

СТАТИЧЕСКИ КОРЕКЦИИ В ОБРАБОТКАТА НА СЕИЗМОПРОУЧВАТЕЛНИ ДАННИ

Мая Григорова¹, Бойко Рангелов²

¹РЕКСИМсеиз ООД, 1680 София; maya_mgu@abv.bg

²Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Важна стъпка в обработка на сеизмичната информация е изчисляването на първичните (полеви) статически поправки. Съществуват различни подходи за компенсиране влиянието на горната ниска скоростна част на геоложкия разрез. Класическият метод е използването на данни от микро-сеизмичен каротаж (МСК) в характерни точки по сеизмичния профил, където се променят значително, както котата така и условията на възбуждане на сеизмична енергия. Един от съвременните методи за изучаване на зоната на малките скорости (ЗМС) и изчисляване на първоначалните (полеви) статически корекции за компенсиране влиянието на горната част на геоложкия разрез е използването на информацията от първите встъпвания на сеизмичните колебания и рефрагираните вълни. Описани са кратко теоретичната основа на метода и неговите предимства. Дискутират се последователността от процедури за обработка на сеизмичните данни по описаната технология. Показани са характерни примери от различни площи илюстриращи предимствата на метода. Направени са сравнения с резултатите от използването на други методи за решаване на проблема с изчисляването на първичните (полеви) статически поправки.

STATIC CORRECTIONS IN SEISMIC DATA PROCESSING

Maya Grigorova¹, Boyko Rangelov²

¹REXIMseis Ltd., 1680 Sofia; maya_mgu@abv.bg

²University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. An important step in seismic data processing is the calculation of primary (field) static corrections. There are many different methods used to compensate the influence of the upper low velocity part of the geological section. The classical method is performed by using borehole seismic data (VSP) along the seismic line, where there are differences both in the elevation and in the seismic energy generation conditions. One of the most advanced methods for studying the low velocity zone and for calculation of the primary (field) static corrections is based on using information from the first break on each recorded seismogram. Typical examples from variety of areas are used to demonstrate the advantages of the technology. Comparisons with results using other methods for resolving the problem with the calculation of primary (field) static correction are made. The theoretical aspects are shortly described in the article as well as the advantages of the technology.

Въведение

При провеждането на сухоземно сеизмично проучване с използване на отразени вълни, наличието на нееднородности и нарушения в горната част на разреза може да окаже значително влияние върху крайния резултат от обработката на получените данни. Подобни ефекти могат да се получат в резултат на редуване на тънки пластове, характеризирани се с различно залягане и различни скорости на разпространение на вълните, наличие на изверели скали, тектонски деформации, топографски особености на района и др.

Коректното проследяване на подобни ефекти е абсолютно наложително за получаване на адекватна оценка на горната част на геоложкия разрез. Повърхностните геоложки аномалии се проявяват най-вече в три основни направления:

- сериозно засягат времената на пристигане на отразените вълни и по такъв начин оказват влияние при определяне позицията на пластове в разреза;

- оказват влияние върху вида и силата на генерирания шум;

- повлияват амплитудите на сигнала.

На съвременен етап един от най-надеждните подходи за изучаване на зоната на малките скорости и за изчисляване на първоначалните статически поправки е основан на данните от първите встъпвания на сеизмичните колебания. Първите встъпвания на вълните носят специфична информация за зоната на малките скорости, в която се разпространяват и за граничната повърхност между нея и коренните скали.

Основни моменти в приложението на методиката

Статическите поправки се изчисляват по данни получени при изучаването на зоната на малките скорости (ЗМС). Целта им е да компенсират напълно времевите отмества-

ния, предизвикани от повърхностните нееднородности, поради неточности в оценката на параметрите на зоната на малките скорости, грешки при интерполацията между точките и др. От точността, с която се определя пространственото изменение на скоростта в средата и до основните пречупващи и отразяващи граници, в значителна степен зависи и точността на построяване на сеизмичните разрези.

