

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационният труд на **Пламена Георгиева Райкова** на тема
**„Характеристики на фор-афтершокова и роев тип активност на
територията на България и околностите”,**

представен за присъждане на образователната и научна степен

„Доктор” на автора на труда по научната специалност

01.04.06 „Сеизмология и вътрешен строеж на Земята“

Рецензент проф. дфн Петър Я. Ставрев

Рецензията е възложена с Решение на първото заседание от 15.03.2017 г. на Научното жури, утвърдено със Заповед на Директора на НИГГГ-БАН. Съобразена е с ПП на ЗРАСРБ, действащите в БАН условия и ред за придобиване на ОНС „доктор” и Правилника за прилагане на ЗРАСРБ в НИГГГ.

1. Кратки бележки от професионалната биография на докторантката

Пламена Георгиева Райкова е зачислена през 2013 г. като редовен докторант по специалност „Сеизмология и вътрешен строеж на Земята“ към НИГГГ, секция Сеизмология, с научен ръководител чл.-кор. Димчо Солаков. Тя завършва висше образование през 2013 г. по специалност Астрофизика, метеорология и геофизика с магистърска програма по Геофизика във Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски”. Получава ОКС Магистър с отличен успех от изпити и защитена дипломна работа на тема „Афтершокова активност след земетресението от 22 май 2012 г.”. Бакалаварска степен получава преди това по същата специалност с дипломна работа на сеизмолужка тема. В студентските си години работи като техник-геофизик в НИГГГ-БАН по архивиране на сеизмологични данни и поддръжка на апаратурата, а след това и по мониторинг и обработка на данни в департамента по Сеизмология. Понастоящем тя е сеизмолог в НИГГГ-БАН.

Полученото образование, изявеният интерес и придобитият опит в областта на сеизмологията съответстват на тематиката развита в рецензирания труд.

2. Обща характеристика на дисертационния труд

Представеният от докторантката Пламена Райкова труд е научно изследване на времеви и пространствени прояви на групирани земетръсни събития, предхождащи или последващи значимо енергетически главно земетресение. Изследвани са също проявите на роева сеизмичност без изпъкващо главно земетресение. По своя общ характер извършените изследвания са от индуктивен тип. Те са проведени въз основа на подбран от докторантката наблюдателен материал за съответни на темата сеизмични събития на територията на България

и в една близка околност. Установени са нови свойства и са направени заключения за пространствено-времето разпределение и спектралните характеристики на групови земетръсни събития с прилагане на подходящи известни модели и собствени изчисления за оценка на техните параметри.

Темата на дисертацията е от тези, които поддържат една значима перманентна актуалност заради информацията, която изследваните групови разпределения на сеизмични събития дава за вътрешния строеж на генериращите ги сеизмогеоложки пространства и за развитието на сеизмичността във времето с възможности за нейното разпознаване и прогнозиране.

Съобразно със зададената в заглавието насоченост на труда, неговото съдържание е изложено в кратко въведение, пет главни раздела, заключение, литература и приноси, общо 154 страници компютърно обработен текст, включително 73 фигури, 13 таблици, 197 цитирани литературни източници. Трудът се придружава от Автореферат на 47 страници. Към документите по процедурата за защита на труда са приложени още Списък на публикации със съавторство на докторантката и Списъци на нейни участия в научни форуми и проекти.

3. Анализ и оценки по съдържанието на труда

3.1. Първият раздел на труда, озаглавен „Пространствено-времево разпределение на фор-афтершокова активност и роев тип сеизмичност” съдържа обзор на състоянието на изследванията по темата на труда в исторически, методичен и познавателен план. Дадени са възприети определения на основните величини свързани със сеизмичността в пространството и времето. Отразени са съществуващи концепции за пораждаването и развитието на сеизмичната активност и по-специално на фор- и афтершоковата, както и роевата такава, с примери от събития в глобалните сеизмични пояси. За територията на България са описани по-конкретно основните сеизмогенни зони - Кресна, София, Марица, Горна Оряховица и Шабла. В заключение е дадена оформящата се картина на афтершоковия процес за страната. Този раздел на труда намирам за написан в съответен за научен труд стил, с позоваване на повече от 80 публикации за период по-голям от сто години, включващ и резултати от последните години. Съдържанието му показва много добро познаване на материята по темата на труда и създава основа на извършените от докторантката собствени изследвания.

3.2. Вторият раздел представя ползваните входни данни и приложената методика за изследвания по темата на труда. След конкретизиране на понятието форшок и афтершок са дадени определените пространствени и времеви граници за принадлежност на регистрирано събитие към афтершокова серия при специфичните условия за централните Балкани. На изследване са подложени шест главни земетресения с придружаващите ги поредици и три случая на

забелязана роев тип активност. Обектите на изследване са взети от основните сеизмогенни зони на България за периоди 1997-2002-2006-2015 години. Извън страната, но в непосредствена близост, при Валандово, е изследвано групирането с най-голям брой събития в най-продължително време. Относно използваните методи и статистически апарат за оценка на характеристиките на афтершоковата, форшоковата и роевата активност, авторката на труда описва вярно и достатъчно подробно използваните основни методи на най-малките квадрати (МНК) и на максималното правдоподобие (ММП), с предпочитания към втория метод. В прилагането им тя се е опряла естествено на съществуващия много полезен изследователски опит у нас в Департамента по Сеизмология на НИГГГ-БАН.

