

Атрибутный анализ

Сейсмические атрибуты – это результат некоторых специальных математических преобразований сейсмических данных, нацеленный на извлечение дополнительной информации, интересующей геофизика-интерпретатора

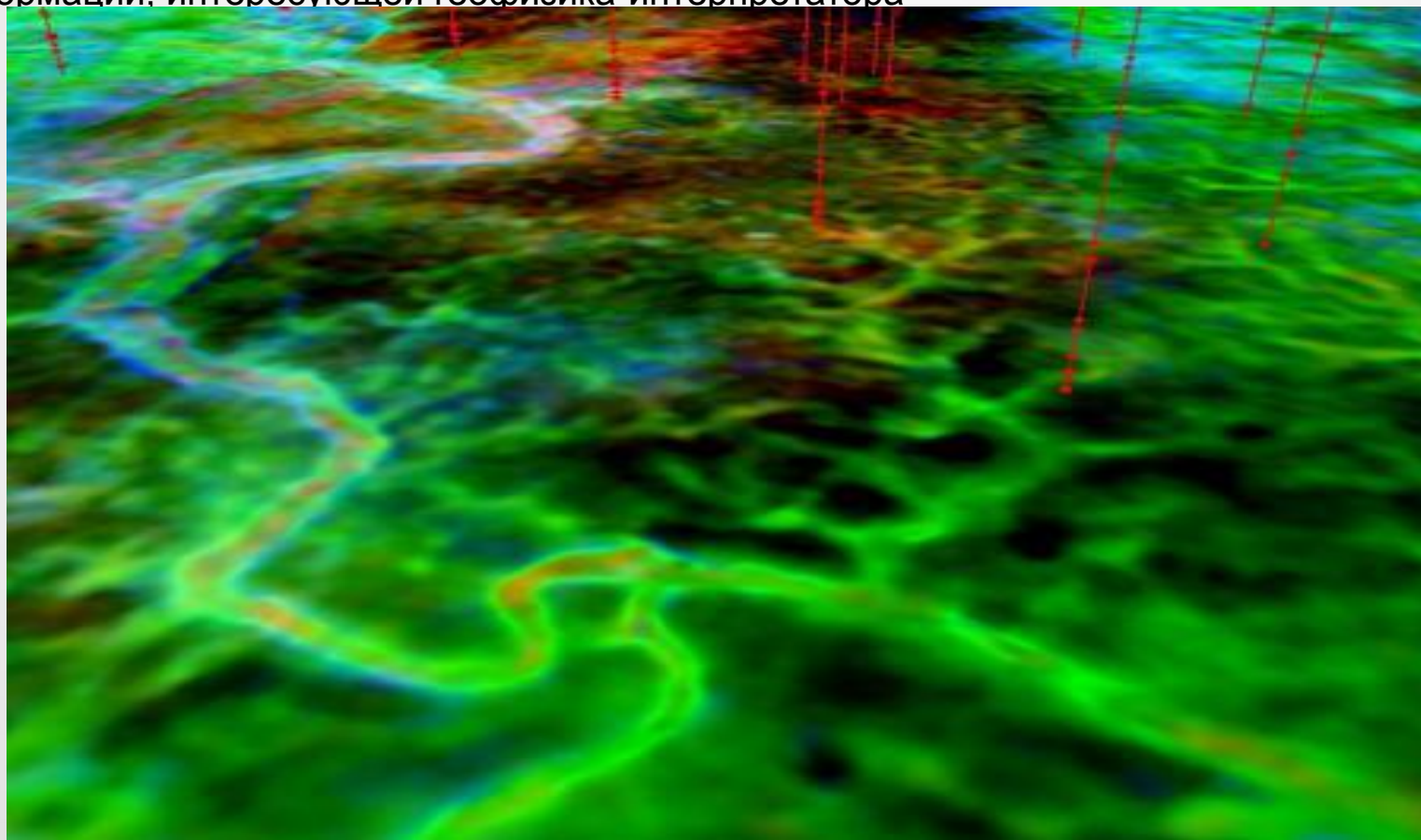
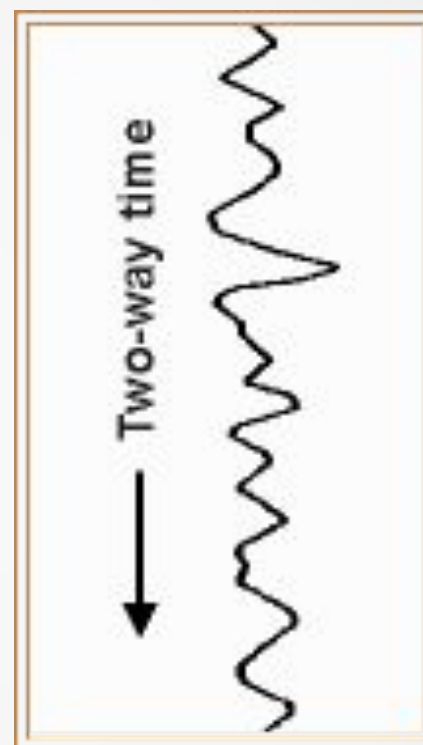


Рис. 1. Палеорусло, выделенное благодаря атрибутному анализу

Задачи атрибутивного анализа

- Атрибутивный анализ не может служить для количественной интерпретации, но атрибуты являются хорошими индикаторами изменения осадконакопления и структурных особенностей. Эта цель достигается разделением сейсмических трасс по составляющим их компонентам – амплитуде, фазе, времени пробега волны и пространственному положению. Это всё, что мы можем выделить из сейсмического сигнала, но это является основой того, что мы можем рассчитать.



