

ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ - БАН
Вх. № <u>970</u> <u>20.08.2015</u>

РЕЦЕНЗИЯ

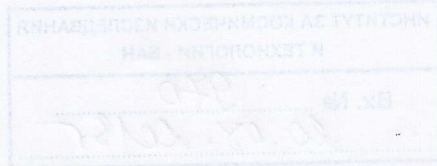
на дисертационния труд на тема
**Операционен модел за йонизацията от космически лъчи
в йоносферата и атмосферата**
на г-н Симеон Недков Асеновски
за получаване на образователната и научна степен *доктор*
от проф. дфн Иван Желязков

1. Актуалност на проблема. Предмет на дисертационния труд на г-н Симеон Асеновски е изследване/оценяване на ролята на космическите лъчи от галактичен, слънчев и междупланетен произход за йонизацията на средната атмосфера и йоносфера в интервала между 30 и 100 km. Такива изследвания са традиционни за българската геофизична колегия в продължение на повече от четири десетилетия и те са свързани с актуалните за нашето съвремие проблеми за космическото време и космическия климат. Усъвършенстваният модел на електромагнитните взаимодействия на космическите лъчи със земната атмосфера, разработен с участието на дисертанта, позволява по-точно, количествено, определяне на ключови параметри на долната йоносфера, които са съществени за по-доброто разбиране на слънчево–земните връзки.

2. Съдържание и структура на дисертационния труд. Дисертацията на Симеон Асеновски е по научната специалност *Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство* (шифър 01.04.08) от направление 4.1. *Физически науки* и отразява научните достижения на дисертанта при теоретичното моделиране на междинните (2 + 1, 3 + 1 и 4 + 1-инервални) йонизационни модели на Матеев и Велинов, Велинов и сътрудници, както и на последния, 5 + 1-интервален, модел CORIMIA на Велинов и колеги. Теоретичното моделиране включва както аналитични пресмятания, така и числени симулации с написаната от дисертанта програма CORIMIA.

Дисертационният труд се състои от 6 глави, библиография, списък на публикациите, свързани с дисертацията и справка за участие на дисертанта с доклади на научни форуми. Той (дисертационният труд) съдържа 160 страници, 26 фигури, 9 таблици и са цитирани 148 източника (в това число интернетни сайтове, фирмена информация). Броят на публикациите, върху които е написан дисертационният труд, е 12: една самостоятелна статия и 11 в съавторство, в две от съвместните работи Асеновски е пръв автор, в 8 е на второ място и в една – на трето място; това ми позволява да заключа, че дисертантът е бил равностоен съавтор в съвместните публикации. Бих искал да отбележа, че една от статиите (онази в съавторство с Д. Стойкова) е извън контекста на дисертационния труд и нейното включване в списъка на публикациите е излишно. Броят на докладите, представени от дисертанта на международни научни конференции, работни срещи и школи, е 12. Списанията, в които са публикувани основните резултати от дисертацията, са: *Acta Geophysica* (1 статия), *J. Space Weather Space Clim.* (1 статия), *J. Phys.: Conf. Series* (1 статия), *AIP Conf. Proceedings* (1 статия), *Sun and Geosphere* (1 статия), *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.* (6 статии) и *Bulg. J. Phys.* (1 статия).

Първата глава е кратък увод към проблематиката, разработвана в дисертационния труд. Основни сведения за космическите лъчи и земната йоносфера се дават във втората глава (във фигура 2.7 има дребен пропуск: не са маркирани



йоносферните слоеве C и D). Специално бих искал да отбележа историческия преглед на проблема за йоносферата и взаимодействието ѝ с космическите лъчи – той се чете с интерес и показва, че г-н Асеновски познава много добре съвременния статус на тази област от космическата физика. Глава 3-та, макар и кратка, описва целите и задачите на дисертационния труд; формулировките са ясни и прецизни.

Съществената част от дисертационния труд се съдържа в четвъртата глава – в нея се излага теоретичната основа на модела, описващ взаимодействието на космическите лъчи със средната земна атмосфера и ниската йоносфера. Моделът се основава на две основни формули, а именно за функцията на йонизационните загуби dE/dh на Бор–Бете–Блох и за три-размерната електронна продукция $q(h)$ на Велинов и Dorman. Практическото използване на тези две функции изисква подходящи апроксимации на dE/dh в различни интервали на енергията на йонизиращите космически лъчи и, естествено, пресмятане на съответните електронни продукции, което в крайна сметка се свежда до числено интегриране по енергии. Освен от енергиите на космическите лъчи, броят на интервалите зависи и от зарядовото число Z на частиците (за частици със зарядово число, равно или по-голямо от 2, броят на интервалите е с единица по-голям отколкото онези за протоните, $Z = 1$). За пълнота на разработвания модел дисертантът извежда необходимите за числено пресмятане изрази за дву-, три- и четири-интервални апроксимации на функцията на Бор–Бете–Блох въз основа на публикации на Велинов и Матеев. Придобивайки увереност в аналитичните и числени пресмятания, г-н Асеновски активно се включва в обобщаването на модела, по-конкретно във въвеждането на 5-ти интервал, който да описва йонизационните способности на космическите лъчи с енергии под 0.15 MeV. Въвеждането на този допълнителен интервал значително усложнява пресмятанията, но дисертантът се справя успешно с поставената му задача, като демонстрира своята висока квалификация на физик-теоретик. Дотук всичко е изложено ясно и прегледно. Има обаче една загатка за мен: това е числената имплементация на програмата CORIMIA. Смятам, че един псевдо-код плюс блокова схема (flowchart) на алгоритъма би позволил да се разбере какво и по какъв начин се пресмята с CORIMIA. От една от публикациите на докторанта (*Compt. rend. Acad. bulg. Sci.* **64** (2011) 1303–1310) става ясно, че численото пресмятане на определените интегрални в различните енергийни интервали се е правило по метода на Romberg с използване екстраполацията на Richardson, но дали единствено тази операция съставя кода CORIMIA? Едва ли?

