

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ГОЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ

На правах рукопису
УДК 523.9+523.6+
+551.510.537+533.951

МАЛОВІЧКО ПАВЛО ПЕТРОВИЧ
НИЗЬКОЧАСТОТНІ ХВИЛЬОВІ ПРОЦЕСИ ТА ЇХ РОЛЬ
У ДИНАМІЦІ КОСМІЧНОЇ ПЛАЗМИ.
01.03.03 - геліофізика та фізика сонячної системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

КИЇВ - 1996

46 35.326

ЛННБ України ім.В.Стефаніка

Головна астрономічна обсерваторія



00754200 (1)

України

доктор фізико-математичних наук, професор
Ожимук Адам Корнілович

Офіційні опоненти:

член-кореспондент НАНУ, доктор фізико -
математичних наук, професор
Фомін Петро Іванович
доктор фізико-математичних наук, професор
Дзюбенко Микола Іванович

Провідна організація:

Радіоастрономічний інститут НАН України,
м. Харків

Захист відбудеться 4 жовтня 1996 року на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д01.74.01 при Головніій
астрономічній обсерваторії Академії наук України (252650, м.
Київ-22, Голосієво), початок засідання о 9 годині.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Головної
астрономічної обсерваторії Академії наук України.

Автореферат розісланий "24" червня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат фізико-математичних
наук

Н.Г.Гусева

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Загальна характеристика роботи.

Актуальність проблеми.

Низькочастотні електромагнітні процеси відіграють фундаментальну роль у динаміці та розвитку багатьох астрофізичних явищ, що відбуваються у космічному середовищі. Це визначається тією обставиною, що основним станом космічної речовини являється сильно замагнічена плазма, в якій тиск магнітного поля набагато перевищує тепловий тиск самої речовини. Тому, внаслідок вмороженості плазми, магнітне поле або повністю керує основними динамічними процесами, що відбуваються в космічному середовищі, або справляє на них суттєвий вплив.

В результаті взаємодії потоків речовини з магнітним полем, плазма сонячної атмосфери постійно виходить із стану термодинамічної рівноваги, внаслідок чого в ній генеруються найрізноманітніші, насамперед низькочастотні хвильові рухи, які у свою чергу беруть активну участь в усіх процесах, що відбуваються як на Сонці, так і в сонячному вітрі.

Хвилі беруть участь у процесах переносу та перерозподілу енергії, у нагріві та прискоренні часток, можуть приводити до аномальної дифузії, теплопровідності та в'язкості плазми, а також служити механізмом утворення неоднорідностей у космічній плазмі. Таким чином вивчення процесів генерації, розповсюдження та впливу низькочастотних електромагнітних хвиль на динаміку космічної плазми виявляється вельми актуальною фундаментальною задачею астрофізики. Зокрема у вивченні та розвитку уявлень про Сонце, сонячний вітер, магнітосферу Землі, а також

сонячно-земні зв'язки.

В плазмовій астрофізиці існує досить багато ще не розв'язаних проблем, пов'язаних як з конкретними явищами, що відбуваються в космічному середовищі, так і з теоретичними аспектами фізики плазми. Однією з таких проблем є проблема врахування впливу теплових ефектів на процеси, що протікають за участю альвенівських хвиль.

Це стосується насамперед кінетичних альвенівських хвиль (КАХ), коли такий вплив виявляється суттєвим. Як в лінійній так, і в нелінійній теорії КАХ існують значні проблеми, які необхідно розв'язати для того, щоб в повній мірі оцінити та визначити роль цих хвиль в динамічних процесах, що протікають у космічній плазмі.

Окрім теоретичних проблем, зв'язаних з фізикою плазми, існує ряд астрофізичних проблем та явищ для пояснення яких необхідно залучити методи плазмової астрофізики. Це передусім стосується питань генерації та розповсюдження низькочастотних електромагнітних хвиль у конкретних астрофізичних об'єктах та структурах (корональних петлях, перехідній області сонячного вітру, струмових структурах магнітосфери Землі, плазмовому шарі хвоста магнітосфери та ін.).

