

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд на тема "Анализ на дългопериодни вълнови форми от земетресения с цел изучаване на строежа на земната кора и горната мантия", представен от Гургана Димитрова Георгиева за придобиване на образователната и научна степен "доктор" по научната специалност 01.04.06 "Сеизмология и вътрешен строеж на Земята"
Рецензент: проф. дгн Димчо Стойнев Йосифов

Представеният за рецензиране дисертационен труд е изготвен в два тома: том I - текст и том II - графични приложения и таблици. Първи том се състои от шест глави, а именно: първа и втора глава имат обзорен характер, а най-съществени са третата "Изследване строежа на земната кора в България" и четвъртата "Изследване строежа на зоната на преход в горната мантия на територията на България и околните земи". Нетрадиционно заключението и приносите на дисертационния труд са обособени в глави. Независимо от това, съдържанието на труда е разгънато в логична и последователна схема - използвани данни, тяхната обработка, интерпретация и обсъждане на получени резултати.

Том II съдържа 7 групи тематично разпределени графични приложения. Те са представени от стиковани и сортирани по азимут теоретични и наблюдавани функции на приемане за станциите от НЦСМ, резултати от инверсията и миграцията. Освен това, той включва области за решения на дълбочината на "Мохо" и на граници в горната мантия, а също така и таблици на използваните земетресения, координатите на интерпретационни профили и др.

1. Актуалност и обща характеристика на дисертационния труд.

Анализът на сеизмотектониката и обзора на сеизмичните изследвания на региона е направен компетентно и в достатъчен обем за целите на дисертацията. В сферата на анализа са включени резултати от изследванията на водещи учени в областта на геофизиката и геологията и по-конкретно на известни геофизици от сеизмопроучванията (Х. Дачев, Я. Колев, Т. Добрев), сеизмологията (Христосков, Райкова, Ем. Ботев и др.), тектониката (Ек. Бончев, Ив. Загорчев, Д. Яранов) и геодинамиката (Хр. Дабовски).

Коректно и в необходимия мащаб, а така също критично са оценени резултатите от предишните изследвания на структурата на земната кора в България и прилежащите територии. Справедливо е отбелязано, че основен принос в изучаването на земната кора имат работите по метода на дълбочинното сеизмично сондиране. Въз основа на прокараните сеизмични профили по този метод и получените резултати е изградена съвременната представа не само за дълбочината на раздела "Мохо", но и за няколко квазихоризонтални граници в метаморфно-магмената кора, както и за наличието на серия дълбочинни разломи и навличания. Първата публикация в това отношение, обаче принадлежи на Вольвоски и др. (1985), а не на Якимов (1991). В необходимия обем са разгледани и резултатите от изследванията на строежа на земната кора от други учени - Ботев и др. (1996), Papazachos (1998) и Raykova (2005), която използва повърхностни вълни за своите построения. Не са пропуснати и са анализирани и резултати от изследвания, имащи далеч по-регионален характер като тези на Grad et al. (2009), Grad et al. (2012), в които за първи път е използван метода на функциите на приемане. Въз основа на литературния обзор и анализ е направен обоснован извод, че за строежа на земната кора за Балканския регион има сравнително неголям брой публикации и по-същественото е, че някои от получените резултати са доста различни, а има даже и противоречиви. С това се потвърждава необходимостта и целесъобразността от нови научни изследвания, от които да се получат по-представителни данни за строежа на земната кора. Така логично се достига до формулирането на целта на дисертацията, а именно - изследване на строежа на земната кора и горната мантия на територията на страната въз основа на данни от съвременните

цифрови широколентови сеизмични станции в България, чрез прилагането на модерни методи на обработка и анализ на сеизмичното вълново поле. За нейното изпълнение следва: а) да се приложи метода на функциите на приемане и да се получи скоростен модел на кората около района на станциите: б) да се проследят и се определи дълбочината на основни граници в горната мантия.