Съществуват различни подходи при определяне на зоната на малките скорости. Класическият подход включва използването на данни от микросеизмичен картаж (МСК) в определени точки от изследвания сеизмичен профил, където се наблюдават значителни изменения както на котата, така и на условията на възбуждане на сеизмичната енергия.

Един от най-съвременните подходи за определяне на статическите поправки включва използването на първите встъпления на сеизмичните вълни. На сеизмичните записи първият регистриран от приемниците сигнал се нарича първо встъпване на вълната. Първите встъпления са използвани главно за определяне на статическите поправки на зоната на малките скорости, разположена в горната част на разреза.

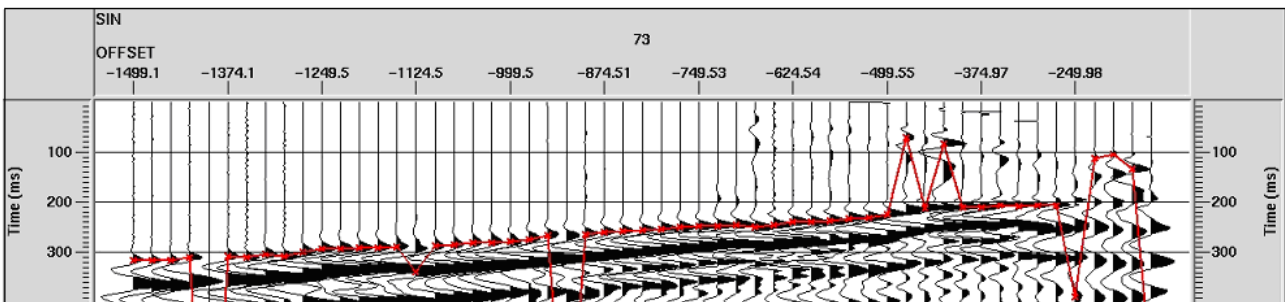
Една от най-прецизните техники за подбор на първите встъпления се свързва с използването на специализиран софтуер, с чиято помощ става възможно коректно да бъдат подбрани първите встъпления на вълните.

На фигура 1 е показан сеизмичен запис с автоматично подбрани първи встъпления. На записа се вижда, че автоматичният подбор може да бъде единствено ориентиран по отношение на времената на встъпване на отразените вълни.

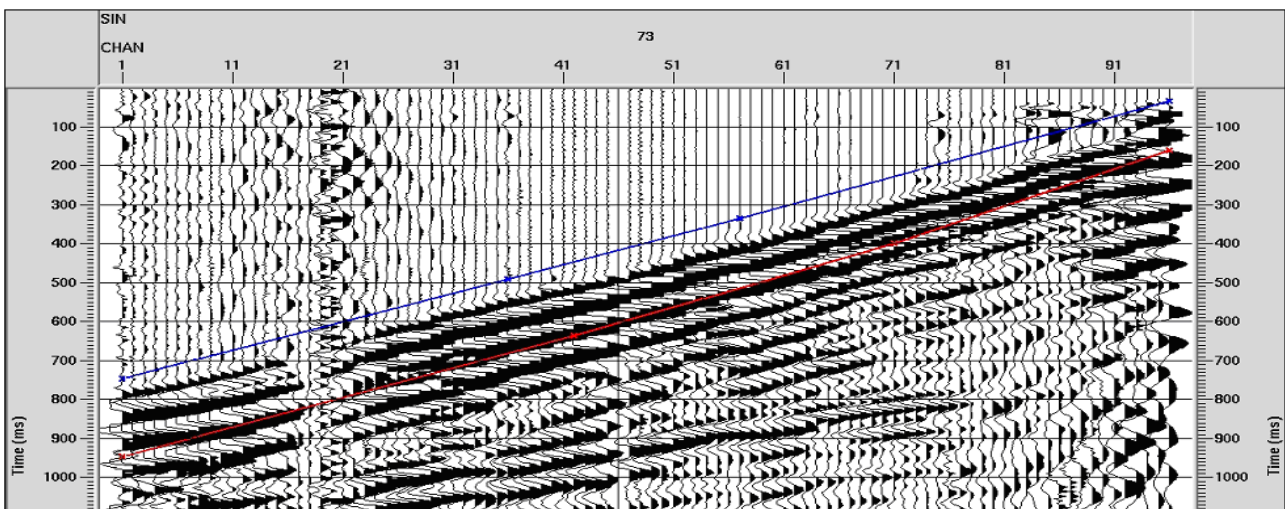
При наличие на данни, в които наличието на шум е съизмеримо с полезният сигнал разпознаването на реалните първи встъпления е силно затруднено. Поради тази причина, съвременните софтуерни пакети за определяне на първи встъпления дават възможност данните, подлагани на автоматичен подбор на първи встъпления, да бъдат ограничени в даден интервал от време (времеви прозорец) (Hollingshead, Slaret, 1980).