Таким чином, розв'язання усіх цих питань вельми актуальна задача, як з точки зору розвитку теорії низькочастотних хвиль, так і для пояснення фізичних явищ, що спостерігаються в космічній плазмі.

Метов роботи є:

1) подальший розвиток лінійної та нелінійної теорії

магнітогідродинамічних хвиль;

2) використання теоретичних результатів для якісного та кількісного пояснення явищ, що відбуваються в конкретних астрофізичних об'єктах та структурах.

Наукова новизна.

1). Вперше досліджено дисперсійні властивості КАХ у плазмі дуже низького $\beta \ll m_e/m_i$ (β - відношення газокінетичного тиску до тиску магнітного поля, m_e - маса електрона, m_i - маса іона), низького $m_e/m_i \ll \beta \ll 1$, при великій неізотермічності, кінцевого $\beta \sim 1$ та високого $\beta \gg 1$ тиску.

2). Вперше отримано загальні нелінійні рівняння, що описують нелінійні процеси з участю кінетичних альвенівських хвиль, одержана також система нелінійних рівнянь, що описують трихвильову резонансну взаємодію пакетів КАХ та досліджено параметричний розпад КАХ у плазмі дуже низького тиску.

3). Досліджено нові механізми генерації низькочастотних хвиль у корональних петлях та сонячному вітрі.

4) Запропонована та розвинута модель радіального розповсюдження МГД хвиль у сонячному вітрі.

5). Вивчені нові механізми генерації пульсацій у магнітосфері Землі.

6). Досліджено процес лінійної трансформації та розповсюдження альвенівських хвиль у пограничній області плазмового шару хвоста магнітосфери Землі.

Наукове та практичне значення роботи.

Результати досліджень можуть бути використані для:

1) побудови повної та адекватної лінійної та нелінійної теорії низькочастотних процесів, що відбуваються у

змагніченій плазмі;

2) пояснення процесів, що відбуваються в спалюваних корональних петлях;

3) побудови більш детальних моделей розповсюдження МГД хвиль у сонячному вітрі;

4) пояснення спектрів низькочастотних хвиль, що спостерігаються у сонячному вітрі;

5) розвитку моделей сонячного вітру, що враховують додаткове джерело нагріву, яким являються МГД хвилі;

6) пояснення механізмів генерації та спектрів низькочастотних пульсацій, що спостерігаються у магнітосфері Землі;

7) дослідження ролі низькочастотних хвиль у процесах нагріву та прискорення часток у хвості магнітосфери Землі.

Основні положення, що виносяться на захист.

1. Дисперсійні властивості кінетичних альвенівських хвиль у плазмі з довільними значеннями плазмового параметру β .

2. Кінетична теорія резонансної нелінійної трихвильової взаємодії кінетичних альвенівських хвиль у плазмі дуже низького тиску.

3. Механізм генерації альвенівських хвиль струмом у корональних петлях.

4. Теоретичні аспекти генерації та розповсюдження МГД хвиль у сонячному вітрі.

5. Струмова та температурно-дрейфова нестійкість кінетичних альвенівських хвиль у магнітосфері Землі.

6. Теорія розповсюдження та трансформації альвенівських хвиль в плазмовому шарі хвоста магнітосфери Землі.

Апробація роботи.

Результати роботи доповідалися на семінарах відділу фізики космічної плазми ГАО НАН України, на об'єднаному астрофізичному семінарі ГАО НАН України, на Всесоюзному семінарі по космічній фізиці (Київ, 1981 р.), на IV-му Міжнародному симпозіумі КАПГ по сонячно-земній фізиці (Сочі, 1984 р.), на XIII-му Міжнародному симпозіумі МАС № 137 "Фізика фотосфери" (Київ, 1989 р.), на VII міжнародному симпозіумі по сонячному вітру (Німеччина, 1991 р.), на міжнародному семінарі "Фізика космічної плазми" (Київ, 1993 р.).

Основний зміст дисертації опубліковано у 15 друкованих роботах, список яких приведено у кінці автореферату.

Структура та об'єм дисертації.

