

Рецензия

върху дисертационния труд на гл. ас. Мария Стефанова Стойчева-Шамати на тема:

“Вариабилности на магнитното поле на Земята в ULF диапазона. Идентифициране на източниците на смущения”

за присъждане на образователната и научна степен “доктор” по професионално направление 4.4 „Науки за Земята”, специалност „Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство“

рецензент: проф. дфн Дора Панчева

Със заповед № 01-219 от 07.07.2014 г. на Директора на НИГГГ-БАН съм назначена за член на Научното жури и с решение на това Научно жури съм избрана за рецензент.

Представената дисертация включва увод, четири глави текст с 49 фигури, основни резултати, приноси, авторски публикации включени в дисертационния труд, цитирания и библиография. За да се добие по-пълна представа за докторанта в дисертацията са включени още авторски публикации извън дисертационния труд, участия в научни форуми, както и участия в проекти.

Темата на дисертацията е изключително актуална. Процесите на вертикално свързване в системата литосфера-атмосфера-йоносфера са обект на интензивно изследване през последното десетилетие. Особено внимание се отделя на изучаването на електрични, магнитни, електромагнитни и други явления, за които в литературата са представени доказателства, че са свързани с геодинамични процеси в литосферата. Със сходна тематика е и представената дисертация, която е посветена на изучаване на ултра-нискочестотните колебания (ULF, 0.001-10 Hz) в електричното и магнитно поле на Земята, получени чрез наземни измервания, с цел идентифициране на източниците им. Изборът на този честотен диапазон не е случаен; смята се, че такива смущения най-вероятно се генерират от зоната на подготовка на геодинамични процеси. Установено е, че колебанията с честоти от ~1 mHz до ~1-2 Hz се разпространяват в земната кора с най-слабо затихване и имат голяма вероятност да достигнат до мястото на регистрация на земната повърхност. Затова и колебания в този честотен диапазон са най-вече изследвани в дисертацията. Чрез изучаване на локалните спекрални и поляризационни характеристики на тези колебания, както и тяхната времева структура, т.е. колко бавно затихва корелацията между последователност от не случайни смущения със затихваща автокорелация, докторантът е направил опит да получи такива характерни свойства на смущенията, които биха могли да служат като указание за връзка със съответни геодинамични процеси в литосферата. Такива смущения обаче могат да имат и слънчев, магнитосферен, атмосферен, антропогенен и други видове произход, което прави задачата за идентифициране на източниците на смущения изключително трудна. Поради тази причина в дисертацията са представени само случаи на ниска геомагнитна активност и предимно нощни измервания, за да се елиминират поне част от възможните нелитосферни източници. В дисертацията са използвани са 4 (четири) метода за анализ на електричните и магнитни измервания, като те са описани кратко и ясно. По-специално внимание е отделено на флукуационния анализ на времеви редове с елиминирание на тренда (Detrended Fluctuation Analysis, (DFA)), който е предназначен за изследване на нестационарни и нелинейни времеви редове. Дисертацията съдържа обширен и добре направен обзор, включващ описани в

литературата подобни изследвания с техните резултати и изводи. Направен е опит да се обобщят получените от други автори резултати за ULF колебанията на геомагнитното поле, като тези резултати се използват по-нататък в изложението за сравнение с получените оригинални резултати на докторанта.

