

«Утверждаю»
академик-секретарь
Отделения физических наук РАН
академик РАН

_____ **И.А. Щербаков**
«__» _____ **2014 г.**

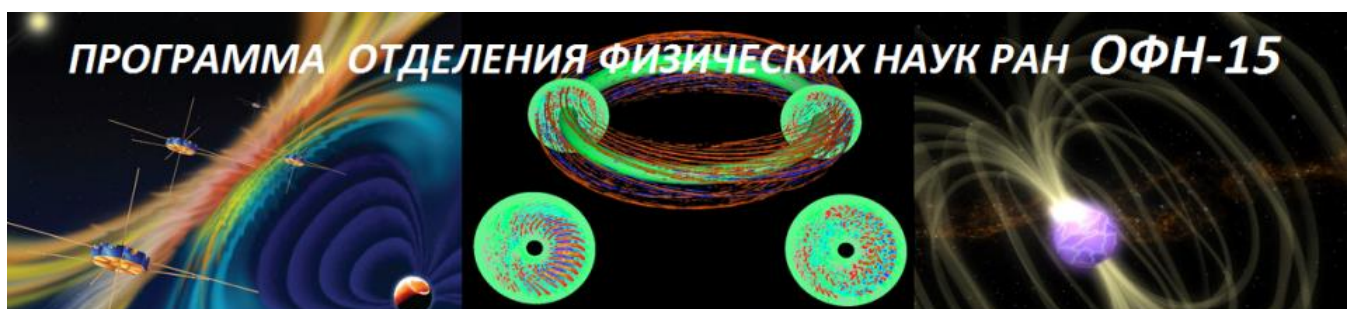
АННОТАЦИОННЫЙ ОТЧЁТ за 2014 год

По Программе фундаментальных исследований
Отделения физических наук РАН

«Плазменные процессы
в космосе и в лаборатории»

Координатор программы
Член-корреспондент РАН

Петрукович А.А.



Содержание

	<i>стр.</i>
1. Аннотация программы.....	3
2. Участники программы.....	4
3. Проекты программы.....	5
4. Смета программы на 2014 г.....	6
5. Обзор работ по программе.....	7
6. Сводка научных результатов программы.....	9
7. Список публикаций по программе.....	18

1. Аннотация программы

Плазма – наиболее распространенное состояние видимого вещества во Вселенной. Благодаря наличию дальнедействующих электромагнитных сил в плазменных средах протекают интенсивные процессы конверсии и переноса энергии, управляемые коллективными эффектами. В наземных условиях подобная динамика плазмы определяет ее стабильность, удержание и нагрев в лабораторных установках, в том числе в УТС. В космосе эти процессы ответственны за ускорение частиц, динамику магнитного поля, в конечном счете, за излучение в астрофизических объектах, на Солнце, в магнитосфере Земли. Однако удаленные астрофизические плазменные объекты мы можем изучать только по их излучению, достигающему Земли. В плазменных оболочках Земли и гелиосфере возможно проводить наблюдения «изнутри» плазмы, с борта искусственных спутников. Космические и лабораторные эксперименты по изучению свойств плазмы дополняют друг друга. Спутниковые исследования позволяют получать экспериментальные данные в диапазонах масштабов по пространству и времени, а так же в условиях высокой разреженности недоступных в лаборатории. Напротив, на Земле возможно проводить измерения в повторяемых, контролируемых условиях, что недоступно в природных космических средах. Безусловно необходимыми элементами подобных исследований являются построение теоретических моделей и численные расчеты.

Основной целью программы является определение механизмов развития фундаментальных процессов в плазме: пересоединения, турбулентности, ускорения частиц, и т.п. экспериментальным путем (в космосе и лаборатории), теоретическими методами и посредством компьютерного моделирования.

В значительной степени программа опирается на задел, полученный в ходе работ по предыдущей программе ОФН-15 «Физика плазмы в солнечной системе» (2006-2011 гг.)

Задачи, решавшиеся в ходе исследований 2014 г:

1. Динамика тонких токовых слоев: формирование, структура, разрыв
2. Нелинейная динамика заряженных частиц, ускорение.
3. Взаимодействия волна-частица и генерация излучений
4. Турбулентность и хаос
5. Процессы переноса в плазме.
6. Развитие экспериментальной техники
7. Развитие численных методов

2. Участники программы

Состав Совета Программы «Плазменные процессы в космосе и в лаборатории»

Петрукович Анатолий Алексеевич – координатор программы, член-корреспондент РАН, ИКИ.

Франк Анна Глебовна - заместитель координатора программы, доктор физико-математических наук, ИОФ

Члены совета программы:

Голубев Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, ИПФ

Ерохин Николай Сергеевич, доктор физико-математических наук, ИКИ

Зеленый Лев Матвеевич, академик РАН, ИКИ

Зыбин Кирилл Петрович, член-корреспондент РАН, ФИАН

Козелов Борис Владимирович, доктор физико-математических наук, ПГИ

Малова Хельми Витальевна, доктор физико-математических наук, НИИЯФ МГУ и ИКИ.

Ученый секретарь программы:

Зольникова Надежда Николаевна, кандидат физико-математических наук, ИКИ РАН

Организации - участники программы ОФН-15

- Институт космических исследований РАН
- Институт прикладной физики РАН
- Институт общей физики РАН
- Физический институт РАН
- Физико-технический институт РАН
- Полярный геофизический институт РАН
- Институт Лазерной Физики СО РАН (без финансирования)

3. Проекты программы

Название проекта	Орг-ции	Рук. Проекта
<p>Проект № 1. Динамика токовых слоев Темы работ:</p> <p>1.1. Исследование самосогласованных токовых конфигураций в бесстолкновительной плазме с немаксвелловскими функциями распределения частиц по скоростям</p> <p>1.2. Создание численной модели токового слоя в хвосте магнитосферы с реалистичным учетом электронной компоненты</p> <p>1.3. Теоретическое и экспериментальное исследование токовых слоев в магнитосфере Земли</p> <p>1.4. Магнитное пересоединение и генерация высокоскоростных потоков плазмы в токовых слоях, развивающихся в лабораторных условиях</p>	<p>ИПФ РАН</p> <p>ПГИ РАН</p> <p>ИКИ РАН</p> <p>ИОФ РАН</p> <p>ФТИ РАН</p>	<p>д.ф.-м.н. Франк А.Г.</p> <p>Член-корр. РАН Кочаровский В.В.</p> <p>к.ф.-м.н. Мингалев О.В.</p> <p>д.ф.-м.н. Малова Х.В.</p> <p>д.ф.-м.н. Франк А.Г.</p> <p>д.ф.-м.н. Островская Г.В.</p>
<p>Проект 2. Взаимодействие «волна-частица» Темы работ:</p> <p>2.1. Лабораторное моделирование линейных и нелинейных эффектов при распространении волн в космической плазме.</p> <p>2.2. Лабораторное моделирование турбулентных процессов в неравновесной плазме космических магнитных ловушек</p> <p>2.3 Моделирование неустойчивостей в предфронте бесстолкновительных ударных волн с эффективным ускорением частиц</p>	<p>ИПФ РАН</p> <p>ИПФ РАН</p> <p>ФТИ РАН</p>	<p>д.ф.-м.н. Костров А. В.</p> <p>д.ф.-м.н. Костров А. В.</p> <p>д.ф.-м.н. Голубев С. В.</p> <p>Д.ф.-м.н. Быков А.М.</p>
<p>Проект 3. Хаос и турбулентность в плазме Темы работ:</p> <p>3.1. Генерация магнитного поля турбулентным движением в гигантских молекулярных облаках в Галактике</p> <p>3.2. Исследования роли турбулентного электромагнитного поля в процессах транспорта и ускорения заряженных частиц</p> <p>3.3. Влияние плазменных микрополей на процессы переноса и некоторые элементарные процессы в плазме, в том числе неидеальной</p> <p>3.4. Исследование электродинамики формирования заряда тела в космической плазме</p>	<p>ФИАН</p> <p>ИКИ РАН</p> <p>ИОФ РАН</p> <p>ИКИ РАН</p>	<p>Член-корр. РАН Зыбин К.П.</p> <p>Член-корр. РАН Зыбин К.П.</p> <p>к.ф.-м.н. Артемьев А.В.</p> <p>д.ф.-м.н. Романовский М.Ю.</p> <p>д.ф.-м.н. Красовский В.Л.</p>
<p>Проект 4. Динамика в крупномасштабных плазменных структурах Темы работ:</p> <p>4.1. Исследование холловской магнитной</p>	<p>ФТИ РАН</p>	<p>д.ф.-м.н. Урпин В. А.</p> <p>д.ф.-м.н. Урпин В. А.</p>

гидродинамики в космической плазме 4.2. Взаимодействие потока плазмы с препятствием: изучение многомасштабной динамики обтекания солнечным ветром планетных магнитосфер	ИКИ РАН	д.ф.-м.н. Савин С.П.
4.3. Мини-магнитосфера и исследование новых процессов взаимодействия Солнечного ветра с малыми телами с остаточным или искусственным магнетизмом методами лабораторного моделирования	ИЛФ СО РАН	к.ф.-м.н. Шайхисламов И.Ф.

