

## **Land seismic data processing with preservation of the true amplitude ratios**

*Martin Toshev*

REXIMseis Ltd., martin.toshev86@gmail.com

**Ключови думи** сферична дивергенция, офсет, avo

One of the important elements of the seismostratigraphy interpretation of the seismic data is the use of different characteristic properties, derived from seismic motions and learning change of amplitudes in various offset (AVO analysis).

The reliability of these properties are directly related to the ratio signal/noise of data.

The first step to improve this ratio is the use of different procedures for suppression of interfering waves and noise, as: reverberation, surface waves, waves of air blasts, harmonic noise, noise from vehicles, industrial noise.

Important procedures in processing are preserved true amplitudes with correction for spherical divergence and surface consistent amplitude correction. Correction of spherical divergence remove the effect of absorption of seismic energy from the geological environment. The amplitudes generally decrease proportionally with increasing radius of seismic wave propagation in depth as well as offset.

Surface consistent amplitude correction is a modern iterative procedure calculating the correction coefficients, by four factor analysis, preserving their true ratio for different components, as: source, receiver, offset and common depth point. Show examples of applying of these procedures on real seismic data to obtain seismic section with preservation of the true amplitude ratios.

## **Обработка на сухоземни сеизмични данни със запазване на истинските амплитудни съотношения**

*Мартин Тошев*

РЕКСИМсеиз ЕООД, martin.toshev86@gmail.com

Един от важните елементи на сеизмостратиграфската интерпретация на сеизмичните данни е използването на различни характерни свойства, извлечени от сеизмичните колебания и изучаването изменението на амплитудите при различни отделения от пункта на възбуждане (AVO анализ), Cambois, G. (2000).

Надеждността на тези свойства са директно свързани със съотношението сигнал/шум на данните.

Първата стъпка за подобряване на това съотношение е използването на различни процедури за подтискане на пречещи вълни и шум, като реверберации, повърхностни вълни, вълни от въздушни взривове, хармоничен шум, шум от превозни средства, промишлен шум.

Важни процедури в обработката са: възстановяване на истинските амплитуди с корекция за сферична дивергенция и корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия. Корекцията на сферичната дивергенция отстранява ефекта от поглъщането на сеизмичната енергия от геоложката среда. Амплитудите обикновено намаляват пропорционално с увеличаващия се радиус на разпространение на сеизмичните вълни в дълбочина, както и от изминатото разстояние между източника и приемника (офсет), Newman, P. (1973).

Процедурата за корекция влиянието на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия е модерна итеративна процедура изчисляваща коефициентите за корекция, чрез четирифакторен анализ, като запазва истинското им съотношение за различни компоненти, като източник, приемник, офсет и структурен фактор.

В сеизмичните разрези вариациите на амплитудите от отраженията могат да бъдат важни фактори в интерпретацията. Хоризонталните амплитудни вариации "от трасе към трасе" в рамките на едно отражение могат директно да индикират за представянето на въглеводороди (светло петно). Вертикалните амплитудни вариации "от отражение към отражение" могат да бъдат полезни в установяването и корелирането на отразените хоризонти.

В специалната обработка (за целите на AVO анализ) трябва да се обърне специално внимание на запазването на относителното разпределение на амплитудните съотношения на полето на амплитудите. Поради това е нужно да се избягва изравняване на амплитудите в целия интервал от време с прилагането на обработващи процедури като: автоматично регулиране на усилването (APU),

баланс на амплитудите или изравняване в малки интервали от време. В някои случаи, обаче, амплитудните вариации са толкова големи, че ниските нива на енергия на отраженията стават трудни за проследяване или дори невидими. Това е поради ефектите на поглъщане, когато сигнала достига по-големи дълбочини и преминава по-дълги разстояния навътре в земната кора, Ursin, B. (1990). Поради тази причина в стандартната обработка без запазване на истинските амплитудни съотношения, за да се повишат нивата на тези слаби отражения до относително силни такива, определен размер на АРУ-то е необходим за целите на компенсиране, но в такъв случай някои геоложки феномени могат да бъдат пропуснати при интерпретацията.

Автоматичното регулиране на усилването намалява амплитудните вариации в трасето. Дължината на АРУ прозореца установява степента към която амплитудите се изравняват. Много малък прозорец (по-малък от 0.5 секунди) почти ще премахне амплитудните вариации, докато по-големия прозорец (повече от 1 секунда) ще запази повече оригинални амплитуди, Ronald D. Leskinen (1975).

Процеса за запазване на амплитудите не означава „запазване на амплитудните съотношения“.

