ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЕХНОЛОГИИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ

А.А.Мухин*, А.С.Колосов*, Д.А.Мухин*, Ю.А.Степченков*,
А.А.Табаков**, В.Н.Ференци**.
*(*ООО «УНИС», г. Санкт-Петербург,*
***ООО «ГЕОВЕРС», г. Москва)*

FIRST BREAK TIMES DETERMINATION IN HIGH DEFINITION SEISMIC TECHNOLOGY BASED ON ARTIFICIAL INTELLECT ELEMENTS APPLICATION

A.A.Mukhin*, A.S.Kolosov*, D.A.Mukhin*, Y.A.Stepchenkov*,
A.A.Tabakov**, V.N.Ferentsi**.
*(*UNIS, Ltd., Saint-Petersburg, **GEOVERS, Ltd., Moscow*)

Аннотация

Времена первых вступлений часто используются при оценке скоростной модели ВЧР и для коррекции статических поправок. При оценке времен первых вступлений при наблюдениях на поверхности интервал записи в окрестностях первых вступлениях может быть искажен шумами. Тем не менее, опытный интерпретатор «видит» и может интерактивно провести реалистичную линию первых вступлений, учитывая различные факторы.

Описаны технология и программа использующая совместно несколько признаков первых вступлений для автоматической оценки временного интервала и последующей корреляции слабовыраженных первых вступлений.

Abstract

First breaks are used for static corrections and for determination of velocity model for upper part of section. Superposition of noises prevents the reliable determination of first breaks. Nevertheless experienced interpreter can find and interactively mark the realistic line of first breaks, taking into account many different features.

The technology is presented to determine week first breaks through multifactor detecting of time interval and following correlation.

Основная схема определения первых вступлений и их применения в процессе обработки в рамках технологии Сейсморазведки Высокой Четкости (СВЧ) представлена на рис. 1.

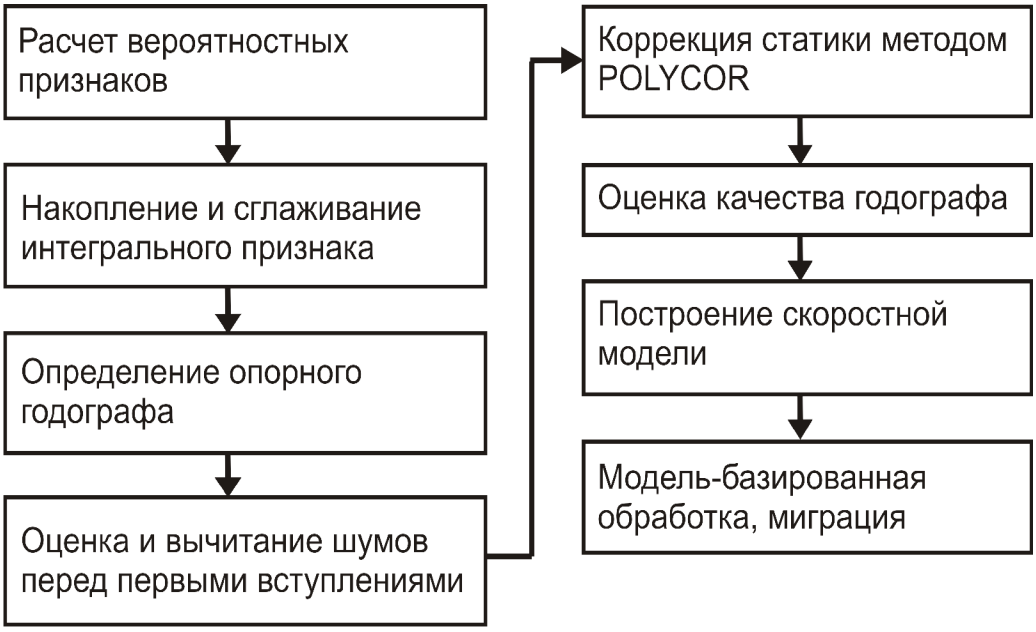

Рис.1. Концепция определения годографа первых вступлений в технологии СВЧ.

Первым этапом является расчет так называемых вероятностных признаков. Каждый из этих признаков является набором сейсмограмм, в которых амплитуды трасс определяют вероятность обнаружения волны в данной точке и в данный момент времени, рассчитанную разными методами, в зависимости от типа признака. Расчет признаков производится в заданном временном окне в окрестностях синтетического годографа (априорного или построенного по заданной кажущейся скорости).