4. Смета программы на 2014 г

№ п/п	Наименование организации	Объем финансирования (тыс. рублей) в 2014 году
1.	Институт космических исследований (ИКИ)	660
2.	Институт прикладной физики (ИПФ)	570
3.	Институт общей физики (ИОФ)	570
4.	Физический институт (ФИАН)	190
5.	Полярный геофизический институт (ПГИ)	140
6.	Физико-технический институт (ФТИ)	370
	Итого	2500

5. Обзор работ по программе

Средства и методы исследований

1. Для лабораторных работ были задействованы и частично модернизированы следующие установки:

- Установка плазмы электронного циклотронного резонансного разряда в прямой аксиально-симметричной магнитной ловушке, поддерживаемого мощным СВЧ излучением гиротрона (ИПФ).
- Установки «Крот» и «Ионосфера» с ВЧ нагревом плазмы для моделирования нелинейных взаимодействий волн и частиц (ИПФ).
- Установка ТС-3D для исследований динамики токовых слоев (ИОФ).
- Установка КИ-1 с моделью магнитосферы («террелла») (ИЛФ).

2. Использовались наблюдательные данные околоземных космических проектов «Интербол», «Спектр-Р», «Polar», «Cluster», «Geotail» и пр, доступные в международных базах данных и у участников программы.

3. Развита методы численного моделирования, включающие кинетические, МГД, гибридные и Холловские коды. Начаты работы по параллельным вычислениям с использованием суперкомпьютеров (ИКИ, ФИАН, ПГИ, ИЛФ, ИПФ).

4. Теоретические исследования велись практически в рамках всех проектов.

Обзор направлений исследований

Проведены комплексные исследования по отдельным направлениям:

1. Исследования токовых слоев. Рассмотрены устойчивость слоев, двухмерная и трехмерная структура слоев, роль электронов плазмы. Развита подходы к моделированию, позволяющие существенно ускорить вычисления. В качестве приложений рассматривались токовые слои в хвосте магнитосферы Земли и в магнитосфере Юпитера. Работы в данном направлении ведутся на протяжении ряда последних лет коллективом авторов из ИКИ, ПГИ, ИОФ, ИПФ.

2. Исследования турбулентности, ускорения частиц на турбулентных полях, генерации магнитного поля. Показана важная роль турбулентных полей со свойством перемежаемости в ускорении частиц. Исследованы процессы генерации магнитного поля в турбулентности. Рассмотрены подходы к описанию турбулентности магнитного поля и ее влиянию на ускорение частиц в астрофизических объектах.

3. Исследования переноса массы, энергии и импульса через границы. Описаны турбулентные механизмы переноса, связанные с образованием редких «выбросов» с большой скоростью и имеющие исключительно высокую эффективность. Исследованы одновременные наблюдения этих процессов в различных областях магнитосферы. В численном и лабораторном эксперименте определена роль кинетических эффектов при переносе, связанных с конечностью гирорадиуса частиц.

4. Исследования микроэффектов, связанных с взаимодействием единичных частиц и объектов с локальными полями. Исследовано влияние внешнего электрического поля на процесс захвата орбитальных электронов ядрами в плазме тяжелых многозарядных ионов. Начата работа по кинетическому моделированию транзитных эффектов взаимодействия частиц плазмы с зондом.

5. Исследования взаимодействия частиц и волн, нелинейных эффектов при ускорении частиц.

Статистика публикаций

- Статьи, опубликованные в зарубежных рецензируемых журналах –6.
- Статьи, опубликованные в российских журналах, включенных в список ВАК – 7
- Из них – в изданиях, включенных в список WoS – 13 .
- Главы в монографиях – 5
- Статьи, отправленные в печать –13.
- Выступления на конференциях (тезисы в материалах конференций) –42.

Другое

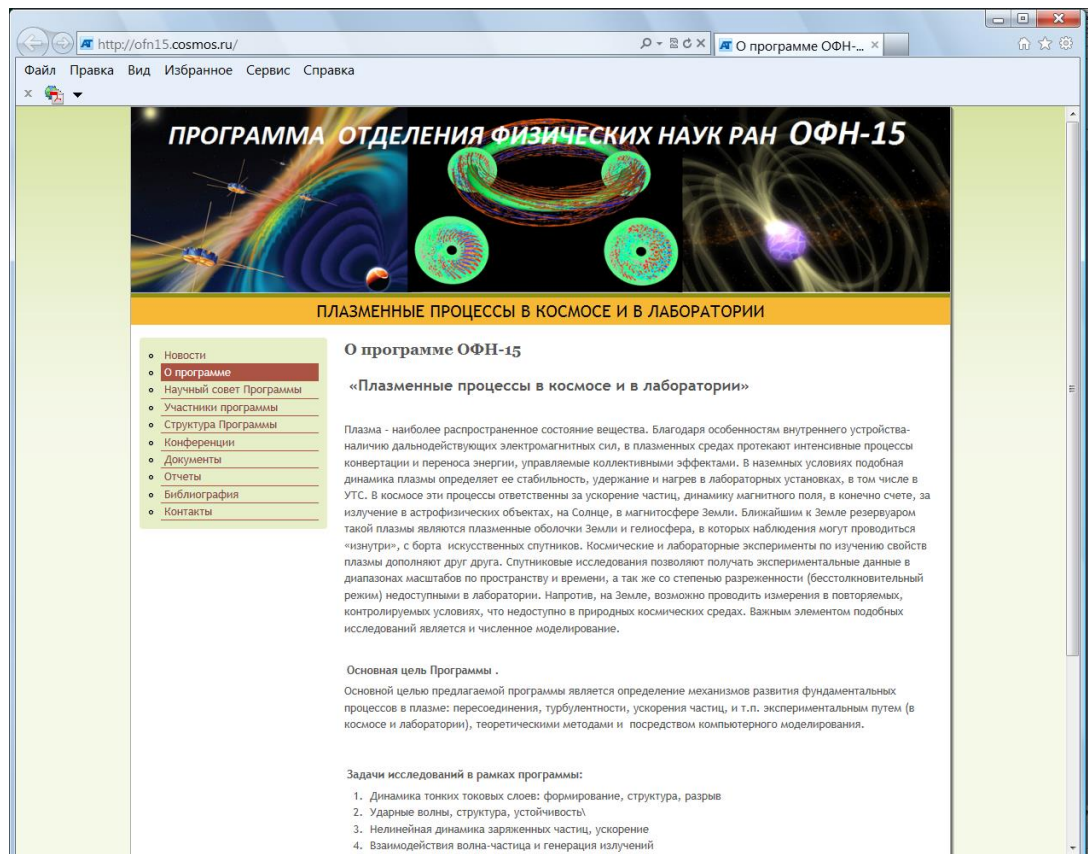
При поддержке программы проводится ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» (февраль, ИКИ РАН, Москва).

Так же необходимо отметить другие конференции, наиболее близкие к тематике программы:

- Конференция «Проблемы Геокосмоса», проводится раз в два года, СПбГУ, Санкт-Петербург.
- Конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, проводится ежегодно, февраль, Звенигород, Московской области

Программа ОФН-15 в сотрудничестве с программой Президиума РАН П-22 готовит издание монографии «Современные проблемы гелиогеофизики».

Регулярно обновляется интернет-сайт программы ofn15.cosmos.ru



ПРОГРАММА ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК РАН ОФН-15

ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОСМОСЕ И В ЛАБОРАТОРИИ

- Новости
- **О программе**
- Научный совет Программы
- Участники программы
- Структура Программы
- Конференции
- Документы
- Отчеты
- Библиография
- Контакты

О программе ОФН-15

«Плазменные процессы в космосе и в лаборатории»

Плазма - наиболее распространенное состояние вещества. Благодаря особенностям внутреннего устройства-наличию действующих электромагнитных сил, в плазменных средах протекают интенсивные процессы конвертации и переноса энергии, управляемые коллективными эффектами. В наземных условиях подобная динамика плазмы определяет ее стабильность, удержание и нагрев в лабораторных установках, в том числе в УТС. В космосе эти процессы ответственны за ускорение частиц, динамику магнитного поля, в конечном счете, за излучение в астрофизических объектах, на Солнце, в магнитосфере Земли. Ближайшим к Земле резервуаром такой плазмы являются плазменные оболочки Земли и гелиосфера, в которых наблюдения могут проводиться «изнутри», с борта искусственных спутников. Космические и лабораторные эксперименты по изучению свойств плазмы дополняют друг друга. Спутниковые исследования позволяют получать экспериментальные данные в диапазонах масштабов по пространству и времени, а так же со степенью разреженности (бесстолкновительный режим) недоступными в лаборатории. Напротив, на Земле, возможно проводить измерения в повторяемых, контролируемых условиях, что недоступно в природных космических средах. Важным элементом подобных исследований является и численное моделирование.