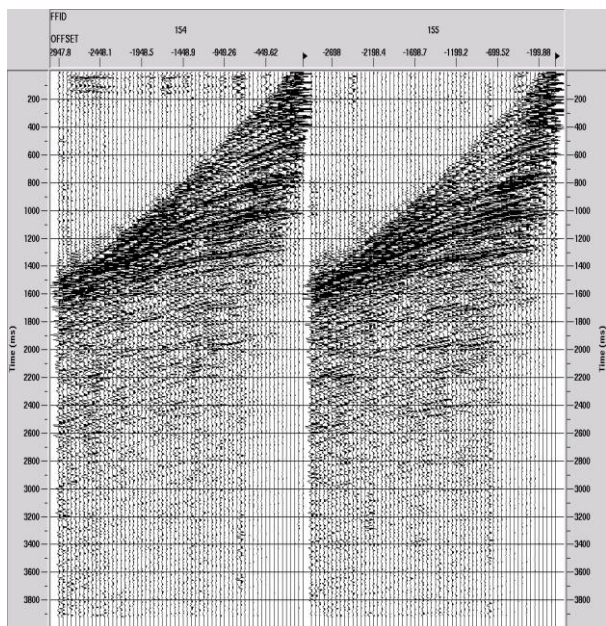
По-долу се демонстрират примери от прилагането на тези процедури върху реални сеизмични данни за получаването на сеизмични разрези със запазването на истинските амплитудни съотношения.

## Описание на експеримента и анализ на получените резултати

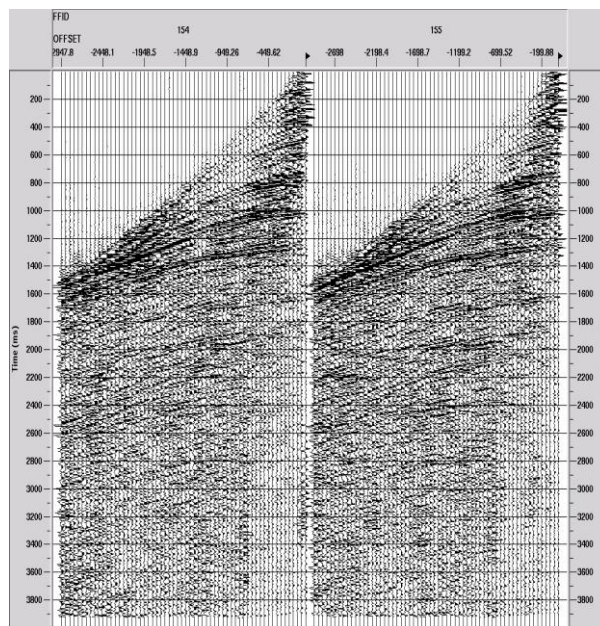
Дивергенцията обикновено е главния фактор, който причинява времево-зависещи амплитудни промени. Енергията се разпространява така, че силата на вълната намалява, но общата енергия във вълновото поле не се променя. Ако средата е хомогенна отслабването на амплитудите ще е обратно пропорционално на разстоянието или скоростта  $Vt$ . Обаче, т.к. скоростта основно се увеличава с дълбочината, кривината на лъчевата траектория кара вълната да се разпространява все повече и по този начин прави намаляването на амплитудите по-голямо. Newman (1973) доказва, че за паралелно наслояване, намаляването на амплитудите зависи приблизително от  $1/V_{rms}^2 t$ . Основно сеизмичните амплитуди намаляват експоненциално с времето, така че компенсиите за тези различни фактори се изчисляват приблизително чрез умножаване по емпиричен експоненциален фактор.

По-високите честоти затихват повече от по-ниските, затова спектъра на сеизмичния импулс се променя с времето.

В сеизмичната обработка важна процедура която трябва да се приложи е за възстановяване на истинските амплитуди с корекция за сферична дивергенция (поради споменатото по-горе). Ефекта от тази процедура е илюстриран на фиг.1 без прилагане на процедурата и на фиг.2 с нейното действие.

