

РЕЦЕНЗИЯ

от

член кор. проф. дфн Петър Йорданов Велинов
Институт за Космически Изследвания и Технологии (ИКИТ) при БАН

на дисертационния труд на проф. д-р Наталия Андреева Килифарска
на тема:

„МЕХАНИЗЪМ ЗА ВРЪЗКА МЕЖДУ КОСМИЧЕСКИТЕ ЛЪЧИ, ГЕОМАГНИТНОТО
ПОЛЕ И КЛИМАТА НА ЗЕМЯТА”

за получаване на научната степен „доктор на физическите науки“
в областта на висше образование 4 – Природни науки, математика и информатика:
професионално направление 4.4 Науки за Земята,
научна специалност: 01.04.08 “Физика на океана, атмосферата и околоземното
пространство”

Със заповед № 01-283/22.12.2017 г. на Директора на НИГТГ - БАН съм назначен за член на Научното жури за защита на дисертационния труд на проф. д-р Наталия Андреева Килифарска. С решение на Научното жури за процедурата (Протокол №1 от 09.01.2018 г.) съм определен за рецензент.

Кратки биографични данни за кандидата

Наталия Килифарска завършва през 1980 г. физика в СУ “Св. Кл. Охридски”, Физически факултет, със специалност метеорология. През 1980 -1982 г. работи като аеролог в Българската авиокомпания “Балкан”, Варна, в отдела Метео-обслужване. В периода 1982-1986 г. е аспирант в ИЗМИРАН (Институт Земного Магнетизма, Йоносфери и Распространения Радиоволн), Троицк, Московска област, където през 1986 г. успешно защитава дисертация в областта на Физика на високата атмосфера и йоносферата. Същата година постъпва като н.с. II ст. в секц. “Физика на Йоносферата” към Геофизическия институт на БАН. Работи предимно в областта на йоносферните изследвания: анализ на наземни и спътникови данни и йоносферно моделиране. През 1999 г. се хабилитира (старши научен сътрудник II степен) в същия институт, където работи до 2010 г. В периода 2001-2003 г. Н. Килифарска работи като асоцииран изследовател в Imperial College, London, където се занимава не само с активна научно-изследователска и преподавателска дейност, но и с популяризиране на получените научни резултати. През 2003 г. се връща в

Геофизическия институт и работи предимно в областта на физико-химията на средната атмосфера, и вариациите на озона и климата. В периода 2003-2005 г. тя е ръководител на секция „Физика на йоносферата“, а в периода 2003-2006 г. е член на Научния съвет на ГФИ-БАН. От 2010 г. до сега работи в обединения Национален Институт по Геофизика, Геодезия и География към БАН (НИГТГ - БАН), а от 2013 е ръководител на секция “Физика на йоносферата”, и член на Научния съвет.

Дисертабилност на разглеждания труд

Дисертацията на проф. Килифарска е едно интердисциплинарно изследване на връзките между хелио и геомагнитното поле, космическите лъчи, озона в ниската стратосфера и климата. Представена е абсолютно нова трактовка и обяснение на отдавна известните връзки между вариациите в слънчевата активност и приземната температура. Независимо от многобройните изследвания посветени на този проблем, въпросът за механизма на влияние на Слънцето върху климата е все още неизяснен. Нещо повече, в последния 5-ти отчет на IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) влиянието на Слънцето в съвременните климатични промени е сведено почти да нула. За човек като мен, който от години работи върху слънчево-земните връзки, това твърдение изглежда почти абсурдно. В този смисъл представената ми за рецензия дисертация предлага едно ново – физически добре обусловено решение на проблема.

Познаването на основните двигатели на климатичните промени е от особена важност не само за изследователите, но и за човешко общество като цяло. Съвременните темпове на растеж на човешката популация поставят все по-сериозни проблеми свързани с осигуряването на храна, питейна вода, енерго-ресурси и пр. Ето защо смятам, че разширяването на метеорологическия кръгзор на климатолозите с познания за физико-химията и енергетиката на въздействието на космическите лъчи върху атмосферата, за ролята на геомагнитното поле и пр., е от важно значение за по-нататъшното усъвършенстване на съществуващото към момента познание. Всичко това ми дава основание да твърдя, че разглежданият в труда проблем е особено съществен, дисертабилен и напълно достоен за една дисертация.

Общо описание на дисертацията

Научният труд е в обем от 142 стр. Той се състои от 7 глави, първата от които играе ролята на въведение, а последната Глава 7, представя основните резултати, приноси и изводи. Накрая са приложени авторските публикации по темата на дисертацията (Приложение 1) като от тях 17 са публикации в списания с импакт фактор; 13 – статии в реферирани списания без импакт фактор; 8 – статии в сборници от международни конференции. Освен това резултатите са докладвани на 33 научни конференции в чужбина и у нас. Този важен въпрос ще бъде разгледан подробно по-надолу.

