

## ВІДГУК

офіційного опонента

Швеця Олександра В'ячеславовича

на дисертаційну роботу Резниченко Марини Олексіївни

**«Прояви слабких варіацій космічної погоди в системі іоносфера-плазмосфера:  
результати спостережень та моделювання»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія з галузі знань 10 – Природничі науки.

### **Актуальність теми**

Дослідження сонячно-земних зв'язків грає важливу роль у прогнозуванні впливу сонячних спалахів електромагнітного випромінювання та сонячного вітру на навколосемне та навколишнє середовище. Такий вплив поширюється на космічні апарати, канали наземного та космічного радіозв'язку, наземні мережі енергозабезпечення і потребує врахування при створенні відповідних систем для забезпечення їх безпечного та надійного функціонування. Широкий спектр інструментів космічного та наземного базування використовується для вивчення проявів космічної погоди у навколосемному плазмовому середовищі, орієнтований зазвичай на випадки сильних геокосмічних бур, пов'язаних із значними варіаціями міжпланетного магнітного поля та швидкості сонячного вітру. Тем не менш, кількість засобів спостережень обмежена, експериментальні дані отримуються в різні періоди часу, різними методами та інструментами, в різних регіонах та на різних висотах. Як наслідок, порівняно мала кількість досліджень на цей час була присвячена взаємодії підсистем в системі іоносфера-плазмосфера та механізмам, відповідальних за цю взаємодію. В цьому напрямку, дослідження слабких бур, які виникають значно частіше, особливо в періоди спаду та мінімуму сонячної активності, дозволили б отримати більш детальну інформацію про зміни в системі іоносфера-плазмосфера, викликані збуреннями космічної погоди.

У зв'язку з цим, дисертаційна робота Резниченко Марини Олексіївни, метою якої є дослідження впливу слабких змін космічної погоди на систему іоносфера-плазмосфера за допомогою мультиінструментальних досліджень, які поєднують дані радару некогерентного розсіяння, іонозондів, супутникові дані, та моделювання фізичних процесів, має не тільки фундаментальне, а й велике прикладне значення.

## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується та підтверджується:

- коректною постановкою мети та завдань дослідження та обґрунтованим застосуванням сучасних та адекватних методів їх вирішення;
- коректним користуванням інструментарієм методів математичної статистики та статистичної радіофізики та сучасних фізичних моделей системи іоносфера-плазмосфера;
- детальним аналізом наукових праць, що містять сучасні дослідження вітчизняних та зарубіжних авторів, присвячених вивченню іоносфери та магнітосфери Землі;
- позитивними результатами апробації результатів дисертаційного дослідження на міжнародних конференціях та їх використанням в науково-дослідницьких роботах Інституту іоносфери, про що свідчать акти впровадження, наведені в «Додатку А».

### **Достовірність результатів досліджень**

Достовірність результатів досліджень не викликає сумнівів. Спостереження за станом іоносфери отриманих в дисертаційній роботі базуються на використанні сучасних методів некогерентного розсіяння та вертикального зондування, розвинутих в Інституті іоносфери НАН і МОН України, які дозволяють отримувати детальну інформацію щодо низки параметрів іоносфери та магнітосфери у широкому діапазоні висот. Для аналізу результатів спостережень використовувалися класичні методи математичної статистики та статистичної радіофізики. Дослідження фізичних механізмів, відповідальних за спостережувані зміни в системі іоносфера-плазмосфера, виконувалися за допомогою фізичного моделювання системи іоносфера-плазмосфера із використанням фізичної моделі Field Line Interhemispheric Plasma (FLIP), яка дозволяє уникнути суттєвих невизначеностей у вхідних параметрах. Змодельовані варіації параметрів плазмового середовища були підтверджені шляхом співставлення з даними спостережень міжнародних іоносферних і плазмосферних супутникових місій, в тому числі, у глобально рознесених пунктах спостережень.

### **До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

- показано, що слабкі варіації космічної погоди здатні призводити до значної перебудови взаємодії в системі іоносфера-плазмосфера, викликаючи, зокрема, сильну модуляцію інтенсивності іоносферно-плазмосферних потоків іонів водню;

- встановлено механізми, відповідальні за зміни у взаємодії іоносфери та плазмосфери. Головними причинами змін є вертикальний рух іоносфери або часткове спустошення плазмосфери;

- встановлено, що найбільш чутливим до слабких змін космічної погоди параметром іоносферної плазми є відносна концентрація іонів водню  $H^+$ . Ця знахідка дозволила розробити рекомендації щодо підвищення прогностичних можливостей моделі іонного складу зовнішньої іоносфери міжнародного стандарту International Reference Ionosphere.

### **Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання**

Практичне значення дисертаційної роботи Резниченко М.О. полягає в одержанні нових даних та знань про реакцію системи іоносфера-плазмосфера на слабкі зміни космічної погоди, які сприяють поглибленню розуміння впливу Сонця на навколоземний космічний простір та дозволяють просунутися у розв'язанні актуальних проблем прогнозування космічної погоди. Розроблені рекомендації щодо корегування моделей навколоземного плазмового середовища задля достовірного прогнозування негативного впливу іоносфери та плазмосфери на рух та функціонування космічних апаратів, супутникових систем зв'язку, радіолокації та глобального позиціонування.

