

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна,
доктору фізико-математичних наук,
професору Віктору КАТРИЧУ
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, завідувача кафедри загальної фізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доктора фізико-математичних наук, доцента Лазоренка Олега Валерійовича на дисертаційну роботу Голуб Марії Юріївни «Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля», подану на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Наприкінці 1970-х рр. на кафедрі космічної радіофізики Харківського державного університету (саме так тоді називався Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна) було зроблено відкриття фундаментального явища виникнення великомасштабних і глобальних збурень у геокосмосі під дією потужного нестационарного джерела. У рамках теоретичного обґрунтування цього непересічного явища керівником цієї групи дослідників, членом-кореспондентом НАН України, доктором фізико-математичних наук, професором Л. Ф. Чорногором було сформульовано нелінійну та системну парадигми, які стверджують, що у складних, відкритих, нелінійних, динамічних системах під дією потужного нестационарного джерела енерговиділення виникають дуже складні та різноманітні процеси, які, зокрема, можуть бути класифіковані як короткочасні, надширокосмугові, нелінійні та фрактальні. Система Сонце – міжпланетне середовище – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля (СМСМІАЗ) є саме такою складною, відкритою, нелінійною, динамічною системою. Одним із згаданих дуже складних процесів, що виникають у системі СМСМІАЗ під дією як природних, так і техногенних джерел енерговиділення, є часові варіації магнітного поля Землі.

Метою дисертаційної роботи Голуб М. Ю. є дослідження часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля та встановлення їхніх характерних часових

масштабів і фізичних механізмів формування, викликаних дією потужних джерел енерговиділення різної фізичної природи.

Об'єктом дисертаційного дослідження є геомагнітне поле Землі як складна динамічна система.

Предметом дисертаційного дослідження є часові варіації рівня флуктуацій компонент геомагнітного поля й їхні спектрально-часові характеристики.

Аналіз часових варіацій геомагнітного поля є вкрай важливим для розуміння фізичних механізмів формування геомагнітних збурень, оцінки стану геокосмічної обстановки та визначення її впливу на природні й технічні системи. У цій дисертаційній роботі представлено оригінальні результати докладних досліджень геомагнітних ефектів чотирьох сонячних затемнень, двох сонячних і геокосмічних бур, низки катастрофічних явищ (потужного землетрусу та вибуху вулкану). Встановлено характерні часові масштаби, амплітуди та спектральні особливості флуктуацій геомагнітного поля для різних типів збурень. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення моделей геомагнітних збурень, моніторингу космічної погоди та оцінки впливу геокосмічних процесів на природні й технічні системи. Таким чином, можна зробити висновок, що тема дисертаційного дослідження Голуб М. Ю. є важливою й **актуальною**.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому й оформлення.

Дисертаційна робота Голуб М. Ю. складається із анотацій, викладених українською й англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатку, що містить перелік публікацій автора дисертації. Загальний обсяг тексту дисертації складає 277 с., з яких основного тексту – 165 с. Робота містить 96 рисунків і 33 таблиці. Список використаних джерел складається з 234 найменувань.

У **Вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи, продемонстровано її зв'язок з науковими програмами, планами та темами, сформульовано мету й основні задачі роботи, вказано об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, описано методи досліджень, що було застосовано у роботі, та визначено особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів дисертації та статистичну інформацію про публікації здобувача за темою дисертації, а також про структуру й обсяг дисертації.

У **першому розділі «Аналітичний огляд»** представлено власне аналітичний огляд сучасних уявлень про геомагнітне поле Землі, його структуру й основні джерела збурень. Розглянуто результати попередніх досліджень геомагнітних ефектів, спричинених дією різноманітних потужних нестаціонарних джерел енерговиділення як природнього, так і штучного походження (магнітними бурями, сонячними затемненнями, падінням метеороїдів, проходженням сонячного термінатора, землетрусами, вулканічною

активністю, потужним радіовипромінюванням та інфразвуковими впливами). Показано, що флуктуації геомагнітного поля є чутливим індикатором процесів у системі СМСМІАЗ.

У другому розділі «Геомагнітні ефекти сонячних затемнень» містяться відомості про дослідження геомагнітних ефектів чотирьох сонячних затемнень (10 червня 2021 р., 25 жовтня 2022 р., 14 жовтня 2023 р. та 8 квітня 2024 р.). Ґрунтуючись на магнітометричних спостереженнях, проаналізовано часові зміни рівня флуктуацій геомагнітного поля під час затемнень і після їхнього завершення. Встановлено особливості реакції геомагнітного поля, пов'язані з перебудовою іоносферних струмових систем та інерційним характером процесів у геокосмічному середовищі.

У третьому розділі «Геомагнітні ефекти сонячних і геокосмічних бур» наведено результати дослідження геомагнітних ефектів сонячних і геокосмічних бур. Проведено статистичний аналіз геомагнітних бур, а також детально досліджено події 28 квітня – 2 травня 2023 р. і 4 – 7 листопада 2023 р. Показано, що в періоди підвищеної геомагнітної активності відбувається істотне зростання амплітуди флуктуацій геомагнітного поля та розширення їхнього спектрального складу, що відображає складну динаміку магнітосферних струмових систем.

У четвертому розділі «Геомагнітні ефекти катастрофічних явищ» викладено результати аналізу геомагнітних ефектів катастрофічних явищ. Досліджено часові варіації флуктуацій геомагнітного поля, пов'язані з землетрусами та вибухами супервулканів. Показано, що такі події можуть супроводжуватися реєстрованими геомагнітними збуреннями, які зумовлені атмосферно-іоносферними та магнітосферними механізмами перенесення енергії.

Наприкінці кожного з розділів дисертації наявні висновки, в яких стисло сформульовано основні наукові та практичні результати, отримані у цьому розділі.

У загальних Висновках стисло сформульовані основні наукові результати, отримані здобувачкою у результаті проведення досліджень за темою дисертації.

У Списку використаних джерел наведено посилання на використані класичні та сучасні літературні джерела.

Додаток А містить список публікацій здобувачки за темою дисертації.

Основні наукові результати, які складали зміст дисертаційного дослідження Голуб М. Ю., повною мірою відображені у **16** наукових публікаціях, з яких – **5** наукових статей у періодичних виданнях, що індексуються міжнародною науково-метричною базою Scopus («Kinematics and Physics of Celestial Bodies», «Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics»), **3** наукові статті у періодичному науковому виданні, що входить до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») за науковим напрямком

«Природничі науки» («Кінематика і фізика небесних тіл»), а також 8 тез доповідей на 7 міжнародних наукових конференціях.

Оформлення дисертації Голуб М. Ю. відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 440 та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.).

