

Разработка технологии компенсации затухания сейсмических сигналов

А.Я. Адиев*, М.Т. Якупов*

(* ООО НПЦ «Геостра»)

Development of technology for compensation of seismic signals attenuation

A.Y. Adiev*, M.T. Yakupov*

(* SPC "Geostra ltd")

Аннотация.

В докладе рассмотрена технология компенсации затухания сейсмических сигналов непосредственно по их записям. Приведены результаты сравнения АРУ и разработанной технологии компенсации затухания.

Abstract.

The technology of compensation of seismic signal attenuation, based directly on seismic records, is considered in report. The results of comparison AGC and developed technology of attenuation compensation are presented.

Решение задач по данным сейсморазведки, в том числе и скважинной, начинается с обработки записей сейсмических колебаний с целью выделения полезных волн. Необходимость выполнения процедуры связана с тем, что с возрастанием времени распространения сейсмических волн и, соответственно, возрастанием времени наблюдения колебательного процесса, энергия их ослабевает. Вследствие этого регистрация волнового поля производится в достаточно широком (100 и более дБ) динамическом диапазоне. Естественно, непосредственно визуализировать и интерпретировать такую информацию не представляется возможным.

Уменьшение амплитуды волн, связанное с затуханием энергии обусловлено в основном следующими факторами:

- расхождение фронта волны;
- неупругое поглощение энергии волны;
- потери при прохождении границ и рассеяние энергии волны на мелких неоднородностях геологического разреза.

В настоящее время предлагается несколько способов компенсации затухания [1.2]. В [1] их разделяют на две группы. К способам первой группы относятся способы, реализующие предварительный расчет функции затухания $s(t)$ по априорным данным. В качестве априорных данных используют сведения о скорости $v(t)$ в геологическом разрезе и ее изменении во времени и поглощении. Так как амплитуда записи убывает пропорционально радиусу r расходящегося фронта волны, то функция затухания вычисляется по формуле:

$$s(t) \approx r = v(t) \cdot t \cdot 10^{\alpha t},$$

где α – затухание, связанное с поглощением и прохождением через слои.

Способы второй группы используют для расчета функции $c(t)$ непосредственно сейсмическую трассу [1].

Кроме этого в [2] предлагается для компенсации затухания применять способы, которые вообще не используют ни информации о геологическом разрезе, ни о форме и структуре сейсмической трассы. Затухание записи описывается функцией вида $c(t) = t^2$ или $c(t) = t^{1.5}$. Эти способы можно отнести к третьей группе.

Клаербоут [2] (стр.364) считает, что применение функций такого вида для восстановления амплитуд сейсмических волн предпочтительней пользующейся большой популярностью возрастающей показательной функции.

Вместе с тем, здесь же отмечается что «ни в теории, ни на практике нет общего согласия относительно того, какой вид весовой является наилучшим». Очевидно, каждая группа способов имеет недостатки и ограничения к применению. Вместе с тем необходимость решения новых, более сложных геологических задач (прослеживание маломощных нефтенасыщенных коллекторов и оценка их свойств, изучения направления трещиноватости, мониторинг месторождений нефти и др.) оставляет требования к повышению точности определения динамических параметров отражений и не исключает разработку других способов и технологий для компенсации затухания сейсмической записи. В докладе описан один вариант компенсации затухания, представляющий собой модернизированную технологию, относящуюся ко второй группе способов, т.е. определению функции затухания непосредственно по трассе. Здесь вычисление функции затухания $c(t)$ в виде последовательности $c(t_k)$ выполняется по формуле

$$c(t_k) = N^* s_0(t_i) / \sum_{i=\text{wind}/2}^{i+\text{wind}/2} |s_0(t_{i+k})| / \text{wind} \quad (1)$$

Очевидно, что при расчете данной функции, кроме полезной волны (отраженной продольной), учитывается вклад и всех других волн, в том числе волн – помех. Значит, поведение ее не соответствует истинному затуханию полезных волн и компенсация затухания, выполненная с применением данной функции, приведет к искажению динамических параметров волн на записях волнового поля. Суть предлагаемой технологии в следующем. Вначале исходная запись подвергается обработке процедурой, реализующей формулу (1). Это делается для того, чтобы с большей полнотой и достоверностью выделить поле полезных (однократно отраженных) волн. По исходному волновому полю это выполнить достаточно сложно. В подтверждении этого на рис.1 приведены двумерные спектры исходного волнового поля и поля после выполнения компенсации указанным способом.