Основная цель Программы .

Основной целью предлагаемой программы является определение механизмов развития фундаментальных процессов в плазме: пересоединения, турбулентности, ускорения частиц, и т.п. экспериментальным путем (в космосе и лаборатории), теоретическими методами и посредством компьютерного моделирования.

Задачи исследований в рамках программы:

1. Динамика тонких токовых слоев: формирование, структура, разрыв
2. Ударные волны, структура, устойчивость
3. Нелинейная динамика заряженных частиц, ускорение
4. Взаимодействия волна-частица и генерация излучений

6. Сводка научных результатов программы

Проект 1. Токовые слои

1.1. Исследование самосогласованных токовых конфигураций в бесстолкновительной плазме с немаквелловскими функциями распределения частиц по скоростям (руководитель - член-корр. РАН Кочаровский В.В., ИПФ РАН)

На основе разработанных новых точных решений уравнений магнитостатики и кинетических уравнений для стационарных слоёв и филаментов тока в бесстолкновительной плазме с произвольными энергетическими распределениями частиц проанализирован ряд особенностей самосогласованных токовых образований в космической и лабораторной плазме, в частности, касающихся мультимасштабности и тонкой структуры, предельных толщин и токов, допустимых энергосодержания магнитного поля и степени анизотропии функции распределения частиц, роли внешнего магнитного поля и отличий энергетического распределения от маквелловского. В частности, для ряда известных решений данной магнитостатической задачи, которые были ограничены узким набором простейших функций распределения частиц, в том числе для слоя Харриса, получено обобщение на случай произвольного релятивистского энергетического распределения частиц при наличии шира магнитного поля. Достигнутый аналитический уровень понимания указанных проблем позволяет качественно продвинуться в интерпретации современных наблюдений и диагностике токовых структур в околоземной и солнечной плазме, а также в лазерной плазме.

1.2. Создание численной модели токового слоя в хвосте магнитосферы с реалистичным учетом электронной компоненты (руководитель - к.ф.-м.н. Мингалев О.В., ПГИ РАН)

Разработан новый численный метод решения уравнения Власова, который является лагранжево-эйлеровым, и имеет важное свойство «локальности в оперативной памяти». Оно состоит в том, что в ходе вычислений каждая нить работает только с ограниченным и заранее известным объемом данных в оперативной памяти. Это свойство позволит на порядки уменьшить объем обменов между вычислительными узлами (которые ограничивают скорость параллельных вычислений), а также создаст предпосылки для разработки алгоритмов с выполнением основной части вычислений либо на графических процессорах (GPU), либо на сопроцессорах Intel Xeon Phi. В этом методе используется функция распределения, и для её аппроксимации рассматривается движение модельных частиц в фазовом пространстве, в то время как в методе частиц (PIC) рассматривается их движение в координатном пространстве. На основе нового метода разработана неявная схема 2-го порядка точности по времени для решения системы уравнений Власова-Максвелла. В схеме используется новая форма уравнений Максвелла для плазмы в ограниченной области с разложением электрического поля на потенциальную и соленоидальную части, для которых получаются отдельные уравнения. Потенциальные части электрического поля и тока смещения определяются соответственно текущими мгновенными распределениями плотности заряда и дивергенции плотности тока в результате решения соответствующих краевых задач Неймана для уравнений Пуассона. Для такой переформулированной системы Власова-Максвелла в принципе отсутствует проблема нарушения уравнения непрерывности заряда в ходе численного решения, возникающая при использовании обычной формы уравнений Максвелла для плазмы. В схеме используется экстраполяции плотностей тока и заряда при помощи вытекающих из уравнения Власова уравнений для моментов (неявный моментный метод), что вместе с неявностью снимает

условие устойчивости Куранта, и позволяет получить осреднение плазменных колебаний. Также используется показавший очень высокую эффективность алгоритм расчета траектории заряда, основанный на точном решении в случае нерелятивистского движения заряда в постоянных (по пространству и времени) электрическом и магнитном полях. Этот алгоритм имеет нулевую фазовую ошибку, снимает условие необходимости достаточно большого числа шагов по времени на период циклотронного вращения частицы, и в случае плавно изменяющихся полей и достаточно сильного магнитного поля допускает шаг по времени в десятки или более периодов циклотронного вращения. В результате новая схема допускает достаточно большие шаги по времени и пространству, что позволяет создавать с её помощью крупномасштабные модели для изучения процессов в бесстолкновительной космической плазме с учетом реальных значений скорости света и отношения заряда к массе для электронов, в частности, модели токового слоя в хвосте магнитосферы.

1.3. Теоретическое и экспериментальное исследование токовых слоев в магнитосфере Земли (руководитель - д.ф.-м.н. Малова Х.В., ИКИ РАН)

1. Построена и исследована двумерная МГД модель магнитодиска Юпитера

Построена самосогласованная стационарная осесимметричная МГД модель магнитодиска Юпитера, которая является обобщением моделей плоских токовых слоев предложенных ранее для описания структуры токового слоя в магнитосферном хвосте Земли. В рамках модели учитываются центробежная сила, обусловленная наличием электрического поля коротации, а также азимутальное магнитное поле. Получены конфигурации силовых линий для изотермической и изоэнтропической моделей магнитодиска. Показано, что толщина магнитодиска и распределение магнитного поля несущественно отличаются для изотермической и изоэнтропической моделей. Продемонстрировано, что учет малого фонового давления плазмы приводит к существенному уменьшению толщины магнитодиска. Данный эффект связан с преобладанием центробежной силы над градиентом давления на большом удалении от планеты. Рассмотрен механизм униполярной генерации и связанная с данным механизмом крупномасштабная система токов. В приближении слабого азимутального магнитного поля, получены величины прямого и обратного биркеландовских токов. Результаты моделирования согласуются с оценками из других работ и с экспериментальными данными.

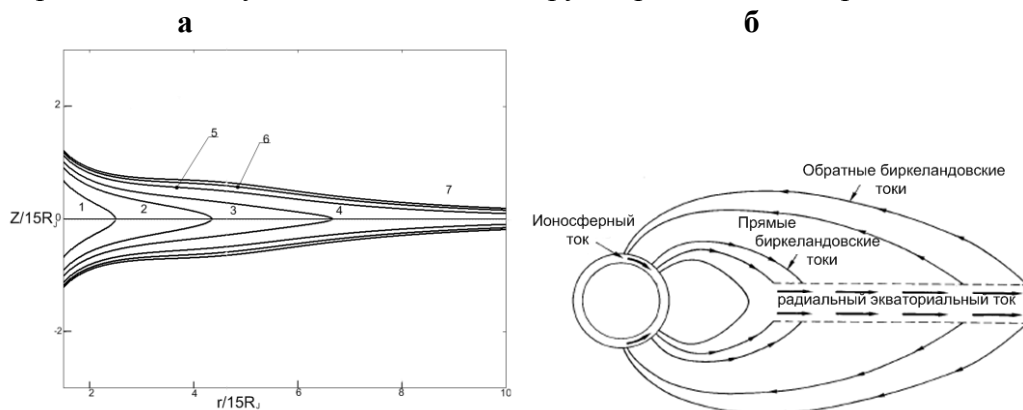


Рис.1. Магнитные силовые линии магнитодиска Юпитера и структура магнитодиска Юпитера (по данным спутника Pioneer-10).

2. Найден новый режим формирования тонких токовых слоев в магнитосфере Земли с доминированием вклада в полный ток электронной компоненты.

Крупномасштабный токовый слой в хвосте магнитосферы может длительное время находиться в состоянии, когда параметры магнитного поля практически не меняются, но при этом могут варьироваться характеристики потоков плазмы (назовем это сценарием 1). Во время геомагнитных возмущений, когда уменьшается нормальная компонента магнитного поля, токовый слой может утоньшаться до предельной толщины, сопоставимой с ионным гирорадиусом (сценарий 2). В процессе осуществления сценариев 1 и 2 токовый слой хвоста может претерпевать медленную (квазистатическую) эволюцию, тогда его можно считать почти равновесным. Выделены основные параметры, характеризующие магнитное поле и энергии частиц плазмы: параметр адиабатичности и величина нормальной компоненты магнитного поля. В широком диапазоне параметров, соответствующих естественным условиям магнитосферного хвоста Земли, исследованы токовые равновесия и вклад различных плазменных популяций в их формирование. При сценарии 1, соответствующем спокойным геомагнитным условиям, токовый слой может существовать в широком диапазоне параметров, причем основными носителями тока в токовом слое являются ионы и электроны. Однако, при некоторых параметрах в системе наблюдается хаотизация движения ионов, тогда токовое равновесие полностью поддерживается потоком электронов. В сценарии 2, соответствующем утоньшению токового слоя во время суббурь, диапазон параметров, в котором могут формироваться токовые равновесия, оказывается очень узким; вне его токовые равновесия не образуются вследствие накопления в токовом слое большого количества частиц с хаотической динамикой. Результаты могут быть применены для интерпретации механизмов формирования и разрушения тонкого токового слоя хвоста в различные периоды геомагнитной активности.