През последните десетилетия, независимо от икономическите трудности, изучаването на вътрешния строеж на нашата планета с методите на геофизиката продължава да нараства. Появиха се и се разработват нови методични подходи, нови методики, нова техника и апаратура с по-големи разделителни способности. На тази основа се задълбочи обработката и особено интерпретацията на данните с използване на по-съвършени технологии на построяване на геофизични модели. В резултат на всичко това се разкриват нови съществени страни в дълбочинния строеж на земната кора и горната мантия. Този стремеж се дължи и на обстоятелството, че една голяма част от ендегенните процеси (магмогенез, рудогенез, тектоногенез, геодинамика и др.) се свързват с дълбоките зони на земната кора и литосферата. Всичко това безусловно е доказателство за актуалността на темата на разглеждания дисертационен труд. Но важността и актуалността на темата се подсилват от обстоятелството, че с изграждането на националната цифрова сеизмологична мрежа в страната са създадени благоприятни условия за подобни изследвания, включително и за прилагане метода на функциите на приемане.

2. Изходни данни и тяхната обработка

Изграждането на националната цифрова сеизмична мрежа (НЦСМ) (забележително постижение на българската сеизмология) стана основна предпоставка, както за извършване на мониторинг на земетръсната активност в страната, така и за осъществяване на още по-целенасочени и задълбочени научни изследвания. Един от добрите примери в това отношение е и рецензираната дисертация. В нейното изготвяне са използвани данни от станциите, оборудвани с широколентови сеизмометри и файлове във формат *m SEED*, представляващ единен стандарт за обмен на сеизмична информация. Освен това е спазено изискването за прилагането на метода на телесеизмичните функции на приемане да се използват сеизмични събития с епицентрални разстояния в диапазона 30-95° и магнитуда 5 - 7 (в действителност са използвани земетресения с магнитуда 5,7 - 7,5). Изборът на земните трусове е направен по каталога на Европейския средиземноморски сеизмичен център, реализирани в периода декември 2005 - юли 2010 г.

В дисертацията в достатъчна степен са разгледани основите на използвания метод на функциите на приемане (основоположници, същност, теория, развитие и възможности на метода и др.). Целенасочено акцента в случая (III глава) е върху съществуващите методики и техники на обработка на изходната информация с цел "изчистване" на сеизмограмите от ненужните и пречещи фактори и усиляване главно на полезния сигнал. Касае се за поредица от "процедури", започващи с премахване влиянието на регистриращата техника (на сензорите) с помощта на компенсиращ филтър и се премине през ротацията на координатната система, деконволюция, стиковане на сеизмограмите, корекция за времето и инверсия, за да се достигне до съставяне на графици на скоростното разпределение в дълбочина и определяне дебелината на земната кора, параметрите на зоната на преход в горната мантия в отделните сеизмични станции.

При прилагане на метода на функциите на приемане за изследване на горната мантия е необходимо да се вземат под внимание 80s от записите. Вследствие на това те са още по-сложни и стиковането на функциите на приемане не е така информативно. Ето защо, за да се подобри качеството на записите, се прави миграция с цел да се получат по-ясни и представителни дълбочинни разрези. Независимо от това, мигрираните разрези са доста сложни и трудни за интерпретация, а някои са нееднозначни за тълкуване.

Разглеждайки процедурите и операциите за обработка на изходната информация, не може да не се отбележи тяхната трудоемкост и значителния обем на вложения труд от докторанта, макар, че в повечето случаи се касае за известни и стандартни техники. Необходимо е да се спомене, че при обработката на сеизмичните данни са използвани сложни компютърни програми.

3. Анализ и оценка на получените резултати.

