

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИКИ РАН)

УДК 523.9 533.9.01

Номер государственной регистрации 0120.0 602992

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Института космических исследований  
Российской академии наук  
академик РАН



Л.М. Зелёный

2016 г.

« »

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Проведение фундаментальных исследований в области физики космической плазмы,  
солнечно-земных связей и физики магнитосферы.

Тема ПЛАЗМА

0028-2014-0002

Научный руководитель  
чл.-корр РАН

А.А. Петрукович  
« » 2016 г.

Москва

2016

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы  
зав. отд., чл.-корр. РАН



А.А. Петрукович

Ответственные  
исполнители разделов  
темы:

директор, академик



Зелёный Л.М.

зав. отд., чл.-корр. РАН



Петрукович А.А.

г.н.с., д.ф.-м.н.



Бисноватый-Коган Г.С.

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Измоденов В.В.

## РЕФЕРАТ

Отчет 106 стр., 46 рис., 510 источников.

ТЕОРИЯ ПЛАЗМЫ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА, МАГНИТОСФЕРА, ИОНОСФЕРА, КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ, СОЛНЦЕ, СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР, СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ, ЭНЕРГИЧНЫЕ ИОНЫ, МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ, ТОКОВЫЙ СЛОЙ, МЕЖЗВЕЗДНАЯ СРЕДА, ГЕЛИОПАУЗА, ГЕЛИОСФЕРНЫЙ УДАРНЫЙ СЛОЙ; РАССЕЯННОЕ СОЛНЕЧНОЕ ЛАЙМАН-АЛЬФА ИЗЛУЧЕНИЕ; ОБЛАСТИ НШ; ТУМАННОСТИ, СВЕРХНОВЫЕ, ГРАВИТАЦИОННОЕ ЛИНЗИРОВАНИЕ, РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ, МГД

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Раздел 1 Теория плазмы. ....	7
2 Раздел 2 Экспериментальные исследования .....	28
3 Раздел 3 Космическая погода .....	50
4 Раздел 4 Исследования гелиосферы	57
5 Раздел 5 Исследования звёзд	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	68

## ВВЕДЕНИЕ

Институт космических исследований Российской академии наук проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с государственным заданием ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ по следующим научным направлениям.

- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы (номер направления в Программе 16, 71)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля (номер направления в Программе 79,80)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики (номер направления в Программе 21)
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики (номер направления в Программе 16)

Эти направления НИР и ОКР соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013 - 2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 03 декабря 2012 г., № 2237-р

п/п	Направление фундаментальных исследований	Номер направления в «Программе»
1	Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач	16
2	Современные проблемы физики плазмы, включая физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы её применения в технологических процессах	14
3	Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли. Космохимия планет и других тел Солнечной системы. Возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.	71
4	Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.	80

5	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества	79
6	Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем.	21

Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей проводятся по теме 0028-2014-0002 ПЛАЗМА

Тема 0028-2014-0002 ПЛАЗМА является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2016 г. по теме ПЛАЗМА. Проведение фундаментальных исследований в области физики космической плазмы, солнечно-земных связей и физики магнитосферы.

**Тема ПЛАЗМА. Проведение фундаментальных исследований в области физики космической плазмы, солнечно-земных связей и физики магнитосферы.**  
Гос. регистрация № 0120.0 602992

Научный руководитель чл. корр. РАН Петрукович А.А.

## **1. ТЕОРИЯ ПЛАЗМЫ**

Руководитель академик РАН Л.М. Зелёный

### **1.1. Исследование роли анизотропии электронной температуры на структуру токового слоя в хвосте земной магнитосферы**

Данные спутниковых наблюдений показывают, что электронная популяция в хвосте земной магнитосферы часто обладает анизотропным распределением с доминированием температуры вдоль силовых линий магнитного поля. Данная электронная популяция участвует в генерации сильного тока, созданного дрейфами кривизны электронов поперёк силовых линий магнитного поля. Мы исследовали свойства токовых слоёв с такой анизотропной электронной популяцией. Показано, что разделение движения ионов и электронов приводит к формированию сильного электростатического поля, которое в присутствии анизотропии электронов обладает продольной компонентой. Мы предложили модель токового слоя, учитывающую эффект дрейфы кривизны электронов и продольное электрическое поле. Двухмерная модель слоя описывает распределение токов и полей в хвостовой области магнитосферы. Сопоставление модели с данными спутниковых наблюдений показало хорошие результаты.

### **1.2. Исследование нелинейного ускорения электронов в радиационных поясах Земли за счёт взаимодействия с интенсивными кинетическими альвеновскими волнами**

Изучен процесс захвата и ускорения электронов интенсивными кинетическими альвеновскими волнами, генерируемыми за счёт инжекций горячих частиц из плазменного слоя во внутреннюю магнитосферу. Оценены энергии, набираемые захваченными в волну частицами, и теряемые рассеиваемыми на волне частицами. Сопоставление данных вариаций энергии частиц позволило получить оценку на максимальную магнитную широту, до которой распространяются альвеновские волны, сгенерированные на экваторе. Показано, что захват и ускорение частиц за счёт потери энергии рассеиваемыми частицами, приводит к генерации дополнительных 15% потока на энергиях 1-10 кэВ при энергиях захвата порядка 10-100 эВ.

### **1.3. Исследование особенностей двухмерной структуры осциллирующих токовых слоёв в хвосте магнитосферы Земли**

Используя статистику наблюдений токового слоя спутниковой миссии Кластер в 2005-2009 годах, удалось восстановить двухмерную структуру токового слоя, подверженного флаппинг осцилляциям. Показано, что данные осцилляции распространяются по азимуту и приводят к вещественному уменьшению градиента магнитного поля вдоль хвоста магнитосферы. Деформация полкосты токового слоя за счёт осцилляций приводит к генерации сильных продольных токов. Показано, что данные токи переносятся электронной компонентой плазмы. Проведено сопоставление результатов наблюдения спутников и предсказаний современных моделей осцилляций токовых слоёв.

#### **1.4. Кинетические модели магнитных жгутов в магнитосфере Земли**

Магнитные жгуты представляют собой универсальные структуры, формирующиеся при пересоединении магнитных силовых линий в токовых слоях. Магнитные жгуты с характерными масштабами порядка ионной инерционной длины наблюдаются на магнитопаузе и в магнитосферном хвосте Земли. Магнитные жгуты имеют, как правило, бессиловую конфигурацию, хотя также наблюдаются магнитные жгуты с бифурцированным профилем аксиального магнитного поля. В настоящей работе разработаны кинетические модели бессиловых и бифурцированных токовых слоев и получены соответствующие функции распределения ионов и электронов. Разработанные бессиловые модели описывают равномерно скрученные жгуты (жгуты Голда-Хойла). Показано, что бифурцированные магнитные жгуты формируются за счет наличия двух токонесящих популяций электронов с различными температурами. Разработанные модели могут быть применены для описания структуры и динамики магнитных жгутов, наблюдаемых в магнитосфере Земли и других планет. В частности, разработанные модели согласуются с наблюдениями бессиловых магнитных жгутов на Земной магнитопаузе на аппарате Magnetospheric Multiscale Mission.

#### **1.5. Исследование влияния широкополосных квазиэлектростатических свистовых волны большой амплитуды, наблюдавшихся в приэкваториальной области на $L \sim 3 - 4$ , на рассеяние протонов в конус потерь и их высыпание в ионосферу**

Изучено взаимодействие энергичных протонов радиационных поясов Земли с квазиэлектростатическими свистовыми волнами большой амплитуды, наблюдавшимися на спутнике STEREO-B (Cattell et al., 2008). Вдали от экватора, где гирочастота и поперечная скорость протонов возрастают, становится возможным нелинейное взаимодействие энергичных протонов с указанными волнами. Показано, что неоднородность плазмы может разрушать циклотронный резонанс между волной и протоном уже на временах, порядка циклотронного периода частицы. В этом случае динамика частиц в фазовом пространстве имеет диффузионный характер, однако коэффициенты диффузии определяются не резонансными гармониками волнового поля, как в классической квазилинейной теории, а его усредненной амплитудой. Для реальных параметров волн и магнитосферной плазмы существенной оказывается питч-угловая диффузия протонов в конус потерь, приводящая к их высыпанию из магнитосферы.

#### **1.6. Модель механизма генерации свистовых волн с частотой меньше частоты нижнего гибридного резонанса (НГР), позволяющая понять спектральные характеристики и область наблюдения экваториального шума**

Экваториальный шум в диапазоне частот ниже частоты НГР, структура которого определяется высокими протонными циклотронными гармониками, наблюдался, например, на спутниках Cluster. Развита количественная модель этого волнового явления, которая предполагает (как и было предложено очень давно, но не было подтверждено расчетами), что наблюдаемый спектр возбуждается в результате развития конусной неустойчивости энергичных протонов в экваториальной области магнитосферы. Инкремент волн, формирующих это излучение, меняется вдоль лучевой траектории, как по величине, так и по знаку, что делает интегральный коэффициент усиления волн, а не их инкремент (декремент) основной характеристикой процесса генерации. (Все предыдущие модели этого явления основывались лишь на анализе инкремента волн). Развита модель дает результаты, качественно согласующиеся с наблюдениями.

### 1.7. Эффекты взаимодействия гелиосферного токового слоя с солнечными космическими лучами

Работа посвящена исследованию эффектов, возникающих в результате взаимодействия солнечных космических лучей (СКЛ) с гелиосферным токовым слоем (ГТС) в солнечном ветре (СВ). Развита кинетическая самосогласованная модель ГТС, в которой могут присутствовать ионы с квазиadiaбатической динамикой. ГТС рассматривается как равновесная вложенная токовая структура, где вклад в ток вносят два основных сорта плазмы с разными температурами (низкоэнергичная фоновая плазма СВ и более высокоэнергичная компонента СКЛ). В целях проверки результатов проведено сравнение с численной моделью ГТС в присутствии частиц СКЛ, основанной на решении уравнений движения частиц (метод трассирования) в заданной модели магнитного поля. Показано, что ГТС представляет собой сравнительно тонкую многомасштабную токовую конфигурацию, вложенную в более широкий плазменный слой. На рис.1.7.1 показаны вклады каждой из плазменных компонент в плотность тока поперек токового слоя.

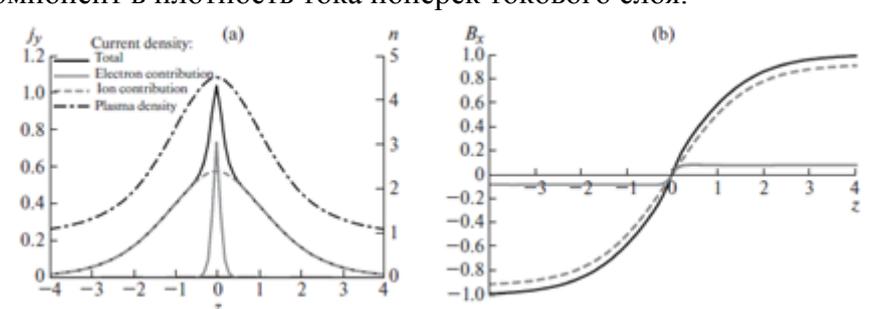


Рисунок 1.7.1.

Присутствие высокоэнергичных частиц СКЛ в ГТС может приводить к изменению его структуры, к формированию вложенности и многомасштабности. Рассмотрены параметрические семейства решений, в которых токовое равновесие в ГТС обеспечивается при разных температурах СКЛ и разных концентрациях высокоэнергичной плазмы (рис. 1.7.2).

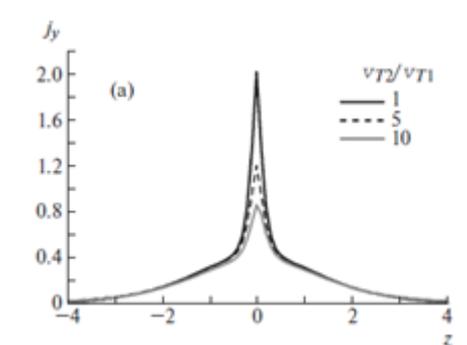


Рисунок 1.7.2.

Найдены концентрации СКЛ, при которых может наблюдаться заметное (для спутниковых исследований) утолщение ГТС. Возможность приложения моделирования к объяснению экспериментальных наблюдений обсуждается.

### 1.8. Моделирование взаимодействия гелиосферного токового слоя с энергичными частицами солнечного ветра

Работа посвящена моделированию взаимодействия солнечных космических лучей (СКЛ) с гелиосферным токовым слоем (ГТС) в солнечном ветре (СВ). В предложенной кинетической самосогласованной модели ГТС динамика ионов считается квазиadiaбатической, а ГТС рассматривается как равновесная вложенная токовая структура с низкоэнергичной фоновой

плазмой СВ и высокоэнергичной плазмой СКЛ. В численном эксперименте показано, что ГТС является многомасштабной тонкой токовой структурой, вложенной в более широкий плазменный слой. При этом, в ГТС, как правило, присутствует сдвиговая (вдоль тока) компонента магнитного поля. Наличие высокоэнергичных частиц СКЛ в ГТС изменяет его структуру. Рассмотрены решения для разных температур СКЛ и концентраций высокоэнергичной плазмы при которых может наблюдаться заметное в спутниковых исследованиях утолщение ГТС.

### 1.9. Исследование квазиadiaбатической динамики заряженных частиц в сильных токовых слоях в солнечном ветре

Работа посвящена исследованию квазиadiaбатической динамики заряженных частиц в сильных токовых слоях (СТС) в солнечном ветре, в том числе в гелиосферном токовом слое (ГТС). Разработана самосогласованная гибридная модель СТС, в которой динамика ионов описывается с помощью квазиadiaбатического подхода. В то же время электроны предполагаются замагниченными и могут быть описаны в приближении ведущего центра. Модель демонстрирует, что профиль СТС определяется относительным вкладом двух токов: (1) тока, поддерживаемого размагниченными протонами на разомкнутых квазиadiaбатических орбитах, а также (2) электронного дрейфового тока. Самый простой СТС представляет собой многомасштабную структуру, которая состоит из тонкого токового слоя, вложенного внутрь гораздо более толстого плазменного слоя. Этот результат находится в хорошем согласии с наблюдениями СТС на расстоянии  $\sim 1$  а.е. Показано, что структура различных СТС (в том числе и ГТС) состоит из узкого слоя (толщиной  $\sim 10^4$  км), окруженных более широким слоем толщиной порядка  $10^5$  км на 1 а.е. Продемонстрировано, что многомасштабная структура является неотъемлемой характеристикой СТС в солнечном ветре.

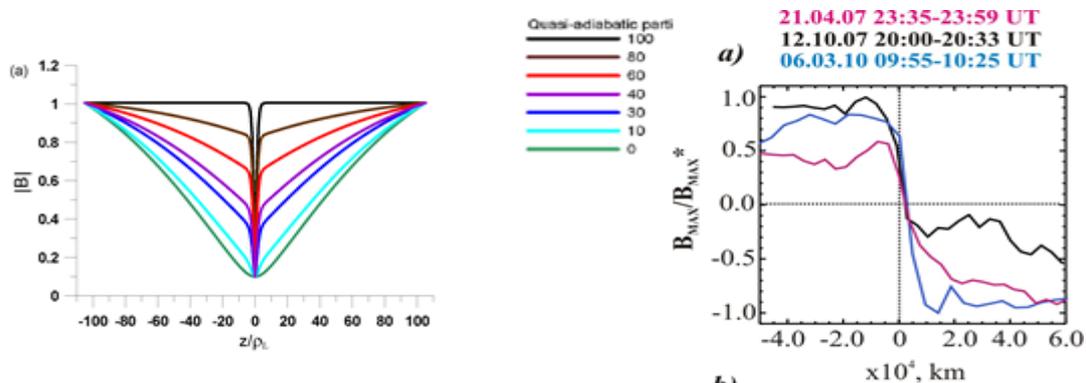


Рисунок 1.9.1.

Профили модуля магнитного поля в зависимости от концентрации квазиadiaбатических частиц в плазме (а) и пример пересечения СТС в солнечном ветре (б).

Сопоставление с данными наблюдений дает качественное согласование и свидетельствует о применимости предложенной модели для описания СТС в солнечном ветре.

### 1.10. Модель бесстолкновительного токового слоя во внешнем однородном гравитационном поле

Развита самосогласованная кинетическая одномерная модель токового слоя в бесстолкновительной плазме для случая, когда токовый слой находится под действием внешнего однородного гравитационного поля. Амбиполярное электрическое поле Паннекука-Росселанда возникает в системе в результате дрейфового движения ионов и электронов. Это приводит к разделению зарядов, отвечающему за соответствующие изменения структуры токового слоя. Наличие гравитации приводит к образованию

асимметричных распределений магнитного поля (рис.1.10.1а), плотности плазмы и тока (рис.1.10.1б).

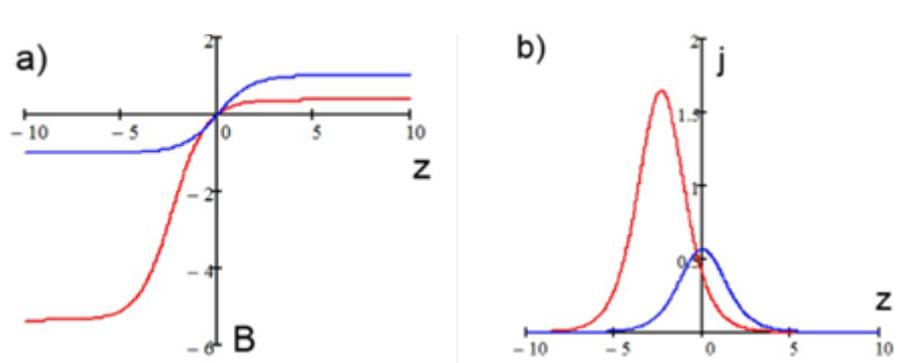


Рисунок 1.10.1 а,б

Оценки показывают, что разрывы токового слоя, связанные с влиянием силы гравитации могут происходить в магнитосфере Меркурия, и, наиболее вероятно, в плазменном торе Ио вблизи Юпитера. Модель может быть применена к описанию магнитосфер экзопланет.

### 1.11. Обзор по теме «Тонкие токовые слои: от работ Гинзбурга - Сыроватского до наших дней»

В обзоре рассматривается история развития теории тонких токовых слоев в бесстолкновительной космической плазме от первых идей В.Л. Гинзбурга и С.И. Сыроватского до наших дней. Изложены основные достижения квазиadiaбатической теории, позволившей исследовать внутреннюю тонкую структуру тонких токовых слоев и провести сопоставление с экспериментальными наблюдениями. Это сравнение показало эффективность квазиadiaбатического подхода по сравнению с классическим МГД приближением. Благодаря развитию квазиadiaбатической теории в последние два десятка лет предсказаны и подтверждены исследованиями *in situ* новые характеристики тонких токовых структур: многомасштабность, метастабильность и вложенность; исследована роль отдельных популяций частиц в формировании тонкой структуры токовых слоев. Показана роль неadiaбатических эффектов в процессах ускорения пучков плазмы - бимлетов при взаимодействии с токовыми слоями. Найдены механизмы формирования асимметрии при наличии шировой компоненты магнитного поля. Изучены процессы самоорганизации токового слоя, приводящие к образованию самосогласованной с токами шировой компоненты магнитного поля, не зависящей от межпланетного магнитного поля. Продемонстрировано, что развитие теории тонких токовых структур сегодня продолжается и является логическим продолжением идей С.И. Сыроватского и В.Л. Гинзбурга в области исследования космических лучей и пересоединяющихся токовых слоев в короне Солнца.

### 1.12. Особенности формирования тонкого токового слоя в хвосте земной магнитосферы

Рассмотрен процесс самосогласованного формирования тонкого токового слоя, толщиной порядка ионного ларморовского радиуса, когда нормальная компонента магнитного поля уменьшается со временем. Подобное поведение характерно для токового слоя хвоста магнитосферы Земли во время геомагнитных суббурь. Показано, что в рамках численной модели токового слоя, основанной на методе крупных частиц, возникновение самосогласованной компоненты электрического поля в окрестности токового слоя может приводить к его значительному утоньшению и, в конечном счете, к формированию многомасштабной конфигурации, в центре которой находится тонкий токовый слой (ТТС),

поддерживаемый пролетными частицами. Рис.1.12.1а демонстрирует профили тангенциального магнитного поля в процессе утоньшения токового слоя.

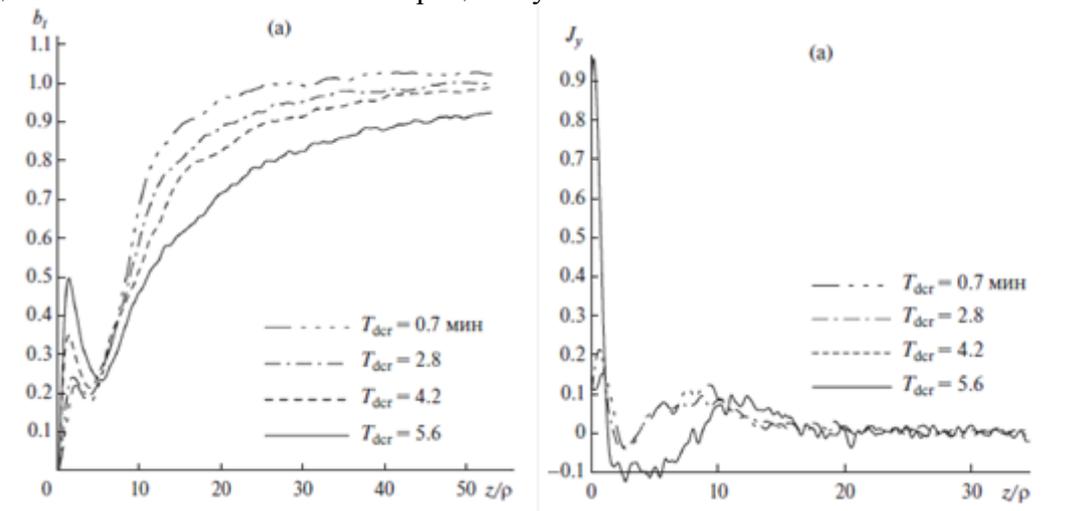


Рисунок 1.12.1

Структура полученного равновесия определяется начальными параметрами модели и динамикой частиц в процессе сжатия слоя. Дрейф частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях при определенных условиях приводит к захвату их значительной части вблизи нейтрального слоя и, таким образом, к формированию более широкой конфигурации с вложенным внутри тонким токовым слоем. Характерные траектории пролетной и захваченной частиц плазмы приведены на рис.1.12.2а,б. Популяция захваченных частиц создает диамагнитные отрицательные токи, которые на профилях плотности тока проявляются в виде «отрицательных крыльев» на периферии слоя. В соответствии с этим, в перпендикулярном к слою направлении появляется немонотонная зависимость магнитного поля от координаты. Предложены механизмы эволюции токового слоя в хвосте магнитосферы Земли и формирования его многомасштабности.

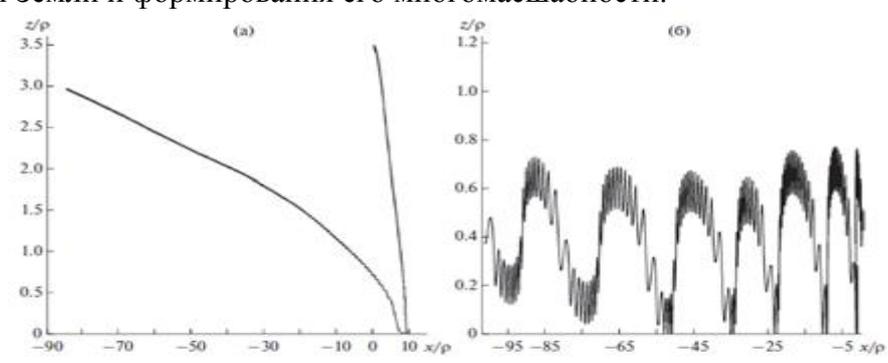


Рисунок 1.12.2

### 1.13. Исследование ответа квазиadiaбатических частиц на короткоживущие изменения конфигурации силовых линий магнитосферного хвоста

Хотя частицы пересекают область резкого изменения поля, имеющую характерный масштаб много меньше ларморовских радиусов, такие квазиadiaбатические (спейсеровские) частицы испытывают пренебрежимо малые изменения магнитных моментов. Исследована устойчивость орбит квазиadiaбатических частиц по отношению к воздействию электрического поля большой амплитуды, индуцированного реконфигурацией магнитных силовых линии. Рис. 1.13.1 демонстрирует изменения энергии и магнитного момента

протонов, запущенных в область диполизации магнитного поля под действием электрического поля реконфигурации  $E_y$ .

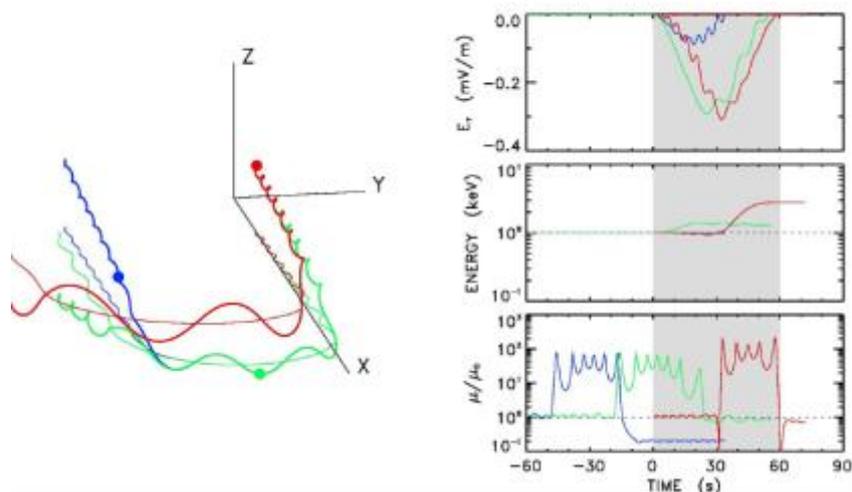


Рисунок 1.13.1.

Хотя быстро меняющееся электрическое поле может привести к существенному неадиабатическому нагреву, квазиадиабатичность может сохраняться, по крайней мере, частично, для частиц с начальными скоростями больше максимальной скорости  $E \times B$  дрейфа. Из-за изменения во времени магнитного поля, невозможно использовать параметр адиабатичности  $k$  для характеристики динамики частиц. На рис. 1.13.2 изображено отношение магнитных моментов частиц к их начальным значениям для двух разных моментов времени, в зависимости от величины начального параметра  $\kappa$ . Вертикальные прерывистые линии обозначают величины  $\kappa$  в момент достижения частицами максимальной дрейфовой скорости.

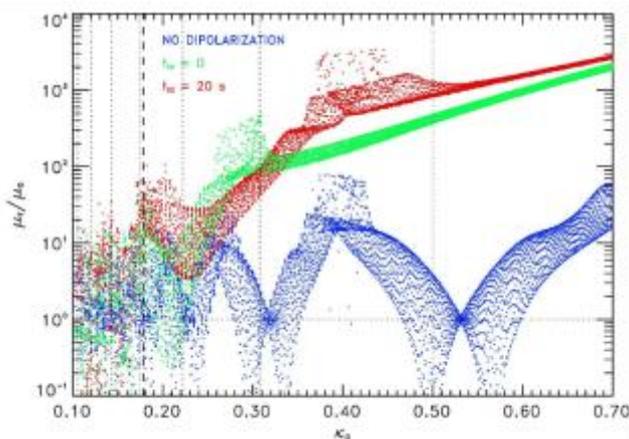


Рисунок 1.13.2.

Показано, что частицы, которые пересекают область изменения поля на раннем этапе реконфигурации, могут испытывать заметную энергизацию (несколько кэВ) и усиливающиеся осцилляции в перпендикулярном к экваториальной плоскости направлении. С другой стороны, частицы, взаимодействующие с магнитным полем в поздней стадии реконфигурации показали более слабую энергизацию и более медленные колебания относительно нейтральной плоскости. Показано, что в результате воздействия индуктивного электрического поля квазиадиабатические частицы, происходящие из областей сильного магнитного поля, могут приходить на малые широты, где их дисперсия по энергии и времени становится характерной для пограничного плазменного слоя.

### 1.14. Численное моделирование ионно-звуковой турбулентности в модели Кадомцева

Исследованы свойства двух сравнительно давно предложенных Б. Б. Кадомцевым уравнений для нелинейной теории ионно-звуковой турбулентности плазмы и некоторых результатов их решений. В 1964 году Б. Б. Кадомцев опубликовал свое первое из двух уравнений для описания нестационарного поведения ионно-звуковой турбулентности (ИЗТ). Это уравнение было получено его автором для того случая, когда эволюция ИЗТ в токовой плазме, состоящей из электронов и одного сорта ионов, определяется благодаря ионно-звуковой неустойчивости, порождаемой электронами тока, движимыми электрическим полем с электрической напряженностью, которые по предположению автора возбуждают турбулентные пульсации. Динамика эволюции ИЗТ по Кадомцеву состоит в генерации ионно-звуковых волн согласно механизму черенковского излучения и в стабилизации роста нарастающих при этом пульсаций благодаря индуцированному рассеянию ионно- звуковых волн на ионах. Этот результат Б. Б. Кадомцева и В. И. Петвиашвили породил квазистационарную теорию ИЗТ. Такой спектр ионно-звуковой турбулентности несколько раньше был опубликован В. И. Петвиашвили и получил название спектра Кадомцева–Петвиашвили. Авторами предложено “универсальное” уравнение, к которому сводятся как первое, так и второе уравнение Б. Б. Кадомцева. График стационарного решения этого уравнения приведен в правом верхнем углу на рис. 1.14.1.

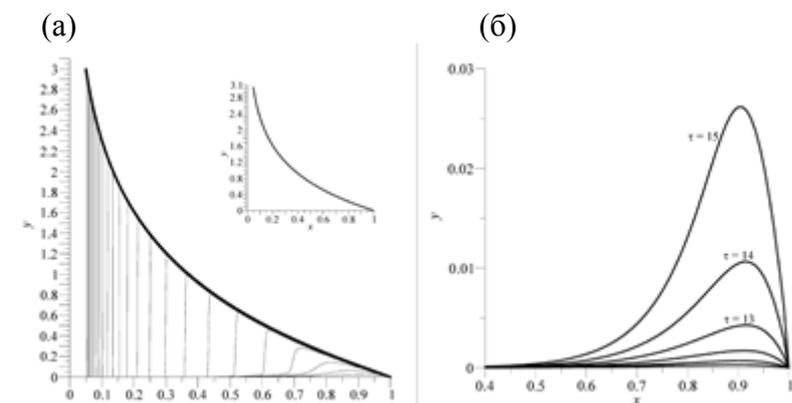


Рисунок 1.14.1.

Кривая этого рисунка является предельной границей области фазового пространства, заполняющейся волной турбулентных пульсаций. На рис.1.14.1(а) также показаны “мгновенные снимки” численного решения в равноотстоящие промежутки времени. В эволюции волны представлены как участок ее укрупнения, так и сравнительно долгий участок движения с квазискачком. Однако на рис. 1.14.1(а) плохо различима эволюция волны в начале ее втекания. Устранению этого недостатка посвящен рис. 1.14.1(б), на котором виден реализующийся на ранних временах втекания режим растекания, а чуть позже режим устремления к верхней границе. Рассмотрены нестационарные режимы, допустимые нелинейным уравнением Б. Б. Кадомцева: 1) Режим устремления к верхней границе, 2) Режим растекания турбулентных пульсаций, 3) Режим укрупнения переднего фронта растекания, 4) Режим установления квазискачка фронта заполнения допустимого уравнением Кадомцева фазового пространства, 5) Режим торможения скачка и установления предсказанного ранее предшественниками стационарного состояния.

### 1.15. Исследование генерации аврорального километрового излучения (АКР) при распространении потока слаборелятивистских электронов в узких трехмерных кавернах плотности

В многочисленных работах, посвященных исследованию АКР, продольная скорость электронов не принималась во внимание, так как источником свободной энергии для генерации волн АКР, вследствие развития электронной циклотронной мазерной неустойчивости, является поперечная энергия электронов. Однако, как показали наши расчеты, учет продольной скорости при распространении потока электронов в неоднородном магнитном поле приводит к ряду новых эффектов, из которых наиболее важным является возможность увеличения длительности пребывания волн АКР внутри области их генерации и, как следствие, возрастание мощности АКР. В приближении дипольного магнитного поля проведено исследование зависимости коэффициентов усиления волн от продольных скоростей слабoreлятивистских электронов для набора волновых пакетов, стартующих из центра каверны (полярный угол 20 градусов) на высоте порядка одного радиуса Земли. Результаты численных расчетов определили область значений азимутальных и радиальных компонент волновых векторов на старте, при которых коэффициенты усиления волн на выходе из источника достигают наибольших значений.

#### **1.16. Трёхмерная численная модель распространения и усиления аврорального километрового излучения**

Создан трёхмерный вычислительный код по расчёту траекторий распространения и коэффициентов усиления аврорального километрового излучения в рамках дипольного приближения магнитного поля Земли для случая, когда генерация излучения происходит в каверне плотности, ограниченной двумя произвольными L-оболочками, при распространении в ней пучка слабoreлятивистских электронов. Созданный код учитывает изменение продольной и поперечной скорости электронов, вследствие увеличения напряжённости магнитного поля при их распространении к Земле. Подготовлен программный инструмент для автоматизации статистического анализа и графического представления результатов вычислений. Проведены тестовые испытания кода и получены первые результаты.

#### **1.17. Моделирование возмущения бесстолкновительной плазмы поглощающим сферическим телом**

Для решения задачи о возмущении плазмы сферическим поглощающим заряд телом необходимо рассмотрение динамики захваченных полей тела частиц. В отличие от пролетных и поглощаемых частиц, функцию распределения захваченных частиц нельзя найти в рамках стационарной постановки задачи. Это препятствие можно преодолеть путем решения задачи с начальными условиями. Однако, аналитическое решение сильно нелинейной задачи с начальными условиями практически невозможно, поэтому проведено численное моделирование методом “частиц-в-ячейке”. Алгоритм расчетов учитывает сферическую симметрию задачи и использует уравнения движения в каноническом виде. Для оценки влияния захваченных частиц (ионов) на экранирование заряженной сферы использовалось отношение заряда сгустка захваченных частиц к ее заряду (относительный заряд). Получены пространственно-временные характеристики электрического поля и функции распределения заряженных частиц возмущенной плазмы. По сравнению с предыдущими публикациями по данной тематике была проведена объемная работа по систематическому исследованию динамики плазмы в широком диапазоне параметров физической системы на основе более чем двухсот отдельных сеансов моделирования. С ростом длины дебаевского экранирования и уменьшением отношения энергий ионов и электронов заряд сгустка захваченных частиц увеличивается и становится соизмеримым с зарядом поглощающей сферы. Относительный заряд достигает максимального значения, когда ионный радиус Дебая пропорционален среднему геометрическому от радиуса сферы и электронного дебаевского радиуса.

### 1.18. Численное моделирование резонансного взаимодействия надтепловых ионов с ионно-циклотронными волнами, возбуждаемыми в ионосфере молниевыми разрядами

Было проведено численное моделирование методом частиц резонансного взаимодействия надтепловых ионов с особыми волновыми пакетами ионно-циклотронных волн вблизи локальной ионной гирочастоты, генерируемыми в ионосфере излучением молниевых разрядов. Данные волновые пакеты характеризуются волновым вектором и частотой, изменяющимися во времени и пространстве. Ранее сделанные теоретические оценки указывали на недиффузионный характер ускорения ионов при резонансном взаимодействии с такими ионами. Численное моделирование подтверждает эти оценки для различных амплитуд волн, в том числе и для реалистичных волн, наблюдавшихся на DEMETER, и для различных энергий. На Рис. 1.18.1 показано среднее по начальным фазам частиц изменение энергии частиц в зависимости от амплитуды волны при одинаковой начальной энергии частиц. Видно, что изменение энергии всегда положительно.

