

Ултразвуково моделиране на отразени и дифрактирани вълни във вариант t_0

И. Петков¹, М. Милков², М. Илиева¹, Д. Денева³

¹Софийски университет „Климент Охридски“, 1000 София

²Научноизследователски институт по полезни изкопаеми, 1505 София

³Геофизичен институт, 1113 София

I. Petkov, M. Milkov, M. Ilieva, D. Deneva — Supersonic modelling of reflected and diffracted waves in version t_0 . The paper describes a system of observations in studies of faults of small amplitude in which the recording of waves is done in the source point (version t_0). For the first time this method is based on supersonic modelling. The purpose is to achieve sharp kinematic differences between the recorded reflected and diffracted seismic waves.

The measurements are done on two three-layered models. The first has an undisturbed first boundary and a step-like second boundary while in the second model both boundaries are of step-like configuration.

The results show that the achieved sharp kinematic differences between reflected and diffracted waves may be used in studies of faults of small amplitudes in cases when the velocities in the medium are favourable. The version may be used in methods with multiple accumulation of signal.

The amplitude anomalies, obtained as a result of superposition of the waves, may be used as a qualitative indication for faults of small amplitude.

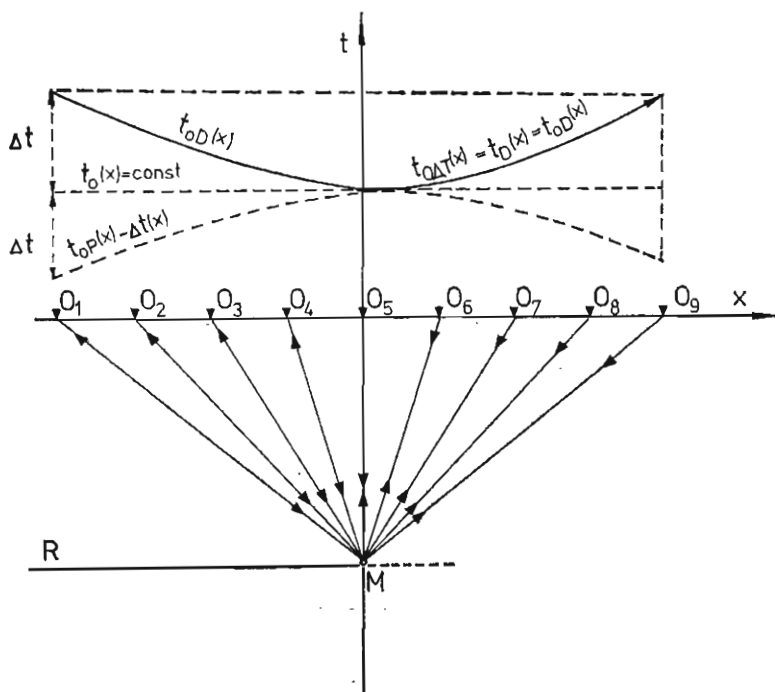
Актуален въпрос от методиката на сеизмичните изследвания при локализиране на тектонски нарушения е разработката на способи, които позволяват с достатъчна точност да се отделят и опознаят върху сеизмичния запис дифрактираните сеизмични вълни.

При сеизмичното профилиране по метода на отразените вълни опознаването на дифрактираните сеизмични вълни в много случаи е затруднено поради недостатъчно резките им кинематични различия с отразените сеизмични вълни. Сложните интерференционни явления не дават възможност за еднозначно тълкуване на регистрираното сумарно сеизмично вълново поле.

В това отношение по-големи възможности имат способите на регулируемите сеизмични фронтове (плосък и управляем плосък фронт, фокусиране на падащи и отразени вълни), както и методът на регулируемото насочено приемане (РНП). За съжаление всички тези методи на този етап са нетехнологични, притежават ниска производителност и могат да се прилагат главно в техния лабораторен вариант.