Целта на времевия прозорец е да ограничи сегмента от данни, в който автоматично да бъдат търсени първите встъпления на сигнала, в случаите, когато в данните се наблюдава голямо количество шум или при наличие на твърде слаб сигнал, дължащ се на малката продължителност на импулсите.

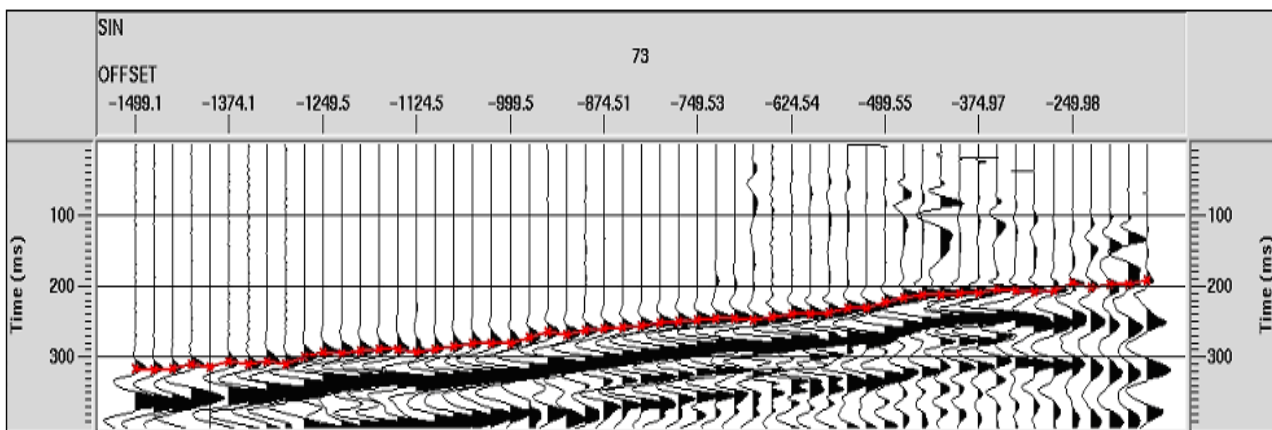
След извършване на автоматичен подбор, прецизирането на първите встъпления се извършва ръчно, като целта е на автоматично пикираните амплитуди да бъдат внесени допълнителни корекции за времената им на пристигане. Времената за пробег на първите встъпления на вълните могат да бъдат изразени по следния начин:



Фиг. 1. Сеизмичен запис с автоматично подбрани първи встъпления



Фиг. 2. Сеизмичен запис, с показан интервал от време за анализ на първите встъпления



Фиг. 3. Сеизмичен запис с ръчно подбрани първи встъпвания

$$t(n, m) = S(n) + R(m) + \sum \{ \sigma(k) \Delta(k) \} + s(n) + r(m) \quad (1)$$

където: $t(n, m)$ – пикираните първи встъпвания за n – тия източник и m – тия приемник;

$S(n)$ – закъснение във времето на пристигане за n – тия източник;

$R(m)$ – закъснение във времето на пристигане за m – тия приемник;