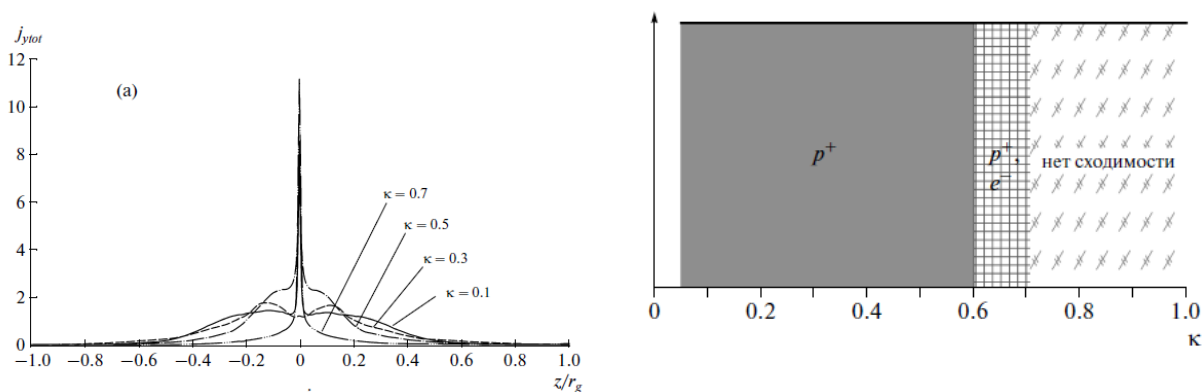


Рис.2. Профили самосогласованной плотности тока для разных значений параметра адиабатичности (слева) и области сходимости решений с указанием доминирования плазменных компонент (справа).

1.4. Магнитное пересоединение и генерация высокоскоростных потоков плазмы в токовых слоях, развивающихся в лабораторных условиях
 (руководители - д.ф.-м.н. Франк А.Г. , ИОФ РАН, д.ф.-м.н. Островская Г.В., ФТИ РАН)

1. Впервые обнаружены вертикальные колебания периферийных областей токового слоя относительно его средней плоскости при формировании слоя в 3D магнитной конфигурации с X линией и продольной компонентой магнитного поля. Показано, что вертикальные колебания обусловлены возбуждением в слое токов Холла и появлением вертикально направленных сил. Изменение знака вертикальных смещений периферийных областей слоя на поздней стадии эволюции указывает на генерацию токов Холла противоположных направлений.

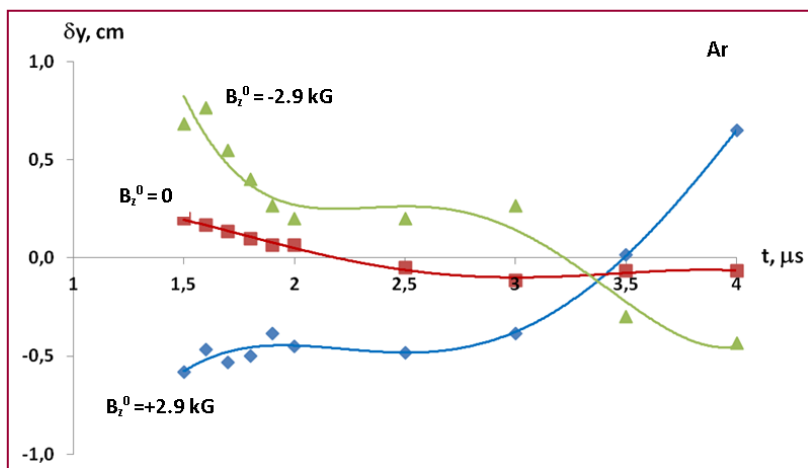


Рис.3. Отклонения концов токового слоя от средней плоскости слоя в зависимости от времени и направления продольной компоненты B_z , при $B_z^0 = 0$; $+2.9$ кГс; -2.9 кГс.

2. С целью изучения структуры течений плазмы в токовом слое были впервые проведены измерения энергии движения в x направлении однократно ионизованных ионов аргона, W_x , в зависимости от расстояния по нормали к поверхности слоя до его срединной плоскости. Температура ионов T_i и энергия направленного движения $W_x(y)$ определялись методами спектроскопии, на основе доплеровских уширений спектральной линии Ar II 480.6 нм. Температура ионов в сформированном слое варьируется, в зависимости от времени и условий эксперимента, в пределах 45-55 эВ. На основе полученных данных можно сделать вывод, что для пространственного распределения энергии $W_x(y)$ характерно существование локального минимума в окрестности плоскости симметрии слоя.

Проект 2. Взаимодействие «волна-частица»

2.1. Лабораторное моделирование линейных и нелинейных эффектов при распространении волн в космической плазме (руководитель - д.ф.-м.н. Костров А. В., ИПФ РАН)

На стендах "Крот" и "Ионосфера" были выполнены исследования электромагнитных полей свистового диапазона частот, возбуждаемых антеннами и электронными потоками, а также экспериментально исследованы нелинейные эффекты. Изучена крупномасштабная динамика импульсных магнитных полей, возбуждаемых в замагниченной плазме накачкой свистового диапазона, установлен анизотропный характер переноса импульсных магнитных возмущений - конвективный вдоль внешнего магнитного поля и диффузионный поперек магнитного поля. Обнаружены и изучены явления кроссмодуляции и автомодуляции свистовых волн, а также изменения амплитудно-частотных характеристик свистовых волн на мелкомасштабных неоднородностях концентрации и магнитного поля, формируемых в поле интенсивной высокочастотной накачки. Методом резонансного ближнепольного СВЧ-зондирования установлены характеристики плазменной турбулентности, приводящей к формированию мелкомасштабных неоднородностей в поле интенсивной свистовой волны.

2.2. Лабораторное моделирование турбулентных процессов в неравновесной плазме космических магнитных ловушек (руководитель - д.ф.-м.н. Голубев С. В., ИПФ РАН)

Исследованы неустойчивости плотной неравновесной плазмы электронно-циклотронного резонансного (ЭЦР) разряда в открытой магнитной ловушке сразу после окончания процесса нагрева. Обнаруженная неустойчивость сопровождается импульсно-периодической генерацией мощного электромагнитного излучения на частоте близкой к частоте верхнего гибридного резонанса и к удвоенной гирочастоте электронов, и синхронными высыпаниями быстрых электронов из ловушки. Показано, что наблюдаемая неустойчивость связана с возбуждением плазменных волн в условиях двойного плазменного резонанса в распадающейся плазме ЭЦР разряда. Пульсирующий режим неустойчивости связан либо с конкуренцией неустойчивости и индуцированного рассеяния при генерации плазменных волн, либо с возбуждением быстрых магнитозвуковых колебаний магнитной ловушки. Экспериментально показано, что высыпания энергичных частиц из ловушки существенно модифицируют функцию распределения электронов, что проявляется в виде осцилляций токов ионных пучков и ограничении среднего заряда ионов.

Проведены первые эксперименты по исследованию процессов магнитного пересоединения и формирования ударных волн при взаимодействии сверхзвуковых потоков плазмы с неоднородным магнитным полем. При инжекции плазмы со стороны слабого магнитного поля поперек силовым линиям оптическими методами зафиксировано образование ударных волн при натекании сверхзвукового потока плазмы на неоднородное магнитное поле. Получены зависимости вида натекания пламенного потока на магнитную ловушку от напряженности магнитного поля ловушки и тока дуги плазмодгенератора (концентрации инжектируемой плазмы).

2.3. Моделирование неустойчивостей в предфронте бесстолкновительных ударных волн с эффективным ускорением частиц. (руководитель - д.ф.-м.н. Быков А.М., ФТИ РАН)

МГД-неустойчивости и диссипативные процессы в плазме с релятивистскими частицами.

Наблюдения синхротронного рентгеновского излучения молодых остатков сверхновых указывают на эффективное ускорение электронов до энергий превышающих 10 ТэВ. Структуры из когерентных полос отображают особенности структуры магнитного поля в остатке и, по-видимому, обусловлены неустойчивыми распределениями ультрарелятивистских ионов. Задача заключается в моделировании соответствующих плазменных неустойчивостей. Вблизи ударной волны остатка сверхновой звезды ускорение частиц происходит по механизму Ферми за счет их рассеяния магнитными флуктуациями и многократного пересечения ударной волны. В свою очередь магнитные флуктуации усиливаются за счет неустойчивостей, вызванных анизотропией распределения ускоренных частиц в предфронте ударной волны, таким образом, возникает нелинейная связь между усилением полей и ускорением частиц. Длинноволновые флуктуации магнитного поля играют ключевую роль в определении максимальных энергий частиц, ускоренных механизмом Ферми в остатках сверхновых, поскольку именно такие флуктуации наиболее эффективно рассеивают частицы наибольших энергий. Нами методом Монте-Карло построена численная нелинейная модель ускорения частиц ударной волной в остатке сверхновой. В результате расчетов получены зависимости профилей течения фоновой

плазмы, степени сжатия плазмы ударной волной (которая сильно отличается от одножидкостных значений), спектров магнитных полей и ускоренных частиц, температуры фоновой плазмы за фронтом ударной волны от скорости ударенной волны и параметров межзвездной среды, окружающей остаток сверхновой. Узкие пики в спектре магнитного поля приводят к наличию выделенного масштаба в пространственной структуре магнитного поля, который проявляется в пространственном распределении синхротронного излучения электронов в таком магнитном поле.