Всяка числена програма за пресмятане на определени физични процеси/параметри изисква своята валидация. Това се прави в заключителната 5-та глава на дисертационния труд. В нея дисертантът представя резултатите от числените пресмятания на функцията за електронна продукция $q(h)$ при различни апроксимации на функцията за йонизационни загуби dE/dh за три вида космически лъчи, а именно

- галактични космически лъчи при минимална и максимална слънчеви активности (фигури 5.1–5.3), като най-впечатляващи са резултатите, получени при 5-интервалната апроксимация (фигури 5.4–5.6 и таблици 5.8 и 5.9);
- слънчеви космически лъчи по време на две слънчеви събития, GLE 69 и GLE 05 (фигури 5.7 и 5.8) в средната атмосфера и ниската йоносфера за различни геомагнитни ширини;

- аномални космически лъчи (протони, хелиеви, азотни, кислородни и неоновни йони) за геомагнитни ширини 90° и 70° в полярната шапка (фиг. 5.9) и надморски височини между 30 и 120 km (фигури 5.10 и 5.11).

Пресмятанията са направени като са използвани спътникови експериментални данни, а получените резултати за електронната продукция на посочените по-горе космически лъчи са в добро съгласие с наблюдателните данни.

Получените от дисертанта резултати с помощта на разработения от него код CORIMIA може да бъдат използвани за по-точното определяне на редица параметри на йоносферната плазма (напр. профилите на електронната концентрация $N(h)$ в слоя С в ниската йоносфера, електричните проводимости на Педерсен и Хол в йоносферата), за оценка на радиационните въздействия в околното космическо пространство, както и за пресмятане на честотите на отсечка при разпространението на радиовълни в широк честотен обхват.

Основните приноси в дисертацията са формулирани в 5 точки – най-значимият според мен принос е създаденият въз основа на аналитични пресмятания код CORIMIA, който позволява реалистична оценка на йонизационното състояние на средната атмосфера и ниската йоносфера, дължащо се на въздействието на космическите лъчи. Според мен моделът CORIMIA е оценен достатъчно високо – имам предвид факта, че той е поставен на първо място (като Sofia Model) в презентацията на Jürgen Watermann (jfwConsult, F-83440 Tourrettes, France) на сесия на Working Group 1 на COST action ES0803 “Developing Space Weather Products and Services in Europe”, озаглавена Advanced methods to model and predict space weather effects – Summary of Progress, състояла се от 5 до 9 ноември 2012 г. в Брюксел.

Като цяло научните приноси в дисертационния труд на г-н Симеон Асеновски може да се категоризират като **обогатяване на съществуващите знания и новост в науката (предлагане на нов изчислителен код)**.

Авторефератът отразява вярно съдържанието на дисертационния труд.

3. Критични бележки на рецензента. Впечатленията ми от дисертационния труд на г-н Симеоновски са много добри. Дисертацията е оформена с вкус. Текстът се чете с лекота, забелязаните печатни и граматични грешки са малко. Имам някои пожелания за спазване на приетите в научната литература норми при писането на индекси, уравнения, мерни единици. Какво имам предвид? Повечето от индексите в дисертационния труд имат смисъл на етикети (labels) и те трябва да се пишат с прави (Roman) букви, а не с курсивни (italic); например E_{eff} , E_k , E_a , E_b , λ_m и пр. При композиране на дълги уравнения/формули, когато се налага пренасяне, знаците +, -, или \times се пишат на следващия ред без да се дублират на текущия. Мерните единици задължително трябва да бъдат с прави букви; същото се отнася за химичните елементи и частиците протон и електрон.

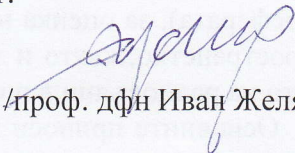
4. Лични впечатления на рецензента за дисертанта. Познавам г-н Симеон Асеновски от студентските му години. Той е едно изключително скромно и етично момче. Искрено се радвам, че по време на докторантурата му, под негово ръководство на чл.-кор. Петър Велинов и доц. д-р Лъчезар Матеев, той се е изградил като ерудиран млад учен. От сърце му желая успех в усъвършенстването на кода CORIMIA.

5. Заключение. Като имам предвид сложния проблем (аналитичното и числено моделиране на електромагнитното взаимодействие на космическите лъчи с неутралната атмосфера и ниската йоносфера), с решаването на който дисертантът

се е справил блестящо, и научните резултати (съдържащи се в публикуваните статии и в дисертационния му труд), както и обстоятелството, че представената дисертация удовлетворява приетите у нас критерии за придобиване на научна степен, препоръчвам на уважаемите членове на Научното жури да гласуват за присъждане на образователната и научна степен “доктор” на г-н Симеон Недков Асеновски – той безусловно я заслужава.

София, август 2013 г.

Рецензент:


/проф. дфн Иван Желязков/