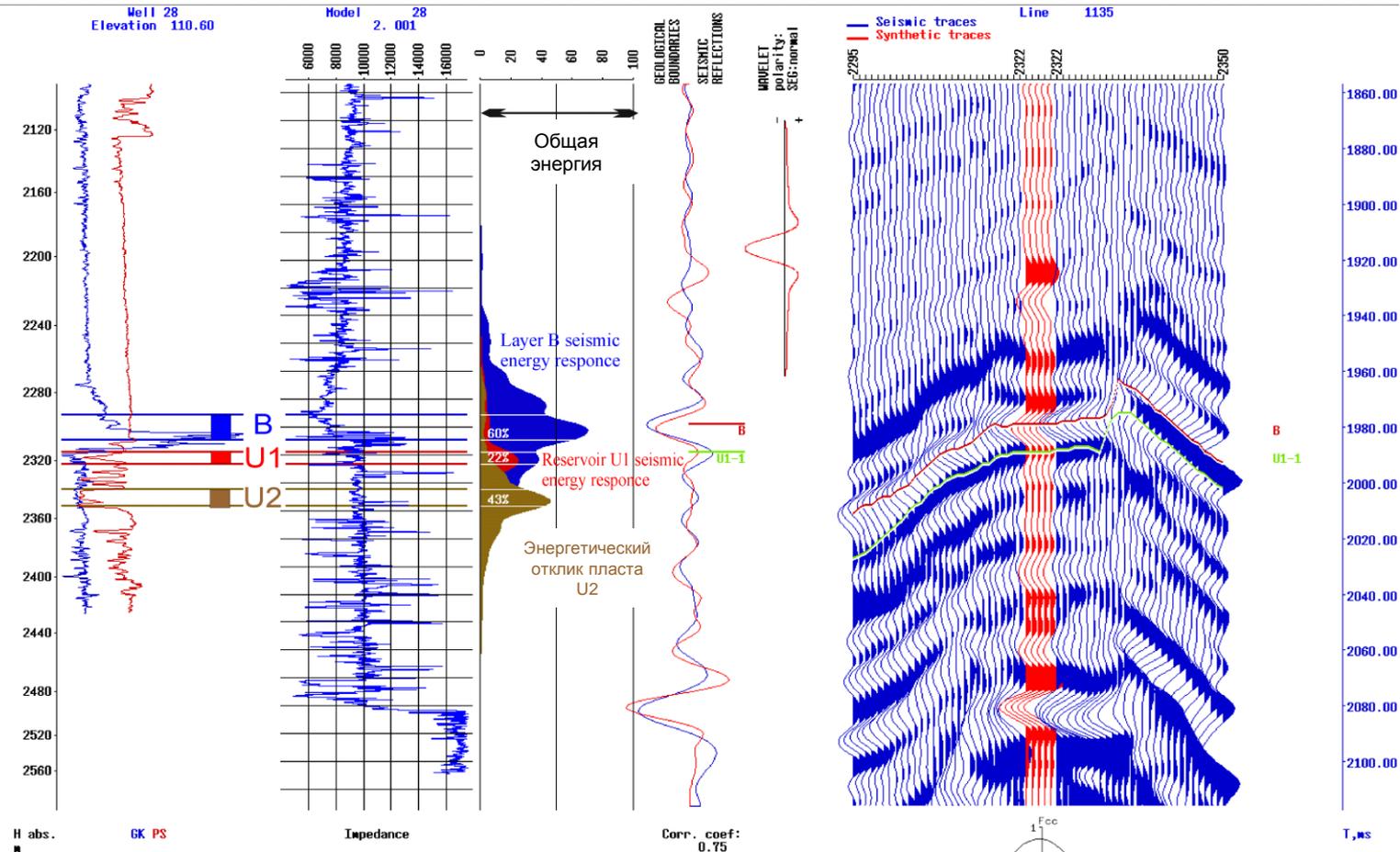
Карта эффективных толщин <sup>b</sup>



## I этап: MSP обучение и тестирование

Well	hef	intensity	impedance	phase
63	26.6	2263	4162	3743
72	29.2	2518	4939	3189
83	17.8	1580	2613	3083
85	25.0	1785	2856	3270
86	24.4	1881	2903	3497
87	25.6	2392	3444	3240
95	26.4	2376	4021	3392
252	26.8	2292	3366	3209
258	30.4	2365	4112	3387
265	23.2	2487	3835	3593

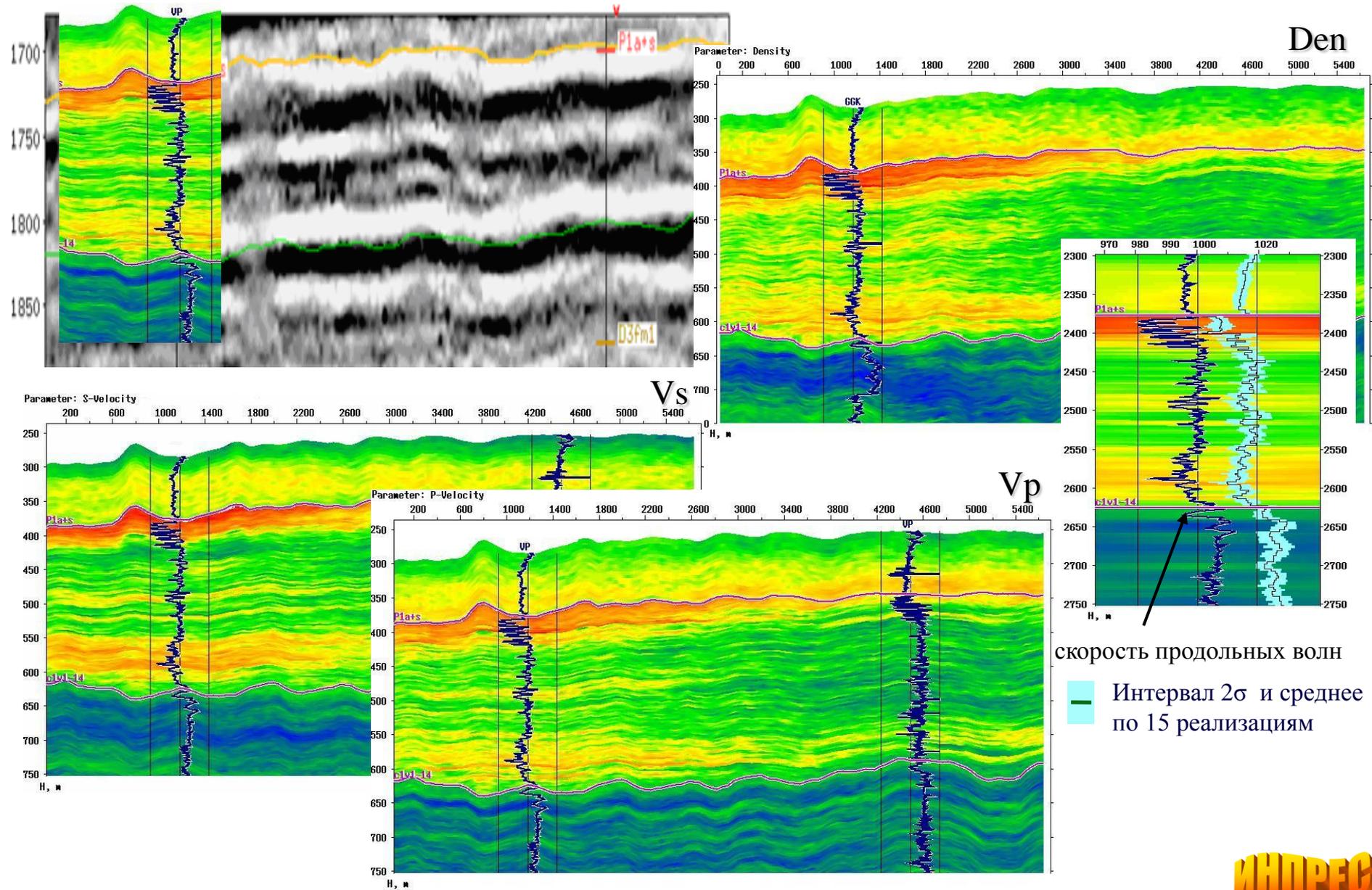
# Стратиграфическая привязка волн с диагностикой геологической информативности отражений и их атрибутов



Прогнозировать свойства пласта U1 возможно только с помощью инверсии, анализ сейсмических атрибутов бесполезен для этого слоя

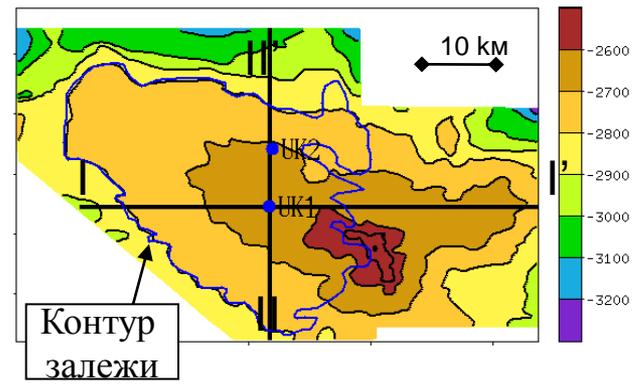
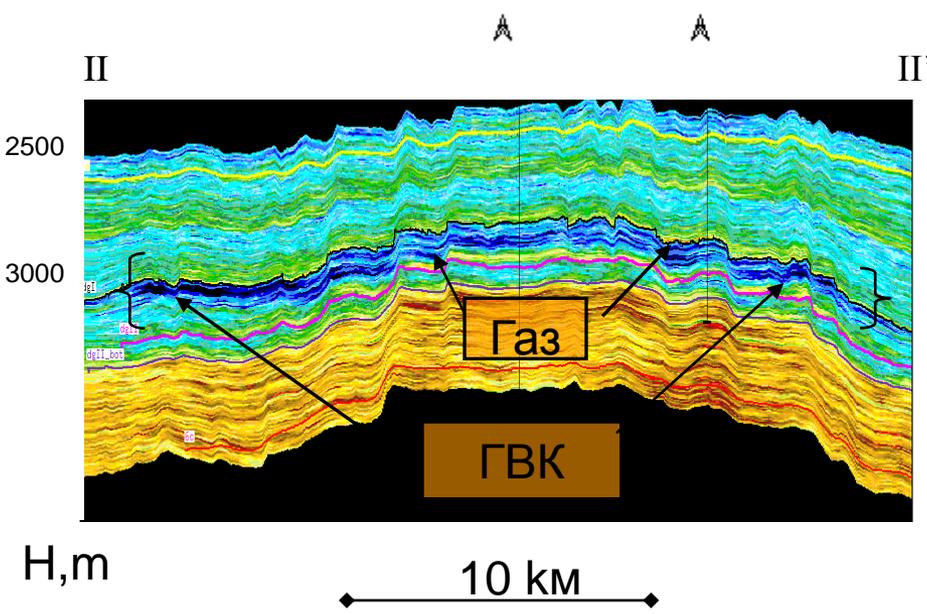
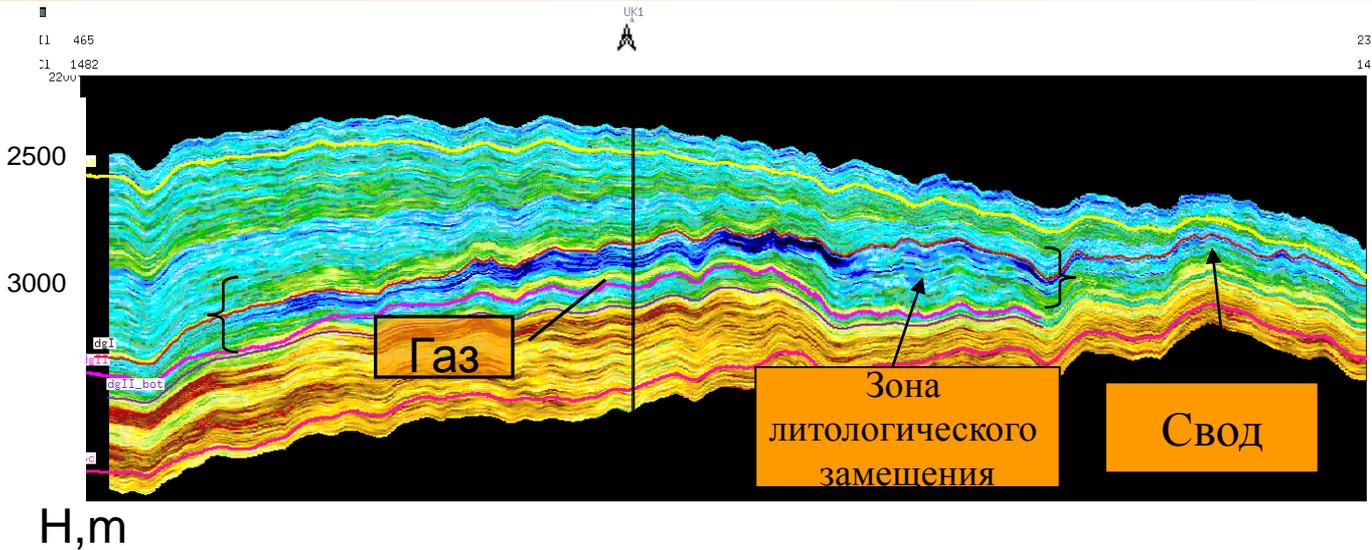
Корреляция между синтетическими и сейсмическими трассами