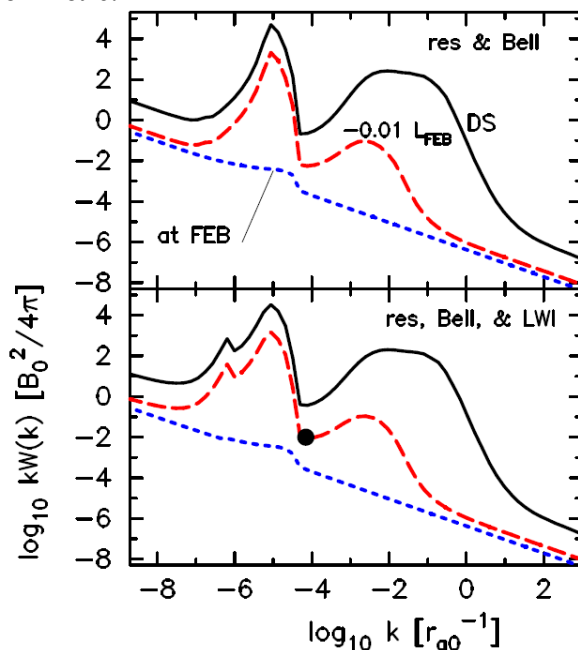


Рис.4. Спектр энергии магнитных флуктуаций: на границе свободного ухода частиц (синяя кривая), красная кривая - спектр при $x=-0.01 L_{FEB}$, черная сплошная кривая - спектр за фронтом ударной волны. Верхняя панель - расчет с учетом двух неустойчивостей: резонансной и коротковолновой белловской; нижняя панель - расчет с учетом трех неустойчивостей: резонансной, коротковолновой белловской, длинноволновой.

Проект 3. Хаос и турбулентность в плазме

3.1. Генерация магнитного поля турбулентным движением в гигантских молекулярных облаках в Галактике.

(руководитель - член-корр. РАН Зыбин К.П., ФИАН)

Решена задача о генерации магнитного поля в турбулентном слабоионизованном несжимаемом газе при наличии среднего магнитного поля. Найдена парная корреляционная функция флуктуирующей компоненты магнитного поля в случае отсутствия среднего магнитного поля, а также при наличии среднего поля в приближении изотопных флуктуаций. Написаны точные анизотропные уравнения при наличии среднего поля, которые сведены к системе уравнений в частных производных первого порядка. Измерения магнитного поля были выполнены в последние годы для многих облаков. Согласно поляризационным измерениям, поведенным для нескольких десятков МС, направления магнитного поля в разных точках облака зачастую коррелированы. В облаке наряду со случайным магнитным полем, вызванным турбулентностью, присутствует и среднее однородное магнитное поле.

3.2. Исследования роли турбулентного электромагнитного поля в процессах транспорта и ускорения заряженных частиц (руководитель - к.ф.-м.н. Артемьев А.В. ИКИ РАН)

Устойчивость резонансных механизмов ускорения заряженных частиц в системах с турбулентным электромагнитным полем

Рассмотрены задачи транспорта и ускорения релятивистских заряженных частиц во флуктуирующем магнитном поле при наличии сильной электростатической волны. Показано, что классический захват частиц в резонанс с волной, перенос частиц на большие расстояния и сопряжённое с захватом ускорение существенно модифицируются за счёт рассеяния частиц флуктуациями магнитного поля. В результате когерентный процесс транспорта и ускорения сменяется диффузионным процессом, описывающим разрушение адиабатических инвариантов захваченных волной частиц.

Эффективное ускорение ионов при разрушении фронта диполизации

Исследовано ускорение и транспорт ионов в ближней хвостовой области магнитосферы при их взаимодействии с сильными когерентными плазменными струями, существенно модифицирующими электромагнитное поле системы. Показано, что естественный процесс торможения плазменных струй при их взаимодействии с сильным дипольным полем планеты приводит к реализации особого резонансного механизма ускорения ионов на ведущем фронте этих струй. Получены оценки на набор энергии в данной системе.

3.3. Влияние плазменных микрополей на процессы переноса и некоторые элементарные процессы в плазме, в том числе неидеальной (руководитель - д.ф.-м.н. Романовский М.Ю., ИОФ РАН)

Теоретически исследовалось образование степенных асимптотик у экспоненциального равновесного распределения. Подобные ситуации возникают, например, в плазме при исследовании распределения частиц по энергиям при учете влияния электрического микрополя плазмы. Похожие ситуации имеются при измерениях энергий горячих электронов в плазме. Другим применением разработанной теории является экономика. Интерес к проблеме «хвостов» распределений, например, в физике, чисто практический: все процессы типа диссоциации, ионизации и т.п. определяются асимптотической частью распределений взаимодействующих частиц. Предложена новая форма аппроксимации таких распределений. В явном виде, кривая с Больцмановской основной частью и степенной асимптотикой записывается в виде:

$$W_{T\beta\theta}(R) = \frac{1}{\sqrt{\pi T}} \int_0^\infty \cos(x\sqrt{R}) \left\{ \frac{2}{\Gamma(\beta-1/2)} \left[(\beta - 3/2) \frac{xT}{4N} \right]^{\beta/2-1/4} K_{\beta-1/2} \left[\sqrt{(\beta - 3/2) \frac{xT}{4N}} \right] \right\}^\theta dx$$

где R - переменная, T есть некоторая «эффективная» температура, Γ – гамма функция Эйлера, $K_{\beta-1/2}$ функция Макдональда. Такие распределения могут пригодиться для изучения распределения электронов по энергиям в лазерной и космической плазме с характерным наличием степенных хвостов у Больцмановского экспоненциального распределения.

3.4. Исследование электродинамики формирования заряда тела в космической плазме

(руководитель - д.ф.-м.н. Красовский В.Л., ИКИ РАН)

Проведен теоретический анализ нелинейного экранирования точечного заряда бесстолкновительной плазмой, что важно для общей физической интерпретации явления экранирования, как характерного свойства плазмы. Обнаружено, что нелинейные эффекты приводят к ослаблению экранирования внешнего заряда по сравнению с линейным экранированием, описываемым известной формулой Дебая. Благодаря дефициту экранирующего заряда плазмы на малых расстояниях область экспоненциального падения потенциала смещается в сторону больших расстояний. Этот эффект тем сильнее, чем больше отношение величины внешнего заряда к заряду электронов (ионов) невозмущенной плазмы в сфере Дебая. Показано, что концентрация захваченных частиц, пропорциональная трем четвертям электрического потенциала на малых расстояниях, превышает концентрацию пролетных частиц, вследствие чего учет облака захваченных частиц важен для корректного описания экранирования.

Завершен основной, наиболее трудоемкий, этап разработки программного обеспечения для численного моделирования нестационарных сферически симметричных плазменных явлений в реальной (трехмерной) геометрии на основе описания динамики частиц с помощью канонических уравнений движения. Установлено, что суммарный заряд облака захваченных ионов соизмерим с зарядом сферы, что подтверждает необходимость учета эффекта захвата в космической плазме для корректного решения задачи и строгого количественного описания самосогласованного электрического поля и параметров возмущенной плазмы.

Проект 4. Динамика в крупномасштабных плазменных структурах

4.1. Исследование холловской магнитной гидродинамики в разреженной космической плазме

(руководитель - д.ф.-м.н. Урпин В.А., ФТИ РАН)

Продолжено исследование свойств особого класса магнитогидродинамических волн, существование которых в магнитосферах звезд было предсказано ранее в рамках данного проекта в сильно замагниченной плазме, где параметр Холла намного больше 1. Показано, что неоднородности магнитного давления приводят к генерации специфических возмущений (филаментов), которые имеют сильно вытянутую вдоль магнитного поля структуру. Исследовано влияние холловских токов на движение многокомпонентной плазмы. Показано, что эффект Холла может по-разному действовать на различные компоненты плазмы. Малые различия в диффузионном движении приводят к формированию химических неоднородностей (пятен) в многокомпонентной плазме.

