



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И
ГЕОГРАФИЯ

София 1113, ул. "Акад. Г. Бончев" бл. 3, тел: (02)9793322, факс: (02)9713005
www.geophys.bas.bg, e-mail: office@geophys.bas.bg

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО
ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОГРАФИЯ
№ 473, 11.07. 2016 г.
СОФИЯ

РЕЦЕНЗИЯ

на

Дисертацията на **Петя Владимирова Калейна**, редовен докторант в департамент „Геофизика“ при НИГГГ-БАН, по специалност „Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство“, шифър 01.04.08, научно направление 4.4 Науки за Земята, на тема:

Изучаване на озоновия слой над територията на България

за получаване на образователната и научна степен „доктор“.

Рецензент: проф., д-р *Наталия Андреева Килифарска*

Рецензията е изготвена в съответствие със заповед № 324 (03.05.2016г.) от Директора на НИГГГ-БАН, проф., д-р Св. Симеонов

1. Общи бележки

Петя Калейна е дипломиран магистър по специалността „метеорология“ при Физическия факултет на СУ „Кл.Охридски“. От 2009г. работи в НИГГГ на различни длъжности, като в момента е асистент. От 01.08.2012 г. е зачислена като редовен докторант под ръководството на чл.кор. Н. Милошев, с консултат – гл. асистент Пл. Мухтаров. Прегледа на документите показва, че са положени необходимите изпити и са изпълнени всички условия на ЦО на БАН свързани с доктурантурата.

Представената дисертация е в обем 140 стр. включващи увод, 3 глави, 1 приложение и списък на цитираната литература. Аторефератът е в обем от 47 страници и отразява коректно съдържанието на дисертацията.

2. Характеристика на дисертационния труд

Темата на дисертацията е фокусирана върху много актуален проблем в съвременните геофизични изследвания, а именно – пространствено-времените вариации на атмосферния озон. Темата е актуална не само защото вариациите в плътността на озона са свързани с климатичните промени, биологичните организми и здравето на хората, но и поради факта, че озона се явява свързващо звено в изучаването

на отделните атмосферни слоеве – всеки един от тях характеризиращ се със своята своеобразна специфика.

В увода към дисертацията е направена кратка оценка на състоянието на проблема, поставени са целите и задачите на изследването, предоставена е информация за структурата на дисертацията.

Първа глава е доста обширна (в обем от 45 стр.) и има характер на обзор на общо-приетите схващания за атмосферния озон, и факторите които му влияят. Направен е обстоен преглед на методите за измерване на озона, както и на фотохимичните реакции водещи до образуването и разрушаването на O_3 . Сериозно внимание е отделено на изтъняването на озоновия слой в полярните области и озоновата „дупка“ над Антарктика, на силната абсорбционна способност на O_3 да поглъща слънчевия ултравиолет, на спецификите в средната меридионална циркулация в отделните слоеве на атмосферата – тропосфера, стратосфера и мезосфера и др. За жалост в главата напълно липсват цитати на използваната литература (с изключение на една статия на Пл.Мухтаров), включително и на фигурите от чужди източници. Съществуват и някои неудачни преводи от английски като: O_3 молекула, която е „ударена“ от УВ радиация, *възходящите* движения в атмосферата са преведени като „нарастващи“, а *низходящите* като „потъващи“ и пр.

Бих препоръчала на автора да поработи още малко върху тази глава – за изчистване на терминологичните неточности и добавяне на източниците на информация – след което да я публикува, заедно с части от втора глава, защото информацията на български език за озона е действително изключително недостатъчна.

Глава 2 е посветена на методите на измерване на O_3 , както и на анализа на данните за България. След обстойно описание на съществуващите към момента прибори за наземно и спътниково измерване на O_3 , авторът преминава към анализ на комбинирания ред от наземни и спътникови измервания на тоталното съдържание на озон в атмосферата, на територията на България. Изследвани са корелационните връзки между озона и различни вътрешно-атмосферни и извънземни фактори като вариациите в радиоизлъчването на Слънцето в 10.7 см диапазон и галактичните космични лъчи. Недостатъкът на анализа е, че не е указано нивото на достоверност на изчислените коефициенти на корелация.