Нека да предположим, че след реализиране на многократно сеизмично профилиране и след подбиране на записи и трасета по схемата на обща дълбочинна точка е формиран ходограф $t_{одт}(x)$ (фиг. 1). Както е известно, този ходограф съответствува на вълни, отразени от една и съща точка M на границата R . Ако същата тази точка M се явява и източник на дифракти-

равни вълни, т. е. ако гладката отразителна граница е нарушена, то ходографът $t_{ODT}(x)$ напълно съвпада с ходографа $t_D(x)$ на дифрактираната вълна. От очевидни кинематични съображения е ясно, че ако точка M е източник на дифрактирани вълни, същият ходограф $t_{ODT}(x) = t_D(x)$ може да



Фиг. 1. Кинематична схема и ходографи на дифрактираните вълни

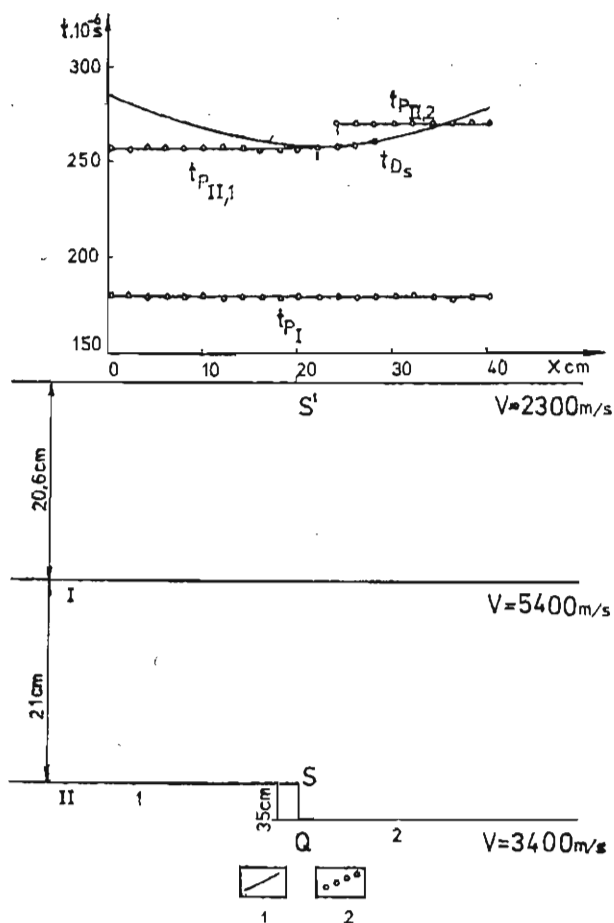
бъде формиран и при подбиране на записи и трасета на сеизмични трептения, които са възбудени и регистрирани в една и съща точка — вариант t_0 .

И наистина в случай на дифракция времето за разпространение на отражения и едновременно с това дифрактиран лъч от точка M — лъча O_1MO_9 , е равно на времето на падащия и дифрактиран лъч O_1MO_1 или на падащия и дифрактиран лъч O_9MO_9 . Аналогични равенства във времената на разпространение на дифрактираните и отразените вълни съществуват и при възбуждане с останалите източници.

След реализирането на тази схема на наблюдение и подбор се създават резки кинематични различия между дифрактираните и отразените вълни. Действително в точките на възбуждане освен дифрактираните t_{OD} лъчи от точка M кинематически е възможно да бъдат регистрирани само отразени вълни от границата R , чийто ходограф при хоризонтална граница е $t_{OP} = \text{const}$. В този случай ходографът на дифрактираните вълни $t_{OD}(x)$ представлява симетрична хипербола, съвпадаща с ходографа $t_{ODT}(x)$, формиран по схемата ОДТ. След внасянето на кинематичните корекции Δt , определени за еднократно отразените вълни при дадена система на наблюдение, ходографът $t_{OD}(x)$ ще се изправи по линията $t_0(x) = \text{const}$, а ходографът $t_{OP}(x)$ на еднократно отразените вълни ще добие вид, симетричен на ходографа $t_{OD}(x)$ преди въвеждането на кинематични корекции (фиг. 1).

