

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Милованова Юрія Борисовича

«Фізичні процеси в атмосферно-іоносферному радіоканалі, викликані дією високоенергетичних джерел»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – Радіофізика

Актуальність теми дослідження.

Тема дисертаційної роботи є безумовно актуальною, бо добре відомо, що атмосфера та іоносфера суттєво впливають на поширення радіохвиль майже всіх діапазонів. Природне середовище формує регулярні та нерегулярних радіофізичні ефекти й тим обмежує потенціал радіотехнічних систем, які використовуються для зв'язку, радіолокації, навігації, дистанційного моніторингу Землі та навколосередовища.

Процеси в атмосферно-іоносферному оточенні в спокійних умовах досліджені досить добре. Але цього не можна відзначити в випадку збурень у радіоканалі, що виникають завдяки потужним природним та техногенним джерелам енергії. Автор дисертації аналізує вплив потужного радіовипромінювання наземних радіосистем а також наслідки вторгнення в атмосферу Челябінського метеорита. У роботі детально досліджено модифікації іоносфери радіовипромінюванням (в першій частині) та середньої атмосфери (у другій частині). Продемонстровано, що збурення можуть бути значними та здатні суттєво впливати на атмосферно-іоносферний радіоканал. Таким чином, теми дисертації актуальна, а її зміст відноситься до космічної радіофізики.

Зв'язок роботи з науковими програмами.

У дисертації наведено результати досліджень, що виконані автором самостійно або сумісно з його науковим керівником протягом 2006–2018 рр. відповідно до програми науково-дослідних робіт кафедри космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Пошукувач був одним із виконавців багатьох науково-дослідних робіт.

Структура та короткий зміст дисертаційного дослідження.

Дисертаційна робота Ю. Б. Милованова складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, та списку використаних джерел. Вона містить 68 малюнків та 21 таблицю. Загальний об'єм дисертації – 204 сторінок.

У вступі дана загальна характеристика роботи, сформульована актуальність теми, поставлено цілі та задачі дослідження, відзначено наукову новизну та практичне значення отриманих у дисертації результатів.

Розділ 1 містить аналітичний огляд літератури. Тут описані взаємодія потужного радіовипромінювання з іоносферною плазмою та атмосферні ефекти, що виникли під час падіння великих космічних тіл (Челябінського метеорита).

У розділі 2 розглянуто результати числового моделювання збурень температури і концентрації електронів як функції висоти для різних частот та ефективних потужностей наземних радіостендів. Також детально досліджено ефект амплітудного

само-впливу радіохвиль у іоносфері. Оцінено електричне поле, потрібне для пробую атмосфери радіоімпульсами наносекундної тривалості.

У розділі 3 виконується фізико-математичне моделювання атмосферних ефектів, які виникли при падінні Челябінського метеориту. Основна увага приділяється розв'язанню зворотної проблеми, яка є належить до класу некоректних задач.

В розділі 4 проведено фізико-математичне моделювання підйому нагрітої області атмосфери (терміка), що виникає при падінні на Землю великого космічного тіла.

В розділі 5 наведені результати експериментальних радіофізичних спостережень хвильових збурень у іоносфері, які супроводжували падіння Челябінського метеороїду.

У висновках перераховані основні результати досліджень.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна.

Основні наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовані в дисертації, є обґрунтованими та достовірними. Вони обумовлені чіткою постановкою задач, коректністю використаних та запропонованих фізико-математичних моделей, детальним комп'ютерним моделюванням і фізичною інтерпретацією отриманих результатів.

Автором дисертації використані апробовані методи обчислювань, моделювання, розв'язання некоректно поставлених задач (метод регуляризації), математичної статистики та статистичної радіофізики. Робота свідчить, що автор дисертації добре володіє всіма цими методами. Зіставлення з опублікованими результатами інших дослідників, коли це можливо, свідчать про їх взаємну відповідність.

Усі результати, які виносяться на захист, є новими або були одержані із застосуванням нових методик та оригінальних підходів.

Основні результати наукового дослідження є такими.

1. Виконано числове моделювання взаємодії потужного радіовипромінювання гектометрового та декаметрового діапазонів з іоносферною плазмою.

2. Виконано детальне числове моделювання амплітудного само-впливу потужних радіохвиль в іоносферній плазмі. Кількісно досліджені ефекти само-просвітлення та само-помутніння іоносферної плазми. Вперше виявлено, що частотна залежність множника само-впливу радіохвилі незвичайної (X) поляризації є немонотонною, а радіохвилі звичайної поляризації (O) – монотонною.

3. Проведено комп'ютерне моделювання взаємодії надпотужних (діапазон $\sim 10^9$ Вт) надкоротких (тривалість $\sim 10^{-9}$ Вт) радіоімпульсів з атмосферним газом і плазмою іоносфери. Встановлені основні параметри, необхідні для влаштування штучного електричного пробую мезосфери на висотах від 30 до 60 км.

4. Вперше з використанням даних відео спостережень за траєкторією Челябінського космічного тіла та алгоритмів регуляризації отримано висотні та часові залежності швидкості та прискорення метеороїду. На основі кінематичних характеристик космічного тіла з використанням відомих рівнянь вдалося розрахувати висотні та часові залежності маси, площі перерізу хмари уламків космічного тіла, інтенсивності випромінювання, температури випромінюючої поверхні, оцінено коефіцієнти динамічного опору та абляції, а також питому енергію абляції.