Мгновенные динамические характеристики

- $A(t)$ — мгновенная амплитуда (где $z(t)$ — комплексная трасса):

$$z(t) = A(t) \cdot \cos\varphi(t) + jA(t) \cdot \sin\varphi(t) = A(t) \cdot \exp(j\varphi(t))$$

- Функция $\varphi(t)$ определяет так называемую
• мгновенную фазу сейсмической записи:

$$\varphi(t) = \arctg(\tilde{s}(t)/s(t))$$

- Дифференцируя мгновенную фазу $\varphi(t)$ по времени,
• можно получить еще один параметр - мгновенную частоту:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\varphi(t)}{dt}$$

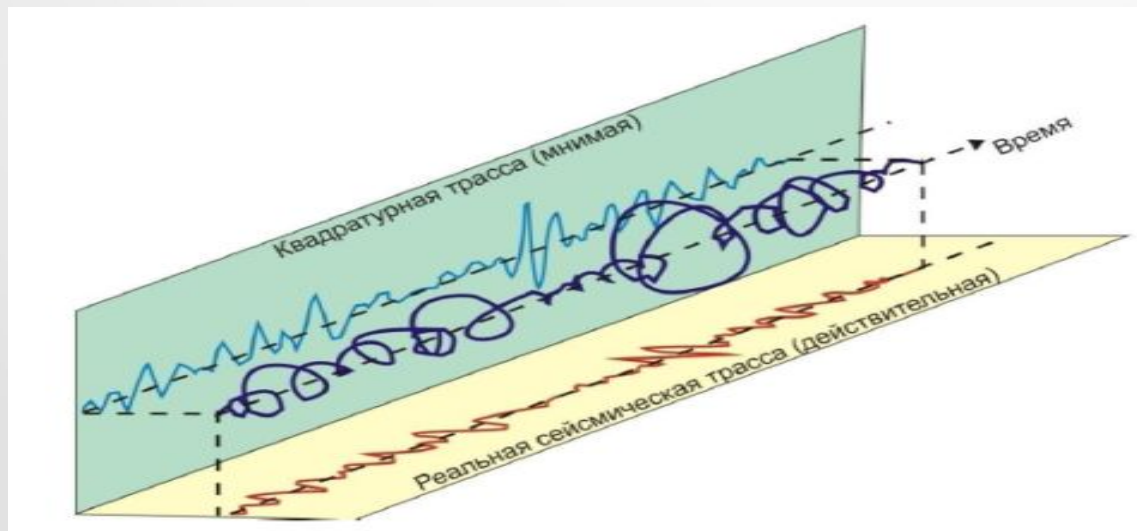


Рис. 3.1. Пространственная взаимосвязь между комплексной, реальной и сопряженной (мнимой) сейсмическими трассами

Мгновенная амплитуда

Модель сейсмической трассы, состоящая из действительной и мнимой частей:

$$\text{Envelope} = [(f^2(t) + g^2(t))^{1/2}]$$

Данный атрибут зависит от фазы и всегда положителен, значения изменяются до максимального значения амплитуды трассы.

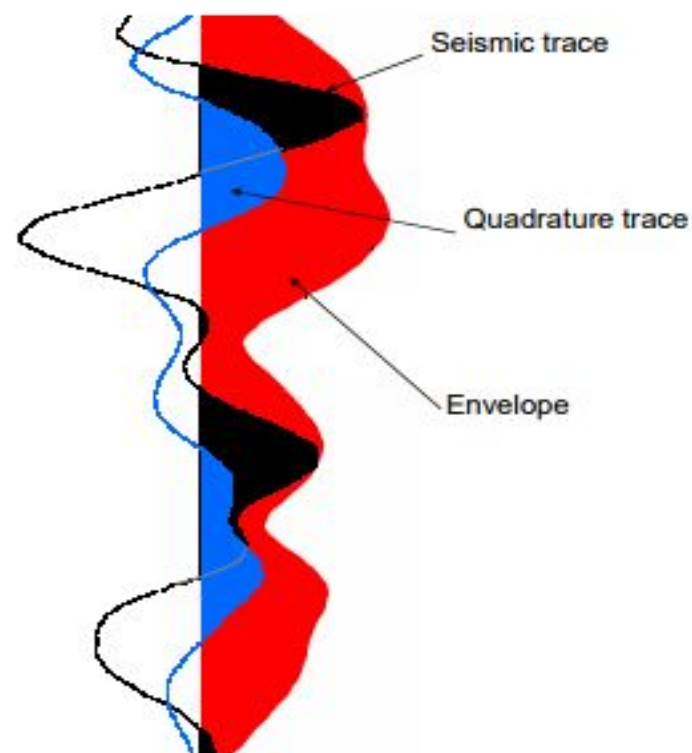


Рис. 4. Мгновенная амплитуда (Envelope)

Мгновенная амплитуда

Атрибут важен при выделении “ярких пятен”, вызванных скоплением газа, при выделении глобальных литологических изменений, которые вызваны сильной энергией отражений и последовательными границами. Атрибут также четко выделяет незначительные изменения в литологии, которые не так явно отображаются на сейсмических данных.