Предлаганата система за наблюдение за първи път сме реализирали с помощта на ултразвуково (физическо) моделиране.

За условията на Добруджанския въглищен басейн е синтезиран трислоен скоростен модел: $V_1=2300$ m/s (плексиглас), $V_2=5400$ m/s (дуралуминий) и $V_3=3400$ m/s (гетинакс). Ултразвуковото моделиране е реализирано в два варианта при спазване на теорията на подобие (И в а к и н, 1969):



Фиг. 2. Модел на трислойна среда със стъпаловидно нарушение на втората граница и ходографи

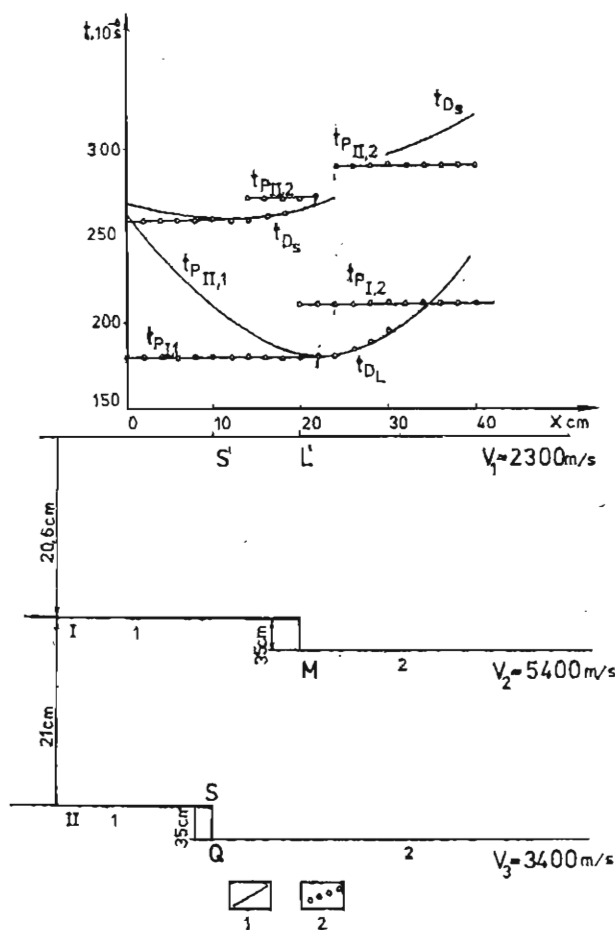
1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи

1. Ненарушена първа граница и стъпаловидно нарушение във втората граница с амплитуда $\Delta H=3,5$ cm ($\Delta H \approx 100$ m в реални условия) (фиг. 2).

2. Стъпаловидни нарушения и по двете граници със същата амплитуда, сместени едно спрямо друго на разстояние $\Delta X=10$ cm ($\Delta X=290$ m в реални условия) (фиг. 3).

Експерименталните изследвания са извършени с помощта на ултразвуков сеизмоскоп ИПА. За излъчвател и приемник на еластични вълни са използвани пиезоелектрически преобразователи със собствена честота 144 kHz. Изследваните кинематични и динамични характеристики на полето са получени чрез усредняване на резултатите от многократното повторение на измерванията.

Измерванията са проведени през 2 cm до разстояние $l=20$ cm от двете страни на точките S' и L' , където S' е проекция на ръба на стъпалото по долната граница върху линията на наблюдение (за първия случай — фиг. 2), а L' — проекция на ръба L от стъпалото на горната граница върху линията на наблюдението (за втория случай — фиг. 3).



Фиг. 3. Модел на трислойна среда със стъпаловидно нарушение на двете граници и ходографи
1 — теоретични ходографи; 2 — експериментални ходографи

Нека да разгледаме резултатите от двата варианта на проведеното ултразвуково моделиране.

