

ОТЗЫВ

официального оппонента Паперного Виктора Львовича на диссертационную работу Михайловой Ольги Сергеевны «Короткопериодные УНЧ-волны в многокомпонентной космической плазме», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 — «Физика атмосферы и гидросферы»

Актуальность темы

Диссертация Михайловой О.С. посвящена теоретическому исследованию структуры УНЧ-колебаний диапазона Pc1 в магнитосфере с учетом наличия примеси в плазме тяжелых ионов. УНЧ-волны или геомагнитные пульсации участвуют в различных магнитосферных процессах, в частности пульсации Pc1 могут ускорять и рассеивать заряженные частицы магнитосферной плазмы. Ускоренные частицы могут представлять опасность для космических аппаратов, поэтому тема диссертационного исследования является весьма **актуальной**.

Волны Pc1 ("жемчужины") много изучались за последние десятилетия, но некоторые задачи пока остались неразрешенными. В том числе модель формирования волнового пакета. Как показано в работе, существуют несколько моделей, однако все они несовершенны. Автор предлагает свою модель, описывающую формирование волнового пакета для Pc1, наблюдаемых в космосе.

Научная новизна диссертационного исследования

В работе проделано аналитическое исследование структуры УНЧ-колебаний диапазона Pc1 в магнитосферной плазме с учётом наличия примеси "тяжелых" ионов. Впервые исследована продольная структура волн с квазипоперечным волновым вектором. Показано существование резонатора в экваториальной части силовой линии, где возбуждающиеся одновременно собственные гармоники создают биения, по форме схожие с пульсациями Pc1. Впервые показано также существование дополнительных областей прозрачности, граничащих с ионосферой. Исследована структура квазипоперечных колебаний в этих областях. Приионосферные резонаторы не имеют собственных источников, запитываться могут либо резонаторными модами, либо источниками, расположенными в ионосфере. Рассмотрен также квазипродольный случай. Впервые показано, что и в продольном и в поперечном направлениях волна заперта в резонаторе, продольный и поперечный размеры которого зависят от плотности "тяжелых" ионов в магнитосфере. Собственные гармоники резонатора, возбуждаемые обоих направлениях, создают картину биений, характерную для жемчужин Pc1.

Полученные результаты дополняют существующие модели формирования волнового пакета Pc1, наблюдаемых в магнитосфере космическими аппаратами, и частично, обобщают результаты более ранних работ других авторов, позволили объединить разные подходы к решению одной задачи. Полученные результаты также могут быть адаптированы для исследования УНЧ-волн в магнитосферах других планет Солнечной системы, например, Меркурия.

Результаты диссертационной работы носят фундаментальный научный характер, и способствуют расширению знаний о процессах, протекающих внутри магнитосферы.

Достоверность результатов

Достоверность результатов, представленных в диссертационной работе, обусловлена использованием четким физическим обоснованием используемых подходов и приближений. Результаты работы качественно и количественно согласуются с результатами предшествующих исследований и данными наблюдений, полученных с помощью космических аппаратов.

Основные результаты диссертационной работы Михайловой О.С. представлены в трех статьях, опубликованных в рейтинговых международных журналах. Следует отметить тот факт, что одна из статей опубликована диссертантом без соавторов. Кроме того, имеется 6 иных публикаций. Результаты работы прошли апробацию на престижных международных и российских конференциях.

Общая характеристика диссертационной работы

Работа состоит из введения, 3 глав и заключения. Общий объем диссертации составляет 111 страниц, включая 3 таблицы и 36 рисунков. Список цитируемой литературы содержит 120 ссылок.

Во введении представлены общие сведения о магнитосфере, геомагнитных пульсациях, различных типах МГД-волн. Дана общая характеристика работы, ее актуальность, сформулированы цели диссертации и решаемые в ней задачи, приведены основные положения, выносимые на защиту, приведены публикации и участие автора в научных мероприятиях, отмечен личный вклад, приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе рассмотрен случай, когда волновой вектор квазипоперечен к магнитному полю. Рассматривается продольная структура УНЧ-колебаний в криволинейном неоднородном магнитном поле. Особое внимание, как и во всей работе, уделено наличию примеси тяжелых ионов (в данном случае, ионов кислорода). Показано, что в случае наличия тяжелых ионов существует резонатор в экваториальной магнитосфере. В этом резонаторе одновременно генерируется дискретный набор собственных гармоник, и, по-видимому, суперпозиция этих гармоник создает структуру, подобную "жемчужинам" $Pc1$. Найдено дисперсионное соотношение для таких волн, частотный спектр. Моделирование биений демонстрирует форму жемчужин на нитке. Также рассмотрен случай произвольного значения волнового вектора.