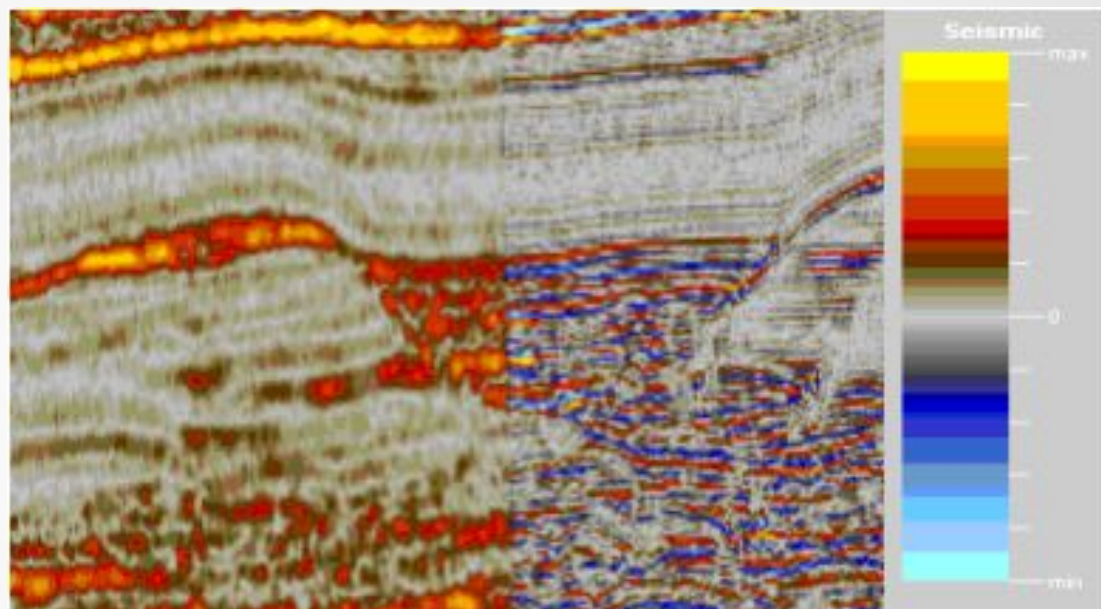


Рис. 5. Атрибут Envelope (слева) и исходные сейсмические данные (справа). Цветовая палетка показывает порядок энергии от максимума до минимума

Мгновенная фаза

Математически выражается как:

$$\varphi(t) = \tan^{-1}[(g(t)/f(t))]$$

$$\varphi(t) = \omega t + \phi$$

Мгновенная фаза одинаково выделяет слабые и сильные отражения (рис. 6)

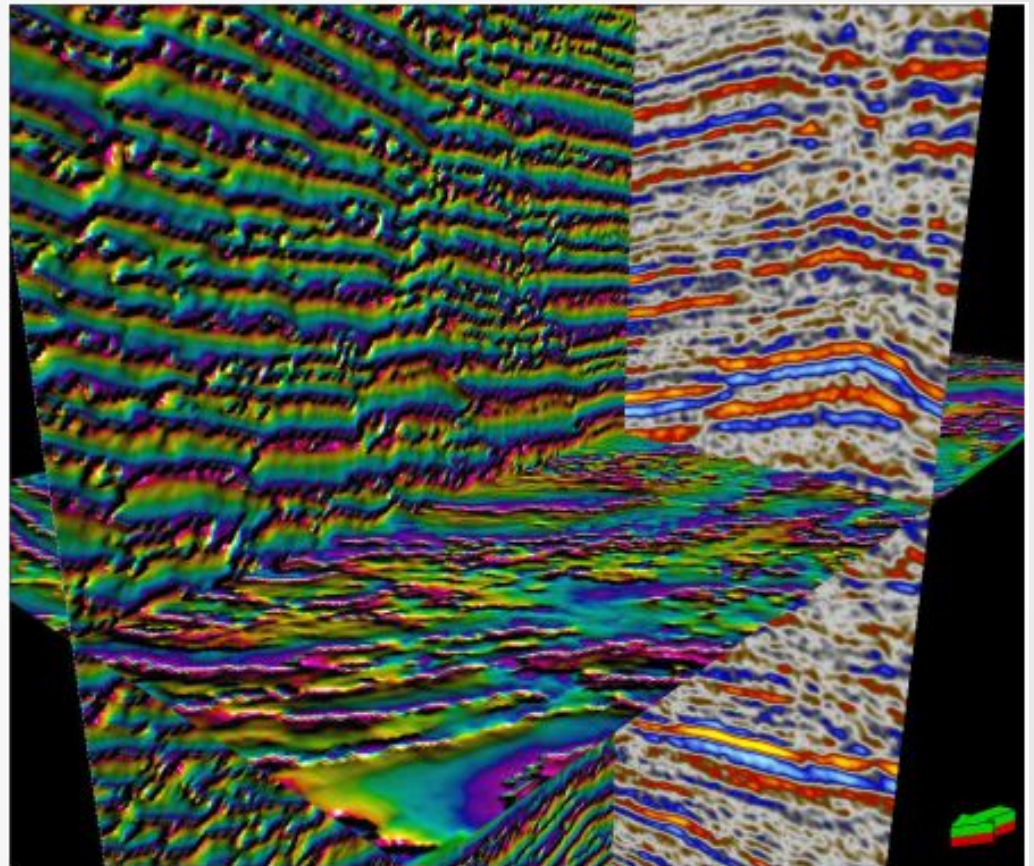


Рис. 6. Рельефная текстура атрибута Мгновенная фаза

Мгновенная частота

Мгновенная частота $f_0(t)$, это оценка изменения мгновенной фазы.

