

**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**

Диссертация М.С. Пулинец является научно-квалификационной работой, в которой содержатся решения научных задач, имеющих значение для развития физики космической плазмы. Диссертация посвящена актуальной проблеме физики магнитосферы Земли – сравнительному исследованию параметров плазмы и магнитного поля на границе магнитосферы и в солнечном ветре. В последнее время в связи с развитием многоспутниковых наблюдений возрос интерес к изучению области магнитослоя между околосолнечной ударной волной и магнитосферой, и детальному анализу параметров плазмы и магнитного поля непосредственно у магнитопаузы. Именно эти параметры определяют внешнее граничное условие для магнитосферы в целом, что имеет существенное значение для разработки надежных алгоритмов предсказания геомагнитной активности (прогноза космической погоды).

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении описаны цели работы, приводятся обоснования актуальности, новизны и практической ценности работы, приведены положения, выносимые на защиту.

Первая глава является обзорной. В ней приведен обзор полученных ранее результатов по изучению течения плазмы солнечного ветра за ударной волной, турбулентности магнитослоя и баланса давлений на магнитопаузе. Необходимо отметить, что термин турбулентный магнитослой появился практически одновременно с первыми измерениями между ударной волной и магнитопаузой. Однако длительное время существование турбулентных флуктуаций в данной области практически не учитывалось в теоретических работах по физике магнитосферы. Отмечен ряд противоречий в развитых ранее подходах к статистическим исследованиям связи геомагнитных индексов с параметрами солнечного ветра и межпланетного магнитного поля. Нечасто встречающейся особенностью обзорной главы является то, что автор обсуждает не только последние актуальные результаты, но подробно анализирует и результаты в значительной степени забытых ранних работ начиная с шестидесятых-семидесятых годов. Описана специфика пятиспутникового проекта THEMIS, данные которого используются в диссертации. Суммированные в первой главе результаты позволили автору наметить направления исследований представляющих особый интерес при решении проблем

магнитослоя и магнитопаузы. В качестве таких направлений выделены сравнение магнитного поля непосредственно перед магнитопаузой и перед ударной волной и форшоком, а также исследование баланса давлений на магнитопаузе, рассмотренные в следующих главах диссертации.

Во второй главе приведены результаты сравнения направления магнитного поля перед магнитопаузой при разных временах усреднения с магнитным полем в солнечном ветре. Детально описана методика анализа данных. Ранее, в работах других авторов проводилось сравнение измерений магнитного поля в точке либрации с магнитным полем в магнитослое, и была установлена их сравнительно плохая корреляция. Автором диссертации было отобрано 100 событий с четкими пересечениями магнитопаузы. Тщательный анализ позволил для каждого исследованного события выделить пересечение магнитопаузы и определить положение ее границ. Сравнение магнитного поля перед магнитопаузой и перед ударной волной проводилось с использованием данных спутников THEMIS, когда один из 5 спутников пересекал магнитопаузу, а другой находился в солнечном ветре. Был получен ряд корреляционных соотношений между величинами компонент магнитного поля в солнечном ветре и у подсолнечной магнитопаузы. Показано, что V_x компонента магнитного поля у магнитопаузы близка к нулю, V_y компонента сравнительно хорошо коррелирует с V_y компонентой перед ударной волной. Наиболее интересен результат, связанный с корреляцией V_z компоненты в солнечном ветре и у магнитопаузы, так как величина данной компоненты считается основным фактором, регулирующим геомагнитную активность. Оказалось, что V_z компонента магнитного поля у магнитопаузы сравнительно плохо коррелирует с V_z компонентой перед ударной волной и примерно в 30% событий меняет знак.

Третья глава содержит результаты исследований баланса давлений на магнитопаузе. Было хорошо известно, что магнитопауза практически постоянно движется в результате дисбаланса давлений вне и внутри магнитосферы. Однако величина дисбаланса давлений была определена только для небольшого количества событий и статистические исследования ранее практически не проводились. В работе проанализировано большое число пересечений магнитопаузы (~ 150). Особое внимание было уделено случаям пересечений магнитопаузы во время магнитных бурь, что ранее не делалось. Период работы проекта THEMIS приходился на время глубокого минимума солнечной активности. Поэтому удалось выделить только 16 магнитных бурь, в течении которых спутники проекта ~ 57 раз пересекали магнитопаузу вблизи подсолнечной точки. Для каждого пересечения определены вклады давлений ионов, электронов и магнитного поля в полное давление внутри магнитосферы и перед магнитопаузой, и оценен его

дисбаланс. Статистическое сравнение дисбаланса давлений на магнитопаузе во время магнитных бурь и в магнитоспокойные периоды показало, что в магнитоспокойных условиях основной вклад в полное давление вносит давление плазмы, а во время магнитных бурь существенный вклад дает магнитное давление. В главе содержится подробный анализ события 14 ноября 2012 г., когда пересечение магнитопаузы произошло в максимуме магнитной бури.

В заключении суммируются результаты работы.

Полученные в диссертации результаты представляют большой интерес. Развитие таких исследований сможет дать ответы на многие нерешенные вопросы физики магнитосферы. Выборка из 100 тщательно проанализированных событий представляет значительную ценность для дальнейших исследований физических процессов у магнитопаузы. Выяснение причины различия вкладов теплового и магнитного давлений, и дисбаланса давлений во время магнитных бурь и в магнитоспокойное время представляется важным для детализации теории формирования магнитных бурь.

Работа не лишена некоторых недостатков. Так, к сожалению, не проведено разделение событий на события, когда интегральное давление в магнитослое превышает давление под магнитопаузой и когда оно меньше. При этом можно было бы попробовать отследить направление движения магнитопаузы. Различие знаков B_z компонент в солнечном ветре и у магнитопаузы можно было бы попытаться связать с эффектом драпировки. В физических уравнениях на стр. 60 не описаны все входящие в них переменные.

Имеется ряд опечаток. На стр. 17 использован термин 'plasma depression layer' тогда как на стр. 29 использован правильный термин 'plasma depletion layer'. На стр. 19 содержится ссылка на работу Каумас, а в списке литературы автор работы правильно написан Каумаз. На стр. 36 в последнем предложении первого абзаца пропущено слово 'направление'.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки диссертации. Автором выполнен большой объем работ и получен ряд результатов, представляющих принципиальный интерес для физики магнитослоя, магнитопаузы и магнитосферы в целом. Положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными. Полученные результаты являются новыми и достоверными.

Результаты диссертации, докладывались на ряде российских и международных конференций, опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Они могут быть использованы в ИКИ РАН, ИФЗ РАН, ИПГ, НИИЯФ МГУ, ИЗМИРАН, СИБИЗМИР,

ПГИ, ИКФИА и ряде других организаций. Работа является законченным научным исследованием, имеющим общенаучную и практическую ценность. Она полностью соответствует критериям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.08 – физика плазмы, установленным действующим "Положением о порядке присуждения ученых степеней" №842 от 24.09.2013г . Автореферат соответствует содержанию диссертации. Автор работы, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физ.-мат. наук.

Доктор физ.-мат. наук,
ведущий научный сотрудник ИКИ РАН



М.И. Веригин

26.09.2016

Подпись М.И. Веригина заверяю

Ученый секретарь ИКИ РАН,



д.ф.м.н.



А.В. Захаров