3.3. В третия раздел се представят извършените изследвания и резултатите от тях по разпределението на афтершоковата, форшоковата и роевата сеизмична активност в пространството и времето. Авторката на труда сполучливо е съпоставила епицентралните данни за разгледаните групи земетресения с известното разположение на активни разломи от цитираната „Неотектонска карта на България“. В един от случаите за форшокови събития и в три за афтершокови е наблюдавано съвпадение или близко групиране към крайни точки на разломните линии. Но в един от случаите не е установена такава близост. Тук би било полезно да се даде представа и за третото измерение в дълбочина на груповото пространствено разпределение спрямо известната фокална дълбочина на главното земетресение.

Относно пространственото разпределение на роевата активност и връзката с активни разломи са получени резултати подобни на тези за афтершоковото разпределение. Пример за близка връзка е разгледаният роев тип в Рила. Но в две други изследвани събития далече на югоизток такава връзка не се наблюдава, което авторката отдава на ограничените малки пространства на роевата проява.

За характера на времевото разпределение на форшокови събития е дадено подробно описание на предхождащите трусове по месеци и дни при Стражица, а за земетресението при Валандово - по часове. Отбелязва се особеният характер на времевите поредици, за които няма възприети модели на разпределението. Вниманието тук е насочено оправдано към афтершоковите групи, за които има достатъчно данни от над три хиляди събития. Пламена Райкова е осъществила моделиране с извеждане на числени параметри по модифицираната формула на Омори за шест умерено силни земетресения. Получените резултати, представени графично и в таблици, дават много добри възможности да се извършат анализи на сеизмогенната обстановка и изведат параметри и компоненти на наблюдаваните афтершокови серии. Изследван е по-подробно въпросът за

подбор на данните относно магнитуден праг и на предположенията за проява на вторични серии. Установяват се сходни черти и някои разлики в характера на афтершоковата активност за четирите изследвани земетресения в Южна България, но и съществени разлики са забелязани спрямо събитията в Северна България, характерни с ниско ниво на афтершоковата активност. Времето разпределение на роев тип активност е изследвано за три периода през последните 20 години. На диаграмите ‘време-кумулятивен брой трусове’ се наблюдава силно изразена неравномерност. Получени са числени оценки на ъгловия коефициент в известните формули на Утсо и Пейдж за характеризиране на специфичното за роевете времево разпределение.

3.4., 3.5. В последните два раздела на дисертацията са изведени и подложени на специално изследване спектрални характеристики на форшоковата, афтершоковата и роевата активности. В първия раздел, глава четвърта, се подготвя в методичен план изследването, а в следващия, пета глава, са дадени получените оценки на спектралните характеристики на трите типа групови сеизмични събития. Докторантката е изложила достатъчно подробно физическия подход и съответните методи и модели за изучаване процеса на възникване и разпространение на сеизмичната енергия по излъчените сеизмични вълни. На тази основа е избрала подходящ широко прилаган модел и е извършила изчисляване на някои свързани със сеизмогенния процес важни параметри като сеизмичен момент, свалено напрежение, радиус и площ на източника. Разработената методика е приложена за събития от 2006 г. до 2014 г. по подбрани от авторката представителни трикомпонентни цифрови записи за Р и S вълни от НОТССИ. Изследваните групови и главни събития са същите, подложени на пространствен и времеви анализ в предния раздел, което е един положителен показател за интегритета на труда.

В дисертацията са представени графично и таблично числени резултати за 35 отделни земетръсни прояви, принадлежащи към форшокови, афтершокови, роеви и главни събития. Получен е богат материал за оценка и сравнителен анализ на самите спектри и на определените по тях параметри на земетръсното огнище. Специфичното плато и следващият го наклон в спектъра на импулсната функция отразяват стойностите на търсените параметри. Особен интерес тук предизвикват резултатите за размерите на огнището и за степента на релаксация в напрегнатото състояние на средата след събитието. Авторката на труда е направила верни изводи от направените първи изследвания на спектрални характеристики на представители на групирани сеизмични събития за територията на страната и за една близка околност. Бих отбелязал тук, че спектралният анализ намира много полезно приложение и в други области на геофизиката, както за времеви, така и за пространствени явления и процеси. Примерно в геомагнетизма чрез представяне поведението на спектъра на

магнитни аномалии с начупена линия се определят дълбочините на източниците на полето на няколко нива в магнитноактивния слой на литосферата.

3.6. Заключението към дисертацията е дадено в лаконичен стил, достатъчно пълно, без излишни повторения, с ясно изразени основни предпоставки, методични решения и получени резултати за пространствено-времето разпределение на форшоковите, афтершокови и роеви групи сеизмични събития, както и за спектралните характеристики на техни представители. То е послужило за оформяне на приносите, съдържащи се в дисертацията по преценка на неиния автор.