Дисертація складається з вступу, чотирьох глав, висновку та списку цитованої літератури. Об'єм дисертації складає 138 сторінок (5 малюнків включно). Список цитованої літератури містить 156 назв бібліографічних джерел.

Зміст роботи.

У вступі обґрунтовується актуальність розглянутих в дисертації питань, стисло викладається ступінь розробки даної тематики. Формулюються задачі та мета роботи, обґрунтовується наукова та практична значимість дисертації. Стисло викладено зміст та основні результати.

У першій главі строго та послідовно, з використанням кінетичного підходу, досліджено дисперсійні властивості кінетичних альвенівських хвиль у плазмі з різними значеннями параметрів.

У § 1.1 повне дисперсійне рівняння подано у зручному для аналізу КАХ вигляді. З використанням конкретного вигляду тензора діелектричної проникливості та сумування нескінчених рядів функцій Бесселя, одержано дисперсійне рівняння, що описує дисперсію низькочастотних хвиль з урахуванням кінцевості ларморовського радіуса протонів.

У § 1.2 досліджено характеристики КАХ для різних значень параметрів плазми. Показано, що вигляд дисперсії, декремента згасання, поляризації кінетичних альвенівських хвиль може суттєво змінюватися в залежності від значень плазмового параметру β , а також величини неізотермічності. Підкреслено, що загально прийнята широко відома дисперсія КАХ слушна лише для плазми низького тиску та при кінцевих значеннях неізотермічності.

У § 1.3 проаналізовано загальні та відмітні властивості КАХ.

Характерними особливостями КАХ являються залежність фазової швидкості від поперечних масштабів довжин хвиль, причому для масштабів, значно більших за протонний ларморовський радіус, фазова швидкість співпадає з альвенівською швидкістю, що забезпечує плавний перехід альвенівських хвиль у кінетичні. Із зменшенням поперечних масштабів довжин хвиль фазова швидкість або збільшується, або зменшується (у плазмі дуже низького тиску), але завжди обмежена тепловою швидкістю електронів. Для КАХ характерна суттєва взаємодія з частками плазми, що відрізняє їх від звичайних альвенівських хвиль, де такою взаємодією можна практично знехтувати. Згасання хвиль відбувається в

основному на електронах (лише у плазмі кінцевого та високого тиску хвилі взаємодіють в основному з протонами). Все це може привести до того, що у нерівноважній плазмі будуть генеруватися саме кінетичні альвенівські хвилі, що у свою чергу, відіб'ється на формуванні спектру альвенівських хвиль. Окрім цього, для КАХ характерна наявність, хоча і малого, поздовжнього електричного поля, усе це відбувається на квазілінійних та нелінійних процесах за участю кінетичних альвенівських хвиль.

Друга глава присвячена вивченню нелінійної взаємодії КАХ.

У § 2.1 з використанням конкретного вигляду тензора діелектричної проникливості низькочастотних хвиль в магнітоактивній плазмі, одержано загальні нелінійні рівняння, що описують нелінійні резонансні процеси з участю кінетичних альвенівських хвиль. Тому що вираз для струму не конкретизовано, ці рівняння слушні для будь-яких типів взаємодії.

Прованалізовано перехід до альвенівських хвиль, а також одержано нелінійні рівняння для плазми кінцевого та високого тиску.

У § 2.2, на основі кінетичного рівняння Власова, одержано нелінійні поправки до струму другого порядку, з урахуванням кінцевої ларморовського радіуса, що дають основний внесок у нелінійну трихвильову резонансну взаємодію КАХ у плазмі дуже низького тиску. При одержанні поправок було проведено сумування нескінченних рядів функцій Бесселя.

У § 2.3 розглянуто нелінійну резонансну трихвильову

взаємодій кінетичних альвенівських хвиль в плазмі дуже низького тиску. Проаналізовано закони збереження, знайдено зв'язок між хвильовими векторами та накладено обмеження на межі зміни хвильових векторів. Одержана система нелінійних рівнянь, що описують нелінійну трихвильову резонансну взаємодій пакетів КАХ у плазмі дуже низького тиску. Проаналізовано параметричний розпад КАХ на дві інші КАХ. Показано, що інкремент параметричної нестійкості у цьому випадку, може досягати дуже великих значень та на кілька порядків переважати аналогічний інкремент у плазмі низького тиску.