η ,
1/km

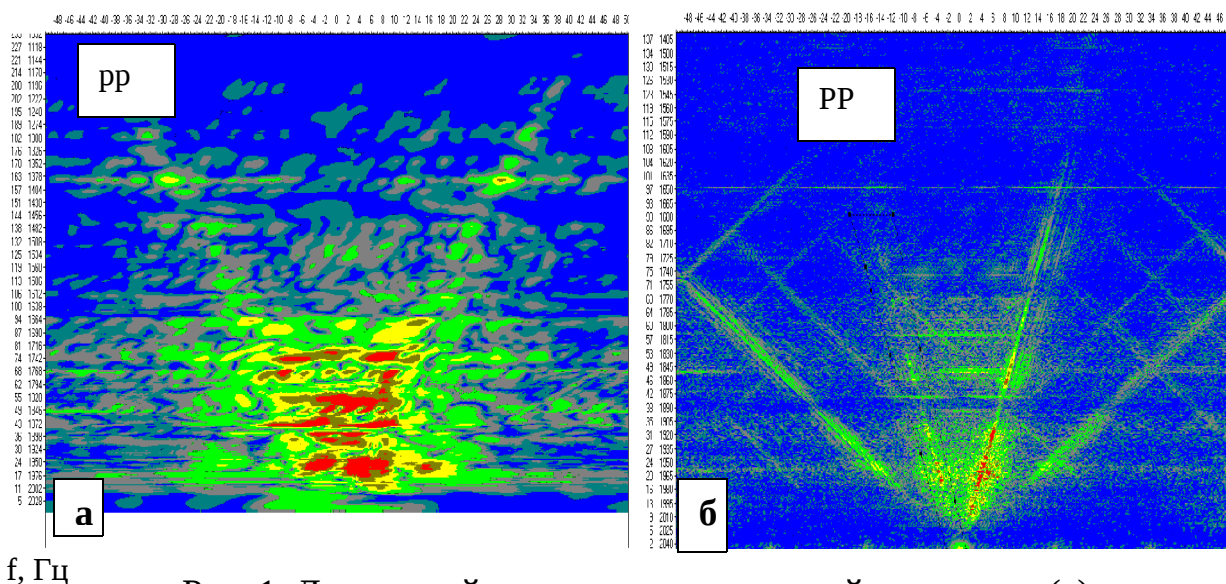


Рис. 1. Двумерный спектр волновых полей исходного (а) и после компенсации затухания (б).

Здесь видно, что на спектре исходного поля область полезных рр-волн (рис.1а) выделить трудно, особенно в области низких частот. На рис. 1б, область полезных волн выделяется с большей определенностью.

После выделения области полезных волн на двумерном спектре и преобразование его во временную область получаем поле отраженных волн. Далее, это поле приводится к виду, который оно имеет в составе исходного поля путем декомпенсации затухания, т.е. умножения записей волнового поля на функцию $s(t_k)$. Вид этой функции приведен на рис. 2а

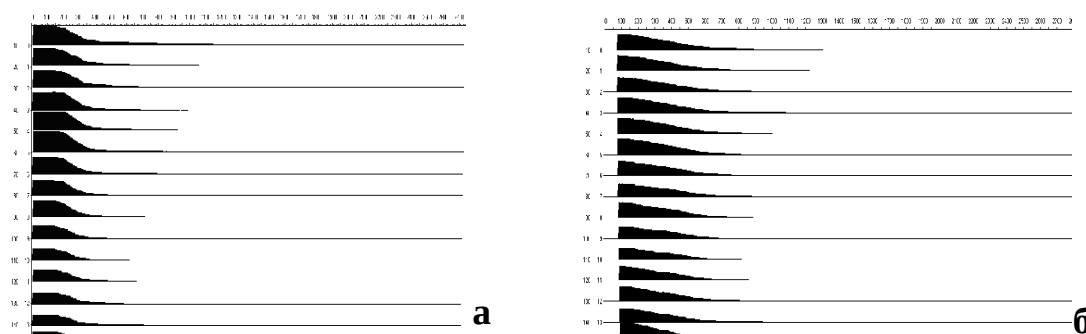


Рис.2. Вид функции компенсации затухания по исходному волновому полю (а) и по полю отраженных волн (б)

После этого восстановленное волновое поле отраженных волн обрабатывалось по этому же алгоритму. Для такого поля, свободного от помех, функция затухания имеет вид, изображенный на рис.2б.

Анализ причин затухания сейсмического сигнала убеждает в том, что решающую роль в процесс затухания вносит геометрическое расхождение фронта волны. Для расчета функции затухания, обусловленной расхождением фронта волны необходима скоростная модель геологического разреза. На основе этой модели вычисляется траектория распространения отраженной

волны и длина пути l_k распространения ее от пункта возбуждения до пункта регистрации с учетом преломления луча на границах раздела пластов. Длина пути вычисляется для каждой k-ой точки трассы по формуле:

$$l_k = \sum h_i \cdot v_i / \cos(\arcsin(p \cdot v_i)).$$

Необходимо заметить, что рассчитанная функция l_k применяется к полю отраженных волн, рассчитанному по описанной выше технологии.