4. Приноси и техният характер в дисертационния труд

Съдържащите се в труда приноси се отнасят главно до разкриването на нови свойства и детайли в пространствено-времето разпределения и спектралните характеристики на групови земетръсни събития в основните сеизмогенни зони на територията на България и близката околност. Тук бих отбелязал като по-важни установеното групиране на форшокови събития при краевата част на активни разломи, групиране на афтершоковите събития в неголяма област до главното събитие и близките активни разломи, струпване на роева активност често без връзка с определен активен разлом; потвърждение и детайлизиране на особености в процеса на затихване на афтершоковата активност, и резултатите за размери и свалени напрежения по спектралните изследвания на трите вида групирани сеизмични събития. Тези приноси са с познавателен характер, допринасящ за обогатяване и разширяване на знанията за земетръсните явления в локален и регионален мащаб. Те имат перспективата да бъдат продължени и разширени, което може да се осигури от методичните приноси в труда, чрез използване на програмните средства и придобития опит в опознаването и реализирането на приложените методи и модели.

Заявените от докторантката приноси представят достатъчно добре изложените основни научни постижения на дисертационния труд.

5. Публикации по дисертацията и автореферат

По съдържанието на дисертацията са публикувани три статии в пълен текст и изнесени три доклада за периода 2013 г. - 2015 г.. Първата статия от 2013 г. е самостоятелна, отпечатана в Bulgarian Geophysical Journal относно времето характеристики на афтершоковата поредица след земетресението при Перник през 2012 г. В същото направление по пространствено-времеви характеристики на сеизмичността в Софийската зона е участието на Пламена Райкова в другите две колективни публикации.

В два от трите колективни доклади Райкова е първи автор, единият от тях е представен на 35-та Генерална Асамблея на Европейската Сеизмологична

Комисия в Триест, Италия. Тези данни за направени публикации отразяват и нейните лични приноси в разработката на дисертационната тема.

Изготвеният Автореферат е написан на 47 страници текст с фигури и таблици, представящи вярно и достатъчно нагледно съдържанието на труда. Към един Автореферат на дисертация, освен тези изисквания, се поставят и други, свързани с признавания му статут на публикация. В това отношение може да се направят някои бележки по изписването и именоването на основни величини в текст и уравнения. Допуснато е едни и същи приети буквени символи на величини и оператори да се изписват с нормален шрифт, курсивирани и болт без указване на разликата в същността им, ако има такава, примерно скалар, вектор, модул, стандартна или друга функция. Относно наименованието на физически величини, вместо навсякъде общото 'параметър' или само приетия буквен символ, добре е да се отбелязва вида на величината, примерно степен 'р', коефициент 'b' и др.. Така се улеснява и разширява читаемостта на публикацията. В някои таблици е допуснато означенията на едни от колоните и мерните единици в тях да са дадени на кирилица, а на други - на латиница. Препоръчвам, ако текстове от реферата и дисертацията се включват в публикации, да се прецизира вметнатото във Въведението изречение относно единствения източник на информация за вътрешния строеж на Земята.

С изключение на горните няколко бележки с препоръчителен характер, които не са от естество да намалят положителните оценки за представения труд, дисертацията и авторефератът са написани внимателно, на много добър езиково стил, отговарящ на научното съдържание, с коректно указване на източниците на данни и на авторите на теоретични анализи, методични постановки и резултати.

7. Друга научна дейност и обучение на докторантката

Пламена Райкова е включвана редовно в колективи по изпълнението на 11 проекта в последните седем години след постъпването ѝ в Департамента по Сеизмология на НИГГТ-БАН. Тематиката им е свързана основно с мониторинг, регистрация, анализ, обработка и интерпретация на данните от националната и от локални сеизмологични мрежи на обекти в страната. В един от последните проекти се разработва информационна база относно сеизмичността на остров Ливингстон, където е Българската антарктическа база.

Дейността ѝ в Департамента намира изява с участието ѝ в седем научни форума, от които три в България и четири извън страната. Като изключим трите отбелязани по-горе публикации по дисертацията, тя е съавтор на други девет колективни статии и доклади, от които 3 в *Bulgarian Geophysical Journal* и една в *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*.

Докторантката Райкова е взела с високи оценки изпита от докторантския минимум и четири изпита от Програмата за обучение на докторанти в БАН.

9. Заключение

Отбелязаните по-горе качества на дисертационния труд по значимост на тематиката, съдържание и научни приноси ми дават основание да оценя труда на докторантката в образователния му и научен аспект като изпълнен на високо ниво. Смятам, че Пламена Райкова с този труд се извява като един системно подготвен специалист за научна работа в областта на сеизмологията. Намирам, че представената дисертация отговаря на изискванията за развитие на академичния състав, съгласно Закона и Правилниците за приложението му в БАН и НИГТГ.

Предлагам убедено почитаемото Научно жури да гласува за присъждане на автора на дисертационния труд Пламена Георгиева Райкова образователната и научна степен „Доктор” по научна специалност 01.04.06. „Сеизмология и вътрешен строеж на Земята”.

25.04.2017 г.

София

С уважение:


(проф. дфн П. Ставрев)