

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **РАХМАНОВОЙ Л.С.**

«ДИНАМИКА БЫСТРЫХ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ В

МАГНИТОСЛОЕ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.03.03-Физика Солнца

Представленная диссертация посвящена изучению статистических характеристик мелкомасштабных флуктуаций параметров плазмы в магнитослое на основе измерений потока ионов и направления его прихода прибором БМСВ на спутнике Спектр-Р, выполненных с высоким временным разрешением. Магнитослой является переходной областью между солнечным ветром и магнитосферой. Экспериментальное исследование процессов, происходящих в этой области, важно для построения адекватных физических моделей турбулентности движущейся плазмы, находящейся в сильно неоднородном магнитном поле, а также для геофизических приложений. Вместе с тем, имеющиеся данные, несмотря на сравнительно длительную историю измерений, пока еще недостаточны для решения указанных задач. В особенности это относится к мелкомасштабной части энергетических спектров флуктуаций плазмы магнитослоя. По этой причине актуальность работы сомнений не вызывает.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении приведен обзор литературы и сформулированы положения, выносимые на защиту. В первой главе описаны способы получения исходных экспериментальных данных и методы их обработки. Во второй главе на основе анализа конкретных событий рассматриваются резкие границы типа фронтов в магнитослое, на которых происходит сильное изменение плотности плазмы. По данным пар спутников Themis для различных областей магнитослоя исследована корреляция между резкими вариациями концентрации плазмы и модуля магнитного поля. В третьей главе приведены результаты вычисления около 1400 временных энергетических спектров флуктуаций потока ионов, выполнены их анализ и классификация. Измерения проводились прибором БМСВ с борта спутника Спектр Р. Показано, что в большинстве случаев наблюдаются спектры с изломом на частотах порядка 0,1 Гц. В ряде случаев наблюдаются спектры с уплощением, а также спектры более сложной формы. В четвертой главе исследованы изменения временных спектров потока ионов при пересечениях спутником Спектр Р околосолнечной ударной волны и магнитопаузы. В заключении проводится обсуждение полученных результатов.

Основные результаты диссертации, определяющие ее новизну и научную значимость, сводятся к следующему.

1. В широкой области частот от 10^{-2} Гц до 10 Гц получено и проанализировано около 1400 временных энергетических спектров флуктуаций потока ионов в разных областях магнитослоя. Исследованный диапазон включает частоты, соответствующие характерным пространственным масштабам плазмы: инерционный масштаб и гирорадиус ионов.
2. Показано, что в большинстве случаев спектры в толще магнитослоя качественно подобны спектрам в солнечном ветре и имеют излом на частотах порядка 0,1 Гц с показателями степени, в среднем близкими к $5/3$ до излома и 3 после излома. Подобие энергетических спектров в магнитослоя и солнечном ветре указывает на универсальный характер нелинейных процессов, формирующих турбулентность магнитоактивной космической плазмы.
3. Показано, что вблизи околослойной ударной волны и магнитопаузы в магнитослоя могут наблюдаться спектры более сложного вида с уплощением или избытком в переходной области частот.
4. Проанализированы события, связанные с прохождением резких фронтов плотности плазмы и модуля магнитного поля через околослойную ударную волну. Показано, что формы профилей плотности и магнитного поля в солнечном ветре и магнитослоя коррелированы, причем, как правило, амплитуды и длительности скачков в магнитослоя превосходят аналогичные величины в солнечном ветре.

Остановимся на недостатках работы, к которым, на мой взгляд, можно отнести следующее.

1. На рис. 14 гл. 2 приведены данные по сравнению структур фронтов в солнечном ветре и магнитослоя. Для этого события различие в амплитуде и длительности фронтов невелико. Вместе с тем в, как следует из текста и Табл. 1, наблюдались и события с достаточно сильными изменениями. Было бы желательным привести рисунок для одного из таких событий.
2. В списке литературы ссылка на работу Ирошникова Р.С. датируется 1993 г., что неверно. Статья, в которой получен спектр с показателем $3/2$, опубликована в 1963 г. в *Астрономическом журнале*, на два года раньше аналогичной статьи Д. Крэнана.

3. В списке литературы отсутствует ссылка на работу Чашея И.В., Шишовой Т.Д. и Аванова Л.А. (Спектры флуктуаций плотности межпланетной плазмы по измерениям на спутнике «Прогноз 8» // Космич. исслед. 1988. Т.26. №2. С.289-297), в которой по данным измерений, выполненных в ИКИ РАН (подразделение, где выполнена диссертация), для солнечного ветра получены спектры флуктуаций потока ионов с изломом на частоте около 1 Гц.

Отмеченные недостатки носят частный характер и не влияют на общую оценку представленной работы. В целом диссертация выполнена на высоком научном уровне, свидетельствует о высокой квалификации автора и содержит новые, важные, интересные и опубликованные (список публикаций включает 10 наименований) в рейтинговых научных журналах результаты. Несомненным достоинством работы является то, что измерения, обработка и анализ которых привели к получению основных результатов, осуществлены на отечественном спутнике Спектр Р созданным в ИКИ РАН прибором БСМВ. Следует отметить обширную апробацию результатов на представительных международных и российских научных конференциях. Можно утверждать: диссертация полностью удовлетворяет П.9, 10 Постановления Правительства РФ от 23.09.2013 г.; результаты работы соответствуют передовым мировым позициям. Тематика и содержание работы соответствуют избранной научной специальности. Автореферат полно и правильно передает основное содержание работы. Считаю, что диссертация в полной мере отвечает всем необходимым требованиям, а ее автор, Рахманова Л.С., безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

заместитель директора ПРАО АКЦ ФИАН д.ф.м.н.

Чашея И.В.

Подпись Чашея И.В. заверяю,

Ученый Секретарь ФИАН к.ф.м.н.



Колобов А.В.

119991 Москва ГСП-1, Ленинский пр. 53,

ФГБУН Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН), (499) 135 14 29