У третій главі вивчено ряд низькочастотних хвильових процесів, що відбуваються у короні Сонця та сонячному вітрі.

У § 3.1 досліджено струмову нестійкість в корональних петлях. Дані спостережень фотосферних магнітних полів переконливо свідчать про наявність поздовжніх струмів, густина котрих нерідко досягає $(2 - 3) \cdot 10^4$ А/км². Причому струми протікають як на рівні фотосфери, так і в більш високих шарах атмосфери Сонця, замикаючись через магнітні петлі. Показано, що з підсиленням струму, котре відбувається перед сонячними спалахами, може розвиватися аперіодична нестійкість, яка приводить до сильного викривлення силових ліній магнітного поля, тим самим сприяє перез'єднанню магнітного поля та розвитку спалаху. Оцінено інкремент розвитку струмової нестійкості. Характерний час розвитку нестійкості по порядку величини порівняний або менший часу розвитку спалахових процесів.

У § 3.2 розглянуто процеси, що відбуваються у перехідній області сонячного вітру. Експерименти по радіопросвіченню сонячної корони дозволили виявити на відстані $(15-20) R_{\odot}$ (R_{\odot} - радіус Сонця) турбулентну область, що відрізняється наявністю потокових структур. Відносна швидкість цих потоків може суттєво перевищувати локальну альвенівську швидкість. Окрім того, спостереження за допомогою космічних апаратів до відстаней 0.3 A.E. (A.E. - астрономічних одиниць), показує, що функція розподілу протонів по швидкостях в більшості випадків має два максимуми, особливо в високошвидкісних потоках. У параграфі досліджено стійкість таких розподілів відносно збудження альвенівських та магнітозвукових хвиль. Проведені розрахунки показали, що саме в перехідній області сонячного вітру створюється умова для генерації та виникнення турбулентності, що приводить до додаткового виділення тепла та підвищення температури протонів у перехідній області.

У § 3.3 досліджена пучкова нестійкість та генерація кінетичних альвенівських хвиль у перехідній області сонячного вітру та корональних петлях. Показано, що у перехідній області сонячного вітру окрім альвенівських та магнітозвукових хвиль можуть генеруватися також кінетичні альвенівські хвилі. Проаналізовано квазілінійну та нелінійну стадії цього процесу. Оцінки показують, що амплітуди магнітних флуктуацій можуть досягати значних значень та що енергія коливань достатньо висока, щоб збільшити температуру протонів на 20 %. Розглянуто також гідродинамічну та кінетичну стадії розвитку пучкової нестійкості, що викликана

розповсюдженням потоків протонів з енергією 100 кев у сонячних корональних петлях. Показано, що за допомогою запропонованого механізму генерації КАХ можна пояснити нагрів корональних петель та спостережувані потоки гарячої плазми з основ петель.

У § 3.4 сформульована задача урахування додаткового джерела нагріву, яким являються МГД хвилі, у моделях сонячного вітру. Показано, що модель сонячного вітру у цьому випадку складається з трьох рівнянь, що описують: розширення корони у міжпланетний простір, еволюцію хвильових векторів (рівняння Гамільтона) та рівняння передачі енергії від хвиль часткам плазми. Розвинуто модель радіального розповсюдження МГД хвиль, що дозволяє досить просто враховувати нагрів плазми на геліоцентричних відстанях $R > 20 R_{\odot}$.

У четвертій главі розглянуто деякі низькочастотні хвильові процеси, що протікають в магнітосфері Землі.

У § 4.1 досліджені механізми збудження низькочастотної турбулентності в авроральних областях магнітосфери Землі. Показано, що поздовжні струми, що протікають уздовж магнітного поля на великих висотах та замикаючися поперечними на іоносферних висотах можуть приводити до генерації низькочастотного шуму та пульсацій, що реєструються як на поверхні Землі, так і за допомогою космічних апаратів. Причому під час посилення магнітосферної активності та посилення поздовжніх струмів, окрім альвенівських хвиль можуть збуджуватися і кінетичні альвенівські хвилі. Зроблено оцінки спектра та густини хвильового потоку, котрі добре узгоджуються із

спостереженнями.

