ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертацію Черемниха Сергія Олеговича
«Дослідження спорадичних і ультранизькочастотних процесів у внутрішній магнітосфері Землі»,подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження

Актуальність теми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота присвячена дослідженню хвильових процесів та плазмових утворень, математичні моделі яких роблять внесок в розуміння взаємодії геомагнітного поля із сонячним вітром. При виконанні роботи автором використовувались дані з космічних апаратів, що є важливим для дослідження проблеми «космічна погода». Особливо слід відмітити, що у роботі С.О. Черемниха представлені як аналітичні та і чисельні результати, що позитивно впливає на якість розуміння предмету дослідження.

Окремої уваги заслуговує спроба дисертанта підійти до розуміння «космічної погоди» з різних боків в контексті часу – як з боку аналізу умов виникнення магнітних суббур і бур, так і з боку дослідження власно механізмів розповсюдження збуджень у магнітосфері Землі, а також з позиції покращення якості прогнозування геомагнітної активності.

Наукова новизна одержаних результатів

Оцінюючи найважливіші здобутки дисертаційного дослідження, варто вказати на наступні результати, що мають наукову новизну:

–Отримана система рівнянь, що описує малі збурення у дипольному магнітному полі, яка також враховує поперечну структуру збурень, що зроблено вперше. На основі даної системи описано розповсюдження усіх гілок МГД хвиль;

– Встановлено, що у плазмі магнітосфери реалізуються УНЧ хвилі у вигляді тороїдальних та полоїдальних мод, зачеплених із повільною магнітозвуковою хвилею. Вперше автором показано що моди з «проміжною» поляризацією є такими, що складно реалізуються;

–Завдяки перемішуванню фаз відкрито ефект згасання тороїдальних альфвенівських мод у магнітосферній плазмі. Показано, що він може мати місце і для полоїдальних альфвенівських мод;

– Теоретично визначено, що геоефективні плазмові структури у сонячному вітрі можуть реалізовуватись у вигляді циліндру, еліпсоїду та тору;

–Вперше запропоновано для прогнозування Dst-індексу використовувати білінійні динамічні моделі. Побудовано модель динаміки Dst-індексу та чисельно показано можливість прогнозу на 5 – 6 годин наперед;

–Запропоновано новий підхід до прогнозування Dst-індексу на основі локальних показників Ляпунова, а також процедуру їх обчислення при наявності шумів. Також реалізовано процедуру обчислення горизонту прогнозу Dst-індексу з використанням спектру локальних показників Ляпунова.

Вважаємо, що елементи наукової новизни сформульовані коректно, їх кількість та кваліфікаційні ознаки відповідають нормативним вимогам.

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

Детальне ознайомлення з текстом дисертації С.О. Черемниха дозволяє стверджувати, що підхід дисертанта до дослідження взаємодії сонячного вітру з геомагнітним полем є обґрунтованим. Варто відзначити що викладення матеріалу є цілком логічним, оформлення наукових результатів роботи – якісним, а структура роботи відповідає вимогам до кандидатських дисертацій.

Заслуговує на увагу гармонійне поєднання та вдале використання теоретичної бази та експериментальних даних. Дослідження, яке проведено за допомогою методів теоретичної та статистичної фізики, числових методів, фізики плазми, фізичної кібернетики природно поєднується з використанням

даних з КА AMPTE/CCE, Equator-S.

Список використаної літератури справляє позитивне враження. Вітчизняні роботи за тематикою дисертації вдало доповнюються численними іншомовними джерелами. Це свідчить про серйозне опрацювання стану проблеми, високий рівень наукової підготовки автора і його наукову зрілість.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

Дисертація С.О. Черемниха складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел. У вступі чітко обґрунтовано актуальність проблеми, коректно сформульована мета, яка корелює з темою, та конкретизується у завданнях, окреслено об'єкт та предмет роботи. Логічно окреслено систему використаних в роботі дослідницьких методів.

У першому розділі дисертаційної роботи **«Довготривалі процеси у магнітосфері Землі»** автор навів стислий огляд розвитку головних напрямків досліджень, що відносяться до проблеми розповсюдження ультранизькочастотних хвиль в магнітосфері Землі та генерації спорадичних збурень її магнітного поля. Наприкінці кожного підрозділу автором сформульовано задачу дослідження та означено його подальший напрямок.

У другому розділі роботи **«Основні наближення та моделі»** дисертант навів короткий огляд результатів стосовно проблем, які розглянуто у дисертації. Описано основні наближення та моделі збурення плазми у системі «магнітосфера Землі – сонячний вітер». Також, саме у цьому розділі наведені дані з космічних апаратів, на яких базується дослідження. Розглянуто проблему рівноваги плазми у магнітосфері. Викладено метод отримання рівняння малих коливань для плазми, яка знаходиться у дипольному магнітному полі. Описані основні властивості безсилових конфігурацій, які використовуються у роботі для опису динаміки корональних викидів маси у потоці сонячного вітру. Також у цьому розділі представлено основні результати, що стосуються підходу до структурно-

параметричної ідентифікації нелінійних дискретних динамічних моделей прогнозування геомагнітних бур.

На мою думку, цінною є спроба автора поєднати різні аспекти геомагнітних збурень для отримання картини їх розвитку у часі – від механізмів виникнення до розповсюдження та прогнозування.