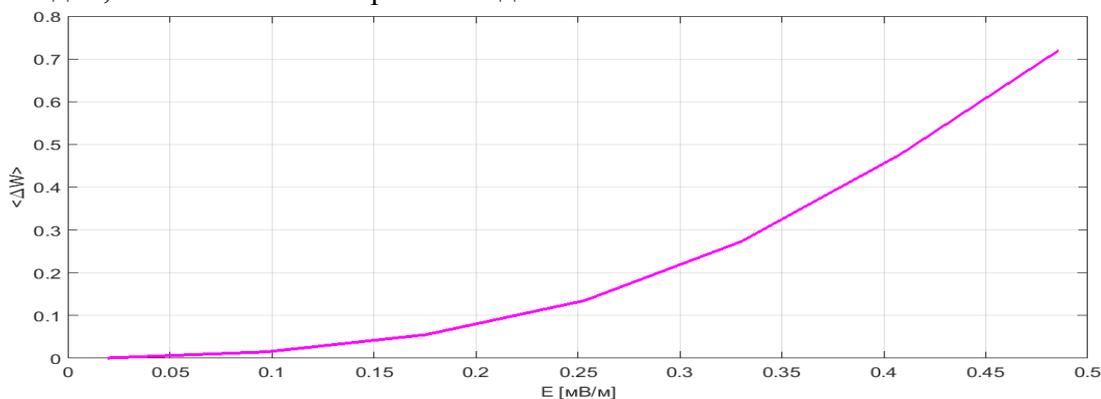


Рисунок 1.18.1.

На Рис. 1.18.2 показано среднее изменение энергии частиц в зависимости от начальной параллельной энергии. Оно также всегда положительно, что подтверждает недиффузионный характер ускорения. (Разные цвета соответствуют разным амплитудам волн.)

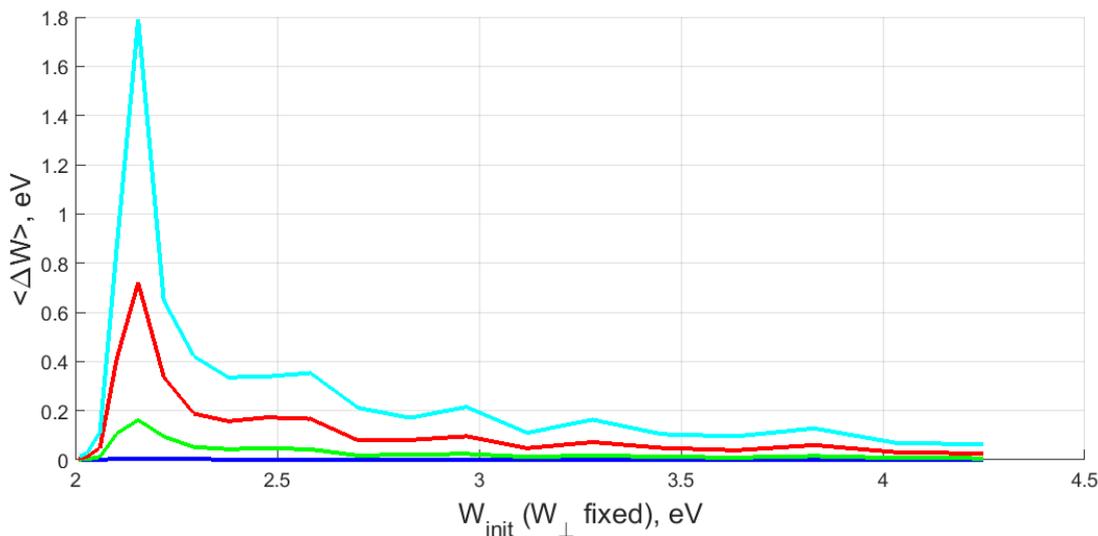


Рисунок 1.18.2

### **1.19. Обоснование и оценка условий применимости линейных и многомерных нелинейных методов поиска взаимосвязей в гелиобиофизике**

Проведен анализ современного состояния статистического аппарата поиска многомерных связей между гелиогеофизическими параметрами и физиологическими показателями человека. До настоящего времени такой анализ не проводился, и методы применялись без учета ограничений на гладкость искомой зависимости и соотношения между размером базы данных и количеством факторов влияния. Впервые доказывается гарантированная применимость линейного подхода при наличии достаточной гладкости искомой зависимости. Показано так же, что при достаточно общих предположениях минимально допустимый размер базы данных при нелинейном многомерном анализе растет быстрее, чем экспонента от размерности входного пространства. Было обнаружено, что приведенные во многих гелиобиологических работах базы данных содержат в себе потенциал многомерного исследования, не использовавшийся в этих работах.

### **1.20. Модель смешанной диффузно-конвективной релаксации широкого пучка энергичных частиц в холодной плазме**

Была рассмотрена гипотеза, что пучки с большой амплитудой релаксируют не только через диффузию, но что также имеется промежуточный масштаб времён, где происходит конвективная релаксация (баллистическая). Эта гипотеза была проверена в рамках самосогласованной нелинейной динамической модели, которая обобщает классические уравнения квазилинейной теории на случай широких пучков с внутренней структурой. Было проведено численное моделирование релаксации широкого пучка в холодной плазме. Численные расчёты показывают, что имеется смешанная диффузно-конвективная релаксация пучка, а также существенную зависимость этого процесса от структур в фазовом пространстве. Продемонстрировано, что аккуратный учёт устойчивых мод линейного спектра необходим для самосогласованного описания эволюции функции распределения.

### **1.21. Исследование ускорения электронов ленгмюровскими волнами при развитии распадной неустойчивости**

Значительная часть наблюдений Ленгмюровских волн на спутнике STEREO во время солнечных радио всплесков III типа, скорее всего, указывает на развитие электростатической распадной неустойчивости, возникающей при резонансном взаимодействии двух Ленгмюровских волн и ионно-звуковой волны. Обычно такое взаимодействие волн происходит в области солнечного ветра, где присутствуют пучки электронов и развивающаяся вследствие пучковой неустойчивости Ленгмюровская турбулентность достигает уровня, достаточного для начала распадного процесса. Поскольку в плазме солнечного ветра присутствуют длинноволновые случайные флуктуации плотности и, соответственно неоднородности градиентов плотности, то при некотором уровне этих флуктуаций развитие таких резонансных неустойчивостей может быть значительно модифицировано. В частности, при некоторых условиях, возможно дополнительное развитие второго каскада распада (SDC). В работе проводится анализ этого условия этого процесса на основании результатов численного моделирования и качественных оценок. Показано, что ленгмюровские волны, появляющиеся в результате второго каскада распадной неустойчивости, позволяют доускорить частицы пучка до скоростей и кинетических энергий, превышающих, соответственно, в два раза скорость дрейфа пучка и половину начальной энергии пучка. Этот процесс может быть особенно эффективным при наличии достаточного уровня флуктуаций плотности, при котором вследствие эффектов рассеяния волн на фоне плазменных неоднородностей появляется достаточное количество электронов пучка в диапазоне скоростей, соответствующих фазовые скорости волн, генерируемых в процессе

второго каскада распадной неустойчивости. В работе показано, что условия, необходимые для такого процесса нетрудно выполнить в плазме солнечного ветра.

### **1.22. Новый метод моделирования диффузии энергичных электронов в турбулентной плазме солнечного ветра**

Предлагается метод расчета коэффициентов диффузии  $D_{vv}$  частиц в пространстве скоростей на основе статистического анализа движения большого числа пробных электронов. В случае ленгмюровская турбулентность развивается в плазме с неоднородностями колеблющихся плотности как солнечного ветра, моделирования обеспечивают коэффициенты  $D_{vv}$ , которые в основном зависят от спектров ленгмюровской волн и хорошо согласуются с аналитическими предсказаниями  $D_{\text{theor}}$  квазилинейной теории. Тем не менее, существуют некоторые заметные различия с квазилинейной теорией: в пределах фазовой скорости коротких волн, где сосредоточена основная часть энергии волн,  $D_{vv}$  заметно меньше, чем  $D_{\text{theor}}$ , что обусловлено эффектами рассеяния, отражения и фокусировки ленгмюровских волн при их взаимодействии с неоднородностями плотности плазмы. Наличие неоднородностей оказывает существенное влияние на уровень самой ленгмюровской турбулентности, что так же косвенно влияет на коэффициенты диффузии. Кроме того оказывается, что вероятность больших вариаций скорости частиц существенно превышает вероятность предполагаемую при наличии распределения Гаусса. Эти большие скачки скорости, связаны с процессами трансформации волн. Они приводят к изменению характера диффузии частиц, который более не является классическим. Отметим также, что за счет переноса энергии к волнам с больших фазовых скоростей в результате рассеяния волн, хвост  $D_{vv}$  в сторону больших скоростей оказывается гораздо более длинным и плотным, чем для однородной плазмы, что приводит к сверхускорению частиц пучка. Плазма солнечного ветра, имеющая заметные колебания плотности, представляет хорошую лабораторию для изучения процессов диффузии, которые в конечном итоге могут оказать существенное влияние на такие физические явления, как электромагнитное излучение во время солнечных радиовспышек III типа.

### **1.23. Анализ изгибных колебаний магнитных трубок в солнечной атмосфере**

Исследованы изгибные колебания тонких симметричных магнитных трубок в солнечной атмосфере. Рассмотрены две модели. В первой модели фазовая скорость изгибных колебаний монотонно растёт от основания трубки до её середины, а затем монотонно убывает до другого основания. Эта модель соответствует корональным магнитным петлям. Во второй модели фазовая скорость монотонно убывает от основания до середины, а затем монотонно растёт до следующего основания. Эта модель соответствует нитям в протуберанцах. Показано, что в первом случае отношение периода фундаментальной моды к периоду первого обертона меньше 2, а во втором больше 2.

### **1.24. Затухание продольных колебаний большой амплитуды в нитях протуберанцев вследствие аккреции**

Построена модель затухания продольных колебаний в нитях протуберанцев. Затухание происходит за счёт аккреции разреженной плазмы на колеблющуюся плотную центральную часть. Эта аккреция вызывает увеличение массы центральной части и уменьшение момента. Показано, что затухание вызываемое аккрецией весьма эффективно и хорошо объясняет наблюдаемое затухание продольных колебаний.

### **1.25. Исследование параметрических неустойчивостей в магнитогидродинамическом описании астрофизической замагниченной плазмы в приближении мелкой воды**

Для описания таких астрофизических течений плазмы как солнечный тахоклин, атмосферы нейтронных звезд, аккреция на нейтронные звезды используются уравнения магнитной гидродинамики в приближении мелкой воды. В работе получены новые магнитогидродинамические уравнения мелкой воды для течений тонкого вращающегося слоя плазмы со свободной границей в поле силы тяжести во внешнем вертикальном магнитном поле. Система уравнений записана относительно переменных высоты слоя, усредненных по высоте горизонтальных скоростей и усредненных по высоте слоя магнитных полей. Полученные уравнения являются результатом интегрирования трехмерных уравнений магнитной гидродинамики вдоль вертикальной координаты при условии гидростатического распределения давления. В случае, когда внешнее вертикальное магнитное поле отсутствует, полученная система уравнений сводится к хорошо известным магнитогидродинамическим уравнениям мелкой воды. В нашем случае уравнение для вертикальной составляющей магнитного поля может быть исключено, и для дальнейшего анализа линейных волн и слабонелинейных взаимодействий достаточно рассматривать упрощенную систему. В традиционном выводе МГД уравнений мелкой воды из полной системы трехмерных уравнений магнитной гидродинамики вертикальная составляющая магнитного поля принимается равной нулю. Отметим, что наличие вертикального магнитного поля приводит к существенным изменениям горизонтальной динамики магнитного поля в приближении мелкой воды. В присутствии внешнего вертикального магнитного поля горизонтальное магнитное поле не соленоидально. Таким образом, показано, что вертикальные изменения магнитного поля отличны от нуля, и условие бездивергентности содержит вертикальную составляющую. Поэтому, чтобы корректно удовлетворить условию бездивергентности магнитного поля, необходимо учесть уравнение для вертикального изменения магнитного поля. Таким образом, найдено, что магнитное поле является принципиально трехкомпонентным, и каждая из его компонент зависит только от горизонтальных координат. В нашем случае условие бездивергентности выполняется тождественно как следствие уравнений для магнитного поля и используется для задания корректных начальных условий, а также для анализа применимости различных численных методов для решения полученной системы. Уравнение на вертикальную составляющую магнитного поля и уравнение бездивергентности являются важными в МГД приближении мелкой воды во внешнем магнитном поле не только как технические детали, необходимые для получения правильного следствия из условия бездивергентности для приближения мелкой воды, но также они показывают существование вертикальной компоненты магнитного поля, уравнение для которой отделяется от уравнений мелкой воды. Предложенные в работе новые уравнения магнитной гидродинамики плазмы в приближении мелкой воды во внешнем вертикальном магнитном поле использованы для изучения трехволновых взаимодействий в тонком слое астрофизической плазмы со свободной границей в поле силы тяжести. Показано существование эффектов параметрического усиления и распадных неустойчивостей, найдены их инкременты.

### **1.26. Численное моделирование двумерной магнитогидродинамической турбулентности в плазме в приближении бета-плоскости**

Работа посвящена созданию численного кода для изучения двумерной магнитно-гидродинамической турбулентности в плазме в приближении бета-плоскости. Используется уравнение эволюции потенциальной завихренности и уравнение эволюции магнитного потенциала. Такая система уравнений описывает турбулентные течения солнечного тахоклина, проводящего слоя на поверхности внешнего ядра Земли и стратифицированной проводящей жидкости внутри нейтронных звезд. Для решения уравнений используется псевдоспектральный метод решения, основанный на быстром преобразовании Фурье. В

результате дискретизации по пространству уравнений магнитной гидродинамики, мы получаем систему, на единичную реализацию которой требуется большое количество операций. Поэтому важно подобрать простую в реализации и в то же время устойчивую схему по времени. Методы интегрирования по времени, как известно, делятся на явные, двухслойные (типа предиктор - корректор) и многошаговые. Последние обычно довольно устойчивы, но требуют больших затрат по времени и не так просты в реализации. Классическая явная схема показала свою неустойчивость в работе с моделью, поэтому было решено использовать одну из известных двухслойных схем. Для интегрирования по времени была использована двухшаговая явная схема Мацуно. В работе проведен анализ эффективности вычислительных методов в гидродинамике и в решении дифференциальных уравнений в целом. В первую очередь - это анализ спектрального и псевдоспектрального метода, а также оценка возникающих в них сопутствующих проблем и их решений: алиасинга, деалиасинга, сохранение интегралов движения. Авторами был создан код с использованием языка программирования C++ и архитектуры параллельных вычислений CUDA, а также проведены тестовые расчеты на квадратных сетках 256x256, 512x512 и 1024x1024 с периодическими граничными условиями. В тестовом случае отсутствия магнитного поля и силы Кориолиса показано образование когерентных структур (вихрей) и явление обратного каскада энергии в двумерной гидродинамике нейтральной жидкости. При наличии силы Кориолиса в приближении бета-плоскости показано образование зональных течений (рис. 1.26.1). Осуществлено дальнейшее развитие метода крупных вихрей для численного моделирования масштабно-инвариантных свойств магнитогидродинамической турбулентности космической плазмы. Существенной особенностью такого моделирования является зависимость результатов от выбора способа фильтрации исходных уравнений магнитной гидродинамики. Эта проблема особенно важна при моделировании процессов в космической плазме, поскольку выбор способа фильтрации метода крупных вихрей может существенно зависеть от анализа конкретной физической величины, характеризующей сжимаемую магнитогидродинамическую турбулентность. Получены новые результаты относительно выбора способа фильтрации для изучения перекрестной спиральности и остаточной энергии в инерционном интервале турбулентности. Показано, что для их достоверного моделирования необходимо выбирать пятиточечное приближение для дискретных фильтров. Проведено сравнение результатов прямого численного моделирования с моделированием методом крупных вихрей.

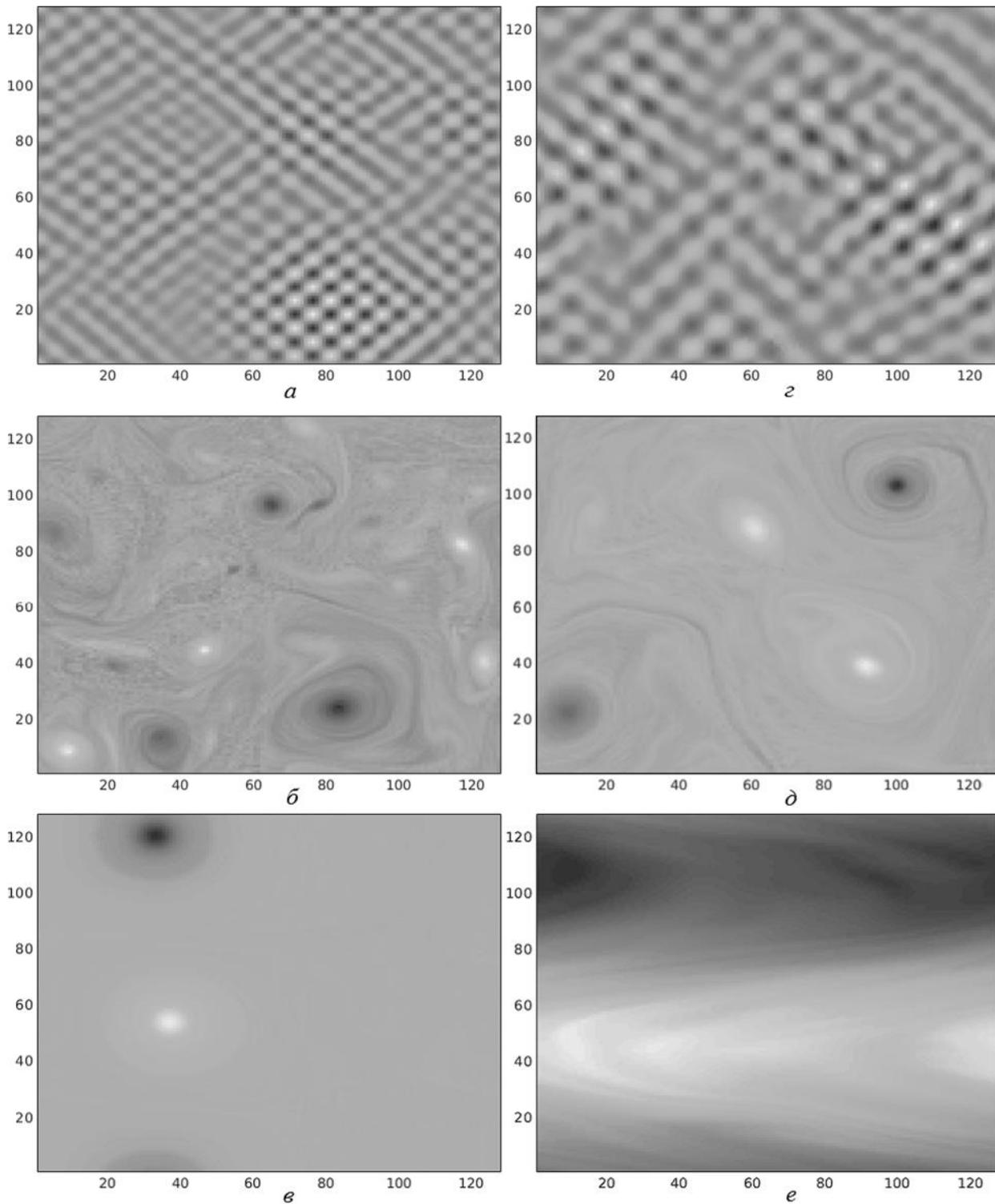


Рисунок 1.26.1.

Функция тока в начальный момент времени и завихрённость в промежуточном и стационарном состоянии для различных начальных условий. а – функция тока при без силы Кориолиса; б – завихрённость при ; в – завихрённость при ; г – функция тока при при наличии силы Кориолиса; б – завихрённость при ; в – завихрённость при ;

### 1.27. Исследование на основе точно решаемых моделей резонансного туннелирования электромагнитных волн через градиентные барьеры в космической плазме

На основе точно решаемой одномерной модели для уравнения Гельмгольца рассмотрены дополнительные варианты резонансного туннелирование поперечной электромагнитной

волны через слой плазмы большой толщины с мелкомасштабными неоднородностями, в котором возможны (с классической точки зрения) области непрозрачности (отрицательные значения квадрата показателя преломления). Рассмотрены сложные профили неоднородности плазмы, когда пространственный профиль неоднородности плазмы определяется рядом свободных параметров, определяющих, глубину модуляции эффективной диэлектрической проницаемости, характерные размеры структур плотности, их количество, толщину слоя неоднородной плазмы. Расчетами показано, что набор таких структур может быть разнообразным при реализации безотражательного прохождения через слой падающей из вакуума волны – эффект просветления волновых барьеров. Профиль неоднородности может включать и случайную компоненту. При учете кубической нелинейности также возможно точное решение одномерной задачи о нелинейном просветлении неоднородной плазмы, причем за счет нелинейности толщина областей непрозрачности (отрицательные значения квадрата показателя преломления) заметно уменьшается и такие слои могут даже отсутствовать. Задача о резонансном туннелировании электромагнитного излучения через волновые барьеры представляет интерес для целого ряда практических приложений, например, передачи сигналов через области непрозрачности, нагрева плотной плазмы электромагнитным излучением, безотражательного взаимодействия электро-магнитного излучения с объектами в плотной плазменной оболочке, корректной интерпретации источников излучения в астрофизической плазме и др.

#### **1.28. Анализ характеристик динамики развития фронтальных структур спорадических слоев ионосферы с учетом вклада спиральности как крупномасштабного ветра, так и турбулентности нейтральной компоненты**

Проведено исследование затухания турбулентности со спиральностью. Найдены различные автомодельные режимы, связанные с инвариантами типа Миллионщикова, Биркгофа, Саффмена. Обнаружены явления обратного каскада энергии в турбулентности в зависимости от свойств источника спиральности на разных масштабах. Физический механизм явления связан с корреляционной неустойчивостью. Рассмотрена задача о развитии сдвиговой неустойчивости в трехслойной среде. Показано стабилизация неустойчивости трехволновым взаимодействием, сопровождающаяся возникновением различных режимов динамики системы, включая стохастические. Универсальность неустойчивостей экмановского типа, связанной с комбинированным действием сил трения, сдвига скорости и кориолисовых факторов позволяет рассмотреть подобные явления и связанные с ними эффекты с учетом специфики среды в верхней атмосфере, в жидком ядре Земли. Обнаружены новые точные нестационарные (транзиентные) решения уравнения Чарни-Обухова, имеющие характер блокированных состояний. Развитые модели представляют интерес и для понимания динамики процессов в системе атмосфера-ионосфера. На основе каскадной модели спиральной турбулентности рассмотрены взаимодействия фронтальных структур спорадических слоев ионосферы с учетом крупномасштабной спиральности ветра и турбулентности нейтральной компоненты. Показано, что в системе возможна реализация обратного каскада энергии. В результате происходит генерация крупных структур. Для генерации крупномасштабных мод важно наличие фоновой турбулентности с крупномасштабными спиральными возмущениями и мелкомасштабными источниками энергии и спиральности. Проведены численные расчеты в рамках каскадной модели и показано, что для реализации обратного (в сторону больших масштабов) потока энергии от мелкомасштабных возмущений, необходим (создаваемый внешним воздействием) достаточный уровень спиральных шумов в крупных модах.

#### **1.29. Исследование характеристик стационарных зеркальных структур в космической плазме**

Для стационарных зеркальных структур, описываемых с помощью анизотропной МГД, исследован вариационный принцип в случае трехмерной геометрии, когда поперечное и продольное давления космической плазмы зависят от модуля магнитного поля. Продолжен анализ решений стационарных дрейфовых кинетических уравнений для электронов и ионов с учетом электростатического поля при условии, что функции распределения зависят от энергии и адиабатического инварианта. На основе численных расчетов при двумерной геометрии  $(x, y)$  задачи с учетом конечного ионного радиуса подтверждено, что стационарные структуры являются полосами с различными значениями магнитного поля (магнитное поле имеет главные компоненты  $H_x$ ,  $H_y$ ) либо эти структуры будут в форме пузырей при компоненте  $H_z$ , выше некоторого критического значения. В декабре 2016 г. В журнал Физика плазмы будет представлена статья Е.А. Kuznetsov. Steady mirror structures in a plasma with pressure anisotropy.

### **1.30. Теоретическое исследование вариаций параметров ионосферы при воздействии сейсмичности и механизмов ее возникновения.**

Наблюдения посредством метеорного радара в обс. Соданкюла ( $67^\circ 22'N$ ,  $26^\circ 38'E$ , Финляндия) показывают, что температура мезосферы, определяемая по времени распада метеорных следов, систематически недооценивается на величину порядка 20-50 К во время метеорного потока Геминид, имеющего место 13 декабря. Очень хорошее совпадение определяемого минимума температуры мезосферы с максимумом метеорного потока (определяемого по числу метеоров за день) регулярно наблюдалось именно в этот день декабря за период 2008-2014 гг. Эти наблюдения указывают на наличие большого числа сверхплотных метеорных следов по сравнению с обычными спорадическими метеорами. Именно это обстоятельство влияет на недооценку температуры мезосферы. Наблюдения, однако, указывают и на необычные свойства (например, массы, скорости, химического состава) метеороидов группы Геминид. Аналогичные свойства были обнаружены для потока Квадрантид (январь 2009-2015 гг.), которые, как и Геминиды, имеют источником астероид, а не другие метеорные ливни. Данная задача представляет интерес для генерации ионосферных возмущений. Показано, что неустойчивость турбулентных течений с экмановскими профилями скоростей вблизи границы ядро-мантия приводит к образованию горизонтально ориентированных валиковых циркуляционных структур. Рассмотрены геофизические следствия присутствия таких структур в жидком ядре: создание локальных горячих зон повышенной проводимости и влияние на инверсии геомагнитного поля. Проведенный анализ представляет интерес для изучения влияния сейсмичности на ионосферную плазму и корректной интерпретации возникающих в ней предвестников землетрясений. Рассмотрена корреляция сейсмичности, вариаций частоты вращения Земли и геомагнитных джерков. Обнаружено, что джерки предшествуют синфазным вариациям количества сильных землетрясений с  $M > 6.5$  и темпу изменения частоты вращения Земли в интервале периодов 5–8 лет. Показано, что мелкомасштабная турбулентность в жидком ядре Земли, обладающая свойством спиральности и приводящая к крупномасштабным возмущениям скорости, может воздействовать на нижнюю мантию (посредством момента силы Ампера и возбуждая крутильные колебания), что обусловит модуляцию частоты вращения Земли и сейсмичности, с последующим возникновением индикаторов и предвестников таких событий в ионосферной плазме.

### **1.31. Исследование процесса удвоения частоты электромагнитной волны в неоднородной ионосфере в слоях синхронизма гармоник**

В 2016 г. продолжились работы по резонансному взаимодействию волн в магнитоактивной плазме. В развитие исследований 2015 г., показавших условия генерации второй гармоники высокочастотных радиоволн, область существования этих резонансов расширена в сторону

низких частот, связанных с движением ионов. При этом получены следующие новые результаты:

1. Указан новый эффект нелинейной электродинамики магнитоактивной плазмы – широкополосная резонансная генерация второй гармоники в частотном интервале между нижним гибридным и ионным циклотронным резонансами в условиях фазового синхронизма волн накачки и их гармоник в области прозрачности. Отмечена физическая аналогия указанного эффекта с генерацией второй гармоники в лазерном кристалле.
2. Рассмотрена угловая анизотропия таких эффектов по отношению к магнитному полю, создающая оптимальный режим генерации в области больших углов с магнитным полем.
3. Найдены спектры волн в частотном диапазоне 0.5 – 2 КГц, допускающих генерацию второй гармоники в условиях верхней ионосферы Земли.

По этим результатам готовится публикация.

Другое направление работ, начатое в 2016 г., связано с резонансными токами смещения в диэлектрических структурах. Показано формирование резонансных магнитных диполей субволновых размеров, возбуждаемых токами смещения в непроводящей среде, определены их собственные частоты и распространение СВЧ полей в системе таких диполей. Отдельно следует отметить характерный для токов смещения эффект ”отрицательной магнитной индукции”, когда поток магнитной индукции резонансного диполя направлен противоположно индуцирующему магнитному полю.

### **1.32. Исследование процесса установления равновесия в трех-компонентной электрон-ионной плазме**

В электрон-ионной плазме, находящейся в равновесии с излучением, электроны испытывают столкновения как с ионами, так и с фотонами. И соответствующее сопротивление этой трех-компонентной плазмы обусловлено двумя частотами столкновений электронов с ионами и фотонами с разной зависимостью их от температуры  $T$ . Поэтому при заданном значении тока в плазме  $I$  поглощаемая мощность омического нагрева имеет при некоторой температуре плазмы минимум своего значения. Причем с увеличением любого из 3-х параметров системы плотности плазмы  $n$ , заряда иона  $Z$  и коэффициента «черноты» излучения  $\alpha$  значение минимума мощности нагрева растет. А поскольку такая плазма в космических условиях более вероятна, чем в лабораторных, этот минимум омического нагрева как раз в космических объектах и сможет себя проявить. Поскольку важным здесь оказывается вопрос об установлении равновесия между всеми тремя компонентами такой плазмы, следует обратиться к соответствующим интегралам столкновений. Развитый ранее флуктуационный подход их нахождения позволяет рассмотреть плазму как без электрического поля, так и в линейном по нему приближении. Вычисленная при этом проводимость плазмы (ее сопротивление) приводит в случае высокочастотного поля к электрон-ионной частоте столкновений, зависящей от частоты поля. Следовательно, при аналогичной зависимости как радиационных «констант» атомов, так и электрон-атомной, электрон-фотонной частот, можно рассчитывать на проявление их резонансных свойств.

### **1.33. Исследование разрушения адиабатических инвариантов в процессе нелинейной динамики заряженных частиц в электромагнитных полях сложной конфигурации**

Исследовалась система типа резонансного взаимодействия волна-частица в магнитном поле. В системе возможны как рассеяния на резонансе, приводящие к диффузионному изменению энергии частицы и медленному дрейфу энергии, так и захваты в резонанс, приводящие к быстрому изменению энергии на большую величину. Для функции распределения ансамбля частиц в такой системе выведено кинетическое уравнение, являющееся обобщением уравнения Фоккера-Планка при наличии захватов. Численные расчеты показывают, что полученное уравнение хорошо описывает динамику функции распределения частиц. По

результатам работы опубликована статья в журнале *Physics of Plasmas*. С помощью полученного кинетического уравнения была также исследована задача о поведении ансамбля заряженных частиц при нелинейном взаимодействии с электростатической волной, распространяющейся вдоль неоднородного магнитного поля. Статья по результатам работы подготовлена к публикации. Кроме того, исследовалась динамика заряженных частиц в токовых слоях при наличии случайных флуктуаций магнитного поля. Динамика в отсутствие таких флуктуаций описывается адиабатической теорией. Наличие флуктуаций ведет к разрушению адиабатической инвариантности. Получено диффузионное уравнение, описывающее эволюцию распределения значений адиабатического инварианта. Дана оценка скорости диффузии адиабатического инварианта.

#### **1.34. Численные исследования серфотронного ускорения частиц пакетами электромагнитных волн в космической плазме в применении к спектру космических лучей**

Традиционный механизм генерации КЛ не может объяснить особенности в спектрах КЛ и их наблюдаемую переменность. Поэтому, в качестве механизма генерации КЛ был использован серфотронный механизм ускорения заряженных частиц (СМУЗЧ), для работы которого необходимо наличие квази-продольных плазменных волн (КППВ) в областях с однородным магнитным полем. При поиске таких областей с однородным магнитным полем были использованы новейшие данные, полученные на космических аппаратах *Voyager 1-2*, *Hubble*, *IBEX*. Одна из таких областей (размером  $\sim 100$  AU) существует на периферии солнечной системы за TS, вторая ( $\sim 1$  пс) – в местном межзвездном облаке (LIC). Проведенные оценки и численные расчеты серфотронного ускорения для параметров плазмы в LIC выявили динамику ультррелятивистского серфотронного ускорения электронов, позитронов, ядер гелия и железа, а также показали, что максимальная энергия, до которой возможно ускорение посредством СМУЗЧ, пропорциональна произведению размера области на величину магнитного поля. Так на периферии гелиосферы возможно доускорение частиц солнечного ветра до энергий  $\sim 10^3$  ГэВ, а в LIC – до энергии “колена”  $\sim 10^6$  ГэВ. Таким образом наблюдаемые, переменные, величины “квазипиков” и их положение, зависят от “космической погоды”. Особенность настоящей работы в том, что использованы данные экспериментов, близких по времени проведения. Это позволяет объяснить появление излома (в окрестности  $\sim 230$  ГэВ) в спектрах ядер водорода H и гелия He, а также появление широкого “квазипика” с максимумом в области энергии  $E/Z \sim 10^5$  ГэВ. Использование СМУЗЧ в астрофизике КЛ существенно изменяет совокупность имеющихся научных представлений об механизме ускорения КЛ в Галактике.

#### **1.35. Исследование процессов самоорганизации мелкодисперсных частиц и плазмы в системе солнечный ветер-Луна, анализ и моделирование волновых процессов в пылевой плазме у Луны**

1) Показано, что удары метеороидов представляют собой важный источник микрометровых пылевых частиц в плазменно-пылевой системе над поверхностью Луны. Удары метеороидов имеют существенное значение с точки зрения описания процессов отрыва пылевых частиц от лунной поверхности. При рассмотрении процессов, значимых при отрыве пылевых частиц, следует учитывать адгезию, эффект которой ослабляется, если учитывать шероховатость поверхности. Определено количество соударений метеороидов с единицей площади лунной поверхности в единицу времени и проведена оценка предела прочности лунного реголита на растяжение за счет эффекта адгезии. Приведено описание процессов, происходящих при соударении высокоскоростного метеороида с лунной поверхностью. Найдены характерные параметры зон испарения вещества, его плавления, разрушения частиц лунного реголита, необратимых деформаций частиц, упругих деформаций вещества реголита. Показано, что

большая часть частиц, покидающих поверхность Луны вследствие ударов метеороидов, происходит из зоны упругих деформаций вещества реголита. Для различных высот над Луной проведено вычисление количества пылевых частиц, отрывающихся в единицу времени от единицы площади лунной поверхности вследствие ударов метеороидов, и определена их функция распределения по размерам. Учет микрометровых пылевых частиц, образованных вследствие ударов метеороидов, может внести определенный вклад в описание процесса рассеяния солнечного света на пылевых частицах над областью лунного терминатора для объяснения свечения над этой областью, которое наблюдалось космическими аппаратами Surveyor. В рамках будущих лунных миссий «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс» для обнаружения и идентификации микрометровых пылевых частиц, появляющихся в плазменно-пылевой системе над поверхностью Луны вследствие ударов метеороидов, могут быть использованы пьезоэлектрические ударные сенсоры. Отличительными особенностями таких частиц являются высокие скорости (порядка 10-100 м/с) и микрометровые размеры.

2) Рассмотрена пылевая плазма в области лунного терминатора. Показано, что в окрестности терминатора существует область, которая представляет собой аналог плазменного слоя. Такой слой создает потенциальный барьер в области терминатора, благодаря которому в плазме над освещенной частью Луны за счет электростатических сил удерживаются электроны. Ширина плазменной возмущенной области, связанной с терминатором, определяется ионным дебаевским радиусом. В этой области возникают значительные электрические поля (порядка нескольких сотен В/м), которые приводят к подъему положительно заряженных микронных пылевых частиц на высоты порядка нескольких десятков сантиметров. Предложенный эффект может быть использован для объяснения свечения над областью лунного терминатора, которое наблюдалось космическими аппаратами Surveyor.

3) Представлено описание волновых процессов при взаимодействии хвоста магнитосферы Земли с пылевой плазмой у поверхности Луны. Картина волновых процессов существенным образом зависит от параметров плазменно-пылевой системы. Так, например, возбуждение ионно-звуковых волн возможно в областях магнитного переходного и/или пограничного слоев магнитосферы. Возбуждение пылевых звуковых волн возможно во всей области взаимодействия хвоста магнитосферы с пылевой плазмой у Луны. В обеих ситуациях развитие неустойчивостей обусловлено относительным движением ионов магнитосферы и заряженных пылевых частиц. Оказывается, что в силу довольно длительного характера развития неустойчивостей в указанных двух ситуациях успевает установиться развитая плазменная турбулентность. Ионно-звуковая турбулентность рассматривается с позиций сильной турбулентности. Тогда как для описания пылевой звуковой турбулентности следует использовать теорию слабой турбулентности. Для случаев ионно-звуковой и пылевой звуковой турбулентности определены эффективные частоты столкновений, характеризующие аномальную потерю импульса ионов вследствие их взаимодействия с волнами, а также определены возникающие в системе электрические поля. Оказывается, что при развитии ионно-звуковой турбулентности в плазменно-пылевой системе у Луны могут возбуждаться электрические поля, несколько меньшие электрических полей у поверхности Луны, возникающих в процессе зарядки ее поверхности при взаимодействии Луны с солнечным излучением, но, тем не менее, вполне значимые для установления адекватной картины электрических полей над Луной. Полученные эффективные частоты столкновений следует учитывать при записи гидродинамических уравнений для ионов пылевой плазмы с учетом ее турбулентного нагрева. Волновые движения в области взаимодействия хвоста магнитосферы Земли с пылевой плазмой у поверхности Луны (или те или иные их проявления) могут быть зафиксированы с помощью аппаратуры, которую предполагается разместить на спускаемых аппаратах станций «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс». Так, в состав выносных датчиков на станции «Луна-Ресурс», входит зонд Ленгмюра, с помощью которого возможны локальные измерения флуктуаций концентрации и потенциала в плазме. С другой

стороны возможность возникновения волновых движений в приповерхностной лунной плазме должна быть учтена при обработке вольт-амперной характеристики зонда Ленгмюра и интерпретации данных наблюдений.