Математически выражается:

$$f_0(t) = \partial\{\varphi(t)\} / \partial t$$

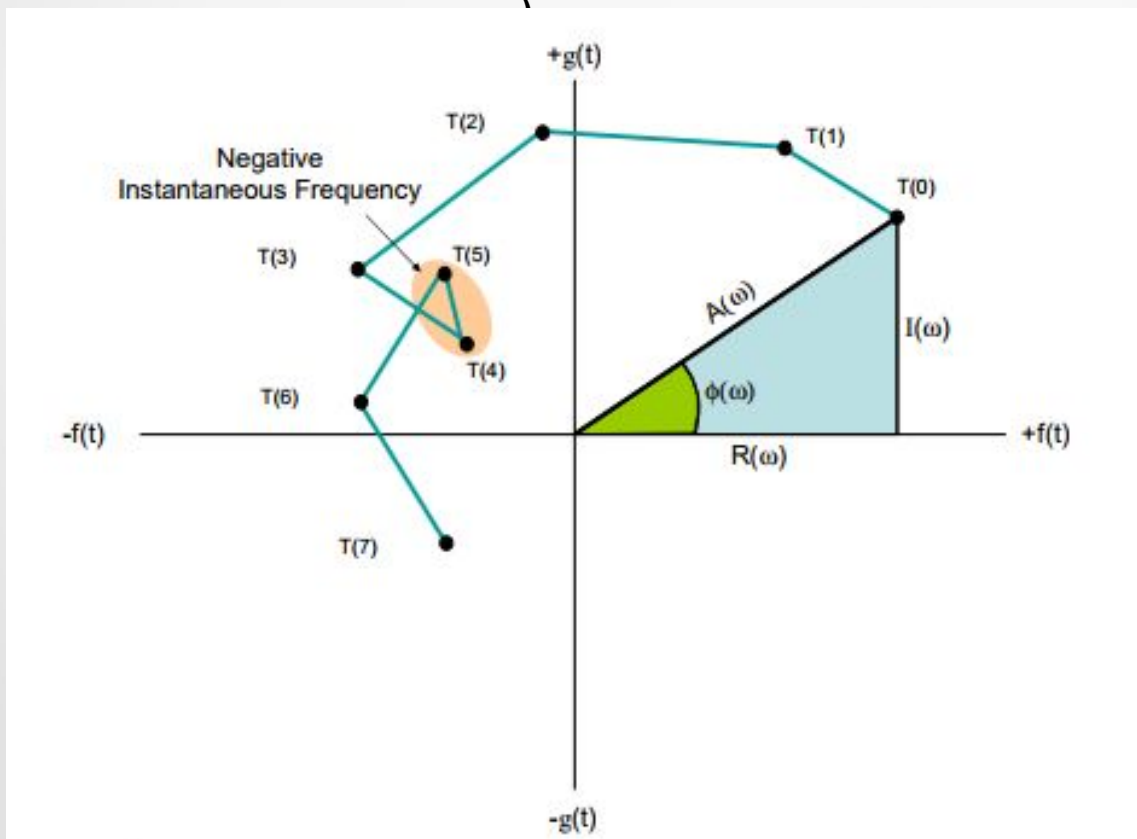


Рис. 7. График зависимости действительной части аналитической трассы от мнимой части аналитической трассы