Анализ на труда

Глава 1 представлява въведение в разглежданата проблематика. Показана е необходимостта от съвместното изучаване на пространствено-времените вариации наблюдавани в геомагнитното поле и климата. Тук са дефинирани основните проблеми, целите и задачите за изпълнение поставени в дисертационния труд.

Глава 2 представлява обзор на съществуващите към момента представи за основните климатообразуващи фактори. Направен е преглед на известните външни фактори на влияние върху климатичната система (Слънце, галактически космически лъчи, гравитационни смущения от планетите-гиганти: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун и литосферна активност), както и на вътрешните фактори с предполагаемо влияние върху изменчивостта на климата на Земята: океаните, състава на атмосферата, атмосферните моди и въздействието на живите организми. Показано е, че много от особеностите в измененията на климатичната система, в частност регионалният характер на наблюдаваните промени, са необясними в рамките на съществуващите до сега хипотези. Това налага провеждането на допълнителни изследвания с цел откриването на нови механизми на влияние върху състоянието на климатичната система.

В Глава 3 са дадени доказателства, подкрепящи наличието на връзка между измененията в геомагнитното поле и климата. Представените резултати от прилагането на нелинеен статистически анализ подкрепят идеята за наличие на връзки между пространственото разпределение на геомагнитното поле и аномалиите в някои климатични параметри, както и за синхронизираност на измененията им в пространството и времето. Такива примери за подобие в пространственото разпределение на геомагнитното поле и приземната температура на въздуха са представени на Фиг. 3.5 и 3.6. за Северното и Южното полукълбо, респективно.

В Глава 4 е изследвано влиянието на геомагнитното поле върху високо-енергетичните частици, изсипващи се перманентно или спорадично върху земната атмосфера. Представени са законите на взаимодействие на високо-енергетичните частици с атомите и молекулите в атмосферата, водещи до каскадни реакции на йонизация и създаване на свободни електрони и йони в атмосферата, както и механизмите за образуването на космогенни изотопи като ^{10}Be и ^{14}C .

Показано е, че колкото по-дълбоко проникват частиците, толкова по-силно те усещат нееднородностите в геомагнитното поле (т.е. отклонението му от полето на магнитен дипол). Базирайки се на теоретичен анализ, автора предполага, че районите със силен хоризонтален градиент на геомагнитното поле „фокусират“ по-голям брой частици от тези с по-хомогенна структура на геомагнитното поле. В резултат се очаква по-голяма интензивност на частиците, достигащи ниските слоеве на атмосферата в районите със силно нехомогенно магнитно поле. Това се потвърждава от корелационния анализ на

свързаността между интензитета на геомагнитното поле и галактическите космически лъчи (Фиг. 4.4).

Глава 5 е централна; тя е посветена на въздействието на свободните електрони в максимума на Регенер–Пфотцер върху баланса на озона и водната пара около тропопаузата. Посредством детайлен анализ на ефективността на възможните йонно-молекулярни реакции, индуцирани от ниско-енергетични електрони в максимума на Регенер–Пфотцер е показано, че над тропопаузата – където количеството на H_2O пара е изключително малко – съществуват условия за активирането на автокаталитичен цикъл за формиране на озон. Това е нов механизъм, който е в състояние да обясни не само изменчивостта във времето, но и регионалните особености в пространственото разпределение на озона в ниската стратосфера, включително дължинните вариации и асиметрията между Северното и Южното полукълбо.

Глава 6 е описан предлагания от автора механизъм, посредством който геомагнитното поле е в състояние да влияе върху климата. След кратко описание на съществуващите до момента хипотези, започва поетапното въвеждане и изясняване ролята на всеки един от елементите в причинно-следствената верига от процеси, свързващи геомагнитното поле и климата.

Тук се разглежда в детайли влиянието на озона върху температурата и водната пара във високата тропосфера и ниската стратосфера, както и влиянието им върху приземната температура. Съгласно предложението в дисертацията механизъм, влиянието на озона върху приземната температура е неизменно свързано с количеството водна пара във високата тропосфера. Фигура 6.6а представя проекцията на корелационната карта на озона и водната пара върху климато-логичното разпределение на температурните аномалии на въздуха при земята.

Сравнението с пространственото разпределение на ковариацията между ГКЛ и озона показва, че комбинираното влияние на озона и водната пара върху приземната температура е свързано с високоенергетичните частици, които достигат до ниската стратосфера. Отчитайки, че водната пара е основният парников газ в атмосферата, този механизъм представя една естествена възможност за влияние на космическите лъчи и респективно Слънцето, върху климата на Земята.