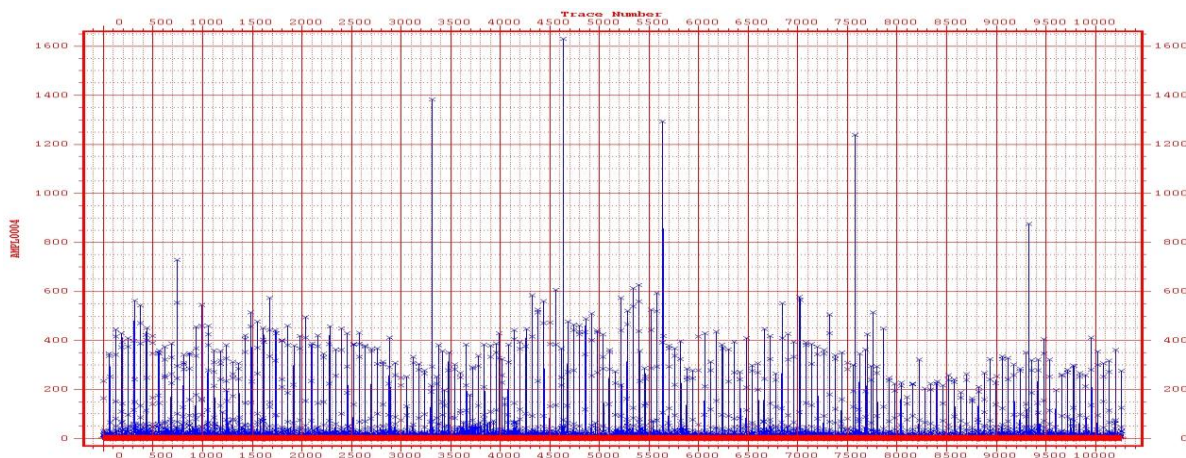


Фиг.1 Сеизмограми без приложено възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция



Фиг.2 Сеизмограми с приложено възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция

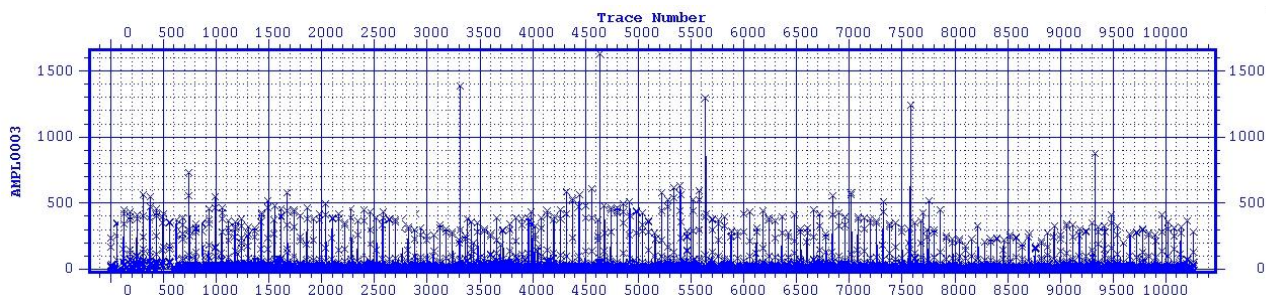
Другата важна процедура която разглеждаме е за корекция влиянието на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия. На фиг.3 е показана разликата в амплитудите преди и след нейното прилагане.



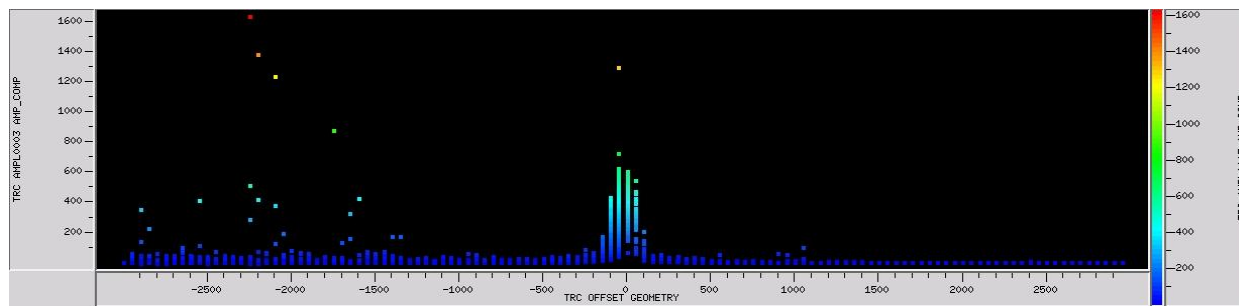
Фигура 3. Сравняване на амплитудите преди (в синьо) и след (в червено) прилагане корекцията за влиянието на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия.

Както се вижда процедурата се стреми да приравни всички амплитуди към 1, като в същото време запазва истинското амплитудно съотношение за различните компоненти.