Мгновенная частота

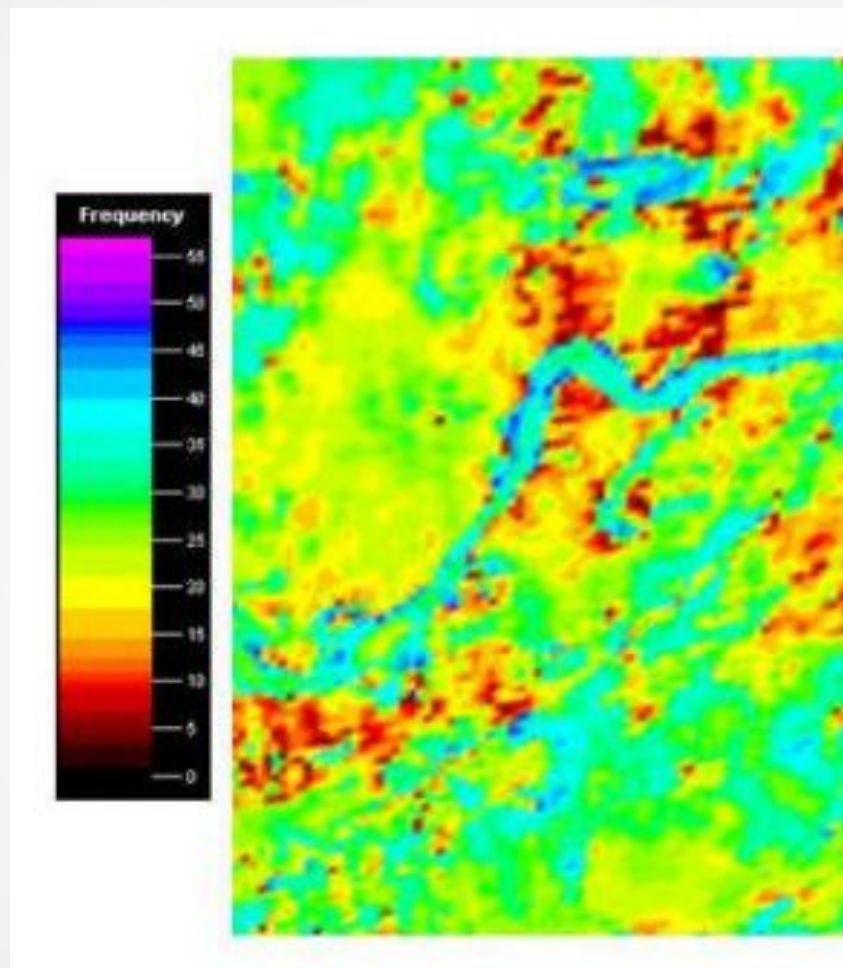


Рис. 8. Временной срез атрибута Мгновенная частота, выделяющий речной канал

Когерентность

Оценка сигнала:

$$s_i = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M x_{ik}.$$

Когерентность:

$$C_1 = \frac{\sum_{i=1}^L \left(\sum_{k=1}^M x_{ik} \right)^2}{M \sum_{i=1}^L \sum_{k=1}^M x_{ik}^2},$$

Когерентность

Сингулярное разложение:

$$\mathbf{X} = \sum_{l=1}^M \gamma_l \mathbf{v}_l \mathbf{u}_l^T,$$

Когерентность:

$$C_2 = \frac{\lambda_1}{\sum_{l=1}^M \lambda_l}.$$

Когерентность

Критерии оптимальной оценки
амплитуд сигнала:

$$\min \sum_{\substack{k, m = 1 \\ k \neq m}}^M (F_{km} - a_k a_m)^2$$

$$\min \sum_{\substack{k, m = 1 \\ k \neq m}}^M |F_{km} - a_k a_m|.$$

$$a_k^{(i+1)} = \sum_{m \neq k} F_{km} a_m^{(i)} / \sum_{m \neq k} a_m^{(i)2}$$

$$a_k^{(i+1)} = \sum_{m \neq k} \frac{F_{km} a_m^{(i)}}{|F_{km} - a_k^{(i)} a_m^{(i)}|} / \sum_{m \neq k} \frac{a_m^{(i)2}}{|F_{km} - a_k^{(i)} a_m^{(i)}|}.$$

Итерационные процессы оптимальной
оценки амплитуд сигнала:

Когерентность

Когерентность:

$$C_3 = \frac{\sum_{k=1}^M a_k^2}{\text{Tr}(\mathbf{F})} = \frac{\sum_{k=1}^M a_k^2}{\sum_{k=1}^M F_{kk}} .$$

Когерентность

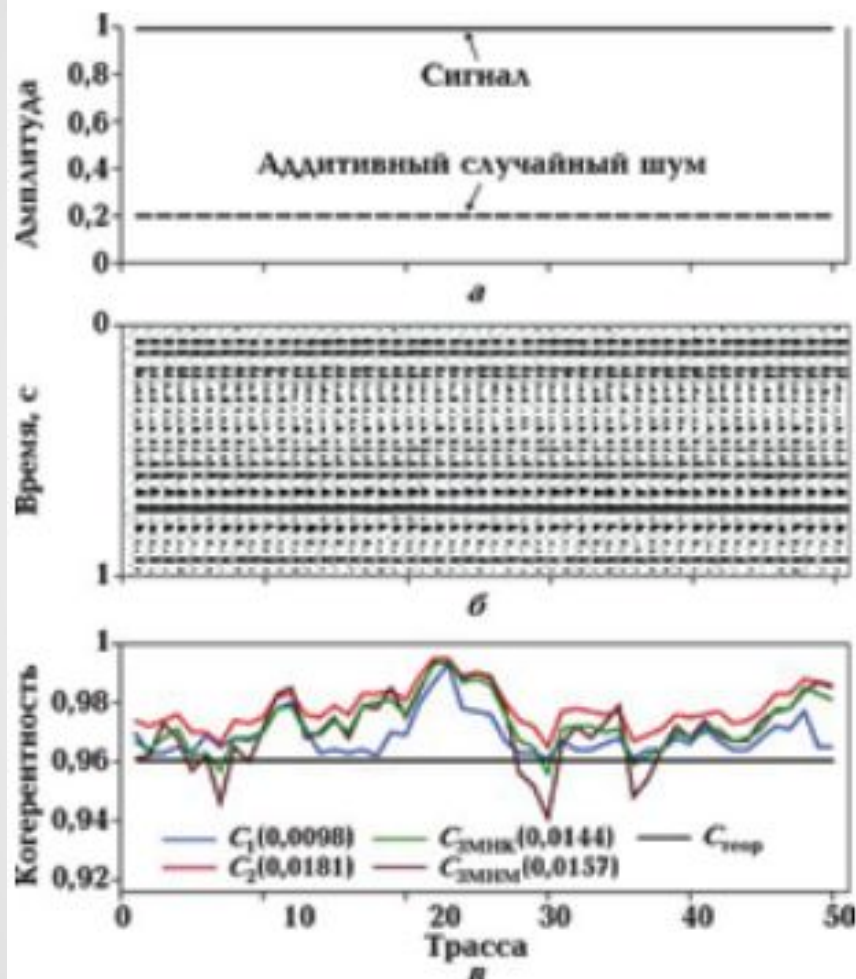


Рис. 1. Средние квадратические уровни сигнала и аддитивного шума (а), модельные сейсмические записи (б) и результаты расчета когерентности различными методами (в).