$\sigma(k)$ – забавянето в k – тата клетка по хоризонталния път между n – тия източник и m – тия приемник;

$\Delta(k)$ – пътя, който вълната изминава в k – тата клетка по хоризонталния път между n – тия източник и m – тия приемник;

$s(n)$ – грешка при определянето на времената на пробег на вълната за n – тия източник;

$r(m)$ – грешка при определянето на времената на пробег на вълната за m – тия приемник;

За целите на изследването е проведен и прецизен ръчен подбор на първите встъпвания. На фигура 3 е показан сеизмичен запис, на който след значително по-точен ръчен подбор на първите встъпвания (червената линия) се счита, че подобрите времена на пристигане на отразените вълни отговарят напълно на реалните им времена на пристигане.

Така подобрите първи встъпвания се използват за изчисляване на статическите поправки, необходими за привеждане на данните към определено ниво на привеждане, съобразно времената им на регистриране.

Разликата във времената на пристигане на отразените вълни, дължаща се на наличието на зона на малки скорости, може да доведе до неточности при обработката на данните и грешки при последващата интерпретация на резултатите. Поради тази причина изчисляването на статическите поправки се явява ключов момент от обработката на сеизмични данни, при който се разрешават спорни моменти по отношение на отражателните повърхнини и геоложките особености в горната част на разреза.

Изчисляването на статическите поправки включва няколко основни стъпки (Lawton, 1989):

- въвеждане на информация за скоростта на зоната на малките скорости, по данни от проведени сондажни изследвания;

- определяне на подходящо разстояние по повърхността на отражателната граница, което се използва за подбора на първите встъпвания;

- изчисляване скоростта на отражателната повърхност, посредством използването на данни за положението на източника, приемниците, формираните общи дълбочинни точки, както и информацията от пикираните времена на регистриране на вълните;

- изчисляване на закъснението във времената на регистриране на вълните въз основа на алгоритъма на Гаус-Зайдел. Този подход включва определяне на закъснението при регистрацията на вълните първоначално за източника, а впоследствие и за приемника. Изчисляването на статическите поправки посредством използването на първите встъпления и подхода на Гаус-Зайдел предполагат, че под повърхностната среда може да бъде представена като изградена от хоризонтално или близки до хоризонтално залегащи пластови повърхнини, в които се наблюдават относително неголеми отклонения в наклона на пластовете и в латералното разпределение на скоростта;

