Структура на границата Мохо в югозападна България в близост до сеизмичните станции VTS, KKB, MMB

Гергана Георгиева[1]

[1] *НИГГГ, 1113 София, ул. Акад. Г. Бончев, бл.3,* ggeorgieva@geophys.bas.bg

Ключови думи: функция на предаване, receiver function, Мохо,структура;

The Moho's structure in southwest of Bulgaria beneath the seismic stations VTS, KKB and MMB
Georgieva. G
The modernization of the Bulgarian Seismological Network completed in December 2005 enabled application of modern techniques of analysis of the velocity structure in Bulgaria. This study presents the first results from application of the receiver function technique to Bulgarian data. The Receiver functions were computed using scripts written on Seismic Handler program by Sodoudi and Yuan. The Western part of Bulgaria is characterized with mountains, river valleys and small fields between the mountains. Two stations of the network Musomishte (MMB) and Krupnik (KKB) were chosen in south-west of Bulgaria and also station Vitosha (VTS) which is close to Sofia and known as the station with lowest noise. These sites are located in areas of complex tectonic structures manifesting high seismic activity during recent years. As starting models we used shear wave velocity models for the territory of Bulgaria, obtained in Raykova, 2004.
For the study were used earthquakes in epicentral range 30 - 95^o and with a magnitude between 5,5-5,7 and 7,5 and with clear P-onset. All earthquakes from the end of 2005 to the summer of 2010 were examined and after deleting of bad traces a good azimuthal covering was reached.
From the seismic surveys and gravimetric measurements the Moho depth for the territory of Bulgaria is determined between 30 km and 50 km. The crust is shallower in the north part of the country and thicker in the south-western part. The obtained results delineated a complex structure of the Moho near station Vitosha and confirmed existence of a thicker crust near station Musomishte. Further detailization of the structure of the Moho boundary could be done after estimation of receiver functions for other stations of the network.

Въведение

Югозападна България се заема почти изцяло от Родопския масив. В орографски план той обхваща Родопите, Рила, Пирин, Огражден, Беласица и се характеризира, като изграден от кристалинни метаморфни и магмени скали с предполагаема докамбрийска възраст. Различни геофизични изследвания са проведени за изследването на структурата и дълбочината на земната кора на територията на България. От тях е известно, че границата Мохо се намира на по-малка дълбочина в Северна България и навлиза по-дълбоко в Югозападната й част. Установени са и различни по-малки издигания и депресии. Сеизмопроучвателните методи дават дълбочина на земната кора в Югозападна България около 50 km. В Западните Родопи границата между горната и долната кора е определена на около 20-25 km. [1]

Съвременен метод за изследване на структурата на земната кора и горната мантия е пресмятането на телесеизмичните функции на предаване (receiver functions). Те представляват реакция на структурата към преминаваща *P* вълна в близост до сеизмична станция. При преминаването и през дадена граница се генерира *S* вълна, която след това се използва за анализа. Както е известно, скоростта на *S* вълната е по-малка от тази на *P*, то следователно конвертираната *S* вълна пристига в кодата на *P* вълната. Ако се изолира тази енергия и се измери разликата във времето на пристигане на двете фази, може да се определи границата, която е генерирала *S* вълната. Теоретичните основи на метода са описани от *Vinnik*, *Langston*, *Owens*, *Kind*, *Kosarev, Zandt*.

За определянето на дълбочините на границата Мохо е използван методът на *Zhu* и *Kanamori* [4]. Този алгоритъм групира амплитудите на функциите на предаване за предсказано време на пристигане на Ps фазата от Мохо и нейните мултиплети PpPs и PpSs+PsPs, за различни дебелина на кората h и отношение Vp/Vs. Функцията има максимум, когато всичките три фази (Ps,PpPs и PpSs+PsPs) са групирани кохерентно. Получените h (дебелина на кората) и

отношение Vp/Vs се разглеждат също така като най-добрата комбинация под разглежданата станция, ако мултиплетите са достатъчно ясни.

Функциите на предаване в това изследване, както и пресметнатите дълбочини, са получени с помощта на скриптове, написани за програмата Seismic Handler от *Sodoudi* и *Yuan*. Като първоначален скоростен модел е използван моделът получен от *Райкова (2004)*.