скорость продольных волн

— Интервал  $2\sigma$  и среднее по 15 реализациям



Разрезы акустических импедансов



# Комплексная методика прогноза пористости по результатам инверсии

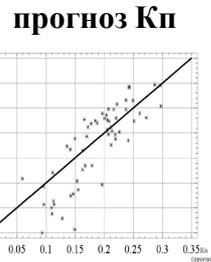
**Входные данные:**  
**Кп** по данным ГИС, полученные в ходе инверсии  
**скорость (V), плотность (D), акустический импеданс (I), время (twt)**

## Множественная регрессия

**Регрессионная модель Кп**

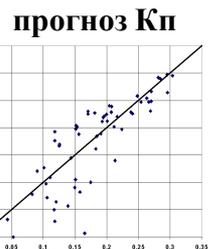
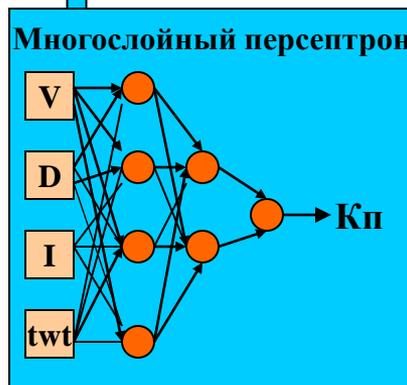
$$Kp = (\theta_0 + \theta_1 V^{\alpha_1} + \theta_2 D^{\alpha_2} + \theta_3 I^{\alpha_3} + \theta_4 twt)^{\gamma}$$

оценка параметров



## Нейронная сеть

обучение сети



плохое качество

Проверка надежности прогноза

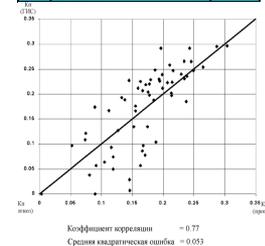
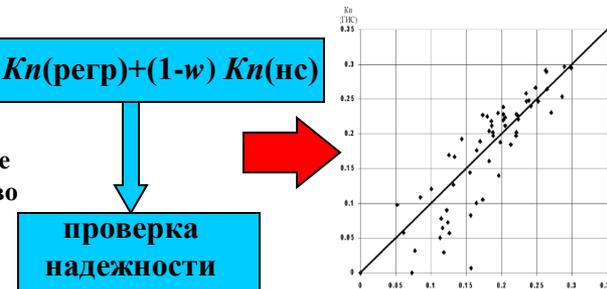
хорошее качество

хорошее качество

## Средний прогноз Кп

$$w Kp(\text{регр}) + (1-w) Kp(\text{нс})$$

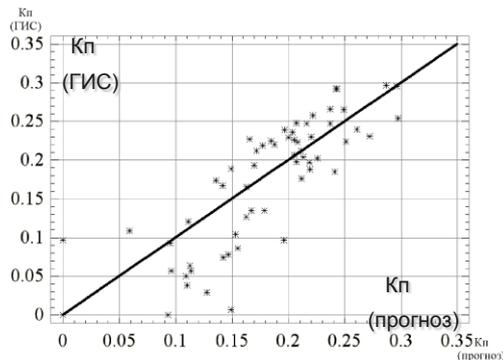
**проверка надежности прогноза (Jack-Knife)**



плохое качество

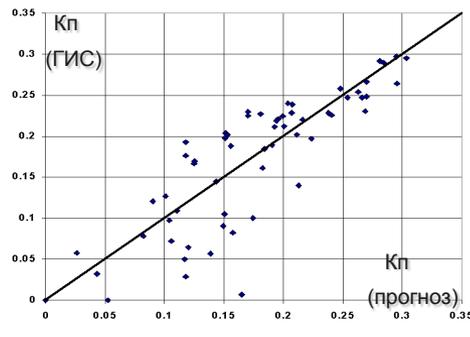
## Сопоставление значений $K_p$ по данным ГИС с прогнозными значениями пористости

**Множественная регрессия**  
 $K_p = F(I, V, Den...)$



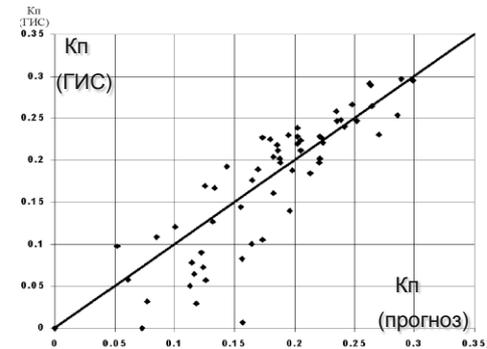
**Коэффициент корреляции = 0.82**

**Нейрокомпьютерный прогноз пористости**



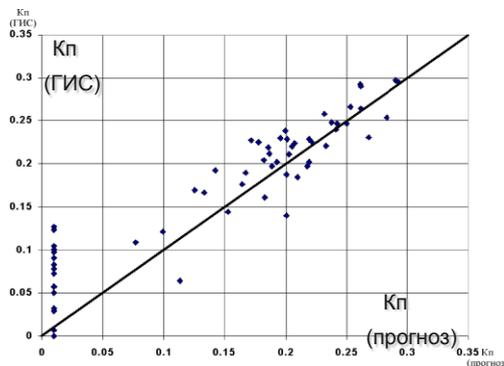
**Коэффициент корреляции = 0.84**

**Взвешенное среднее прогнозов по регрессия и нейронной сети**



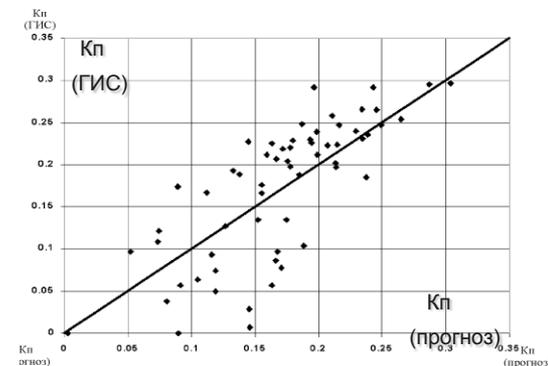
**Коэффициент корреляции = 0.87**

**Комплексная методика (регрессия + нейронная сеть + классификация)**



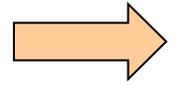
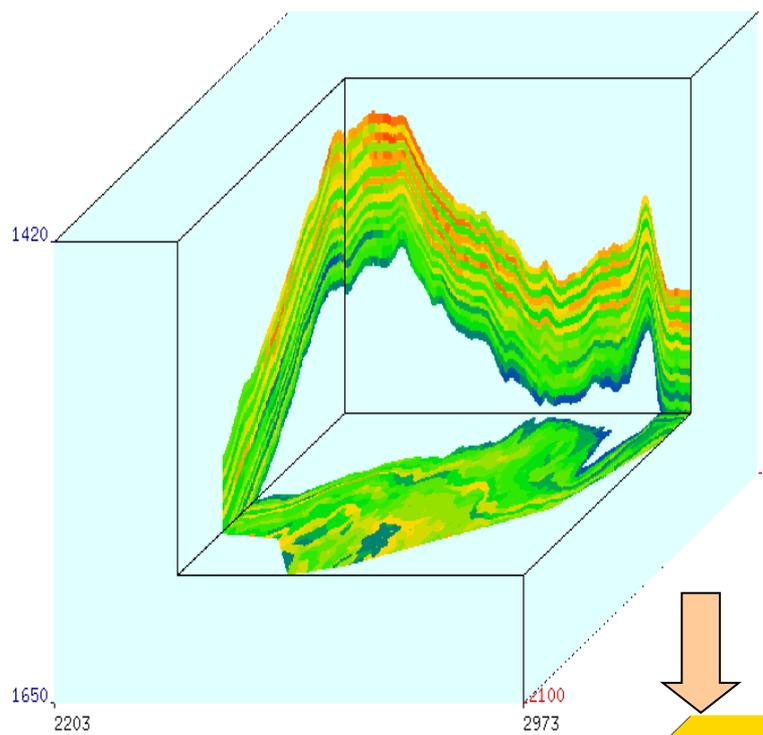
**Коэффициент корреляции = 0.93**