4) Проведено теоретическое исследование и численное моделирование пылевых звуковых солитонов в приповерхностном слое Луны. Определены зависимости амплитуды солитона от его скорости и высоты движения над освещенной частью лунной поверхности. Описаны свойства указанных солитонов с учетом эффектов адиабатического захвата электронов.

### **1.36. Разработка теоретических представлений, анализ физических механизмов и моделирование нелинейных волновых процессов и переноса мелкодисперсных пылевых частиц в запыленных областях атмосфер Земли и Марса**

1) Проведено комплексное исследование, характеризующее свойства и происхождение мелкомасштабных частиц над регионом Центральной Азии. Показано, что углеродсодержащий компонент в воздухе на участках наблюдений на территории высокогорного лидарного комплекса Теплоключенка Кыргызско-Российского Славянского университета в Центральном Тянь-Шане и Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке представлен, главным образом, органическим углеродом. При этом значительный вклад в его содержание вносят мобильные источники, состоящие из выбросов дизельных и бензиновых двигателей, а также горящие биомассы. Повышенная концентрация минеральной пыли на участках наблюдений возникает, когда воздушные массы, образовавшиеся в регионе Аральского моря и двух пустынь (Кызылкум и Каракумы) в Узбекистане и Туркменистане, переносят пыль из Аральского моря и двух этих пустынь. Существенный вклад может вносить также пыль из пустыни Такла-Макан в Китае. Результаты корреляционного анализа и рассмотрения элементов земной коры, местной почвы и почвы Аральского моря подтверждают значительное влияние почв Аральского моря на повышенную концентрацию металлов коры и редкоземельных элементов в мелкомасштабных минеральных частицах в образцах, полученных на обоих участках наблюдений.

2) Разработана физико-математическая модель для описания поведения пылевых частиц в пылевых вихрях (dust devils) в атмосферах Земли и Марса. На основе этой модели проведены расчеты траекторий пылевых частиц в пылевых вихрях с учетом влияния электрического поля. Показано, что влияние электрического поля оказывается существенным вблизи поверхности планеты в области захвата пылевых частиц. Вдали от указанной области электрическое поле не оказывает значительного влияния на траекторию пылевой частицы. Показано, что при расчете траектории пылевой частицы в пылевом вихре вдали от центра вихря электрическое поле, генерируемое вихрем, может быть аппроксимировано полем электрического диполя, расположенного на оси симметрии вихря, на половине его высоты. Проведенные расчеты показывают, что пылевые вихри являются важным источником пыли в атмосферах Земли и Марса.

3) Рассмотрена плазменно-пылевая система в атмосфере Марса. Характерная особенность атмосферы Марса - постоянное присутствие пыли, придающее атмосфере желтый оттенок. Транспорт пыли в атмосфере Марса осуществляется за счет таких процессов и явлений как пылевые штормы, пылевые вихри, обычное атмосферное оседание, поднятие пыли над поверхностью грунта (состоящего из мелких частиц), искусственного воздействия космических аппаратов. Рассматривается возможность зарядки пылевых частиц по данным, характеризующим структуру атмосферы Марса и степень ионизации, полученным в рамках космических миссий. Учитываются особенности природных явлений, происходящих в атмосфере Марса, воздействующие на зарядку пылевых частиц. К таким явлениям относятся пылевые вихри (и возникающие внутри них электрические поля), пылевые облака (в том числе, аналогичные серебристым облакам в атмосфере Земли, но возникающие в результате конденсации паров CO<sub>2</sub>), а также пылевые бури. Таким образом, плазменно-пылевая система

в атмосфере Марса включает в себя электроны и ионы солнечного ветра, фотоэлектроны, нейтралы, а также заряженные пылевые частицы и проявляется на различных высотах (у поверхности, в пылевых вихрях, достигающих 9 км в высоту, на высотах 15-70 км, где сосредоточены пылевые облака).

4) Проведено теоретическое исследование и численное моделирование пылевых звуковых солитонов в плазме запыленной ионосферы Земли. Определены зависимости амплитуды солитона от его скорости и высоты движения. Описаны свойства указанных солитонов с учетом эффектов адиабатического захвата электронов.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Руководитель чл.-корр. РАН А.А. Петрукович

### 2.1. Механизм вспыхечных пульсаций жесткого рентгеновского излучения

На основе анализа положения источников ЖР излучения ( $E > 25$  кэВ) 29 солнечных вспышек, наблюдавшихся КА RHESSI в 2002-2015 гг., предложен механизм вспыхечных пульсаций. Пульсации являются следствием последовательных эпизодов выделения энергии при взаимодействии эруптирующего магнитного жгута с различными окружающими магнитными петлями. Модели, основанные на осцилляциях одиночных магнитных петель, не удовлетворяют наблюдательным результатам.

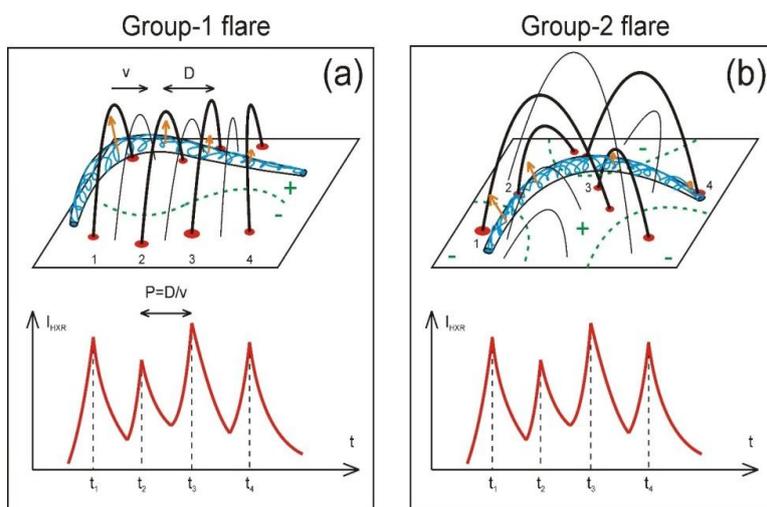


Рисунок 2.1.1.

Схема возникновения пульсаций ЖР излучения солнечных вспышек группы-1 (а) и группы-2 (б). Вспышки группы-1 (55%) характеризуются упорядоченным движением ЖР источников относительно фотосферной линии инверсии магнитной полярности (ЛИМП), имеющей относительно простую вытянутую форму. Вспышки группы-2 (45%) характеризуются более хаотическим перемещением источников и более сложной конфигурацией ЛИМП.

### 2.2. Связь топологии магнитного поля и хромосферного испарения во время солнечных вспышек

Проведено сравнение топологических особенностей магнитного поля со вспыхечными лентами и областями сильных течений плазмы в плотных слоях солнечной атмосферы, связанных с хромосферным испарением. В работе анализировалась солнечная вспышка 12 июня 2014 г. рентгеновского класса M1.2. По результатам экстраполяции магнитного поля

методом NLFFF рассчитываются квазисепараторные слои (QSL), которые количественно характеризуют меру топологической несвязанности магнитного поля. Области хромосферного испарения выявлялись по данным наблюдений ультрафиолетового излучения, выполненных космической обсерваторией Interface Regions Imaging Spectrograph (IRIS). Показано соответствие QSL со вспышечными лентами (см. рисунок 2.2.1), в которых происходило хромосферное испарение. Показано, что вспышечные ленты связаны с областью около нейтральной линии посредством низколежащих магнитных петель (см. рисунок 2.2.1). На обеих панелях подложка соответствует одному и тому же H альфа изображению по данным VIS/NST.

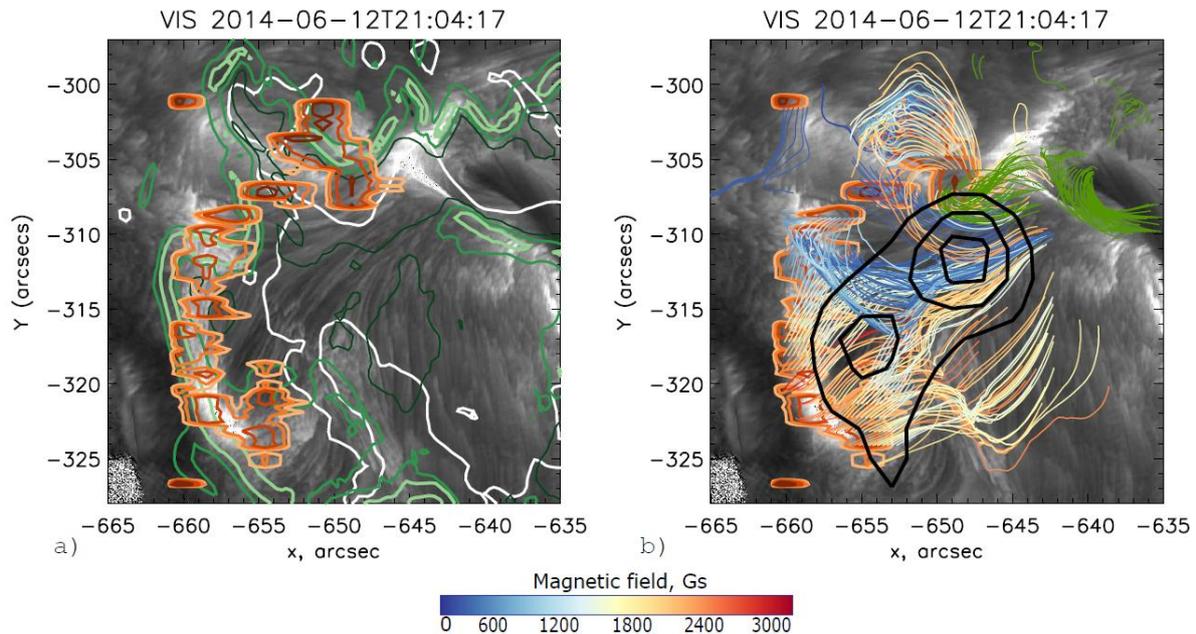


Рисунок 2.2.1.

Панель а: QSL (зеленные контуры), области сильных течений (красные контуры). Белым цветом обозначена линия инверсии магнитного поля. Панель б: контурное рентгеновское (12-25 кэВ) изображение RHESSI (черные линии), разноцветные (синий-желтый-красный) линии показывают магнитные силовые линии. Красными контурами также показаны области хромосферного испарения. Цветовая шкала показывающая величину магнитного поля в основании силовой линии приведена ниже панелей. Зеленым цветом выделен скрученный жгут около нейтральной линии.

### 2.3. Захват и ускорение электронов кинетическими альфвеновскими волнами в солнечных вспышках

Разработана модель ускорения электронов в солнечных вспышках за счёт резонансного взаимодействия с кинетическими альфвеновскими волнами, сгенерированными в области первичного энерговыделения. Показано, что захват электронов в резонанс Ландау с начальными энергиями порядка 0.1-1.0 кэВ приводит к эффективному ускорению до энергий в сотни кэВ. Основной процесс ускорения происходит в области с повышенным градиентом магнитного поля, т.е. в непосредственной близости от основания вспышечной петли. Оценена роль столкновений электронов в уменьшении эффективности ускорения.

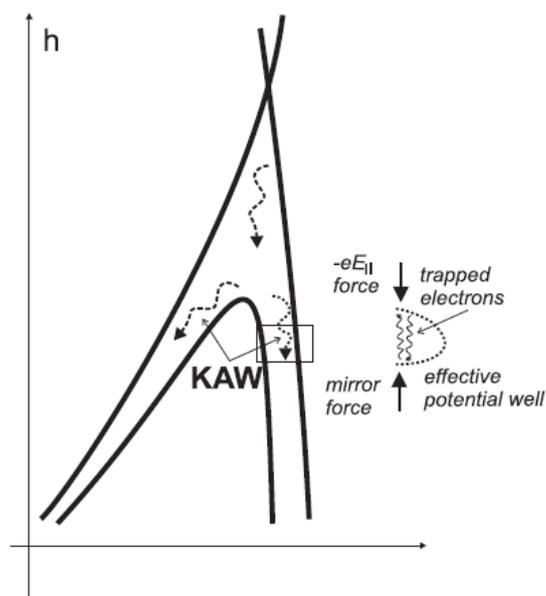


Рисунок 2.3.1.

Схематическая иллюстрация разработанной модели захвата и ускорения электронов кинетическими альфвеновскими волнами в солнечных вспышках.

#### 2.4. Необычное распределение поляризации микроволнового излучения в скрученных магнитных петлях

Проведено моделирование гиросинхротронного микроволнового радиоизлучения, генерируемого нетепловыми ускоренными электронами, из скрученной магнитной петли с помощью пакета программ GX SIMULATOR.

Показано, что нетепловые электроны внутри скрученной магнитной петли генерируют гиросинхротронное радиоизлучение с необычным распределением поляризации в радиоисточнике. Для источников на центре солнечного диска, линия инверсии знака поляризации радиоизлучения наклонена к оси магнитной петли (см. рисунок), тогда как для потенциальной петли линия инверсии знака поляризации перпендикулярна ее оси. Если магнитная петля расположена на лимбе, то инверсия знака поляризации радиоизлучения происходит через ось петли. Источник радиоизлучения имеет более компактные размеры в случае менее скрученной магнитной петли и анизотропного пичч-углового распределения нетепловых электронов. Таким образом, пространственно-разрешенные наблюдения микроволнового радиоизлучения могут использоваться для определения топологии магнитного поля, в котором распространяются ускоренные электроны.

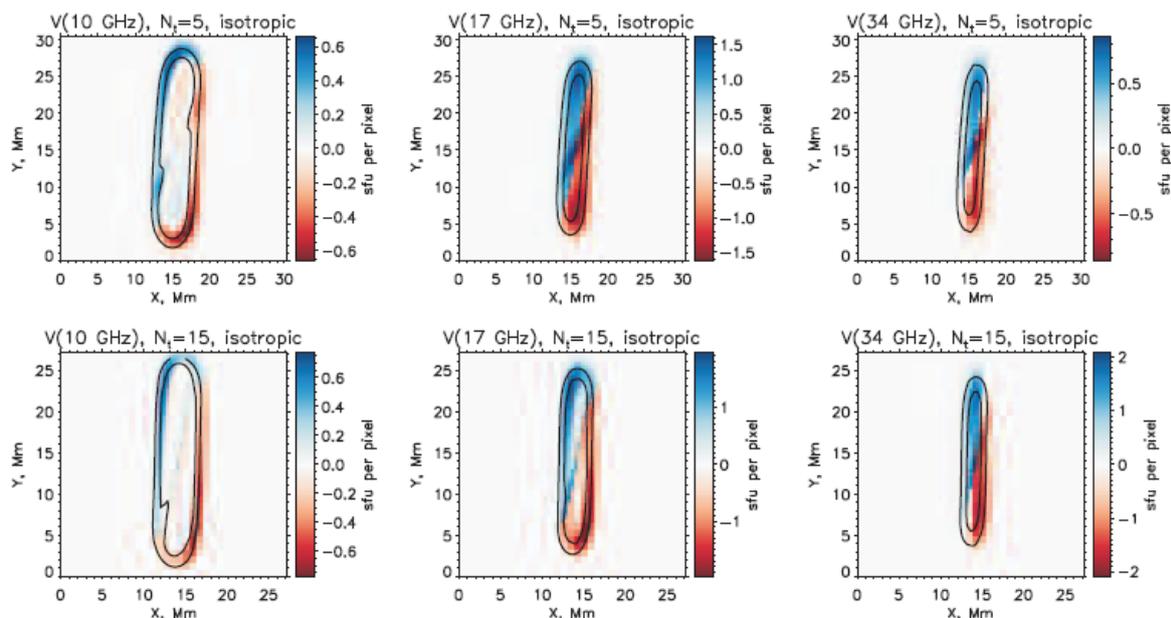


Рисунок. 2.4.1.

Результаты моделирования микроволнового радиоизлучения нетепловых ускоренных электронов в скрученной магнитной петле с помощью GX SIMULATOR. Петля расположена в центре солнечного диска. Красно-синяя расцветка соответствует V компоненте Стокса. Контуры показывают изолинии интенсивности радиоизлучения на уровнях 50 и 70 % от максимального значения. Верхние три панели соответствуют случаю слабой закрученности, тогда как нижние показывают более сильную закрученность.

## 2.5. Сравнительный анализ корреляций энергетического спектра рентгеновского излучения микровспышек и теплового фона солнечной короны в диапазоне энергий от 2 до 15 кэВ

Проведен сравнительный анализ корреляций энергетического спектра временных профилей микровспышек и теплового фона солнечной короны в диапазоне энергий от 2 до 15 кэВ по данным проектов Interball и RHESSI. Изучаются особенности корреляций энергетических спектров малых солнечных событий с учетом явления падения интенсивности рентгеновского излучения микровспышек в диапазоне энергий от 2 до 15 кэВ.

## 2.6. О наиболее типичной структуре трехмерного магнитного пересоединения

В связи с проблемой трехмерного (3D) магнитного пересоединения, например, в солнечных вспышках, были рассчитаны вероятности возникновения различных типов 3D нулевых точек случайного магнитного поля. В результате установлено, что вопреки интуитивным ожиданиям доминирующую роль играет специфическая неосесимметричная структура с шестью асимптотическими направлениями (“шестишвостка”), известная также как “неправильный” радиальный нуль. Все остальные структуры, в частности, осесимметричные “правильные” радиальные нули, традиционно рассматривавшиеся в работах других авторов, реализуются с гораздо меньшей вероятностью. Принципиальной особенностью “шестишвостки” является то, что на больших расстояниях она приближенно редуцируется к классической двумерной структуре X-типа. Это объясняет, почему двумерные модели часто работают достаточно хорошо для объяснения крупномасштабного магнитного пересоединения.

## 2.7. Структура и динамика квази-одномерных корональных дыр на Солнце

На основе наблюдательного материала в различных диапазонах электромагнитного спектра, собранного в течение последних 15 лет, произведено систематическое исследование квази-одномерных корональных дыр (называемых также по предложению И.Ф. Никулина “корональными проборами”). Изучены их основные морфологические свойства, соотношение с обычными двумерными корональными дырами и другими крупномасштабными структурами солнечной короны, а также их временная динамика и взаимные превращения друг в друга.

## **2.8. Наблюдения медленных симметричных волн в магнитных трубках в нижней части солнечной атмосфере**

Представлены результаты наблюдений симметричных волн в магнитных трубках в фотосфере и нижней части хромосферы. На основе наблюдаемых свойств этих волн они идентифицированы как медленные симметричные волны. Изменение свойств волн с высотой позволяет сделать определённые выводы о свойствах магнитных трубок в которых они распространяются. В частности, найдено что степень расширения трубок с высотой варьируется от 4 до 12.

## **2.9. Надтепловые ионы в потоках солнечного ветра из корональных дыр**

Энергетические спектры и относительное содержание надтепловых ионов  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ , C, O, и Fe с в области  $\sim 0.04\text{--}2$  MeV/ из корональных дыр регистрировались прибором ULEIS на борту КА ACE. Анализируются данные за спокойный период в 2002-2006 гг. В минимуме между 23-м и 24-м циклами отобрано 35 таких особо спокойных интервалов времени, когда одновременно регистрировался солнечный ветер из приэкваториальных корональных дыр. Относительное содержание C/O и Fe/O для надтепловых ионов соответствует содержанию тепловых ионов в солнечном ветре по данным SWICS/ACE на том же КА, тогда как отношение  $^4\text{He}/\text{O}$  вдвое больше. Происхождение такого различия неизвестно, но может быть предположительно связано с дополнительным источником ионов гелия помимо солнечного ветра. Надтепловые ионы  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ , C, O, и Fe в потоках солнечного ветра из корональных дыр представляют собой высокотемпературный «хвост» основной функции распределения частиц по энергиям в солнечном ветре, ядро которой имеет максвелловский вид.

## **2.10. Переменный солнечный ветер**

Исследование проведено в рамках гранта РФФИ, проект № 16-12-10062. Результат состоит в том, что постоянный солнечный ветер не существует. Солнечный ветер в гелиосфере – переменное явление на всех масштабах времени и пространства. Показано, что имеется два основных типа солнечного ветра по числу Струхала  $S = L/VT$ , характеризующему относительные изменения его основных параметров на данном интервале времени  $T$  и линейном масштабе  $L$  при скорости движения  $V$ , которая никогда не бывает нулевой. Первый тип – транзитный ( $S > 1$ ), обычно является основным при достаточно малом значении  $T$  и больших значениях  $L$ . Второй тип – квазистационарный, когда  $1 > S > 0$ . Постоянный солнечный ветер отсутствует. Предельный случай  $S = 0$  физически невозможен, как и случай  $S = \infty$ . Всегда необходимо указывать и обосновывать область применимости специального частного квазистационарного случая  $1 > S > 0$ . Рассмотрение случая  $S = 0$  без этого не является корректным. Соответствующие этому широко распространенные представления о стационарном состоянии носят весьма условный характер. Они либо не имеют физического смысла, либо обладают ограниченной областью применимости по времени  $T$  и масштабу  $L$ .

## 2.11. Подтверждение первыми измерениями кислородной короны Марса на КА MAVEN ранних оценок ее характеристик по торможению солнечного ветра перед околomarсианской ударной волной по данным КА Фобос 2

Теоретически предсказанная ~ 50 лет назад горячая кислородная корона Марса была наконец обнаружена по данным эксперимента IUVS на КА MAVEN. Усредненная концентрация атомов O, вычисленная нами по профилю яркости этой короны с использованием обратного преобразования Абеля показана на Рис. 2.11.1a синей кривой. На этом же рисунке сплошная красная линия показывает суммарную взвешенную концентрацию водородной и кислородной корон, а пунктирная – концентрацию кислородной короны Марса, оцененные ~ 20 лет назад по эффекту торможения солнечного ветра перед околomarсианской ударной волной, обнаруженному в эксперименте TAUS на КА Фобос 2. Хорошее совпадение результатов наших оценок и прямых измерений, с учетом изменения солнечной активности между периодами измерений (Рис. 2.11.1b), свидетельствует о необходимости учета вклада околomarсианских корон при исследовании процессов взаимодействия солнечного ветра с этой планетой.

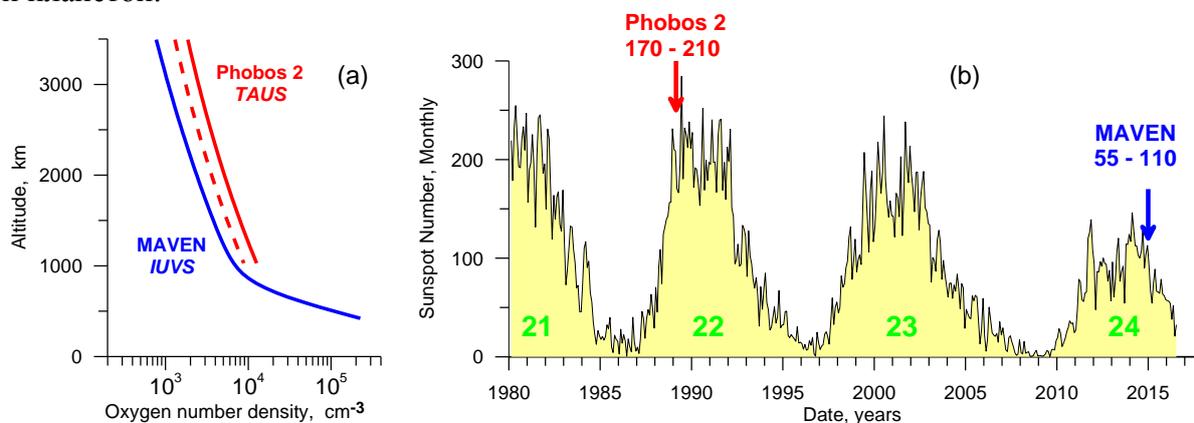


Рисунок 2.11.1.

Сравнение плотности горячей кислородной короны Марса (a) по данным экспериментов IUVS/MAVEN (синяя кривая) и TAUS/Phobos 2 (красный пунктир), и изменение солнечной активности в период между этими экспериментами (b).

## 2.12. Обнаружение источника встречного пучка в Аномалии Горячего Потoka

В 1980-х годах были обнаружены явления, получившие названия Аномалии Горячего Потoka (Hot Flow Anomaly, HFA), представляющие собой очень разогретые плазменные объекты перед фронтом околосолнечной ударной волны со скоростью, намного меньшей, чем скорость солнечного ветра, образующиеся при пересечении межпланетного токового слоя с фронтом околосолнечной ударной волны. Считается, что они образуются за счет отражения ионов от ударной волны.

При анализе наблюдений HFA на спутниках CLUSTER 22.02.2006 г. впервые было установлено, что источником встречного пучка является область слабого магнитного поля в месте пересечения межпланетного токового слоя с фронтом ударной волны, через которое происходит проникновение ионов и образование встречного пучка в токовом слое. Взаимодействие этого пучка приводит к сильному разогреву плазмы с частичным перемешиванием двух пучков и образованию заторможенного потока в солнечном ветре. Это является новым результатом в исследовании явления, играющего роль в передаче энергии от солнечного ветра к магнитосфере Земли.

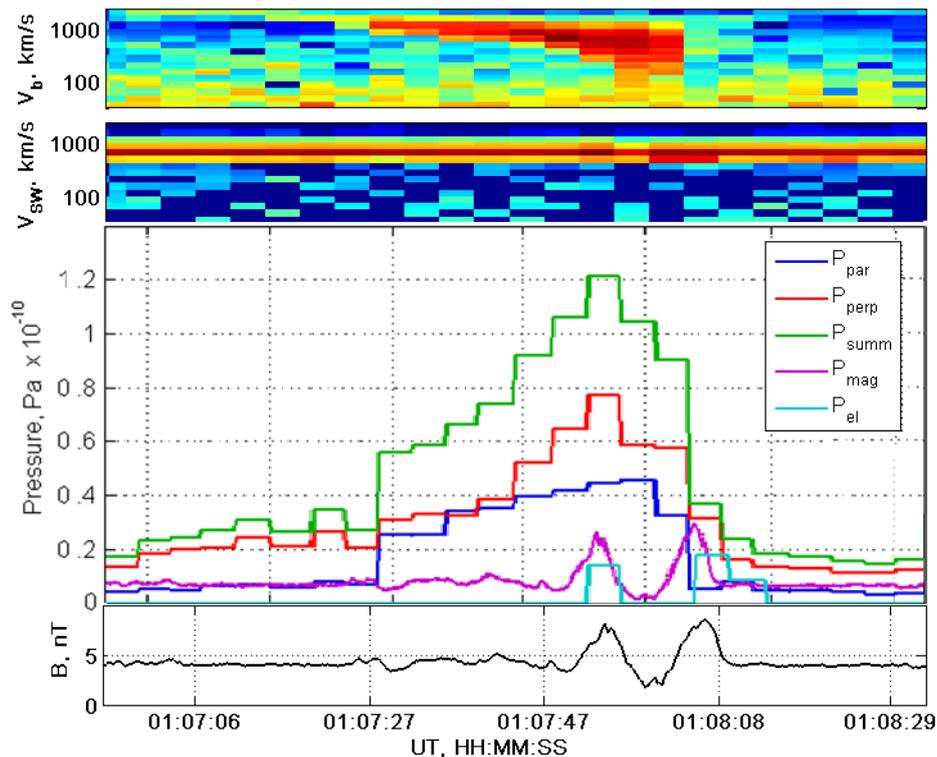


Рисунок 2.12.1.

Спектрограммы время–энергия для встречного пучка и солнечного ветра, распределения давлений плазмы и магнитного поля и профиль магнитного поля (внизу) для исследованного события.

### 2.13. Исследована возможность отклонения высокоскоростного потока солнечного ветра из корональной дыры при его взаимодействии со СМЕ

Рассмотрены возможные причины отсутствия высокоскоростного потока (ВСП) солнечного ветра из корональной дыры около Земли и его присутствия в двух последовательных Каррингтоновских оборотах Солнца, когда размер и положение корональных дыр оставались приблизительно одинаковыми. В случае отсутствия ВСП непосредственно перед прогнозируемым временем появления ВСП у орбиты Земли наблюдался межпланетный выброс корональной массы (ICME), который был очень коротким и содержал признаки сжатия по сравнению со средней динамикой параметров в ICME. Солнечные наблюдения также показывают наличие СМЕ на Солнце вблизи корональной дыры. Полученные данные позволяют предположить, что впервые получены свидетельства в пользу гипотезы о том, что СМЕ могут смещать ВСП.

### 2.14. Исследование модификаций мелко- и средне- масштабных структур солнечного ветра на головной ударной волне и в магнитослое

По результатам статистического исследования величины коэффициента корреляции между одновременными измерениями параметров в солнечном ветре (СВ) и магнитослое (МСЛ) с использованием данных спутников THEMIS показано, что корреляция практически отсутствует (величина коэффициента корреляции менее 0.5) в 70-80% интервалов для данных с высоким временным разрешением, тогда как для сглаженных по 100 сек. данным количество интервалов с низким уровнем корреляции снижается до 30-40%. Параметры СВ и МСЛ лучше коррелируют между собой для высоких величин плотности СВ и модуля межпланетного магнитного поля а также высоких значений RSD (relative standard deviations - относительное стандартное отклонение). Высокий уровень корреляции чаще наблюдается

при квазиперпендикулярной конфигурации ударной волны чем при квазипараллельной. Высокий уровень корреляции плотности не всегда соответствует высокому уровню корреляции по модулю магнитного поля и наоборот. Уровень корреляции не зависит от расстояния космического аппарата внутри МСЛ относительно магнитопаузы.

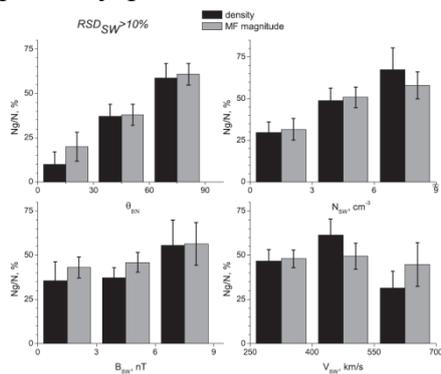


Рисунок 2.14.1.

Зависимость относительного числа интервалов с высоким уровнем корреляции Ng/N – от: угла ThetaBN (a), плотности СВ (b), модуля межпланетного магнитного поля (c), направленной скорости СВ (d)

### 2.15. Исследование турбулентных характеристик мелкомасштабных флуктуаций потока ионов в солнечном ветре и магнитослое

Проведено сравнение спектральных и статистических характеристик мелкомасштабных флуктуаций потока ионов в солнечном ветре (СВ) и во фланговом магнитослое (МСЛ) по данным измерений спектрометра БМСВ (КА СПЕКТР-Р) с временным разрешением в 32 мс. Показано, что спектры флуктуаций в МСЛ подобны спектрам флуктуаций в СВ и также имеют характерный излом при переходе от инерционных масштабов (с наклоном близким к Колмогоровскому) к диссипативным масштабам (где наклон спектра увеличивается почти вдвое). При этом частота излома спектра флуктуаций в солнечном ветре составляет порядка 1-2 Гц, тогда как для магнитослоя излом спектра наблюдается на частотах вдвое меньших. В МСЛ также как и в СВ наблюдается высокий уровень перемежаемости потока ионов. Расширенное самоподобие турбулентного потока ионов является типичным для МСЛ, как это ранее было показано для СВ.

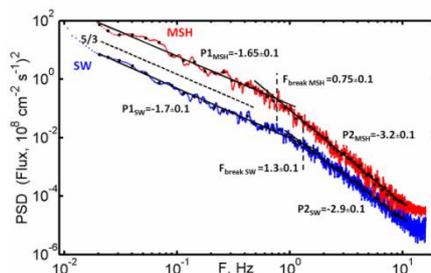


Рисунок 2.15.1.

Сравнение типичных спектров флуктуаций в МСЛ (24 октября 2012, 0841-0858 UT - красные точки) и в СВ (28 сентября 2011, 0903-0920 UT - синие точки)

### 2.16. Исследование флуктуаций плотности солнечного ветра вверх и вниз по потоку относительно межпланетных ударных волн

Исследовано влияние межпланетных ударных волн (МУВ) на свойства турбулентного каскада в солнечном ветре на малых масштабах. Показано, что уровень флуктуаций в целом возрастает по порядку величины при переходе через МУВ, однако МУВ не разрушает форму частотного спектра, и наклоны спектров вниз по потоку после МУВ приблизительно

пропорциональны соответствующим наклонам вверх по потоку перед МУВ. Показано также, что на ионно-кинетических масштабах вниз по потоку от МУВ часто наблюдается экспоненциальное падение спектров флуктуации, что может быть вызвано сильным затуханием флуктуаций под воздействием МУВ.

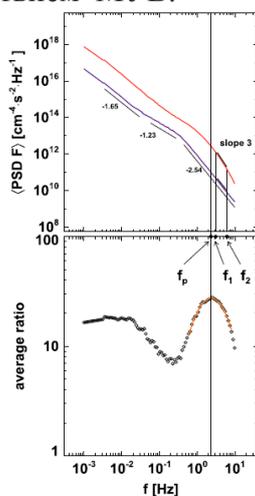


Рисунок 2.16.1.

Зависимости средних значений мощности спектров флуктуаций (PSD) от частоты для величины потока ионов солнечного ветра вверх (синяя кривая) и вниз (красная кривая) по потоку относительно межпланетных ударных волн (верхняя панель), и их отношение друг к другу (нижняя панель)

### 2.17. Исследование спектров флуктуации тепловой и направленной скорости солнечного ветра

Проведено исследование спектров флуктуаций направленной и тепловой скоростей в солнечном ветре в диапазоне частот 0.001–2 Гц на основании данных прибора БМСВ (КА СПЕКТР-Р) с временным разрешением в 32 мс. На основании статистического анализа более чем 42000 спектров показано что: спектры флуктуаций направленной и тепловой скоростей могут быть аппроксимированы двумя степенными участками с близкими параметрами фитирования (наклон спектра флуктуаций направленной и тепловой скоростей на МГД масштабах составляет  $-1.43$  и  $-1.38$  соответственно, тогда как на кинетических масштабах он равен  $-3.08$  и  $-2.43$  соответственно). Также показано, что наклон спектров флуктуаций направленной и тепловой скоростей в кинетическом диапазоне становится равным в случае если плотность ионов или величина модуля магнитного поля достаточно высоки. Выявлена связь частоты брэйка между МГД и кинетическими масштабами с плазменным параметром  $\beta$ , показано, что наилучший скейлинг параметр вариаций направленной и тепловой скорости является сумма инерциальной длины и протонного гирорадиуса.

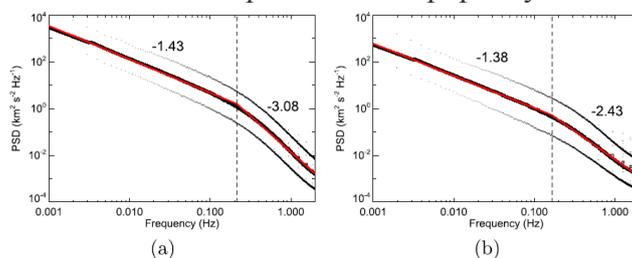


Рисунок 2.17.1.

Усредненные частотные спектры флуктуаций направленной (а) и тепловой (б) скоростей.

### 2.18. Исследование тонкой структуры фронтов межпланетных ударных волн

Проведено исследование тонкой структуры фронтов квазиперпендикулярных межпланетных ударных волн с малым числом  $\beta$  и магнитозвуковым числом Маха, зарегистрированных плазменным спектрометром БМСВ, установленным на спутнике СПЕКТР-Р.

Показано, что толщина фронта МУВ находится в пределах от 0.5 до 4  $c/\Omega_{pi}$ . Толщина рампа, определенная по магнитным измерениям, совпадает с толщиной рампа, определенной по измерениям параметров плазмы. Во многих событиях наблюдались колебания, опережающие фронт ударной волны или отстающие от него, как по параметрам плазмы, так и по значениям магнитного поля. Длина волны колебаний составила от 0 до 6  $c/\Omega_{pi}$ . Сравнение длин волн колебаний, определенных по плазме и магнитному полю показало их хорошее соответствие друг другу.