4.2. Взаимодействие потока плазмы с препятствием: изучение многомасштабной динамики обтекания солнечным ветром планетных магнитосфер

(руководитель - д.ф.-м.н. Савин С.П., ИКИ РАН)

Исследование развития квазирезонансных турбулентных каскадов на дневной и ночной границе магнитосферы

Впервые изучены каскады (дискретные и турбулентные) по данным потока ионов одновременно в солнечном ветре (WIND) на границе геомагнитного хвоста (GEOTAIL и СПЕКТР-Р), а также в форшоке и внешнем каспе (CLUSTER). Упор сделан на частотах 0.02-10

мГц, которые лучше всего видны на СПЕКТРЕ-R, имеющем вытянутую орбиту, удобную для низкочастотных измерений в геомагнитном хвосте, впервые как на высоких, так и низких широтах. Это позволило увидеть максимумы $\sim 0.03-0.07$ мГц усиленные на 2.5 порядка по сравнению с солнечным ветром. Обсуждается механизм усиления за счет резонансов границы геомагнитного хвоста. На 0.2-2 мГц наблюдаются мембранные и полостные моды, как и ранее в динамическом давлении. С увеличением частоты начинает формироваться непрерывный спектр с наклоном около «-1». Основные флуктуации переносятся сверхмощными плазменными струями, для изучения которых прибор БМСВ на СПЕКТРЕ-R имеет уникальное временное разрешение в полосе до 10 Гц. Для 3-20 мГц, в отличие от предыдущих результатов, наблюдается наклон -1.7.

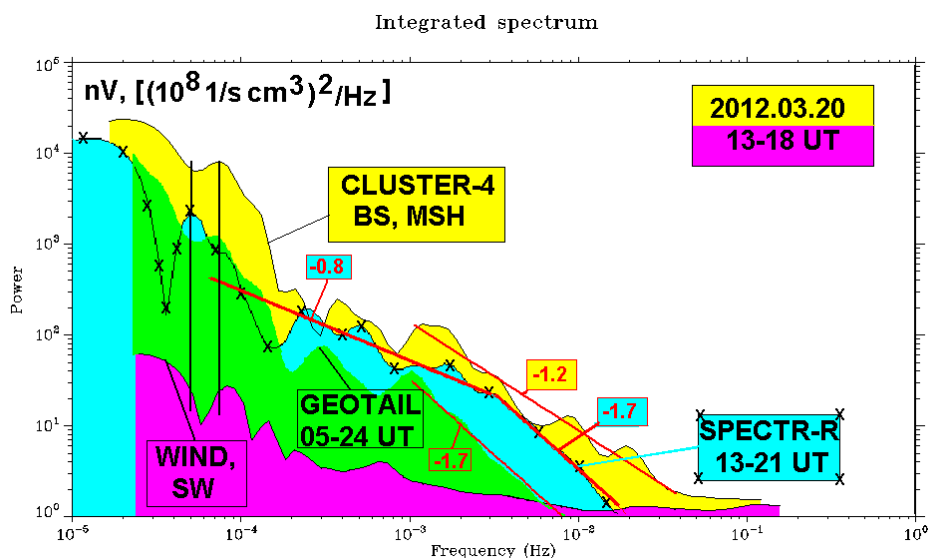


Рис.5. Спектр колебаний потока ионов для разных спутников.

4.3. Мини-магнитосфера и исследование новых процессов взаимодействия Солнечного ветра с малыми телами с остаточным или искусственным магнетизмом методами лабораторного моделирования (руководитель - к.ф.-м.н. Шайхисламов И.Ф., ИЛФ СО РАН)

Проведен эксперимент по обтеканию магнитного диполя потоком плазмы тета-пинча с параметром Холла меньше единицы. Впервые проведено прямое измерение величины и структуры Холловских токов. Для этого был разработан высокочувствительный помехозащищенный пояс Роговского с прямой и обратной обмоткой. Измерение токов Чепмена-Ферраро, формирующих магнитосферу, и сравнение с магнитными измерениями показало адекватность работы пояса Роговского. Основным результатом заключается в том, что внутри мини-магнитосферы измерен электрический ток в направлении потока, и что этот ток совпадает с потоком ионов вверх по течению. Прямое измерение тока за магнитопаузой внутри мини-магнитосферы является последним и наиболее явным подтверждением модели, развитой авторами проекта.

7. Список публикаций по программе:

Статьи в зарубежных реферируемых журналах:

1. Artemyev Anton, Dmitri Vainchtein, Anatoly Neishtadt, and Lev Zelenyi. Stability of relativistic surfatron acceleration. *Physical Review E*, 89, 043106, 2014, doi: 10.1103/PhysRevE.89.043106
2. Artemyev A. V., Charged-particle acceleration in braking plasma jets. *Physical Review E*, 89, 033108, 2014, doi: 10.1103/PhysRevE.89.033108
3. V.Urpin. «Formation of filament-like structures in the pulsar magnetosphere and the short-term variability of pulsar emission». *Astron. Astrophys.*, 563A, 29-35 (2014)
4. S. Savin, E. Amata, V. Budaev, L. Zelenyi, E. A. Kronberg, J. Buechner, J. Safrankova, Z. Nemecek, J. Blecki, L. Kozak, S. Klimov, A. Skalsky, and L. Lezhen. On Nonlinear Cascades and Resonances in the Outer Magnetosphere. *JETP Letters*, 2014, Vol. 99, No. 1, pp. 16–21. 2014.
5. Shaikhislamov I F, Yu P Zakharov, V G Posukh, A V Melekhov, V M Antonov, E L Boyarintsev and A G Ponomarenko «Experimental study of mini-magnetosphere». *Plasma Phys. Control. Fusion* 56 (2014) 025004 (9pp)
6. A.M. Bykov, D.C. Ellison, S.M. Osipov, A.E. Vladimirov, «Magnetic Field Amplification in Nonlinear Diffusive Shock Acceleration Including Resonant and Non-resonant Cosmic-Ray Driven Instabilities», *Astrophysical Journal*, v. 789, iss. 2 (2014) id. 137 (20 pp).

Статьи в российских реферируемых журналах:

1. Г.В.Островская, А.Г.Франк. Эволюция пространственной структуры плазмы в процессе формирования токовых слоев в аргоне по данным голографической интерферометрии // *Физика плазмы* 2014. Т. 40 (1). С. 24-37.
2. А.Г. Франк, С.Н. Сатунин. Вертикальные смещения токового слоя и токи Холла // *Письма в ЖЭТФ* 2014. Т. 100 (2). С. 83-88.
3. Киселев А. А., Долгоносков М. С., Красовский В. Л. Захват ионов в процессе приобретения заряда поглощающей сферой в бесстолкновительной плазме *Доклады академии наук*. Т. 456. , № 3, С. 290-294 (2014).
4. Красовский В. Л. // Энергетические характеристики возмущения бесстолкновительной плазмы поглощающей сферой / *Геомагнетизм и аэронавигация*. Т. 54, № 4, С. 455-462 (2014).
5. Шайхисламов И.Ф., В.М. Антонов, Ю.П. Захаров, Э.Л. Бояринцев, А.В. Мелехов, В.Г. Посух, А.Г. Пономаренко «Продольные токи и магнитосферный генератор в экспериментах по обтеканию магнитного диполя лазерной плазмой». *Космические Исследования*, 2014, том 52, № 4, с. 296–306.
6. Savin, S., E. Amata, V. Budaev, L. Zelenyi, E.A. Kronberg, J. Buechner, J. Safrankova, Z. Nemecek, J. Blecki, L. Kozak, S. Klimov, A. Skalsky, L. Lezhen, On nonlinear cascades and resonances in the outer magnetosphere, «Письма в ЖЭТФ» (*JETP Letters.*), 99, 19-24 (2014).

- 7 М.Е. Викторов, С.В. Голубев, В.В. Зайцев, Д.А. Мансфельд. Импульсно-периодический режим кинетической неустойчивости плазмы ЭЦР разряда в условиях двойного плазменного резонанса // Известия вузов. Радиофизика. 2014. Т. 57, №12, с. 946-961.