Расчет корреляционных признаков производится в различных сортировках (ОПВ, ОПП, ОГТ, равных удалений). На двумерной (время/пространство) скользящей базе определяются максимумы функций взаимной корреляции фрагментов трасс, которые затем усредняются в двух направлениях с отбрасыванием крайних значений. Итоговое значение приписывается центральной трассе и служит индикатором наличия регулярной волны в данной точке. При этом наличие пространственной базы обеспечивает получение реалистичного значения признака для трасс с высоким уровнем шума.

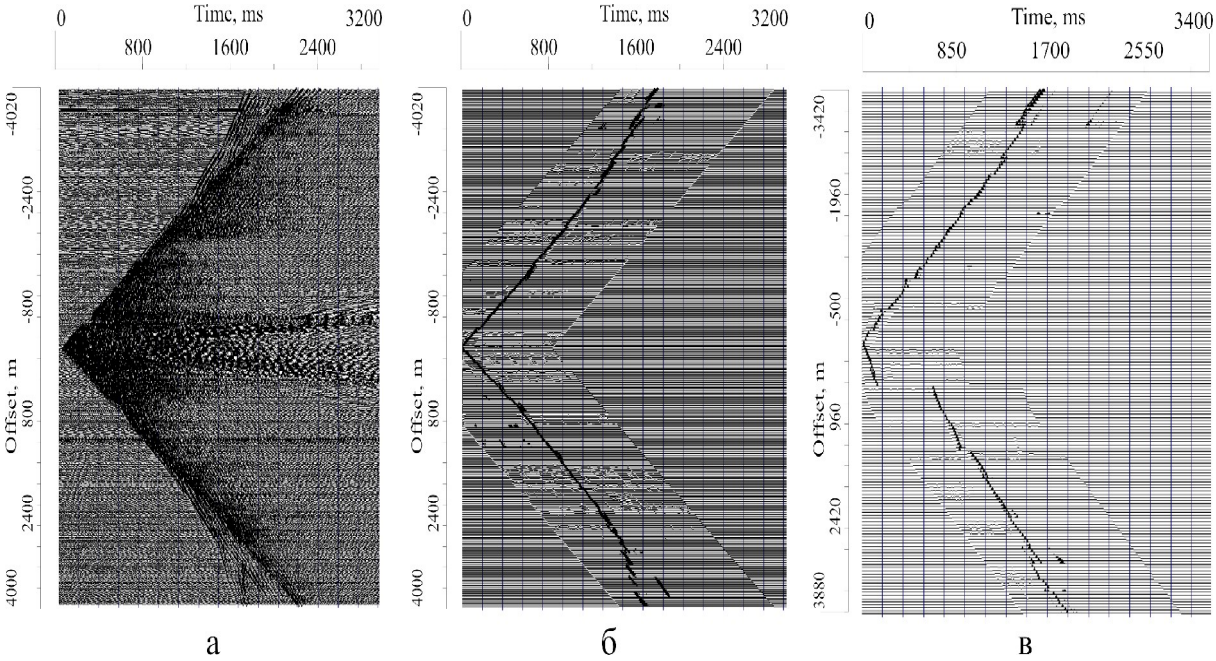

Рис.2. Расчет корреляционных признаков на примере Белорусского профиля: а — исходная сейсмограмма ОПВ; б, в — корреляционные признаки, рассчитанные в сортировках ОПВ и ОПП соответственно.

Расчет энергетического и автокорреляционного признаков производится для каждой трассы отдельно и заключается в определении скачка значения определенного параметра на скользящей временной базе. Для энергетического признака этим параметром является энергия колебаний, для автокорреляционного — эффективная ширина спектра трассы на данном интервале.

Поляризационный признак основан на поляризационном анализе вектора смещений в заданном временном окне **[1]**. Для расчета признака формируется ковариационная матрица вида:

$$\mathbf{C}(\xi) = \begin{bmatrix} I_{ii}(\xi) & I_{ij}(\xi) & I_{ik}(\xi) \\ I_{ij}(\xi) & I_{jj}(\xi) & I_{jk}(\xi) \\ I_{ik}(\xi) & I_{jk}(\xi) & I_{kk}(\xi) \end{bmatrix},$$

где i, j, k = (e, n, z). Значения элементов матрицы рассчитываются на временном интервале T вокруг центральной точки ξ :

$$I_{ij}(\xi) = \frac{1}{T}\int_{\xi-T/2}^{\xi+T/2}\big((u_i(\tau) - \mu_i(\xi)) * (u_j(\tau) - \mu_j(\xi))\big)d\tau,$$

где $\mu_i(\xi)$ - средние значения компонент вектора смещений $u_i(t)$ на временном интервале.