**Тестирование надежности среднего прогноза методом скользящего экзамена с исключением одного слоя**

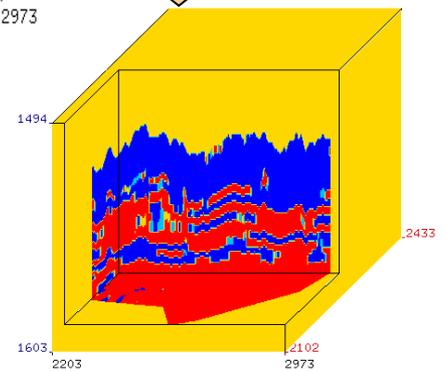
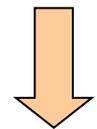
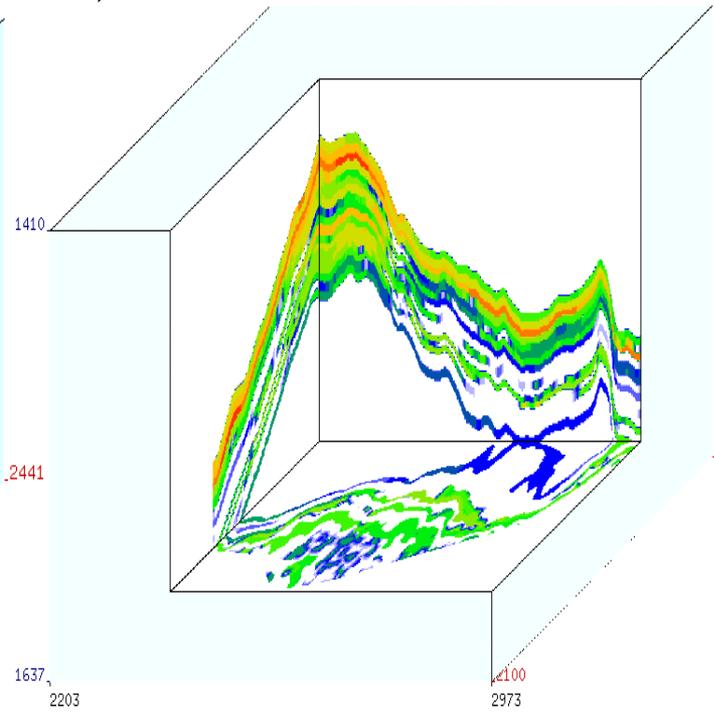


**Коэффициент корреляции = 0.77**

Куб акустических импедансов



Куб пористости

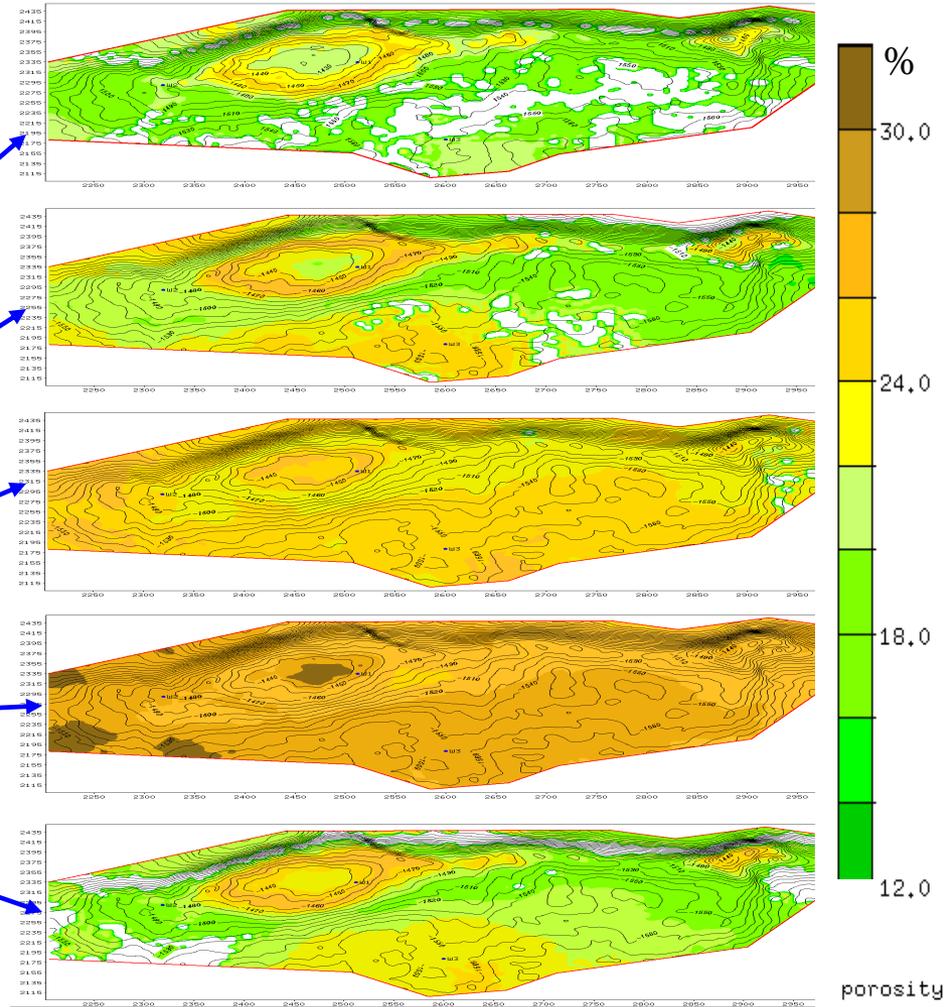
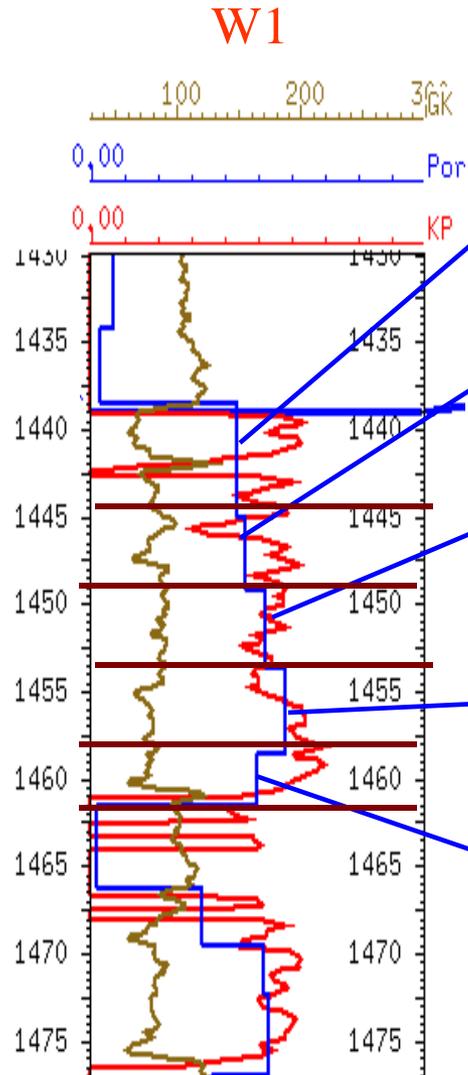