В последния параграф 6.3 на шеста глава са представени моделни резултати от числени експерименти с модела RegCM, целта на които е да се изследва реакцията на приземната температура на изменения в плътността на озона между тропопаузата и горнага граница на модела, т.е. 50 hPa. Показано е (Фиг. 6.8), че увеличаването на количеството на озона води до понижение на приземната температура на въздуха, точно както предвижда озоновия механизъм.

Основни приноси

1. Установено е влиянието на пространствената нехомогенност на геомагнитното поле върху потока и интензитета на галактическите космически лъчи (ГКЛ) в ниските слоеве на земната атмосфера – тропосферата и ниската стратосфера и особено в максимума на Регенер–Пфотцер (РП максимума).

2. Открит е ефект на геомагнитна „фокусировка“ на високо-енергетичните частици в определени региони от земната повърхност (изразена в повишена ефективност на въздействие върху ниската стратосфера и РП максимума).

3. Дадено е теоретично обяснение на дължинните вариации във високо-енергетичните частици способни да преодолеят геомагнитното поле и да проникват в ниската атмосфера, дължащи се на нееднородното разпределение на геомагнитното поле.

4. Установено е съществуването на пространствено-времева зависимост между геомагнитното поле, ГКЛ и някои климатични параметри (като например приземната температура, концентрацията на озон и водна пара около тропопаузата и РП максимума).

5. Открит е нов източник на озон в ниската стратосфера, иницииран от ниско-енергетичните електрони в областта на РП максимума. Необходимо условие за активирането на йонно-молекулярните реакции образуващи озон е атмосферата да е достатъчно суха. Такива условия се наблюдават точно над тропопаузата в РП максимума, в резултат на т.н. “freeze drying” (изсушаване чрез замръзване) при вертикалното издигане на въздушните маси. Това е един важен принос в химията на ниската стратосфера и максимума на РП.

6. Предложен е нов механизъм за влиянието на ниско-стратосферния озон върху приземната температура и респективно върху климата на Земята. Този механизъм свързва вариациите на геомагнитното поле с тези на озона, водната пара и приземната температура.

7. Установени са две големи зони, в които свързаността между озона и водната пара в близост до тропопаузата е особено силна: (1) в екваториалната област и (2) в зоната на преход между средните и високи ширини ($\sim 55^\circ$), където е процепът между вътрешния и външния радиационен пояс. Тези зони - по една във всяко полукълбо (като тази в южното е по-слабо развита вероятно поради Южно Атлантическата аномалия) са единствените, в които ГКЛ и озона се изменят в противофаза. Това подсказва, че основен източник на озон в ниската стратосфера не са първичните галактически космически лъчи, а частиците захванати в радиационните пояси на Земята.

8. Новите причинно-следствени връзки между геомагнитното поле и климата са тествани в регионалния климатичен модел RegCM, като направените числени експерименти потвърждават валидността на предложния механизъм.

Практическо значение на труда

Приносите в настоящата дисертация имат не само евристично и теоретично значение. Те дават обяснение на неизвестни до сега връзки между геомагнитното поле, интензитета на ГКЛ и някои от параметрите на климата. Нещо повече, пространствено нехомогенният форсинг на ГКЛ върху озона е в състояние да обясни регионалните особености в изменението на климата. Този резултат има непосредствено практическо приложение при прогнозирането с помощта на различните климатични модели.

Публикации по дисертационния труд

Дисертацията е построена върху 17 публикации в списания с импакт фактор; 13 статии в реферирани списания без импакт фактор; 8 статии в сборници от международни конференции; 33 научни доклада на конференции в чужбина и у нас.

17-те публикации с импакт фактор (8 от които са самостоятелни и 4 като първи съавтор) са в следните реномирани списания в геофизиката и космическата физика (със съответните IF):

J. Atmos. Sol-Terr. Phys. (3 бр. $\times$ 1.671 = 5.013),
Annal. Geophys. (1 бр. $\times$ 1.620 = 1.620),
Adv. Space Res. (1 бр. $\times$ 1.463 = 1.463),
Mon. Not. Royal Astron. Soc. (1 бр. $\times$ 5.249 = 5.249),
Izvestiya, Physics of the Solid Earth (1 бр. $\times$ 0.560 = 0.560),
C.R. Acad. Bulg. Sci. (10 бр. $\times$ 0.251 = 2.510).

Сумарният импакт фактор от всички публикации е: 16.415.