Собственные значения $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$ и вектора матрицы **C** определяют величину энергии и направления главных осей эллипсоида поляризации. В

качестве вероятностного признака используется отношение $\frac{\lambda 1}{\lambda 2}$, определяющее степень линейности поляризации.

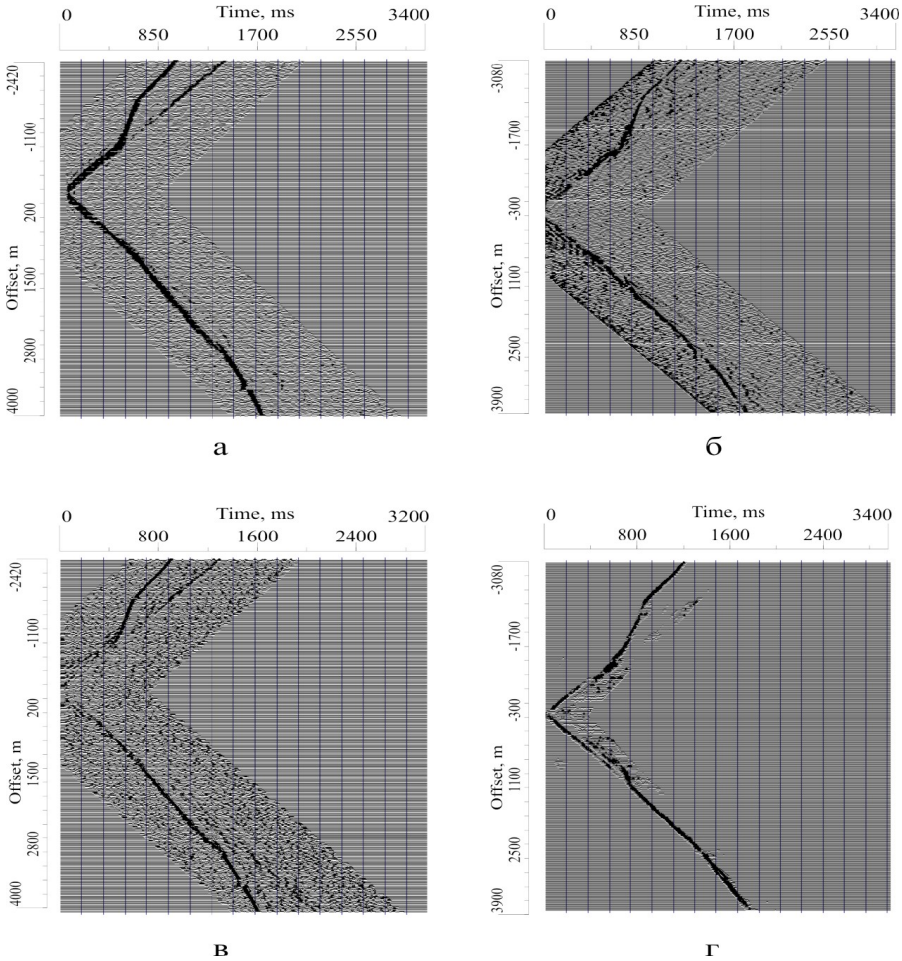

Рис.3. Сейсмограммы ОПВ с рассчитанными вероятностными признаками на примере Белорусского профиля: а) Энергетический, б) Автокорреляционный в) Поляризационный, г) Суммарный корреляционный.

После расчета всех признаков происходит оценка их качетсва путем расчета весовых коэффициентов с использованием метода POLYCOR **[2]** и накопление интегрального вероятностного признака по формуле:

$$P_i(t) = \prod_{i=1}^{N} \tilde{p}_i(t),$$

где

$$\tilde{p}_i(t) = p_i(t) + (1 - \omega_i) * (1 - p_i(t)),$$

$p_i(t)$ - значение вероятности в данной точке, ω_i – вес соответствующего признака.

Накопленный интегральный признак подвергается процедуре сглаживания, что позволяет восполнить недостающую информацию в областях с малой вероятностью определения первых вступлений по всем признакам. В результате, сглаженный интегральный признак дает возможность построить полный опорный годограф и подать его на вход процедуре пикирования для уточнения с использованием данных исходных сейсмограмм.

