

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. декана

физического факультета МГУ

профессор А.А. Федянин



«31» 05 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова»

Диссертация «Структура и динамика крупномасштабных токов в возмущенной магнитосфере по данным спутниковых измерений» выполнена на кафедре физики космоса физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

В период подготовки диссертации соискатель Назарков Илья Сергеевич обучался в аспирантуре физического факультета МГУ на кафедре физики космоса с 2012 г. по 2016 г. и по совместительству работал в отделе космических наук Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в должности младшего научного сотрудника с 1 сентября 2015 года, ранее работал в должности лаборанта.

В 2012 г. окончил физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика атомного ядра и частиц».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. физическим факультетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Калегаев Владимир Владимирович, заведующий лабораторией космофизических исследований отдела космических наук Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

В диссертационной работе Назаркова Ильи Сергеевича решена важная задача восстановления радиального профиля магнитного поля токового слоя хвоста магнитосферы из данных спутниковых измерений, получены новые важные результаты, связанные с исследованием динамики крупномасштабных токовых систем магнитосферы в течение геомагнитно-возмущенных периодов. В работе разработаны новые количественные методы получения информации о параметрах магнитосферных токов на основе данных измерений современных многоспутниковых космических миссий (THEMIS, RBSP, POES) и с использованием магнитосферного моделирования. Даны объяснения особенностям динамики хвоста магнитосферы в период экстремально-низкой солнечной активности 2008-2009 гг. и взаимосвязи между кольцевым током и потоками частиц на низких полярных орбитах во время магнитной бури.

В диссертации получены следующие новые результаты:

- Разработана и программно реализована процедура восстановления радиального распределения магнитного поля хвоста магнитосферы по данным многоточечных измерений аппаратов THEMIS в сочетании с данными расчетов по моделям IGRF и A2000 в программной среде IDL.
1. Получены оценки характерных параметров хвоста магнитосферы в период экстремально низкой солнечной активности 2008-2009 гг. Обнаружено, что в спокойных геомагнитных условиях передний край хвоста магнитосферы наблюдался на расстояниях 10-12 R_E , интенсивность V_x -компоненты магнитного поля составляла около 20 нТл.
 2. Показано, что во время главной фазы бури 13-14 февраля 2009 г. наблюдалось смещение токов геомагнитного хвоста до 7-8 R_E , а интенсивность поля возрастала до 60 нТл. Показано, что увеличение пространственных размеров магнитосферы вследствие ослабления давления солнечного ветра в эпоху 2008-2009 ответственно за низкие уровни Dst-вариации во время геомагнитных возмущений.
 3. Показано, что на фоне плавного возрастания давления солнечного ветра 13-14 февраля 2009 г. на переднем крае токового слоя хвоста магнитосферы сформировалась радиально-локализованная переходная токовая система, замыкающаяся на дневной магнитопаузе, способствующая сохранению величины магнитного потока через доли хвоста.
 4. На фазе внезапного начала бури обнаружена устойчивая структура магнитного поля с отрицательными значениями V_z -компоненты в передней части геомагнитного хвоста. Наблюдаемая в эксперименте замкнутая конфигурация магнитных силовых линий подтверждена расчетами магнитного поля, выполненными для реальных условий в космической среде.
 5. Для магнитной бури 27-28 февраля 2014 показано, что вариации потоков ионов бурового экваториального пояса на низких высотах в

приэкваториальной области воспроизводят динамику кольцевого тока и основные характеристики его энергетического спектра.

Практическая ценность результатов

Практическая ценность научных работ соискателя заключается, прежде всего, в возможности использования программных кодов, разработанных автором, для систем анализа и прогнозирования космической погоды, прежде всего, в части оценки уровня геомагнитной возмущенности.

Разработанный в работе метод восстановления профиля магнитного поля токов хвоста по данным многоспутниковых измерений позволяет избежать эффектов пространственно-временной неопределенности, присущих космическим измерениям и, в моменты времени, когда аппараты располагаются вдоль ночной магнитосферы, достоверно оценивать положение переднего края и радиальное распределение магнитного поля токов геомагнитного хвоста. Метод эффективно соединяет данные спутниковых наблюдений (THEMIS) с моделями геомагнитного поля. Разработанный автором программный комплекс, основанный на программном обеспечении, разработанном в университете Калифорнии, написан на актуальной и многофункциональной платформе IDL, что дает возможность использовать его в дальнейшем для анализа и визуализации и других спутниковых данных, в том числе в прикладных задачах по прогнозированию факторов космической погоды.