Монографии:

1. Н.П. Кирий, А.Г. Франк. Основные особенности магнитной структуры, эволюции нагрева и ускорения плазмы в токовых слоях, создаваемых в лабораторных условиях // в монографии «Современные Достижения В Плазменной Гелиогеофизике» под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского. - М.: ИКИ РАН, 2014
2. Красовский В. Л., Долгонос М. С., Киселев А. А. Поглощающая сфера в бесстолкновительной плазме, старая задача в свете новых подходов// в монографии «Современные Достижения В Плазменной Гелиогеофизике», под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского. - М.: ИКИ РАН, 2014
3. А.М. Быков, С.М. Осипов, Плазменные неустойчивости и ускорение частиц ударными волнами в остатках сверхновых звезд // в монографии «Современные Достижения В Плазменной Гелиогеофизике», под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского. - М.: ИКИ РАН, 2014
4. В.В.Кочаровский, Вл.В.Кочаровский, В.Ю.Мартьянов, «Точно решаемые задачи в физике самосогласованных токовых слоёв» // В монографии «Современные Достижения В Плазменной Гелиогеофизике».- М.: ИКИ РАН, 2014 (статья будет подготовлена в ноябре 2014 г.).
5. V.Urpin. «Pulsar magnetospheres: instabilities and filament-like structures». Lambert Academic Publishing (2014) , ISBN 978-3-659-59376-5

Направлено в печать:

1. Sasunov Y., Khodachenko M., Alexeev I., Belenkaya E., Semenov V., Kubyshkin I., Mingalev O. Investigation of scaling properties of a thin current sheet by means of particle trajectories study // JGR. 2014. (принято к печати).
2. Malova H.V., Mingalev O.V., Grigorenko E.E., Mingalev I.V., Melnik M.N., Popov V.Yu., Delcourt D.C., Petrukovich A.A., Shen C., Rong D., Zelenyi L.M. Formation of self-organized shear structures in thin current sheets. (Подготовлена для направления в печать (в JGR))
3. Kocharovsky, V. Kocharovsky, V. Martyanov, S. Tarasov , “Breaks in power-law spectra of synchrotron radiation of the self-consistent current structures”, Astronomy & Astrophysics, 2014 (submitted).
4. Улькин А.А., Малова Х.В., Попов В.Ю., Зеленый Л.М., Моделирование различных сценариев равновесия тонкого токового слоя в хвосте магнитосферы Земли, Физика плазмы, №1, Т.40, 2015 (принято к печати).
5. Кислов Р.А., Малова Х. В., Васько И.Ю., Двумерная МГД модель магнитодиска Юпитера, Космические исследования, 2015, принято к печати.

6. Юшков Е.В., Франк А.Г., Артемьев А.В., Петрукович А.А., Васько И.Ю. Формирование квазиодномерного токового слоя в лабораторной и магнитосферной плазме // *Физика плазмы* 2015. Т. 41(1), в печати.
7. А.Г. Франк, С.Н. Сатунин. Динамика токов Холла и колебания периферийных областей токового слоя // Тезисы докладов XLII Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС, г. Звенигород, 9-13 февраля 2015 г. в печати
8. O.S. Garanina and M.Yu. Romanovsky. New multi-parametric analytical approximations of exponential distribution with power law tails for new cars sells and other applications. *Physica A* 2014 (accepted for publication)
9. Shaikhislamov I. F., M. L. Khodachenko, Yu. L. Sasunov, H. Lammer, K. G. Kislyakova «Atmosphere expansion and mass loss of close-orbit giant exoplanets heated by stellar XUV: I Modeling of hydrodynamic escape of upper atmospheric material. » принята к печати в *Astrophysical journal*.
10. V P Budaev, L M Zelenyi , S P Savin , *Journal of Physics: Conference Series*, Intermittency and generalized self-similarity in turbulent boundary layers of laboratory and magnetospheric plasmas (2014, в печати)
11. Н.А. Айдакина, М.Е. Гушин, И.Ю. Зудин, С.В. Коробков, А.В. Костров, А.В. Стриковский. Кроссмодуляция волн свистового диапазона частот в магнитоактивной плазме. Письма в ЖЭТФ (2014, в печати)
12. В.Л. Фролов, В.О. Рапопорт, Е.А. Шорохова, Н.А. Айдакина, М.Е. Гушин, И.Ю. Зудин, С.В. Коробков, А.В. Костров, М. Парро, Ж.-Л. Рош. Тонкая структура дактов плотности, формируемых при активном радиочастотном воздействии на лабораторную и космическую плазмы. Письма в ЖЭТФ (2014, в печати)
13. O Tarvainen, J Laulainen, J Komppula, R Kronholm, T Kalvas, H Koivisto, I Izotov, D Mansfeld and V Skalyga. Limitations of electron cyclotron resonance ion source performances set by kinetic plasma instabilities // *Review of Scientific Instruments* 2014. Направлено в печать

Материалы конференций:

1. S.V. Tarasov, Vl.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky, V.Yu. Martyanov, “Spectral and angular features of synchrotron radiation of the self-consistent current sheets” // Program of the 41st EPS Conference on Plasma Physics (Berlin, June 23 – 27, 2014).
2. Vl.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky, V.Yu. Martyanov, “Analytical solution to the problem of current sheets in multicomponent relativistic plasma with arbitrary energy distribution of particles” // Program of the 41st EPS Conference on Plasma Physics (Berlin, June 23 – 27, 2014).
3. V.Yu.Martyanov, V.V.Kocharovsky, Vl.V.Kocharovsky, “Cylindrically symmetric current filaments in collisionless relativistic non-Maxwellian plasma” // Program of the 41st EPS Conference on Plasma Physics (Berlin, June 23 – 27, 2014).
4. V.Yu. Martyanov, V.V. Kocharovsky, Vl.V. Kocharovsky, “Analytical theory of a current sheet formed between the magnetized and nonmagnetized plasmas with arbitrary energy distribution of particles” // Program of the 40th COSPAR Scientific Assembly (Moscow, Aug. 2 – 10, 2014).
5. Vl.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky, V.Yu. Martyanov, “Self-consistent theory of the

multiscale and split current sheets in collisionless non-Maxwellian plasma“ // Program of the 40th COSPAR Scientific Assembly (Moscow, Aug. 2 – 10, 2014).

6. Мингалев О.В., Мингалев И.В., Малова Х.В., Мельник М.Н., Зеленый Л.М. Расщепленные конфигурации тонкого токового слоя с двумя самосогласованными и постоянной нормальной компонентами магнитного поля. // 9-я Ежегодная Конференция «Физика Плазмы В Солнечной Системе», 10–14 ФЕВРАЛЯ 2014 г., сборник тезисов, ИКИ РАН, с. 149, Москва, 2014.
7. Малова Х.В., Мингалев О.В., Мингалев И.В., Мельник М., Попов В.Ю., Григоренко Е.Е., Петрукович А.П., Зеленый Л.М. Эволюция тонких токовых слоев с магнитным сдвигом в магнитосфере Земли: структура и механизмы формирования. // 9-я Ежегодная Конференция «Физика Плазмы В Солнечной Системе», 10–14 ФЕВРАЛЯ 2014 г., сборник тезисов, ИКИ РАН, с. 150, Москва, 2014.
8. Григоренко Е.Е., Х.В. Малова, А.В. Артемьев, Л.М. Зеленый. Механизм усиления сдвиговой компоненты магнитного поля в токовом слое геомагнитного хвоста за счет кинетических эффектов в динамике ионов. Наблюдения cluster, Девятая ежегодная конференция «Физика Плазмы В Солнечной Системе», 10-14 февраля 2014Г., ИКИ РАН, сборник тезисов, г. Москва, С. 150.
9. Malova, Helmi; Zelenyi, Lev; Popov, Victor; Ulkin, Alexander, Magnetotail Current Sheet in the Regime of Chaotic Dynamics of Plasma Particles, 40th COSPAR Scientific Assembly, 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract D3.2-12-14.
10. Malova, Helmi; Zelenyi, Lev; Petrukovich, Anatoly; Mingalev, Oleg; Popov, Victor; Grigorenko, Elena; Mingalev, Igor; Melnik, Mikhail, Quasi-adiabatic current sheet with magnetic shear: the structure and evolution, 40th COSPAR Scientific Assembly. Held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract D3.1-28-14.
11. Kropotkin Alexey; Artemyev Anton; Malova Helmi; Domrin Vladimir, The peculiarities of formation of thin current sheet in the Earth's magnetotail, 40th COSPAR Scientific Assembly. Held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract D3.2-10-14.
12. Kislov Roman; Khabarova Olga; Malova Helmi, Analogies between Jovian magnetodisk and heliospheric current sheet, 40th COSPAR Scientific Assembly. Held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract D1.1-24-14.
13. Grigorenko Elena; Zelenyi Lev; Artemyev Anton; Malova Helmi, A possible mechanism of a guide magnetic field increase in the magnetotail current sheet due to peculiarities of nonadiabatic ion dynamics: CLUSTER observations, 40th COSPAR Scientific Assembly. Held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract D3.1-27-14.
14. А.Г.Франк. Динамика плазмы и эволюция токовых слоев в магнитных конфигурациях с особыми линиями X типа // Сборник материалов Всероссийской конференции «Физика низкотемпературной плазмы» ФНТП-2014, Казань, 20-23 мая 2014 г. Т. 2, С 218-221
15. Г.В.Островская, А.Г.Франк. Голографическая диагностика плазмы и ее применение для исследования структуры и динамики токовых слоев. // Сборник материалов Всероссийской конференции «Физика низкотемпературной плазмы» ФНТП-2014, Казань, 20-23 мая 2014 г. Т. 1, С 243-247.
16. С.Н. Сатунин, А.Г. Франк. Некоторые особенности динамики токовых слоев в условиях генерации токов обратного направления // Тезисы докладов XLI Международной

(Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС, г. Звенигород, 10-14 февраля 2014 г. С. 175.