1. Модел на трислойна среда със стъпаловидно нарушение на долната граница (фиг. 2). Вълните, които разглеждаме тук, са следните:

- отразена вълна P_I от първата граница;
- отразени вълни $P_{II,1}$ от издигнатото крило на долната граница и $P_{II,2}$ от пропадналото крило;
- дифрактирана вълна D_S от точката S на стъпалото.

Отразената вълна от първата, ненарушена граница, която е с по-висока отражателна способност от долната, нарушена, се характеризира от три синфазни оси и еднакви стойности на амплитудите (фиг. 4).

Отразените вълни от долната граница на сеизмичния запис са представени като една сложна интерференционна вълна, получена от наслагването на вълните $P_{II,1}$ и D_S (над издигнатото крило) и от $P_{II,2}$ и D_S над пропадналото крило (фиг. 2). Дифрактираната вълна D_S се проследява по една единствена фаза само над пропадналото крило, в близост до стъпалото, където се регистрира в първи встъпления. Поради малката амплитуда на изследваното стъпало фазовите отмествания между трите регистрирани вълни са незабележими и не могат да служат като кинематичен критерий при локализирането на стъпалото. В това отношение с по-големи качествени възможности са амплитудните графици, построени по стойностите на амплитудите на отделните фази на регистрираните трептения. Както се вижда от фиг. 4, амплитудите на отразените сигнали P_I от ненарушената граница са постоянни в целия интервал на регистрация. Непостоянството в амплитудите, както е в случая с амплитудите на интерференционната вълна от втората, нарушената граница, може да служи като признак за наличие на на усложнение в геометрията на изследваната среда.

2. *Модел на трислойна среда със стъпаловидни нарушения и по двете граници (фиг. 3).* Вълните, които разглеждаме тук, са следните:

а) отразени вълни $P_{I,1}$ от издигнатото крило на първата граница и $P_{I,2}$ от пропадналото крило на първата граница;

б) дифрактирана вълна D_L от точката L на стъпалото по първата граница;

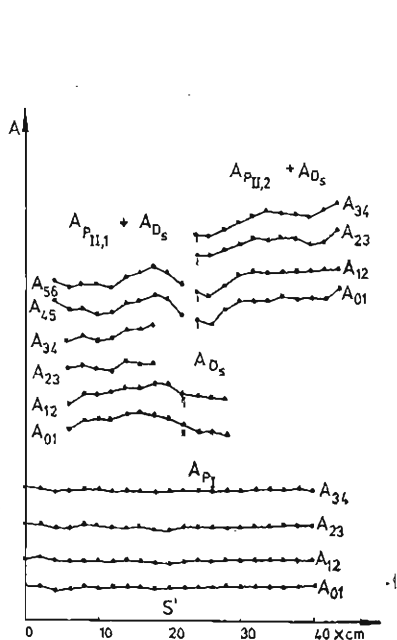
в) отразени вълни $P_{II,1}$ от издигнатото крило на втората граница и $P_{II,2}$ от пропадналото крило на втората граница;

г) дифрактирана вълна D_S от точката S на стъпалото по втората граница.

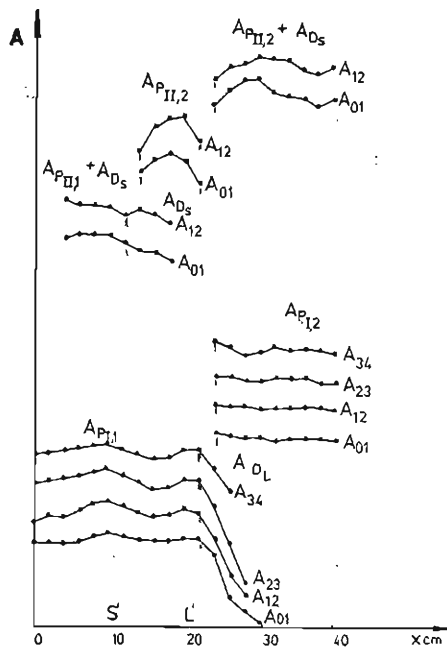
Отразените вълни от първата граница са по-интензивни от тези на втората граница и в целия интервал на наблюдения се записват с по три праволинейни синфазни оси, сместени на съответната временна разлика в околността на стъпалото (фиг. 3).