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами

Дисертаційна робота Голуб М. Ю. відповідає напрямку наукових досліджень, що проводяться на кафедрі космічної радіофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Результати цієї дисертаційної роботи отримано у рамках двох науково-дослідних робіт та одного проекту, що виконувались за рішеннями Міністерства освіти та науки України та Державного фонду фундаментальних досліджень України відповідно, де Голуб М. Ю. була виконавцем напрямку та співвиконавцем.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Достовірність наукових результатів, які були одержані Голуб М. Ю. при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечена тим, що вони отримані із застосуванням надійних і загальноприйнятих методів аналізу часових рядів геомагнітного поля, системного спектрального аналізу, просторового порівняння даних магнітометричних станцій різних широт, статистичного аналізу індексів геомагнітної активності. Обґрунтованість наукових висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Голуб М. Ю., забезпечується тим, що їх фізичну інтерпретацію було проведено у рамках відомих моделей сонячно-земних і літосферно-іоносферних зв'язків. Про обґрунтованість висновків дисертаційної роботи свідчить також те, що отримані здобувачкою результати добре узгоджуються із існуючими теоретичними положеннями, а також із відомими експериментальними результатами інших фахівців.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Виходячи з аналізу тексту дисертації та відповідних наукових публікацій здобувачки, можна зробити висновок, що наукова новизна результатів,

отриманих в дисертації, полягає у наступному.

1. Вперше у глобальних масштабах детально досліджено часову еволюцію рівня флуктуацій геомагнітного поля з виділенням характерних параметрів збурень і встановлено зв'язок між змінами рівня флуктуацій і динамікою геомагнітних збурень під час дії низки потужних джерел енерговиділення (сонячних затемнень, геомагнітних бур, землетрусу, вибуху супервулкану). Отримано нові результати щодо спектрально-часових особливостей флуктуацій геомагнітного поля.

2. Вперше отримано статистичні характеристики магнітних бур впродовж 24-го циклу сонячної активності.

3. Вперше детально досліджено особливості розвитку помірних магнітних бур нового, 25-го циклу сонячної активності з урахуванням їх багатостадійного характеру.

4. Проведено кількісну енергетичну оцінку кожної зі складових бурі – геокоосмічної, магнітосферної та магнітної – з визначенням їхньої потужності й енергії для кожного з п'яти етапів.

5. Отримано нові результати щодо геомагнітних ефектів землетрусів і вулканічних вибухів у середньо- та короткоперіодному діапазонах, підтверджено хвильову природу цих збурень та їхній вплив на іоносферні струми та концентрацію електронів. Розроблено методику виділення хвиль різної фізичної природи й уточнено умови прояву геомагнітної реакції за різних рівнів фонові активності. Отримані дані розширюють експериментальні докази існування сейсмо- та вулканічно-іоносферно-магнітосферних зв'язків і покращують розуміння взаємодії підсистем геокоосмосу під дією імпульсних джерел енерговиділення.

6. Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення результатів, отриманих авторкою дисертації, полягає у наступному.

1. Отримані в дисертаційній роботі результати мають важливе прикладне значення для задач моніторингу та прогнозування стану магнітосфери й іоносфери Землі, а також для оцінювання впливу геокоосмічних і літосферних збурень на функціонування технічних наземних і коосмічних систем.

2. Встановлені закономірності часової еволюції рівня флуктуацій компонент X , Y , Z геомагнітного поля під час сонячних затемнень дозволяють уточнювати часові масштаби перебудови магнітосферно-іоносферних струмових систем після зміни радіаційних умов. Це створює підґрунтя для вдосконалення фізичних моделей динаміки системи СМСМІАЗ в умовах швидких зовнішніх впливів.

3. Виявлена наявність часової затримки максимумів або мінімумів рівня флуктуацій відносно моменту максимальної фази затемнення може бути використана при побудові напівемпіричних моделей реакції геомагнітного поля

на короткочасні варіації сонячного випромінювання.

4. Результати дослідження магнітної бурі 4 – 7 листопада 2023 р., зокрема встановлення її п'ятикрокової структури та поетапної зміни спектрального складу флуктуацій, можуть бути використані для вдосконалення методів класифікації складних геомагнітних збурень і підвищення точності оцінювання їх енергетичних характеристик.

5. Встановлені особливості спектрального розширення флуктуацій під час збурених станів мають практичне значення для оцінювання рівня геомагнітних ризиків для систем енергопостачання, аналізу впливу збурень на навігаційні та радіозв'язкові системи, інтерпретації даних наземних магнітометричних спостережень.

6. Розроблені підходи до системного аналізу рівня флуктуацій геомагнітного поля можуть бути застосовані для дослідження інших типів геофізичних збурень природного та техногенного походження.

7. Отримані результати можуть успішно використовуватись для діагностики стану космічної погоди, вдосконалення методів аналізу геомагнітних даних, інтерпретації результатів геофізичних і геокосмічних експериментів.

7. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення змісту дисертаційної роботи та наукових публікацій Голуб М. Ю. за темою дисертації, що був проведений у ході її рецензування, а також із врахуванням інформації, наведеної у Витязі з протоколу засідання кафедри космічної радіофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, можна стверджувати, що порушень академічної доброчесності, фактів академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації у дисертації Голуб М. Ю. не виявлено.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

1. У тексті дисертації інколи зустрічаються прикрі технічні помилки (наприклад, стор. 13, абз. 3: «сумбур» замість вірного «суббур»; стор. 10, абз. 11: «4.5» замість вірного «4.4»).

2. У тексті дисертації подекуди порушуються правила української мови щодо використання сполучників «і», «й», «та».

3. Словосполучення «геомагнітне поле Землі» (стор. 2, абз. 3) є тавтологією.

4. Словосполучення «вейвлет-перетворення Морле» є некоректним (стор. 153, абз. 2), бо насправді такого вейвлет-перетворення немає. Авторка мала на увазі «безперервне вейвлет-перетворення з використанням вейвлета Морле».

5. Замість «радіопоширення» (стор. 33, абз. 3), на мою думку, краще вжити

«поширення радіохвиль».

6. Чомусь у Розділі 2 деякі посилання на таблиці та рисунки починаються з великої літери, а в решті роботи – як завжди, з маленької (наприклад, див. стор. 41, абз. 5).

7. Подекуди зустрічаються незрозумілі прикрі збої у форматуванні тексту (хибна ширина абзацних відступів (див., наприклад, стор. 155, 156, 210), величезні прогалини перед рисунками (див., наприклад, стор. 85)). Порада тридцятирічної давності від розробників Microsoft Word користувачам – під час створення великого документа використовувати так звані «стилі», які повністю усувають всі перелічені вище недоліки.

8. У роботі використовується велика кількість різноманітних фізичних величин, тому бажано було б допомогти читачеві, помістивши всі їх позначення до Переліку на стор. 11. Але, на жаль, цього зроблено не було, а сам Перелік містить лише невеличкий набір таких позначень.

9. Частина активних гіперпосилань на стор. 6, 7 або не працюють (через помилку у форматі посилання), або не ведуть до потрібної статті.

10. Кількість міжнародних конференцій, на яких проходила апробація результатів дисертацій, складає не 3, а 7; наведений перелік самих конференцій є хибним (стор. 20). Вірна інформація легко отримується з Переліку посилань на публікації авторки дисертації (стор. 7, 8) або з Додатку А (стор. 275 – 277).

