

СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ

на

гл. ас. д-р Румяна Цветанова Божилова

за участие в конкурса за заемане на академична длъжност **доцент** по професионално направление 4.4. Науки за Земята, научна специалност „Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство“ – секция „Физика на атмосферата“, обявен в Държавен вестник, бр. 54 от дата 4.07.2025г.

**Постиженията на кандидата са обобщени и разделени на най-съществените приноси по отделните тематики, в които са отразени представените публикации. В конкурса са представени общо 36 публикации. Посочените в този документ статии са в съответствие със списъка на публикациите, представени за участие в конкурса.*

Изследването на различните геофизични величини позволява да се получи детайлна информация и по-добро разбиране за процесите на взаимовръзка в слънчево-земната физика. Вариациите и процесите на слънцето оказват съществено влияние върху магнитното поле на Земята и състоянието на високата част от атмосферата, отговорна за радиокомуникациите и точността на позициониране на приемниците. В някои случаи процеси от литосферен произход се оказват значими за електронното съдържание във високата атмосфера, а явления от космически произход са отговорни за аномалии в поведението на компонентите на Земното магнитно поле.

Приносите могат да бъдат групирани в следните тематични направления:

1. Локално и глобално проявление на йоносферна реакция в зависимост от вариациите в слънчевата и геомагнитната активност.

1.1. Локално (едностанционно) проявление на йоносферните аномалии в резултат от геомагнитни смущения

Значителна част от изследванията за влиянието на избрани геомагнитни бури върху електронната концентрация са реализирани на базата на данни от йоносферна станция София или от създадения емпиричен модел за прогнозиране на йоносферата (B4-1; B4-2; B4-3; B4-4; B4-5; B4-6; B4-8; B4-11).

При анализа на някои геомагнитни бури, регистрирани през зимните месеци, отчетливо се вижда негативната реакция на средноширинната йоносфера, както и аномалиите, отчетени в магнитограмите на X-компонентата от геомагнитна обсерватория Панагюрище към Националния Институт по Геофизика, Геодезия и География – БАН (публикации B4-1, B4-2 и B4-4).

В отделно изследване са представени резултатите на йоносферната реакция по време на втората силна геомагнитна буря (G3) от настоящия 25 слънчев цикъл, настъпила през ноември 2021г. Направено е сравнение на стойностите на критичната честота при вертикално разпространение foF2 и максимално приложимата честота на радиосвързка при дистанция 3000 км, получени от емпиричен модел с измерените стойности на тези величини от йоносферна станция San Vito. Сравнението между стойностите по време на бурята (4 ноември 2021) показва, че критичните честоти нарастват в сравнение със спокойните дни. Важно заключение е, че наблюдаваната реакция на йоносферата над София, синтезирана чрез модела е аналогична на тази територията на Италия, което е потвърждение за валидността на модела (публикация B4-8).

Освен стойностите на тоталното електронно съдържание (ТЕС) и критичната честота на F2 областта (foF2) при някои изследвания се използват и данните за височината на максимума на F2-

областта ($hmF2$), както и профила на електронната плътност $N(h)$, получени чрез интерпретация на йонограми, които йоносферните станции за вертикалния сондаж предоставят. Конкретен пример за сравнението поведението на изброените йоносферни характеристики за станция София в условията на три геомагнитни бури регистрирани през януари 2005 е публикувано в *B4-5*. Резултатите от представените ходове на релативното отклонение показват, че в зимни условия всички изброени по-горе параметри реагират положително и се наблюдава увеличение в електронната концентрация на средни ширини.

Друго изследване представя сравнение на резултатите от емпиричния модел и актуални измервания от йоносферна станция е приложено за екстремалната буря през май 2024. Анализът включва сравнение между поведението на данните за критичната честота на F2-областта ($foF2$) за територията на София ($42.5^{\circ}N$, $25^{\circ}E$) - моделни стойности и измерените стойности в станция Рим-Италия ($RO041$, $41.9^{\circ}N$, $12.5^{\circ}E$). Изборът на йоносферната станция в Италия е свързан с факта, че тя е разположена на географска ширина съвпадаща с тази на София, което предполага сходни аномалии в поведението на йоносферата. Освен данните за $foF2$ са анализирани и данните за тоталното електронно съдържание (TEC) за две точки, които са най-близки по координати до избраните локации в София и Рим. Използвано е релативно отклонение на величините с цел да се определи типа реакция – положителна или отрицателна като е съобразено и локалното време на избраните точки. Резултатите показват, че при геомагнитната буря от 10-12 май 2024 йоносферната реакция е отрицателна в двете йоносферни характеристики TEC и $foF2$, като по-значителна е в станция Рим спрямо София. Получените резултати, обобщаващи написаното по-горе, публикувани в *B4-11*, потвърждават доброто представяне на модела в условия на силни геомагнитни смущения.