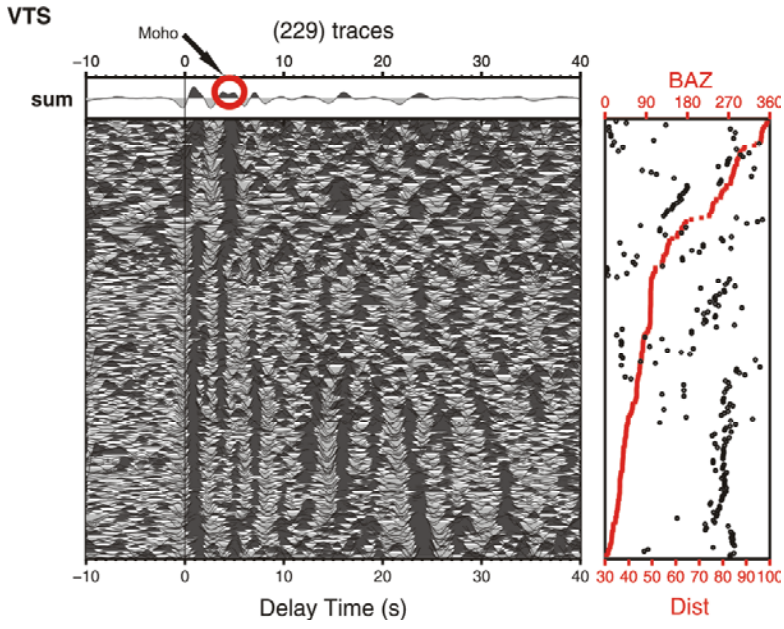
Данни

В изследването са използвани цифрови данни от Българската Национална Сеизмологична Мрежа (БСНМ) за станциите Витоша (VTS), Крупник (KKB) и Мусомище (MMB). Прегледани са земетресения от пускането на съответната станция в действие до юли 2010. Тези периоди са съответно за VTS – от декември 2003 до юли 2010; за KKB – от април 2006 до юли 2010[1]; за MMB – от април 2007 до юли 2010[1]. Подбрани са събития с ясни встъпления и сравнително високо отношение сигнал/шум на епицентрално разстояние 30^o-95^o с магнитуд между 5,5-5,7 и 7,5. Направени са изключения за районите, в които има по-малък брой събития, за да се получи добро разпределение на земетресенията по азимут около станцията. След изчистването на „лошите“ трасета, за всяка една станция са използвани около 200-250 събития. Този брой е достатъчен, за да се получи добро очертаване на скоростните граници в близост до станцията (фиг.1, фиг.2 и фиг.3).

Резултати

Пресметнатите функции на предаване за станциите Витоша, Крупник и Мусомище потвърждават общия тренд на границата Мохо получен през 80-те години. Дълбочината на земната кора е най-голяма в района на станция Мусомище около 57 km и най-малка в района на станция Крупник – около 29 km. Района на станция Витоша показва по-сложни структури и там дълбочината се изменя със скок в северозападна посока (фиг. 1).

От геоложки данни е известно, че Витоша е най-голямата и сравнително ясно очертана вулканска структура в Западното Средногорие. В строежа на палеовулкана, частично маскиран от терциерни и по-млади наслаги, могат да се разпознаят фрагменти от акумулативна постройка и централно интрузивно тяло (Витошкият плутон), внедрено във вътрешните й части. Витошкият плутон според някой автори (Дабовски, 1974) има формата на неправилен елиптичен цилиндър със субвертикална ос. Гочев (1973) го описва като факолитообразно тяло, внедрено по цилиндричен канал със стръмен северозападен наклон. [2]