11. Кількість публікацій, в яких оприлюднено матеріали дисертації, дорівнює не 17, а 16, при цьому кількість статей у фахових виданнях України (Перелік «Б») складає 3, а у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, – 5. При цьому всі три статті першої групи є україномовними аналогами трьох англomовних публікацій з другої групи. Вірна інформація легко отримується з того ж Переліку посилань на публікації авторки дисертації (стор. 7, 8) або з Додатку А (стор. 275 – 277).

12. Не зрозуміло, який принцип нумерації використовувала авторка для побудови Списку використаних джерел. Існують варіанти розташування джерел, наприклад, за абеткою або за роком видання. Натомість у більшості випадків елементи розташовуються у порядку появи посилань на них у тексті. Але тут жоден з цих варіантів не працює (наприклад, див., стор. 13).

13. Роботи авторки з теми дисертації, наведені у загальному Списку використаних джерел (стор. 244) та у Додатку А (стор. 275 – 277), з незрозумілої причини майже не перетинаються. Спільними є лише 2 статті та 1 тези доповідей. У результаті на початку Розділів 2 – 4, де міститься інформація про посилання на опубліковані роботи авторки, що є власне основою цих розділів, фактично немає посилань на самі роботи з Переліку публікацій (Додатку А). Лише звертання до повних текстів цих публікацій дозволяє переконатися та впевнено стверджувати, що вони дійсно містять саме ту інформацію, що викладена у дисертації, а всі результати, отримані у дисертаційній роботі, є

опублікованими достатньою мірою. Більш того, на мою думку, до Переліку публікацій (Додатку А) треба було також додати і решту робіт із Списку використаних джерел, бо вони є чесним і заслуженим результатом багаторічної праці авторки.

14. Автори «Системного спектрального аналізу» під час його створення використовували дещо інший набір часо-частотних інтегральних перетворень, хоча й попереджували, що ніхто не забороняє у майбутньому цей набір змінювати. У роботі варто було б обґрунтувати, з яких саме міркувань авторка провела такі зміни. Також варто було б більш докладно пояснити вибір тих чи інших параметрів окремих інтегральних перетворень (наприклад, ширини вікна у динамічному (віконному) перетворенні Фур'є, виду вейвлету у безперервному й аналітичному вейвлет-перетвореннях, параметрів базису у адаптивному перетворенні Фур'є тощо) при проведенні конкретних розрахунків.

Натомість переважна більшість наведених вище зауважень стосується радше форми подання авторкою отриманих результатів, ніж власне їх сутності. Тому в цілому зроблені зауваження не впливають на достовірність основних наукових результатів і на обґрунтованість висновків, що представлено в цікавій, змістовній і корисній дисертаційній роботі Голуб М. Ю.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Голуб Марії Юріївни «Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля», подана на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, є актуальною, одноосібною, завершеною кваліфікаційною науковою роботою, що виконана на високому науковому рівні та відзначається логічністю та зрозумілістю викладення матеріалу.

На мою думку, особливо варто відзначити величезний обсяг експериментальних даних, залучених, оброблених і проаналізованих авторкою. Скоріш за все, це перша робота у даному науковому напрямку, що відрізняється, з одного боку, глибиною теоретичного обґрунтування, а з іншого боку, суттєвою статистичною значущістю зроблених висновків.

У дисертаційній роботі Голуб М. Ю. розв'язано актуальну науково-практичну задачу сучасної фізики, що полягає у дослідженні часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля та встановлення їхніх характерних часових масштабів і фізичних механізмів формування, викликаних дією потужних джерел енерговиділення різної фізичної природи. Отримані авторкою вагомі та важливі результати, стиль їх викладення та теоретичні пояснення та обґрунтування переконливо свідчать про те, що Голуб М. Ю. за рівнем володіння методологією наукової діяльності, якістю теоретичних знань, практичних вмінь, навичок і компетентностей повністю сформувалася як професійний фахівець-радіофізик вищого рівня.

Вважаю, що здобувачка **Голуб Марія Юріївна** цілком заслуговує на присудження їй ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Офіційний рецензент,
завідуючий кафедрою загальної фізики
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна,
доктор фізико-математичних наук, доцент

Олег ЛАЗОРЕНКО

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 12:39:01 12.08.2026

Назва файлу з підписом: Рецензія Лазоренко 1_1.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 195.3 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія Лазоренко 1_1.pdf
Розмір файлу без підпису: 194.8 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Лазоренко Олег Валерійович
П.І.Б.: Лазоренко Олег Валерійович
Країна: Україна
РНОКПП: 2569813771
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 12:39:01 12.08.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП ДПС
Серійний номер: 3FAA9288358EC003040000005FA53C00D864E900
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.07.08 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна
професору Віктору КАТРИЧУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, старшого наукового співробітника, завідувача кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доктора фізико-математичних наук Бердника Сергія Леонідовича на дисертаційну роботу Голуб Марії Юріївни «Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

1. Актуальність дослідження та зв'язок з науковими програмами, темами

Дослідження часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля, зумовлених процесами у системі Сонце – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля, є одним із актуальних напрямів сучасної прикладної фізики та геофізики. Геомагнітні збурення, спричинені сонячними спалахами, геомагнітними бурями, сонячними затемненнями, землетрусами й потужними вулканічними виверженнями, відображають складні процеси взаємодії космічних і геофізичних факторів та можуть суттєво впливати на функціонування систем зв'язку, навігації, дистанційного зондування Землі, електроенергетичних мереж і космічної техніки. Дослідження фізичних механізмів формування таких збурень, визначення їх часових і спектральних характеристик, а також закономірностей зміни рівня флуктуацій геомагнітного поля є важливими як для розвитку фундаментальних уявлень про геокосмічні процеси, так і для вдосконалення методів моніторингу космічної погоди.

Дисертантка досить переконливо обґрунтувала актуальність роботи.

Мета і задачі дисертаційної роботи спрямовані на експериментальне дослідження часових варіацій рівня флуктуацій компонент геомагнітного поля під впливом природних процесів різної фізичної природи. Для досягнення поставленої мети автором використано сучасні методи аналізу часових рядів геомагнітного поля, спектрального аналізу та математичної обробки експериментальних даних, а також дані міжнародної мережі геомагнітних обсерваторій INTERMAGNET і світових центрів моніторингу космічної погоди. Це забезпечило можливість виконання комплексного аналізу геомагнітних ефектів сонячних затемнень, сонячних спалахів, геомагнітних бур, землетрусів і вулканічних вивержень.

Проведені дослідження висвітлено у рамках науково-дослідної роботи «Великомасштабні та глобальні фізичні процеси в системі Земля–атмосфера–іоносфера–магнітосфера природного та техногенного походження» (номер державної реєстрації 0122U001476), а також у межах проєкту Національного фонду досліджень України 2020.02/0015 «Теоретичні та експериментальні дослідження глобальних збурень природного і техногенного походження в системі Земля – атмосфера – іоносфера», у яких здобувач брала участь як виконавець напрямку. Отримані результати органічно пов'язані з тематикою зазначених наукових досліджень і становлять вагомий внесок у розвиток досліджень геокосмічних процесів та їхнього впливу на геомагнітне поле.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків, що сформульовані в дисертації

Наведені у дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є достатньо обґрунтованими, а отримані результати – достовірними. Це забезпечується використанням сучасних методів аналізу часових рядів геомагнітного поля, спектрального аналізу, математичної статистики та статистичної обробки експериментальних даних, а також комплексним застосуванням фізичних моделей процесів у системі Сонце – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля. Під час виконання досліджень використано експериментальні дані міжнародної мережі геомагнітних обсерваторій INTERMAGNET, бази даних NASA OMNIWeb, індексів геомагнітної активності та інших міжнародних інформаційних ресурсів, що гарантує високу достовірність вихідної інформації. Достовірність отриманих результатів підтверджується їх фізичною обґрунтованістю, узгодженістю з сучасними уявленнями про процеси у геокосмічному середовищі, а також апробацією основних положень дисертації на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях і публікацією результатів у фахових наукових виданнях України та міжнародних журналах.

3. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому та основних положень дисертації

Дисертація М.Ю. Голуб складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатку.

У **вступі** наведено інформацію про тему дослідження, наукову новизну, практичне значення, апробацію результатів і зв'язок із науковими темами. Сформульовано мету дослідження, об'єкт і предмет.

Перший розділ є оглядовим, який присвячений аналізу сучасного стану досліджень геомагнітного поля, механізмів його формування та основних природних і техногенних чинників, що зумовлюють виникнення геомагнітних збурень. Значну увагу приділено аналізу літературних джерел щодо

геомагнітних ефектів сонячних затемнень, сонячних спалахів, геомагнітних бур, землетрусів і вулканічної активності, що дозволило автору обґрунтувати вибір напрямку досліджень і постановку основних задач дисертації.

У **другому розділі** наведено результати дослідження геомагнітних ефектів сонячних затемнень 10 червня 2021 р., 25 жовтня 2022 р., 14 жовтня 2023 р. та 8 квітня 2024 р. За результатами аналізу даних мережі INTERMAGNET встановлено закономірності зміни компонент геомагнітного поля під час затемнень, визначено характерні амплітуди, часові затримки та спектральні особливості збурень, а також досліджено залежність величини геомагнітного ефекту від параметрів затемнення та умов іоносферної електродинаміки.

У **третьому розділі** досліджено геомагнітні ефекти сонячних спалахів і геомагнітних бур. Виконано статистичний аналіз 153 геомагнітних бур 24-го циклу сонячної активності, визначено статистичні характеристики параметрів сонячного вітру, міжпланетного магнітного поля та індексів геомагнітної активності. Детально досліджено геомагнітні бурі квітня–травня та листопада 2023 року, встановлено характерні особливості часових варіацій рівня флуктуацій компонент геомагнітного поля, а також особливості їх спектральної структури.

У **четвертому розділі** наведено результати дослідження геомагнітних ефектів землетрусів і вибуху супервулкану Хунга-Тонга. Автором встановлено часові характеристики геомагнітних збурень, визначено можливі фізичні механізми їх виникнення та поширення, а також показано глобальний характер геомагнітної реакції на вибух вулкану. Отримані результати дозволили пов'язати спостережувані геомагнітні ефекти з поширенням магнітогідродинамічних, атмосферних гравітаційних, вибухових, хвиль Лемба та цунамі.

Дисертація завершується загальними **висновками**, у яких повною мірою відображено основні результати проведених досліджень. Висновки логічно випливають із поставлених у роботі задач і повністю відповідають змісту дисертації.

4. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих в дисертації результатів полягає у наступному.

1. Вперше виконано комплексне дослідження часових варіацій рівня флуктуацій компонент геомагнітного поля під час чотирьох сонячних затемнень (2021–2024 рр.). Встановлено головні закономірності зміни компонент геомагнітного поля, показано залежність величини геомагнітного ефекту від фази затемнення, локального часу та параметрів іоносферних струмів. Для затемнення 10 червня 2021 р. виявлено аперіодичне зменшення X -компоненти геомагнітного поля до 30 нТл, а для затемнення 8 квітня 2024 р. зареєстровано генерацію геомагнітних коливань з періодом близько 60 хв.

2. Вперше сформовано статистичну вибірку із 153 геомагнітних бур 24-го циклу сонячної активності ($K_p \geq 5$) та виконано статистичний аналіз параметрів

сонячного вітру, міжпланетного магнітного поля й геомагнітної активності. Детально досліджено багатокрокову геомагнітну бурю 4–7 листопада 2023 р., під час якої розмах варіацій геомагнітного поля зростав у 20–28 разів порівняно зі спокійними умовами.

3. Вперше досліджено часові та спектральні характеристики флуктуацій геомагнітного поля під час потужних сонячних спалахів класу X. Встановлено, що рівень флуктуацій горизонтальних компонент H і D збільшувався у 3–10 разів, а найбільші зміни спостерігалися для періодів 10–100 с та 10–15 хв.

4. Вперше встановлено глобальний характер геомагнітного ефекту вибуху супервулкану Хунга-Тонга. Виявлено шість груп геомагнітних збурень компонент геомагнітного поля. Аналіз швидкостей поширення збурень показав, що групи зі швидкостями ~ 4 та $1,5$ км/с відповідають магнітогідродинамічним хвилям. Швидкість ~ 1 км/с характерна для вибухової хвилі, ~ 500 м/с – для атмосферних гравітаційних хвиль, тоді як збурення зі швидкостями ~ 315 і 200 м/с, найімовірніше, пов'язані з поширенням хвилі Лемба та цунамі відповідно.

5. Отримали подальший розвиток уявлення про фізичні механізми формування геомагнітних ефектів землетрусів. Встановлено появу геомагнітних збурень із характерними часами запізнювання близько 6 хв та 97–106 хв для відстані 1620 км між землетрусом і магнітною станцією, що пов'язуються відповідно з магнітогідродинамічними й атмосферними гравітаційними хвилями, а також виконано фізичну інтерпретацію зареєстрованих ефектів.

5. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях, відсутність порушень академічної доброчесності

Дисертаційна робота є самостійним і завершеним науковим дослідженням із логічним і структурованим викладенням матеріалу. Робота виконана на високому науковому рівні.

Результати роботи опубліковано у 8 наукових статтях (6 статей у наукових фахових виданнях України та 2 статті у зарубіжних наукових спеціалізованих виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus), за якими зроблено 8 доповідей на міжнародних конференціях, що увійшли до збірників тез.

Порушень академічної доброчесності не виявлено, текст дисертації є оригінальним, а всі посилання на дослідження є коректними.

6. Науково-практична значущість отриманих результатів і можливі шляхи їхнього застосування

Наукова значущість результатів досліджень полягає в отриманні нових відомостей про часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля, викликані природними процесами у системі Сонце – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля. Встановлено закономірності змін компонент геомагнітного поля під час сонячних затемнень, сонячних спалахів, геомагнітних бур, землетрусів і потужного вулканічного виверження. Визначено характерні часові масштаби,

амплітуди, спектральні характеристики та фізичні механізми формування досліджуваних геомагнітних ефектів.