Статистическите оценки за влиянието на слънчевата и геомагнитната активност върху йоносферата над София, на базата на данни от вертикалния сондаж, за периода 1995- 2014 показват, че съществува добре изразена денонощна и сезонна зависимост между разглежданите величини, както и (публикации *B4-3*, *B4-6*, *B4-9*).

Използването на модифицирани индекси на слънчевата и геомагнитната активност осигурява тяхното унифициране с данните за йоносферата, които също се преобразуват чрез въвеждане на релативно отклонение. Тези математически операции позволяват в данните, използвани като причина да бъдат премахнати съответните вариации в геомагнитната активност с времеви мащаб по-голям от 27 денонощия, а в слънчевата активност вариациите, в резултат на 11- годишния цикъл на Слънцето. Чрез въвеждането на корелационен анализ е показана връзката между йоносферата и процесите, предизвикващи аномалии в слънчевата и геомагнитна активност. Получените резултати за период от 20 години показват, че в летни условия йоносферната реакция спрямо вариациите в геомагнитната активност е отрицателна със закъснение от половин ден. В зимни условия са получени два типа реакция – положителна със закъснение около 12 часа, последвана от отрицателна със закъснение от няколко дни (50-110 часа). Връзката на йоносферната реакция и късопериодичните изменения в слънчевата активност е винаги положителна, като не се наблюдава добре изразен сезонен ход в времезакъснението на йоносферната реакция. Изключение правят месеците януари и февруари, когато времезакъснението на реакцията е по-значително (около 80 часа) спрямо месеците от април до юли (около 40 часа) – публикация *B4-3*.

В друго изследване от направените кроскорелационни анализи следва, че негативната реакция на йоносферните параметри в зависимост от геомагнитната активност е силна през летните и равноденствени месеци и отслабва през зимните като получава допълнително закъснение. Негативната реакция в нощни условия се оказва по- значима отколкото в дневни условия. Положителна реакция практически без закъснение се наблюдава само през зимните месеци в дневни условия (публикация *B4-6*).

Локалната зависимост на релативното отклонение на йоносферните характеристики $foF2$ и TEC от геомагнитната активност се представя като разложение в ред на Фурие, включващ четирите основни хармоника на денонощния ход. Получената отрицателна реакция, която има сходно проявление и в двете йоносферни величини се максимизира в часовете около 6 и 21 по локално време. За разлика от получената отрицателна йоносферна реакция в часовете около изгрева на

Слънцето (6 часа по локално време), която се наблюдава през цялата година, в часовете между 20-21 по локално време, отрицателната реакция се регистрира само през равноденствените месеци и лятото. От приложеното Фурие разложение се получава, че основната компонента с период 24 часа преобладава през зимните месеци особено в TEC, докато 12 часовата се отличава в летните месеци (публикация B4-9).

1.2. Пространствено разпределение на йоносферната реакция при наличие на геомагнитни бури

Глобалното проявление на реакцията на йоносферата за трите бури от 7-8 януари, 17-19 януари и 21-22 януари 2005 е сравнено с данни съвпадащи с координатите на София. Използването на данни за профила на електронната концентрация $N(h)$ от йоносферна станция София е приложено за изчисление на подмаксимумната част – до максимума на F2 областта. Получените данни са извадени от пълния TEC, който е получен чрез Global Navigation Satellite System (GNSS) измервания от Center for Orbit Determination of Europe (CODE), като резултатът дава надмаксимумната част. По този начин е направена сравнителен анализ и оценка на аномалиите в отделните области и е получено, че при всички разгледани събития през 2005 поведението на йоносферата в подмаксимумната част е различно от останалите две области (публикация B4-7).

Използването на избрани йоносферни станции, включващи Juliusruh- Германия(JR055 54.6°N, 13.4°E); Dourbes-Белгия (DB049 50.1°N, 4.6°E); Pruhonice- Чехия (PQ052 50°N, 14.5°E); Sopron-Унгария (SO148 47.4°N, 16.4°E) и San Vito, Италия (VT139 40.6°N, 17.8°E) позволяват да се проследи аномалиите и вариабилността на йоносферата през регистрираните геомагнитни смущение от март и април 2023. В допълнение на анализа е представено и пространственото разпределение на реакцията на измерените стойности на тоталната електронна концентрация за северното полукукло. Резултатите ясно потвърждават полученото от станциите увеличение на електронната плътност в дните на бурята за средни ширини (публикация B4-10 и B4-10_Supplementary material).