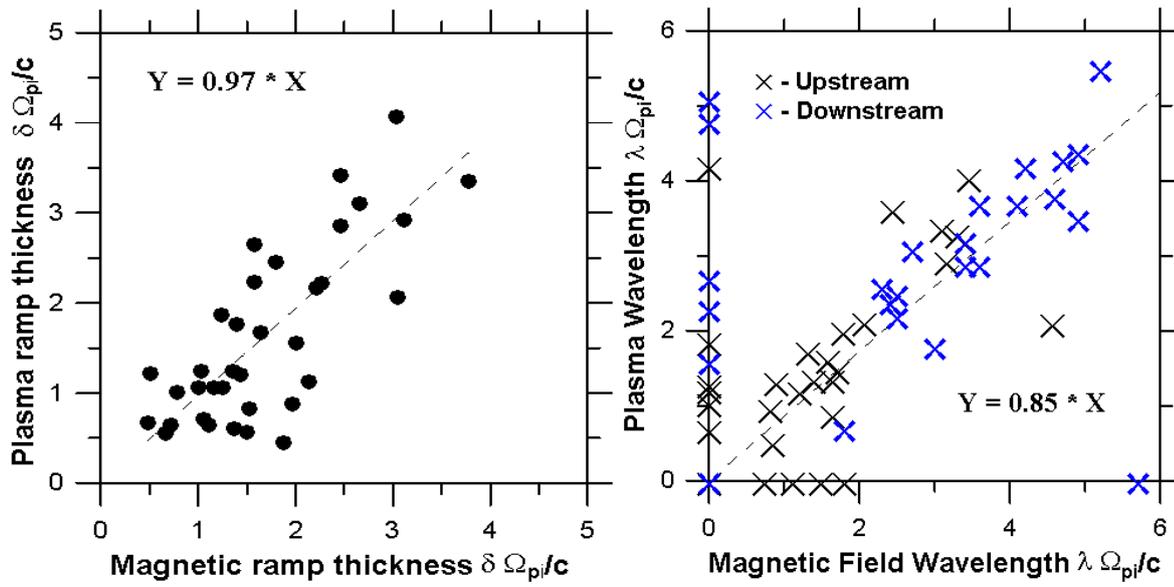


Рисунок 2.18.1.

### 2.19. Изучение развития перемежаемой турбулентности в солнечном ветре и магнитосферных погранслоях по многоспутниковым данным и сравнение с характеристиками турбулентности в других средах

Сравниваются теория заряженных границ с плазменными данными спутников Прогноз-8, Интербол-1, Полар и Кластер. Показана возможность передачи импульса и энергии внутрь магнитосферы, независимо от пересоединения магнитных силовых линий, как специфичный динамо-эффект. Это связывает статистические свойства турбулентных погранслоев с характером переноса через непрозрачную тонкую границу типа магнитопаузы.

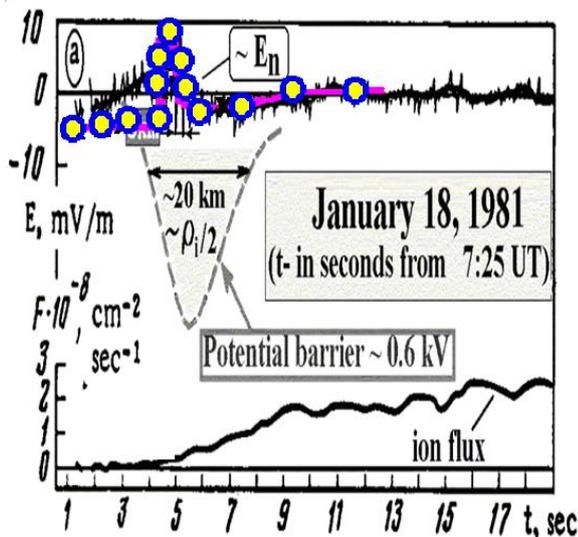


Рисунок 2.19.1.

Нормальное электрическое поле  $E_n$ , (толстая линия - усреднение) и ионный поток с Прогноза-8 для выхода их МП (вечер). Кривая с кружками - теория.

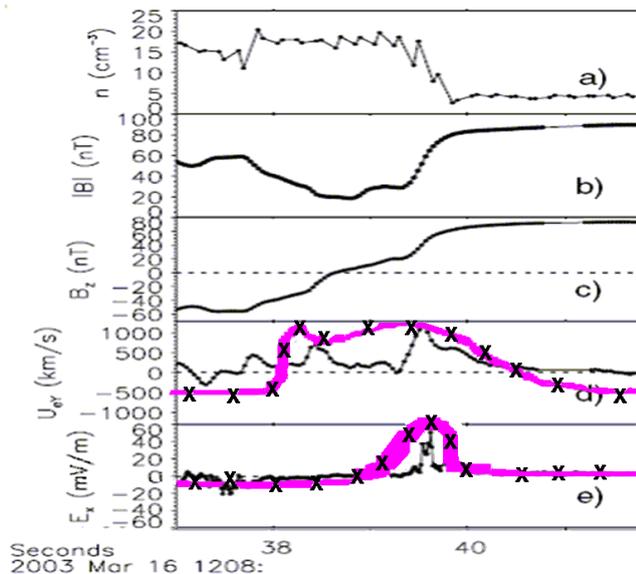


Рисунок 2.19.2.

(а) плотность плазмы, (b-c) магнитное поле, (d), скорость, (e) электрическое поле ( $Y_{GSM}=0.2R_E, Z_{GSM}=2R_E$ ), кривые с крестиками - теория

## 2.20. Анализ условий баланса давлений на магнитопаузе

В ходе анализа баланса давлений на магнитопаузе во время магнитных бурь, выявлено событие пересечения магнитопаузы во время максимума главной фазы магнитной бури 14 ноября 2012 г. Проведен анализ измерений параметров плазмы и магнитного поля при пересечениях магнитопаузы спутником THEMIS-A во время данного события. Показано, что спутник вошел внутрь магнитосферы при относительно стабильных параметрах солнечного ветра. Одновременно внутри магнитосферы происходило развитие взрывной фазы суббури. Изменение положения магнитопаузы связывалось с изменением токовых систем внутри магнитосферы и соответствующим изменением условий баланса давлений.

## 2.21. Моделирование переходной области вблизи магнитопаузы с помощью трехмерной численной магнитосферно-магнитослойной модели

На примере двух событий проведено сравнение положения границ магнитослоя и измерений величины потока ионов внутри магнитослоя, проведенных на спутнике ИНТЕРБОЛ-1, с расчетами магнитосферно-магнитослойной модели, использующей в качестве входных значений параметры плазмы солнечного ветра и магнитного поля, полученные КА WIND. Магнитосферно-магнитослойная модель основана на модульном подходе и позволяет описывать взаимодействие между солнечным ветром и магнитосферой Земли в упрощенном газодинамическом приближении. Характерной особенностью магнитосферно-магнитослойной модели является самосогласованное описание положения границ магнитослоя – ударной волны и магнитопаузы.

Для пересечения 1.03.1997г. показано, что модель правильно предсказывает положение границ магнитослоя и хорошо воспроизводит крупномасштабные флуктуации потока ионов в магнитослое, в том числе и около магнитопаузы. Если вектор межпланетного магнитного поля сильно отклоняется от направления потока ионов солнечного ветра, как для пересечения 25.02.1997г., то создаются условия для формирования области пониженного содержания плазмы (PDL) вблизи магнитопаузы и моделирование измерений

газодинамической моделью в области PDL не совпадает с реальными измерениями, хотя положение границ магнитослоя модель определяет правильно.

## 2.22. Определение зависимости толщины низкоширотного погранслоя магнитосферы Земли от $V_z$ и $V_y$ компонент межпланетного магнитного поля

Проведен анализ 109 пересечений дневной магнитопаузы спутниками миссии THEMIS с целью определения зависимости толщины LLBL от параметров межпланетного магнитного поля (ММП). Параметры ММП определялись по данным спутника Themis-B перед ударной волной. Использована методика, основанная на результатах измерений компоненты скорости плазмы перпендикулярной к магнитопаузе и проверенная ранее на результатах измерений при почти одновременных пересечениях LLBL несколькими спутниками. Проводилось усреднение магнитного поля в солнечном ветре с усреднением в 180 с. Учитывался сдвиг на время распространения солнечного ветра до магнитопаузы. Продемонстрирована слабая зависимость толщины LLBL от  $V_z$  и  $V_y$  компонент ММП. На Рис. приведен пример такой зависимости и его аналитическая аппроксимация ( $y$  в аппроксимации - толщина слоя в км,  $x$  -  $\langle V_z \rangle$  в нТл).

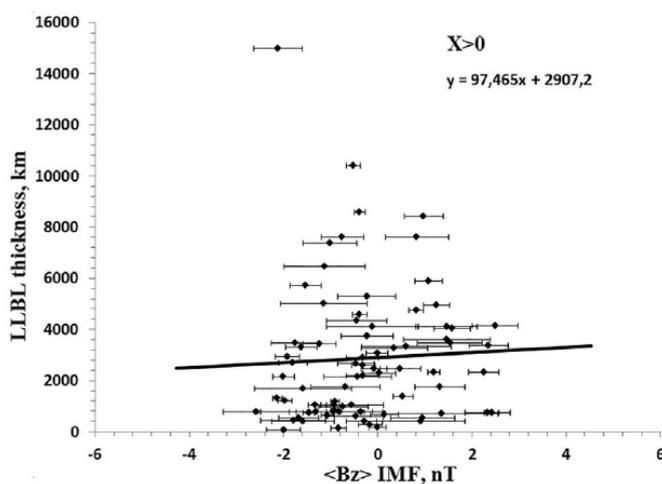


Рисунок 2.22.1.

Зависимость толщины LLBL от  $\langle V_z \rangle$  IMF для дневного сектора.

## 2.23. Формирование и развитие магнитного пересоединения в хвосте магнитосферы Земли

Пересоединение – ключевой процесс, отвечающий за динамику хвоста магнитосферы. Вынужденное пересоединение в дальнем хвосте магнитосферы недостаточно для поддержания глобальной конвекции и в ближнем хвосте формируется зона спонтанного пересоединения. Механизмы его действия до сих пор являются одной из ключевых нерешенных проблем космической физики. Проведен обзор этого направления исследований за последнее десятилетие. Предложено несколько вариантов решения известной проблемы стабильности тиринг-неустойчивости. Многоточечные наблюдения позволили выявить детальную структуру токового слоя до онсета и зоны пересоединения вплоть до ионного масштаба.

## 2.24. Возможности использования малых спутников для космических исследований

Рассмотрен мировой опыт запуска научных спутников для исследований плазмы магнитосферы и ионосферы с акцентом на применение малых спутников. Для исследований

магнитосферы применяются в основном спутники массой 100–1000 кг. На низкой околоземной орбите (удобной для ионосферных исследований) в последние годы доминируют микро- и наноспутники. В статье представлены перспективные задачи для микро- и наноспутников на различных орбитах, подходы к оценке их эффективности. Обсуждены общие проблемы развития данного направления и возможности их решения в современных условиях как в целом, так и для российского космоса.

### **2.25. Нагрев и ускорение заряженных частиц в плазменном слое ближних областей хвоста**

На основе анализа 160 интервалов пересечений плазменного слоя (ПС) спутниками Cluster установлено, что примерно в 50% интервалов величина  $T_p/T_e$  эпизодически уменьшалась до  $\sim 2.0$  за счет нагрева электронов, в то время как  $T_p$  либо уменьшалась, либо оставалась неизменной. Метод наложения эпох показал, что уменьшения  $T_p/T_e$  наблюдались после начала магнитной диполизации, во время "турбулентной фазы" когда число транзитных возрастных  $V_z$  - компоненты магнитного поля уменьшалось, но средняя величина  $V_z$  в ПС оставалась большой. Увеличения  $T_e$  и соответствующие уменьшения  $T_p/T_e$  совпадали по времени либо со всплесками широкополосных электростатических колебаний, включающих электронно-циклотронные гармоники; либо с усилениями широкополосных электромагнитных колебаний в диапазоне частот от протонной плазменной частоты до электронной гирочастоты. Таким образом, наряду с адиабатическими механизмами нагрева электронов, волновая активность, развивающаяся в ПС после начала магнитной диполизации, играет существенную роль в дополнительном нагреве электронов и уменьшении  $T_p/T_e$ .

Статистически подтверждено увеличение температуры электронов и уменьшение отношения протонной и электронной температур ( $T_p/T_e$ ) во время магнитных диполизаций в хвосте магнитосферы Земли. Показано, что эффективный нагрев электронов происходит после начала диполизации и совпадает с ростом волновой активности в диапазоне частот достигающем электронной гирочастоты.

### **2.26. Исследование пространственного распределения энергичных ионов разных масс в плазменном слое ближнего хвоста магнитосферы Земли**

На основе 8-летних наблюдений Cluster исследовано пространственное распределение энергичных ( $> 150$  кэВ) ионов разных масс ( $H^+$ ,  $He^+$ ,  $O^+$ ) в плазменном слое ближнего геомагнитного хвоста. Установлено наличие асимметрии утро-вечер, усиливающейся во время возмущенных геомагнитных периодов. Причиной такой асимметрии могут быть локализация нестационарных (т.е. связанных с генерацией сильных индукционных электрических полей) источников ускорения ионов в вечернем секторе хвоста, а также усиление дрейфа энергичных ионов в сторону вечернего фланга, связанное с наличием сильных градиентов магнитного поля в ближнем хвосте в результате магнитной диполизации при разрушении/ослаблении тока в ТС.

### **2.27. Проецирование аврорального овала на экваториальную плоскость**

Проведен анализ локализации проекции ночной части аврорального овала на экваториальную плоскость в магнитоспокойных условиях ( $|AL| < 200$  нТл,  $|Dst| \ll 10$  нТл) методом морфологического проецирования без использования какой либо модели магнитного поля. Положения границ овала на ионосферных высотах определялись в соответствии с моделью высыпаний, разработанной в Полярном геофизическом институте (<http://pgia.ru/lang/en/webapps/>). Учтены изотропия усредненного давления плазмы и экспериментально подтвержденный баланс давлений в ночные часы. На Рис. показаны

структура авроральных высыпаний (АОР соответствует традиционному авроральному овалу) в соответствии с моделью АРМ (а), положение полярной (косые кресты), экваториальной (прямые кресты) границ АОР в ночном секторе в магнитоспокойных условиях и изолинии  $V_z$  компоненты магнитного поля по данным THEMIS (б). Показано, что экваториальная граница аврорального овала в полуночном секторе локализована на геоцентрических расстояниях  $\sim 7 R_E$ , что хорошо соответствует положению границы инжекции энергичных частиц в экваториальной плоскости. Полярная кромка овала локализована на геоцентрическом расстоянии  $\sim 10 R_E$ , что хорошо соответствует положению экваториальной границы области с высоким уровнем турбулентности в плазменном слое магнитосферы Земли.

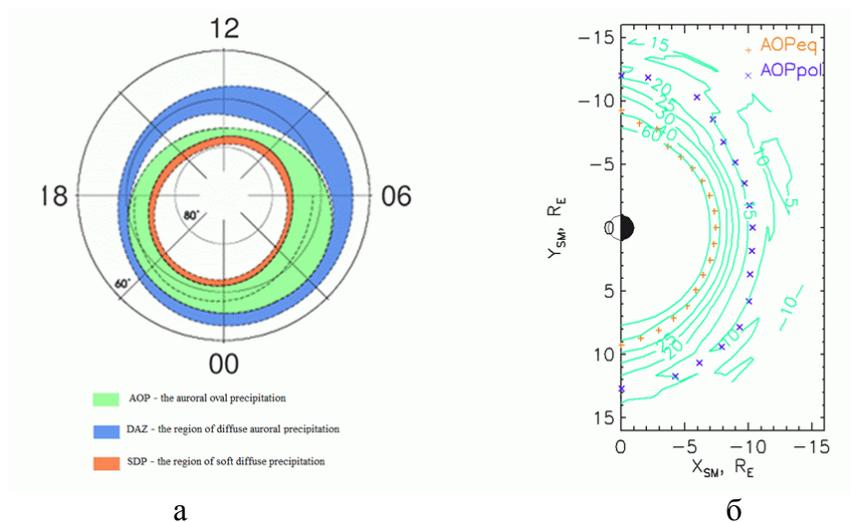


Рисунок 2.27.1.

Структура авроральных высыпаний (АОР соответствует традиционному авроральному овалу) в соответствии с моделью АРМ (а), положение полярной (косые кресты), экваториальной (прямые кресты) границ АОР в ночном секторе в магнитоспокойных условиях и изолинии  $V_z$  компоненты магнитного поля по данным THEMIS (б).

## 2.28. Зависимости величины электрического поля, возбуждаемого высокоширотными продольными токами магнитосферного происхождения, от проводимости ионосферы противоположных полушарий и конфигурации продольных токов

Оценки проведены с помощью модели глобального распределения ионосферного электрического потенциала, основанной на решении двумерного уравнения непрерывности ионосферно-магнитосферной токовой цепи. Входными параметрами являются продольные токи (ПТ) и проводимость ионосферы. Показано, что межполушарная асимметрия в распределении ПТ и проводимости присутствует практически всегда за исключением случая полного отсутствия азимутальной компоненты ММП в сезон равноденствия. В предельном случае, когда ПТ задаются только в одной полярной шапке, при одинаковой проводимости полушарий в противоположную шапку проникает около 20% потенциала. При увеличении проводимости полушария без источника ПТ, эффективность проникновения уменьшается квази-экспоненциально. Если же проводимость полушария без ПТ меньше проводимости полушария с ПТ, то эффективность проникновения повышается до 50%. Насыщение достигается при соотношении проводимостей 1:5, что соответствует условиям летнего солнцестояния.

## 2.29. Структурные и количественные характеристики распределения электронной плотности в F области высокоширотной ионосферы при изменении параметров солнечного ветра

На основе численной модели 3-D распределения электронной концентрации (Ne) в F области высокоширотной ионосферы, в которой учитывается зависимость траекторий конвективного дрейфа плазменных трубок от ММП и солнечного ветра, получены характеристики крупномасштабных ионосферных неоднородностей. Показано, как изменения каждого из входных параметров модели ( $B_z$  и  $B_y$  ММП, уровень геомагнитной активности, солнечный зенитный угол) отражаются в структуре распределения Ne и приведены количественные зависимости Ne в полярном и авроральном пиках и языке ионизации.

## 2.30. Обнаружение резонанса инъекций частиц и Pi3 пульсаций на авроральной выпуклости в период суббури

Проведен анализ инъекций электронов и протонов 0.1-20 кэВ и В-поля по данным спутника ИНТЕРБОЛ-2 в авроральной магнитосфере, В-поля по данным спутника GOES-9, картины сияний по данным UVI спутника POLAR и пульсаций Pi2-Pi3 по данным магнитных обсерваторий программы CARISMA. Показано, что на фазе экспансии суббури в области авроральной выпуклости наблюдается зона инъекций ускоренных протонов вплоть до  $E=10$  кэВ и пакетов высокоскоростных потоков электронов, ассоциирующихся с BBF – Bursty Bulk Flows, вплоть до  $E=3$  кэВ. Эти рекуррентные инъекции обозначены на рис. 2.30.1 линиями A1, A2 и A3. Впервые выявлено, что в этой зоне инъекции частиц и Pi3 пульсации имеют одинаковые периоды  $\sim 180$ , т.е. взаимосвязаны между собой. Эта зона проецируется в компактный источник в экваториальной плоскости на  $R=11-13 R_E$ , где генерируется альвеновская волна, вызывающая нагрев и ускорение авроральной плазмы и появление цуга Pi3 пульсаций с амплитудой Н-компонента от -50 до +50 нТ. Этот результат может свидетельствовать о резонансном отклике ускоренной плазмы и пульсаций Pi3 на альвеновскую волну в центральном плазменном слое.

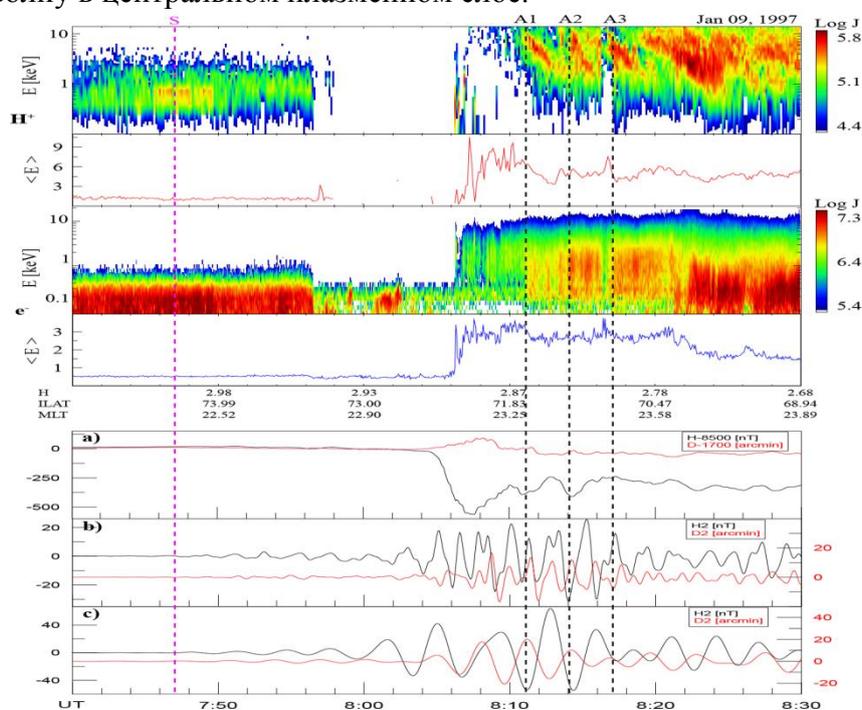


Рисунок 2.30.1.

Потоки частиц и их средние энергии по данным ИНТЕРБОЛ-2, вариации магнитного поля и Pi2, Pi3 пульсаций на магнитной обсерватории Contwoyto, Канада (панели а, б, в) в период магнитосферной суббури 09.01.1997.

### **2.31. Дневные полярные суббури при $V_z$ ММП > 0**

В результате анализа нескольких больших магнитных бурь, было обнаружено, что внезапный поворот ММП к северу ( $V_z$  ММП > 0) при высоком динамическом давлении солнечного ветра приводит к появлению в полярных широтах нетипичных дневных магнитных бухтообразных возмущений, названных по аналогии с подобными ночными возмущениями «дневными полярными суббуриями». Одной из таких бурь, в ходе которых резко менялось направление ММП, была большая магнитная буря 24 ноября 2001 г. с  $Dst_{min} \sim -220$  нТл. В главную фазу этой бури появление  $V_z$  ММП  $\approx +60$  нТл при давлении солнечного ветра в 50-70 нПа привело к развитию дневной полярной суббури с амплитудой почти 2000 нТл. Дневная суббуря наблюдалась и в магнитную бурю 21-23 июня 2015 г. ( $Dst_{min} \sim -220$  нТл). Анализ спектров частиц на спутниках DMSP показал, что дневные полярные суббури развиваются вблизи полярного края дневного аврорального овала в замкнутой магнитосфере, т.е. в области проекции дневной части окружающего Землю плазменного кольца.

### **2.32. Геомагнитные пульсации как волновая структура дневной полярной суббури**

Исследованы геомагнитные пульсации диапазона Pc5/Pi3 ( $f=2-7$  мГц), представляющие собой тонкую волновую структуру дневной полярной суббури. При анализе использован один из методов Дискретного Математического Анализа (ДМА), а именно, вычисление функционала «Обобщенная дисперсия собственных векторов матрицы ковариации». Установлено, что спектр высокоширотных (выше  $\sim 70^\circ$ ) пульсаций не совпадает со спектром флюктуаций в солнечном ветре и ММП. Показано, что на широтах ниже  $70^\circ$  геомагнитные Pc5 пульсации могут быть отнесены к резонансным, в то время, как в более высоких широтах пульсации, по-видимому, являются отражением флюктуаций в прилегающих к магнитопаузе Земли турбулентных слоях (низкоширотный погранслой, горловина каспа) или в турбулентном магнитослое.

### **2.33. Анализ свойств импульсного всплеска геомагнитных пульсаций в частотном диапазоне 0.2 - 5 Гц**

Представлены результаты изучения короткого (3-4 с) всплеска геомагнитных пульсаций в частотном диапазоне 0.2-5 Гц, который наблюдался во время начала магнитной бури 17.III.2015. Всплеск пульсаций наблюдался на сети обсерваторий в различных секторах местного времени и на разных широтах. В спектрах пульсаций обнаружена резонансная структура, в которой, несмотря на некоторые отличия на разных обсерваториях, глобально наблюдается максимум на частоте  $2.78 \pm 0.38$  Гц. Обнаружено запаздывание на  $\sim 4$  с максимума амплитуды цуга на обсерваториях ночной стороны по отношению к обсерватории на дневной стороне. Показано, что всплеск пульсаций наблюдается на фронте магнитного возмущения, связанного с SSC и, соответственно, может рассматриваться как предвестник. Наблюдения потоков частиц на низкоорбитальных спутниках показали, что во время SSC резко увеличились потоки высыпавшихся протонов и электронов. Высказано предположение, что механизмом генерации колебаний может быть ионно-циклотронная неустойчивость протонов кольцевого тока, а резонансная структура спектра пульсаций может быть связана с ионосферным альвеновским резонатором.

### **2.34. Низкочастотные волновые явления в околоземной среде**

Проведен цикл работ, посвященный разработке теоретических моделей волновых явлений в магнитосфере и ионосфере Земли, и анализу данных спутниковых и наземных наблюдений

ультра-низкочастотных волн различных диапазонов. Подготовлен обобщающий обзор МГД волновых процессов в магнитосфере Земли и на Солнце.

### **2.35. Связь аврорального овала с УНЧ волновой активностью**

Пространственное распределение волновой активности диапазона Pc5 во время магнитных бурь сопоставлено с положением границ аврорального овала. Полярная и экваториальная границы аврорального овала определялись по данным УФ наблюдений на спутнике IMAGE или по модели OVATION, где использовались данные спутников DMSP. В начальную фазу бури "эпицентр" спектральной мощности широкополосных Pc5 колебаний отображается внутрь аврорального овала. Во время восстановительной фазы максимум спектральной мощности узкополосных Pc5 волн находился вблизи экваториальной границы овала. Таким образом, авроральный овал является предпочтительной областью для возбуждения магнитосферного альвеновского резонатора. Этот эффект не учитывается современными теориями Pc5 волн. Полученный экспериментальный результат послужил основой для построения теоретической модели, которая описывает генерацию резонансных альвеновских колебаний флуктуациями крупномасштабного продольного тока, связывающего магнитосферу и авроральный овал.

### **2.36. Модуляция сигналов спутниковых навигационных систем МГД волнами**

Сигналы глобальных спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС использованы для изучения воздействия магнитосферных МГД возмущений на полное электронное содержание (ПЭС) ионосферы. Впервые обнаружены эффекты модуляции ПЭС магнитосферными волнами (диапазон Pc5) как на высоких, так и на низких широтах. Разработана теоретическая модель взаимодействия различных типов МГД волн - альвеновской и быстрой магнитозвуковой, с системой ионосфера - атмосфера - земля. Опираясь на эту модель, количественно проинтерпретированы эффекты одновременных периодических вариаций геомагнитного поля и ПЭС ионосферы.

### **2.37. Взаимодействие УНЧ-КНЧ электромагнитных возмущений с ионосферой: наблюдения на низко-орбитальных спутниках и на земной поверхности**

Проведен цикл исследований по определению эффективности воздействия на околоземную плазму электромагнитных излучений гроз в диапазоне ионосферного альвеновского резонатора (ИАР), и численному моделированию взаимодействия УНЧ-КНЧ волн (периоды от долей Гц до десятков Гц) с системой ионосфера – атмосфера – земля. Разработана численная теоретическая модель электромагнитного отклика атмосферы и ионосферы на молниевый разряд. Проведен анализ синхронных спутниковых и наземных электромагнитных наблюдений с использованием данных мировой сети высокочувствительных магнитометров и низко-орбитальных спутников CHAMP и SWARM. Разработанные модели помогут понять каково искажение спектрального состава возмущений при прохождении через ионосферу и насколько адекватно наземные наблюдения отражают волновую активность в магнитосфере? Проведенный анализ синхронных спутниковых и наземных данных может ответить на вопрос о том, насколько велико воздействие атмосферных процессов на околоземное пространство.

### **2.38. Применение физического моделирования распределения плазмы в плазмосфере для оценки формальных критериев определения положения плазмопаузы**

По данным измерений холодной плазмы на космическом аппарате ИНТЕРБОЛ-1 (1995-2000 гг.) проведен анализ и сравнение положения плазмопаузы, определяемого по часто

используемому формальному критерию: падение плотности плазмы в 5 или более раз при увеличении  $L$  – оболочки на 0.5, и визуально: по измеренным энергетическим спектрам тепловых протонов. Различие результатов обеих эмпирических методик позволяет оценить толщину пограничного слоя плазмосферы. Разработанная авторами ранее основывающаяся на теоретических выражениях модель плазмосферы Земли позволяет по данным измерений вдоль одного пролета спутника восстановить распределение плазмы во всей плазмосфере и найти положение плазмопаузы, определяемой как последняя замкнутая линия потока плазмы. Сравнение положения плазмопаузы, полученного по эмпирическим методикам, с положением этой границы, рассчитанной при физическом моделировании распределения плазмы в плазмосфере показало, что модельное положение плазмопаузы приблизительно совпадает с определенным по ранее описанному формальному критерию.

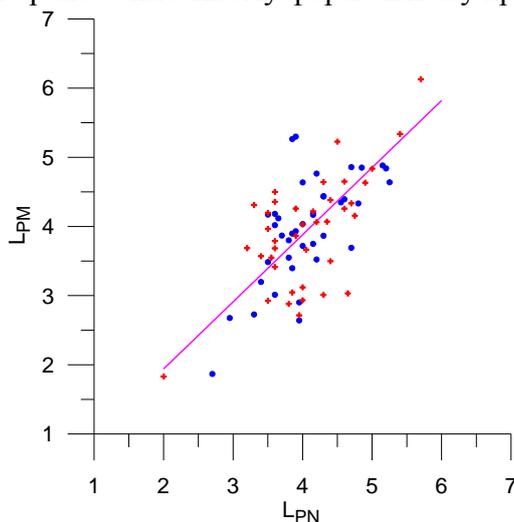


Рисунок 2.38.1.

Сравнение положения плазмопаузы, определенного по изменению плотности с изменением  $L$  – оболочки ( $L_{PN}$ ), при входе спутника в плазмосферу (синие точки) и при выходе из нее (красные крестики) с положением плазмопаузы  $L_{PM}$ , определенным как последняя замкнутая линия потока плазмы при трехмерном моделировании распределения плазмы в плазмосфере. Прямая линия – аппроксимирующая зависимость  $L_{PM} = 0.97L_{PN}$ .

### 2.39. Вертикальные скорости дрейфа плазмы при наблюдении поляризационного джета

По данным доплеровских измерений на Якутской меридиональной сети субавроральных ионосферных станций исследованы вертикальные и горизонтальные дрейфы плазмы во время регистрации поляризационного джета (ПД) в слое F2 ионосферы. Показано, что в периоды наблюдения ПД скорости вертикальных и горизонтальных дрейфов значительно выше, чем фоновые движения. На полярной кромке главного ионосферного провала происходит изменение направления движения ионосферной плазмы с восходящего на нисходящее. Доплеровские измерения на ионозондах DPS-4 сопоставлены с синхронными измерениями дрейфа плазмы на спутниках DMSP при их пролете вблизи якутского меридиана. Два вида измерений хорошо согласуются между собой.

Во время магнитной бури 23.06.2005 г. скорости восходящих потоков плазмы по измерениям спутников DMSP на высоте 850 км составляли 1.0–1.4 км/с. В области F ионосферы эта скорость соответствует 150 м/с. Скорость западного дрейфа по спутниковым измерениям достигала 2.5 км/с. Развитие поляризационного джета в ионосфере сопровождалось уменьшением электронной концентрации в 10 раз в течение 15–30 мин.

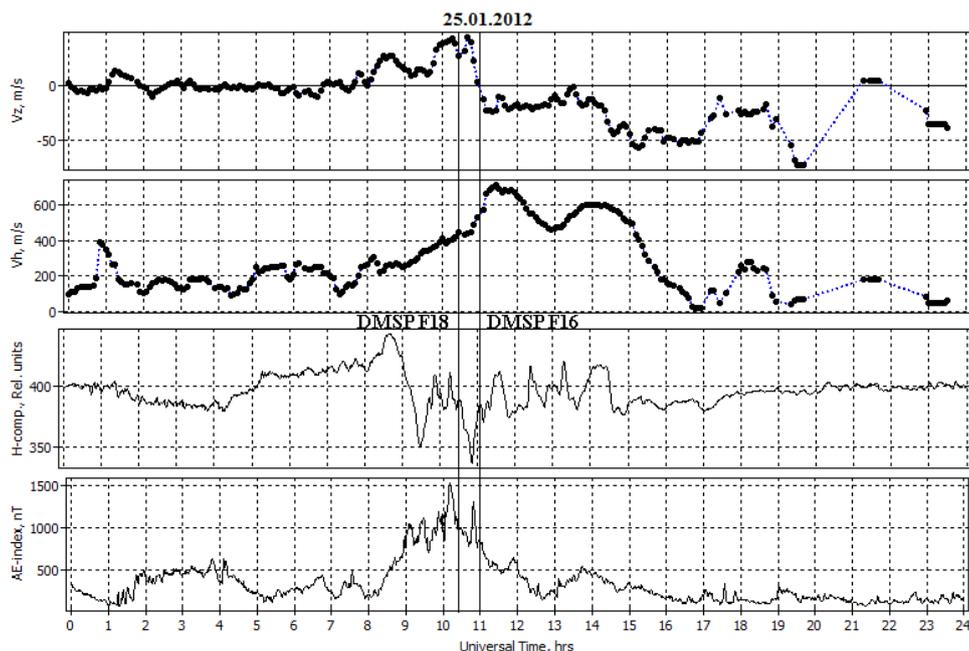


Рисунок 2.39.1.

Доплеровские измерения скоростей вертикального –  $V_z$  и горизонтального –  $V_h$  дрейфов плазмы ионозондом DPS-4 25.01.2012 г. Подъем скоростей выше фоновых значений начинается с повышением магнитной активности. Вертикальными прямыми линиями показаны моменты пролета спутников DMSP вблизи меридиана наземных измерений. В нижней части рисунка приведены вариации Н-компоненты магнитного поля в относительных единицах на станции Якутск и ход АЕ-индекса за этот день. В 11.00 UT полярная кромка провала ионизации сместилась в зенит станции наблюдения и направление дрейфа изменилось с восходящего на нисходящее.

#### 2.40. Исследование динамики температуры и концентрации протонов в плазмосфере в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях вдоль магнитных силовых трубок по данным Интербола-1

Проанализированы данные о температуре и концентрации холодной плазмы в плазмосфере Земли, полученные при помощи плоского энергоанализатора с тормозящим потенциалом в течение 1995-2000 гг на участках орбит ИНТЕРБОЛА-1 вдоль магнитным силовых трубок в диапазоне  $1.5 < L < 4.5$ . При  $L < 2$  орбита спутника совпадала с магнитной силовой трубкой вблизи экваториальной плоскости, при  $L > 3$  орбита КА совпадала с силовой трубкой, как правило, на геомагнитных широтах  $\sim 20 - 30^\circ$ . Показано, что:

- во внутренней плазмосфере ( $L < 3$ ) концентрация и температура плазмы вдоль силовой трубки в пределах  $\pm 25^\circ$  от плоскости геомагнитного экватора независимо от уровня геомагнитной активности сохраняют неизменные значения;
- в спокойных геомагнитных условиях во внешней плазмосфере ( $L > 3$ ) плотность и температура протонов в пределах  $\pm 20^\circ$  от экватора также сохраняют неизменные значения;
- в условиях умеренной магнитной возмущенности, вблизи плазмопаузы или в области пограничного слоя около неё наблюдаются резкие изменения величин плотности протонов, которые могут вызываться нестабильностью положения плазмопаузы или нарушением целостности силовых трубок.