Трехмерная модель коллекторских свойств



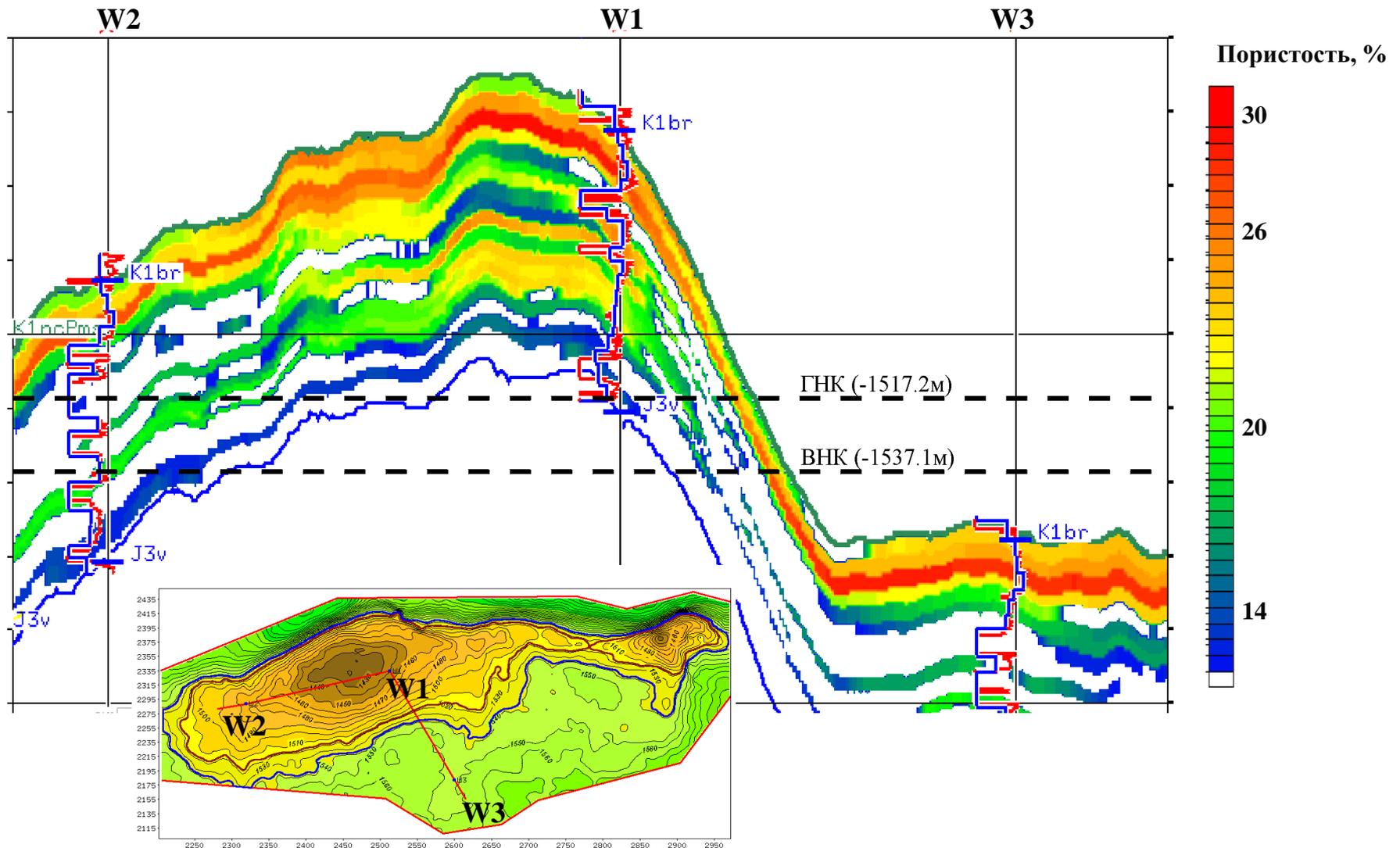
# 3D пластовая модель пористости

Пороговое значение  $K_p=0.12$



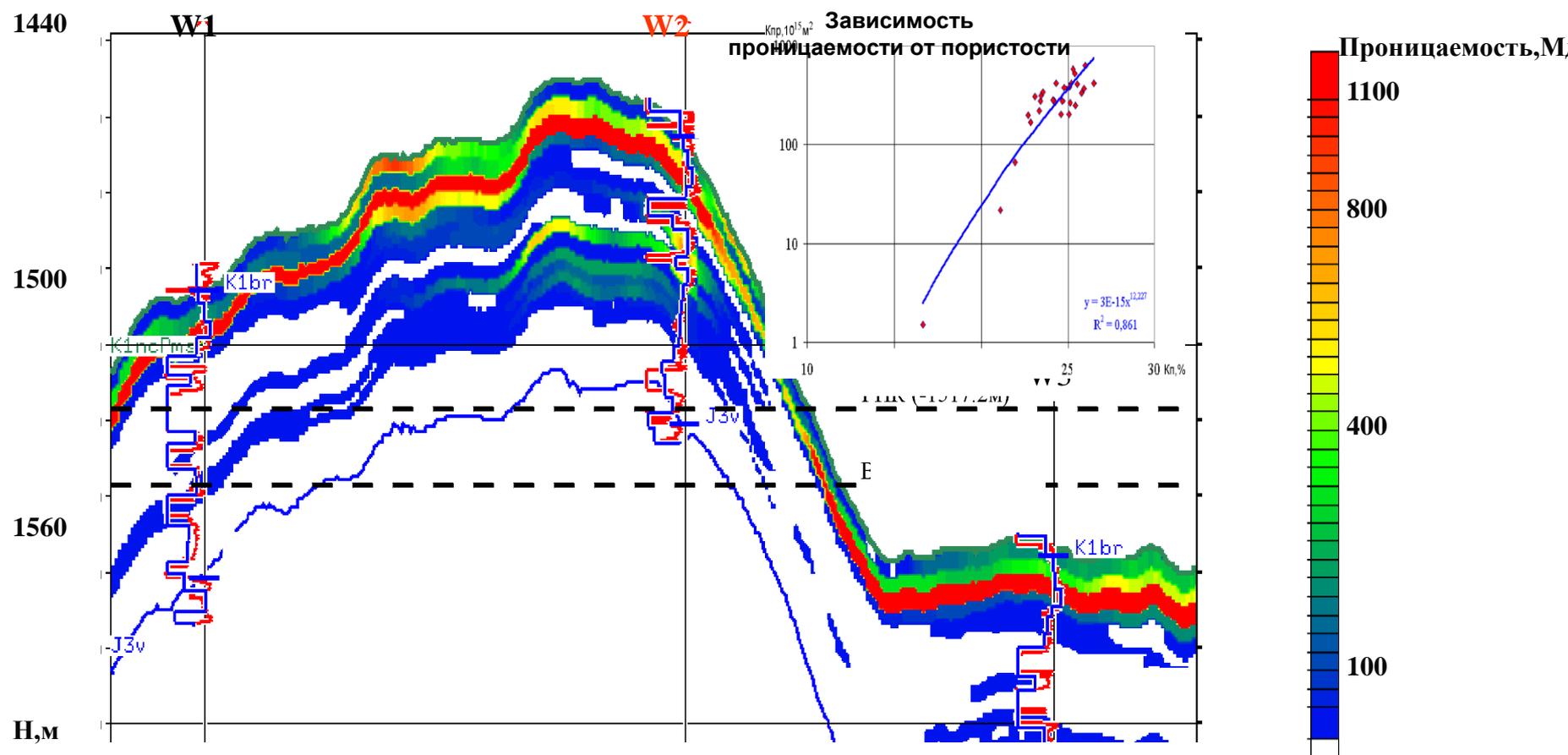
Изолиниями показан структурный план кровли пласта





Прогнозный разрез пористости

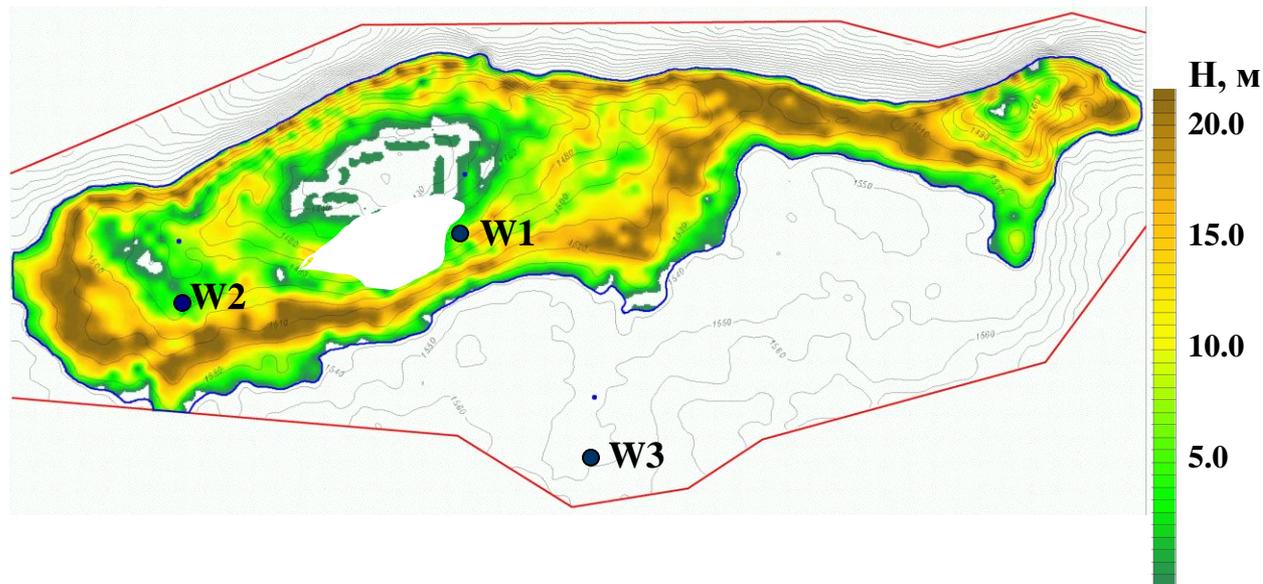




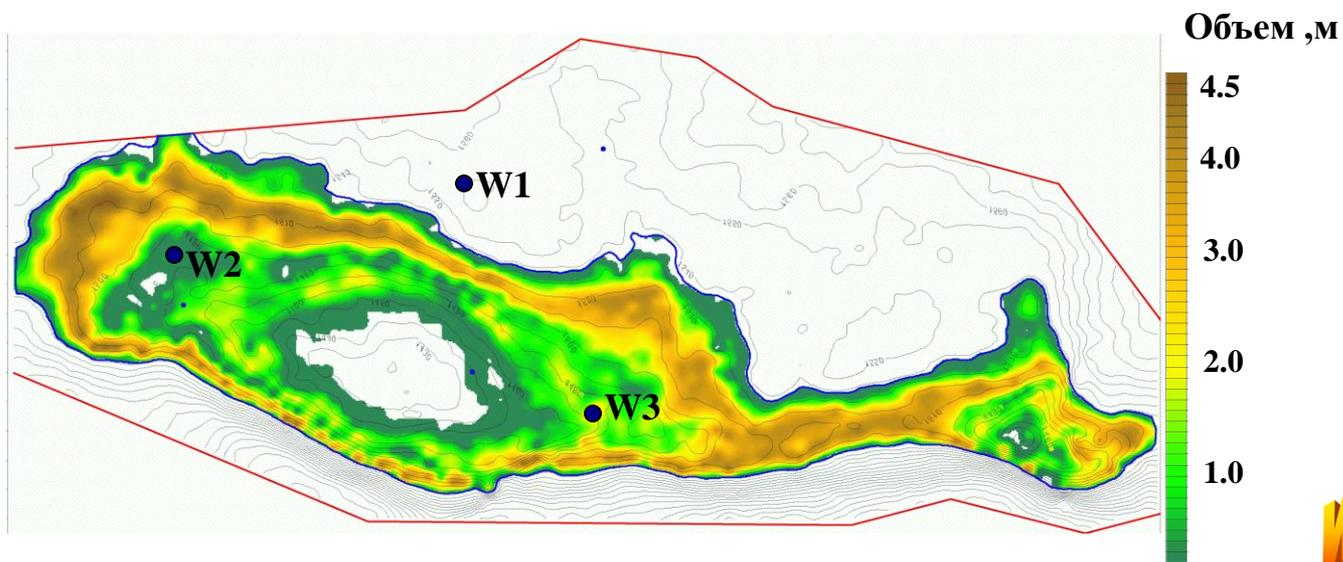
Прогнозный разрез проницаемости

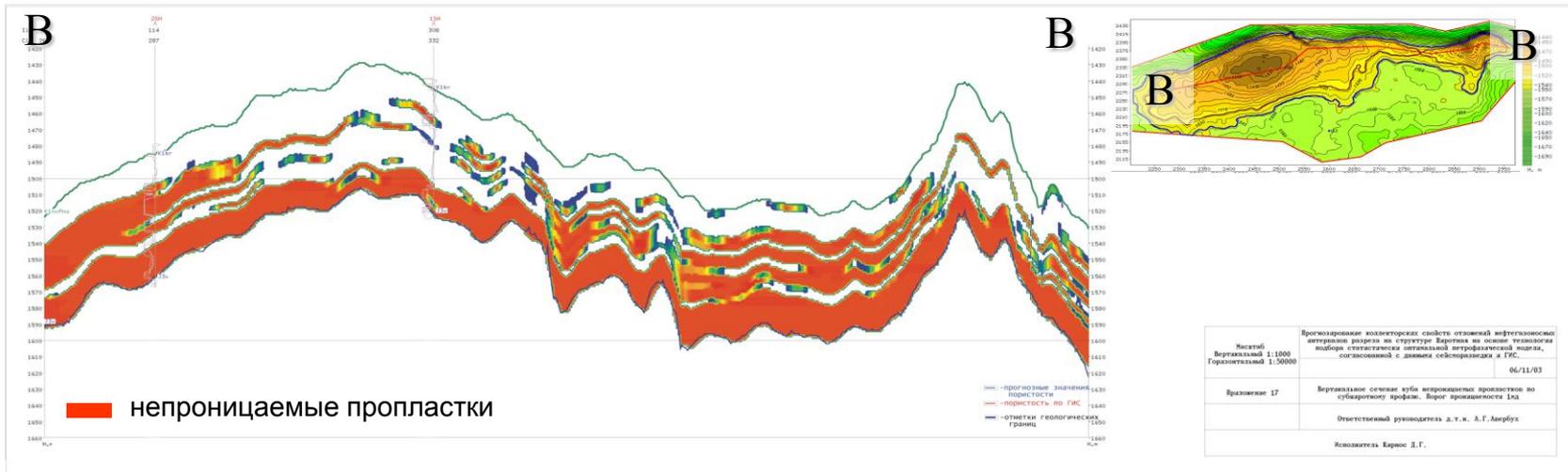
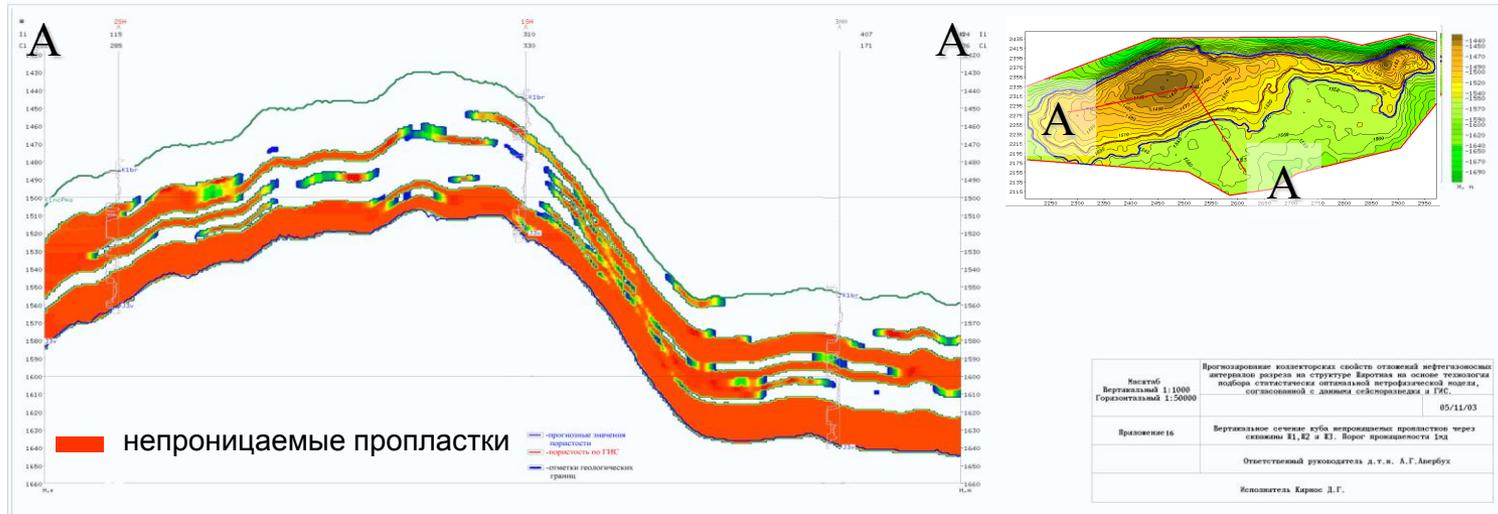