17. Г.С. Воронов, Н.П. Кирий, А.Г. Франк, В.С. Марков, Е.В. Воронова. Исследование нагрева и течений плазмы токового слоя в двумерных и трехмерных магнитных конфигурациях при разряде в аргоне // Тезисы докладов ХLI Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС, г. Звенигород, 10-14 февраля 2014 г. С. 229.
18. А.Г. Франк, С.Н. Сатунин. Динамические эффекты, возникающие при возбуждении обратных токов в токовых слоях // <http://solarwind.cosmos.ru>, тезисы доклада на 9-й ежегодной конференции «Физика плазмы в солнечной системе» под эгидой Программы ОФН-15, Москва, ИКИ РАН, 10-14 февраля 2014 г. С. 148.
19. Н.П. Кирий, А.Г. Франк, В.С. Марков, Д.Г. Васильков. Спектроскопические исследования нагрева и ускорения плазмы в лабораторных токовых слоях, сформированных при разряде в аргоне // <http://solarwind.cosmos.ru>, тезисы доклада на 9-й ежегодной конференции «Физика плазмы в солнечной системе» под эгидой Программы ОФН-15, Москва, ИКИ РАН, 10-14 февраля 2014 г. С. 153.
20. Юшков Е.В., Франк А.Г., Артемьев А.В., Васько И.Ю., Петрукович А.А. Двухмерная структура токового слоя: сравнение лабораторного моделирования и спутниковых наблюдений. // <http://solarwind.cosmos.ru>, тезисы доклада на 9-й ежегодной конференции «Физика плазмы в солнечной системе» под эгидой Программы ОФН-15, Москва, ИКИ РАН, 10-14 февраля 2014 г. С. 154.
21. Anna Frank. Effect of Time Dependent Bending of Current Sheets in Response to Generation of Plasma Jets and Reverse Currents // 40th COSPAR Scientific Assembly 2014, Moscow, 2-10 August 2014, D2.1-0033-14.
22. Egor Yushkov, Anna Frank, Anton Artemyev, Ivan Vasko, Anatoli Petrukovich. 2D Current Sheets in Spacecraft Observations and Laboratory Experiments // 40th COSPAR Scientific Assembly 2014, Moscow, 2-10 August 2014, D3.3-0032-14.
23. E.V. Yushkov, A.G. Frank, A.V. Artemyev, A.A. Petrukovich, I.Y. Vasko. 2D current sheet configuration: Cluster observations vs. laboratory experiment // Geospace revised: CLUSTER / MAARBLE / Van Allen Probes Conference, Island of Rhodes, Greece, 15-20 September 2014. Book of Abstracts, P. 177.
24. M.E. Viktorov, S.V. Golubev, E.D. Gospodchikov, D.A. Mansfeld, A.G. Shalashov. Overview of electron cyclotron instabilities observed in a mirror-confined plasma of the electron cyclotron resonance discharge // Proc. 9th International Workshop “Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications” (Nizhny Novgorod – Perm – Nizhny Novgorod, Russia, July 24 – 30, 2014). N. Novgorod: IAP RAS, 2014. P. 81.
25. М.Е. Викторов, С.В. Голубев, Д.А. Мансфельд, А.Г. Шалашов, Е.Д. Господчиков, И.В. Изотов. Импульсные режимы электронно-циклотронной неустойчивости плазмы в открытой магнитной ловушке // Тез. докл. IX конференции «Физика плазмы в солнечной системе». – ИКИ РАН, г. Москва (10-14 февраля 2014), 2014. – С. 103.
26. Dmitry Mansfeld, Mikhail Viktorov, Sergey Golubev, Alexander Vodopyanov. Laboratory modeling of pulsed regimes of cyclotron instability in an ECR heated mirror-confined plasma // 40th COSPAR Scientific Assembly. 2-10 August 2014, Moscow, Russia, C5.1-6-14.

27. Mikhail Viktorov, Sergey Golubev, Dmitry Mansfeld, Ivan Izotov, Egor Gospodchikov, Alexander Shalashov, Andrei Demekhov. Laboratory study of pulsed regimes of electron cyclotron instabilities in a mirror-confined plasma for astrophysical applications // EGU General Assembly Conference Abstracts. Vienna, Austria, 2014. – Vol. 16. P. 776.
28. O.S.Garanina and M.Yu.Romanovsky. Boltzmann distribution with power law tails: new multi-parametric analytical approximations for new cars sells and for known distributions of income and wealth. $\Sigma\phi$ 2014 conference. July 10, 2014, Rhodes, Greece.
29. Krasovsky V. L. // Nonlinear shielding of a point-like charge in a collisionless plasma / 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow, 2014, Paper # C5.2-0025-14.
30. Krasovsky V. L. // Ergodic distribution of charged particles in Coulomb field / Международная конференция MSS-14, «Трансформация волн, когерентные структуры и турбулентность», Москва, ИКИ РАН, 24-27 ноября, 2014, Сборник трудов, ISBN 978-5-9710-1596-3, М.: ЛЕНАНД, 2014 - 448с., С. 28-33.
31. Киселев А. А., Долгоносов М. С., Красовский В. Л. // Численное моделирование захвата ионов бесстолкновительной плазмы электрическим полем поглощающей сферы / 9-я Ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», Москва, ИКИ РАН, 10-14 февраля 2014, Тезисы докладов
32. Kiselyov A. A., Dolgonosov M. S., Krasovsky V. L. // Numerical simulation of charging of an absorbing sphere in collisionless plasmas: asymptotics and trapped particle dynamics / 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow, 2014, Paper # C5.2-0033-14.
33. Красовский В. Л. // Поглощающая сфера в бесстолкновительной плазме, старая задача в свете новых подходов / 9-я Ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», Москва, ИКИ РАН, 10-14 февраля 2014, Тезисы докладов, С. 137.
34. S. Savin, E. Amata , L. Zelenyi, J. Safrankova, Z. Nemecek, J. Buechner, E.A. Kronberg, J. Blecki, L. Kozak, V. Budaev, S. Klimov, A. Skalsky, L. Lezhen, Experimental study of discrete and turbulent cascades in the outer magnetosphere: resonances and transport, abstract, AOGS14 (Invited), ST01-A001
35. S. Savin, E. Amata , L. Zelenyi, J. Safrankova, Z. Nemecek, J. Buechner, E.A. Kronberg, J. Blecki, L. Kozak, V. Budaev, S. Klimov, A. Skalsky, L. Lezhen, Outer magnetospheric resonances and transport: discrete and turbulent cascades in the dynamic pressure and plasma flux, abstract, COSPAR 2014, ID 13694, D3.5
36. S. Savin, E. Amata , L. Zelenyi, J. Safrankova, Z. Nemecek, J. Buechner, E.A. Kronberg, J. Blecki, L. Kozak, V. Budaev, S. Klimov, A. Skalsky, L. Lezhen, On the origin of turbulent cascades in the dynamic pressure and plasma flux from the discrete nonlinear ones: the role of outer magnetospheric resonances and their possible input into the trans-boundary transport, abstract, COSPAR 2014, ID 13699, D3.3
37. L. Kozak, S. Savin, A. T. Y. Lui, A. Prokhorenkov, Analysis Of Transfer Processes Through Plasma Boundaries Of The Magnetosphere , abstract, COSPAR 2014, D3.5
38. L. Kozak, A. T. Y. Lui, S. Savin, G. Igor, Properties Of Magnetic Field Fluctuations In Boundary Regions Of The Earth's Magnetosphere, abstract, COSPAR 2014, D3.3
39. E. Kronberg, S. Savin, P. Daly, E. Amata, Oxygen Ion Escape From The Magnetosphere, abstract, COSPAR 2014, D3.5

40. С.П. Савин, В.П. Будаев, Л.М. Зеленый, Э. Амата, Л.В. Козак, Л.А. Лежен, Перенос на внешнемагнитосферных границах: переход дискретных 3х- волновых каскадов в турбулентные на резонансах во внешней магнитосфере, тезисы, Девятая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, 2014
41. Savin S., Budaev V., Zelenyi L., Safrankova J., Nemecek Z., Wang C., Kronberg E.A., Marcucci F., Consolini G., Blecki J., Kozak L. Experimental study of the turbulent cascades' development in outer magnetosphere: from solar wind waves/ discontinuities towards the nonlinear structures driving the intermittent turbulence, программа Международной конференция "Трансформация Волн, Когерентные Структуры И Турбулентность" (MSS-14), 24-27 ноября 2014, ИКИ РАН
42. Будаев В.П., Зеленый Л.М., Савин С.П. Обобщенная масштабная инвариантность турбулентности в погранслоях лабораторной и космической плазмы, программа Международной конференция "Трансформация Волн, Когерентные Структуры И Турбулентность" (MSS-14), 24-27 ноября 2014, ИКИ РАН