Во второй главе в квазипоперечном приближении рассматриваются дополнительные области прозрачности, локализованные вблизи ионосферы. В результате впрыскивания тяжелых ионов в плазму область прозрачности сокращается до размеров экваториального резонатора, однако появляются еще две дополнительные области прозрачности. Подробно рассмотрена структура колебаний в этих областях прозрачности и разделяющих их с экваториальным резонатором областях непрозрачности. Показан один из вероятных механизмов запитки приионосферных резонаторов.

Третья глава содержит исследование двумерной структуры УНЧ-колебаний в квазипродольном приближении. В данном случае предполагается, что волна заперта в продольном направлении в экваториальном резонаторе (аналогичном тому, что был в квазипоперечном случае), и в радиальном направлении в волноводе под сводом плазмопаузы (в области, где имеется локальный минимум альфвеновской скорости).

В заключении подводятся итоги всего исследования, содержится небольшое обсуждение и сформулированы основные результаты, полученные в ходе работы над диссертацией. Указывается о возможности применения полученных выкладок для исследования УНЧ-волн в магнитосферах других планет, в том числе Меркурия.

Представленные в диссертации выкладки выполнены на высоком профессиональном уровне, с использованием весьма тонких математических методов, результаты достаточно подробно изложены, проиллюстрированы и объяснены. Работа изложена понятным языком, представляет собой законченную научную работу. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Работа соответствует специальности 25.00.29 — "Физика атмосферы и гидросферы".

По представленной диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

По структуре работы:

Обширное Введение, занимающее более трети общего объема диссертации, по существу, является литературным обзором, к тому же включающим, на мой взгляд, избыточное количество формул и описание общеизвестного механизма генерации в плазме альфвеновских волн.

По содержанию работы:

1. Для описания рассмотренных процессов автор употребляет термин «волновой пакет», однако, фактически, речь идет о биениях, наблюдаемых для набора волн разной частоты. В случае же использования указанного термина следовало обосновать устойчивость такого пакета по отношению к дисперсионному расплыванию.
2. Диссертация носит теоретический характер, однако речь в ней идет о вполне конкретном природном объекте: магнитосфере, где накоплен обширный наблюдательный материал по исследуемым в работе явлениям. Однако автор ограничился единственным экспериментальным рисунком 36 на с.93, сопоставления которого с результатами вычислений выглядит весьма поверхностным. В дополнение замечу, что автор предполагает провести сравнение с наблюдательными данными, которые будут получены при планируемом исследовании магнитосферы Меркурия. Остается неясным, почему нельзя было провести подобное сравнение с данными по магнитосфере Земли.
3. На странице 39 ошибка в формуле, в выражении для недиагонального компонента тензора диэлектрической проницаемости η . Кроме того, не указано, по какому параметру ведется суммирование. Однако, следует заметить, что на следующей странице это выражение написано корректно.
4. В работе имеются ошибки и опечатки, например, на с. 34, 92 и др., которые, однако, не искажают смысл текста.

Указанные замечания носят, скорее, рекомендательный характер и несколько не уменьшают научную значимость полученных в диссертационной работе результатов.

Таким образом, диссертация Михайловой О.С. является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены оригинальные результаты теоретических исследований одного из важных видов волновых процессов в магнитосфере. Эти вопросы имеют важное значение для развития представлений об

околоземном космическом пространстве. Диссертация соответствует требованиям ВАК и требованиям «Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Михайлова Ольга Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 — "Физика атмосферы и гидросферы".

Отзыв составил



Паперный Виктор Львович

заведующий кафедрой общей и космической физики, доктор физико-математических наук, профессор по специальности 01.04.08 Физика плазмы.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Иркутский государственный университет" (ФГБОУ ВО "ИГУ")
664003, г.Иркутск, ул. Карла Маркса, д.1

тел. +7(914) 933-38-84

e-mail: paperny@math.isu.runnet.ru