5. Вперше дистанційними методами було розвинуто фізико-математичну модель висотних та часових змін швидкості підйому, ефективного радіусу та надлишку температури в розігрітій області утвореної вибухом Челябінського метеорита в атмосфері Землі, та проведено детальне комп'ютерне моделювання.

6. Вперше з використанням реєстрацій Європейської мережі наземних GPS-радіоприймачів визначено основні параметри хвильових збурень атмосфери, генерованих прольотом і вибухом Челябінського космічного тіла.

Наукове значення результатів дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Ю. Б. Милованова є закінченим науковим дослідженням. Автор розв'язав важливі наукові задачі, що спрямовані на дослідження збурень параметрів навколишнього середовища та атмосферно-іоносферного радіоканалу завдяки потужному радіовипромінюванню або падінню великих космічних тіл. Автор запропонував нові або вдосконалив існуючі фізико-математичні моделі відповідних процесів, провів детальне комп'ютерне моделювання та дав фізичну інтерпретацію основних радіофізичних ефектів. Отримані результати представляють інтерес для фахівців в області космічної радіофізики та геофізики.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у вдосконаленні фізико-математичних моделей взаємодії потужного радіовипромінювання та великих космічних тіл з навколоземним середовищем, проведенні детального комп'ютерного моделювання та отриманні низки фізичних результатів. Всі результати, що виносяться на захист, є новими.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи.

Автор дисертації розробив і реалізував серію комп'ютерних програм для моделювання взаємодії потужного радіовипромінювання з атмосферою й іоносферою, а також взаємодії великих космічних тіл типу Челябінського метеориту з атмосферою. Він отримав конкретні числові характеристики збурень, які можна використати при моделюванні збурень атмосферно-іоносферного радіоканалу та оцінці змін параметрів радіосигналів, які використовуються в системах телекомунікації, радіонавігації, радіолокації тощо.

Повнота викладення отриманих результатів у наукових працях. Усі основні результати дисертації були опубліковані в фахових виданнях і додатково висвітлені в нефахових виданнях і тезах низки конференцій. Результати дисертації Ю. Б. Милованова викликали інтерес у спеціалістів та отримували підтримку.

Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертації.

Зауваження та недоліки дисертації та автореферату. До недоліків дисертації можна віднести такі пункти.

1. Матеріал роботи складається з двох частин, які слабо пов'язані між собою. Перша з них розглядає нелінійну взаємодію потужного штучного електромагнітного випромінювання з плазмовим середовищем, а друга присвячена різним проявам "механічної" взаємодії крупного метеорита з атмосферою Землі. Кожна з цих частин завершена ідейно, матеріалу кожної з них цілком достатньо, щоб бути основою окремої дисертаційної роботи. На мій погляд їх об'єднання знижує цілісність викладення та потребує використання зовсім різних математичних підходів.

2. Текстові пояснення не завжди слухні та акуратні. Для економії місця я наведу лише один приклад. У кількох місцях дисертації (стор. 7, 156, 158 та 176)

2. Текстові пояснення не завжди слушні та акуратні. Для економії місця я наведу лише один приклад. У кількох місцях дисертації (стор. 7, 156, 158 та 176) зустрічається твердження, яке ставить читача в глухий кут: "Більш нагрітій термік охолоджується швидше, ніж менш нагрітій."

Очевидно, що здобувач хотів сказати, що швидкість зміни температури гарячого тіла в атмосфері тим вище, чим вище сама температура. Це безумовно вірно. Але з тексту неясно, що на увазі мається перша похідна температури як функція часу, а не сама температура. Тому твердження можна зрозуміти так, що більш нагріте тіло охолоне раніш, ніж менш нагріте. В тексті є також інші неточності, але я не стану на них зосереджуватися.

Зроблені зауваження не зменшують позитивного враження від роботи та не ставлять під сумнів новизну та обґрунтованість результатів кандидатської дисертації Ю.Б. Милованова. Автор зробив внесок у розв'язання окреслених радіофізичних задач, що пов'язані із збуреннями атмосфери й іоносфери потужним радіовипромінюванням та падінням великих космічних тіл.

Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки.

Дисертаційна робота Ю. Б. Милованова, яка присвячена задачам космічної радіофізики, що полягають у дослідженні збурень атмосфери й іоносфери потужним радіовипромінюванням та падінням великих космічних тіл, виконана на високому науковому рівні, містить оригінальні наукові результати, відповідає всім вимогам постанови «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів», затвердженої Постановою Кабінету міністрів України №567 від 24 липня 2013 р.

Автор дисертації Милованов Юрій Борисович безумовно заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – Радіофізика.

Офіційний опонент:

Ніколаєнко О.П.

“ 12 ” 06 2019 р.

д. ф.-м.-н., професор,

с.н.с. відділу дистанційного зондування Землі

Інституту Радіофізики та Електроніки ім. О.Я. Усикова

Національної Академії наук України

Підпис О. П. Ніколаєнка засвідчую:



Почаніна І.Є.

“ 12 ” 06 2019 р.

к. ф.-м.-н., с.н.с.

Вчений секретар

Інституту Радіофізики та Електроніки ім. О.Я. Усикова

Національної Академії наук України