Карта эффективных нефтенасыщенных толщин



Карта поровых объемов нефтенасыщенных коллекторов

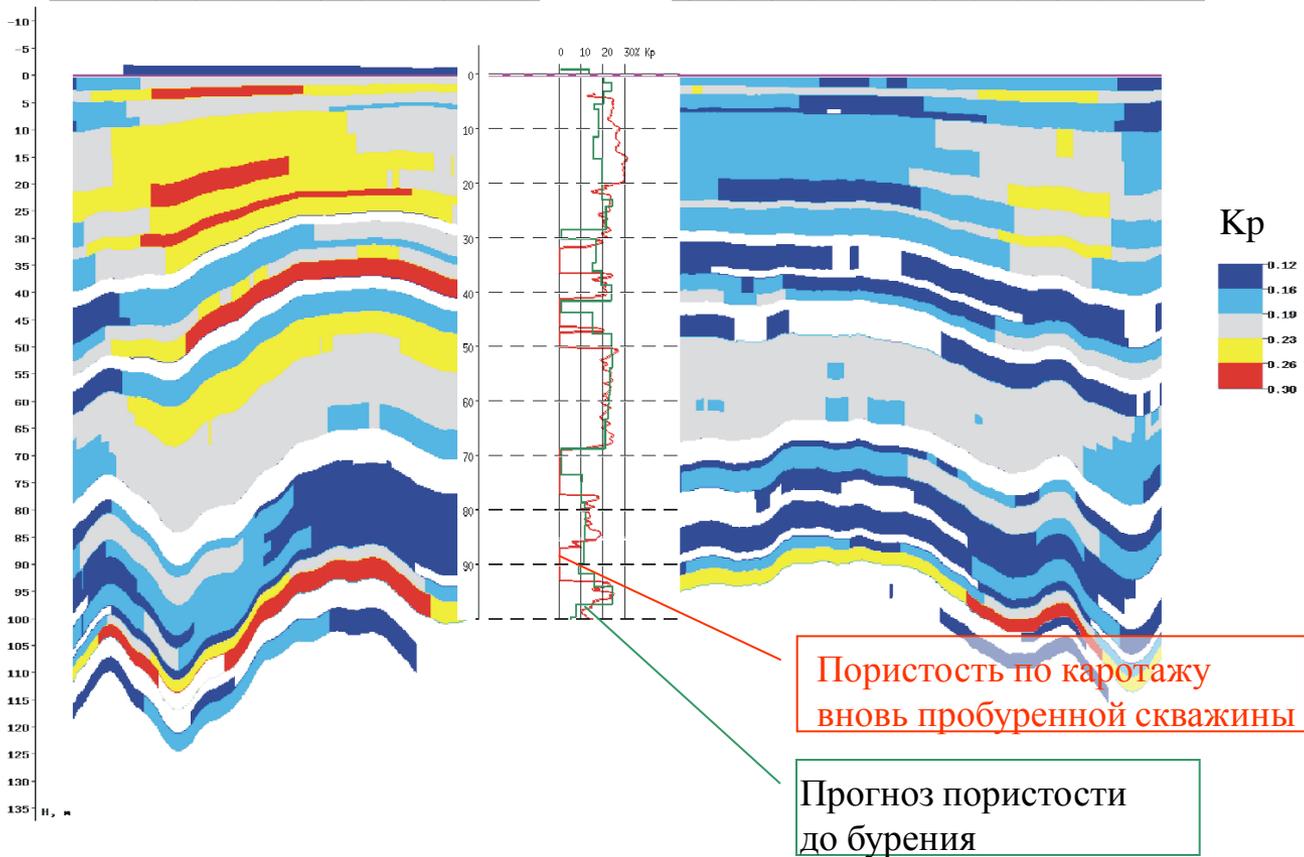




Сечения куба непроницаемых пропластков

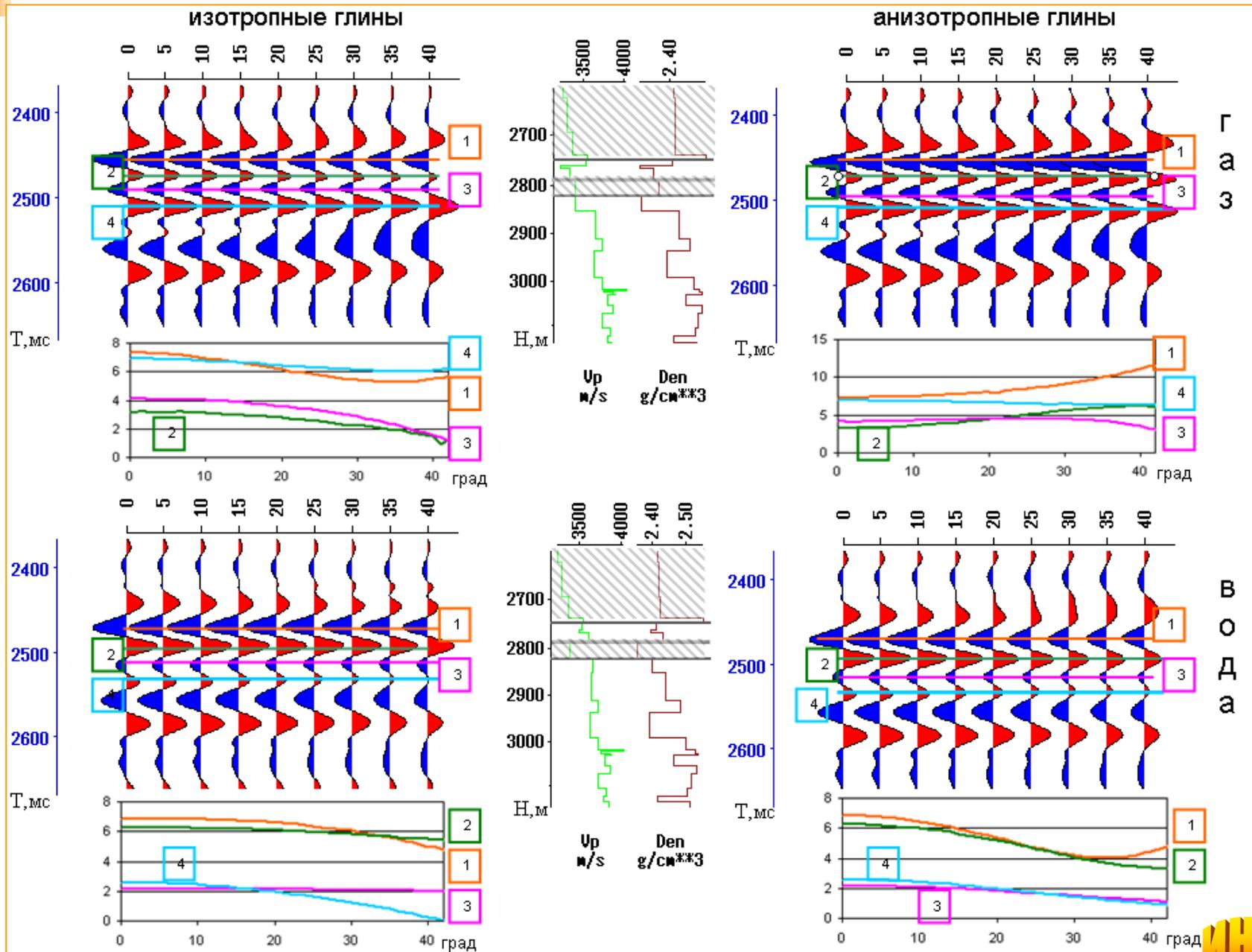


# W2



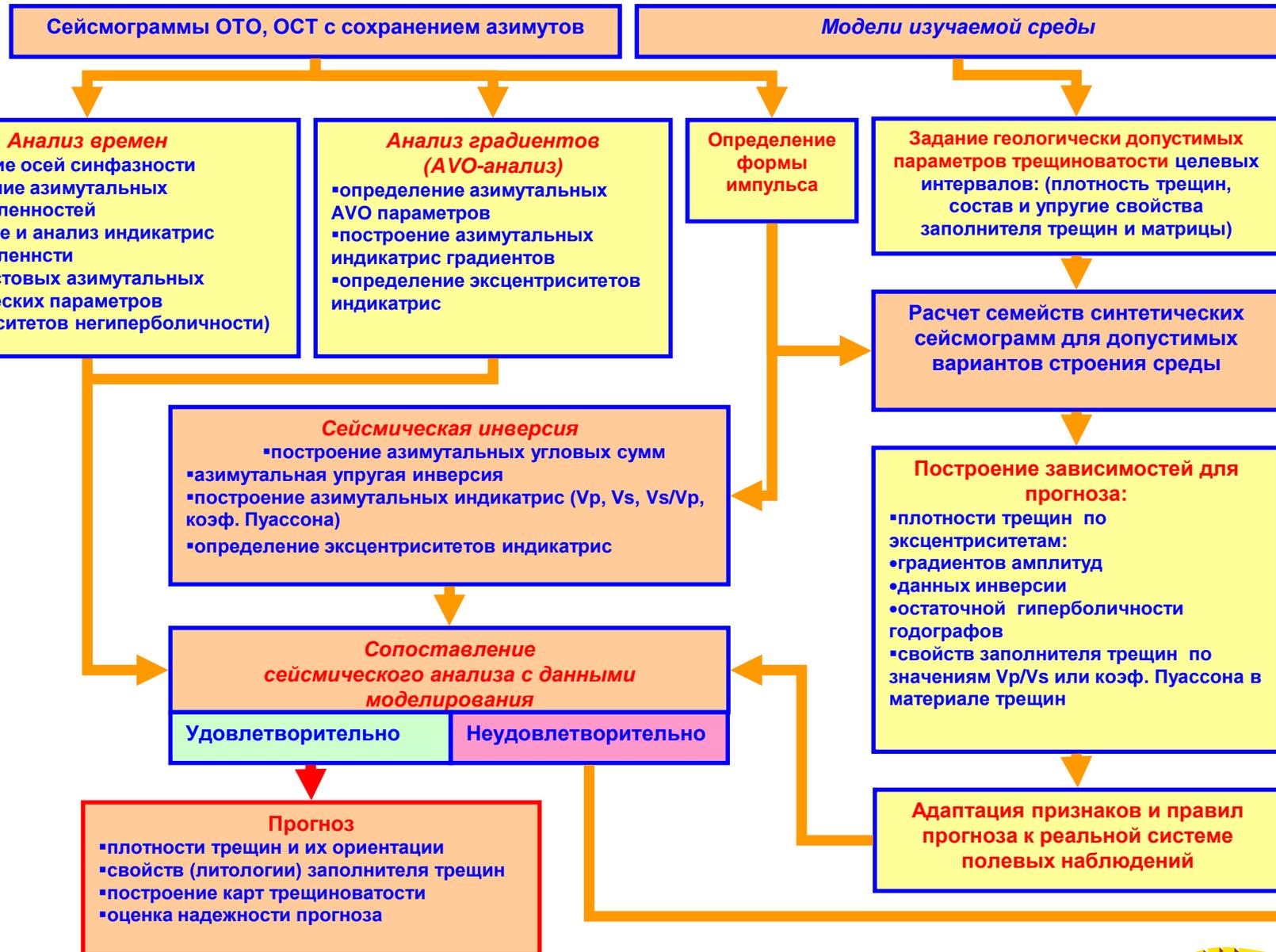
Оценка точности прогноза пористости





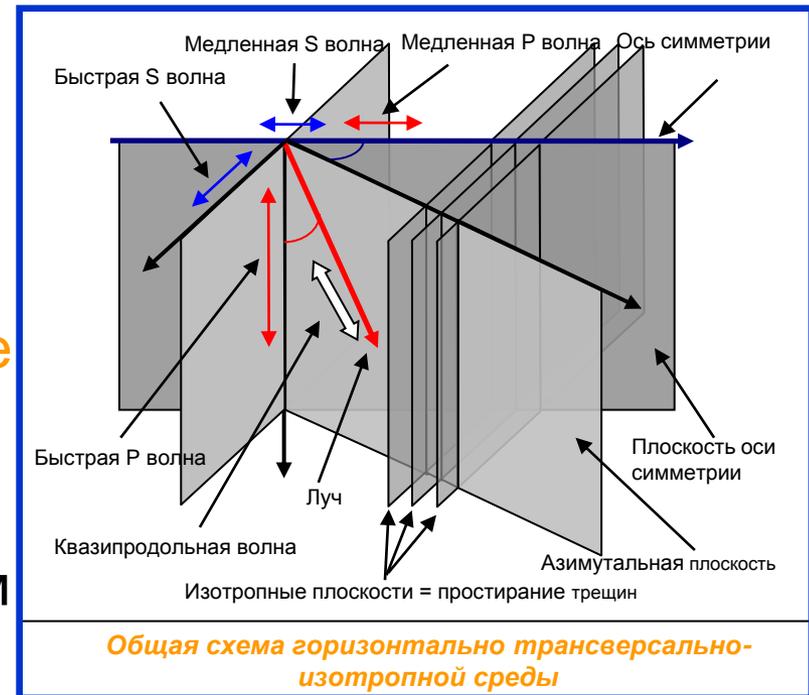
З  
а  
м  
е  
щ  
е  
н  
и  
е  
  
Ф  
л  
ю  
и  
д  
а





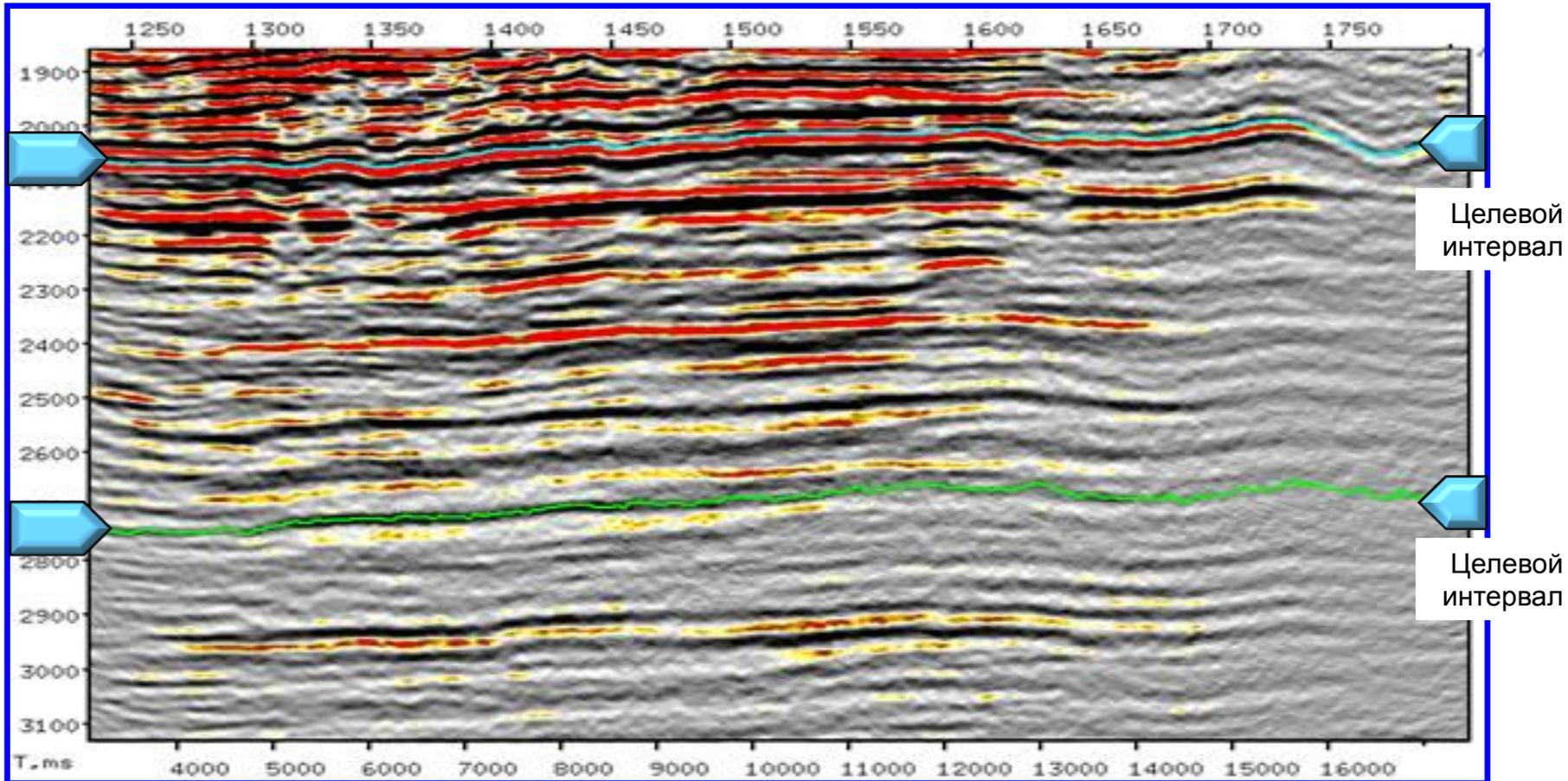
# Трансверсально-изотропные (ТИ) среды

- Трещиноватые среды являются **сейсмически анизотропными**
- Регулярная трещиноватость приводит к **трансверсально-изотропным** средам