Значущість результатів дисертації базується на великому обсязі експериментального матеріалу, отриманого за даними міжнародної мережі геомагнітних обсерваторій INTERMAGNET, а також міжнародних баз даних параметрів сонячного вітру, міжпланетного магнітного поля та геомагнітної активності. Слід відзначити широку різноманітність досліджених природних процесів, що охоплюють явища як космічного, так і геофізичного походження, а також комплексне застосування сучасних методів спектрального аналізу й математичної статистики.

Отримані результати дозволили поглибити сучасні уявлення про фізичні процеси, що визначають формування геомагнітних збурень різної природи, а також встановити їхній зв'язок із процесами у системі Сонце – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля.

Практичне значення роботи полягає в тому, що отримані результати можуть бути використані для вдосконалення методів моніторингу геомагнітного поля та космічної погоди, розвитку моделей геомагнітних збурень, а також під час оцінювання впливу геокосмічних процесів на функціонування систем радіозв'язку, радіолокації, радіонавігації, радіоастрономії, дистанційного зондування Землі з космосу, електроенергетичних систем та інших об'єктів критичної інфраструктури.

7. Недоліки і зауваження

1. У дисертації досліджено широкий спектр природних джерел геомагнітних збурень (сонячні затемнення, сонячні спалахи, геомагнітні бурі, землетруси та вулканічне виверження). Доцільно було б окремо узагальнити спільні та відмінні особливості часових і спектральних характеристик флуктуацій геомагнітного поля, що виникають під дією різних джерел.

2. Під час дослідження окремих геомагнітних подій автор використовує комплекс сучасних методів аналізу часових рядів. Разом із тим доцільно було б більш детально обґрунтувати критерії вибору того чи іншого методу для дослідження окремих типів геомагнітних збурень.

3. У роботі наведено фізичну інтерпретацію механізмів формування геомагнітних ефектів, однак для окремих досліджених явищ доцільно було б більш детально обговорити можливий внесок альтернативних фізичних механізмів формування спостережуваних геомагнітних варіацій.

4. Окремі рисунки містять значний обсяг експериментальних даних, що дещо ускладнює їх сприйняття. Частину графічного матеріалу доцільно було б подати у збільшеному масштабі або винести до додатків. На сьогодні широко використовуються 3D рисунки.

5. У тексті дисертації трапляються поодинокі редакційні неточності та описки, які не впливають на загальний високий науковий рівень роботи.

8. Загальні висновки

Отримані автором дисертації результати є новими, вони мають наукове і суттєве практичне значення. Дослідження виділяється роботою з великими масивами експериментальних даних, оброблених та ретельно проаналізованих дисертантом, що є безумовною перевагою.

Дисертаційна робота повністю відповідає спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Результати роботи висвітлені у великій кількості праць у наукових журналах та пройшли добру апробацію на низці наукових конференцій.

Не дивлячись на зроблені зауваження і враховуючи вищесказане, вважаю, що дисертаційна робота Голуб Марії Юріївни «Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» (з наступними змінами) та постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 р., а її автор заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний рецензент,
завідувач кафедри
фізичної і біомедичної електроніки
та комплексних інформаційних технологій
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Сергій БЕРДНИК

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 20:26:36 12.08.2026

Назва файлу з підписом: Рецензія_Бердник-Голуб.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 246.6 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія_Бердник-Голуб.pdf
Розмір файлу без підпису: 247.7 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Бердник Сергій Леонідович
П.І.Б.: Бердник Сергій Леонідович
Країна: Україна
РНОКПП: 2857616877
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 20:26:02 12.08.2026
Сертифікат виданий: "Дія". Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг
Серійний номер: 514B5C86A1E5DA110400000027B07B009616D605
Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Кваліфікований
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.07.08 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна
професору Віктору КАТРИЧУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата фізико-математичних наук, доцента, директора Науково-дослідного інституту Іоносфери Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Котова Дмитра Володимировича на дисертаційну роботу Голуб Марії Юріївни “Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля”, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 “Природничі науки” за спеціальністю 105 “Прикладна фізика та наноматеріали”.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Метою дисертаційної роботи є дослідження часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля, визначення їх характерних часових масштабів та фізичних механізмів формування під впливом природних джерел енерговиділення.

Оскільки геомагнітне поле є важливою складовою системи «Сонце – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля», а його варіації відображають перебіг фізичних процесів у навколоземному космічному середовищі, дослідження часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля, викликаних геомагнітними бурями, сонячними затемненнями, землетрусами та вулканічними виверженнями, є актуальним як для поглиблення уявлень про механізми розвитку геокосмічних процесів, так і для вдосконалення методів їх моніторингу та прогнозування. Це обумовлює актуальність досліджень, представлених у дисертації.

Авторка навела переконливе та змістовне обґрунтування вибору теми дослідження.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертація є самостійним, завершеним і цілісним науковим дослідженням. Текст роботи добре структурований, чіткий і зрозумілий.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Кожен із розділів містить підрозділи, що послідовно розкривають зміст і результати проведених досліджень, а також завершується узагальнюючими висновками.

Загальні висновки дисертації повністю відображають основні результати роботи, відповідають поставленій меті та сформульованим завданням дослідження. Список використаних джерел містить 234 найменування. Додатки містять відомості про апробацію результатів дослідження, список публікацій здобувачки за темою дисертації та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

У дисертації наведено результати досліджень, виконаних авторкою спільно з науковим керівником протягом 2022–2026 рр. відповідно до планів науково-дослідних робіт кафедри космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна «Великомасштабні та глобальні фізичні процеси в системі Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера природного та техногенного походження», номер державної реєстрації 0122U001476 (виконавець напряму), проєкту Національного фонду досліджень України 2020.02/0015 «Теоретичні та експериментальні дослідження глобальних збурень природного і техногенного походження в системі Земля – атмосфера – іоносфера» (виконавець напряму), а також у період виконання досліджень як стипендіата академічної стипендії Кабінету Міністрів України (2025–2026 н. р.).

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Ступінь обґрунтованості є високою, що забезпечено комплексним застосуванням добре перевірених методів дослідження.

Дисертантка використала дані мережі геомагнітних обсерваторій INTERMAGNET, а також відомі методи математичної статистики, системного спектрального аналізу, вейвлет-перетворення Морле, аналізу часових рядів і аналітичних оцінок параметрів геомагнітних збурень. Інтерпретація отриманих результатів ґрунтується на сучасних уявленнях про фізичні процеси в системі «Сонцем – міжпланетне середовище – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля».

Всі ключові твердження, на яких побудований аналіз і висновки роботи, мають необхідні посилання на наукові публікації.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Головні результати дисертації опубліковані у 16 наукових працях, серед яких 8 статей у наукових фахових виданнях України (6 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus), 2 – праці в зарубіжних наукових спеціалізованих виданнях (входять до наукометричної бази Scopus), 8 – матеріали доповідей на міжнародних конференціях.

Дисертанткою одержано такі основні наукові результати.

1. *Вперше* у глобальних масштабах детально досліджено часову еволюцію рівня флуктуацій геомагнітного поля під дією потужних природних джерел енерговиділення. Встановлено зв'язок між змінами рівня флуктуацій та розвитком геомагнітних збурень під час сонячних затемнень, магнітних бур, землетрусів і вибуху супервулкану Тонга. Визначено амплітуди квазіперіодичних (1–10 нТл) та аперіодичних (30–60 нТл) збурень, а також показано, що під час магнітних бур рівень флуктуацій може зростати у 20–28 разів.