Результаты опробования разработанной технологии приведены на рис.3. Здесь а,б,в – записи волновых полей после компенсации затухания по разработанной технологии, АРУ и с учетом расхождения и временные разрезы а',б' и в', соответствующие этим полям. Сравнение временных разрезов по отражениям, обозначенных стрелками показывает, что а' и в' достаточно близки и оба по качеству прослеживания превосходят результат на б'.

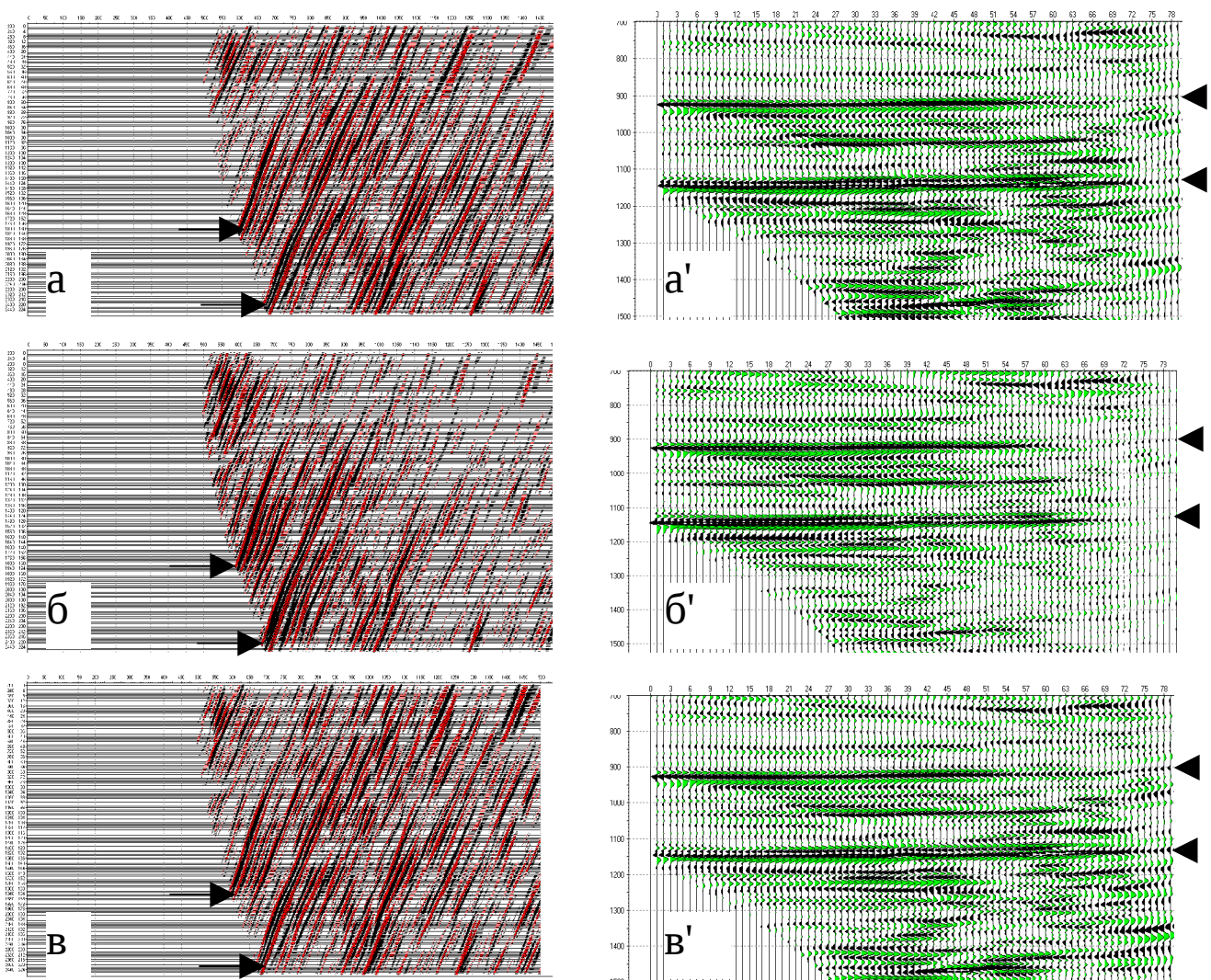


Рис.3. Записи волновых полей после компенсации затухания различными способами и соответствующие им временные разрезы

Литература.

1. Козлов Е.А., Гогоненков Г.Н., Лернер Б.Л. и др. Цифровая обработка сейсмических данных. М., «Недра», 1973, 312с.
2. Клаербоут Д.Ф. Сейсмическое изображение земных недр. Пер. с англ., редактор перевода Потапов О.А., М. «Недра» 1989, 407с.