Оригиналните научни резултати на докторанта са представени в глави 3 и 4. В глава 3 са представени резултатите от анализа на данните от измерването на електричния потенциал в станция Крупник. Тези измервания са направени чрез апаратура, проектирана и създадена от Б. Бойчев и П. Неновски. Разположена е в сеизмично активния регион на станция Крупник и е пусната в експлоатация през юли 2003 г. Апаратурата измерва електричния потенциал между няколко отдалечени един от друг електрода и работи в два честотни интервала: квазистатичен 0 - 0.02 Hz, и ULF 0.002 – 2.4 Hz интервал, като в дисертацията са анализирани само измерванията от ULF интервала. Апаратурата е в непрекъснат режим на работа като измерванията са регистрирани на всеки 0.2 секунди. Основната задача, която докторантът решава в тази глава, е да се намерят основните спектрални характеристики на електротелуричния 'шум' в станция Крупник при спокойни геофизични условия. В случаите когато са намерени аномално високи стойности на 'шума' е търсен неговия възможен източник. За изчисляване на спектрите е използван метода FFT (Fast Fourier Transform). В дисертацията терминът 'шум' се използва като обобщена характеристика на ULF вариабилността на анализираните данни. Нивото на шума е оценено чрез проследяване във времето как се изменят осреднената дисперсия или спектралната плътност в определен честотен диапазон. Намерено е, че геомагнитната активност оказва най-силно влияние върху сигнали в честотния интервал ~1-8 mHz. За сигнали с честоти по-високи от 0.01Hz влиянието на геомагнитната активност е много слабо, което прави тези честотни интервали по-надеждни при търсене на ULF смущения с предполагаем литосферен източник. Подробно са изследвани два интервала от време: 24 юли - 31 август 2003 г. и 1-30 ноември 2004 г. В тях са отделени 2 (два) дни с много ниска геомагнитна активност, 13 август 2003 г. и 22 ноември 2004 г., но с регистрирани аномално високи нива на ULF шума, които биха могли да имат литосферен произход. Проследено е как се изменя спектърът на ULF сигнала във времето. Установено е, че и за двата дни спектърът на елетротелуричния сигнал има специфично разпределение, което не се наблюдава в никой друг от изследваните дни. Неговата основна честота бавно се измества от ниски към по-високи честоти в продължение на целия ден като достига до около 0.1 Hz в края на деня. На базата на известни в литературата теоретични резултати е направен опит да се изчислят възможните честоти, които биха се регистрирали на земната повърхност, свързани с процеси на подготовка на земетресения с различен магнитут. Изрично е отбелязано обаче, че не е възможно да се посочи убедително доказателство за връзка на аномалното поведение на изследваните ULF сигнали със сеизмичната активност при използване само на един тип измервания.

В глава 4 са представени резултатите от изследването на ULF вариабилността на геомагнитното поле по данните от 5 (пет) обсерватории на магнитометричната мрежа SEGMA. В нея са включени три станции в Италия, една в Унгария и станция Панагюрище в България. Тази мрежа е предназначена преди всичко за изследване на вариабилността на геомагнитното поле с евентуален литосферен произход. Станциите в мрежата SEGMA са близки по географско разположение, но с различни геоложки структури, което дава възможност да се отделят регионалните от глобалните източници на магнитни смущения. Анализирани са данни за хоризонталната и вертикална компонента на магнитното поле измерени в 5 (пет) интервала от време между 2004 и 2010 г. Данните са регистрирани със стъпка във времето 1 секунда и към тях е приложен DFA (Detrended Fluctuation Analysis) метода даващ скейлинговия параметър α . Този обобщен параметър е мярка за фракталната структура на сигнала и обикновено е указание за появата и на друг източник на шум.

Основната задача решена в тази глава е чрез анализ на нестационарни и нелинейни процеси с DFA метода приложен върху данни от мрежата станции SEGMA да се намерят устойчиви самонаподобяващи се вариабилности на геомагнитното поле имащи локален или глобален произход. Намерено е, че параметърът α проявява общи, глобални вариации, регистрирани във всички станции, но има и локални различия, характерни за всяка станция. Общите вариации добре корелират с K_p индекса и се дължат на влиянието на йоносферни и магнитосферни процеси, докато локалните промени най-вероятно са свързани с геодинамични процеси в литосферата. Глобалните вариации се характеризират с повишени стойности на α спрямо средните му стойности, по-ясно са изразени в хоризонталната компонента и във времевата скала 10-900 секунди. Локалните вариации се изразяват в понижаване на скейлинг параметъра спрямо средната му стойност и се проявяват по-ясно във вертикалната компонента и времевата скала 10-180 секунди. Вариациите във вертикалната компонента на геомагнитното поле реагират много по-слабо на промените в геомагнитната активност, отколкото тези в хоризонталната компонента. Всички тези намерени различия са изключително важни при идентифициране на източниците на смущения и са важен принос в търсенето на източниците на аномалните ULF сигнали. В дисертацията е показано още, че средните стойности на скейлинг индекса за различните станции, изчислени за вертикалната компонента на магнитното поле, се различават значително една от друга. Това е индикация, че фракталните структури на ULF сигналите са чувствителни към различните геоложки структури, т.е. предимно на състоянието на проводимостта в земната кора. Докторантът подробно изследва и динамиката на скейлинг индекса в станция L'Aquila (AQU) през 2008 и 2009 г. във връзка със земетресението на 06 април 2009 г. Намерени са уникални пулсации в геомагнитния сигнал на 14 и 16 февруари, както и на 18 март 2009 г., които не са свързани с магнитосферен източник или антропогенна дейност. Поляризационните и спектрални характеристики на тези сигнали потвърждават аналогични изследвания и на други автори и най-вероятно са свързани с подготовката на геодинамични процеси в литосферата.