2. Виконано комплексне дослідження геомагнітних ефектів сонячних затемнень 10 червня 2021 р., 25 жовтня 2022 р., 14 жовтня 2023 р. та 8 квітня 2024 р. за даними мережі геомагнітних обсерваторій INTERMAGNET. Встановлено існування аперіодичного та квазіперіодичного геомагнітних ефектів затемнення, визначено характерні періоди флуктуацій близько 20, 35 та 60 хв, показано залежність амплітуди геомагнітної реакції від максимальної фази затемнення, локального часу та географічного положення станції спостереження.

3. *Вперше* отримано статистичні характеристики магнітних бур 24-го циклу сонячної активності, встановлено характерні діапазони зміни індексів D_{st} , K_p та AE і досліджено особливості зміни рівня флуктуацій геомагнітного поля під час розвитку бур різної інтенсивності.

4. *Вперше* детально досліджено розвиток помірних магнітних бур 25-го циклу сонячної активності з урахуванням їх багатостадійної структури. Для бурі 4–7 листопада 2023 р. встановлено п'ятиступеневий характер розвитку (G1–G2–G3–G2–G1), визначено потужність окремих стадій (26–103 ТВт) та відповідні значення енергії (0,34–2,2 ЕДж).

5. Кількісно оцінено енергетику складових геокосмічної бурі. Визначено потужність та енергію геокосмічної бурі, а також оцінено енергетичні параметри магнітосферної та магнітної бур, що дозволило кількісно охарактеризувати енергетичний баланс процесів у системі Сонце – магнітосфера – іоносфера – Земля.

6. Отримано нові результати щодо геомагнітних ефектів землетрусів і вулканічних вибухів у середньо- та короткоперіодному діапазонах. Підтверджено хвильову природу виявлених збурень, визначено їх характерні часові та просторові параметри, а також показано їх вплив на концентрацію електронів і іоносферні струми.

7. Розроблено методику виділення хвиль різної фізичної природи за даними геомагнітних спостережень та уточнено умови прояву геомагнітної реакції за різних рівнів фонові активності. Отримані результати розширюють уявлення про сейсмо-, вулкані-, іоносферно- та магнітосферні зв'язки і дозволили визначити характерні параметри поширення магнітогідродинамічних хвиль, атмосферних гравітаційних хвиль та інших типів збурень.

6. Практичне значення отриманих результатів.

Дисертанткою отримано кількісні характеристики часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля під час сонячних затемнень, геомагнітних бур, землетрусів і вулканічних вивержень. Визначено характерні часові масштаби, амплітуди та енергетичні параметри геомагнітних збурень, що можуть бути використані для вдосконалення методів моніторингу геомагнітної активності, оцінювання стану космічної погоди та підвищення достовірності інтерпретації геофізичних процесів.

Отримані результати можуть бути використані під час розроблення моделей взаємодії підсистем «Сонце – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля», а також для подальших фундаментальних і прикладних досліджень у галузі геомагнетизму, космічної фізики та геофізики. Основні результати дисертації впроваджено у науково-дослідну роботу кафедри космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, що підтверджується відповідними актами впровадження.

7. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувачки, наукових праць здобувачки та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

1. У дисертації детально досліджено геомагнітні ефекти сонячних затемнень на основі порівняння варіацій геомагнітного поля у день затемнення та контрольні дні. Разом

з тим було б доцільно доповнити результати кількісною статистичною оцінкою достовірності виявлених ефектів із використанням більшої вибірки контрольних днів або довірчих інтервалів, що дозволило б ще переконливіше підтвердити статистичну значущість отриманих результатів.

2. Авторкою встановлено пригнічення окремих спектральних складових геомагнітного поля під час сонячних затемнень та запропоновано їх фізичну інтерпретацію. Водночас у роботі варто більш детально розкрити фізичний механізм цього явища, зокрема пояснити роль зміни іоносферної провідності, струмових систем та умов поширення хвиль у формуванні спостережуваних ефектів.

3. У дисертації наведено результати аналізу геомагнітних ефектів сонячних затемнень та показано їх прояв у всіх трьох компонентах геомагнітного поля. Було б доцільно більш детально порівняти отримані результати з даними попередніх досліджень інших авторів та чіткіше окреслити відмінності одержаних результатів від вже відомих у науковій літературі.

Зазначені зауваження не впливають на загальний позитивний висновок про цінність результатів, наведених в дисертаційній роботі.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Голуб Марії Юріївни “Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля”, представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 “Природничі науки” за спеціальністю 105 “Прикладна фізика та наноматеріали”, є завершеною актуальною науковою працею, що виконана на належному науковому рівні.

В роботі представлено результати комплексних експериментальних досліджень часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля, зумовлених дією потужних природних джерел енерговиділення, зокрема сонячних затемнень, геомагнітних бур, землетрусів і вулканічних вивержень.

Методи дослідження є сучасними, надійними та застосовані коректно.

Отримані результати характеризуються наявністю наукової новизни, достатнім рівнем обґрунтованості та мають важливе значення для розвитку уявлень про фізичні процеси у системі «Сонце – міжпланетне середовище – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля». Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення методів моніторингу геомагнітної активності, дослідження процесів космічної погоди, розвитку моделей взаємодії геосфер та підвищення достовірності інтерпретації геомагнітних спостережень. Результати дисертації можуть бути

корисними для науковців і фахівців, які працюють у галузях геофізики, космічної радіофізики, геокосмічних досліджень та космічної погоди.

Дисертація відповідає всім вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.). Дисертація оформлена згідно з вимогами Наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.).

Вважаю, що Голуб Марія Юріївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 “Природничі науки” за спеціальністю 105 “Прикладна фізика та наноматеріали”.

Офіційний опонент

директор Науково-дослідного інституту Іоносфери

Національного технічного університету

“Харківський політехнічний інститут,”

кандидат фізико-математичних наук, доцент

Дмитро КОТОВ

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 12:23:46 06.08.2026

Назва файлу з підписом: Відгук офіційного опонента_Котов Д.В.docx.asice
Розмір файлу з підписом: 30.6 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук офіційного опонента_Котов Д.В.docx
Розмір файлу без підпису: 26.3 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: КОТОВ ДМИТРО ВОЛОДИМИРОВИЧ

П.І.Б.: КОТОВ ДМИТРО ВОЛОДИМИРОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 3051512378

Організація (установа): Ф-Я ІНСТИТУТ ІОНОСФЕРИ НТУ ХПІ

Код ЄДРПОУ: 45680820

Посада: ДИРЕКТОР

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 12:23:45
06.08.2026

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000D3DBBF01D0E95207

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.07.08 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна
професору Віктору КАТРИЧУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, провідного наукового співробітника, старшого наукового співробітника відділу геомагнетизму Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України на дисертаційну роботу Голуб Марії Юріївни «Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

1. Актуальність теми дисертації.