#### 2.41. Детальные исследования вариации положения провала ионизации с местным временем

По данным спутников Космос-900, Интеркосмос-19 и СНАМР исследованы суточные вариации положения ионосферного провала в разных долготных секторах северного и южного полушарий для низкой (НСА) и высокой солнечной активности (ВСА). При любой СА в дневном секторе провал находится гораздо выше по широте в северном полушарии, чем в южном, ночью разница небольшая. Обнаружено, что при НСА провал расположен намного выше по широте, чем при ВСА в послеполуночные/утренние часы и немного ниже по широте днем. В итоге суточные вариации положения провала в южном полушарии при НСА не превышают  $12^\circ$  и достигают  $18^\circ$  в северном полушарии при ВСА.

Ночью в любом полушарии среднее положение провала ионизации находится экваториальнее модельного положения экваториальной границы диффузной зоны аврорального овала при ВСА и практически совпадает с ней при НСА. Утром при ВСА провал иногда отстоит от модельного положения аврорального овала на  $12-13^\circ$ . В дневное время в северном полушарии провал находится в основном внутри аврорального овала, включая область дневного каспа, т.е. по определению является высокоширотным провалом. В южном полушарии дневной провал часто наблюдается и экваториальнее аврорального овала, т.е. по определению является главным ионосферным провалом (ГИП). Показано, что суточные вариации положения провала ионизации сильно зависят от солнечной активности, полушария и долготы.

#### 2.42. Анализ достоверности определения потенциала спутника «Интербол-2»

Потенциал «Интербол-2» U<sub>ps</sub> определялся двумя зондовыми приборами – ИЭСП-2 и КМ-7. ИЭСП-2 –измеритель электрических полей методом двойного зонда с использованием трех пар сферических датчиков. Для приведения электрического потенциала зонда к потенциалу окружающей плазмы использовался ток смещения  $I_b = -72$  нА или  $I_b = -110$  нА. КМ-7 позволял контролировать корректность выбора тока смещения при проведении измерений прибором ИЭСП-2. Приборы использовали один и тот же тип датчика - сферический зонд Ленгмюра, но зонд прибора КМ-7 был защищен экраном от Солнца и снимал вольт-амперные характеристики, состоящие из 11 измерений U<sub>ps</sub> при различных положительных значениях токов смещения  $I_b$  от 153 нА до 0.15 нА. Таким образом, данные КМ-7 можно интерпретировать как измерения потенциала 11-ти приборов типа ИЭСП-2 в тени. Сопоставление данных, полученных с ~350 орбит за ~800 часов совместного включения ИЭСП-2 и КМ-7, показало, что ~70 % результатов определения потенциала спутника прибором ИЭСП-2 дают правильные значения, причем большинство (~80%) этих корректных измерений проводились на высотах от 16000 км до апогея (19211 км). По результатам измерений ИЭСП-2 с корректным током смещения потенциал «Интербол-2» находится в основном в диапазоне 2-5 В.

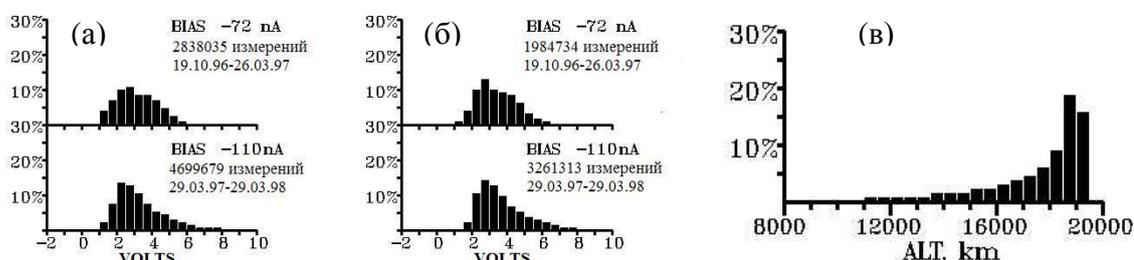


Рисунок 2.42.1.

Гистограммы результатов измерения потенциала «Интербол-2» прибором ИЭСП-2 на ~350 участках орбит в авроральной зоне магнитосферы с использованием, всех измерений (а) и только измерений с корректным током смещения (б), составляющих ~70% от общего числа измерений. Прибор ИЭСП-2 определяет потенциал правильно в большинстве случаев

(~80%) по измерениям на высотах более 16000 км. Это видно из гистограммы высот (в), на которых проводились достоверные измерения.

### 2.43. Разработка методов определения электромагнитных параметров среднеширотной и приэкваториальной ионосферы в спокойных и возмущённых геомагнитных условиях. Проведение статистического анализа интенсивностей электромагнитных излучений в диапазоне 2-400 Гц по индексам геомагнитной активности

Разработка методов определения электромагнитных параметров (ЭМП) среднеширотной и приэкваториальной ионосферы осуществлена с использованием, созданной по данным эксперимента «Обстановка (1 этап)» на Российском сегменте МКС (РС МКС), базы мониторинжных данных (БМД) об интегральной мощности флуктуаций магнитного поля **B**, электрического поля **E** и плотности тока **J** в диапазоне 2-400 Гц с временным разрешением 1 сек. Создание БМД осуществлялось по данным комплекса научной аппаратуры ПВК (плазменно-волновой комплекс) [1, 2]. Долговременные, в наиболее активной области ионосферы – F2 слое, ряды параметров дают возможность эффективно продвигаться в следующих областях: организации БМД возмущений в окружающей среде по программам фундаментальных исследований солнечно-земных связей; создании БМД по электромагнитному состоянию ионосферы для выявления её геофизических и катастрофических изменений.

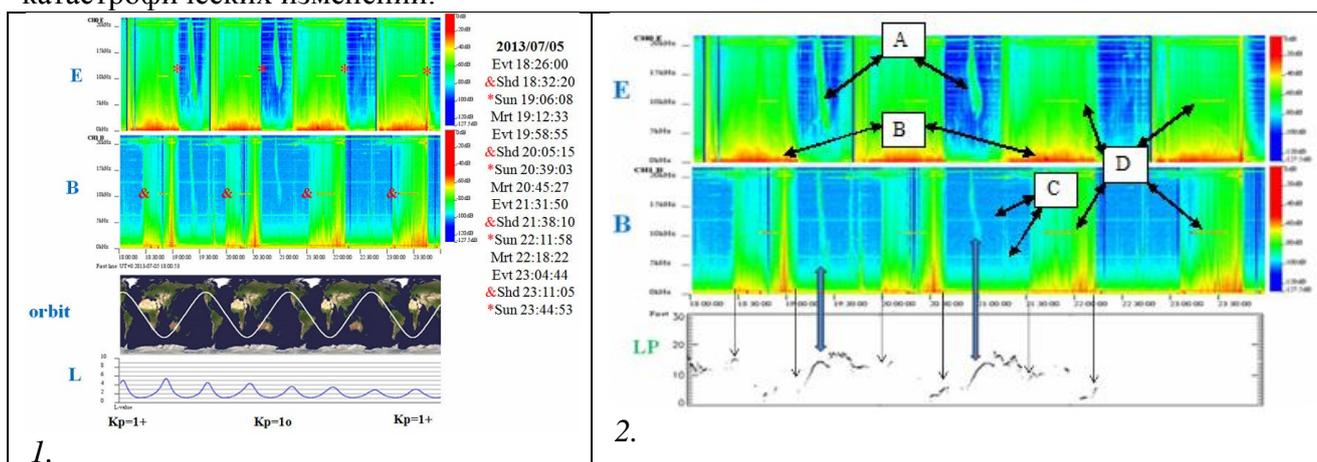


Рисунок 2.43.1.

"Обстановка (1 этап)". Мониторинг электрической **E** и магнитной **B** компонент на частотах 0.01-22 кГц 2013-07-05 (начальное время: UT+3 18:00) в течение пролета четырех орбит (третья панель – проекция орбиты ISS; четвертая – L параметр). Evt – вечерний терминатор; Shd – тень Земли; Sun – освещенная часть орбиты; Mrt – утренний терминатор. 2. Две верхние панели, то же, что и на рис. 1. Нижняя панель – синхронные данные потенциала внешней поверхности ISS по прибору LP.

На Рис. 2.43.1.1 представлен пример регистрации в спокойных геомагнитных условиях ( $Kp < 1+$ ) ЭМП вдоль орбиты МКС на освещённых и теневых участках, при прохождении терминаторов утреннего *Mrt* и вечернего *Evt*, при вхождении в тень Земли *Shd* и выходе на освещённую часть орбиты *Sun*. Повторяемость характерных структур от орбиты к орбите (Рис. 2.43.1.1) рассматривается, как отражение геофизических процессов, связанных с изменением вдоль орбиты, как параметров различных областей ионосферы, так и процессов, связанных с изменением электромагнитной обстановки (ЭМО) в процессе работы систем МКС. Сетка «горизонтальных линий» - узкополосные шумовые источники, интенсивность которых достаточно низка, что при динамическом диапазоне 120дБ позволяет изучать и естественные геофизические явления.

Типичные (рис. 2.43.1.2) примеры (идентичны Рис. 2.43.1.1) регистрации вдоль орбиты ЭМП и электрического потенциала МКС, регистрируемого зондом Ленгмюра (LP), входящим в состав ПВК: А - широкополосных субавроральных электромагнитных излучений типа хоров; В- широкополосных низкочастотных электростатических излучений; С - узкополосных техногенных излучений предположительно от систем МКС, что требует дополнительного анализа с использованием данных от ЦУП МКС о режимах работы; D - узкополосных излучений наземных передатчиков навигационной системы Альфа.

Научно-методические результаты, полученные в ходе реализации КЭ «Обстановка (1 этап)», используются и совершенствуются при подготовке нового КЭ «Обстановка (2 этап)» в рамках «Долгосрочной программы научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на МКС до 2024».

#### **2.44. Анализ корреляции пространственно-временных вариаций полярных сияний с ОНЧ излучениями в авроральной зоне**

Проанализирована связь пространственно-временных вариаций полярных сияний и ОНЧ эмиссий во время небольшой отрицательной бухты в магнитном поле (~70 нТ) в утреннем секторе авроральной зоны 30.12.2011 г. На восстановительной фазе этой бухты сначала происходило одновременное движение зоны высыпаний и повышение частоты ОНЧ излучений, а затем наблюдались всплески ОНЧ шума с характерным масштабом модуляции ~10 с и соответствующие им интенсификации сияний в локализованной области ~100 км. Оба эти факта свидетельствуют об общности источника ОНЧ шумовых излучений и высыпающихся электронов.

#### **2.45. Разработка методов обеспечения высокой чувствительности бортовых измерительных приборов и служебных средств при измерениях электромагнитных параметров космической плазмы**

Разработка приборов высокой чувствительности осуществляется в рамках подготовки на Российском сегменте МКС космического эксперимента (КЭ) «Трабант» - «Мониторинг окружающей космической среды электромагнитно-чистыми микроспутниками, интегрированными в инфраструктуру МКС» [1]. Согласовано Техническое задание на СЧ ОКР «Аппаратурный комплекс «Трабант», до конца 2016 г. запланировано подписание договора с ПАО «РКК «Энергия» на этап эскизного проекта. На рабочих совещаниях по предшествующим экспериментам участники международной кооперации высказали заинтересованность в участии в КЭ «Трабант» и разработке научной аппаратуры.

#### **2.46. Экспериментальное исследование природы высотных молний и сопутствующих им процессов в атмосфере и ионосфере Земли на микроспутнике «Чибис-М» и в проекте РЭЛЕК**

В процессе реализации эксперимента «Чибис-М» (2012-2014г.г.) [1] отработана технология изучения грозовых разрядов в тропосфере Земли из космоса с использованием микроспутниковых технологий. Данные радиоизлучений, полученные в диапазоне 26-48 МГц, позволили определить высоту молниевых разрядов и зоны пространственного распределения, а также исследовать тонкую структуру компактных межоблачных разрядов. Создана база данных электронных и ионных вистлеров, характеризующих глобальную грозовую активность и динамику ионосферной плазмы в спокойных и возмущённых геофизических условиях [2].

### **3. КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА**

Руководитель чл.-корр. А.А. Петрукович

#### **3.1. Предложения по мониторингу солнечного ветра с целью оперативного прогноза гелиогеофизической обстановки**

Гелиогеофизическая обстановка в околоземном космическом пространстве формируется в результате действия сложной цепи явлений, передающих эффекты солнечной активности на поверхности Солнца через межпланетную среду к Земле. Краткосрочный прогноз магнитных и ионосферных бурь, формируемый за несколько суток по данным наблюдений Солнца, далеко не всегда носит количественный характер. С другой стороны, наблюдения солнечного ветра вблизи Земли позволяют сформировать оперативный прогноз амплитуды магнитных бурь и других возмущений на несколько часов вперед. Для проведения таких наблюдений необходим запуск спутника в переднюю точку либрации системы Солнце-Земля. Предложены возможные варианты запуска такого спутника и состав его целевой аппаратуры.

#### **3.2. Исследование случаев сильного различия между прогнозами и наблюдениями солнечного ветра. Влияние солнечной активности на эволюцию потоков солнечного ветра на фазе роста 24-го цикла**

Взаимодействие межпланетных корональных выбросов массы с высокоскоростными потоками солнечного ветра из корональных дыр приводит к обмену энергией и импульсом между ними. Наблюдения в максимуме 24-го солнечного цикла подтверждают эту картину. На этой основе дается объяснение случаям сильного различия между реальными и ожидавшимися параметрами солнечного ветра на орбите Земли на основе решения упрощенных МГД-моделей, в которых это явление не учитывается. Запаздывание и опережение на много часов до 1,5 суток или полное отсутствие соответствующих геомагнитных бурь при этом необходимо принимать во внимание при попытках прогнозирования «космической погоды» с использованием решения граничных и начальных для любых модельных уравнений. Рассмотрены случаи сохранения и перемешивания ионного состава в событиях 4 и 16 июня 2016 г., а также 30 июня и 10 июля. Ионный состав плазмы оказывается хорошим дополнительным маркером происходящих процессов в короне и в области формирования солнечного ветра на всем пути от источника до точки наблюдения в гелиосфере.

#### **3.3. «Тень» Меркурия в солнечном ветре не влияет на космическую погоду вблизи Земли**

Теоретически и наблюдательно показана полная ошибочность представлений о том, что Меркурий в нижней точке соединения с Землей оказывает заметное влияние на плотность и скорость солнечного ветра, тем самым, на космическую погоду в околоземном пространстве. «След» Меркурия здесь практически уже совершенно незаметен на фоне более сильных естественных неоднородностей и флуктуаций в плазме солнечного и гелиосферного происхождения. Этим вкладом, составляющим ничтожные доли процента, можно пренебречь. Для прогнозов он не имеет никакого практического значения. Ошибка в прежних опубликованных работах состояла в некорректном использовании метода наложенных эпох, когда коротирующие потоки и области взаимодействия солнечного происхождения, действительно создающие очень заметные неоднородности порядка десятков и сотен процентов в параметрах движущейся плазмы от Солнца, принимались за «сигнал» от Меркурия в силу близости их периодического появления.

### **3.4. Исследование зависимости динамики магнитных бурь от типа солнечного ветра**

Продолжен цикл исследований зависимости скорости развития магнитной бури  $|Dst_{min}|/\Delta T$  (где  $Dst_{min}$  - минимум  $Dst$  индекса, а  $\Delta T$  – длительность главной фазы бури) и длительности восстановительной фазы магнитных бурь, генерированных тремя различными типами межпланетных драйверов: (1, 2) области сжатия CIR и Sheath, и (3) тела выброса корональной массы ICME (магнитные облака и Ejecta) с использованием новой методики. В отличие от ранее проведенного анализа в данной работе для оценки времени восстановления используются экспоненциальные времена восстановления. Проведенный анализ показал, что ранее полученный результат не зависит от выбора метода, и длительность восстановительной фазы коррелирует со скоростью развития для бурь, индуцированных Sheath и CIR, и не коррелирует для бурь, индуцированных ICME.

### **3.5. Связь генерации геомагнитных бурь с крупномасштабными типами солнечного ветра**

В работе на основе данных базы OMNI за период 1976-2000гг. проведено исследование зависимости эффективности (определяется, как отношение "выхода" к "входу") генерации магнитных бурь 4 типами солнечного ветра (CIR, Sheath и ICME, включающими MC и Ejecta) для 12 функций, связывающих межпланетные условия и  $Dst$  и  $Dst^*$  индексы. Анализ показывает, что для большинства функций связи наибольшая эффективность генерации бурь наблюдается для Sheath и наименьшая - для MC. Этот результат подтверждает полученный нами ранее результат для функции связи, предложенной Бартаном и др. (1975).

### **3.6. Распределение магнитных бурь, генерированных комплексом явлений Sheath+ICME**

Межпланетные CME (ICME) очень часто имеют перед собой область сжатия Sheath. И Sheath, и ICME могут быть геоэффективными и возбуждать магнитные бури. В литературе очень часто исследуются «ICME-генерированные» бури без разделения источника бури на Sheath, и ICME. В работе показано, что максимум распределения числа максимумов бурь ( $Dst_{min}$ ) приходится на конец Sheath - начало ICME, т.е. главная фаза большинства магнитных бурь наблюдается в Sheath, в то время, как драйвер магнитной бури обычно определяется по времени минимума  $Dst$  индекса. Поэтому отсутствие селекции источников бури приводит к ошибкам в исследованиях межпланетных условий генерации магнитных бурь.

### **3.7. Отклик в атмосфере Земли и лунном грунте на приход солнечных протонов с предельным спектром**

Вычислены возможные величины наземных возрастных интенсивности солнечных космических лучей (GLE), а также производства радионуклидов в атмосфере Земли и лунном грунте, для предельных спектров солнечных протонов. Полученные нижние пределы соответствуют величинам GLE, уже наблюдавшимся в истории, а верхние пределы примерно на два порядка их выше. События с предельным спектром в современную эпоху еще не наблюдались, возможным кандидатом является событие 775 AD, обнаруженное радиоуглеродным методом. Наблюдаемое соотношение между изотопами  $^{14}C$ ,  $^{10}Be$  and  $^{36}Cl$  на Земле и их распределение по глубине в лунном грунте не противоречит гипотезе их происхождения в редких солнечных протонных событиях с предельным жестким спектром.

### 3.8. Звездные космические лучи в зоне обитания

Сделаны энергетические оценки напряженности магнитного поля в трубке в фотосфере для О-М звезд. На их основе оценены возможные энергии вспышек и количество ускоренных протонов. Полученные значения для Солнца по порядку величины соответствуют наблюдениям, что обосновывает оценки для других звезд. Величины магнитного поля в трубке различаются менее чем в пять раз (700 и 3500 Гс) для О и М звезд, но соответствующие энергии вспышек и числа ускоренных протонов на пять порядков больше для О звезд. Напротив флюенсы звездных протонов в зоне обитания О звезд оказываются на пять порядков меньше.

### 3.9. Спектры электронов внешнего радиационного пояса Земли в период минимума солнечной активности в 2007 г

В работе анализируется структура потоков электронов внешнего радиационного пояса Земли, формируемых при воздействии рекуррентных потоков СВ в условиях низкой геомагнитной активности в минимуме 23 солнечного цикла. Показана зависимость от скорости СВ распределений интенсивности максимальных потоков электронов (энергии 24.1- 200кэВ) и распределений времен достижения максимальных потоков (время задержки относительно скорости СВ).

Показано, что при увеличении скорости СВ увеличивается число событий с максимальными потоками и большими временами задержек.

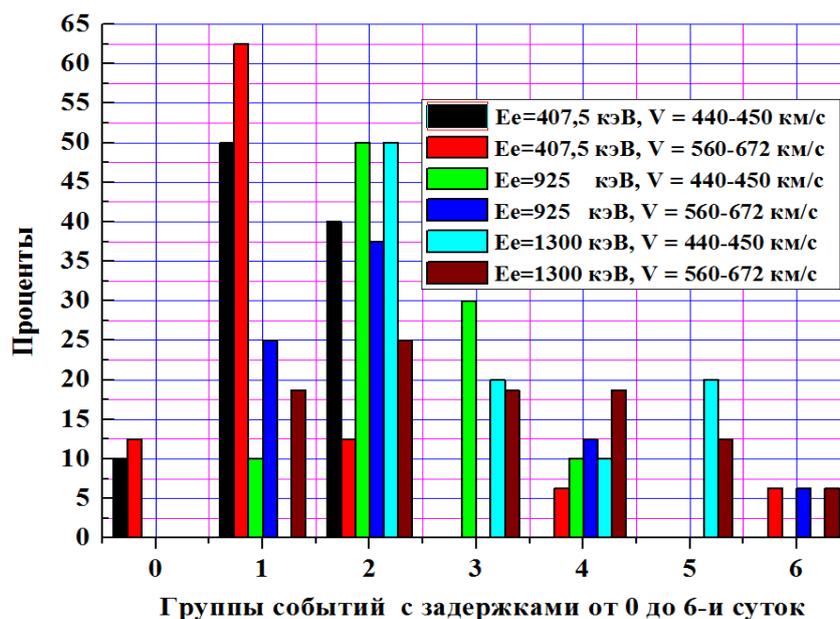


Рисунок 3.9.1.

Распределения задержек (%) максимумов электронов 407,5 кэВ , 925 кэВ и 1300 кэВ для двух диапазонов скорости СВ: 440- 550 км/с ( $K_p=20$ ) и 560-672 км/с ( $K_p=25$ ). Цветные маркеры: электроны 407,5 кэВ, скорость 440- 550 км/с — черный цвет, электроны 407,5 кэВ, скорость 560-672 км/с — красный; электроны 925 кэВ, скорость 440- 550 км/с — зеленый, электроны 925 кэВ, скорость 560-672 км/с – синий, электроны 1300 кэВ, скорость 440-672 км/с – голубой, электроны 1300 кэВ, скорость 560-672 км/с – коричневый.

### 3.10. Структура энергетических спектров потоков электронов внешнего радиационного пояса Земли и динамика поглощенной дозы радиации в период минимума солнечной активности в 2007 г. и 2009 г

Проведен сравнительный анализ влияния на структуру потоков электронов ВРПЗ высокоскоростных рекуррентных потоков СВ ( 2007 г.) и потоков медленного ветра (2009 г.) Вычислены дифференциальные спектры мощности средней поглощенной дозы в 2007 г. и 2009 г. Для диапазона энергий электронов 400-2000 кэВ (“killer” электроны) радиационные дозовые нагрузки в 2007 г. составляют  $8 \cdot 10^7$  рад, что на ~ два порядка превышает величину для 2009 г.

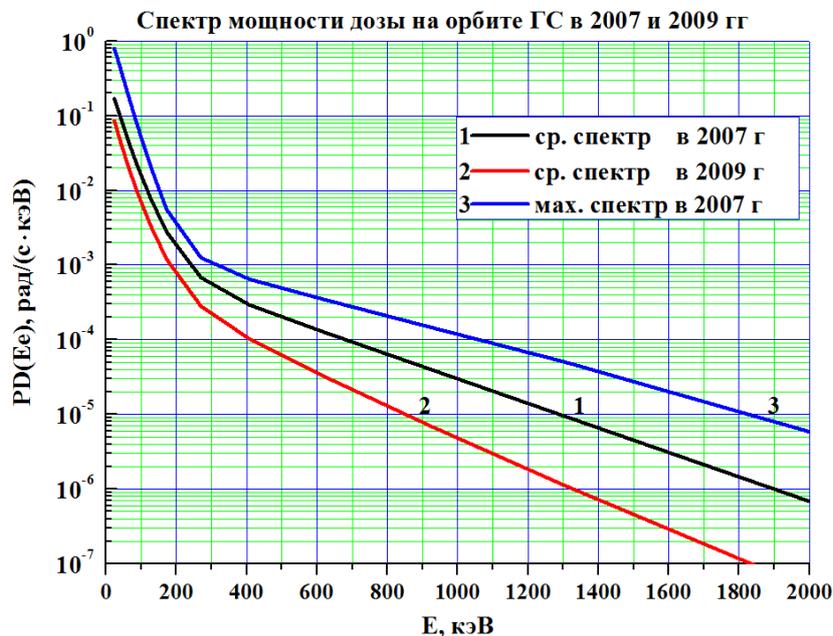


Рисунок 3.10.1.

Дифференциальные спектры мощности средней поглощенной дозы радиации в 2007 (1), в 2009 г.(2) и для максимального возрастания потока электронов в событии 31 марта – 6 апреля 2007 г (3) на ГСО.

### 3.11. Эффекты воздействия ионизирующих излучений на электронные компоненты малых космических аппаратов

По данным (за период с 2007 по 2009 гг) прямых измерений на космических аппаратах параметров солнечного ветра и ионизирующих излучений в околоземном космическом пространстве детально изучалась ранее обнаруженная нами зависимость динамики потоков ионизирующих излучений в магнитосфере Земли от состояния межпланетной среды.

Определена количественная характеристика связи средних значений интенсивности интегрального потока релятивистских электронов на геостационарной орбите от величины скорости солнечного ветра вблизи магнитосферы Земли (Рис. 3.11.1).

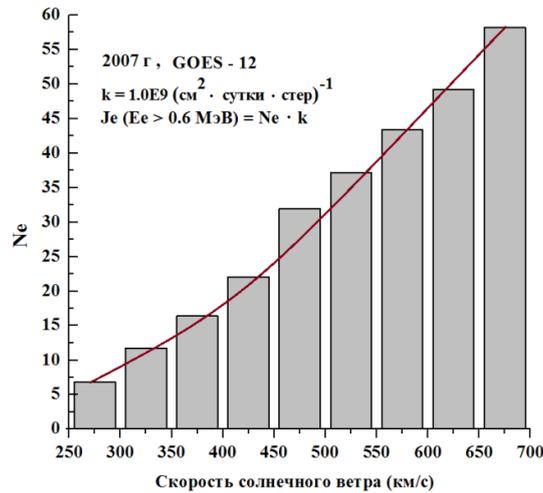


Рисунок 3.11.1.

Значения скорости солнечного ветра вблизи магнитосферы Земли и спустя двое суток среднее значение интенсивности потока электронов с энергией более 0,6 МэВ на геостационарной орбите.

Показано, что индексы геомагнитной активности, потоки ионизирующих излучений внешнего радиационного пояса Земли (ВРПЗ), частицы галактических космических лучей (ГКЛ) пульсируют с периодом вращения Солнца (рекуррентного потока солнечной плазмы).

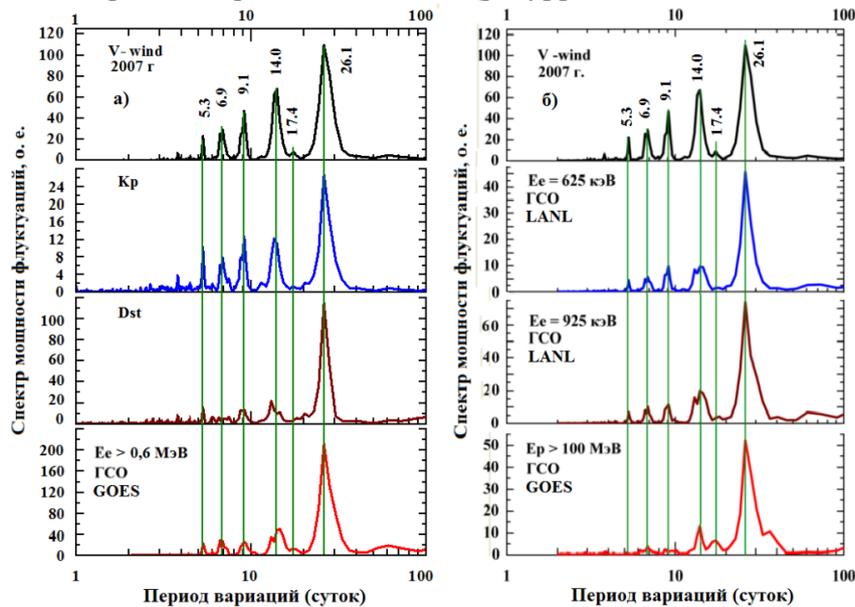


Рисунок 3.11.2.

Спектры мощности флуктуаций скорости солнечного ветра, Kp и Dst индексов геомагнитной активности, интегрального потока электронов ВРПЗ с энергией более 0,6 МэВ, протонов ГКЛ с энергией более 100 МэВ и дифференциальных потоков электронов ВРПЗ с энергией 625 и 925 кэВ по данным измерений на геостационарной орбите.

### 3.12. Периодические изменения интенсивности потоков ионизирующих излучений в магнитосфере Земли связанные с периодическими изменениями динамических характеристик межпланетной среды

Показано, что вблизи минимума солнечной активности, флуктуации галактических космических лучей с периодом вращения Солнца происходят в противофазе с флуктуациями скорости солнечного ветра.

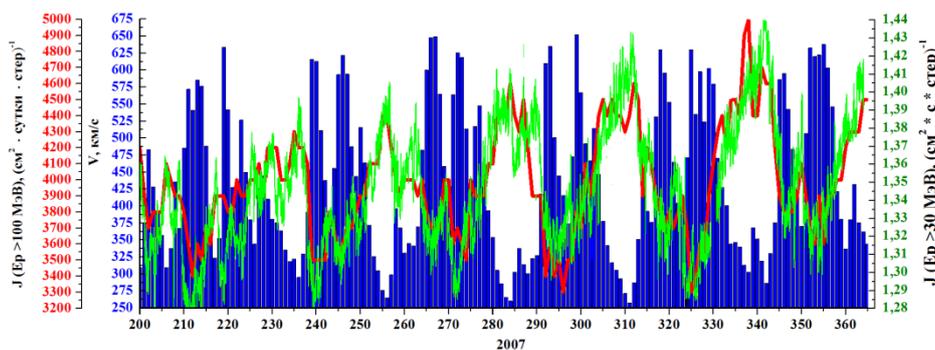


Рисунок 3.12.1.

Флуктуации скорости солнечного ветра и интегральных потоков частиц ГКЛ в период с 200 до 365 дня 2007 года.

### 3.13. Новый математический подход к анализу медицинских данных

Показано, что применение традиционно геофизического инструмента - деконволюции по форме импульса - оправдано для использования в анализе медицинских данных. В частности, на основе анализа предшествующего реализованного спроса, т.е. числа ежедневных обращений больных к врачам-кардиологам в поликлиниках Москвы в 2014-2015 годах, был разработан прогноз таких обращений на 2016 г. Сопоставление прогнозируемых величин с реальным числом обращений в первом квартале 2016 г. показало высокую степень достоверности прогноза, средняя абсолютная процентная ошибка прогноза составила всего 3,49%. В сезонном распределении были подтверждены зимние максимумы и летние минимумы числа обращений к врачам-кардиологам. Установлено, что наиболее посещаемым днем недели оказался вторник, однако, на кривой посещаемости во вторник также наблюдаются летние минимумы и зимние максимумы.

### 3.14. Влияние космической погоды на показатели жесткости артерий и функцию эндотелия человека

Использован алгоритм дифференциальной эволюции для обнаружения биотропного воздействия геомагнитной активности (Kp-индекс) на показатели сосудистого тонуса здоровых добровольцев. Наиболее чувствительными к воздействию космической погоды оказались параметры: скорость распространения пульсовой волны (СРПВ). Впервые показано, что степень влияния геомагнитной активности зависит от конфигурации параметров земной погоды. Линейная корреляция между K-индексом и СРПВ:  $-0.44(p = 0.0003)$ , причем взаимосвязь проявляется в исключительно при благоприятных условиях земной погоды.

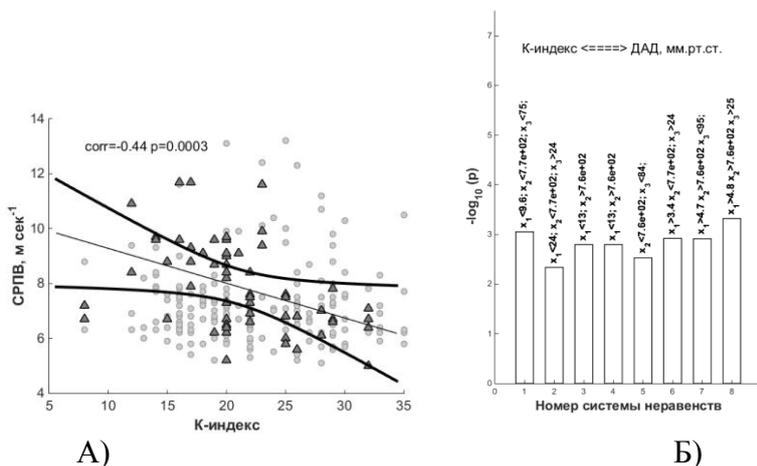


Рисунок 3.14.1.

А) Диаграмма рассеяния «К-индекс - СРПВ» при соотношениях погодных факторов, найденных оптимизационным алгоритмом. СРПВ достоверно снижается при увеличении К-индекса в основном при температуре атмосферы  $T > 5^{\circ}\text{C}$ , давлении  $P < 760$  мм.рт.ст и влажности воздуха  $H > 40\%$  Б) Диаграмма неравенств для вариантов соотношений атмосферных температуры, давления и влажности.

### 3.15. Влияние нулевого магнитного поля на сердечно-сосудистую систему и микроциркуляцию

Воздействие слабого («нулевого») магнитного поля на сердечнососудистую систему 32 –х здоровых волонтеров исследовалось в лабораторных условиях с помощью специально разработанной и построенной установки АРФА. Магнитное поле ослаблялось более, чем в  $10^2$  раз на частотах  $< 5$  Гц и более, чем в 10 раз на частоте 50 Гц. Установлено, что после 30–40 минут экспозиции в нулевом магнитном поле отмечен максимальный рост физиологических показателей свидетельствующих об активации регуляторных механизмов вегетативной нервной системы в группе добровольцев старше 40 лет. Существенно уменьшалась частота сердечных сокращений и диастолическое артериальное давление у всех добровольцев. Скорость капиллярного кровотока возрастала на 17% и средняя продолжительность кардиоинтервалов возрастала на 88,7% по сравнению с мнимой экспозицией.

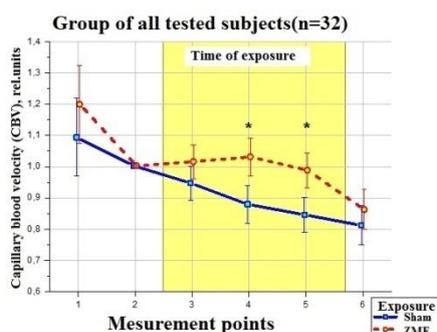


Рисунок 3.15.1.

Динамика показателей скорости капиллярного кровотока во время эксперимента по воздействию «нулевого поля» (желтый сегмент) у всех исследованных. Звездочками показаны наиболее значимые изменения.

### 3.16. Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы

Обсуждается современное состояние исследований по гелиобиофизике, междисциплинарный и многофакторный характер которой долгое время приводил к острым дискуссиям и критике со стороны специалистов, в основном физиков. Совокупность современных данных гелиобиофизики позволяет говорить о том, что биологическое действие весьма слабых переменных магнитных полей, связанных с солнечной и геомагнитной активностью, является реальностью. Однако механизмы магниторецепции всё ещё не ясны. Приводится также краткий обзор ключевых работ и теоретических концепций мирового сообщества специалистов, работающих в этой области и оцениваются перспективы развития актуальных исследований в этой области.

### 3.17. Оптимизация лечения метео-и гелиомагниточувствительных больных с артериальной гипертензией с помощью адаптогенов (мелатонина, мебикара, элтацина)

Выявлены корреляционные отношения между параметрами гемодинамики и факторами земной и космической погоды средней и слабой степени у больных с артериальной гипертензией. Установлено, что под влиянием традиционной терапии не происходит уменьшения корреляционных связей между показателями гемодинамики при воздействии факторов земной и космической погоды. Под влиянием ингибиторов ангиотензин - превращающего фермента (АПФ – фермент, способствующий вазоконстрикции) и блокаторов рецепторов ангиотензина 2 происходит ослабление корреляционных связей между изменениями артериального давления и частоты сердечных сокращений и метео-геомагнитными факторами (температурой воздуха, атмосферного давления, относительной влажностью и Кр-индексом геомагнитной активности) у мужчин и женщин. Мужчины по сравнению с женщинами более подвержены воздействию факторов земной и космической погоды.

### **3.18. Исследование реакции сердечно-сосудистой системы человека на действие геомагнитных и атмосферных факторов**

Предложен и реализован новый методологический подход к проблеме, который позволил объяснить наблюдавшуюся ранее в гелиобиологии видимую несогласованность результатов наблюдений и выявить новые пространственно-временные закономерности реакции. На примере изучения временных рядов физиологических показателей 292-х волонтеров показано, что из факторов земной и космической погоды наибольшее влияние на организм оказывают температура воздуха и общий уровень геомагнитной возмущенности. Показаны нелинейность и немонотонность характера реакции показателей центральной гемодинамики на вариации этих факторов на индивидуальном уровне, произведена оценка их амплитудно-частотных характеристик (время развития реакции, ее длительность, размах). Предложены рабочие модели, объясняющие полученные функциональные зависимости и допускающие экспериментальную проверку. Обнаружена синхронность вариаций пульса здорового человека и вектора геомагнитной индукции в диапазоне минутных периодов, экспериментально подтверждающий теорию резонансного влияния магнитного поля на биологические объекты.