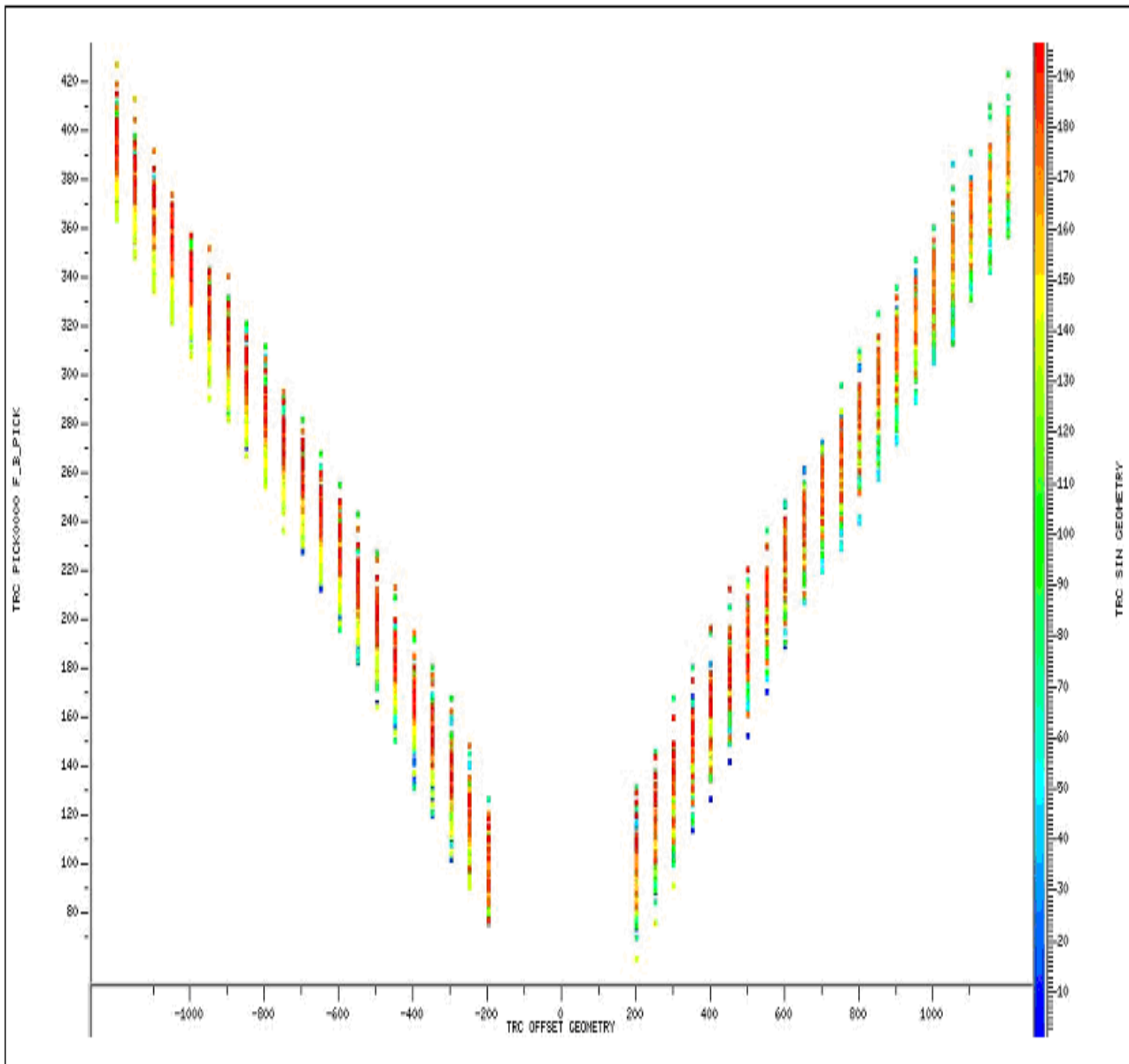
- изчисляване на модел на горната част на разреза. На този етап изчислените закъснения във времената на регистриране на вълните и определената скорост на отражателната повърхнина се използват за определяне на дълбочината до отражателната повърхност;

- изчисляване на статически поправки за източника и приемника, посредством данните за дълбочината и скоростта на отражателната повърхнина.

Непосредствено след подбора на първите встъпвания е извършен контрол върху качеството на пикираните времена на встъпване на вълните.

Фигура 4 демонстрира подредбата на пикираните първи встъпления, като на илюстрацията ясно се проследява как с нарастване на офсета и закъсненията при пристигане на вълните нарастват линейно.

На основата на записаните в база данни времена на първите встъпвания и разгледаната техника описана по-горе се изчисляват статическите корекции за всеки сеизмичен запис и за позицията на всеки сеизмоприемник по профила. На фигура 5 са показани окончателно изчислените поправки за един сеизмичен профил.



Фиг. 4. Визуален качествен контрол върху подобрите първи встъпвания на вълните

Качеството на получените статически поправки най-адекватно и коректно може да бъде оценено на сумирани данни. На фигура 6 е показан сеизмичен разрез с приложена статика изчислена спрямо релефа с ясно видими тектонски нарушения (фиг. 6, вляво). След прилагане на статически поправки, изчислени на базата на първите встъпвания на вълните по описаната методика (фиг. 6, вдясно), се наблюдава значително подобрене в латералното проследяване на основните отразяващи повърхнини.

Съставен е модел на горната част на разреза, който коригира успешно влиянието на скоростните нееднородности в зоната на малките скорости въз основа на коректно подобрите първи встъпвания и приложени метод на изчисление на статическите корекции.