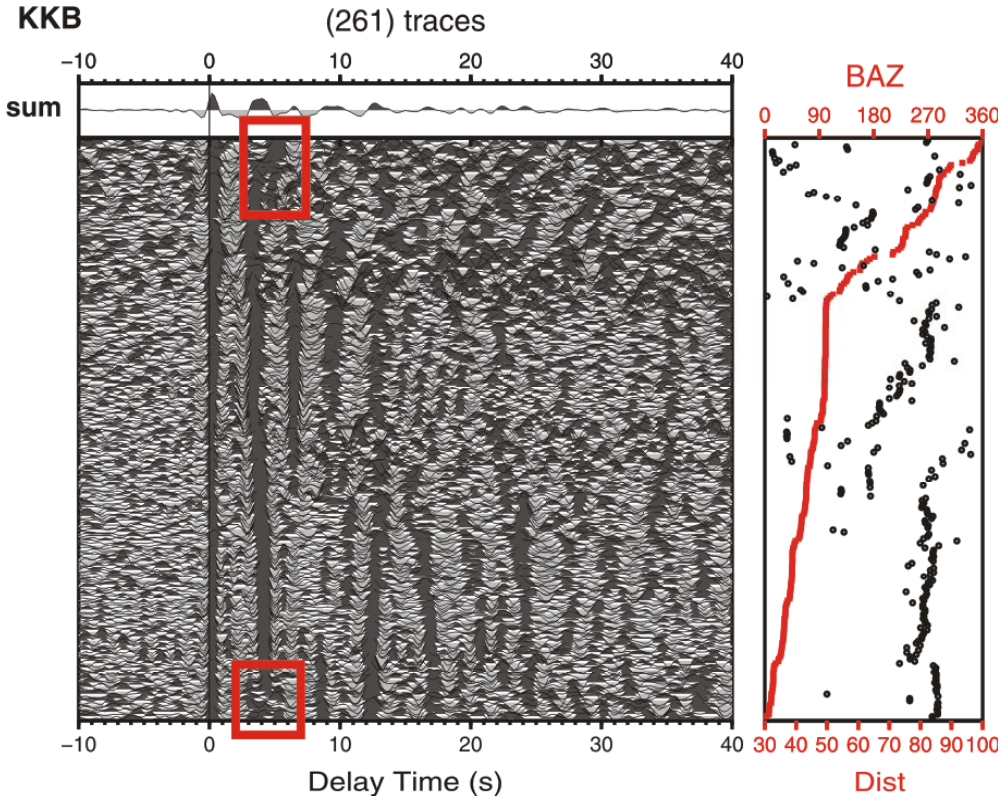
Фиг. 1.Функциите на предаване за станция VTS

[1] Тези станции са пуснати в действие по-рано, но първите данни не са използвани, заради твърде голямото ниво на шума.

Фигура 1. показва групираните и подредени по азимут функции на предаване, пресметнати за станция Витоша. Със стрелка е означена границата, която е интерпретирана като Мохо. На сумарното трасе тя е представена от две фази. Причината за това е, че в района на Витоша границата не е гладка, а както беше споменато по-горе и нейната дълбочина се изменя със скок. На запад и северозапад и частично в югозападна посока дълбочината ѝ е определена на около 52 km, докато на изток– тя е около 37 km. Както се вижда от фигурата на североизток границата не е ясно очерта, а вместо това е представена от многократни отражения. Вероятна причината за това би могла да бъде добре изразена в тази посока вертикална граница между витошкия плутон и скалите около него. За да се определи по-точно какво предизвиква многократните отражения на това място е необходимо данните да се сравнят с резултат от прилагането на метода в други региони с подобни вулкански структури. Необходимо е да се проучат по-подробно геоложките и геофизичните данни, за да се провери, дали няма някаква структура в земната кора, която също би могла да предизвика отраженията.