_x005F_x0005__x005F_x001с__x005F_x0018_Пример 1.

Среднеквадратические уровни сигнала и шума постоянны на всех трассах_x005F_x0012_

Когерентность

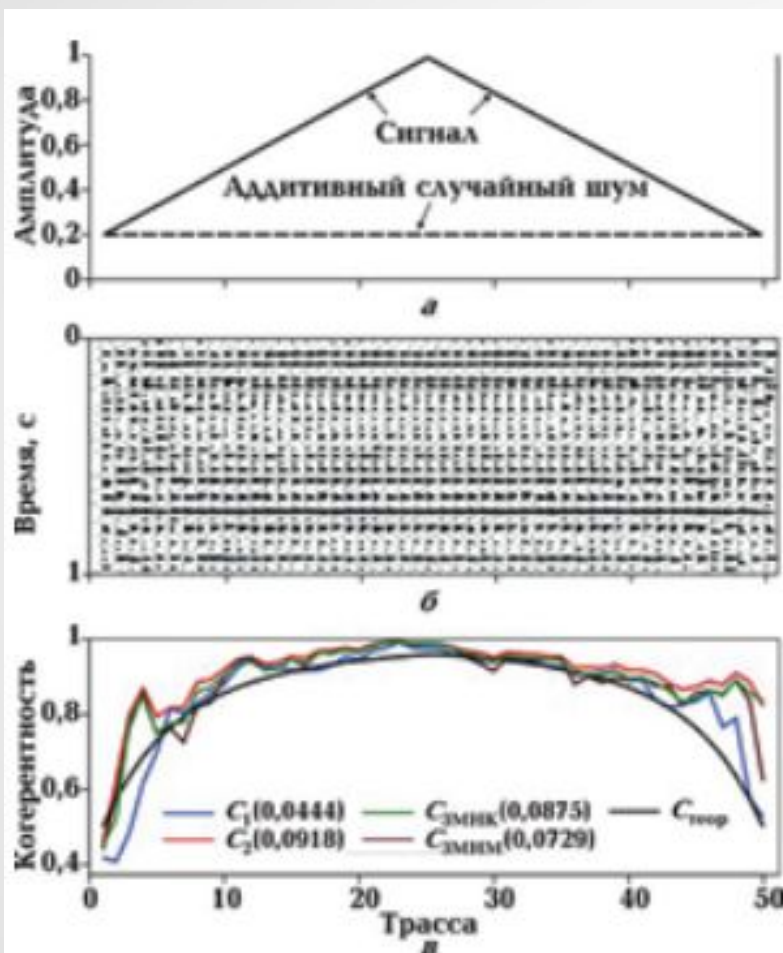
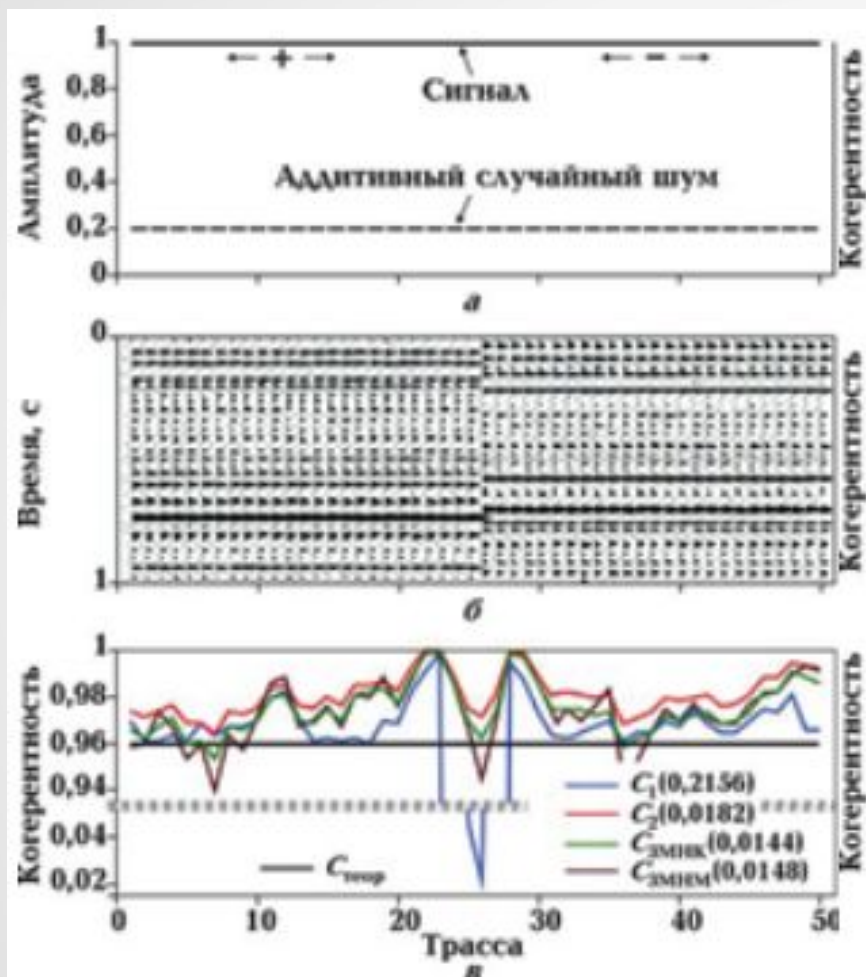


Рис. 2. Средние квадратические уровни сигнала и аддитивного шума (а), модельные сейсмические записи (б) и результаты расчета когерентности различными методами (в).