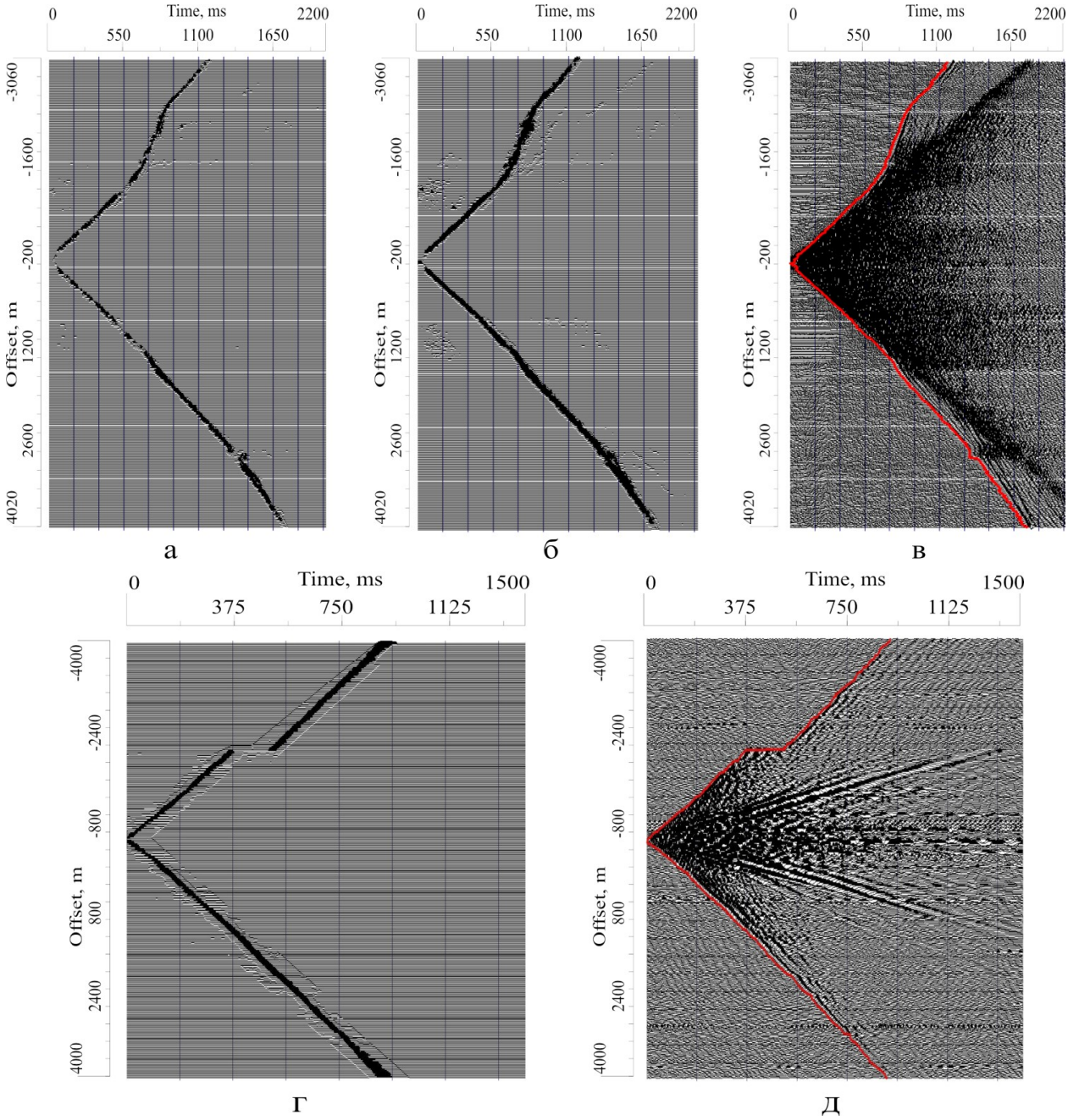

Рис.3. Результаты применения метода. Белорусский профиль: а — рассчитанный интегральный признак, б — сглаженный интегральный признак, в - годограф первых вступлений. Китайский профиль: г - сглаженный интегральный признак, д - годограф первых вступлений.

Выводы.

1. Применение механизма аддитивных вероятностных признаков позволяет наравне использовать различные визуальные и физические особенности в рамках задачи определения первых вступлений.
2. Автоматическая оценка качества вероятностных признаков обеспечивает применение каждого из них в соответствии с его полнотой и достоверностью.
3. Метод был успешно применен при обработке данных наземной сейсморазведки в Белоруссии и Китае.

Литература.

1. М.Н.Лунева. Сейсмическая анизотропия и частотная зависимость параметров волн от слабых землетрясений в Курильской зоне субдукции. Физическая мезомеханика 12-1, 2009, с. 55-62.
2. Е.М. Максимов и др. Комбинирование методов коррекции статических поправок при нарушении регулярности системы наблюдений. Сборник тезисов «Гальперинские чтения-2010», с. 8-11