На следващите фигури са показани индивидуално разликите в амплитудните съотношения преди (фиг.4) и след (фиг.6) прилагането на процедурата за тяхната корекция. Амплитудите от (фиг.4) и (фиг.6) са илюстрирани и спрямо офсата, както следва: на (фиг.5) са показани некоригираните амплитуди спрямо офсата и на (фиг.7) съответно коригираните амплитуди спрямо офсата.

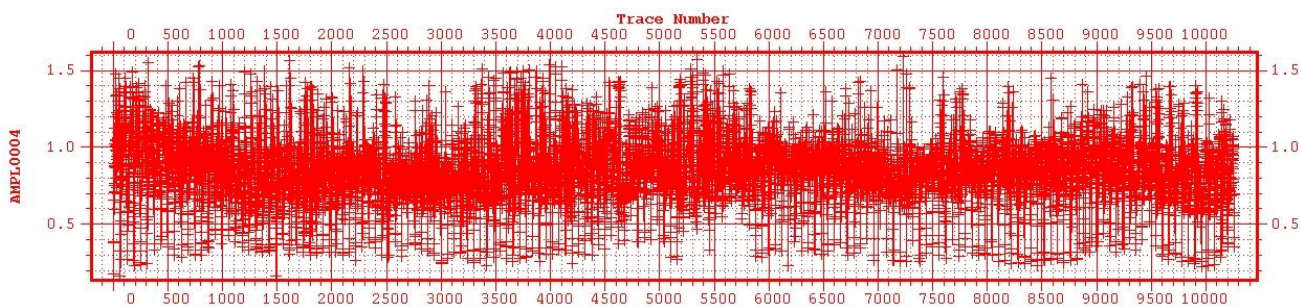


Фигура 4. Некоригирани амплитуди (първоначалните амплитудни съотношения без прилагането на каквито и да е процедури)

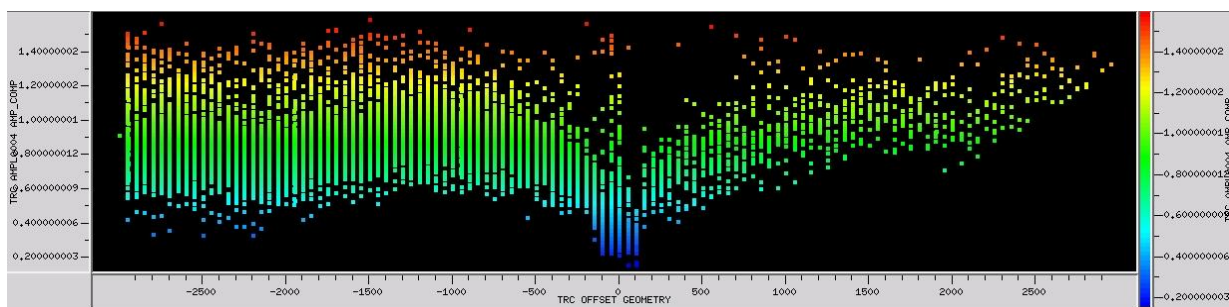


Фигура 5. Некоригирани амплитуди (същите като на фиг.4) спрямо разстоянието между източника и приемника (офсет)



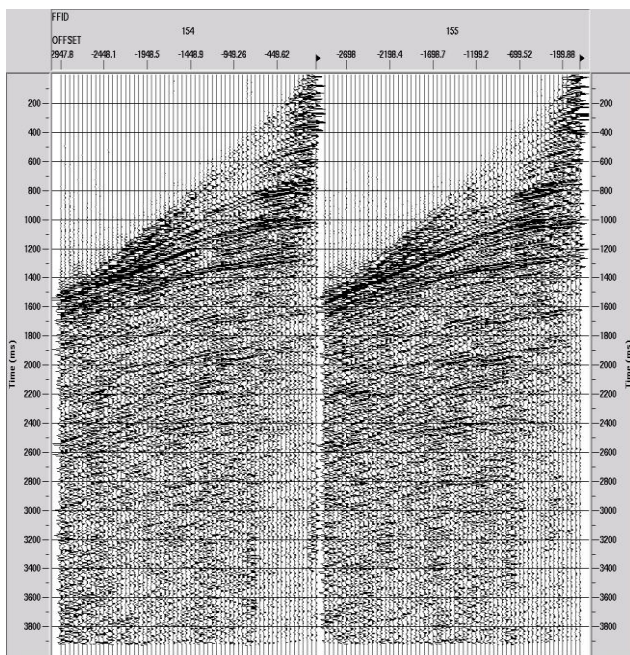


Фигура 6.Коригирани амплитуди със запазване на истинското им съотношение.