_x005F_x0005__x005F_x001c__x005F_x0018_Пример 2. Уровень сигнала линейен, а шум постоянен на всех трассах_x005F_x0012_

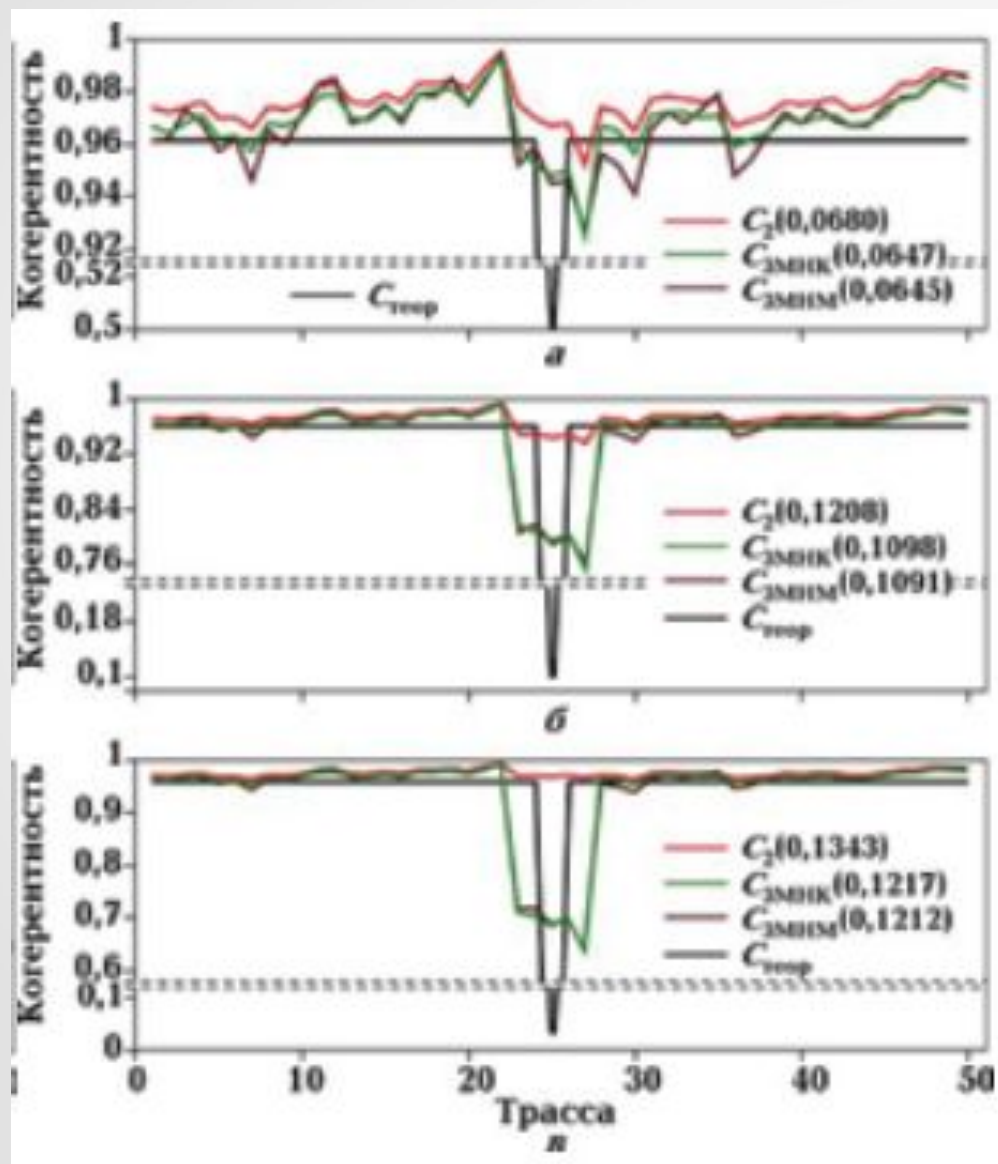
Когерентность



_x005F_x0005__x005F_x001с__x005F_x0018_Пример 3. Модель из Примера 1, но с измененным знаком правой половины трасс

Рис. 3. Средние квадратические уровни сигнала и аддитивного шума (а), модельные сейсмические записи (б) и результаты расчета когерентности различными методами (в).

Когерентность



Пример 4. Модель из Примера 1, но $\sigma_{\text{шум}}^2$ с измененным средним квадратическим уровнем аддитивного шума на центральной трассе.