В резултат на изпълнение на сложните техники за обработка на записите за всяка станция са съставени важни и информативни графични приложения, въз основа на които в следващ етап се прави тяхната интерпретация. Към тях се отнасят: а) картите с епицентрите на използваните земетресения; б) времеви профили от стиковане на функциите на приемане и в) графици на дълбочинното разпределение на скоростите на вълните (при изследване на земната кора). Освен това се прилагат две карти на точките, в които сеизмичните лъчи от различни земетресения пресичат границите на зоната на преход (410 km и 660 km) и на избраните взаимно пресичащи се профили на територията на България (за горната мантия). За всеки от профилите са представени и мигрирани разрези до дълбочина 800 km.

Въз основа на времевите профили, съставени за отделните станции, са пресметнати дълбочините, на които се разполага раздела "Мохо", както и дебелината на седиментния слой в повечето случаи. На определени места са отделени и други сеизмични граници и слоеве в различни дълбочинни интервали, както и наличие на дълбочинни разломи. Изчисленията за определяне на дълбочините са извършени по два начина: а) по метода на Зю-Канамори и б) чрез инверсия на вълните в интервала до 50s на стикованите сеизмограми. Най-малка дебелина на земната кора е получена за станциите Ямбол и Кърджали (29 - 30 km), а най-голяма - 53 km - за станция Мусомище. Получените резултати са съпоставими с тези, публикувани от други изследователи. Прави впечатление обаче малката дълбочина на раздела "Мохо", изчислена за станция Рожен (36 km). Може би, ако се изтъкне, че тази граница се разглежда като зона с различна дебелина, достигаща 10 km и повече, полученият резултат в случая може да се тълкува и по друг начин.

При изследването строежните особености на горната мантия основния акцент е върху определяне дълбочината, на която се разполага нейната преходна зона, изчислена по серия от взаимно пресичащи се профили от три направления, всеки с дължина около 500 km. Като цяло горнището на тази зона (приета за 410 km const ?) е на дълбочини 420 – 430 km, даже изплитнява до 390 km. За границата, определена като долнище (660 km) са получени близки, почти съвпадащи стойности. При анализа на разрезите по профилите са проследени и други граници (330 km и 500 km), както и зони на понижени скорости. Обобщено за територията на България са проследени: долната граница на астеносферата, която варира в интервала 190 – 220 km; границата „410 km” и границата „660 km”, определящи дебелината на зоната на преход в горната мантия. Обясненията и тълкуването на отклоненията за дълбочината на преходния слой преценявам за сполучливи. Приемам също така получените резултати за строежа на земната кора и строежните особености на горната мантия за достоверни и представителни.

4. Основни научни приноси и постижения

Преди да се посочат конкретните научни приноси, следва да се изтъкне, че за първи път у нас данните от модернизирания НЦСМ във формат mSEED са използвани за изследване на вътрешния строеж на Земята на наша територия. Принципно приемам формулираните научни приноси от докторантката, но тяхното прецизиране може да се представи така:

- За първи път в страната е изследвана т.н. зона на преход в мантията, като са определени нейните основни граници. Установено е, че тя се отличава с променлива дебелина. Изчислени са дълбочините, на които се разполагат горната и долната

граница на преходната зона по серия от профили на територията на страната. Освен това са получени допълнителни данни и индикации за още две сеизмични граници, разположени съответно на дълбочина около 300 km и 500 km. По такъв начин, с нови средства и методи са доказани нови съществени страни, характеризиращи строежните особености на горната мантия.

- С нов метод (метода на функциите на приемане) са получени нови потвърдителни данни от 13 станции на НЦСМ за известни строежни елементи на земната кора, както следва: а) за дълбочината, на която се разполага раздела „Мохо“ – най-ясно изразената геофизична граница, имаща планетарно значение; б) за дебелината на седиментния слой под повечето от станциите; в) набелязани са отделни сеизмични вътрешнокорови граници, свидетелстващи за делимостта на земната кора; г) получени са данни за наличието на субвертикални граници (дълбочинни разломи), доказващи блоковия строеж на земната кора.