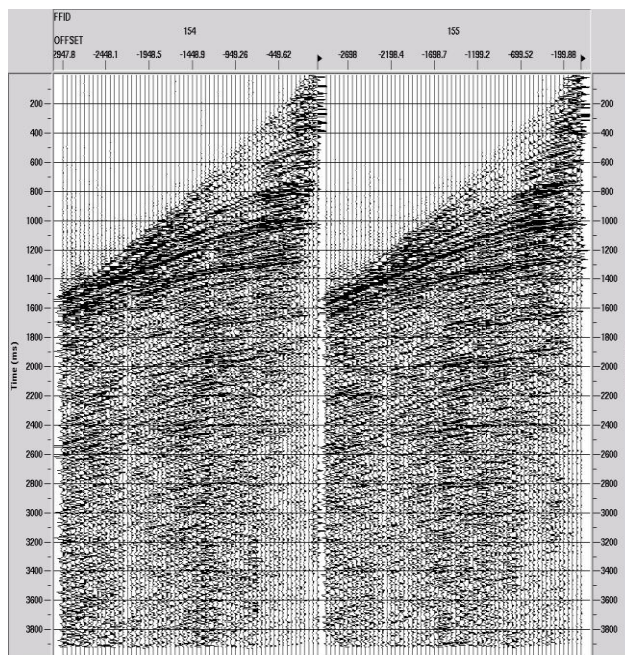


Фигура 7. Коригирани амплитуди (същите като на фиг.6) с измененото им спрямо офсета.

Разликите от процедурите за възстановяване на истинските амплитуди с корекция за сферична дивергенция и корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия са показани на реални сеизмограми на фиг.8 и фиг.9.



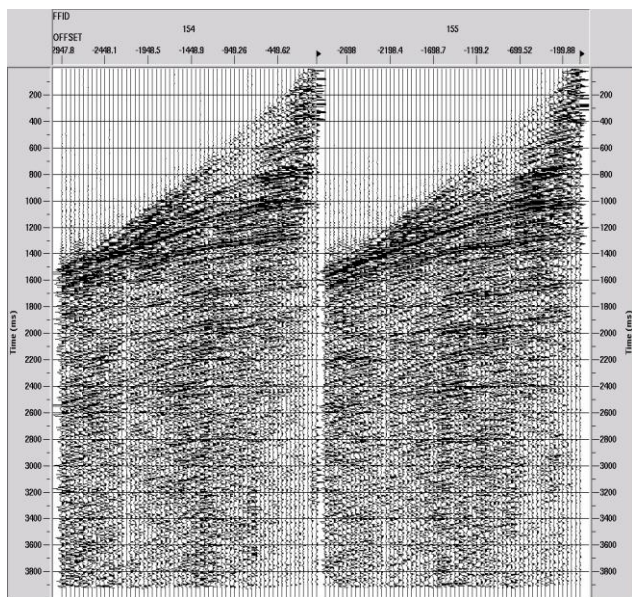
фиг.8 Сеизмограма с приложено възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция



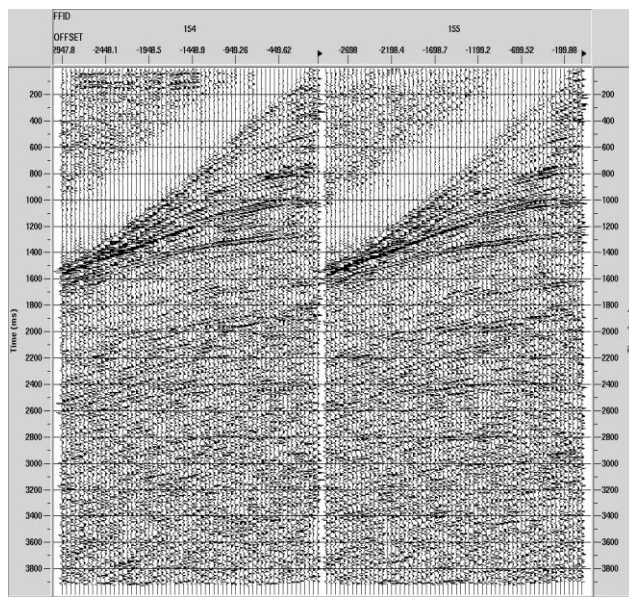
фиг.9 Сеизмограма с приложено възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция и с приложена корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия



На следващите две фигури (фиг.10 и фиг.11) е показана разликата между сеизмограми с приложени процедури за запазване на истинските амплитудни съотношения и сеизмограми с приложено автоматично регулиране на усилването.