Приносите в дисертацията са резюмирани кратко и ясно. Те са в две основни направления:

- За пръв път у нас е намерено разпределението на нормалния (при ниска геомагнитна активност) ULF електротелуричен шум в сеизмично активната зона Крупник. Чрез прилагане на подходящи спектрални методи са намерени честотни под-интервали от ULF диапазона, които са слабо повлияни от геомагнитната активност и което ги прави по-надеждни при търсене на ULF смущения с предполагаем литосферен източник.
- Чрез анализ на обширен наблюдателен материал съставен от геомагнитни измервания в 5 близки по географско разположение, но с различни геоложки структури станции от мрежата SEGMA, с метода DFA е доказана ефективността на този метод за локализиране на аномални нива на геомагнитния шум в ULF диапазона. Намерени са важни характеристики на скейлинг индекса описващи локалните ULF вариации на геомагнитното поле. Това е особено важен принос в търсенето на източниците на аномални ULF сигнали имащи предимно литосферен произход.

Трябва изрично да се подчертае, че в дисертацията никъде не се твърди, че са намерени убедителни доказателства за връзка на аномалното поведение на изследваните ULF сигнали със сеизмичната активност или подготовката за такава активност не само защото това е невъзможно при използването на само един тип измервания, но и защото такава задача не е поставена за решаване в настоящата дисертация. Целта е чрез прилагане на подходящи съвременни методи за анализ на електрични и магнитни сигнали в ULF диапазона да се отделят и намерят основните характеристики на аномалните смущения с вероятен литосферен произход. Тази задача е успешно решена от докторанта.

Приносите на кандидата могат да се оценят както следва:

- *Получаване на нови факти за слабо изучени явления:* това са резултатите свързани с ULF електротелуричен шум
- *Обогатяващи съществуващите знания:* това са резултатите от DFA анализа на геомагнитните измервания в станциите на мрежата SEGMA.

По-горе посочените приноси на докторанта за напълно достатъчни за присъждане на образователната и научна степен “доктор”.

Дисертацията има и известни слабости свързани предимно с оформлението ѝ, както и с не достатъчно ясно формулирани термини или използваните времеви или честотни интервали не са предварително обосновани. Описанието на някои от фигурите и на всички таблици не е достатъчно информативно, а някъде даже и липсва. Разбира се, тези слабости съвсем не омаловажават стойността на дисертацията.

Бих препоръчала на докторанта в бъдещите си изследвания да има пред вид и възможно влияние на слънчевия вятър върху изменчивостта на геомагнитните сигнали в ULF диапазона. В някои случаи може би е по-добре вместо планетарния Кр-индекс да се използва геомагнитния индекс за северното полукълбо, когато се разглеждат геомагнитните данни от станциите на мрежата SEGMA.

Дисертацията е изградена върху 5 (пет) колективни публикации, три от които са в рецензирани научни списания и две в сборници на международни конференции. Публикациите в рецензирани списания са указание за оригиналността и значимостта на представените резултати. Списанието Acta Geophysica е с импакт фактор. В две от статиите докторантът е на първо място, в две е на второ място и в една е на четвърто място. Това показва, че докторантът има съществен принос в тези статии. Очевидно главната роля на докторанта е свързана с анализа на данните и формулиране на резултатите от него, докато интерпретацията на резултатите е вероятно колективен принос заедно с другите автори. Резултати от дисертацията са представени и на 10 международни научни форума, което показва че те са добре познати на научната общност. Забелязан е един цитат на статията в списание Acta Geophysica. Специално бих желала да отбележа, че по темата на дисертацията докторантът е участвал в: (а) 2 проекта към ФНИ, като на единия проект е бил ръководител, (б) 2 проекта по ЕБР, с Австрия и Италия, и (в) един проект по FP7.

Имайки предвид по-горе изложената оценка за научната стойност на дисертацията в областта на локализиране на аномални нива на електрични и магнитни сигнали в ULF диапазона със съвременни спектрални и статистически методи и намиране на основните им характеристики с цел идентифициране на възможни източници от литосферен произход, считам, че докторантът има сериозен научен принос в една изключително актуална научна тематика. Изложените факти в рецензията ми дават основание убедено да препоръчам на Научното Жури да присъди на **гл. ас. Мария Стефанова Стойчева-Шамати** образователната и научна степен “доктор”.

(проф. дфн Дора В. Панчева)