Сучасна прикладна фізика значну увагу приділяє дослідженню складних нелінійних систем, у яких флуктуаційні процеси відіграють визначальну роль у формуванні спостережуваних фізичних ефектів. Геомагнітне поле Землі є прикладом такої системи, у якій часові варіації рівня флуктуацій відображають динаміку 15 енергетичних та електродинамічних процесів у магнітосферно-іоносферному середовищі. Особливу актуальність становить дослідження часових варіацій рівня флуктуацій геомагнітного поля в широкому діапазоні часових масштабів, оскільки вони є чутливим індикатором переходів системи між квазістаціонарними та збуреними станами. Аналіз таких варіацій дозволяє встановлювати характерні часові масштаби фізичних процесів, пов'язаних з поширенням хвиль, розвитком плазмової турбулентності та нелінійною взаємодією електромагнітних збурень у геокосмічному середовищі. З прикладної точки зору дослідження рівня флуктуацій геомагнітного поля має важливе значення для розробки методів діагностики стану космічної погоди, оцінки впливу геомагнітних збурень на радіотехнічні та енергетичні системи, а також для інтерпретації результатів активних експериментів у іоносфері та магнітосфері. Це визначає актуальність даної дисертаційної роботи в межах спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У дисертації наведено результати досліджень, виконаних автором з його науковим керівником протягом 2022–2025 рр. відповідно до перелічених нижче науково-дослідних робіт кафедри космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Дисертантка була співвиконавцем Проекту Національного фонду досліджень України (номер 2020.02/0015 «Теоретичні та експериментальні дослідження глобальних збурень природного і техногенного походження в системі Земля–атмосфера–іоносфера»). Робота виконувалась у межах держбюджетних НДР, заданих МОН України, номери держреєстрації 0121U109881 та 0122U001476 (виконавець напряму).

3. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота Голуб М.Ю. «Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля» складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатку. Загальний обсяг роботи складає 277 сторінок, основного тексту – 165 сторінки. Робота ілюстрована 96 рисунками, 33 таблицями. Список використаних джерел містить 234 найменування.

У вступі дано загальну характеристику роботи, обґрунтовано доцільність обраного напрямку та актуальність дисертації, сформульовано мету, основні методи і задачі досліджень, визначено наукову новизну отриманих результатів, сформульовані основні наукові досягнення дисертанта, наведена інформація щодо апробації отриманих результатів, публікацій, структури та обсягу роботи.

У першому розділі представлено аналітичний огляд сучасних уявлень про геомагнітне поле Землі, його структуру та основні джерела збурень. Розглянуто результати попередніх досліджень геомагнітних ефектів, спричинених магнітними бурями, сонячними затемненнями, падінням метеороїдів, проходженням сонячного термінатора, землетрусами, вулканічною активністю, потужним радіовипромінюванням та інфразвуковими впливами. Показано, що флуктуації геомагнітного поля є чутливим індикатором процесів у системі атмосфера – іоносфера – магнітосфера.

Другий розділ присвячено дослідженню геомагнітних ефектів сонячних затемнень 10 червня 2021 р., 25 жовтня 2022 р., 14 жовтня 2023 р. та 8 квітня 3 2024 р. На основі магнітометричних спостережень проаналізовано часові зміни рівня флуктуацій геомагнітного поля під час затемнень і після їхнього завершення. Встановлено особливості реакції геомагнітного поля, пов'язані з перебудовою іоносферних струмових систем та інерційним характером процесів у геокозмичному середовищі.

У третьому розділі розглянуто геомагнітні ефекти сонячних і геокозмичних бур. Проведено статистичний аналіз геомагнітних бур, а також детально досліджено події 28 квітня – 2 травня 2023 р. і 4 – 7 листопада 2023 р. Показано, що в періоди підвищеної геомагнітної активності відбувається істотне зростання амплітуди флуктуацій геомагнітного поля та розширення їхнього спектрального складу, що відображає складну динаміку магнітосферних струмових систем.

Четвертий розділ присвячено аналізу геомагнітних ефектів катастрофічних явищ. Досліджено часові варіації флуктуацій геомагнітного поля, пов'язані з землетрусами та вибухами супервулканів. Показано, що такі події можуть супроводжуватися реєстрованими геомагнітними збуреннями, які зумовлені атмосферно-іоносферними та магнітосферними механізмами перенесення енергії.

У висновках в компактній формі наведені основні результати роботи, доповнені практичними рекомендаціями. **Список використаних джерел** підтверджує ознайомлення автора з сучасними досягненнями в обраній галузі, але також і ґрунтовність підходу. **Додаток** містить необхідну інформацію про праці здобувача, на основі яких захищається дисертація.

4. Наукова новизна та достовірність отриманих результатів.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Вперше у глобальних масштабах детально досліджено часову еволюцію рівня флуктуацій геомагнітного поля з виділенням характерних параметрів збурень і встановлено зв'язок між змінами рівня флуктуацій і динамікою геомагнітних збурень під час дії низки потужних джерел енерговиділення (сонячних затемнень, геомагнітних бур, землетрусу, вибуху супервулкану). Отримано нові результати щодо спектрально-часових особливостей флуктуацій геомагнітного поля.

2. Вперше отримано статистичні характеристики магнітних бур впродовж 24-го циклу сонячної активності.

3. Вперше детально досліджено особливості розвитку помірних магнітних бур нового, 25-го циклу сонячної активності з урахуванням їх багатостадійного характеру.

4. Проведено кількісну енергетичну оцінку кожної зі складових бурі – геокозмичної, магнітосферної та магнітної – з визначенням їх потужності та енергії для кожного з п'яти етапів.

5. Отримано нові результати щодо геомагнітних ефектів землетрусів та вулканічних вибухів у середньо- та короткоперіодному діапазонах, підтверджено хвильову природу цих збурень та їх вплив на іоносферні струми і концентрацію електронів. Розроблено методику виділення хвиль різної фізичної природи та уточнено умови прояву геомагнітної реакції за різних рівнів фонові активності. Отримані дані розширюють експериментальні докази існування сейсмо- та вулcano-іоносферномагнітосферних зв'язків і підвищують розуміння взаємодії підсистем геокосмосу під дією імпульсних джерел енергії.

Вперше в роботі:

1. Встановлено, що реакція геомагнітного поля на сонячні затемнення має часову затримку, яка проявляється у зсуві максимумів або мінімумів рівня флуктуацій відносно моменту максимального затемнення. Показано, що така затримка та тривалість реакції на затемнення зумовлена релаксаційними процесами в магнітосферно-іоносферних струмових системах.

2. Виконано комплексний аналіз просторово-часової еволюції рівня флуктуацій компонент X, Y, Z геомагнітного поля під час чотирьох сонячних затемнень 2021–2024 рр. та визначено характерні особливості їхньої амплітудно-часової та глобальної структури.

3. Встановлено, що геомагнітна буря 4–7 листопада 2023 р. мала п'ятикроковий (багатостадійний) характер, тобто фактично складалася з п'яти окремих бур різної інтенсивності з окремими головними фазами та екстремальними значеннями індексів Kp і Dst.

4. Виявлено розширення спектрального складу флуктуацій геомагнітного поля під час збурених станів, що свідчить про розвиток багатомасштабних хвильових і турбулентних процесів у магнітосферноіоносферному середовищі.