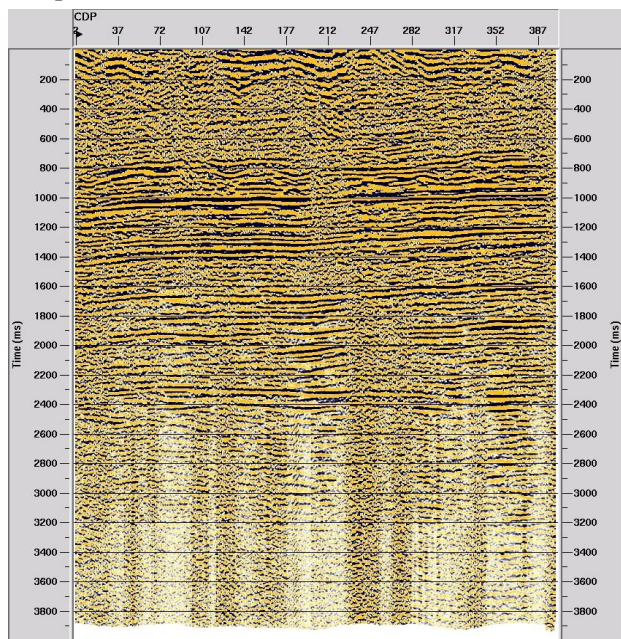
фиг.10 Сеизмограми с приложено възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция и с приложена корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия



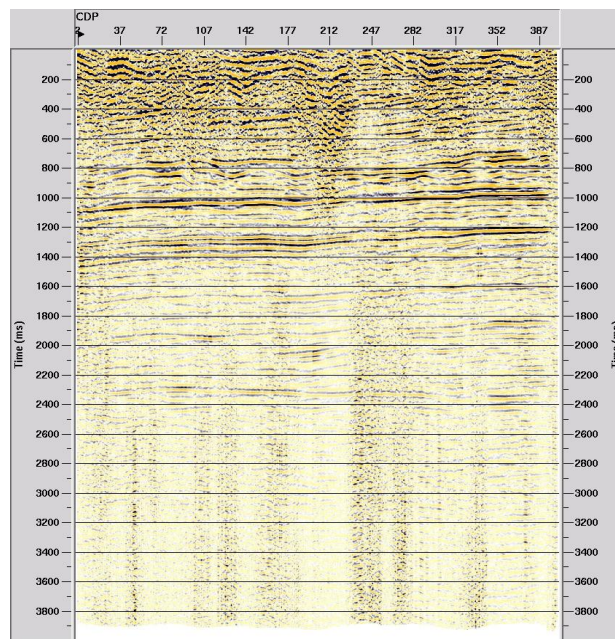
фиг.11 Сеизмограма с приложено автоматично регулиране на усилването

Вижда се, че автоматичното регулиране на усилването изравнява сигнала, като по този начин се губи истинското амплитудно съотношение. Заради това тази процедура е необходимо да се избягва в специалната предварителна обработка за целите на последващ AVO анализ.

Следващата стъпка в сеизмичната обработка е сумиране на данните и получаване на сеизмичен разрез. На следващите фигури ( фиг.12 и фиг.13) ще видим разликата между сеизмичен разрез без приложени процедури и сеизмичен разрез с възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция.



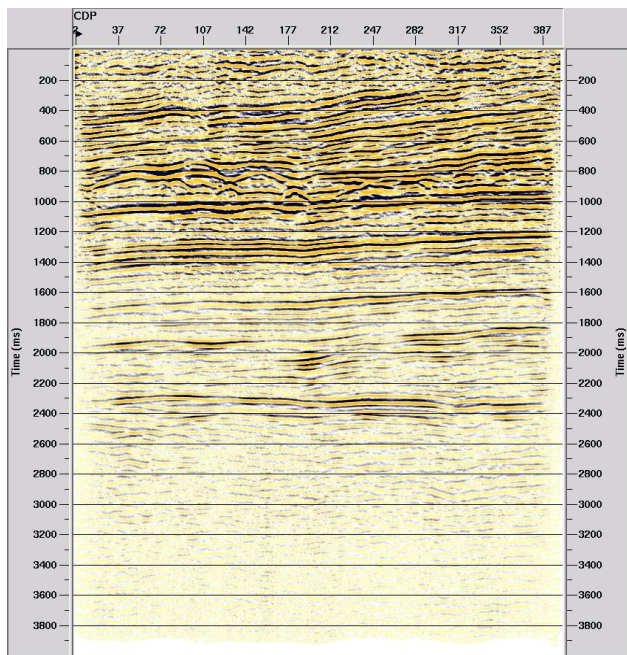
Фигура 12. Сеизмичен разрез без приложени процедури