Заклучение

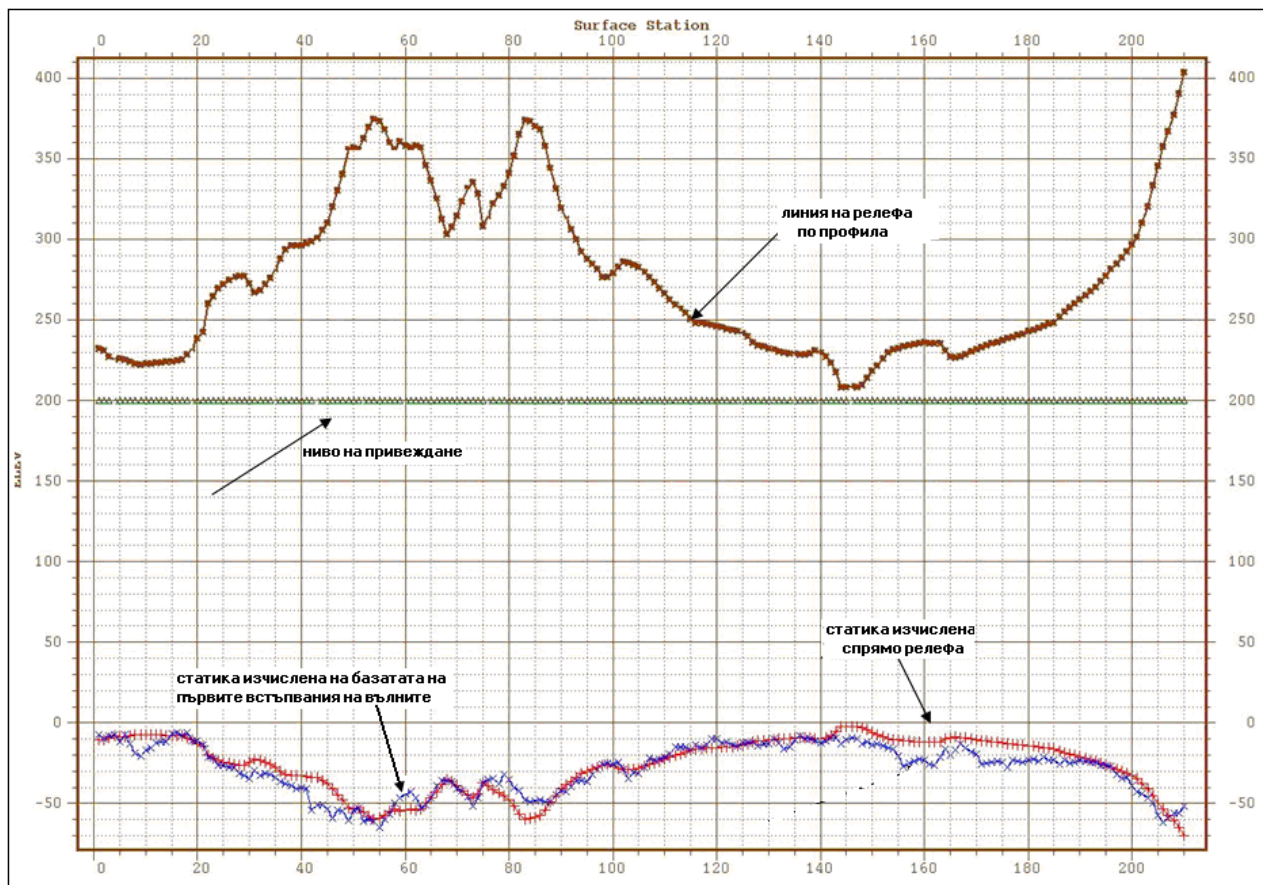
През последните години в световната практика се наблюдава значителен прогрес по отношение, както на методите използвани за изчисляване на статически поправки, така и по отношение на софтуерното им обезпечаване.