Прави впечатление, че на докторанта не му е съвсем ясно какво представлява квази-двугодишната осцилация в зоналният вятър на екваториалната стратосфера (QBO). Ето защо ще си позволя да дам кратко пояснение по въпроса. Това явление е

свързано с квази-периодичната смяна на посоката на зоналният вятър – съответно на запад или на изток – с период между 20-36 месеца, а не е „низходящ вятър“ както смята докторантът. С QBO е свързана появата на т.нар. вторична меридионална циркулация, с която обикновено се свързва наблюдаваният QBO „сигнал“ в концентрацията на озона и другите малки атмосферни съставки.

Направен е анализ и на късопериодичните вариации с периоди на изменчивост по-малки от 1 месец. Намерени са квази-периодични осцилации с периоди 4, 7, 11 и 24 дни. Резултатите са интерпретирани като влияние на тропосферната вълнова активност, въпреки, че както автора сам отбелязва, се наблюдават сезонни несъответствия в наблюдаваните максимални амплитуди в озона и температурата (особено силно проявени в 4 и 7 дневните вариации). Главата завършва с описание на използваните методи.

В трета глава е концентрирана основната изследователска работа на докторанта. Представен е едноточков емпиричен модел за предсказване изменчивостта на озона на територията на България. Модела е разработен в два варианта – *линеен* (в който реда от данни за озона се апроксимира с линеен тренд, квазидвугодишната осцилация в екваториалния занаелен вятър – QBO и стратосферната температура на 68 hPa), а също така и *квадратичен* – включващ квадратична зависимост от същите променливи. И двата варианта на модела, обаче, автора окачествява като „мултилинейна регресия“, което произтича от разбирането му, че *множествената линейна регресия* (на англ. multiple linear regression) е „линейна комбинация от известни функции“ (стр.98). С оглед на точността трябва да отбележа, че това определение е неправилно. По дефиниция, линейната регресия е апроксимация на времевата изменчивост на една променлива с линейна функция от една или няколко променливи. Така, че представеният от автора *квадратичен* модел, всъщност е нелинеен регресионен модел, тъй като съдържа квадратични членове на независимите променливи.

Определянето на коефициентите участващи в регресионното уравнение става посредством решаването на система линейни уравнения. Оптимизирането на задачата се постига посредством минимизиране на средноквадратичното отклонение. Условието за съществуването на екстремум, както и сам авторът отбелязва, е нулирането на първата производна. В представеното уравнение, нулиращо първите производни (III.1.10) липсва една двойка, но допускам, че това е правописна грешка. По-същественото е, че автора не продължава с проверката на достатъчното условие за съществуването на минимум, а именно проверка дали втората производна на функцията

е положителна. Ограничил се е единствено със съобщението, „доказано е че този екстремум е минимум“. Къде е доказан и от кого, това не става ясно.

Що се отнася до интерпретацията на резултатите, имам някои принципни несъгласия с докторанта. Първо, анализа на закъснението в реакцията на O_3 спрямо измененията в стратосферната температура, а именно – 0 дни за линейния модел, и 3 дни – за квадратичния модел показва, че линейният модел описва по-точно физическата свързаност между O_3 и стратосферната температура (T), която е в посока O_3 влияе върху температурата, а не обратно. Тази зависимост може да има обратен знак единствено в полярните региони, където понижението на стратосферната T води до формирането на стратосферни облаци, чийто ледени кристалчета катализират протичането на хетерогенни реакции унищожаващи O_3 .

В подкрепа на твърдението ми, че линейният модел е по-адекватно описание на изменчивостта на озона с времето, са и данните представени в Таблици III.1.4 и III.1.5. От тях се вижда, че и дисперсията, и стандартното отклонение на квадратичния модел са по-големи от тези на линейния. В допълнение – в тестовата 2013 г. линейният модел описва значително по-добре сезонния ход на O_3 от квадратичния (Фиг. III.1.14).

Като цяло адекватността на емпиричните модели не се подобрява нито с увеличаване броят на независимите променливи в регресионното уравнение, нито чрез усложняване на функционалната зависимост. Това се постига единствено чрез физически аргументиран предварителен избор на независимите променливи, както и на функционалната зависимост определяща степента им на влияние върху моделираната (зависима) променлива. Така например, известно е, че дълго-периодичните вариации на O_3 имат нелинеен характер [Kilifarska, JASTP, 2012]. Следователно, при избора на модел е разумно тренда да бъде представен с нелинейна функция. Останалите фактори, имащи кратко-периодично въздействие, спокойно могат да бъдат представени чрез линейни функции. Второ, отнасящо се до избора на стратосферната T като независима променлива – смятам че този избор е неудачен, тъй като високата корелация между температурата и озона се дължи на влиянието на O_3 върху температурата, а не обратно – поне на средни ширини.