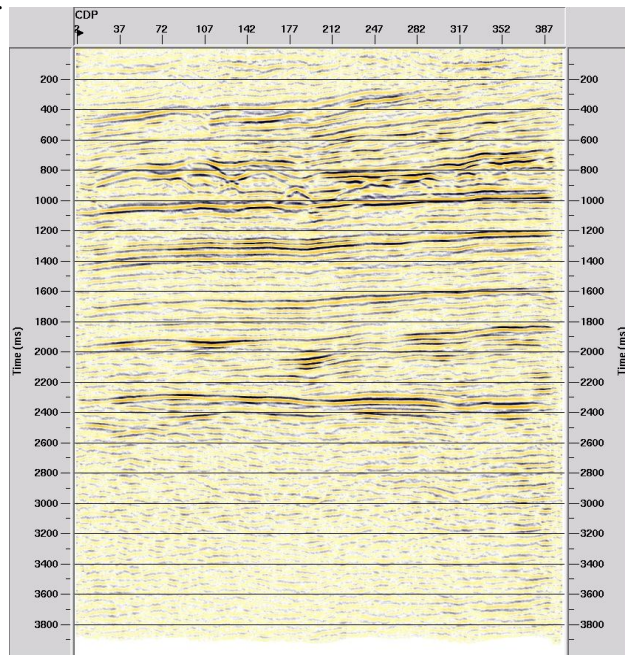
Фигура 13. Сеизмичен разрез с приложено възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция



Разрез на който са приложени процедурите за възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция и корекцията на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия е показан на фиг.14. На фиг.15 е показан ефекта от автоматичното регулиране на амплитудите.

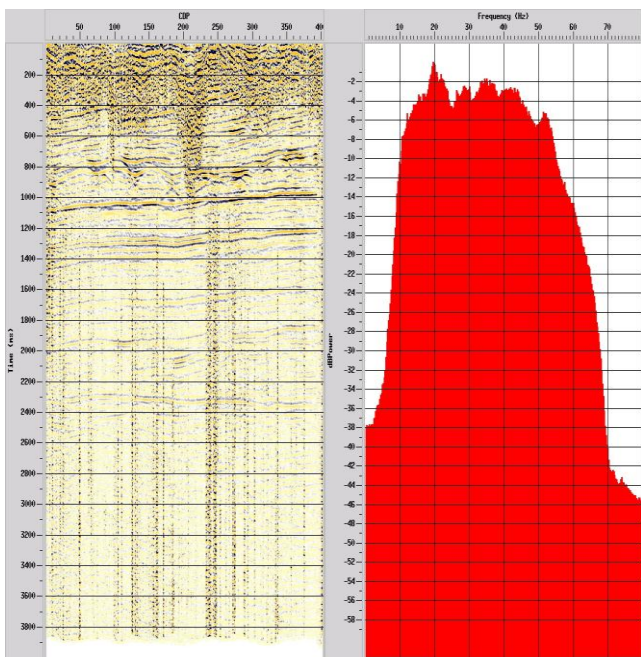


фиг. 14 Сеизмичен разрез с приложено възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция и с приложена корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия

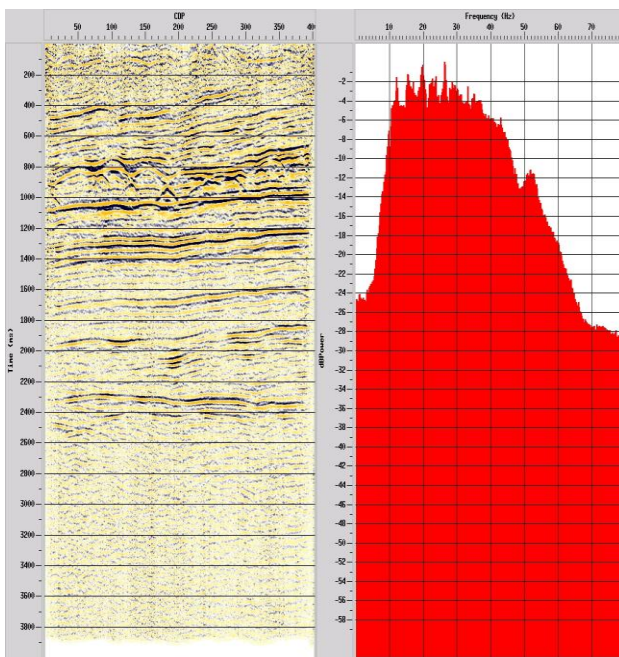


фиг. 15 Разрез с приложено автоматично регулиране на усилването

На следващите две фигури (фиг.16 и фиг.17) е показан спектърът на сеизмичен разрез с приложена процедура за корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия и без нея.