У § 4.2 вперше досліджена шлангова нестійкість кінетичних альвенівських хвиль та нестійкість КАХ, викликана тиском пучка. Проаналізована можливість генерації хвиль в плазмовому шарі хвоста магнітосфери Землі. У плазмовому шарі можна виділити пограничну область, що відділяє його від долів хвоста, однією з основних особливостей якої є наявність у ній пучків високошвидкісних протонів, швидкості яких можуть досягати величин 1500 км/с. Пучки можуть рухатися як від Землі, так і до Землі (часто назустріч один одному). Показано, що такі пучки можуть приводити до генерації кінетичних альвенівських хвиль у пограничній області. Знайдено критерії та інкримент розвитку нестійкості. Показано, що з ростом поперечних хвильових векторів нестійкість може стабілізуватися.

У § 4.3 досліджена температурно-дрейфова нестійкість, яка обумовлена наявністю градієнтів температур. Виміри температури та густини заряджених часток у магнітосфері Землі, зокрема в області плазмопаузи та плазмового шару хвоста магнітосфери, показують, що плазма магнітосфери суттєво неоднорідна. Наявність градієнтів температури та густини може призводити до різного роду дрейфових нестійкостей та генерації низькочастотних хвиль, які дійсно часто спостерігаються у згаданих областях. У параграфі показано, що врахування градієнта температури іонів приводить до розщеплення однієї кінетичної альвенівської хвилі на дві, а також до появи дрейфової гілки коливань, причому в залежності від знаку добутку градієнтів температур

іонів та електронів можуть генеруватися різні типи коливань.

У § 4.4 досліджена лінійна трансформація та розповсюдження альвенівських хвиль у пограничній області плазмового шару хвоста магнітосфери Землі. Показано, що в процесі розповсюдження альвенівських хвиль у пограничній області, відбувається наростання та розворот поперечних хвильових векторів у бік плазмового шару. В міру наростання поперечних хвильових векторів альвенівські хвилі переходять у кінетичний режим, тому легко проникають в область плазмового шару передаючи там свою енергію часткам плазми.

У висновках сформульовані основні результати, одержані у дисертації.

Основні результати та висновки.

1. Вперше вивчені дисперсійні властивості кінетичних альвенівських хвиль у плазмі кінцевого, високого та дуже низького тиску, а також у плазмі низького тиску (при $T_e/T_i \ll 1$). Показано, що такі хвилі можуть активно взаємодіяти з частками плазми, отже легко генеруватися та відігравати суттєву роль у процесах, що відбуваються у космічній плазмі.
2. Вперше одержано загальні рівняння, що описують нелінійну взаємодію за участю кінетичних альвенівських хвиль. Досліджено нелінійну резонансну трихвильову взаємодію $K\alpha X$ у плазмі дуже низького тиску. Показано, що така взаємодія дуже ефективна навіть при малих відношеннях ларморовського радіусу іонів до поперечної довжини хвиль і може на порядки переважати аналогічну взаємодію у плазмі низького тиску.
3. Запропоновано механізм генерації МГД хвиль у перехідній області сонячного вітру. Збільшення турбулентності

низькочастотних хвиль у цій області добре узгоджується з даними по підсиленню блибавь радіоджерел. Показано, що хвилі можуть здійснювати розсосереджений нагрів плазми сонячного вітру та збільшення температури протонів до 20 %.

4. Вивчена струмова нестійкість альвенівських хвиль у корональних петлях, яка реалізується при підсиленні струмів у спалахових петлях. В результаті розвитку нестійкості відбувається сильне викривлення силових ліній магнітного поля, що може сприяти перез'єднанню магнітного поля та стимулювати розвиток спалаху в петлі.