Поради голямата скоростна диференциация в изследвания случай е възможно уверено проследяване на дифрактираната вълна D_S в чист вид, но само в близост до стъпалото, и то над пропадналото крило, където съществуват условия тя да се регистрира в първи встъпления. При извършената корелация по сеизмограмите се установява, че отразената вълна след проекцията на точката на дифракция L върху линията на наблюдение постепенно преминава в дифрактирана вълна D_L без забележими промени във формата на записа. Като достатъчно убедителни признаци за опознаване наличието на стъпало може да ни служат смяната на формата на ходографа от праволинейна в хиперболична и достатъчно ясно фазово сместване на двете праволинейни синфазни оси, съответстващи на отразени вълни от издигнатото и от пропадналото крило (фиг. 3). Възможността за отделно проследяване на двете отразени вълни и на дифрактираната вълна от околността на точка L обуславя и твърде характерни амплитудни графици (фиг. 5). На праволинейните синфазни оси на отразените вълни съответствуват и постоянни амплитуди, докато амплитудата на дифрактираната вълна бързо затихва с отдалечаване от проекцията на точката на дифракция L. Очевидно е, че тези особености на амплитудните графици могат да се използват при достатъчно резки смествания във времената на регистрираните вълни. Доказателство за това твърдение са кинематичните и амплитудните особености, които наблюдаваме за вълните, регистрирани от втората граница. Поради малката скоростна диференциация, от една страна, фазовите смествания, обусловени от стъпалото, са малки, а, от друга, отразените и дифрактира-

ната вълна са по-слаби. Допълнително усложнение във вълновата картина и съответно затруднение в корелацията предизвиква наличието на стъпало по първата отразителна граница. Регистрираната сумарна вълна е с непостоянна форма на записа, който се характеризира и с чести преминавания от една фаза в друга. Тези особености създават погрешно впечатление, че по изследваната втора граница съществуват два разседа. В изследвания случай второто наблюдавано сместване във времената на регистрацията се дължи на влиянието на стъпалото, зададено в модела по първата граница.



Фиг. 4. Експериментални амплитудни графици, получени при модел на трислойна среда със стъпаловидно нарушение на втората граница



Фиг. 5. Експериментални амплитудни графици, получени при модел на трислойна среда със стъпаловидно нарушение на двете граници

Дифрактираната вълна от околността на точката S може да се корелира само на кратък интервал, в който тя се регистрира преди отразената вълна.

Амплитудните графици, разположени в горната част на фиг. 5, показват, че вълните от втората граница за разлика от вълните, формирани на първата граница, са представени във вид на сложна интерференционна вълна.

Резултатите от извършените ултразвукови измервания върху трислоен еластичен модел с нарушени сеизмични граници в случай на регистрацията на отразени и дифрактирани вълни във вариант t_0 показват:

1. Постигнатите резки кинематични различия между отразени и дифрактирани вълни все още не могат практически да бъдат използвани като критерий за локализиране на тектонски нарушения с малки амплитуди, засягащи слаби сеизмически граници.

2. Характерните интерференционни явления, породени от наслабяването на отразени и дифрактирани вълни, създават амплитудни аномалии,

които могат да бъдат използвани като качествен признак за наличие на тектонски нарушения с малки амплитуди. За тази цел е необходимо да се внедрят способите, използващи анализа на мигновените спектри.

3. Кинематическите различия между отразените и дифрактираните вълни, регистрирани във вариант t_0 , могат да бъдат използвани след прилагане на методи за многократно натрупване на сигналите, характеризиращи дифрактираните сеизмични вълни.

Л и т е р а т у р а

И в а к и н, Б. Н. 1969. *Методы моделирования сейсмических волновых явлений*, М., Наука. 287 с.

(Постъпила на 25. I. 1982 г.)