Статиите в реферирани и индексирани списания (6 от които са самостоятелни и 5 като първи съавтор) са:

Sun and Geosphere (4 бр.),
ACS Earth and Space Chemistry (1 бр.),
Int. Rev. Phys. (2 бр.),
Физика Земли (1 бр.),
Геофизический журнал, Инстит. Геофизики, НАНУ (3 бр.),
Ukrainian Antarct. Journal (1 бр.),
Bulgar. Geophys. J. (1 бр.).

Оценка в каква степен приносите са дело на кандидатката

В изследванията в областта на геофизиката, слънчево-земната и космическата физика обикновено преобладават колективните разработки. Но в разглеждания случай се наблюдава изключение. Около половината от горе-посочените публикации (14 броя) са самостоятелни (и то едни от най-силните, работите с най-висок импакт фактор)! В 12

работи тя е първи съавтор! Тази статистика, както и информацията в предходната точка показва активната и водеща роля за кандидатката в творческия процес.

Отражение в науката

Забелязах над 140 цитата в SCOPUS и Google Scholar върху работите в дисертацията, включително в Internet форуми. Така например, работата на д-р Килифарска „Climate sensitivity to the lower stratospheric ozone variations“, публикувана в *J. Atmos. Sol-Terr. Phys.*, 90–91, 9–14, 2012 предизвиква широка дискусия в научната общност и е обсъждана в 26 научни форума посветени на измененията в климата. Публикациите ѝ в научния портал Research Gate са четени от над 3000 учени. Това показва, че резултатите на проф. Килифарска определено представляват интерес за научната общност.

Автореферат

Авторефератът в обем 38 страници съответства напълно на съдържанието на дисертацията.

Лични впечатления

Познавам Наталия Килифарска от 1978 год., когато тя беше студентка във Физическия факултет на СУ и слушаше моя курс по „Космическа геофизика“. През 1980 тя беше моя дипломантка, а впоследствие започна докторантура в секция „Физика на йоносферата“, но поради възможност за продължаване на обучението в чужбина замина за ИЗМИРАН, Троицк, Москва, където защити дисертация през 1986.

Така че имах възможността да наблюдавам целия творчески път на кандидатката. Тя се проявяваше като сериозен и ерудиран учен в областта на средната атмосфера, йоносферата и слънчево-земната физика. При работата с данни използваше модерни статистически подходи. Въз основа на тези анализи предлагаше различни модели за физико-химическите процеси в атмосферата - от земната повърхност до термосферата и високата йоносфера.

Н. Килифарска е много активна в международните контакти и осъществява интензивно международно сътрудничество. Тя е ръководител и участник в 7 международни и национални проекти; национален представител на България в URSI, а също така и в международната колаборация COST ES1005 по космически климат. Има членство в Американския геофизичен съюз (AGU), Международния съюз по радионауки (URSI) и Международната колаборация „Стратосферни процеси и връзката им с климата“ (SPARC).

Има над 30-годишен стаж в анализа и интерпретацията на различни видове данни от спътникови (AURA, TOMS, UARS, AE-C,E,D; DE-B; Bulgaria 1300, IK-19 и др.) и наземни измервания.

Заклучение

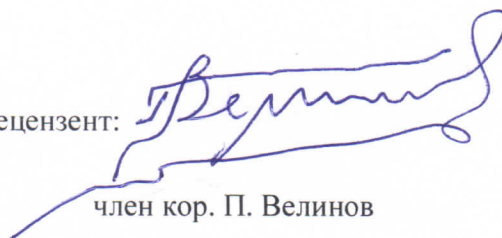
Считам че дисертационния труд на проф. д-р Наталия Андреева Килифарска на тема: „Механизъм за връзка между космическите лъчи, геомагнитното поле и климата на Земята” съдържа важни научни резултати, които представляват оригинален принос – открит е нов физически механизъм на границата на тези три науки. Това показва, че кандидатката е проникнала много дълбоко в процесите на геомагнетизма, атмосферната и космическата физика и на взаимната връзка между тях. Тя открива неизвестни, дълбоки и неочаквани връзки между науката за климата и космическите фактори. Кандидатката комбинира удачно качествата на учен-изследовател, както в теоретичен, така и в експериментален аспект в науките за Земята и Космоса.

Дисертационният труд отговаря напълно на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение.

Приносите са значими и достатъчни. Това ми дава основание да дам изцяло положителна оценка на представения ми за рецензия дисертационен труд и да препоръчам на уважаваното Научно жури да присъди на проф. д-р Наталия Андреева Килифарска научната степен „доктор на физическите науки“ в областта на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика: професионално направление 4.4 Науки за Земята, научна специалност: 01.04.08 “Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство”.

София, 25.03.2018 год.

Рецензент:



член кор. П. Велинов