5. Розвинута модель радіального розповсюдження МГД хвиль у сонячному вітрі. Розрахована радіальна залежність швидкості передачі енергії МГД хвиль часткам плазми може бути використана при побудові моделей сонячного вітра, вряховувачих додаткове протяжне джерело нагріву, яким являються МГД хвилі. Модель радіального розповсюдження МГД хвиль може служити основою для побудови більш складних моделей розповсюдження МГД хвиль у сонячному вітрі.

6. Запропоновано новий механізм генерації пульсацій альвенівського типу у магнітосферній плазмі, викликаний протіканням поздовжніх струмів. Вивчено також механізм генерації КАХ, у періоди підсилення магнітосферної активності та підсилення поздовжніх струмів. Показано, що спостережувана над авроральними зонами низькочастотна турбулентність може бути обумовлена розвитком цих нестійкостей. Отримані оцінки амплітуди та спектрів добре узгоджуються з спостереженнями.

7. Вперше вивчена шлангова нестійкість кінетичних

альвенівських хвиль та нестійкість КАХ, що обумовлена тиском пучка. Показано, що нестійкість КАХ, що обумовлена тиском пучка може призводити до генерації кінетичних альвенівських хвиль у пограничній області плазмового шару хвоста магнітосфери Землі. Збуджені хвилі можуть брати активну участь в нагріві та прискоренні часток плазмового шару та пограничної області.

8. Досліджена температурно-дрейфова нестійкість у магнітосфері Землі. Показано, що на межах плазмосфери завдяки наявності градієнтів температур можуть генеруватися як кінетичні альвенівські, так і дрейфові хвилі, які можуть спостергатися на поверхні Землі та зі супутників у вигляді низькочастотних пульсацій.

9. Вивчена лінійна трансформація та розповсюдження альвенівських хвиль у граничній області плазмового шару Землі. Показано, що альвенівські хвилі, у процесі розповсюдження можуть перетворюватися в кінетичні альвенівські хвилі та проникати у плазмовий шар, передаючи тем свою енергію часткам плазми, що може приводити до нагріву та прискорення часток.

Основні результати дисертації надруковані у наступних роботах:

1. Пхимук А.К., Маловичко П.П. Плазменные неустойчивости и их роль в динамике солнечного ветра. Геофизический журнал, 1982, 4, № 6, С. 65 - 73.

2. Маловичко П.П., Войтенко Ю.М. Неустойчивость МГД волн в солнечном ветре. Геомагнетизм и аэрономия, 1986, 24, № 3, С. 373 - 377.

3. Войтенко Ю.М., Кришталь А.Н., Маловичко П.П., Юхимук А.К. Токовая неустойчивость и генерация кинетических альвеновских волн в магнитосфере Земли. Геомагнетизм и аэрномия, 1990, 30, № 3, С. 402 - 406.
4. Войтенко Ю.М., Кришталь А.Н., Маловичко П.П., Юхимук А.К. Генерация кинетических альвеновских волн и их роль в нагреве корональных петель. Кинематика и физика небесных тел, 1990, 6, № 2, С. 61 - 65.
5. Войтенко Ю.М., Кришталь А.Н., Куц С.В., Маловичко П.П., Юхимук А.К. Генерация кинетических альвеновских волн в переходной области солнечного ветра. Геомагнетизм и аэрномия, 1990, 30, № 6, 901 - 907.
6. Войтенко Ю.М., Кришталь А.Н., Куц С.В., Маловичко П.П., Юхимук А.К. Температурно-дрейфовые неустойчивости в магнитосфере Земли. Космическая наука и техника, 1992, № 7, С. 121 - 124.
7. Маловичко П.П., Юхимук А.К. Токовая неустойчивость и генерация альвеновских волн в магнитосфере Земли. Геомагнетизм и аэрномия, 1992, 32, № 3, С. 163 - 167.
8. Маловичко П.П., Юхимук А.К. Токовая неустойчивость и генерация альвеновских волн в корональных петлях. Кинематика и физика небесных тел, 1992, 8, № 1, С. 20 - 23.
9. Маловичко П.П. Распространение альвеновских волн в пограничной области плазменного слоя хвоста магнитосферы Земли. Геомагнетизм и аэрномия, 1995, 35, № 6, С. 89 - 95.
10. Маловичко П.П. Генерация кинетических альвеновских волн в пограничной области плазменного слоя хвоста магнитосферы Земли. Физика космической плазмы. Сб. трудов международного

семинара. Киев: НКАУ, 1994, С. 230 - 234.