Результати дисертаційної роботи стали складовою 4-х науково-дослідних робіт Інституту іоносфери НАН і МОН України в яких авторка була виконавцем та відповідальним виконавцем. Впровадження результатів дисертаційної роботи засвідчено відповідними актами Інституту іоносфери НАН і МОН України.

### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Результати дисертаційної роботи викладені у 4-х статтях у зарубіжних та вітчизняних наукових фахових виданнях, три з яких включені до наукометричної бази Scopus. Також, результати дисертаційної роботи, які додатково відображають наукові результати дисертації опубліковані у 4-х статтях у наукових виданнях та у монографії. Результати дисертації пройшли апробацію на 12-ти міжнародних конференціях, школах і семінарах на протязі 5-ти років з 2017 до 2021 р. Це дозволяє зробити висновок, що результати досліджень, проведених авторкою, опубліковані з достатньою повнотою у наукових періодичних виданнях та представлені безпосередньо широкому колу вітчизняних та міжнародних фахівців в області іоносферних та магнітосферних досліджень.

## **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертація Резниченко М.О. складається з анотації двома мовами, вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел, та двох додатків. Результати досліджень в дисертаційній роботі викладені ясно, логічно, з використанням загальноприйнятої наукової термінології в галузі фізики іоносфери. Стиль викладу матеріалу стислий, лаконічний, у повному об'ємі відповідає тематиці наукового дослідження. В дисертації проведено глибокий аналіз досліджуваної проблеми вивчення фізичних механізмів впливу змін космічної погоди на систему іоносфера-плазмосфера, коректно поставлені завдання та виконано великий об'єм експериментальних досліджень та моделювання фізичних процесів в плазмовій оболонці Землі. Обґрунтованість висновків по кожному розділу не визиває сумнівів. Анотація двома мовами і Висновки адекватно і повністю відображають зміст дисертації.

## **Академічна доброчесність**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

## **По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

- 1) Перелік умовних скорочень було б доцільно сортувати за алфавітом.
- 2) Відсутнє розшифровка скорочення EUV.
- 3) Розгляд експериментальних даних радару НР за окремі дати у підрозділах 2.2 – 2.3 виглядає відірваним від супутніх подій у змінах космічної погоди. Для співставлення було б доцільно посилатися на відповідні графіки, представленими у підрозділі 2.1.
- 4) Рис 2.8 – 3.7, 3.13 – 3.14 суцільна нумерація часу на осі абсцис протягом декількох діб не відповідає згадуванню часу окремих подій в форматі години:хвилини в тексті, що ускладнює сприймання матеріалу для читача.
- 5) Відсутні згадування в тексті та у підписах щодо графіків змін параметрів космічної погоди ( $A_E$ ,  $V_{sw}$ ,  $E_y$ ,  $B_z$ ) представлених на Рис. 2.12–2.14.
- 6) Немає пояснень розривам на графіках часових залежностей  $N(O)$  рисунках 3.1 – 3.2.
- 7) Підпис до рисунку 3.16 містить помилкове словосполучення «...міжпланетне магнітне поле Землі» замість «міжпланетне магнітне поле».

Зазначені вище зауваження жодним чином не зачіпають якість, змістовність роботи, її практичну значимість і новизну отриманих результатів.

## ВИСНОВОК

Тема і зміст дисертаційної роботи Резниченко Марини Олексіївни «Прояви слабких варіацій космічної погоди в системі іоносфера-плазмосфера: результати спостережень та моделювання», відповідають спеціальності 104 – Фізика та астрономія з галузі знань 10 – Природничі науки та відповідають вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та вимогам пунктів 10, 11, 12 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. №167 зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. №979). Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає у вивченні впливу слабких змін космічної погоди на систему іоносфера-плазмосфера за допомогою мультиінструментальних досліджень та моделювання фізичних процесів.

Враховуючи актуальність, обґрунтованість наукових положень і висновків, наукову новизну дисертаційної роботи та дотримання академічної доброчесності вважаю, що Резниченко Марина Олексіївна здібна самостійно ставити та вирішувати складні наукові задачі в області іоносферних та магнітосферних досліджень та заслуговує на присвоєння наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія з галузі знань 10 – Природничі науки.

Офіційний опонент:  
провідний науковий співробітник  
Інституту радіофізики та електроніки  
ім. О. Я. Усикова НАН України  
доктор фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник  
28.12.2021 р.

Підпис Олександра ШВЕЦЯ засвідчую:  
Т.в.о. Вченого секретаря  
Інституту радіофізики та електроніки  
ім. О. Я. Усикова НАН України,  
кандидат фізико-математичних наук



Олександр ШВЕЦЬ

Сергій ПОНОМАРЕНКО

