

Отзыв официального оппонента на диссертацию

Пулинец Марии Сергеевны “Магнитное поле в магнитослое и баланс давлений на магнитопаузе”, представленную на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Диссертационная работа М.С. Пулинец посвящена новой актуальной проблеме – изучению баланса давлений на магнитопаузе и характеристик пограничных областей магнитосферы, а именно магнитослоя, т.е. области, расположенной между ударной волной и границей магнитосферы. Проведение таких исследований стало возможным только в последние годы после реализации много-спутниковых магнитосферных проектов, таких, как ТЕМИС, что позволяло устранить основную неопределенность в спутниковых измерениях, т.е. разделять пространственные и временные вариации измеряемых параметров плазмы и магнитного поля. Исследования, выполненные М. С. Пулинец, по существу, являются пионерскими. В настоящее время даже не известно решение такого основного вопроса физики магнитосферной плазмы как поддержание баланса давлений на магнитопаузе, что необходимо для анализа проникновения плазмы и частиц магнитослоя внутрь магнитосферы, распределения токов на магнитопаузе и в магнитосфере, и целого ряда других проблем.

Перед автором диссертации стояла задача, прежде всего, выделить участки траекторий спутников ТЕМИС, пересекающих дневную магнитопаузу, а затем провести анализ данных этих наблюдений для получения зависимостей компонент магнитного поля вблизи магнитопаузы от соответствующих величин непосредственно перед ударной волной. Кроме того, целью данной работы было выявление особенностей соблюдения баланса давлений на границах магнитопаузы в магнитоспокойных и магнито-возмущенных условиях. Заметим, что исследований нарушения баланса давлений во время магнитной бури ранее вообще не проводилось.

Работа состоит из Введения, трех глав, заключения и списка литературы. Во Введении традиционно обоснована актуальность, новизна и практическая ценность работы.

Первая глава диссертации посвящена тщательному критическому анализу накопленных к настоящему времени экспериментальных и теоретических сведений о характеристиках магнитослоя, обтеканию магнитосферы Земли солнечным ветром, условиях баланса давления на магнитопаузе и турбулентности магнитослоя. Подчеркнуто, что магнитослой является чрезвычайно активной турбулентной областью, наполненной различными волновыми модами, свойства которых содержат информацию о набегающем потоке солнечного ветра, и которые ответственны за перенос энергии и импульса внутри магнитослоя. Показана важность установления баланса давлений плазмы и магнитного поля на магнитопаузе, что определяет форму магнитопаузы. Однако, несмотря на длительную историю космических исследований, определению условий баланса давлений посвящены лишь единичные работы, при этом только в магнито спокойных условиях.

Следует отметить, что представленный в этой главе критический обзор основных характеристик магнитослоя очень полезен для широкого круга исследователей физики

магнитосферы, поэтому было бы желательно, чтобы автор диссертации опубликовал его в одном из российских научных журналов.

Вторая глава диссертации посвящена анализу данных наблюдений на спутниках ТЕМИС в условиях, когда апогеи орбит спутников располагались вдоль линии Земля-Солнце и один из спутников вел регистрацию в солнечном ветре, а другой (или другие) пересекал магнитопаузу вблизи подсолнечной точки. Проанализировано около 100 таких пересечений с использованием разного времени усреднения от 3 с (разрешение использованных данных) до 90 с (примерное время прохождения солнечного ветра от подсолнечной точки ударной волны до магнитопаузы).

В результате выполненных исследований автору диссертации впервые удалось установлению усредненные зависимости параметров магнитного поля у магнитопаузы от соответствующих параметров в солнечном ветре перед ударной волной и форшоком. При этом, в отличие от предшествующих исследований, корреляционный анализ компонент магнитного поля в магнитослое проводился непосредственно перед магнитопаузой вблизи ее носовой части. Автором установлено, что V_x -компонента магнитного поля у магнитопаузы колеблется вблизи нуля независимо от времени усреднения, что позволяет рассматривать магнитопаузу как тангенциальный разрыв. Интересным результатом работы является обнаружение отсутствия корреляции между V_z -компонентой магнитного поля у магнитопаузы и V_z -компонентой межпланетного магнитного поля (ММП) в солнечном ветре.

Кроме того, автором установлен высокий уровень турбулентных флуктуаций магнитного поля в магнитослое даже в случае сравнительно большого времени усреднения. Это создает проблемы для теорий крупномасштабного пересоединения на магнитопаузе, так как магнитное поле в разных точках магнитопаузы может иметь разные знаки, а непосредственно за магнитопаузой магнитное поле имеет разные направления, плохо коррелирующие с направлением ММП.