Освен анализа на тоталното съдържание на озон в атмосферата, автора е представил и резултати от анализа на средните вертикални профили на O_3 за територията на Българи, по данни от спътника AURA за периода 2004-2014г.. Представена е сезонната вариация на озона в зависимост от височината. Фиг.III.2.3 показва, че над ~ 22 км амплитудата на сезонната вариация намалява с височината, а на

височини на ~ 35 км сезонният ход практически изчезва. Този резултат автора е интерпретирал като отслабване на Брю-Добсон циркулацията. В действителност това е по-скоро резултат от факта, че на тези височини озона е във фотохимично равновесие и времето му на живот е изключително кратко.

Анализа на амплитудата на сезонната вариация на озона на отделни фиксирани височини (Фиг. III,2.4) показва, че максималната амплитуда на сезонната вариация се наблюдава във височинния интервал 17.4–19.8 км, т.е. малко под мин. височина на слоя с най-голяма плътност на озона. За съжаление липсва интерпретация на този интересен резултат.

В допълнение е изследвано и пространственото разпределение на тоталния озон също по данни от спътника AURA. Освен пространственото разпределение на средно сезонната плътност на озона (представена в стереографска проекция) е направена Фурие декомпозиция на данните, с цел дължинните вариации на озона да се представят като сума от средно-зоналните им стойности на дадена ширина и две стационарни вълни с вълнови числа 1 и 2. Този подход при анализа на данните е недостатъчно добре обоснован, тъй като е известно, че дължинните вариации на озона имат нестационарен характер. Така например авторите [Peters et al., 2008] показват съществуването на ~ 20 годишна периодичност в дължинните вариации на озона, която по никой начин не може да бъде описана със стационарни вълни.

Хипотезата, че дължинната асиметрия в разпределението на O_3 е обусловена от вертикално разпространяващи се стационарни планетарни вълни е издигната още в 1995 от Hood и Zaff (1995). Според авторите вълните генерирани вследствие на различията в релефа и температурните разлики между сушата и океана се разпространяват вертикално и достигат до стратосферата. Очевидно повлиян от нея, автора се опитва да внуши, че максимумите в озонната плътност са разположени над континентите. И ако в Северното полукълбо това внушение не е съвсем без основание, то в Южното полукълбо, както се вижда и от данните в дисертацията, тази „закономерност“ е нарушена. Особено добре това е показано на Фиг.III.3.1. Затрудненията на вълновата хипотеза да обясни дължинните вариации в озона възникват и поради факта, че към момента не е открита аналогична дългопериодична изменчивост (с период ~ 20 г.) в планетарната вълнова активност. Нещо повече, анализа на тримерното разпределение на озона показва, че мах. амплитуда на дължинната вариация на O_3 се наблюдава между 150 и 70 hPa [Kilifarska, JASTP, 2016], докато

амплитудата на стационарните планетарни вълни достига своя мах. на 300 hPa [Hood & Zaff, 1995] – т.е. в тропосферата, много под мах. амплитуда на озона.

Проблемът за дължинните вариации на O_3 , както и асиметрията между двете полукълба е много актуален и изключително интересен. Ето защо препоръчвам на автора да задълбочи изследванията си, като същевременно помисли и върху използването на други методи за анализ.

Изводите, базирани на анализа на глобалното разпределение на тоталния озон по данни от спътника AURA търпят някои уточнения. Така например, предположението, че повишената плътност на озона на средни и високи ширини се дължи на Брю-Добсон циркулацията, датира още от времето на нейното откриване (т.е. първата половина на 20в). Съвременните моделни изследвания показват, обаче, че на средни и високи ширини количеството на пренесения от тропиците O_3 е значително по-малко от озона образуван на място, и съставлява не повече от 20% от общото му количество [Grewe, 2006]. Освен това, акцента поставен върху предполагаемото вълново влияние върху изменчивостта на стратосферния озон е недостатъчно обоснован. Що се отнася до квази-вълновите планетарни смущения, открити в страто-мезосферата, те биха могли да се дължат на нееднородното разпределение на стратосферния O_3 , което създава температурни нееднородности в самата стратосфера и да нямат тропосферен произход.

Ще отбележа, че отчитайки получените резултати, дисертацията спокойно би могла да мине и без последното изследване. Полезното все пак е, че докторантът е поработил с глобални данни, което разширява кръгозора и повишава техническите му умения да борави с големи обеми данни.