Личный вклад диссертанта:

- Участвовал в разработке метода восстановления радиального профиля магнитного поля геомагнитного хвоста по данным многоточечных спутниковых измерений и по результатам модельных расчетов. Разработал алгоритм расчета параметров магнитосферы с учетом выполнения условия баланса давлений в подсолнечной точке магнитопаузы.
- Лично разработал необходимый для обработки и визуализации спутниковых данных программный комплекс в среде IDL на основании модернизированного им оригинального комплекса, разработанного в университете Калифорнии (<http://themis.ssl.berkeley.edu/software.shtml>).
- Создал программные коды для платформ Linux и MacOS, которые обеспечили возможность использования модели магнитного поля A2000 в среде IDL.
- Обработывал и визуализировал данные спутниковых миссий THEMIS, RBSP, POES с применением моделей магнитосферного поля A2000, IGRF.
- Выполнял научный анализ и интерпретацию получаемых данных.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются: тестированием численных алгоритмов для определения точности полученных решений; применением современных методов анализа спутниковых данных; сопоставлением полученных аналитических оценок и результатов численного моделирования с данными спутниковых и наземных наблюдений о потоках заряженных частиц и о величине магнитного поля в магнитосфере Земли.

Апробация работы

По результатам диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК. Основные результаты изложены в работах:

1. *Калегаев В.В., Назарков И.С.* Динамика магнитосферы во время бури 14.02.09 // Вестник Московского Университета. 2016. Т. 3. №. 3 С.56-62
2. *Калегаев В.В., Назарков И.С.* Формирование переходной токовой системы вблизи переднего края тока хвоста магнитосферы // Вестник Московского Университета. 2015. Т. 3. №. 4 С.75-82
3. *Калегаев В.В., Власова Н.А., Назарков И.С.* Динамика кольцевого тока и потоков ионов на малых высотах во время магнитной бури 27-28.И.2014 г. // Геомагнетизм и аэрономия. 2015. Т. 55. N 6. С. 1–8.
4. *Kalegaev V.V., Alexeev I.I., Nazarkov I.S., Angelopoulos V., Runov A.* On the large-scale structure of the tail current as measured by THEMIS // *Advances in Space Research.* 2014. V.54. I. 9. P. 1773-1785.
5. *Назарков И.С., Калегаев В.В.* Положение и динамика переднего края токового слоя хвоста магнитосферы на основе данных THEMIS в период экстремально спокойной солнечной активности // Ученые Записки Физического Факультета МГУ. 2013. 4(134802).
6. *Kalegaev V.V., Alexeev I.I., Nazarkov I.S., Angelopoulos V., Runov A.* Large-scale structure of the tail current by THEMIS data // in proceedings of 9th International Conference Problems of Geocosmos. 2012. P. 233–239. St. Petersburg, Petrodvorets, Russia.

Результаты диссертации были доложены автором лично на следующих конференциях и семинарах:

- Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, 2016
- Десятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, 2015
- 40-я Научная ассамблея COSPAR, Москва, 2014
- X Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», Москва, 2013
- Восьмая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 2013
- Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2013», Москва, 2013
- 9-th International Conference PROBLEMS OF GEOCOSMOS, St. Petersburg, Petrodvorets, 2012
- 11-Я БАКСАНСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ, Приэльбрусье, Кабардино-Балкария, 2010

а также представлены на:

- Chapman Conference on Fundamental Properties and Processes of Magnetotails, Reykjavik, Iceland, Исландия, 2013
- 39-я Научная ассамблея COSPAR, Mysore/Bangalore, Индия, 2012

Результаты диссертационной работы также докладывались и обсуждались на научных семинарах НИИЯФ.

Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Структура и динамика крупномасштабных токов в возмущенной магнитосфере по данным спутниковых измерений» Назаркова Ильи Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 - физика плазмы.

Заключение принято на заседании Совета отдела космических наук НИИЯФ МГУ.

Присутствовало на заседании 16 чел. Результаты голосования «за» - 15 чел., «против» - 1 чел., «воздержались» - 0 чел., протокол №1 от «18» мая 2016 г.

Председатель совета ОКН
профессор

Панасюк М.И.

Секретарь совета ОКН
к.ф.-м.н.

Е.А. Сигаева

Заключение рассмотрено и утверждено на заседании Ученого совета НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына и Отделения ядерной физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Протокол №6 от «19» мая 2016 г.

Председатель Ученого совета
профессор

Панасюк М.И.

Ученый секретарь Ученого совета
профессор

Страхова С.И.