Третья глава диссертации посвящена исследованию баланса давлений на магнитопаузе во время магнитных бурь и в магнитоспокойные периоды. Впервые выполнен анализ 57-ми пересечений магнитопаузы во время 16-ти магнитных бурь, две из которых рассмотрены в работе более детально. Во всех рассматриваемых пересечениях наблюдался дисбаланс давлений внутри и вне магнитопаузы и высокий уровень флуктуаций в магнитослое. Показано, что дисбаланс давлений на границах магнитопаузы сильно варьирует от события к событию и в среднем возрастает с ростом геомагнитной активности. Следует заметить, что скорость движений магнитопаузы во время магнитной бури намного превосходит скорость движения спутника, практически спутник стоит на месте и мимо него проходит движущаяся магнитопауза.

Анализ пересечений магнитопаузы в спокойных геомагнитных условиях показал близость к соблюдению условия баланса давлений, несмотря на высокий уровень флуктуаций магнитного поля в магнитослое. При этом внутри магнитосферы доминирует магнитное давление, а в магнитослое – плазменное, т.е. тепловое давление ионной компоненты плазмы.

Выполненные автором исследования показали, что во время бурь возрастает величина флуктуаций давления и время прохождения спутниками магнитопаузы. В

среднем во время магнитных бурь давление на границах магнитопаузы примерно в два раза превышает среднее давление в спокойных условиях.

Автором установлено, что статистические усредненные условия баланса давлений на магнитопаузе во время магнитных бурь отличаются от условий баланса в магнито спокойный период. Так, в магнитовозмущенные периоды значительную часть полного давления в магнитослое составляет магнитное давление в отличие от магнитоспокойных периодов, при которых преобладает вклад давления плазмы

Анализ баланса давлений в магнитовозмущенное время, безусловно, требует дальнейших исследований, поскольку условия солнечном ветре во время разных магнитных бурь сильно отличаются. Кроме того, дисбаланс давления в разные фазы магнитной бури может быть различным.

В Заключении перечислены основные полученные результаты.

Работа не лишена ряда недостатков, большая часть которых носит технический характер:

- в подписях к некоторым рисункам не разъяснены все используемые на рисунках обозначения, на многих рисунках не указана обсуждаемая в тексте дата;

- на разных рисунках одни и те же параметры изображены разным цветом, что затрудняет сопоставление рисунков;

- на рисунках, обсуждающих движения магнитопаузы, не приведены данные положения спутников, что не позволяет определить хотя бы масштаб перемещения границы магнитосферы;

- не обсужден размер вариаций дисбаланса давления во время магнитной бури и зависит ли он от фазы бури;

- в таблицах результатов статистического анализа не приведена величина дисперсии.

Мне кажется, что лучше употреблять слово «прогноз», а не «предсказание» космической погоды, хотя эти слова и близки по смыслу, но прогноз - это вероятностно обоснованное суждение о будущем состоянии на основе научных данных, а предсказание будущего во многом основывается на субъективном мнении и интуиции.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки диссертации.


Итак, оценим работу в целом. Четко видно, что диссертация М.С. Пулинец является законченной научно-квалификационной работой, в которой проведено сложное научное исследование актуальной задачи физики магнитосферной плазмы, а именно, выявления основных магнитных и плазменных характеристик магнитослоя как важного магнитосферного домена, расположенного между ударной волной и границей магнитосферы и во многом определяющим развитие космической погоды. Автором получены научные результаты, важные для фундаментальных исследований физики магнитосферной плазмы. Так, впервые установлены зависимости параметров магнитного поля у магнитопаузы от соответствующих параметров в солнечном ветре перед ударной волной и форшоком; впервые проведено исследование баланса давления в подсолнечной области магнитопаузы во время магнитных бурь.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Положения, выдвигаемые на защиту,

обоснованы, надежно аргументированы и свидетельствуют о значительном личном вкладе автора в науку. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных российских и зарубежных изданиях и докладывались на ряде международных и российских конференций.

Таким образом, данная диссертационная работа является законченным научным исследованием, имеющим общенаучную и практическую ценность. Она полностью соответствует критериям, установленным действующим "Положением о порядке присуждения ученых степеней" № 842 от 24.09.2013 г. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Автор диссертационной работы, Мария Сергеевна Пулинец, безусловно, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Профессор, доктор физ.-мат наук
гл. науч. сотр. Института Физики Земли РАН
Н.Г. Клейменова



Подпись *Клейменова Н.Г.*
УДОСТОВЕРЯЮ
Зав. канцелярией *Мельникова*