- Описание ТИ сред: **эффективные параметры (Томсена) или физические параметры?**
- Модели Шоенберга и Хадсона приводят к однотипным тензорам жесткости эффективных сред

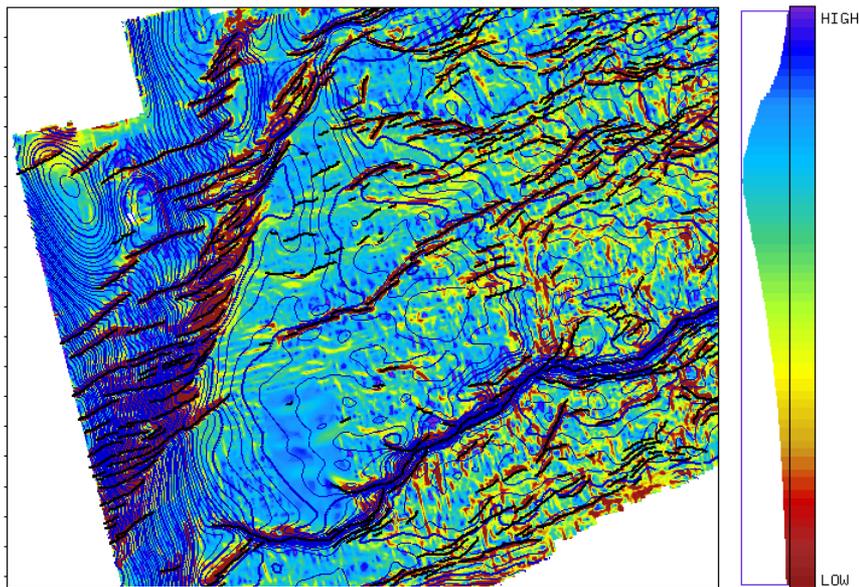


- При известных свойствах геологических пород и имеющихся оценках азимутальных параметров сейсмической записи, исходя из различных представлений о модели трещиноватой среды, могут быть получены различные оценки параметров трещиноватости

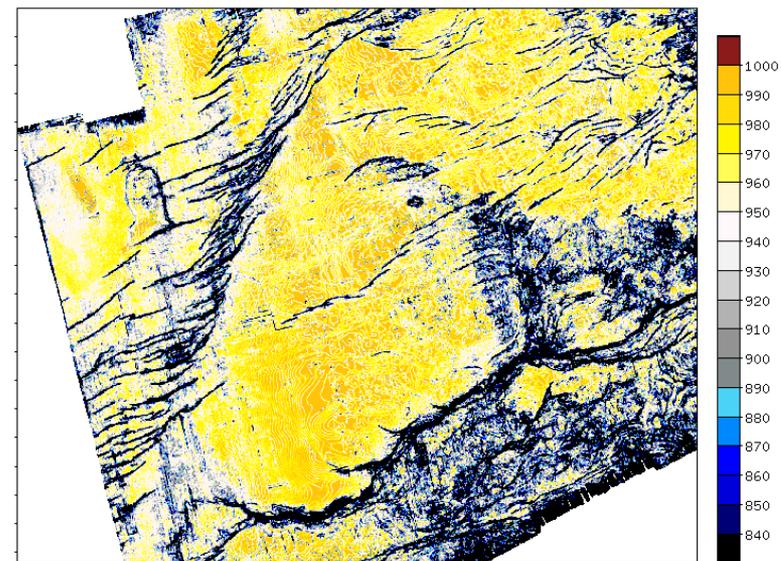
# Сейсмический куб



- Вертикальное сечение сейсмического куба суммарных трасс
- Выделены оси синфазности, соответствующие возможно трещиноватым пластам