11. Маловичко П.П. Распространение МГД волн в солнечном ветре. Препринт ИТФ-86-137Р. Киев: Институт теоретической физики АН УССР, 1986, 13 с.

12. Войтенко Ю.М., Куц С.В., Маловичко П.П., Юхимук А.К. Кинетические свойства альвеновских волн. Препринт ИТФ-90-751. Киев: Институт теоретической физики АН УССР, 1990, 20 с.

13. Войтенко Ю.М., Маловичко П.П. О пространственной структуре высокоскоростных потоков в солнечном ветре. IV Международный симпозиум КАПГ по солнечно-земной физике. Тезисы докладов. М.: 1984, С. 34 - 35.

14. Kootz S.V., Malovichko P.P., Yukchimuk A.K. Magnetohydrodynamic disturbances in the sunspots. Solar Photosphere: structure, convection and magnetic fields. IAU SYMPOSIUM No. 138, May 15 - 20, 1989, Kiev, USSR, Abstract booklet, Kiev 1989 P. 113.

15. Voytenko Y.M., Kryshtal A.N., Kootz S.V., Malovichko P.P., Yukchimuk A.K. Kinetic alfvén waves in the transition area of solar wind. Solar wind VII. Goslar, Germany (16 - 20.IX.1991). Scientific program. Abstracts. P. 30.

Особистий внесок автора: у роботах [2, 6-12] авторомі належить ідея, постановка задачі та розв'язок, у роботах [1, 3-5, 13-15] автор приймав участь у розв'язанні, аналізі результатів та оформленні робіт.

Маловичко П.П. Низкочастотные волновые процессы и их роль в динамике космической плазмы.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 - гелиофизика и физика солнечной системы, Главная астрономическая обсерватория НАНУ, Киев, 1996.

Защищается 15 научных работ, которые содержат теоретические исследования низкочастотных волновых процессов, протекающих в короне Солнца, солнечном ветре и магнитосфере Земли. Исследованы дисперсионные свойства кинетических альвеновских волн (КАВ) в плазме очень низкого, конечного и высокого давления, а также нелинейное взаимодействие КАВ в плазме очень низкого давления. Предложен ряд механизмов возникновения турбулентности в корональных петлях, переходной области солнечного ветра и магнитосфере Земли. Рассмотрены процессы трансформации и распространения альвеновских волн в пограничной области плазменного слоя хвоста магнитосферы Земли и солнечном ветре.

ЛНБ ім. В. Стефанива
АН України

Malovichko P.P. Low-frequency wave processes and its role in cosmic plasma dynamic.

Thesis on search candidate scientific degree of physics and mathematics sciences, speciality 01.03.03 - heliophysics and solar system physics, Main astronomical observatory of the NASU, Kyiv, 1996.

15 scientific papers are defend, which contain the theoretical studies of low-frequency wave processes proceeding in the solar corona, solar wind and Earth magnetosphere. Dispersion properties of kinetic alfvén waves (KAW) in a very low, finite and high pressure plasma as well as nonlinear KAW interaction in very low pressure plasma are investigated. It is proposed some mechanisms of turbulence origin in coronal loops, solar wind transition region and Earth magnetosphere. Alfvén waves transformation and propagation processes in Earth magnetosphere tail plasma sheath boundary layer is considered.

Ключові слова:

магнітогідродинамічні хвилі, кінетичні альвенівські хвилі, корональні петлі, сонячний вітер, магнітосфера Землі.

Підлясно до друку 5.06, 86.
Формат 60x84/16. Офс.пап. Офс.друк.
Умов.друж.0,9. Облік.-вид.арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Зам. № 83.

Поліграфічна дільниця Інституту економіки НАН України.
252011, Київ-11, вул.Панаса Мирного,26.

436722

AB 35.326