Безусловно това са важни научни приноси, които ще стимулират учените за нови бъдещи изследвания. Освен тези два основни приноси, докторантката има и други постижения, сред които се открояват:

- внедряване на метода на функциите на приемане, имащ предимства за изследване на по-големи дълбочини в горната мантия;
- участие в създаването на база данни от цифровите записи на първите 100s на всяка станция, заедно с координатите на земетресенията, тяхната дълбочина и азимут;
- създаване на специализирани файлове във формата на mSEED;
- достойнство на разглежданата дисертация е нейната богата илюстрация с подходящи графични приложения – общо 87 броя фигури в том I-ви и 7 групирани тематично приложения в том II-ри.

По темата на дисертацията са публикувани две статии, в които са разгледани само част от получените научни резултати. Ето защо препоръчвам да се отпечатат в списания и други постижения на докторантката.

5. Критични бележки и предложения

Критичните ми бележки се изчерпват в два пункта, а именно:

- Макар и много рядко, но има пропуски в обяснителните текстове към някои графични приложения (напр. към фиг. на 144 стр. няма обяснителен текст), а в приложение 2 на том II отсъства съответната графика.
- Както вече бе отбелязано, при сеизмотектонския обзор резултатите от интерпретацията на профилите от дълбочинно сеизмично сондиране са публикувани най-напред от Вольвовски и др. (1985), а не от Якимов (1991). Групирането на тектонските нарушения в България в зависимост от тяхната ориентация е направено от Бончев (1971), а не от Добрев и др. (1989). Аналогична е и грешката, при която подялбата на Горнотракийската низина на две депресии се приписва на Хр. Дачев (1988), а в действителност автор в случая е Г. Панов (Тектонски строеж на България, 1971). Както е известно, при цитирането се отбелязва първата по време публикация и нейния автор, в която са отбелязани съответните резултати и научни факти. Освен това в списъка на използваната литература към дисертацията има доста заглавия, които не са споменати в текста. Ето защо препоръчвам при цитирането да се проявява определено по-голямо внимание и прецизност. Разбираемо е, че тези критични бележки не са в състояние да повлияят на общо високата оценка на дисертационния труд.

Както отбелязва докторантката, възможностите на метода на функциите на приемане не са използвани напълно в разработката. Например, наблюдавани са допълнителни фази в зоната на прехода на горната мантия, които не са привързани към известни граници.

Установени са също редица сеизмични граници в консолидираната (метаморфно-магмената) кора, които не са идентифицирани. В съставените скоростни модели не са включени анизотропни слоеве, т.е. не са отчитани напълно анизотропните свойства на средата. И накрая, не са проведени сравнителни и обобщаващи изследвания на базата на комплексен подход към проблема, като се използват и възможности на други геофизични методи. Следва категорично да се заяви, че всичко това не е упрек към дисертационния труд, а предпоставка за предложения за бъдеща дейност на докторантката. Тук е уместно да добавя мнението на великия Нютон, че „голямата научна истина е като огромен неизследван океан, който се простира пред изследователите”.

Заклучение

Рецензираният дисертационен труд заслужава висока оценка, тъй като съдържа значими и важни научни приноси, свързани с изследването строежа на земната кора и горната мантия на територията на България. В процеса на разработването на труда докторантката Георгиева е повишила своя професионален и придобила съответен научен опит, които ѝ позволяват да извършва и самостоятелни научни изследвания. Тя е овладяла основите на един съвременен сеизмологичен метод за изучаване структурните особености на литосферата. Освен по дисертацията, докторантката има и други разработки и публикации. Ето защо, убедено препоръчвам на членовете на научното жури да гласуват положително, а научния съвет на НИГГГ да присъди образователната и научна степен „доктор” на Гергана Димитрова Георгиева по научната специалност 01.04.06 „Сеизмология и вътрешен строеж на Земята”.

Рецензент



проф. дгн Димчо Йосифов