Когерентность



Рис. 9. Срезы когерентности C_{3mm} вдоль отражающего горизонта

Когерентность

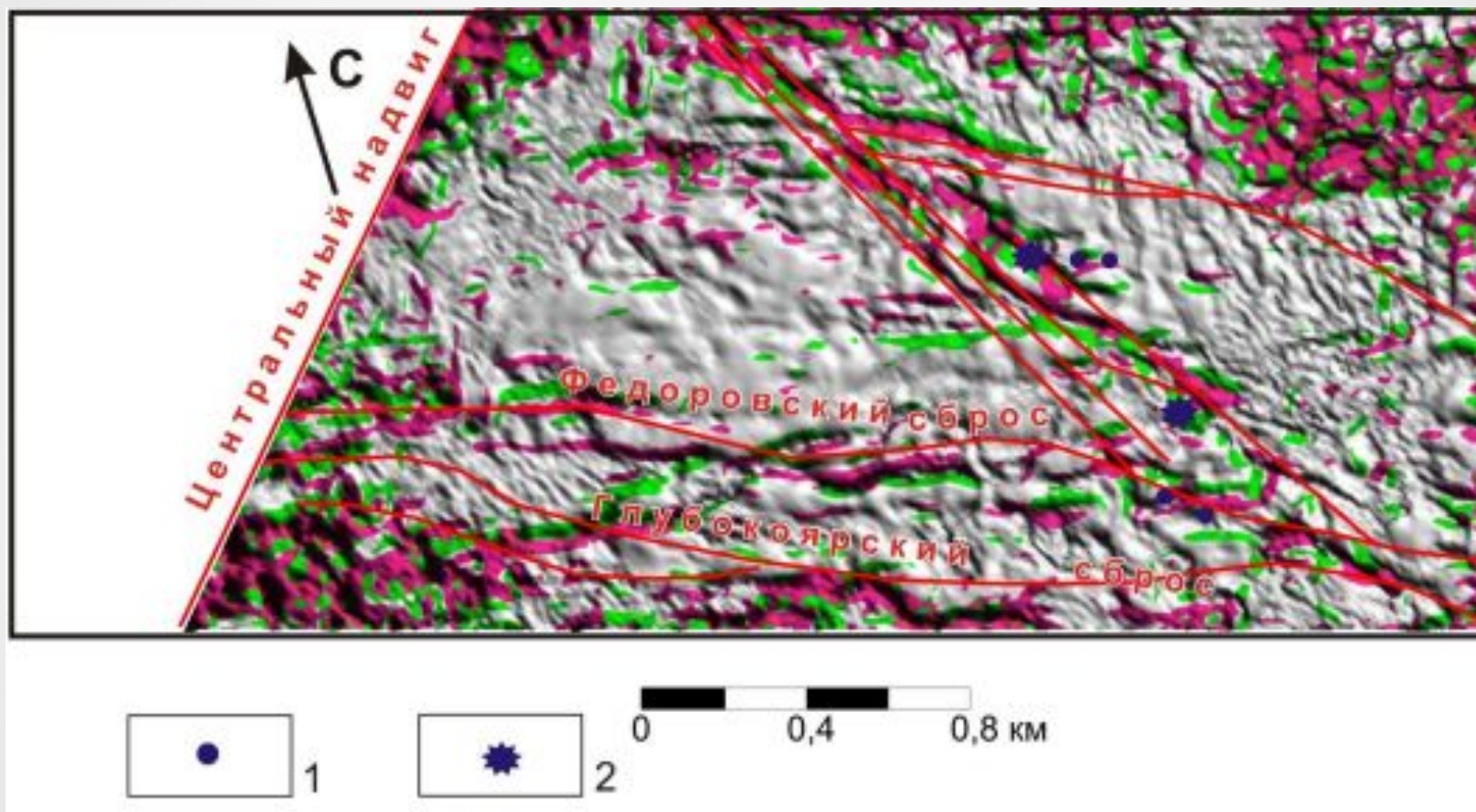


Рис. 10. Комплексное изображение когерентности (серый), наибольших положительной (красный) и отрицательной (зеленый) кривизн вдоль угольного пласта I_3

Список литературы

1. Атрибутный анализ при картировании зон трещиноватостей. Я. В. Мендрий, 2013
2. Руководство по интерпретации сейсмических атрибутов, Schlumberger, 2007
3. Marfurt K. J. 3D seismic attributes using a semblance-based coherence algorithm/K. J. Marfurt, R. L. Kirlin, S. L. Farmer, M. S. Bahorich// Geophysics. 1998.
4. Мендрий Я. В. Развитие технологии расчета когерентности на основе усовершенствованных моделей сейсмической записи, 2012
5. Mai H. T. Coherence and volumetric curvatures and their spatial relationship to faults and folds, 2009
6. С.Н. Птецов: Опыт прогнозирования плотности трещин в карбонатных резервуарах Тимано-Печорского региона по данным 3Д сейсморазведки и спец.методов ГИС, 2013
7. <http://inter-geo.org/Study/Seismic/Graf-plus/complex-traces.php?lang=ru>
8. <http://pandia.ru/381961/>
9. <http://petroseis.ru/wp-content/uploads/>
10. Curvature attributes and their application to 3D interpreted horizons, Andy Roberts, Norway

Вопросы

1. Основные задачи атрибутивного анализа
2. Комплексное представление сейсмической трассы
3. Мгновенные амплитуда, фаза и частота
4. Общий смысл когерентности