## **4. ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕЛИОСФЕРЫ**

Руководитель д.ф.-м.н. Измоденов В.В.

### **4.1. Разработка модели гелиосферы с двумя джетами в хвостовой области**

В работах Orpher et al. (2015) и Drake et al. (2015) было показано, что гелиосферное магнитное поле приводит к формированию структуры с двумя “хвостами” (или джетами), т.е. топология гелиосферы представляет собой загнутую трубу, а не пузырь, как считалось ранее (см. Рис. 4.1.1). В данной работе мы провели детальное теоретическое исследование этого вопроса в упрощенной постановке. А именно, мы рассмотрели взаимодействие сверхзвукового замагниченного источника с окружающей неподвижной межзвездной средой. Магнитное поле источника (звезды) имеет только азимутальную компоненту. В безразмерном виде решение такой задачи определяется одним безразмерным параметром – альвфеновским числом Маха. Проведено параметрическое исследование и выявлена зависимость геометрической структуры джетов от значения определяющего параметра.

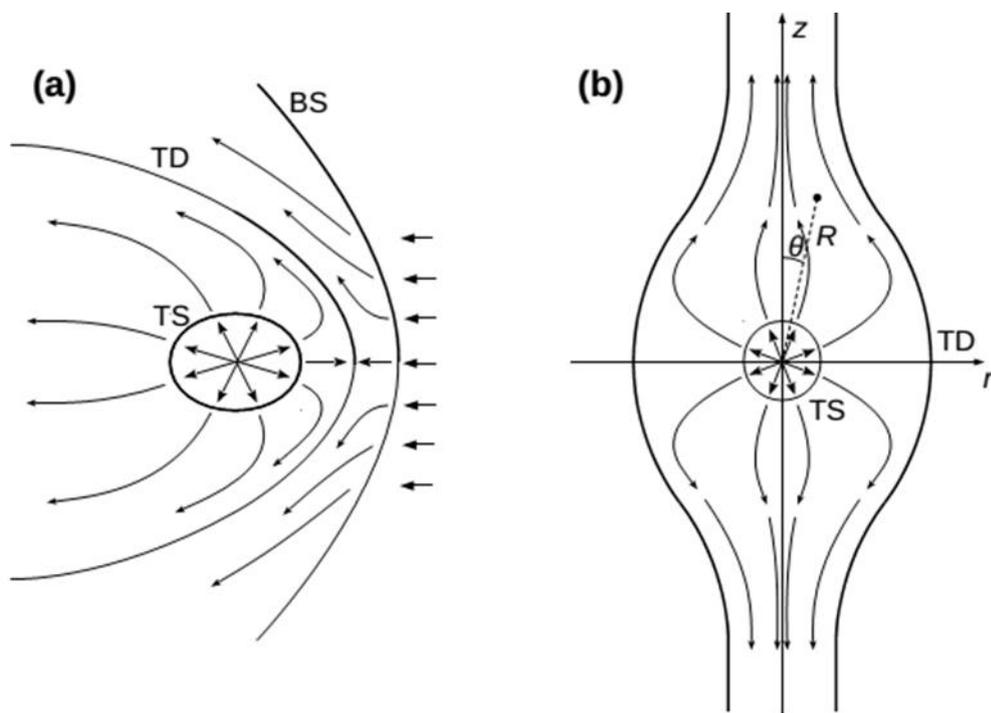


Рисунок 4.1.1.

Качественная картина области взаимодействия звездного ветра с межзвездной средой. А. Классический вариант “пузыря”. В. Топология “трубы” (в данном случае межзвездная среда покоится).

#### 4.2. Исследование распределения захваченных протонов во внутреннем ударном слое: дрейфовое ускорение на гелиосферной ударной волне

В работе проведено моделирование процесса дрейфового ускорения захваченных протонов на гелиосферной ударной волне с учетом анизотропии функции распределения захваченных протонов по скоростям, а также вариаций направления гелиосферного магнитного поля. Показано, что дрейфовое ускорение на квази-перпендикулярной ударной волне позволяет объяснить спектры энергичных протонов (с энергиями от 30 кэВ до нескольких мэВ), измеренные на космических аппаратах Вояджер-1 и Вояджер-2 (см. Рис. 4.2.1). Численное моделирование проводилось в рамках трехмерной кинетико-МГД модели гелиосферного ударного слоя. МГД-уравнения для плазмы, кинетическое уравнение Больцмана для межзвездных атомов водорода и уравнение типа Фоккера-Планка для захваченных протонов решаются самосогласованно методом глобальных итераций. Информация о вариациях направления магнитного поля взята из прямых измерений на Вояджерах. Расчеты проводились для различных углов наклона гелиосферного токового слоя. Показано, что в том случае, когда Вояджеры находятся внутри области, занятой гелиосферным токовым слоем, происходит достаточно эффективное дрейфовое ускорение захваченных протонов на гелиосферной ударной волне, в результате чего образуются “хвосты” в энергетическом спектре. Если же Вояджер находится вне токового слоя, то ускорение не происходит (поскольку поле всегда перпендикулярно радиальному направлению), что видно из сравнения различных кривых на Рис. 4.2.1. Преимуществом данной модели является отсутствие свободных параметров.

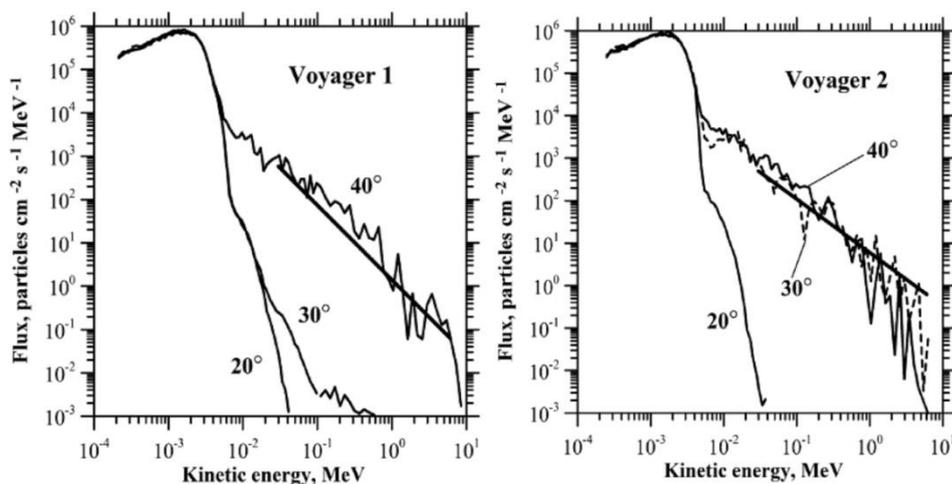


Рисунок 4.2.1.

Энергетические спектры захваченных протонов за гелиосферной ударной волной. Толстая прямая линия показывает результаты измерений на Вояджере 1 и 2. Различные кривые – это результаты численного моделирования для отмеченных углов наклона гелиосферного токового слоя.

### 4.3. Интерпретация измерений потоков энергичных частиц на аппарате Вояджер-1 на расстоянии 122 а.е. от Солнца

В 2012 г. измерения энергичных частиц на Вояджере-1 показали резкое падение потоков аномальных (гелиосферных) космических лучей и рост потоков галактических космических лучей. Магнитное поле немного выросло по величине, но его направление не изменилось по сравнению с гелиосферным магнитным полем. Косвенные измерения показывают также рост концентрации электронов. Все эти данные могут быть интерпретированы как пересечение Вояджером контактного разрыва – гелиопаузы. Однако, отсутствие резкого изменения направления магнитного поля вызывает вопросы и дискуссии в научном сообществе. В данной работе нами предложено качественное объяснение измерений энергичных частиц на Вояджере 1 без пересечения гелиопаузы. А именно, область занятая токовым слоем (отмеченная серым цветом на Рис. 4.3.1) является областью накопления энергичных частиц (энергии от 30 кэВ до нескольких мэВ), которые эффективно ускоряются на гелиосферной ударной волне. Концентрация частиц внутри этой области на несколько порядков выше, чем снаружи. Если Вояджер в 2012 г. пересек границу этой области, то пересечение должно было сопровождаться падением потоков гелиосферных частиц, которое и наблюдалось в измерениях. Кроме того, из баланса давлений можно показать, что магнитное поле должно увеличиться при пересечении границы области, что также подтверждается наблюдениями.

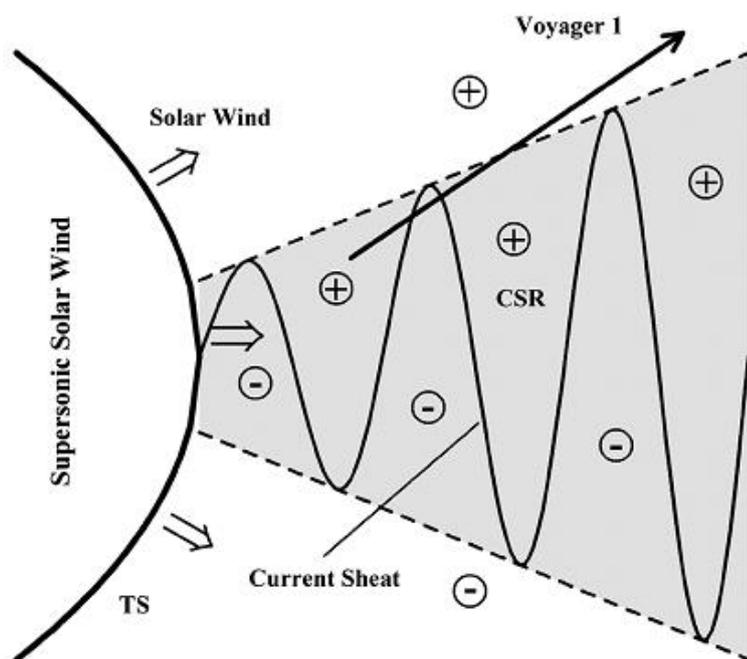


Рисунок 4.3.1.

Качественная картина гелиосферного токового слоя и траектория аппарата Вояджер-1, иллюстрирующая предложенный механизм.

#### 4.4. Диагностика “водородной стенки” и параметров межзвездной среды с помощью измерений Лайман-альфа излучения на аппарате Вояджер 1

“Водородная стенка” – это увеличение концентрации межзвездных атомов водорода снаружи гелиопаузы за счет эффективной перезарядки на заторможенных межзвездных протонах и рождения заторможенных вторичных атомов водорода. Положение и конфигурация водородной стенки определяется, во-первых, параметрами Локальной межзвездной среды (ЛМС), и, во-вторых, свойствами плазмы в районе границы гелиосферы. Одним из способов удаленной диагностики водородной стенки является измерения рассеянного на атомах солнечного Лайман-альфа излучения. Лайман-альфа фотоны, рассеянные в водородной стенке имеют большой доплеровский сдвиг и не поглощаются внутри гелиосферы. Поэтому их можно “увидеть” изнутри гелиосферы.

В данной работе мы проанализировали измерения Лайман-альфа излучения на Вояджере 1 в период с 1993 по 2003 гг. Впервые удалось найти характеристику (а именно, отношение интенсивностей в хвостовой и носовой частях гелиосферы), которая зависит от высоты и положения водородной стенки. Были проведены расчеты с различными параметрами ЛМС и соответствующими водородными стенками (см. Рис. 4.4.1). Показано, что наилучшее совпадение с данными Вояджера удается получить для достаточно высокой и близкой к Солнцу водородной стенки (Модель 3 на Рис. 4.4.1). Данная диагностика позволяет получить дополнительные ограничения на параметры ЛМС, которые используются в моделях границы гелиосферы.

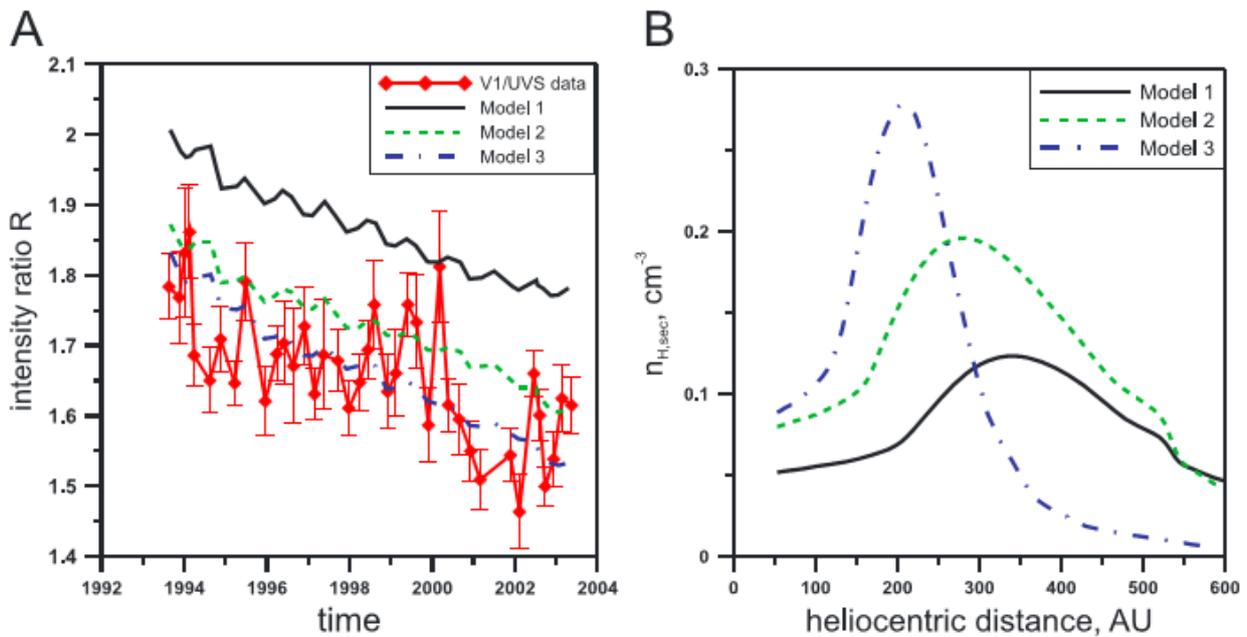


Рисунок 4.4.1.

А. Отношение интенсивностей, полученное из данных Вояджера 1 и трех различных моделей. В. Водородные стенки, соответствующие трем рассматриваемым моделям.

## 5. ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВЕЗД

Руководитель д.ф.-м.н. Бисноватый-Коган Г.С.

### 5.1. Численное моделирование магниторотационного механизма взрыва сверхновых с коллапсирующим ядром: исследование МГД неустойчивостей; уравнение состояния горячей сверхплотной материи и нейтринный перенос

При численном моделировании магниторотационного (МР) механизма взрыва сверхновых с коллапсирующим ядром нами ранее была обнаружена Магнито-Дифференциально-Вращательная неустойчивость, приводящая к экспоненциальному росту всех компонент магнитного поля.

Для моделирования используется специально разработанная численная методика на основе операторно-разностной схемы на Лагранжевой треугольной сетке переменной структуры. При расчете неоднородных течений (в которых есть неоднородное расширение или сжатие, вихри) возникает искажение сетки и дальнейший расчет становится невозможным. Для продолжения расчетов применяется процедура перестройки сетки и пересчета сеточных функций на новую сеточную структуру. Для пересчета сеточных функций нами разработан и используется метод, основанный на условной минимизации специально построенных функционалов. Например, для интерполяции плотности минимизируется специально построенный функционал, при условии локально выполнения закона сохранения массы. Получены аналитические формулы для пересчета плотности. Для пересчета давления применяется итерационный метод. При численном моделировании МГД астрофизических задач требуется также переинтерполировать сеточные функции компонент напряженности магнитного поля. Нами была разработана методика переинтерполяции, сохраняющая не

только покомпонентно магнитную энергию, но также и поток (дивергенцию магнитного поля). Интерполяция сеточных функций с учетом выполнения законов сохранения является наиболее естественной, и позволяет корректно рассчитывать течения газа, используя Лагранжеву сетку переменной структуры даже при наличии ударных волн в течении.

## 5.2. Численное моделирование лабораторного астрофизического эксперимента имитирующего образование астрофизических джетов. Расчет кинетических коэффициентов для вырожденных электронов в замагниченной нейтронной звезде на основе решения уравнения Больцмана

Проведено численное МГД моделирование лабораторного эксперимента, имитирующего образование астрофизических струйных выбросов (джетов). Для описания процессов, происходящих с веществом мишени при мгновенном нагреве лазерным пучком и моделирования течения плазмы был выбран численный метод, определены граничные и начальные условия. Исследованы два случая: 1) без магнитного поля и 2) с внешним постоянным полоидальным магнитным полем, направленным перпендикулярно мишени. Исследована картина течения вещества, которая сопоставлена с экспериментом. Найдено распределение плотности вещества на различных расстояниях от мишени и в различные моменты времени, и исследованы возможные структуры вещества на поверхности детектора.

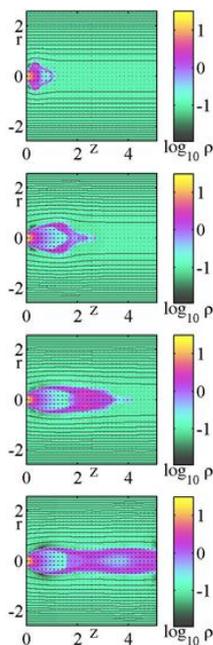


Рисунок 5.2.1.

Наблюдения теплового излучения от нейтронных звезд могут предоставить информацию о магнитном поле, температуре и химическом составе внешних областей звезды. Магнитное поле ограничивает движение электронов в направлении, перпендикулярном к силовым линиям и, поскольку электроны являются основными переносчиками тепла, теплопроводность в этих направлениях подавляется, а вдоль силовых линий остается неизменной. Таким образом, анизотропное распределение температуры возникает в областях с низкой плотностью и в области с промежуточной плотностью (твердая кора). Теплопроводность это основная величина, необходимая для вычисления отношения между внутренней температуры нейтронной звезды и эффективной температурой её поверхности,

это отношения влияет на тепловую эволюцию звезды и спектров её излучения. Для расчета теплопроводности необходимо знать транспортные свойства плотной материи, где электроны являются вырожденными и образуют почти идеальный ферми-газ, а ионы не вырождены и образуют кулоновскую жидкость или кулоновский кристалл. В таких условиях электроны наиболее важные теплоносители, и теплопроводность определяется диффузией электронов.

Получено решение уравнения Больцмана методом Чепмена-Энскога для полностью ионизованной плазмы с учетом магнитного поля для произвольно вырожденных электронов и невырожденных ядер. Для расчета приближенного решения были использованы функции, обобщающие полиномы Сонина. Получено аналитическое выражение в трех-полиномиальном приближении с учетом электрон-электронных столкновений для тензора теплопроводности для невырожденных электронов в магнитном поле. Учет третьего члена значительно улучшает точность результатов. Для сильно вырожденных электронов найдено асимптотически точное аналитическое решение для тензора теплопроводности с учетом магнитного поля. Это решение существенно сложнее зависит от магнитного поля, чем результаты опубликованные ранее.

### **5.3. Движение массивных частиц и тел со спином в гравитационном поле черных дыр вблизи горизонта событий**

Было рассмотрено движение классических вращающихся пробных частиц в экваториальной плоскости Керровской черной дыры, в случае, когда спин частиц перпендикулярен этой плоскости. Параметры последних устойчивых круговых орбит, а именно радиус, полный угловой момент, энергия и орбитальная угловая частота были исследованы численно и аналитически. Параметры вычислены численно для различных значений углового момента черной дыры, и была исследована их зависимость от углового момента черной дыры и величины спина пробной частицы. Было описано, как вычислять аналитически малые по спину поправки к параметрам орбит для произвольной величины углового момента черной дыры. Также обсуждалось использование понятия "орбитальный угловой момент". Была исследована энергия связи для таких орбит. Показано, что эффективность аккреции на экстремальную Керровскую черную дыру может быть больше известной максимальной эффективности (42%), если пробное тело имеет спин.

### **5.4. Исследование автомодельного решения о распространении сильной ударной волны в расширяющейся Вселенной**

Задача посвящена исследованию свойств аналитически полученного автомодельного решения в задаче о распространении сильной ударной волны в однородной расширяющейся среде, соответствующей плоской расширяющейся Вселенной в модели Фридмана. Исследованы свойства решения, в которых обнаружены сингулярности, связанные с сингулярностью в решении Фридмана. Аналитические решения для различных значений показателя адиабаты принципиально отличаются друг от друга.

Работа может быть полезна для дальнейшего описания ударных волн при взрывах сверхновых звезд. Из предсверхновой звезды истекает звездный ветер, который можно рассматривать как расширяющуюся среду. При взрыве сверхновой возникают ударные волны, распространяющиеся в звездном ветре. Распределение скоростей, плотностей и давлений внутри сферы, ограниченной волновым фронтом, описывается автомодельным решением.

### **5.5. Временные задержки в транзиентных космических источниках при аккреции**

Построена модель, объясняющая временные интервалы между максимумами яркости на различных длинах волн во время быстрого роста светимости, связанного с коротким периодом времени увеличения потока аккреции на компактный объект.

Выведена простая формула для временного интервала между максимумами на различных энергиях квантов для источников с аккреционными дисками, основанная на рассмотрении радиального движения вещества в диске за счет турбулентной вязкости. Эта формула дает результаты, хорошо совпадающие с наблюдаемыми, для катаклизмических переменных и транзиентных рентгеновских источников с массивными оптическими компаньонами.

Временные задержки, наблюдаемые в ряде ядер активных галактик количественно объясняются в модели падения газа с малым угловым моментом на сверхмассивную черную дыру в результате приливного разрушения близко пролетающих звезд.

## **5.6. Наблюдение оптических проявлений космических гамма-всплесков.**

### **Феноменологическое исследование излучения гамма-всплесков в активной фазе**

Проведен анализ кривых блеска 519 коротких гамма-всплесков, зарегистрированных в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL с декабря 2002 г. по май 2014 г. с целью поиска предвсплесков. В единичных случаях найдены и детально исследованы кандидаты в предвсплески по данным различных экспериментов. При статистическом анализе суммарной кривой блеска всей выборки коротких всплесков не выявлено регулярного предвсплеска. Получены оценки верхних пределов относительной интенсивности предвсплесков. Убедительные свидетельства в пользу существования предвсплесков коротких гамма-всплесков не найдены. Показано, что доля коротких гамма-всплесков, имеющих предвсплески, составляет менее 0.4% от всех коротких всплесков.

Сделана фотометрическая обработка более 240 оптических наблюдений гамма-всплесков, полученных на телескопах международной сети сопровождения гамма-всплесков. Построены кривые блеска оптических послесвечений гамма-всплесков GRB160131A, 160227A, 160623A, 160625B, 160910A, 161004A, 161014A. Проведен фотометрический анализ архивных оптических данных, а также собственных данных, полученных в предыдущие годы для GRB 030329A, построена совместная многоцветная кривая блеска в фильтрах BVRI.

Продолжается совместная работа с Институтом проблем информатики, направленная на разработку новых компьютерных методов решения астрономических задач на основе больших данных (каталогов, архивов, обзоров). Проводится работа по интеграции российских научных центров, обладающих большими коллекциями данных, в Европейские научные инфраструктуры, находящиеся в процессе создания и планирующие начать работу к 2020 году. По результатам работы представлены доклады на XVIII Международной конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных», опубликованы статьи.

## **5.7. Экспериментальные и теоретические исследования явлений, связанных с гамма-всплесками земного происхождения (TGF)**

Исследованы типичные свойства TGF, зарегистрированных экспериментом RHESSI. Рассчитаны параметры временного профиля одиночных импульсных TGFs и проведено их сравнение с параметрами импульсов, зарегистрированных экспериментом GBM. Проведено сравнение статистических данных многоимпульсных TGF зарегистрированных RHESSI. Исследованы несколько TGF, зарегистрированных экспериментом RELEC. Подготовлена публикация.

## 5.8. Численное моделирование автоволновых движений в областях активного звездообразования

Рассматривается эволюция нелинейных возмущений в термически неустойчивой газопылевой среде. Исследовано развитие тепловой неустойчивости акустического типа в областях фотодиссоциации. С помощью численного моделирования одномерных движений выявлен эффект опрокидывания бегущих волн, сопровождающийся формированием последовательности самоподдерживающихся ударных волн (автоволн). Получены следующие результаты. 1) Возникновение автоволновых структур не зависит от геометрии движения (плоской, цилиндрической или сферической). Характерные времена нарастания возмущений составляют порядка тысяч - сотен тысяч лет. 2) Установлено явление насыщения амплитуды волн (см. рисунок 5.8.1), когда достигается конечное значение амплитуды, практически не зависящее от величины начальных возмущений. При наступлении режима насыщения скорость газа за ударным фронтом составляет около половины скорости звука в невозмущенном газе. Следовательно, автоволны могут вносить заметный вклад в дисперсию скоростей атомарного и молекулярного газа и в процессы формирования молодых звездных объектов в областях фотодиссоциации.

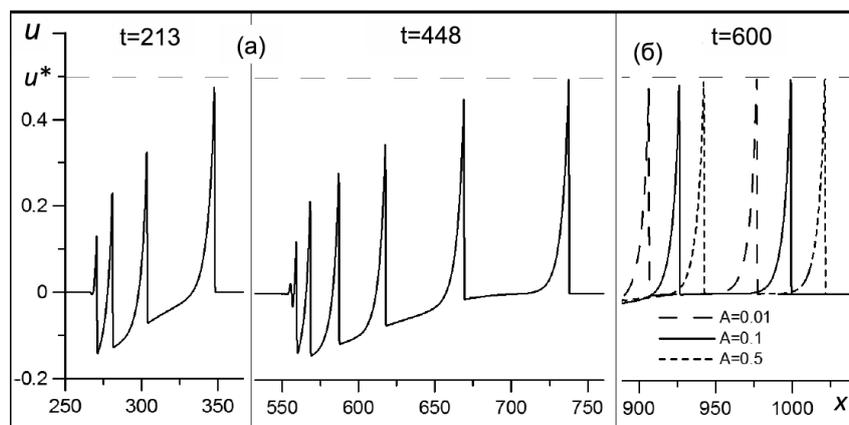


Рисунок 5.8.1.

Насыщение амплитуды возмущения скорости: (а) - эволюция волн для начальной амплитуды  $A=0.1$ ; (б) - влияние  $A$  (показаны лидирующие волны).

## 5.9. Анализ энтропийных возмущений в потоках термически неустойчивой двухтемпературной плазмы

Разработана и реализована гидродинамическая модель развития конденсационной моды тепловой неустойчивости в условиях нагрева электронов путем термализации энергичных нетепловых фотоэлектронов и потерь энергии средой на возбуждение колебательных и вращательных уровней и электронных состояний нейтральных молекул. В рамках линейной теории и на основе численного моделирования определен темп нарастания возмущений и выявлена возможность существования в газе «горячей» и «холодной» фракций. Применительно к истечению газа из ядер комет найдено, что следствием развития тепловой неустойчивости является значительное локальное уменьшение концентрации ионов водяной группы. Результаты расчетов количественно согласуются с измерениями концентрации положительных ионов вдоль траектории аппарата Giotto.

## 5.10. Обнаружение новой истинной LBV-звезды

Проанализированы данные спектроскопического и фотометрического мониторингов кандидата в яркие голубые переменные (Luminous Blue Variable; LBV) звезды MN48,

выделенного благодаря обнаружению вокруг него инфракрасной оболочки с помощью космического телескопа «Спитцер».

Оптическая спектроскопия центральной звезды оболочки, проведенная в 2011 г. с помощью 10-м телескопа SALT Южноафриканской обсерватории, показала, что звезда имеет спектр характерный для горячих LBV-звезд. Для подтверждения LBV статуса MN48, в 2013–2015 гг. были получены три дополнительных спектра с помощью SALT. Обнаружены существенные изменения в спектре звезды, указывающих на то, что звезда стала горячее за последние несколько лет. Этот вывод согласуется с данными фотометрических наблюдений в 2010-2016 гг., показавшим, что начиная с 2011 г. звезда стала значительно голубее (рис. 5.10.1). Полученные результаты подтвердили, что MN48 является истинной LBV-звездой. Открытие новой (восемнадцатой по счету) истинной LBV-звезды в Нашей галактике имеет важное значение для теории эволюции массивных звезд.

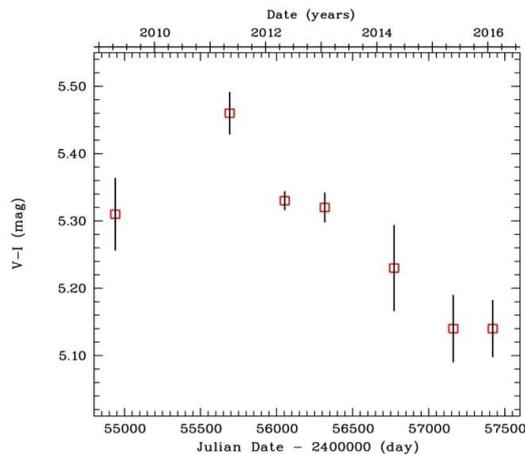


Рисунок 5.10.1.

Изменение  $V-I$  цвета MN48 в 2010–2016 гг. (Kniazev, Gvaramadze & Berdnikov 2016).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2016г. по теме ПЛАЗМА. Проведение фундаментальных исследований в области физики космической плазмы, солнечно-земных связей и физики магнитосферы.

Наиболее важные результаты:

Механизм вспышечных пульсаций жесткого рентгеновского излучения

Исследование квазиadiaбатической динамики заряженных частиц в сильных токовых слоях в солнечном ветре

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Список опубликованных работ в 2016 по теме «ПЛАЗМА»:

**Всего научных публикаций в 2016г (включая те, что будут опубликованы в 2017г.) 510**

статьи в зарубежных изданиях: **87**

статьи в отечественных научных рецензируемых журналах: **55**

в печати: **34**

статьи в сборниках материалов конференций: **30**

доклады, тезисы, циркуляры: **287**

статьи в научно-популярных изданиях: **2**

статьи в нерцензируемых изданиях: **3**

монографии: **12**

публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными: **117**

число публикаций работников научной организации в базе Web of Science и Scopus: **132**

**статьи со ссылками на РНФ: 16**

### *Статьи в зарубежных журналах:*

1. Alexashov D.B., Katushkina O.A., Izmodenov V.V., Akaev P.S., Interstellar dust distribution outside the heliopause: deflection at the heliospheric interface, MNRAS, V. 458, P. 2553-2564, 2016, doi: 10.1093/mnras/stw514. **(Статья РНФ)** Impact Factor 4.952
2. Artemyev A. V., A. I. Neishtadt, A. A. Vasiliev, and D. Mourenas, Kinetic equation for nonlinear resonant wave-particle interaction, Physics of Plasmas 23, 090701 (2016) **(ссылка на РНФ)** Impact Factor 2.207
3. Artemyev A. V., D. L. Vainchtein, A. I. Neishtadt, and L. M. Zelenyi. Charged particle dynamics in turbulent current sheets. Physical Review E 93, 053207 (2016) **(ссылка на РНФ)** Impact Factor 2.252
4. Artemyev A. V., I. V. Zimovets, and R. Rankin, Electron trapping and acceleration by kinetic Alfvén waves in solar flares. (2016) A&A 589, A101, DOI: 10.1051/0004-6361/201527617 Impact Factor 5.185
5. Artemyev A. V., I. Y. Vasko, V. Angelopoulos, and A. Runov, Effects of electron pressure anisotropy on current sheet configuration. Physics of Plasmas 23, 092901 (2016) Impact Factor 2.207
6. Artemyev A.V., Zimovets I.V., Rankin R. Electron trapping and acceleration by kinetic Alfvén waves in solar flares, Astron. Astrophys., Vol. 589, id.A101, 7 pp. (05/2016), DOI:10.1051/0004-6361/201527617, Impact Factor: 5.185.
7. Artemyev Anton, Oleksiy Agapitov, Didier Mourenas, Vladimir Krasnoselskikh, Vitalii Shastun, Forrest Mozer. (2016) Oblique Whistler-Mode Waves in the Earth's Inner Magnetosphere: Energy Distribution, Origins, and Role in Radiation Belt Dynamics. Space Sci. Rev. V. 200, 261–355, DOI 10.1007/s11214-016-0252-5 Impact Factor 7.242
8. Artemyev, A. V., R. Rankin, and I. Y. Vasko (2016), Upper limit of electron fluxes generated by kinetic Alfvén waves in Maxwellian plasma, J. Geophys. Res., 121, 8361–8373, doi:10.1002/2016JA023076. Impact Factor 3.426
9. Artemyev, A. V., V. Angelopoulos, A. Runov, and A. A. Petrokovich (2016), Properties of current sheet thinning at  $x \sim -10$  to  $-12$  RE, J. Geophys. Res., 121, 6718–6731, doi:10.1002/2016JA022779. Impact Factor 3.426

10. Artemyev, A. V., V. Angelopoulos, and A. Runov (2016), On the radial force balance in the quiet time magnetotail current sheet, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, 4017–4026, doi:10.1002/2016JA022480. Impact Factor 3.426
11. Belakhovsky, V., V. Pilipenko, D. Murr, E. Fedorov, and A. Kozlovsky, Modulation of the ionosphere by Pc5 waves observed simultaneously by GPS/TEC and EISCAT, *Earth Planets Space*, 68:102, doi: 10.1186/s40623-016-0480-7, 2016. Impact Factor 1.871
12. Bisnovatyi-Kogan, G. S.; Moiseenko, S. G. Isentropic "Shock Waves" in Numerical Simulations of Astrophysical Problems. *Astrophysics*, 59, 1 (2016) doi: 10.1007/s10511-016-9410-4 (Г.С.Бисноватый-Коган, С.Г.Моисеенко Изоэнтропические "ударные волны" при численном моделировании в астрофизических задачах. *Астрофизика*, 2016 т59, вып.1 сс 5-13) Impact Factor: 0.735 (**РНФ 15-12-30016**)
13. Bisnovatyi-Kogan, G.S., Lyakhova, Ya.S. Properties of magneto-dipole X-ray lines in different radiation models. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 456, Issue 3, p.3186-3193 (2016) Impact Factor 4.952
14. Błęcki Jan, Michel Parrot, Jan Słomiński, Małgorzata Kościesza, Roman Wronowski and Sergey Savin, Evolution of the Ionospheric Plasma Turbulence over Seismic and Thunderstorm Areas, *Journal of Environmental Science and Engineering A* 6 (2016) 277-285 doi:10.17265/2162-5298/2016.06.001
15. Bravo M., V.A. Pilipenko, O.V. Kozyreva, N.V. Romanova, J. Marin, and S.N. Samsonov, Geomagnetic and ionospheric response to SC on March 17, 2015, as observed by magnetometers and GPS/TEC technique, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 2016. Impact Factor: 3.426
16. Carlevaro, N.; Milovanov, A.V.; Falessi, M.V.; Montani, G.; Terzani, D.; Zonca, F. Mixed Diffusive-Convective Relaxation of a Warm Beam of Energetic Particles in Cold Plasma. *Entropy* 2016, 18, 143. Impact Factor 1.743
17. Catapano Filomena, Gaetano Zimbardo, Silvia Perri, Antonella Greco, and Anton V. Artemyev. Proton and heavy ion acceleration by stochastic fluctuations in the Earth's magnetotail. *Ann. Geophys.*, 34, 917–926, 2016, doi:10.5194/angeo-34-917-2016 Impact Factor 1.731
18. Chalov S.V., Alexashov D.B., Voyager 1 observations of the termination shock particles in the inner heliosheath at 122 au, *Astrophysics and Space Science*, Volume 361, Issue 7, article id.219, 4 pp., 2016. Impact Factor 1.678
19. Chalov S.V., Malama Yu.G., Alexashov D.B., Izmodenov V.V., Acceleration of interstellar pickup protons at the heliospheric termination shock: Voyager 1/2 energetic proton fluxes in the inner heliosheath, *MNRAS*, V. 455, Is. 1, p. 431-437, 2016. (**статья РНФ**) Impact Factor 4.952
20. Chernyshov A.A., A.S. Petrosyan, “Discrete Filters for Large-eddy Simulation of Forced Compressible Magnetohydrodynamic Turbulence”, *Physica Scripta*, vol.91, 064002, p. 1-10, 2016. Impact Factor 1.194
21. Dobrev P. S., M. D. Kartalev, N. L. Borodkova, G. N. Zastenker. Near-magnetopause magnetosheath in 3D gasdynamic module of the numerical magnetosheath-magnetosphere model. *Advances in Space Research*, 2016, V. 58. Issue 2. PP.188-195.doi:10.1016/j.asr.2015.11.008. Impact Factor: 1.409
22. Dumin Yu.V. Comment on Temperature Inversion in Long-Range Interacting Systems. *Physical Review E*, 2016, v. 93, N 6, p. 066101. Impact Factor 2.252
23. Fedorov E., N. Mazur, V. Pilipenko, and E. Ermakova, Modeling diurnal variations of the IAR parameters, *Acta Geodaetica et Geophysica*, doi: 10.1007/s40328-015-0158-9, 2016. Impact Factor 0.528
24. Fedorov, E., N. Mazur, V. Pilipenko, and L. Baddeley (2016), Modeling the high-latitude ground response to the excitation of the ionospheric MHD modes by atmospheric electric discharge, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2016JA023354. Impact Factor: 3.426