Третій розділ **«Генерація УНЧ збурень у магнітосфері Землі»** представляє собою дослідження УНЧ коливань з періодами від декількох секунд до десятків хвилин. Приведено цілу низку аналітичних результатів, котрі є важливими для подальшого дослідження цих хвиль та їх спостереження з космічних апаратів. Отримано систему рівнянь для опису власних УНЧ мод у дипольному магнітному полі. Важливим, на мій погляд, є те, що цей результат було отримано із урахування поперечної структури збурень. Також пояснюється ефект загасання тороїдальних альфвенівських мод через перемішування фаз збурень. Отримані рівняння малих коливань для поперечно-дрібномасштабних УНЧ хвиль у дипольному магнітному полі. Цей результат є важливим для подальшого дослідження, оскільки ці хвилі легко генеруються у навколоземній магнітній пастці та часто переходять у нестійкий режим.

Окремо слід звернути увагу на підрозділ, що присвячено верифікації отриманих результатів за вимірами з КА AMPTE/CCE, де показано, що здебільш реалізуються тороїдальні альфвенівські моди і полоїдальні альфвенівські моди, зачеплені через радіальну кривизну силових ліній магнітного поля з повільними магнітозвукових модами.

Четвертий розділ «**Безсилові плазмові конфігурації у сонячному вітрі**» присвячено моделюванню можливих плазмових структур у потоці сонячного вітру. Отримано математичні моделі трьох можливих плазмових безсилових структур циліндру, тору та еліпсоїду. Слід відмітити, що дослідження, представлені в цьому розділі, найскладніше співставити з емпіричними даними через великий розмір КВМ та наявність у КВМ так званої «атмосфери».

П'ятий, останній розділ дисертації «**Варіації магнітного поля Землі і прогнозування геомагнітних індексів**» дисертації присвячено скінченновимірним динамічним моделям геомагнітних індексів. Введено білінійну динамічну модель геомагнітного індексу. Отримано алгоритм прогнозування геомагнітного Dst-індексу та проведено чисельне моделювання. Також, важливим результатом цього розділу є запропонований підхід до аналізу прогнозованості Dst-індексу на основі локальних показників Ляпунова та процедура їх обчислення за наявності шумів. Слід зазначити, що дослідження цього розділу є особливо актуальним, оскільки прогнозування геомагнітних індексів найбільш тісно пов'язано із проблемою космічної погоди.

Завершується робота розгорнутими висновками, які випливають із змісту роботи, є логічними і чітко визначають основні результати дисертаційної роботи.

Виходячи з аналізу основної частини дисертації, можемо дійти висновку, що мета дисертаційної роботи була досягнута, а дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях

Основні положення та висновки дисертаційної роботи викладено у п'яти працях, одна з яких опублікована в іноземному науковому виданні, шість праць додатково відображають результати роботи.

Таке представлення результатів наукової роботи є достатнім. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам ДАК України та «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника». Зазначені публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації.

Основні положення дисертації широко апробовані на наукових конференціях, де пройшла належну апробацію. Вона є самостійною науковою працею, що має завершений характер.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Автореферат дисертації а структурою та змістом відповідає вимогам МОН України. У тексті автореферату відображено основні положення, зміст, результати і висновки здійсненого дисертаційного дослідження. Зміст автореферату та вступна частина дисертації ідентичні.

Дискусійні положення та зауваження

Позитивно оцінюючи здобутки дисертанта, вважаю за необхідне зазначити наступні дискусійні положення та зауваження до поданої дисертаційної роботи:

- Слабким місцем дисертації є недостатньо обґрунтований зв'язок між розділами. Хоча третій, четвертий та п'ятий розділи відповідають задачі дослідження, об'єктом їх дослідження є різні явища;

- Недостатньо повно викладені чисельні розрахунки, що були представлені у дисертації. Для повноцінного розуміння проведеної роботи окрім алгоритму доцільно було б представити в додатку програмний код його реалізації;

- Недостатньо повно розкрито внесок спорадичних процесів в формування геомагнітної активності;

- В розділі 3 (стор. 58) речення «В случае непрерывного спектра волны в разных пространственных координатах имеют различную частоту... » слід поміняти на «В случае непрерывного спектра волны в разных точках пространства имеют различную частоту... »;

- Ніде в розділі 3 не відзначено, що (p`) є просторовою похідною від збуреного тиску;

- В висновках до розділу 3 (пункт 1) слова «...никаких ограничений на амплитуды возмущений» слід поміняти на слова «...никаких ограничений на форму возмущений»;

- В розділі 5 слід було б навести назви космічних місій, що працювали з 1983 по 2005 роки, отримані дані досліджень з яких були використані в дисертації для прогнозування Dst-індексу.

Попри висловлені зауваження, отримані наукові результати не викликають сумніву і цілком можуть бути виправленими у подальшій науковій роботі дисертанта.

Загальний висновок

Дисертаційна робота на тему «Дослідження спорадичних і ультранизькочастотних процесів у внутрішній магнітосфері Землі» виконана вперше і поглиблює існуючі знання щодо процесів у ближньому космосі, а саме є суттєвим внеском в розвиток дистанційних аерокосмічних досліджень.

Дисертація є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані та практично цінні результати.

Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота викладу в опублікованих працях повністю відповідають вимогам до кандидатських дисертацій.

Вважаю, що дисертаційна робота «Дослідження спорадичних і ультранизькочастотних процесів у внутрішній магнітосфері Землі», представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук, відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 року, а її автор – Черемних Сергій Олегович – заслуговує на

присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження.

Офіційний опонент:
доктор фізико-математичних наук
завідувач відділу фізики космічної
плазми Головної Астрономічної
Обсерваторії НАН України **Кришталь Олександр Нектарійович.**

Підпис О.Н. Кришталя засв.
зав. відд. з к/р
к/р Кравчук С.Г.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ГОЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ
Ідентифікаційний код 05417360
м. КИЇВ