2. Създаване на автоматизирана система за информация и анализ на вариациите на Земното магнитно поле, свързани с процеси от слънчев и космически произход.

2.1. Описание на създадения програмен продукт и възможности за неговото практическо приложение

Основния принос в този раздел и всички реализирани изследвания, свързани с вариациите в компонентите на Земното магнитно поле в резултат на различни външни фактори се базират на разработената система за събиране на геомагнитни данни. Създаденият програмен пакет, съдържа софтуер, предназначен за автоматично изтегляне на геомагнитни данни от зададени геомагнитни станции, участващи в световната база с геомагнитни измервания INTERMAGNET (<https://intermagnet.org/>).

Програмите от пакета са разработени като конзолни приложения, като в пакета са включени следните функции: (а) Автоматично изтегляне на данни както за текущия ден, така и за избран интервал време; (б) Запис на данните във файлове в табличен текстов и бинарен формат, като информацията за станцията и датата на данните се съдържа в името на файла; (в) Разработена е програма за изчисляване на средночасовите стойности на елементите на земното магнитно поле и записът им по месеци и години.

Възможностите, които предоставя разработения софтуер, както и някои геофизични изследвания реализирани на базата на пакета са представени в разработки Г7-2 и Г7-3.

Едно от приложенията на пакета е свързано с определяне на локалния индекс K за геомагнитна обсерватория „Панагюрище“, който характеризира смутеността на магнитното поле на Земята, предзвикано от въздействието на слънчевия вятър върху системата магнитосферата-йоносферата-атмосфера (Г7-2).

Друго приложение на програмния продукт е изследването на зависимостта на вариациите на компонентите на Земното магнитното поле за средноширинната обсерватория „Панагюрище“ от глобалните геомагнитни индекси Kp и Dst както в магнитоспокойни условия, така и при

геомагнитната буря от 26 септември 2011. Резултатите от приложения корелационен анализ с Кр показват най-значима корелация с X компонентата (около 50%) в сравнение с другите две компоненти Y и Z. С индекса Dst корелационната зависимост е практически без закъснение и отново най-съществена е за X компонентата (около 80%). Полученото закъснение при корелационния анализ дава основание да се предположи, че съществува инертен процес (Г7-3).

2.2. Изследване влиянието на суббури върху измененията на хоризонталната компонента на геомагнитното поле на база геомагнитни данни, получени от разработената система.

Използването на значителния времеви интервал данни, получен чрез създадения софтуер се базира на директното четене на данните от екрана на компютъра, като автоматично е предвидено попълване на липсващите данни със зададения код за пропуск за съответната компонента. Допълнителното усъвършенстване на софтуера е съобразено с нуждите на програмния език IDL, като по този начин се дава възможността да се извършат анализи свързани с проявите на суббури в полярните области, на базата на данните за магнитното поле (резултатите са публикувани в статии Г7-4; Г7-5; Г7-6; Г7-7; Г7-8; Г7-9; Г7-10; Г7-11; Г7-12; Г7-13; Г7-14; Г7-15; Г7-16; Г7-17; Г7-18; Г7-19; Г7-20; Г7-21).

Резултатите от изследването на разпространението на геомагнитните смущения до средни ширини са реализирани чрез подбор на избрани суббури и данни от геомагнитни обсерватории, разположени по цялото земно кълбо. За целите на всички изследвания, свързани с пространственото разпределение на измененията на елементите на магнитното поле на Земята и смяната на знака по време на суббури са използвани данни от INTERMAGNET. На базата на тези данни са получени ширинните вариации и е определена приблизителната ширина, на която става смяна на знака на компонентите на магнитното поле. Освен създадения софтуер за теглене на геомагнитни данни е съставена програма за преработка на данните от сайта на International Monitor for Auroral Geomagnetic Effects – IMAGE с цел унифицирането им с данните от INTERMAGNET (Г7-15). Изследванията показват: а) мястото на промяна на знака на компонентите; б) пространственото разпределение на аномалиите, които различните по интензитет суббури предизвикват в елементите на постоянното Земно магнитно поле (публикации според номерацията на списъка Г7-4; Г7-5; Г7-6; Г7-8; Г7-9; Г7-11; Г7-12; Г7-16).

Определянето на индекса на средноширинните магнитни максимуми (the midlatitude positive bay index - МРВ), мярка за надлъжните токове, свързани с електроджетата, е извършено за всеки разгледан пример в представените статии и разработки Г7-13; Г7-14; Г7-17; Г7-18.