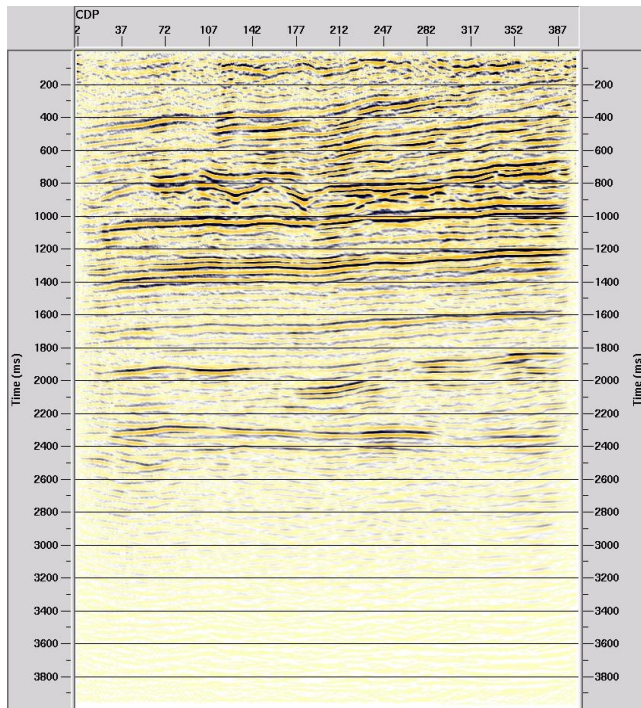
фиг. 16 Спектър на сеизмичен разрез без корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия



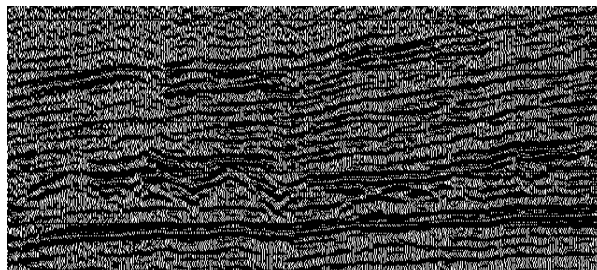
фиг. 17 Спектър на сеизмичен разрез с корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия

От фиг.16 и фиг.17 виждаме ,че процедурата за корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия подтиска високо честотните шумни трасета, като по този начин увеличава полезния сигнал, като запазва истинското амплитудно съотношение.

На фиг.18 е показан крайният резултат в обработката, миграция преди сумиране без прилагане на автоматично усилване на амплитудите. На фиг.19 е показан фрагмент от тази миграция.



Фигура 18. Миграция преди сумиране без АРУ



Фигура 19. Фрагмент от миграция преди сумиране.

## Заклучение:

За специална обработка на сеизмичните данни е необходимо прилагането на процедурата за възстановяване на истинските амплитуди със сферична дивергенция, т.к. благодарение на нея се компенсира затихването на сеизмичната енергия на по-големите времена.

Процедурата за корекция на амплитудите за влияние на позицията на възбуждане и приемане на сеизмичната енергия запазва истинското им съотношение и съхранява латералните изменения.

Процедурата за автоматично регулиране на усилването трябва да се избягва в специалната сеизмична обработка , т.к. тя влияе на истинското амплитудно съотношение, като изравнява сигнала. Но за целите на структурната интерпретация, както и в случаите когато се използват многоканални филтри, т.к. те зависят от данните да бъдат добре балансирани, е необходимо нейното реверсивно прилагане.

## Литература

- Cambois,G.,2000, Can P-wave AVO be quantitative? The Leading Edge,19,1246
- 2001,AVO processing: Myths and reality.CSEG Recorder, March 2001,30-33
- Newman,P.,1973,Divergence effects in a layered earth Geophysics,38,481-488
- Ronald D.Leskinen,1975, Introduction to command seismic processing
- Ursin,B.,1990,Offset-dependent geometrical spreading in a layered medium.Geophysics,55,492-496