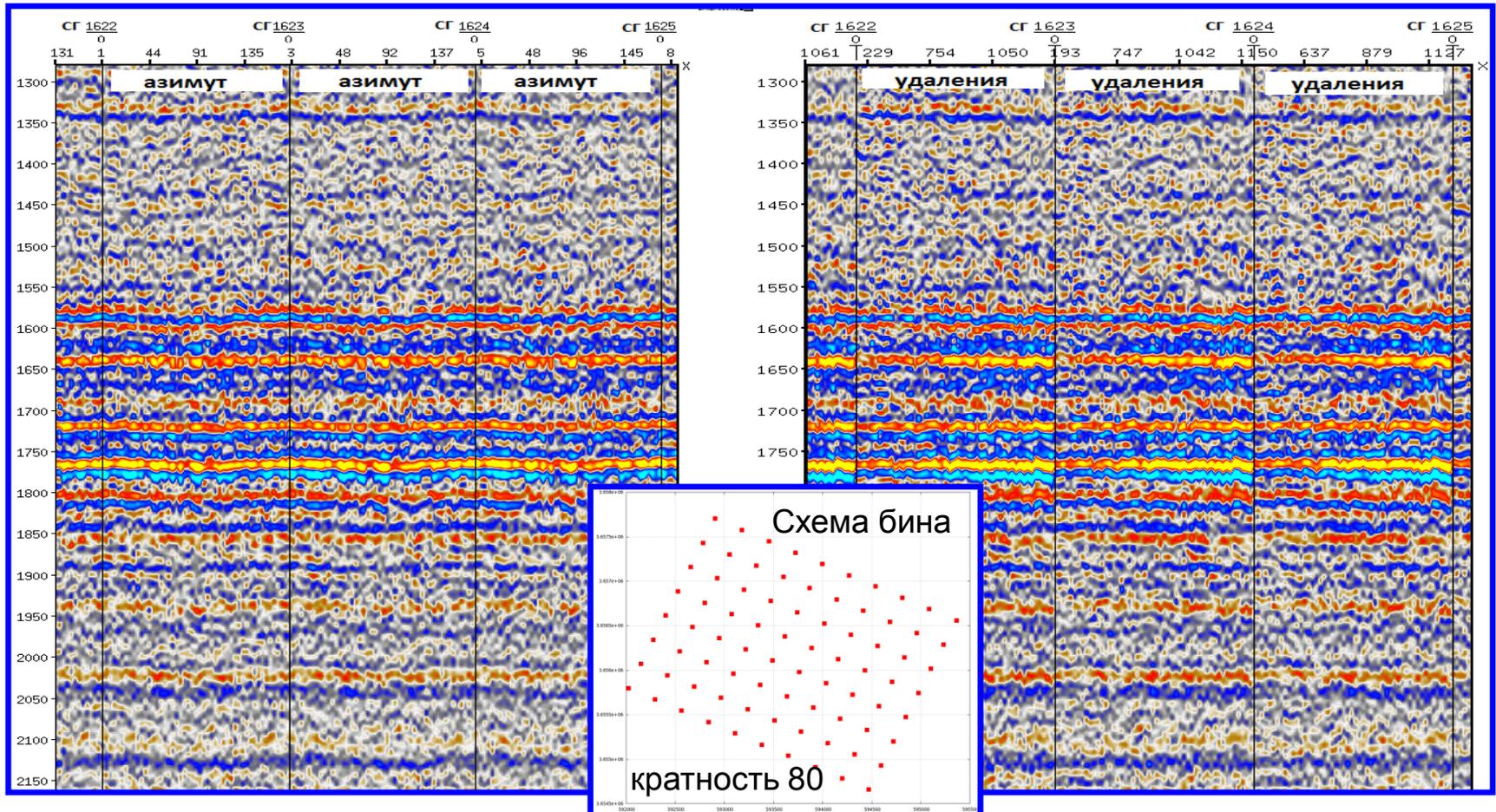


Карты кривизн



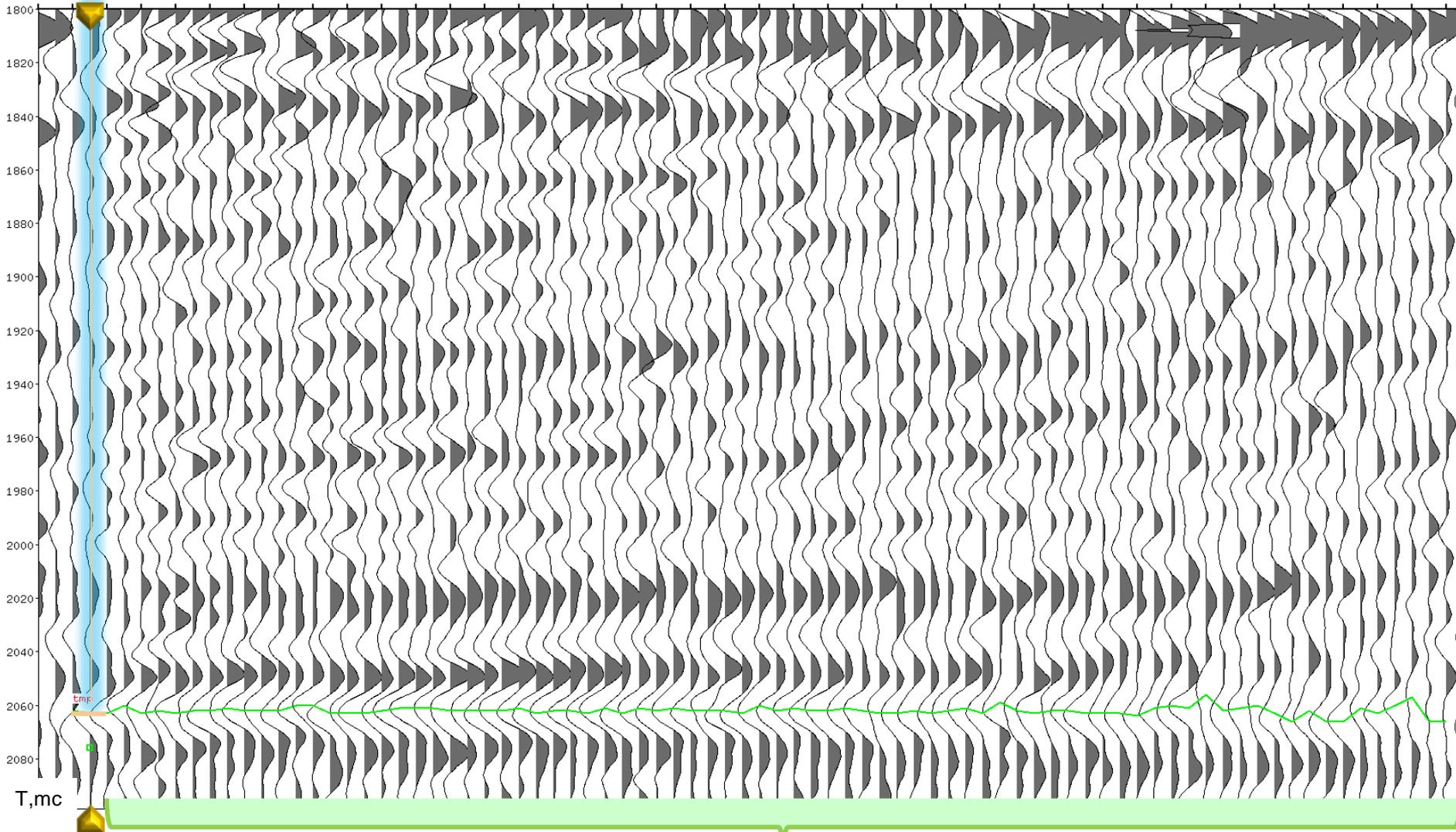
Карты регулярности

# Сеймотрассы супербинов 3D



- выравнивание сейсмических трасс в супербинах 3D
- систематизация трасс по азимутам (слева) и удалениям (справа)

# Автоматическая корреляция по супербинам

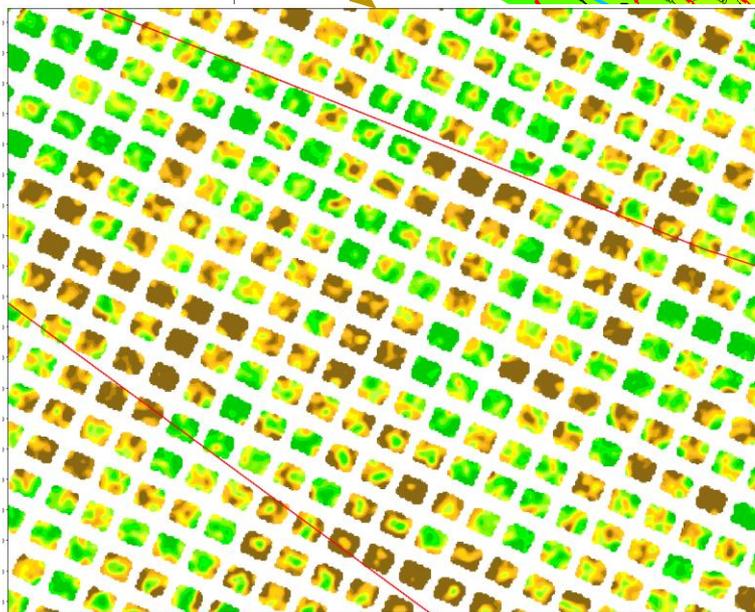
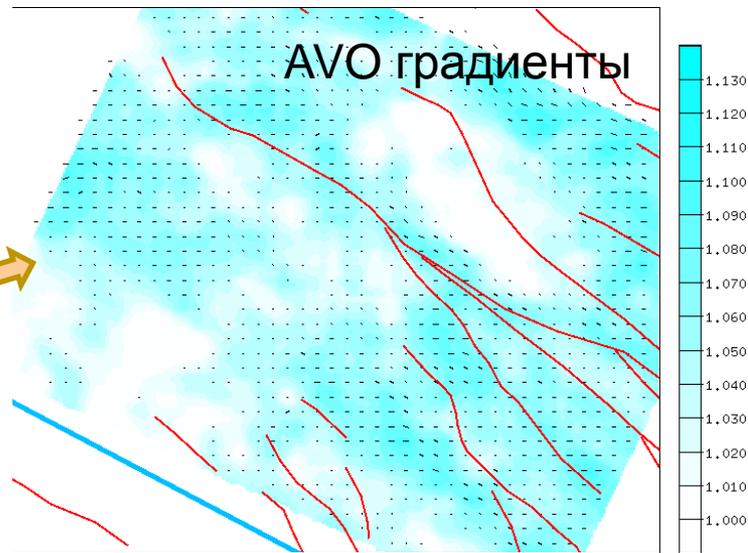