25. Fedorov, E., N. Mazur, V. Pilipenko, and M. Engebretson, Interaction of magnetospheric Alfvén waves with the ionosphere in the Pc1 frequency band, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, 321–337, doi: 10.1002/2015JA021020, 2016. Impact Factor: 3.426
26. Freij N. Dorotovic I., Morton R. J., Ruderman M. S., Karlovský V. and Erdélyi R. On the properties of slow MHD sausage waves within small-scale photospheric magnetic structures. *Astrophys. Journal*, 817: 44, 2016. Impact Factor: 5.909
27. Freij N. Dorotovic I., Morton R. J., Ruderman M. S., Karlovský V. and Erdélyi R. On the properties of slow MHD sausage waves within small-scale photospheric magnetic structures. *Astrophys. Journal*, 817: 44, 2016. Impact Factor: 5.909
28. Gao, X., D. Mourenas, W. Li, A. V. Artemyev, Q. Lu, X. Tao, and S. Wang (2016), Observational evidence of generation mechanisms for very oblique lower band chorus using THEMIS waveform data, *J. Geophys. Res.*, 121, 6732–6748, doi:10.1002/2016JA022915. Impact Factor 3.426
29. Goddard C.R., Nistico G., Nakariakov V.M., Zimovets I.V. A statistical study of decaying kink oscillations detected using SDO/AIA, *Astron. Astrophys.*, Vol., 585, id. A137, 9 pp. (01/2016), DOI:10.1051/0004-6361/201527341, Impact Factor: 5.185.
30. Goddard C.R., Nistico G., Nakariakov V.M., Zimovets I.V., White S.M. Observation of quasi-periodic solar radio bursts associated with propagating fast-mode waves // *Astron. & Astrophys.*, Vol. 594, id.A96, 8 pp. (10/2016), DOI:10.1051/0004-6361/201628478, Impact Factor: 5.185.
31. Grigorenko E. E., E. A. Kronberg, P. W. Daly, N. Yu. Ganushkina, B. Lavraud, J.- A. Sauvaud, L. M. Zelenyi, Origin of low proton-to-electron temperature ratio in the Earth's plasma sheet, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2016JA022874, 2016. Impact Factor: 3.426
32. Gurfinkel Yu.I., O.Yu. At'kov, A.L. Vasin, T.K. Breus, M.L. Sasonko, R.Yu. Pishchalnikov, Effect of zero magnetic field on cardiovascular system and microcirculation, *Life Sciences in Space Research*, 8 (2016) 1-7
33. Ilyasov A.A., A.A. Chernyshov, M.M. Mogilevsky, I.V. Golovchanskaya, B.V. Kozelov, "Influences of shear in the ion parallel drift velocity and of inhomogeneous perpendicular electric field on generation of oblique ion acoustic waves", *Journal of Geophysical Research (Space Physics)*, V.121, pp.2693–2703, doi:10.1002/2015JA022117, 2016 Impact Factor: 3.426
34. Izhovkina N.I., S.N. Artekha, N.S. Erokhin and L.A. Mikhailovskaya. Interaction of Atmospheric Plasma Vortices. *Pure and Applied Geophysics*, 2016, v.173, № 6, pp. 2945–2957. Impact Factor 1.677
35. Izvekova Yu.N., Popel S.I. Charged dust motion in Dust Devils on Earth and Mars, *Contributions to Plasma Physics*. 2016. V. 56. Issue 3-4. P. 263-269.
36. Katushkina O. A., Quemerais E., Izmodenov V. V., Alexashov D. B., Sandel B. R., Remote diagnostic of the hydrogen wall through measurements of the backscattered solar Lyman alpha radiation by Voyager 1/UVS in 1993-2003, *J. of Geophys. Res.*, Volume 121, Issue 1, pp. 93-102, 2016. Impact Factor: 3.426
37. Kimura, M.; Isogai, K.; Kato, T.; Ueda, Y.; Nakahira, S.; Shidatsu, M.; Enoto, T.; Hori, T.; Nogami, D.; Littlefield, C.; Ishioka, R.; Chen, Y.-T.; King, S.-K.; Wen, C.-Y.; Wang, S.-Y.; Lehner, M. J.; Schwamb, M. E.; Wang, J.-H.; Zhang, Z.-W.; Alcock, C.; Axelrod, T.; Bianco, F. B.; Byun, Y.-I.; Chen, W.-P.; Cook, K. H.; Kim, D.-W.; Lee, T.; Marshall, S. L.; Pavlenko, E. P.; Antonyuk, O. I.; Antonyuk, K. A.; Pit, N. V.; Sosnovskij, A. A.; Babina, J. V.; Baklanov, A. V.; Pozanenko, A. S.; Mazaeva, E. D.; Schmalz, S. E.; Reva, I. V.; Belan, S. P.; Inasaridze, R. Ya.; Tungalag, N.; Volnova, A. A.; Molotov, I. E.; Miguel, E. De; Kasai, K.; Stein, W. L.; Dubovsky, P. A.; Kiyota, S.; Miller, I.; Richmond, M.; Goff, W.; Andreev, M. V.; Takahashi, H.; Kojiguchi, N.; Sugiura, Y.; Takeda, N.; Yamada, E.; Matsumoto, K.; James, N.; Pickard, R. D.; Tordai, T.; Maeda, Y.; Ruiz, J.; Miyashita, A.; Cook, L. M.; Imada, A.; Uemura, M., Repetitive patterns in rapid optical variations in the nearby black-hole binary V404 Cygni, 2016, *Nature*, Volume 529, Issue 7584, pp. 54-58 (2016) (PHΦ 15-12-30016) Impact Factor 42.351

38. Klimachkov D.A., Petrosyan A.S., Parametric Instabilities in Shallow Water Magnetohydrodynamics Of Astrophysical Plasma in External Magnetic Field, *Phys. Lett. A*, DOI 10.1016/j.physleta.2016.10.011, 8p., 2016. Impact Factor 1.677
39. Kniazev A.Y., Gvaramadze V.V., Berdnikov L.N., MN48: a new Galactic bona fide luminous blue variable revealed by Spitzer and SALT, 2016, *MNRAS*, 459, 3068-3077. Impact Factor 4.952
40. Kozlovsky Alexander, Renata Lukianova, Sergey Shalimov, Mark Lester. Mesospheric temperature estimation from meteor decay times during Geminids meteor shower. *J. Geophys. Res.*, 2016, v.121, Issue 2, pp. 1669-1679. Impact Factor: 3.426
41. Kozyreva O.V., V.A. Pilipenko, V.B. Belakhovsky, and Ya.A. Sakharov, Ground geomagnetic and GIC response to St. Patrick's (17 March 2015) storm, *Earth Planets Space*, 2016. Impact Factor 1.871
42. Krafft C. and A. S. Volokitin, Electron acceleration by langmuir waves produced by a decay cascade, *The Astrophysical Journal*, 821, 99 2016, doi:10.3847/0004-637X/821/2/99 Impact Factor 5.909
43. Krasovsky V.L. Ergodic Distribution of Trapped Charged Particles in Coulomb Field. *Journal of the Physical Society of Japan*, 2016, v.85, 034501.
44. Lavraud B., Y. Zhang, Y. Vernisse, D. J. Gershman, J. Dorelli, P. Cassak, J. Dargent, C. Pollock, B. Giles, N. Aunai, M. Argall, L. Avanov, A. Barrie, J. Burch, M. Chandler, L.-J. Chen, G. Clark, I. Cohen, V. Coffey, J. P. Eastwood, S. Eriksson, R. Ergun, C. J. Farrugia, S. A. Fuselier, V. Génot, E. Grigorenko, H. Hasegawa, C. Jacquy, I. Kacem, O. Le Contel, E. MacDonald, W. Magnes, B. Mauk, T. Moore, T. Mukai, R. Nakamura, E. Penou, T. D. Phan, A. Rager, A. Retino, C. T. Russell, Y. Saito, J.-A. Sauvaud, S. Schwartz, C. Shen, S. Smith, R. Strangeway, S. Toledo-Redondo, R. Torbert, D. L. Turner, S. Wang, and S. Yokota, MMS observation of electron scattering and bouncing in the vicinity of the diffusion region at the Earth's magnetopause, *Geophys. Res. Lett.*, DOI: 10.1002/2016GL068359, 2016. Impact Factor: 4.212
45. Li W., D. Mourenas, A. V. Artemyev, J. Bortnik, R. M. Thorne, C. A. Kletzing, W. S. Kurth, G. B. Hospodarsky, G. D. Reeves, H. O. Funsten, and H. E. Spence (2016), Unraveling the excitation mechanisms of highly oblique lower band chorus waves, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 8867–8875, doi:10.1002/2016GL070386. Impact Factor 4.212
46. Lu, S., A. V. Artemyev, V. Angelopoulos, Q. Lu, and J. Liu (2016), On the current density reduction ahead of dipolarization fronts, *J. Geophys. Res.*, 121, 4269–4278, doi:10.1002/2016JA022754. Impact Factor 3.426
47. Ma, Q., D. Mourenas, A. Artemyev, W. Li, R. M. Thorne, and J. Bortnik (2016), Strong enhancement of 10–100 keV electron fluxes by combined effects of chorus waves and time domain structures, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 4683–4690, doi:10.1002/2016GL069125. Impact Factor 4.212
48. Mackey J., Haworth T.J., Gvaramadze V.V., Mohamed S., Langer N., Harries T.J., Detecting stellar-wind bubbles through infrared arcs in H II regions, 2016, *A&A*, 586, A114 (16pp); **(Статья РФ)** Impact Factor 5.185
49. Marakhova V.A., Brimova L.A., Khorseva N.I., Andrianova L.A. Problemi sfaccettati di utilizzo gadget elettronici e informatici avanzati bambini, *Italian Science Review*. 2016; 1(34). PP. 6-10. Available at URL: <http://www.iasjournal.org/archive/2016/january/Marakhova.pdf>
50. Mourenas, D., A. V. Artemyev, O. V. Agapitov, F. S. Mozer, and V. V. Krasnoselskikh (2016), Equatorial electron loss by double resonance with oblique and parallel intense chorus waves, *J. Geophys. Res.*, 121, 4498–4517, doi:10.1002/2015JA022223. Impact Factor 3.426
51. Mourenas, D., A. V. Artemyev, Q. Ma, O. V. Agapitov, and W. Li (2016), Fast dropouts of multi-MeV electrons due to combined effects of EMIC and whistler mode waves, *Geophys. Res. Lett.*, 43, doi:10.1002/2016GL068921. Impact Factor 4.212
52. Mozer F. S., O. A. Agapitov, A. Artemyev, J. L. Burch, R. E. Ergun, B. L. Giles, D. Mourenas, R. B. Torbert, T. D. Phan, and I. Vasko. Magnetospheric Multiscale Satellite Observations of

- Parallel Electron Acceleration in Magnetic Field Reconnection by Fermi Reflection from Time Domain Structures. PRL. 116, 145101 (2016) Impact Factor 7.645
53. Mozer, F. S., A. Artemyev, O. V. Agapitov, D. Mourenas, and I. Vasko (2016), Near-relativistic electron acceleration by Landau trapping in time domain structures, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 508–514, doi:10.1002/2015GL067316. Impact Factor 4.212
  54. Nakariakov V.M., Pilipenko V., Heilig B., Jelinek P., Karlicky M., Klimushkin D.Y., Kolotkov D.Y., Lee D.-H., Nistico G., Van Doorselaere T., Verth G., Zimovets I.V. Magnetohydrodynamic Oscillations in the Solar Corona and Earth's Magnetosphere: Towards Consolidated Understanding, *Space Sci. Rev.*, Vol. 200, Iss. 1-4, pp. 75-203 (04/2016), DOI:10.1007/s11214-015-0233-0, Impact Factor: 7.242
  55. Nikulin I.F., Dumin Yu.V. Coronal partings. *Advances in Space Research*, 2016, v. 57, N 3, p. 904-911. Impact Factor: 1.409
  56. Ozheredov V.A., T.K. Breus, The minimal database size and resolution of the locally linear algorithm of direct dependence recovery in helio-biology studies, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 140 (2016), 114–119, Impact Factor 1.463
  57. Pilipenko V.A., D.Yu. Klimushkin, P.N. Mager, M.J. Engebretson, and O.V. Kozyreva, Generation of resonant Alfvén waves in the auroral oval, *Annales Geophysicae*, 34, 241–248, 2016. Impact Factor 1.731
  58. Pitňa A., J. Šafránková, Z. Němeček, O. Goncharov, F. Němec, L. Přech, C. H. K. Chen, G. N. Zastenker, Density Fluctuations Upstream and Downstream of Interplanetary Shocks, *The Astrophysical Journal*, Volume 819, Issue 1, article id. 41, 9 pp., 2016, <http://dx.doi.org/10.3847/0004-637X/819/1/41> Impact Factor 5.909
  59. Rakhmanova L., Riazantseva M., Zastenker G., Correlation level between solar wind and magnetosheath plasma and magnetic field parameters, *Adv. Space Res.*, V.58 №2, pp.157-165, 2016, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.asr.2015.09.036> (благодарности: РФФИ 13-02-00819 (Застенкер)) Impact Factor 1.409
  60. Riazantseva, M.O., Budaev, V.P., Rakhmanova, L.S., Zastenker G.N., Safrankova J., Nemecek Z., Přech L., Comparison of properties of small-scale ion flux fluctuations in the flank magnetosheath and in the solar wind. *Adv. Space Res.* V.58 №2, pp.166-174, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2015.12.022>, (благодарности: РФФИ 16-02-00669 (Застенкер) Программе П22 ) Impact Factor: 1.409
  61. Ruderman M. S. and Luna M. Damping of prominence longitudinal oscillations due to mass accretion. *Astron. Astrophys.*, 591: A131, 2016. Impact Factor: 5.185
  62. Ruderman M. S. and Luna M. On the properties of slow MHD sausage waves within small-scale photospheric magnetic structures. *Astrophys. Journal*, 817: 44, 2016. Impact Factor: 5.909
  63. Ruderman M. S., Petrukhin N. S. and Pelinovsky E. On the ratio of periods of the fundamental harmonic and first overtone of magnetic tube kink oscillations. *Solar Physics*, 291: 1143–1157, 2016. Impact Factor: 2.862
  64. Rybakin B.P., Betelin V.B., Dushin V.R, Mikhilchenko E.V., Moiseenko S.G., Stamov L.I., Tyurenkova V.V., Model of turbulent destruction of molecular clouds. *Acta Astronautica* 119, 131 (2016); doi: 10.1016/j.actaastro.2015.11.013 Impact Factor: 1.095
  65. Sadykov V.M., Kosovichev A.G., Sharykin I.N., Zimovets I.V., Vargas Dominguez S. Relationship Between Chromospheric Evaporation and Magnetic Field Topology in an M-Class Solar Flare *Astrophys. J.*, Vol. 828, Iss. 1, id. 4, 9 pp. (09/2016), DOI:10.3847/0004-637X/828/1/4, Impact Factor: 5.909
  66. Šafránková, J.; Němeček, Z.; Němec, F.; Přech, L.; Chen, C. H. K.; Zastenker, G. N., Power Spectral Density of Fluctuations of Bulk and Thermal Speeds in the Solar Wind, *The Astrophysical Journal*, V. 825, N 2, article id. 121, 8 pp., 2016, <http://dx.doi.org/10.3847/0004-637X/825/2/121>, Impact Factor 5.909
  67. Sharykin I. N., Kuznetsov A. A. Modelling of Nonthermal Microwave Emission from Twisted Magnetic Loops, *Solar Physics*, Volume 291, Issue 5, pp. 1341-1355, 2016. Impact Factor: 2.862

68. Sharykin I.N., Struminsky A.B., Zimovets I.V., Gan W.-Q. Solar flares with similar soft but different hard X-ray emissions: case and statistical studies, *Res. Astron. Astrophys.*, Vol. 16, Iss. 1, id. 005 (01/2016), DOI:10.1088/1674-4527/16/1/005, Impact Factor 1.292.
69. Shkevov R., N.Erokhin, N. Zolnikova, L. Mikhailovskaya. Protons Surfatron Acceleration by Electromagnetic Wave in Space Plasma. *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 2016, vol.69, No 2, 177–182. Impact Factor 0.233
70. Siarkowski M., Sylwester J., Bakala J., Szaforz Z., Kowalinski M., Kordylewski Z., Plocieniak S., Podgorski P., Sylwester B., Trzebinski W., Steslicki M, Phillips H.K.J., Dudnik O.V., Kurbatov E., Kuznetsov V.D., Kuzin S., Zimovets I.V. ChemiX: a Bragg crystal spectrometer for the Interhelioprobe interplanetary mission // *Exp. Astron.*, Vol. 41, Iss. 3, pp. 327-350 (06/2016), DOI:10.1007/s10686-016-9491-4, Impact Factor 2.867
71. Spicher A., A. A. Ilyasov, W. J. Miloch, A. A. Chernyshov, L. B. N. Clausen, J. I. Moen, T. Abe, and Y. Saito, "Reverse flow events and small-scale effects in the cusp ionosphere", *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2016JA022999, 2016 Impact Factor: 3.426
72. Surkov, V.V., and V.A. Pilipenko, Spectral signatures of the ionospheric Alfvén resonator to be observed by low-Earth orbit satellite, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, 2783–2794, 2016. Impact Factor: 3.426
73. Tsupko O. Yu., G. S. Bisnovaty-Kogan, and P. I. Jefremov, Parameters of Innermost Stable Circular Orbits of Spinning Test Particles: Numerical and Analytical Calculations, *Gravitation and Cosmology*, 2016, Vol. 22, No. 2, pp. 138–147. Impact Factor 0.909
74. Turner, D. L., et al. (2016), Energy limits of electron acceleration in the plasma sheet during substorms: A case study with the Magnetospheric Multiscale (MMS) mission, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 7785–7794, doi:10.1002/2016GL069691. Impact Factor 4.212
75. Vaisberg O.L., S.D. Shuvalov, A.Yu. Shestakov, Y.M. Golubeva, Origin of the backstreaming ions in a young Hot Flow Anomaly, *Planetary and Space Science*, Volume 131, 102–110, 2016, ISSN 0032-0633, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pss.2016.08.003> Impact Factor 1.942
76. Vaisberg, O., et al. (2016),  $2\pi$  charged particles analyzer: all-sky camera concept and development for space missions, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2016JA022568. Impact Factor: 3.426
77. Vasko I. Y., O. V. Agapitov, F. S. Mozer, A. V. Artemyev, and J. F. Drake. Electron holes in inhomogeneous magnetic field: Electron heating and electron hole evolution, *Physics of Plasmas* 23, 052306 (2016) Impact Factor 2.207
78. Veselovsky I.S., R.A. Kislov, H.V. Malova, O. Khabarova, The model of a collisionless current sheet in a homogeneous gravity field, *Phys. Plas.*, 2016, N10, 102902-1 – 102902-6, <http://dx.doi.org/10.1063/1.4964774> Impact Factor 2.207
79. Vinogradov A. A., I. Y. Vasko, A. V. Artemyev, E. V. Yushkov, A. A. Petrukovich, and L. M. Zelenyi. Kinetic models of magnetic flux ropes observed in the Earth magnetosphere, *Physics of Plasmas* 23, 072901 (2016) Impact Factor 2.207
80. Vorontsova, E., V. Pilipenko, E. Fedorov, A.K. Sinha, and G. Vichare, Modulation of total electron content by global Pc5 waves at low latitudes, *Advances in Space Research*, 57, 309-319, 2016. Impact Factor: 1.409
81. Walker, S. N., M. A. Balikhin, D. R. Shklyar, K. H. Yearby, P. Canu, C. M. Carr, and I. Dandouras (2015), Experimental determination of the dispersion relation of magnetosonic waves, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 120, doi:10.1002/2015JA021746. Impact Factor 3.426
82. Wang R., Liu Y., Zimovets I., Hu H., Dai X., Yang Z. Sympathetic Solar Filament Eruptions, *Astrophys. J. Lett.*, Vol. 827, Iss. 1, id. L12, 7 pp. (08/2016), DOI:10.3847/2041-8205/827/1/L12, Impact Factor 5.487.
83. Yushkov Egor V., Anton V. Artemyev, Anatoly A. Petrukovich, and Rumi Nakamura. Current sheet flapping in the near-Earth magnetotail: peculiarities of propagation and parallel currents, *Ann. Geophys.*, 34, 739–750, 2016, doi:10.5194/angeo-34-739-2016 Impact Factor 1.731
84. Zelenyi L. M., Frank A. G., Artemyev A. V., Petrukovich A. A., R. Nakamura, Formation of sub-ion scale filamentary force-free structures in the vicinity of reconnection region. (2016)

Plasma Phys. Control. Fusion. 58 054002 (14pp) doi:10.1088/0741-3335/58/5/054002 Impact Factor 2.404

85. Zelenyi Lev M. and Anton V. Artemyev (2016). 'Effective' collisions in weakly magnetized collisionless plasma: importance of Pitaevski's effect for magnetic reconnection. Journal of Plasma Physics, 82, 305820101 doi:10.1017/S0022377816000118. Impact Factor 0.981
86. Znatkova S. S., E. E. Antonova, M. S. Pulinets, I. P. Kirpichev, M. O. Riazantseva, The dependence of the LLBL thickness on IMF Bz and By components, Advances in Space Research, V. 58, P. 268–275, 2016, doi:10.1016/j.asr.2016.01.008 Impact Factor: 1.409
87. Zurbuchen Thomas H., Rudolf von Steiger, Sergey Bartalev, Xiaolong Dong, Maurizio Falanga, René Fléron, Anna Gregorio, Timothy S. Horbury, David Klumpar, Michael Küppers, Malcolm Macdonald, Robyn Millan, Anatoli Petrukovich, Klaus Schilling, Ji Wu, Jingye Yan, Performing High-Quality Science on CubeSats, Space Research Today, Volume 196, , Pages 11-29, 2016

### ***Статьи в отечественных рецензируемых журналах:***

1. Адушкин В.В., Чен Б.Б., Попель С.И., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф., Извекова Ю.Н. Свойства и происхождение мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральной Азии. Докл. РАН, 2016, т. 466, № 5, с. 592-597. Импакт фактор 0.347
2. Афонин В.В., Кашкаров И.А., Петрукович А.А., Потемкин С.А., Каримов Б.Т., Рожков Л.С. Измеритель параметров ионосферной плазмы при помощи наноспутников (ИПИП\_НС) (предложение эксперимента) Механика, управление и информатика. 2015. Т. 7. № 4 (57). С. 16-27.
3. Бреус Т.К., В.Н. Бинги, А.А. Петрукович «Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы» Успехи физических наук Т. 186 № 5 С. 568–576 (2016) Импакт фактор 2.245
4. Буринская Т. М., М. М. Шевелев, «Генерация аврорального километрового излучения в источнике конечных размеров в дипольном магнитном поле», Физика плазмы, т. 42, № 10, с. 884-890, 2016, DOI:10.7868/S0367292116100024, Импакт фактор 1.010
5. Вавилов Д. И., Д. Р. Шкляр (2016), Волновые эффекты, связанные с высотным изменением ионного состава ионосферы, Известия вузов. Радиофизика. Том LIX, вып. 7, с. 575--592. Импакт фактор 0.382
6. Веселовский И.С., Шугай Ю.С., Veselovskii I.S., Shugai Yu S., On the Lack of Any Statistically Significant Effect of Mercury on the Solar Wind Velocity near the Orbit of the Earth, Астрономический вестник (Solar System Research), Vol 50, № 6, pp. 447-450. DOI 10.1134/S003809461606006X 2016, Импакт фактор 0.638
7. Гохберг М.Б., Е.В.Ольшанская, О.Г.Чхетиани, С.Л.Шалимов, О.М. Барсуков. О связи крупномасштабных движений в жидком ядре Земли с геомагнитными джерками, землетрясениями и вариациями продолжительности суток. Доклады РАН, 2016, т.467, № 1, с.91-94. Импакт фактор 0.347
8. Григорьев П.Е., Хорсева Н.И., Владимирский Б.М. Авиационные происшествия и космофизические факторы: ретроспективный анализ данных 1910-1940 гг. Электронное научное издание Альманах Пространство и время в печати (ВАК)
9. Громова Л.И., Н.Г. Клейменова, А.Е. Левитин, С.В. Громов, Л.А. Дремухина, Зелинский Н.Р. Дневные геомагнитные возмущения в высоких широтах во время сильной магнитной бури 21-23 июня 2015: Начальная фаза бури, Геомагнетизм и Аэрномия 2016 №3 С. 302–313 Импакт фактор 0.556
10. Домрин В. И., Малова Х. В., Артемьев А. В., Кропоткин А. П. Особенности формирования тонкого токового слоя в хвосте земной магнитосферы, Космические исследования, Т. 54, №6, 463-478, 2016, DOI: 10.7868/S0023420616060042. Импакт фактор 0.325

11. Думин Ю.В., Сомов Б.В. О наиболее типичной структуре трехмерного магнитного пересоединения. Письма в *Астрономический журнал*, 2016, т. 42, N 11, с. 850-858. Импакт фактор 1.432
12. Ермолаев Ю. И., И. Г. Лодкина, Н. С. Николаева, М. Ю. Ермолаев, Зависит ли длительность фазы восстановления магнитной бури от скорости развития бури на ее главной фазе? 2. Новый метод, *Геомагнетизм и аэрномия*, 2016, том 56, № 3, с. 296–301(имеется благодарность закончившемуся в 2015 году гранту РФФИ и ПРАН 9) Импакт фактор 0.556
13. Ерохин А. Н., Н. Н. Зольникова, Н. С. Ерохин. Анализ зависимости серфотронного ускорения электронов электромагнитной волной в космической плазме от импульса частиц вдоль волнового фронта. *Физика плазмы*, 2016, т.42, № 1, с.36-42. (Erokhin A. N., N. N. Zol'nikova, and N.S. Erokhin. Analysis of the Dependence of Surfatron Acceleration of Electrons by an Electromagnetic Wave in Space Plasma on the Particle Momentum along the Wave Front. *Plasma Physics Reports*, 2016, Vol. 42, No. 1, pp. 32–37.) Импакт фактор 1.010
14. Еселевич В. Г., Еселевич М.В., Зимовец И.В., Possible reasons for the frequency splitting of the harmonics of type II solar radio bursts, *Астрономический журнал (Astron. Rep.)* Vol. 60, Iss. 1, pp. 163-173 (01/2016), DOI:10.1134/S1063772915110049, Impact Factor 0.805
15. Еселевич В. Г., Еселевич М.В., Зимовец И.В., Руденков Г.В. Initial formation of an “impulsive” coronal mass ejections // *Астрономический журнал (Astron. Rep.)* Vol. 60 (11), pp. 1016-1027 (11/2016), DOI: 10.1134/S1063772916100024, Impact Factor 0.805
16. Заславская Р.М., Э.А. Щербань, И.А. Морозова, Влияние погодных факторов на показатели центральной и периферической гемодинамики у больных с артериальной гипертонией и ишемической болезнью сердца", *Научные ведомости Белгородского государственного университета*, 2016, №12, с.43-50 Импакт фактор 0.103
17. Зеленый Л.М., Х.В. Малова, Е.Е. Григоренко, В.Ю. Попов, Тонкие токовые слои: От работ Гинзбурга - Сыроватского до наших дней, *Успехи Физических наук*, т.186, №11, с.1153-1188, 2016 [Zelenyi L.M., Малова Н.В., Grigorenko E.E., Popov V.Yu., Thin current sheets: from Ginzburg- Syrovatsky up to the present days, *Physics Uspekhi*, v.186, №11, 2016]. Импакт фактор 2.245
18. Зельдович М.А., Логачев Ю.И., Сурова Г.М., Кечкемети К., Веселовский И.С. Надтепловые ионы в потоках солнечного ветра из корональных дыр на 1 а.е. *Астрономический журнал*, Том 93, № 7, сс. 675-681. 2016. Импакт фактор 0.805
19. Ижовкина Н.И., С.Н. Артеха, Н.С. Ерохин, Л.А. Михайловская. Вихревые структуры в аэрозольной атмосферной плазме. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2016, т.13, № 4, с.157-167. Импакт фактор 0.286
20. Ижовкина Н.И., С.Н. Артеха, Н.С. Ерохин, Л.А. Михайловская. Спиральные токовые структуры в аэрозольной атмосферной плазме. *Инженерная физика*, 2016, № 7, с.57-68.
21. Калашник М. В., Хапаев А.А., Чхетиани О.Г. О циклон-антициклонной асимметрии в устойчивости вращающихся сдвиговых течений. *Известия. Механика жидкости и газа*, 2016, № 2, с. 44–55. Импакт фактор 0.396
22. Калинин Л. А., Вольнова А. А., Гордов Е. П., Киселева Н. Н., Ковалева Д. А., Малков О. Ю., Окладников И. Г., Подколodный Н. Л., Позаненко А. С., Пономарева Н. В., Ступников С. А., Фазлиев А. З., Проблемы доступа к данным в исследованиях с интенсивным использованием данных в России, 2016, *Информатика и ее применения*, т. 10. вып. 1. с. 3-23, (2016)
23. Кирпичев И. П., О. И. Ягодкина, В. Г. Воробьев, Е. Е. Антонова, Положение проекций экваториальной и полярной кромок ночного аврорального овала в экваториальной плоскости магнитосферы, *Геомагнетизм и аэрномия*, 2016, том 56, № 4, с. 437–444. doi:10.7868/S0016794016040064 Импакт фактор 0.556
24. Климов С. И., Ангаров В. Н., Готлиб В. М., Долгоносков М. С., Калюжный А. В., Козлов, И. В., Назаров В. Н., Новиков Д. И., Родин В. Г. Специфика космических исследований на микроспутниковых платформах, интегрированных в инфраструктуру Российского

- сегмента МКС // *Izv. vuzov. Priborostroenie*. 2016. Vol. 59, N 6. P. 435—442 (in Russian).  
Импакт фактор 0.448
25. Козелов Б. В., Ю. Маннинен, Е. Е. Титова. Пульсирующие сияния и квазипериодические ОНЧ шипения в утреннем секторе в авроральной зоне: событие 30 декабря 2011 г., *Космические исследования*, 2016, том 54, № 1, с. 44–51 Импакт фактор 0.325
  26. Краснобаев К. В., Р. Р. Тагилова, С. И. Арафайлов, Г. Ю. Котова. Эволюция и насыщение автоволн в областях фотодиссоциации. *Письма в Астроном. журнал*, 2016, т. 42, № 7. с. 510–524. Импакт фактор: 1.432
  27. Лозников В. М., Н. С. Ерохин, Н. Н. Зольникова, Л. А. Михайловская. О причине излома в спектрах жесткости космических лучей протонов и ядер гелия около 230 ГВ. *Физика плазмы*, 2016, том 42, № 7, с. 649–657. Импакт фактор 1.010
  28. Малова Х.В., Попов В.Ю., Григоренко Е.Е., Дунько А.В., Петрукович А.А., Гелиосферный токовый слой и эффекты его взаимодействия с солнечными космическими лучами, *Физика Плазмы*, Т. 42, N 8, С. 722-734. (Engl. Transl. H. V. Malova, V. Yu. Popov, E. E. Grigorenko, A. V. Dunko, A. A. Petrukovich, *Heliospheric Current Sheet and Effects of Its Interaction with Solar Cosmic Rays*, *Plasma Physics Reports*, 2016, Vol. 42, No. 8, pp. 749–760.) (РНФ 14-12-00824) Импакт фактор 1.010
  29. Моисеев С.С., В.А. Буц, Н.С. Ерохин. Некоторые особенности динамики заряженных частиц в условиях циклотронных резонансов. *Физика плазмы*, 2016, том 42, № 8, с. 735–743. (S.S. Moiseev, V.A. Buts, N.S. Erokhin. Peculiarities of Charged Particle Dynamics under Cyclotron Resonance Conditions. *Plasma Physics Reports*, 2016, v.42, No 8, pp.761-768.) Импакт фактор 1.010
  30. Ожередов В. А., Т. К. Бреус, Модель и структура локально-линейно-аппроксимируемого сигнала в применении к гелиобиологическим исследованиям, *Технологии живых систем*, №5, 2016. Импакт фактор 0.160
  31. Панасюк М.И., С.И. Свертилов, В.В. Богомоллов, Г.К. Гарипов, В.О. Баринаова, А.В. Богомоллов, Н.Н.Веденькин, И.А. Голованов, А.Ф. Июдин, В.В. Калегаев, П.А. Климов, А.С. Ковтюх, Е.А. Кузнецова, В.С. Морозенко, О.В. Морозов, И.Н. Мягкова, В.Л. Петров, А.В. Прохоров, Г.В. Рожков, Е.А. Сигаева, Б.А. Хренов, И.В. Яшин, С.И. Климов, Д.И. Вавилов, В.А. Грушин, Т.В. Гречко, В.В. Хартов, В.А. Кудряшов, С.В. Бортников, П.В. Мжельский, А.П. Папков, С.В. Краснопеев, В.В. Круг, В.Е. Корепанов, С. Беляев, А. Демидов, Ч. Ференц, П. Сегеди, Х. Роткель, М. Моравский, Ил Пак, Джин-А Джеон, Джи-Ин Ким, Джик Ли. Эксперимент на спутнике Вернов: транзиентные энергичные процессы в атмосфере и магнитосфере земли. Ч. I. Описание эксперимента. *Космические исследования*, 2016, том 54, № 4, с. 277–285. Импакт фактор 0.325
  32. Панасюк М.И., С.И. Свертилов, В.В. Богомоллов, Г.К. Гарипов, В.О. Баринаова, А.В. Богомоллов, Н.Н.Веденькин, И.А. Голованов, А.Ф. Июдин, В.В. Калегаев, П.А. Климов, А.С. Ковтюх, Е.А. Кузнецова, В.С. Морозенко, О.В. Морозов, И.Н. Мягкова, В.Л. Петров, А.В. Прохоров, Г.В. Рожков, Е.А. Сигаева, Б.А. Хренов, И.В. Яшин, С.И. Климов, Д.И. Вавилов, В.А. Грушин, Т.В. Гречко, В.В. Хартов, В.А. Кудряшов, С.В. Бортников, П.В. Мжельский, А.П. Папков, С.В. Краснопеев, В.В. Круг, В.Е. Корепанов, С. Беляев, А. Демидов, Ч. Ференц, П. Сегеди, Х. Роткель, М. Моравский, Ил Пак, Джин-А Джеон, Джи-Ин Ким, Джик Ли. Эксперимент на спутнике Вернов: транзиентные энергичные процессы в атмосфере и магнитосфере земли. Ч. II. Первые результаты. *Космические исследования*, 2016, том 54, № 5, с. 369–376. Импакт фактор 0.325
  33. Петрукович А. А., Никифоров О. В. Исследования солнечно-земных связей и околоземной плазмы с помощью малых космических аппаратов, *Иzv. vuzov. Priborostroenie*. 2016. Т. 59, № 6. С. 429—434. Импакт фактор 0.448
  34. Петрукович А. А., О.В.Никифоров, *Малые спутники для космических исследований, Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы* 2016, том 3, выпуск 4, с. 21–30