5. Визначено характерні часові інтервали підсилення флуктуацій при магнітних бурях, сонячних затемненнях та катастрофічних подіях і встановлено їх залежність від природи джерела збурення.

6. Показано, що реакція геомагнітного поля на літосферні події (землетруси, вибух вулкана) має іншу часову структуру порівняно із сонячно-обумовленими збуреннями, що свідчить про різні фізичні механізми формування спостережуваних ефектів.

Отримані в роботі результати є достовірними, що підкріплено застосуванням належних фізичних моделей, математичних методів і статистичних підходів, а також ретельною обробкою даних. Вагомим аргументом на користь достовірності отриманих результатів є публікації у провідних міжнародних та фахових українських наукових виданнях.

5. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях, відсутність порушень академічної доброчесності.

Дисертація М.Ю. Голуб є завершеним науковим дослідженням, реалізованим на високому науковому рівні.

Дисертація добре структурована, виклад результатів чіткий і зрозумілий.

Результати дисертації опубліковані у 17 наукових працях, серед яких 7 статей у наукових фахових виданнях України (6 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus), 2 – праці в зарубіжних наукових спеціалізованих виданнях (входять до наукометричної бази Scopus), 8 – матеріали доповідей на міжнародних конференціях.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях М.Ю. Голуб не виявлено. Посилання на використані в роботі дослідження інших авторів є коректними.

6. Науково-практична значущість отриманих результатів і можливі шляхи їхнього застосування.

Отримані в дисертаційній роботі результати мають важливе прикладне значення для задач моніторингу та прогнозування стану магнітосфери й іоносфери Землі, а також для оцінювання впливу геокосмічних і літосферних збурень на технічні наземні та космічні системи.

Встановлені закономірності часової еволюції рівня флуктуацій компонент X , Y , Z геомагнітного поля під час сонячних затемнень дозволяють уточнювати часові масштаби перебудови магнітосферно-іоносферних струмових систем після зміни радіаційних умов. Це створює підґрунтя для вдосконалення фізичних моделей динаміки системи СМСМІАЗ в умовах швидких зовнішніх впливів.

Виявлена наявність часової затримки максимумів або мінімумів рівня флуктуацій відносно моменту максимальної фази затемнення може бути використана при побудові напівемпіричних моделей реакції геомагнітного поля на короткочасні варіації сонячного випромінювання.

Результати дослідження магнітної бурі 4–7 листопада 2023 р., зокрема встановлення її п'ятикрокової структури та поетапної зміни спектрального

складу флуктуацій, можуть бути використані для вдосконалення методів класифікації складних геомагнітних збурень і підвищення точності оцінювання їх енергетичних характеристик.

Встановлені особливості спектрального розширення флуктуацій під час збурених станів мають практичне значення для оцінювання рівня геомагнітних ризиків для систем енергопостачання, аналізу впливу збурень на навігаційні та радіозв'язкові системи, інтерпретації даних наземних магнітометричних спостережень.

Розроблені підходи до системного аналізу рівня флуктуацій геомагнітного поля можуть бути застосовані для дослідження інших типів геофізичних збурень природного та техногенного походження.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їхнього використання для діагностики стану космічної погоди, вдосконалення методів аналізу геомагнітних даних, інтерпретації результатів геофізичних і геокосмічних експериментів.

7. Недоліки і зауваження.

1. Для визначення рівня збурення варіацій геомагнітного поля більшість науковців беруть за нульовий рівень «спокійні дні», які визначаються світовими центрами даних і публікуються на їхніх сайтах. Незрозуміло чому дисертантка не користувалась цими даними, а для визначення рівня збуреності використовувала «контрольний день». В роботі не сказано що таке контрольний день і для чого він береться.

2. В роботі зустрічаються вислови, що при $K_p = 3$ середовище вважається збуреним (наприклад ст. 57). Відповідно до загально прийнятої градації геомагнітне поле вважається збуреним коли $K_p = 4$ і вище. Крім того, даний індекс характеризує збуреність всього геомагнітного поля, а не магнітосфери чи іоносфери (ст.43).

3. В таблицях де приводяться відомості про сонячні затемнення для різних дат формати даних різні. Інколи одна і та сама величина позначається різними літерами в різних таблицях, а іноді різні величини позначаються тією самою літерою (наприклад таблиця 2.2). В підписі до таблиці 2.2 дано опис величин, однак не всі вони приведені в таблиці. Сказано, що ΔT тривалість повної або кільцевої фази затемнення, але ця величина не приведена в таблиці.

4. Не зрозумілий принцип нумерації формул в дисертації. На початку роботи вони не нумеруються, пізніше нумеруються. Також не зрозуміло навіщо дисертантка робить нумерацію для «Висновок до розділу 1» коли вже зрозуміло, що цей висновок стосується першого розділу.

5. Незрозумілим є також список літератури. В ньому зустрічаються українська і іноземна література, які ідуть в перемішку.

6. В дисертації досить часто зустрічаються вислови, які з наукової точки зору неправильні. Наприклад «геомагнітне поле Землі» - гео говорить про те, що це поле стосується Землі. А вислови «переходовій», «секулярні варіації», «пізоелектричними ...» взагалі не вживаються в науковій літературі.

Неправильними є вислови «Дані вимірювань міжнародної мережі INTERMAGNET. Правильно: «Дані обсерваторій, що входять до мережі INTERMAGNET.

8. Загальні висновки

Наявні зауваження не стосуються принципових результатів і висновків дисертації, тому не погіршують загального позитивного враження від даної роботи.

Дисертантка зуміла отримати нові результати з фізики іоносфери, які мають як теоретичне, так і практичне значення. Досліджено часові варіації рівня флуктуацій компонент геомагнітного поля, визначено їх спектральні характеристики і встановлено зв'язок між параметрами флуктуацій і різними типами геофізичних і геокосмічних явищ.

За тематикою виконаних досліджень і своїм змістом дисертація М.Ю. Голуб повністю відповідає паспорту спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали». Усі включені до дисертації результати в повному обсязі опубліковані у провідних наукових журналах із даної тематики, а також вони були представлені на профільних наукових конференціях.

Вважаю, що дисертаційна робота Голуб Марії Юріївни «Часові варіації рівня флуктуацій геомагнітного поля», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» (з наступними змінами) та постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 р., характеризується єдністю змісту та послідовністю викладення, містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, отримані здобувачкою у ході досліджень та не має порушень академічної доброчесності. Тому здобувачка Голуб Марія Юріївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний опонент,
провідний науковий співробітник
відділу геомагнетизму
Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна
НАН України
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Юрій СУМАРУК

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 17:00:53 12.08.2026

Назва файлу з підписом: vidhuk_Sumaruk_end.docx.asice
Розмір файлу з підписом: 44.8 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: vidhuk_Sumaruk_end.docx
Розмір файлу без підпису: 41.5 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: СУМАРУК ЮРІЙ ПЕТРОВИЧ
П.І.Б.: СУМАРУК ЮРІЙ ПЕТРОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2535106930
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 17:00:51 12.08.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000029683602DB84DD07
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.07.08 13:00