Суммарная  
трасса

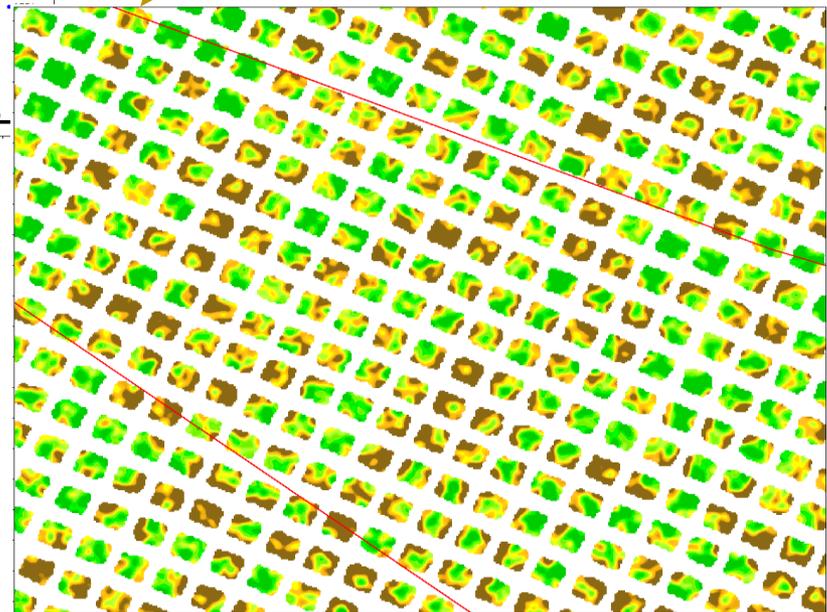
Трассы супербина 3x3 после децимации.



Поиск аномалий



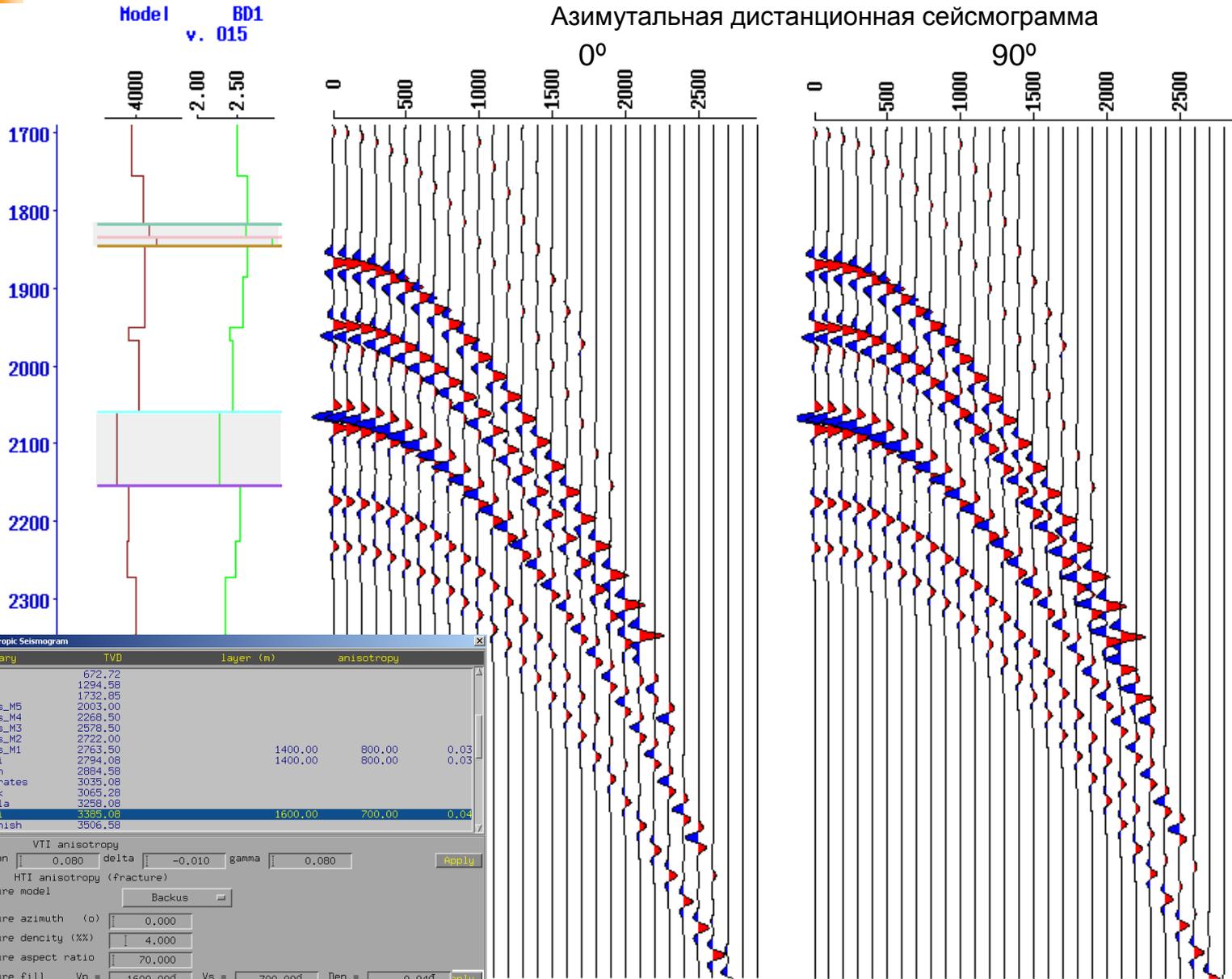
1 км



Негиперболичность

Интенсивность

## Азимутальная дистанционная сейсмограмма



Model BD1  
v. 015

1700  
1800  
1900  
2000  
2100  
2200  
2300

4000  
2.00  
2.50

0 -500 -1000 -1500 -2000 -2500

0 -500 -1000 -1500 -2000 -2500

WAVELET  
polarity:  
SEG: reversed

Anisotropic Seismogram

boundary	TVD	Layer (m)	anisotropy
Vm5	672.72		
Vm10	1294.58		
Vm13	1732.88		
L_Fars_M5	2003.00		
L_Fars_M4	2268.50		
L_Fars_M3	2578.50		
L_Fars_M2	2722.00		
L_Fars_M1	2763.50	1400.00	800.00 0.03
Jeribi	2794.08	1400.00	800.00 0.03
Dhiban	2884.58		
Euphrates	3035.08		
Kirkuk	3065.28		
Jaddela	3258.08		
Halqi	3385.08	1600.00	700.00 0.04
Shiranish	3506.58		

VTI anisotropy  
 epsilon = 0.080 delta = -0.010 gamma = 0.080

HTI anisotropy (fracture)  
 fracture model

fracture azimuth (°) = 0.000  
 fracture density (%) = 4.000  
 fracture aspect ratio = 70.000  
 fracture fill Vp = 1600.000 Vs = 700.000 Den = 0.040

change dVp = 0.000 dVs = 0.000 dDen = 0.000

effective model name test

Set upscaling parameters

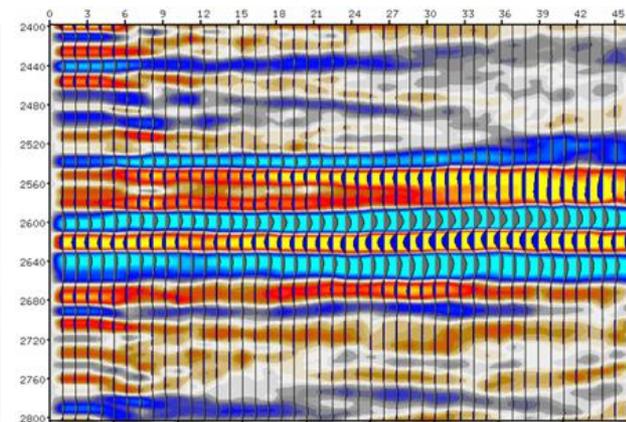
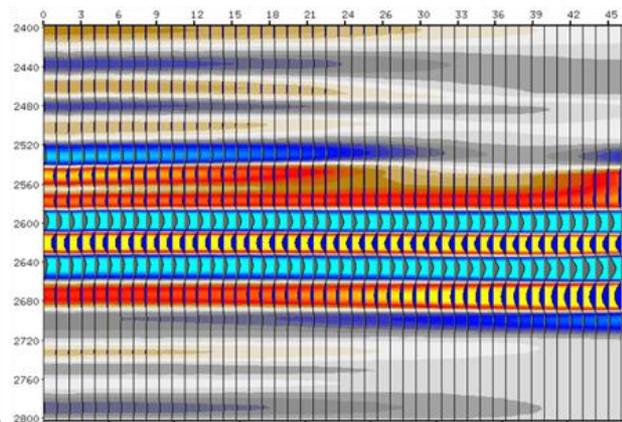
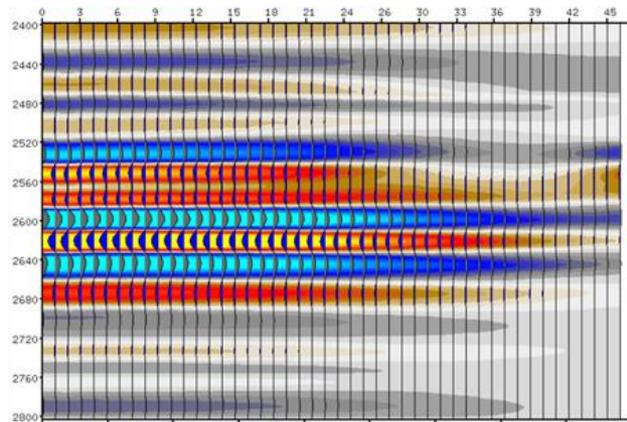


Сравнение сейсмограмм:

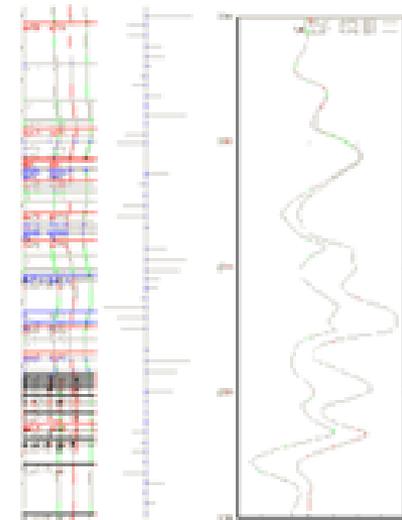
синтетической для  
изотропной эффективной  
модели среды

синтетической для  
анизотропной эффективной  
модели среды

реальной



В качестве критерия правильности подбора  
коэффициентов VTI-анизотропии используется  
“анизотропный” градиент



Спасибо за внимание

e-mail:

[inpres@cge.ru](mailto:inpres@cge.ru)