3. Значимост на научните приноси на автора за науката и практиката

- Безспорно най-сериозният принос на докторанта е създаденият емпиричен модел за прогноз на вариациите на тоталния озон на територията на България. Независимо от необходимостта от някои доработки и усъвършенствания, той определено може да се класифицира като *принос насочен към практиката и потребностите на обществото*.
- На второ място бих поставила обзорната глава, която препоръчвам да бъде публикувана във вид на книжка (с отворен достъп до всички интересувачи се от стратосферния озон), разбира се след обстойна пререботка с цел изчистване на терминологията, както и след коректното цитиране на използваната литература, чужди фигури и пр. Този принос класифицирам като *обогаляващ научното познание*.

- На трето място поставям анализите на тоталния озон и профилите на озона на територията на България, както и спътниковите данни от AURA. Изводите от този анализ не винаги са базирани на най-новите познания в областта и не всякога са достатъчно добре обосновани, но самият факт, че докторантът е усвоил сложни статистически методи за анализ на данни е достоен за похвала. Този принос би могъл да се класифицира като имащ *методологичен характер*.

4. Публикации по дисертацията

Представени са четири публикации по темата на дисертацията – 2 от които в „Българско геофизично списание“, и две в списания с импакт фактор – „Доклади на БАН“ и „Int. J. Polut. Environm“. Всичките 4 публикации са в съавторство с научния ръководител и консултанта като докторантът е първи автор.

5. Критични бележки

Критичните ми бележки са свързани най-вече с недостатъчната прецизност при оформянето на текста. Както вече отбелязах по-горе, съществуват неточности в използваната терминология, което до голяма степен е свързано с превода от английски. Така например вместо *ниска* стратосфера и *висока* тропосфера навсякъде в текста се използват термините „долна“ и „горна“. „Oxides“ на български се превежда като окиси и т.н.

Съществуват някои неточности в позоваването на отделни фигури, неточности в изписването на някои формури (например III.1.4 и III.1.6) и т.н.

Буди недоумение факта, че при описанието на стандартни математически методи и процедури като *wavelet* анализа или *разложението в ред на Телор*, докторантът цитира научния си консултант, вместо създателите на метода – A. Haar, D. Gamor, J. Morlet и пр., или пък общоприети учебни помагала.

Искам специално да отбележа, че тези бележки, както и направените на някои места уточнения, нямат за цел да омаловажат или да оспорят приносите на докторанта. Петя Калейна е един сериозен млад изследовател, трудолюбив и амбициозен, ето защо коментарите ми целят да ѝ покажат, че: (i) интерпретацията на данните не винаги е еднозначен процес, а също така, (ii) че най-популярното обяснение не винаги е най-близо до истината.

6. Заключение

Представеният ми за рецензиране труд е актуален и дисертабилен. Докторанта демонстрира добри умения да обработва и анализира различни видове данни – както от наземни така и от спътникови измервания. Дисертационния труд показва, че автора му

е натрупал обширни познания в методиката на измерванията, както и за основните физически процеси влияещи върху пространствено-времевите вариации на стратосферния озон. Тези знания и умения са от съществено значение за по-нататъчната му работа като изследовател.

Отчитайки научните приноси на автора и съобразявайки се с изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България, и Правилника за неговото приложение, мога да заключа, че кандидата притежава необходимите качества и опит за придобиването на научно-образователната степен “доктор”. Това ми дава основание да препоръчам на уважаемото научно жури да гласува утвърдително за присъждането на степента „доктор“ на *Петя Владимирова Калейна* по научна специалност 01.04.08 “Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство”.

Автор на рецензията: 

/ професор, доктор Н. А. Килифарска/

София
10.07.2016

Цитирана литература:

- Grewe V., The origin of ozone. 2006. Atmos. Chem. Phys., 6, 1495–1511.
- Hood, L. L., Zaff D. A., 1995. Lower stratospheric stationary waves and the longitude dependence of ozone trends in winter, J. Geophys. Res., 100, D12, 25791-25800.
- Kilifarska, N.A., 2012. Climate sensitivity to the lower stratospheric ozone variations. J. Atmos. Sol-Terr. Phys. 90–91, 9–14.
- Kilifarska N.A., 2015. Bi-decadal solar influence on climate, mediated by near tropopause ozone, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 136, 216-230.
- Peters, D.H.W., Gabriel, A., Entzian G., 2008. Longitude-dependent decadal ozone changes and ozone trends in boreal winter months during 1960–2000, Ann. Geophys., 26, 1275–1286.