Това от своя страна води, както до постигането на значително по-реалистични и достоверни резултати от обработката на сеизмичната информация, така и до по-надеждно разрешаване на геоложки проблемните области в горната част на разреза.

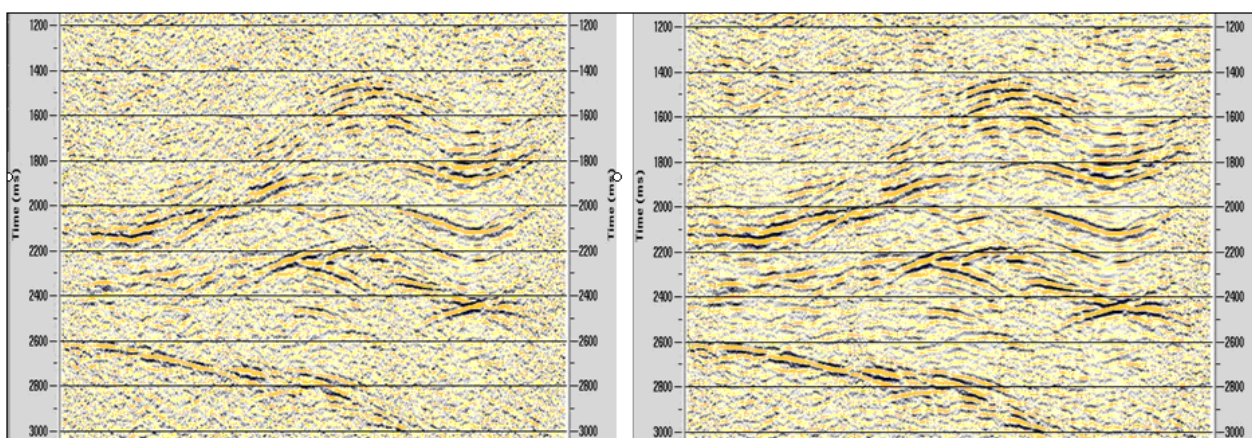
Решението за използването на един или друг подход при изчисляването на статическите поправки трябва да бъде предхождано от прецизен анализ на горната ниска скоростна част на разреза и основно трябва да бъде повлияно от геоложките особености на изследваната площ.

Във връзка с проведеното изследване могат да бъдат направени следните изводи:

- автоматичният подбор на първите встъпвания не осигурява в достатъчна степен необходимата точност при определянето на времената на пристигане на вълните;
- изчисляването на статическите поправки е повлияно в значителна степен, както от подобрите първи встъпвания на вълните, така и от коректно определения модел на зоната на малките скорости;



Фиг. 5. Изчислени статически поправки за един сеизмичен профил



Фиг. 6. Сумирани данни със статика изчислена спрямо релефа (вляво) и с приложени статически поправки, изчислени на базата на първите встъпвания на вълните (вдясно)

- извършеният ръчен анализ на първите встъпвания се оказва достатъчно ефективен инструмент за коректно определяне на времената на пристигане на вълните;
- проведените изследвания показват, че избраната методика за изчисляване на статическите поправки довежда до адекватно дефиниране на горната част на разреза. В случаи, когато така подобрите статически поправки не осигуряват добра проследяемост на отражателните повърхнини и не решават успешно поставените геоложки задачи, едно възможно решение би могло да бъде използването на метода на томографията за построяване на модела на зоната на малките скорости и адекватното изчисление на статическите поправки. Представени са конкретни примери илюстриращи описаната методика.

Благодарности. Авторите са благодарни на Рексимсеиз ООД за предоставените сеизмични данни, софтуер и хардуер, с чиято помощ бе осъществено настоящото изследване.

Литература

- Hollingshead, G. W., R. R. Slaret. 1980. A novel method of deriving weathering statics from first arrival refractions. – *Pacific Section, AAPG Volume*, 1-12.
- Lawton, D. C. 1989. Computation of refraction static corrections using first-break traveltimes differences. – *Geophysics*, 54, 1289-1296.