Извършени са изследвания на базата на геомагнитната обсерватория Панагюрище, част от Националния Институт по Геофизика, Геодезия и География - БАН (публикувани в Г7-19; Г7-20). Обобщените резултати на тези изследвания представляват подробен каталог за последните четиринадесет години, чиито данни за изменението на X и Y компонентата на магнитното поле на Земята са получени на база разработения програмен продукт (публикации с номера Г7-9 и Г7-10).

Резултатите от всички изследвания за вариациите на магнитното поле в резултат на суббури, както и създаване на каталози и различни методики за обработка са реализирани като отделни задачи, част от международен проект между България и Русия чиито обобщени анализи са представени в Г7-21.

3. Пространствено проявление и изследване на вариациите на екваториалния кръгов ток в X компонентата на магнитното поле в условията на геомагнитни бури.

Проявлението на геомагнитните бури и тяхното влияние върху X компонентата на Земното магнитно поле, както и съдържащите се в нея вариации, предизвикани от Dst индекса са разгледани в публикации (Г7-22 и Г7-23).

На базата на създадения софтуер е избрана верига от геомагнитни станции, разположени в близост до магнитния екватор, като е изследвана зависимостта на реакцията на X компонентата и съдържащата се в нея Dst вариация от локалното време. Предложена и методика за реконструиране на X компонентата като са приведени и примери за оценка на качеството на разработения модел в

условията на геомагнитната буря през февруари 2022. В конкретния случай според модела Dst за даден момент от време се характеризира с една осреднена стойност по локално време и 4 амплитуди и фази на компонентите на денонощния ход. Зависимост на реакцията на X компонентата от локалното време е представена чрез разложение в ред на Фурие с основен период 24 часа и съответните косинусови компоненти с период 24ч., 12ч, 8ч. и 6ч (резултатите са представени в Г7-22).

Идентично изследване за наличието на Dst вариациите в X компонентата на Земното магнитно поле е и ширинното разпределение на тези изменения в условията на геомагнитната буря от 3 февруари 2022 е публикувано в Г7-23. Използвани са данните от избрани геомагнитни обсерватории, като предварително са премахнати Sq вариациите и е приложено групиране по области: (i) Източна Европа, (ii) Западна Европа, (iii) Източна Азия. Получените коефициенти на линейна регресия за всяка от областите показват намаляване на влиянието на Dst върху измененията в X компонента в посока от екватора към по-високи ширини. Резултатите позволяват да се предложи методика за отфилтриране на влиянието на екваториалния кръгов ток върху магнитните данни за средни ширини. Така отфилтрираните данни предоставят възможност за по-точно изследване на влиянието на процесите в полярния овал, в това число и ефектите свързани със суббурите в него (публикация Г7-23).

4. Зависимости и прогноза на биологически ултравиолетовата радиация.

Изследването на нивото биологически активната ултравиолетова радиация в зависимост от сезона, зенитния ъгъл на слънцето и атмосферните условия, определящи прогнозата за времето, е извършено на базата на измервания, а резултатите са обосновка за създаване на емпиричен модел за прогнозиране (публикации Г7-1; Г7-24 и Г7-25).

Непрекъснати мониторинг на ултравиолетовата радиация, който е част от дейностите към Националния Институт по Геофизика, Геодезия и География –БАН от 2007г. до настоящия момент, позволява да се приложи анализ за проследяване на дневните и сезонни особености на поведението на UV индекса. На базата на получените резултатите и добре известната зависимост от квадрата на косинуса на зенитния ъгъл на слънцето е предложен емпиричен модел за прогнозиране на средночасовите стойности на UV индекса в зависимост от локалното време и съответния ден от годината при ясно време (публикация Г7-24).

На базата на резултатите от предложената методика е приложен сравнителен анализ на сезонната зависимост на UV индекса при фиксиран зенитен ъгъл на слънцето и стойностите на параметъра, получени чрез линейна регресия с Total Ozone Column (TOC) и концентрацията на фини прахови частици с диаметър $d < 10 \mu\text{m}$ (PM10). Представеното сравнение на тренда на измерените и прогнозираните стойности показва задоволително сходство и може да се използва за оценка на качеството на прогноза (публикация Г7-1).

Използването на ръчно измерени стойности на потока ултравиолетова радиация UVA (315–400 nm) и UVB (280–315 nm) предоставя възможност да се провери теоретичната им зависимост от зенитния ъгъл на слънцето при ясни условия. Резултатите показват, че се потвърждава зависимостта на UVB индекса от квадрата на косинуса на зенитния ъгъл на слънцето, докато за UVA индекса тази зависимост е близка до първа степен на косинуса на зенитния ъгъл на слънцето, което може да се обясни с по-слабото поглъщане на тази компонента от слънчевия спектър в атмосферата (публикация Г7-25).

30.08.2025г.

.....
/гл. ас. д-р Румяна Божилова /