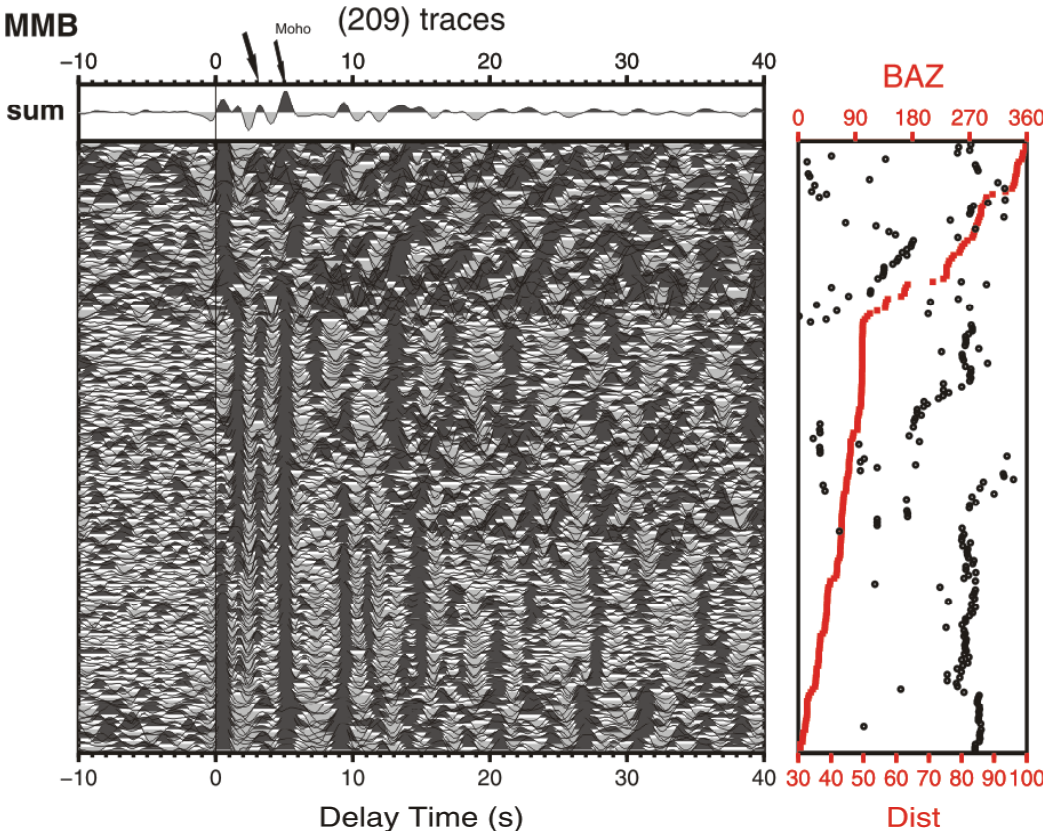
В районите на станциите Крупник и Мусомище границата Мохо е сравнително гладка. Отново имаме места с по-плитка и по-дълбока граница (фиг. 2 и фиг. 3), но тук преходът е плавен и нямаме този скок, който се наблюдава при Витоша. При станция Крупник това е по-лесно различимо - на сумарното трасе фазата, която показва Мохо (~ 4 s), е доста широка (фиг. 2). Дебелината на земната кора около станция Мусомище е почти еднаква в цялата област и това отново е добре видимо на сумарното трасе, където фазата Мохо е сравнително тясна (фиг. 3). Определените по метода на Канамори дълбочини за двете станции са съответно около 29 km и 57 km.

На север и северозапад от станция Крупник границата Мохо не е добре очертана (фиг. 2, червените правоъгълници). Вероятна причина за това може да е Крупнишкия разлом, който навлиза в дълбочина именно в тази посока [5], а всяка по-сложна структура в земната кора би могла да предизвика многократни отражения и по този начин дадена граница да стане по-неясна.



Фиг. 2.Функциите на предаване за станция KKB

При станция Мусомище е на време 3 s (фиг. 3) е установена не много ясна граница, която се наблюдава в целия азимутен диапазон. Това може да бъде границата между горната и долната кора.



Фиг. 3.Функциите на предаване за станция ММВ

Заключение

Прилагането на методът на Зу и Канамори показа много добри възможности на метода на предавателната функция при прилагането му върху данни от БНСМ и позволи определянето на геометрията и дълбочината на границата Мохо. Въпреки това определянето на точните стойности на дълбочина зависи от избора на началната средна за кората в района на дадената станция скорост на P вълните, както и от отношението Vp/Vs. При промяна от 0.1 в това отношение дълбочината се изменя с 4 km [4]. Подобно изменение се получава и при промяна на скоростта на P вълните с около 0.5 km/s [3]. Именно затова дадените по-горе резултати за дълбочината на границата на Мохо трябва да се разглеждат по-скоро качествено, а не като абсолютни стойности. Точното им определяне изисква първо прецизирането на входните за метода параметри.

Литература

1. **1984, „Проблеми на геологията на Югозападна България”,37-79;**
2. **2009, „Геология на България”,том 2, част 5. Мезозойска геология 432-435;**
3. **Agostinetti, N; Amato, A; 2009,“Moho depth and Vp/Vs ratio in peninsular Italy from teleseismic receiver functions”, Journal of Geophysical research, vol.114, B06303;**
4. **Zhu, L; Kanamori, H; 2000, “Moho depth variation in southern California from teleseismic receiver functions”; Jurnal of Geophysical research, vol.105, No B2, 2969-2980;**
5. **Добрев, Н., „Регистрирани движения по активни разломи в ЮЗ България“ Списание на Българското Геологическо Дружество, год. 66, кн. 1-3 2005, с. 115-124;**