35. Пилипенко В., О. Козырева, Е. Федоров, М. Успенский и К. Кауристи, Latitudinal amplitude-phase structure of MHD waves: STARE radar and IMAGE magnetometer observations and modeling, Солнечно-земная физика (Solar-Terrestrial Physics), 2, №3, 41-51, 2016.
36. Попов В.Ю., Силин В.П., Белов А.А., Численное моделирование ионно-звуковой турбулентности в модели Б.Б.Кадомцева, Краткие сообщения по физике, издательство Физ. ин-т им. П.Н. Лебедева (М.), том 43, № 9, с. 3-10 2016. [Popov V.Yu, Silin V.P., Belov A.A. Numerical Simulation of Ion-Acoustic Turbulence in the B.V. Kadomcev model, Bulletin of the Lebedev Physics Institute, V. 43, № 9, p. 261-265, 2016, DOI: 10.3103/S1068335616090013] **(РНФ 14-12-00824)** Импакт фактор 0.326
37. Попов В.Ю., Х.В. Малова, Моделирование взаимодействия гелиосферного токового слоя с энергичными частицами солнечного ветра, Ученые Записки Физ. Ф-та МГУ, N3, 163116-1 – 163116-5, 2016. **(РНФ 14-12-00824)**
38. Пулинец М.С., И.П. Кирпичев, Е.Е. Антонова, Изменения параметров плазмы и магнитного поля при пересечении магнитопаузы во время максимума главной фазы магнитной бури 14 ноября 2012 г. Геомагнетизм и аэрномия, 2016, том 56, № 6, с. 769–778. DOI: 10.7868/S0016794016060134 Импакт фактор 0.556
39. Родькин Д.Г., Шугай Ю.С., Слемзин В.А., Веселовский И.С., Interaction of High-Speed and Transient Fluxes of Solar Wind at the Maximum of Solar Cycle 24, Краткие сообщения по физике ФИАН (Bulletin of the Lebedev Physics Institute), Vol. 42, № 9, pp. 287-290. DOI 10.3103/S1068335616090062 2016 Импакт фактор 0.326
40. Родькин Д.Г., Шугай Ю.С., Слемзин В.А., Веселовский И.С., The Effect of Solar Activity on the Evolution of Solar Wind Parameters during the Rise of the 24th Cycle, Астрономический вестник (Solar System Research), Vol. 50, № 1, pp. 44-55 2016 Импакт фактор 0.638
41. Романова Н.Н., Чхетиани О.Г., Якушкин И. Г. Влияние нелинейных взаимодействий на развитие неустойчивости в волновых гидродинамических системах. ЖЭТФ, 2016, т. 149, вып. 5, стр. 1043–1056. **(ссылка на РНФ)** Импакт фактор 0.953
42. Сигов А.С., А.Б. Шварцбург. Диэлектрический Резонансный Кольцевой Контур СВЧ Диапазона. Доклады РАН, 2016, т.469, № 1, с. 1-3. Импакт фактор 0.347
43. Силин В.П., Будаев В.П., Савин С.П., Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Попов В.Ю., Урюпин С.А., О супердиффузионных скейлингах переноса в плазме, Краткие сообщения по физике, Физ. ин-т им. П.Н. Лебедева (М.), том 43, № 4, с. 28-36 Импакт фактор 0.326
44. Скворцов Н.А. и др., Conceptual approach to astronomical problems, 2016, Astrophysical Bulletin, Volume 71, Issue 1, pp.114-124, (2016). Impact factor 1.186
45. Степанов А.Е., В.Л. Халипов, Г.А. Котова, М.С. Заболоцкий, И.А. Голиков. Данные наблюдений крупномасштабной конвекции плазмы в магнитосфере в зависимости от уровня геомагнитной активности, Геомагнетизм и аэрномия, т.56, №2, с.194-199, 2016, DOI: 10.7868/S0016794016010119. Импакт фактор 0.556
46. Халипов В.Л., А.Е. Степанов, Г.А. Котова, Е.Д. Бондарь. Вариации положения поляризационного джета и границы инжекции энергичных ионов во время суббурь, Геомагнетизм и аэрномия, т.56, №2, с.187-193, 2016, DOI: 10.7868/S0016794016020085. Импакт фактор 0.556
47. Халипов В.Л., А.Е. Степанов, Г.А. Котова, С.Е. Кобякова, В.В. Богданов, А.В. Кайсин, В.А. Панченко. Вертикальные скорости дрейфа плазмы при наблюдении поляризационного джета по наземным доплеровским измерениям и данным дрейфометров на спутниках DMSP, Геомагнетизм и аэрномия, т.56, №5, с.568-578, 2016. DOI: 10.7868/S0016794016050060 Импакт фактор 0.556
48. Хименец Г., Л. Вакес, А. Шварцбург, “Wave Equation: from Eikonal to Anti – Eikonal Approximation”, v.2 (2016), “Известия Вузов. Материалы Электронной Техники (Modern Electronics Materials)”, 2016, № 2. Импакт фактор 0.114

49. Хорсева Н.И., Побаченко С.В., Григорьев П.Е., Шитов А.А., Соколов М.В., Выпирайло Д.Н. Изменение показателей сенсомоторных реакций в условиях воздействия аномального геомагнитного поля (предварительные результаты) «Наука и технологические разработки». 2016. Т. 95 №1 с 37-48 Импакт фактор 0.095
50. Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. Космическая погода и параметры механической памяти. Актуальные проблемы транспортной медицины 2016, № 3 (45), с. 76-80 (Украина, ВАК)
51. Чернышов А.А., А.А. Ильясов, М.М. Могилевский, И.В. Головчанская, Б.В. Козелов «Особенности возбуждения волн электростатического ионно-циклотронного типа в авроральной ионосфере», Космические исследования, 2016, том 54, № 1, с. 58–66 Импакт фактор 0.325
52. Чернышов А.А., Д.В. Чугунин, М.М. Могилевский, И.Л. Моисеенко, А.А. Ильясов, В.В. Вовченко, С.А. Пулинец, М.В. Клименко, И.Е. Захаренкова, А.В. Костров, М.Е. Гуцин, С.В. Коробков, «Подходы к исследованию мультимасштабной структуры ионосферы с использованием наноспутников», Геомагнетизм и Аэронавигация, том 56, №1, с. 77-85, 2016 DOI: 10.7868/S0016794016010041 Импакт фактор 0.556
53. Чернышов А.А., Д.В. Чугунин, М.М. Могилевский, И.Л. Моисеенко, А.В. Костров, М.Е. Гуцин, С.В. Коробков, Д.В. Янин "Изучение неоднородной структуры ионосферы при помощи одновременных измерений наноспутниками стандарта CubeSat", Известия высших учебных заведений. Приборостроение, Том: 59, Номер: 6, 443-449 стр., DOI 10.17586/0021-3454-2016-59-6-443-449, 2016 Импакт фактор 0.448
54. Чхетиани О.Г., Шалимов С.Л. О неустойчивости экмановского типа на границе ядромантии. Физика Земли, 2016, № 3, с.3-9. Импакт фактор 0.495
55. Шварцбург А.Б., Н.В. Силин, Ю.Г. Нестеров. Градиентные Линии Передачи СВЧ Диапазона. Прикладная Физика, 2016, т.19, № 1. Импакт фактор 0.334

**В печати:**

1. Bisnovaty-Kogan, G. S.; Giovannelli, F. Time lag in transient cosmic accreting sources. MNRAS, 2016 Impact Factor 4.952
2. Budaev V.P., Yu.V. Martynenko, S.A. Grashin, R.N. Giniyatulin, I.I. Arkhipov, A.V.Karpov, P.V.Savrukhin, E. A. Shestakov, R.Yu.Solomatin, L.B. Begrambekov, N.E. Belova, S.D. Fedorovich, L.N. Khimchenke, V.M. Safronov, tungsten melting and erosion under plasma heat loadin tokamak discharges with disruptions, Принято в Nuclear Materials and Energy
3. Delcourt D.C., H.V. Malova, L.M. Zelenyi, On the response of quasi-adiabatic ions to magnetotail reconfigurations, Ann. Geophys., 2017, в печати. Impact Factor 1.731
4. Golikov E. A., V. V. Izmodenov, D. B. Alexashov, and N. A. Belov, Two-jet astrosphere model: effect of azimuthal magnetic field, MNRAS, doi: 10.1093/mnras/stw2402, 2016. (статья РНФ) Impact Factor 4.952
5. Kuznetsov S.A., Zimovets I.V., Morgachev A.S., Struminsky A.B. Spatio-temporal dynamics of sources of hard X-ray pulsations in solar flares, Solar. Phys., Online First (09/2016), DOI:10.1007/s11207-016-0981-3, Impact Factor 2.862.
6. Kuznetsov V.D., Zelenyi L.M., Zimovets I.V., et al. The Sun and Heliosphere Explorer – The Interhelioprobe Mission, Geomagn. & Aeronomy, Vol. 56, No. 7, pp. 1-61 (2016; in print; in english), Impact Factor 0.556.
7. Lukianova R., V.M. Uvarov, P. Coisson, High-latitude F region large-scale ionospheric irregularities under different solar wind and zenith angle conditions. Adv. Space Research, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2016.10.010> (available on-line). Impact Factor: 1.409
8. Malova H. V., V. Yu. Popov, E. E. Grigorenko, A.A. Petrukovich, D. Delcourt, A. S. Sharma, O. V. Khabarova, and L. M. Zelenyi, Evidence for the quasi-adiabatic motion of charged particles in strong current sheets in the solar wind, Astrophys. J., 2016. – в печати (РНФ14-12-00824) Impact Factor 5.909

9. Moiseenko S.G., Bisnovaty-Kogan G.S., Ardelyan N.V. Application of Lagrangian completely conservative implicit operator-difference scheme for the simulation of magnetorotational processes in astrophysics. *Lobachevsky Journal of Mathematics* 2016.
10. Ozheredov V.A. Chibisov S.M., Blagoravov M.L., Khodorovich N.A., Demurov E.A., Goryachev V.A., Kharlitskaya E.V., Eremina I.S., Meladze Z.A. Influence of geomagnetic activity and earth weather changes on heart rate and blood pressure in young and healthy population, *Journal of International Biometeorology*, October 2016, DOI: 10.1007/s00484-016-1272-2 Impact Factor 2.309
11. Rakhmanova L., Riazantseva M., Zastenker G., Plasma fluctuations at the flanks of the Earth's magnetosheath at ion kinetic scales, *AnGeo*, (принято к печати). (благодарности: ПРАН 7; РФФИ 16-32-00818 (Рахманова) РФФИ 16-02-00669 (Застенкер)) Impact Factor 1.731
12. Sharykin I.N., Sadykov V.M., Kosovichev A.G., Vargas-Dominquez S., Zimovets I.V. Observational Investigation of Energy Release in the Lower Solar Atmosphere of a Solar Flare (Подано в ApJ) // eprint arXiv:1604.05380, 2016. Impact Factor 5.909.
13. Volokitin A.S., C. Krafft, DIFFUSION OF ENERGETIC ELECTRONS IN TURBULENT PLASMAS OF THE SOLAR WIND, *Astrophysical Journal*, 2016, accepted, Impact Factor 5.909.
14. Баньщикова М.А., Кузьмин А.К., Крученицкий Г.М., Чувашов И.Н. Сопряжение по магнитному полю элементов изображений разновысотных авроральных эмиссий. Предварительная оценка точности. «Известия Вузов» 2017
15. Белов А.В и Струминский А.Б. Предельные наземные возрастания интенсивности солнечных космических лучей, *Известия РАН, Серия Физическая*, 2017, 2
16. Буринская Т. М., М. М. Шевелев, «Генерация аврорального километрового излучения в неоднородной плазме магнитосферы», *Геомагнетизм и аэрномия*, т. 57, с. 1-9, 2017,, DOI:10.7868/S0016794017010035 Импакт фактор 0.556
17. Веселовский И.С. Переменный солнечный ветер. «Астрономический Вестник» (принято в печать). 2016 Импакт фактор 0.429
18. Ермолаев Ю.И., И.Г. Лодкина, Н.С. Николаева, М.Ю. Ермолаев, М.О. Рязанцева, Некоторые вопросы идентификации крупномасштабных типов солнечного ветра и их роли в физике магнитосферы, *Космические исследования*, 2017, (принята в печать, имеется благодарность РФФИ) Импакт фактор 0.325
19. Еселевич В.Г., Бородкова Н. Л., Еселевич М. В., Застенкер Г.Н., Шафранкова Я., Немечек З., Прех Л. Тонкая структура фронта межпланетной ударной волны по измерениям потока ионов солнечного ветра с высоким временным разрешением. *Космич. исслед.* 2017, том 55, № 1, с. 1-16. DOI: 10.7868/S0023420617010034 Импакт фактор 0.325
20. Климов, С.И., В.А. Грушин, К. Балайти, С.М. Беляев, Я. Бергман, Л. Боднар, Ч. Ференц, К. Георгиева, М.-П. Гаф, А.Б. Беликова, Л.Д. Белякова, Т.В. Гречко, Ю. Юхневич, В.П. Коношенко, В.Е. Корепанов, Б. Киров, О.В. Лапшинова, Я. Лихтенбергер, А. Марусенков, М. Моравски, Я.З. Надь, Р. Недков, С. Нейчев, Д.И. Новиков, В.Г. Родин, Х. Роткель, Г. Станев, Ш. Салаи, П. Сегеди. Исследования в ионосфере электромагнитных параметров космической погоды в эксперименте «Обстановка (1-этап)» на Российском сегменте МКС. Часть I. Научно-методические аспекты эксперимента. *Космические исследования*. Импакт фактор 0.325
21. Котова Г.А., Веригин М.И., Безруких В.В., Использование физического моделирования для выбора адекватного метода определения положения плазмопаузы, *Геомагнетизм и Аэрномия*, 2016 (принята в печать). Импакт фактор 0.556
22. Красовский В. Л., А. А. Киселёв, М. С. Долгоносков, Моделирование возмущения бесстолкновительной плазмы поглощающим сферическим телом, Принята к печати в журнал «Физика плазмы» Импакт фактор 1.010
23. Красовский В.Л., А.А. Киселев. О нелинейном экранировании зарядов в бесстолкновительной плазме. *Физика плазмы*, в печати, 2017, том 43, № 1. Импакт фактор 1.010

24. Кузьмин А.К., М.А. Баньщикова, Г.М., Крученицкий, А.М. Мерзлый, Ю.Н. Потанин, И.Н. Чувашов. Прикладные аспекты измерений авроральных эмиссий и характеристик полярной ионосферы имаджером Авровизор-ВИС/МП на перспективном КА Метеор-МП. «Вопросы электромеханики» 2017 Импакт фактор 0.093
25. Лозников В.М., Н.С. Ерохин, Н.Н. Зольникова, Л.А. Михайловская. Серфотронный ускоритель в местном межзвездном облаке. Физика плазмы, 2017, т. 43, № 1, с. 48. Импакт фактор 1.010
26. Лукьянова Р.Ю. Электрический потенциал в ионосфере Земли: численная модель, Математическое моделирование. (в печати), 2016.
27. Любчич А. А., А. Г. Демехов, Е. Е. Титова, А. Г. Яхнин. Амплитудно-частотные характеристики ионно-циклотронных и свистовых волн по данным спутников Van Allen Probes. Геомагнетизм и Аэрномия, Т. 57 N 1, принята в печать, 2017 Импакт фактор 0.556
28. Минаев, П.Ю., Позаненко, А.С., Предвсплески коротких гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL, 2017, Письма в Астрономический журнал, 43, 3, (2017). Импакт фактор 1.432.
29. Пархомов В.А., Бородкова Н.Л., Яхнин А.Г., Суворова А.В., Довбня Б.В., Пашинин А.Ю., Козелов Б.В. Глобальный импульсный всплеск геомагнитных пульсаций в частотном диапазоне 0.2 - 5 Гц, как предвестник внезапного начала геомагнитной бури Святого Патрика 17 марта 2015г. Космич. исслед. 2017, (принята к печати). Импакт фактор 0.325
30. Савин С.П., В.В. Ляхов, В.М. Нещадим, Амата Е., Рош Ж-Л., Силин, В.П., Попов В.Ю., Будаев В.П., С.И. Климов, А.А. Скальский, Л.А.Лежен, Я. Бленчки, "Заряд на магнитопаузе и передача импульса и энергии внутрь магнитосферы", Краткие сообщения по физике ФИАН, (в печати) Импакт фактор 0.326
31. Хорсева Н.И., Григорьев П.Е., Килесса Г.В. Вопросы воспроизводимости результатов изучения космофизических факторов на центральную нервную систему человека // Биомедицинская радиоэлектроника, в печати
32. Чернышов А.А., А.А. Ильясов, М.М. Могилевский, И.В. Головчанская, Б.В. Козелов «Особенности возбуждения волн ионно-акустического типа в высокоширотной ионосфере», Геомагнетизм и Аэрномия, принята в печать, 2017 Импакт фактор 0.556
33. Шкляр, Д. Р., Е. Е. Титова (2017), Взаимодействие протонов с квазиэлектростатическими свистовыми волнами в неоднородной плазме (магнитосфере), Геомагнетизм и Аэрномия. Том 57, вып. 1, с. 1—8
34. Шугай Ю. С., И. С. Веселовский, В. А. Слемзин, Ю. И. Ермолаев, Д. Г. Родькин, О возможных причинах несоответствия между прогнозируемыми и наблюдаемыми параметрами высокоскоростных потоков солнечного ветра, Космические исследования, 2017, DOI: 10.7868/S0023420617010083 (принята в печать, **имеется благодарность РНФ**) Импакт фактор 0.325

**Статьи в сборниках материалов конференций:**

1. Budaev V. P., L.M. Zelenyi, S.P. Savin, Intermittency and generalized self-similarity in turbulent boundary layers of laboratory and magnetospheric plasmas, accepted to Journal of Physics: Conference Series (JPCS), by IOPscience UK (2016)
2. Chernyshov A.A., M.M. Mogilevsky, B.V. Kozelov «Geometric description of ionospheric conductivity in the auroral ionosphere» Proceedings of V International Conference "Atmosphere, Ionosphere, Safety" (AIS-2016), ed. I.V.Karpov, 549p., ISBN 978-5-9971-0412-2, pp.228-234, 2016
3. Gromova L.I., Kleimenova N.G., Levitin A.E., Dremukhina L.A., Antonova E.E., Gromov S.V. High-latitude geomagnetic effects of strong positive IMF Bz: Case study. Proc. Eighth Workshop «Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere», Sunny Beach, Bulgaria, May 30-June 3, 2016, p. 43-46. ISSN 2367-7570. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg/>

4. Gvaramadze, V.V., Kniazev, A.Y., Central stars of mid-infrared nebulae discovered with Spitzer and WISE, in Proceedings of the conference "The B[e] Phenomenon: Forty Years of Studies" (Prague, Czech Republic, 27 June -- 1 July 2016)
5. Ilyasov A. A., A. A. Chernyshov, M. M. Mogilevsky, I. V. Golovchanskaya, B. V. Kozelov «Nonlocal electrostatic waves excited by inhomogeneous energy-density-driven instability in the auroral ionosphere» Proceedings of V International Conference "Atmosphere, Ionosphere, Safety" (AIS-2016), ed. I.V.Karpov, 549p., , ISBN 978-5-9971-0412-2, pp.299-305, 2016
6. Kleimenova N.G. Are geomagnetic disturbances and pulsations really hazardous? Proc. Eighth Workshop «Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere», Sunny Beach, Bulgaria, May 30-June 3, 2016, p. 82-85. ISSN 2367-7570. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg/>
7. Kleimenova N.G., I.A. Kornilov, Yu.V. Fedorenko, J. Manninen , L.I. Gromova, SC-associated VLF emissions at two closely spaced auroral stations: Case study December 23, 2014. // Proc. "Physics of Auroral Phenomena", XXIX Annual Seminar, 29 Feb – 4 March, Apatity, 2016.
8. Klimenko M., V. Klimenko, I. Zakharenkova, K. Ratovsky, Yu. Yasyukevich, A. Polyakova, N. Chirik, and R. Lukianova. Longitudinal variation of winter anomaly in the F2 peak electron density and its manifestations in topside ionosphere, plasmaspheric and total electron content. International Conference Proceedings: Atmosphere, ionosphere, safety / ed. I. V. Karpov, Kaliningrad, 2016, p 213-217, ISBN 978-5-9971-0412-2.
9. Klimov S., Grushin V., Novikov D., Pilipenko V., Belyakova L., Rodin V., Georgieva K., Kirov B., Ferencz Cs., Szegedi P., Korepanov V., Belyayev S., Marusenkov A., Dudkin D., Pronenko V. Monitoring of Space Weather Electromagnetic Parameters in the Ionosphere. Project's: "Chibis-M", "Obstanovka (1 stage)", "Vernov". ISSN 2367-7570 Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere" Book of Proceedings Eighth Workshop, Sunny Beach, Bulgaria, May 30 - June 3, 2016, p. 74-81. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016.pdf>
10. Krafft, C. & Volokitin, A. Langmuir turbulence driven by beams in solar wind plasmas with long wavelength density fluctuations, AIP Conference Proceedings 1720, 040008 (2016); doi: 10.1063/1.4943819
11. Krafft, C. & Volokitin, A. Langmuir wave decay in turbulent inhomogeneous solar wind plasmas, AIP Conference Proceedings 1720, 040009 (2016); doi: 10.1063/1.4943820
12. Levitin A.E., N.G. Kleimenova, L.I. Gromova, L.A. Dremukhina, E.E. Antonova, N.R. Zelinsky, S.V. Gromov, L.M. Malysheva Daytime polar magnetic disturbances under extremely strong IMF Bz. // Proc. "Physics of Auroral Phenomena", XXIX Annual Seminar, 29 Feb – 4 March, Apatity, 2016.
13. Sapunova O. V., Borodkova N. L., Zastenker G. N. Fine structure of the interplanetary shocks observed by BMSW experiment onboard the SPEKTR-R. "Physics of Auroral Phenomena", Proc. 39 Annual Seminar, Apatity, 2016 (принята к печати).
14. Struminsky A. and Sadovski A. Stellar Cosmic Rays in a Habitable Zone, APS Conference series, 2017
15. Zelinsky N.R., Kleimenova N.G., Arkhipov R.Y. Application of new mathematical methods of data processing to study solar-wind-magnetosphere interactions: a case study Proc. Eighth Workshop «Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere», Sunny Beach, Bulgaria, May 30-June 3, 2016, p. 86-90. ISSN 2367-7570. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg/>
16. Баныщикова М.А., А.К. Кузьмин, Крученицкий Г.М., Чувашов И.Н. Некоторые методические аспекты исследований корреляций ионосферных сцинтилляций сигналов навигационных систем в полярных областях с высыпаниями заряженных частиц и авроральной структурой. Сборник трудов IX Всероссийской конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», Томск, 2016
17. Безродных И.П., Е.И. Морозова, А.А. Петрукович (ИКИ РАН), С.Г. Казанцев (АО «НИИЭМ»), М.Н. Будяк, М.В. Кожухов, В.Т. Семёнов (АО «Корпорация «ВНИИЭМ») / Эффекты воздействия ионизирующих излучений на электронные компоненты малых космических аппаратов. Доклад на конференции в АО «НИИЭМ» г. Истра. 12 апреля

- 2016 г. // Доклад (формат pdf). - Режим доступа: <http://www.cosmic-rays.ru/radiationbelts.aspx> свободный. Прямая ссылка: <http://www.d54x.ru/articles/02/201603.pdf>
18. Безродных И.П., Е.И. Морозова, А.А. Петрукович (ИКИ РАН), С.Г. Казанцев (АО «НИИЭМ»), М.Н. Будяк, В.Т. Семёнов (АО «Корпорация «ВНИИЭМ») / Периодические изменения интенсивности потоков ионизирующих излучений в магнитосфере Земли связанные с периодическими изменениями динамических характеристик межпланетной среды. Доклад на конференции в АО «НИИЭМ» г. Истра. 10 ноября 2016 г. // Доклад (формат pdf). - Режим доступа: <http://www.cosmic-rays.ru/radiationbelts.aspx> свободный. Прямая ссылка: <http://www.d54x.ru/articles/02/201605.pdf>
  19. Безродных И.П., Е.И. Морозова, А.А. Петрукович, М.Н. Будяк, М.В. Кожухов, А.А. Мусалитин, В.Т. Семенов / Структура энергетических спектров потоков электронов внешнего радиационного пояса Земли и динамика поглощенной дозы радиации в период минимума солнечной активности в 2007 г. и 2009 г. // Доклад на четвертой международной конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли». г. Москва. АО «Корпорация «ВНИИЭМ» - 2016 г. [Электронный ресурс] – доклад (формат pdf). - Режим доступа: <http://www.cosmic-rays.ru/radiationbelts.aspx> свободный. Прямая ссылка <http://www.cosmic-rays.ru/articles/02/201602.pdf>
  20. Безродных И.П., Е.И. Морозова, А.А. Петрукович, М.Н. Будяк, В.Т. Семенов //Спектры электронов внешнего радиационного пояса Земли в период минимума солнечной активности в 2007 г / Одиннадцатая ежегодная конференция "физика плазмы в солнечной системе" 15 - 19 февраля 2016, ИКИ РАН «секция «магнитосфера», доклад № 60. [Электронный ресурс] – статья (формат pdf). –Режим доступа: <http://www.cosmic-rays.ru/radiationbelts.aspx> свободный. Прямая ссылка: <http://www.d54x.ru/articles/02/201601.pdf>
  21. Васильев Г.И., Остряков В.М., Павлов А.К., Струминский А.Б., Фролов Д.А. Изотопные следы сверхмощных солнечных событий Сборник трудов XX Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца “Солнечная и солнечно-земная физика - 2016”, 10-14 октября 2016, ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия. Ред.: А.В. Степанов и Ю.А. Наговицын.
  22. Гаврилов, Б.Г., Ю.И. Зецер, С.И. Климов, Ю.В. Поклад, И.А. Ряховский. Синхронная регистрация сигналов ОНЧ диапазона наземными и спутниковыми средствами. (статья принята в Сборник ИДГ РАН).
  23. Заславская Р.М., Л.В.Кривчикова, М.М.Тейблум, Гендерные различия результатов суточного мониторинга артериального давления (СМАД) у пожилых больных с артериальной гипертензией на фоне антигипертензивной терапии, Материалы XVI международной научной конференции "Тенденции развития науки и образования" 31 июля 2016г, Самара, часть 2, 33-37 с.
  24. Зелинский Н.Р., Р.Ю. Архипов, Н.Г. Клейменова. Математический подход к анализу аномалий и квазипериодических вариаций на временных рядах. // Proc. “Physics of Auroral Phenomena”, XXIX Annual Seminar, 29 Feb – 4 March, Apatity, 2016.
  25. Кузнецов С.А., Зимовец И.В., Мельников В.Ф. Пространственно-временная эволюция источников пульсаций микроволнового и жесткого рентгеновского излучений солнечной вспышки по данным наблюдений NoRH, RHESS и AIA/SDO // Сборник трудов XX Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца “Солнечная и солнечно-земная физика - 2016”, 10-14 октября 2016, ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия. Ред.: А.В. Степанов и Ю.А. Наговицын.
  26. Кузьмин А.К., М.А. Баньщикова, Ю.С. Доброленский, Г.М. Крученицкий, И.А. Маслов, А.М. Мёрзлый, П.П. Моисеев, Ю.Н. Потанин, И.Н. Чувашов. Характеристики создаваемого орбитального имаджера Авровизор-ВИС/МП и перспективы использования авроральных изображений для исследований процессов в полярной ионосфере и

- оптического контроля неоднородности условий, влияющих на распространение сигналов. Сборник ИКИ РАН «Практические аспекты Гелиогеофизики», стр. 114-133, 2016.
27. Мёрзлый А.М., А.Г. Виноградов, А.К. Кузьмин, О.В. Никифоров, Г.М. Крученицкий, А.Н. Теохаров, В.В. Трекин, С.Ю. Хабибулин. Система геофизического обеспечения как способ повышения эффективности работы радиотехнических средств. Сборник ИКИ РАН «Практические аспекты Гелиогеофизики», стр. 95-105, 2016.
  28. Позаненко, А.С., Вольнова, А.А., Минаев П.Ю., Самодуров, В.А., Поиск компонентов источников гравитационных волн в электромагнитном диапазоне и с помощью методов астрономии космических лучей, 2016, Труды XVIII Международной конференции DAMDID / RCDL'2016, 183, (2016) РФФИ 16-07-01028, РФФИ 16-32-00489 мол а
  29. Самодуров, В.А., Позаненко, А.С., Родин, А.Е., Чураков, Д.Д., Думский, Д.В., Исаев, Е.А., Казанцев, А.Н., Логвиненко, С.В., Орешко, В.В., Горопов, М.О., Волобуева, М.И., Круглосуточный радио обзор неба на 110 МГц: база данных наблюдений и статистический анализ импульсных явлений в 2012-2013 гг., 2016, Труды XVIII Международной конференции DAMDID / RCDL'2016, 328, (2016) РФФИ 16-07-01028а
  30. Степанов А.Е., Халипов В.Л., Котова Г.А., Кобякова С.Е. Вертикальные скорости дрейфа плазмы в поляризационном джете по наземным и спутниковым данным, в сб. Труды XXV Всероссийской научной конференции "Распространение радиоволн", Т.1, с. 93-96, ТГУСУР, Томск, 2016.

***Доклады, тезисы и циркуляры:***

1. Akaev Pavel, Olga Katushkina, Dmitry Alexashov, and Vladislav Izmodenov. Modeling of the interstellar dust distribution inside the heliosphere. In COSPAR 41st Scientific Assembly Abstracts, volume 41 of COSPAR SA. SAO/NASA ADS USA, 2016. <https://www.cospar-assembly.org/>
2. Antonova E. E., M. V. Stepanova, M. O. Riazantseva, V. V. Vorobjev, O. I. Yagodkina, V. V. Vovchenko, M. S. Pulinets, S. S. Znatkova, I. L. Ovchinnikov, Auroral Oval Mapping and the Problem of the Acceleration of Electrons of the Outer Radiation Belt, International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun–Earth System III, Golden Sands, Bulgaria, September 12–16, 2016. p. 4. Invited report.
3. Antonova E.E., M.V. Stepanova, I.P. Kirpichev, I.L. Ovchinnikov, Formation of kappa distributions and the main features of turbulent transport in the magnetosphere of the Earth, San Francisco, USA, 12-16 December 2016. Invited report.
4. Balyukin Igor, Olga Katushkina, Dmitry Alexashov, and Vladislav Izmodenov. Kinetic modeling of primary and secondary oxygen atom fluxes at 1 au. In COSPAR 41st Scientific Assembly Abstracts, volume 41 of COSPAR SA, pages D1.1–12–16. SAO/NASA ADS USA, 2016. <https://www.cospar-assembly.org/>
5. Belov A.V. and Struminsky A.B. Ultimate Ground Level Enhancements of Solar Cosmic Rays ECRS2016
6. Bisnovaty-Kogan, G. S. Soft Gamma Repeaters/Anomalous X-ray Pulsars: - are they magnetars? Mondello Workshop 2016 "Frontier Research in Astrophysics - II" Palermo 23 - 28 May 2016 <http://frapws2016.iaps.inaf.it/>
7. Bisnovaty-Kogan, G. S.; Gravitational lensing, including plasma influence, «Dynamical processes in space plasmas » 3-10 April 2016 Ben Gurion University, Dead Sea, Israel
8. Bisnovaty-Kogan, G. S.; Magnetorotational mechanism of supernova explosion. «The supernovae through the ages», 8-13 August 2016 Millennium Institute of Astrophysics, Easter Island, Chile
9. Bogomolov Vitaly, Mikhail Panasyuk, Sergey Svertilov, Gali Garipov, Anatoly Iyudin, Pavel Klimov, Violetta Morozenko, Ivan Maximov, Tatiana Mishieva, Stanislav Klimov, Alexey Pozanenko, and Hanna Rothkaehl. Observation of TGFs onboard “Vernov” satellite and TGEs in ground-based experiments. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-8476, 2016,

- EGU General Assembly 2016 <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-8476.pdf> (EGU2016-8476, Session AS4.29 High Energy Radiation from Thunderstorms and Lightning).
10. Borodkova N., Eselevich V., Zastenker G., Sapunova O., Safrankova J., Nemecek Z., Prech L., Fine Structure of the Interplanetary Shock Front from the Plasma Measurements abstract ST22-36-A004. (oral) Международный конгресс, "AOGS 13th Annual Meeting", 31 июля - 5 августа, 2016, Пекин, Китай, <http://www.asiaoceania.org/aogs2016/>
  11. Borodkova N.L., Parkhomov V.A., Eselevich V.G., Yermolaev Yu.I.: Large and Sharp Increases in Sporadic Solar Wind Dynamic Pressure and Their Effect on the Earth Magnetosphere. (oral) Международная конференция, XIVth Hvar Astrophysical Colloquium "Solar and Solar-Terrestrial Physics: Now and in the Future", 26 - 30 Сентября, 2016, Хвар Хорватия, <http://oh.geof.unizg.hr/index.php/en/meetings/xivth-hac>
  12. Burinskaya T. and M. Shevelev: 'Generation of auroral kilometric radiation in 3-D plasma cavity in a dipole magnetic field', 8-th International workshop on planetary, solar and heliospheric radio emissions, 25-27 October, 2016, Seggau, Austria <http://pre8.oeaw.ac.at/files/ProgramOverviewPRE8.pdf>
  13. Burinskaya T. and M. Shevelev: 'Generation of auroral kilometric radiation in a dipole magnetic field – 3-D approach', GRDI 'Helio-plasmas' workshop, 22-24 November, 2016, Moscow
  14. Cornelissen Germaine, Tamara Breus, Yoshihiko Watanabe, Elena V Syutkina, Anatoly Masalov, Kuniaki Otsuka. Influence of space weather on heart rate and heart rate variability.// Доклад на 13 Европейская конференция «Неделя космической погоды» (European Space Weather Week – 13 ESWW) в Бельгии (Остенде) 14-18 ноября 2016г
  15. Delcourt Dominique, Helmi Malova, Lev Zelenyi, Response of quasi-adiabatic ions to magnetotail reconfigurations, Section "Plasma Sheet Processes and Magnetotail Origins of Auroral Morphology", Abstract ID 119436, 2016 AGU Fall Meeting, San-Francisco 12-16 December 2016, USA, <http://fallmeeting.agu.org/2016/>.
  16. Demekhov A.G., Titova E.E., Kozelov B.V., Pasmanik D.L., Manninen J., Santolik O., Kletzing C.A., Reeves G. Identification of the source of quasiperiodic VLF emissions using ground-based and Van Allen Probes satellite observations. P. 39. 11th International Conference "PROBLEMS OF GEOSMOS" Book of Abstracts St. Petersburg, Petrodvorets, October 3–7, 2016.
  17. Dolgonosov M.S. "Charged particle acceleration at the distant magnetotail", International workshop on the energy transfer through the polar ionosphere, май 2016, Норвегия,
  18. Dolgonosov M.S. "Investigation of atmospheric high-energy phenomena on-board International Space Station: microsatellite Chibis-AI", Thunderstorms and Elementary Particle Acceleration (TEPA-2016), 2016, Армения.
  19. Dumin Yu. New Method for Calculation of the Coulomb Sums in Strongly-Coupled Plasmas. Workshop "Bridging-Time Scale Techniques and their Applications in Atomistic Computational Science", Dresden, 12-15 September 2016.
  20. Dumin Yu. V. Can Quantum Entanglement Manifest Itself at the Cosmic Scales? 605. WE-Heraeus-Seminar "Macroscopic Entanglement", Bad Honnef, Germany, 17-22 January 2016.
  21. Dumin Yu. V. Simulation of the Cosmological Defect Formation by Ultracold Gases in Optical Lattices. 632. WE-Heraeus-Seminar "Gauge Field Dynamics with Ultracold Gas Systems", Bad Honnef, Germany, 12-15 December 2016.
  22. Dumin Yu.V. Local Hubble Expansion: Current State of the Problem. International Conference "Cosmology on Small Scales 2016: Local Hubble Expansion and Selected Controversies in Cosmology", Prague, 21-24 September 2016.
  23. Dumin Yu.V. Sling Effect in Close Binaries Caused by the Dark Energy. Международная конференция "Гравитация, космология и механика сплошных сред", посвященная 100-летию со дня рождения К.П. Станюковича, Москва, 3-4 марта 2016 г.

24. Dumin Yu.V., Popel S.I. Effects of Strong Coulomb's Coupling in the Sharply-Expanding Dusty Plasmas. Workshop on Non-Ideal Plasma Physics, Moscow, 7-8 December, 2016 г.
25. Durovcova T., Cagas P., Safrankova J., Nemecek Z., Zastenker G.N., Variations of helium abundance in the solar wind and its changes across IP shocks, abstract p.3002 (poster) Международный конгресс, "EGU General Assembly 2016", 17-22 апреля, 2016, Вена, Австрия, <http://egu2016.eu/>
26. Ermakov V., L. Zelenyi, O. Vaisberg, and E. Dubinin. Mars atmospheric losses induced by the solar wind: current knowledge and perspective Конференция AGU FM 2016
27. Evdokimova M.A., Petrukovich A.A., Analysis of methods for estimating westward auroral electrojet current with meridian magnetometer chain data. ESWW 13, November 14-18, Belgium, Oostende. <http://www.stce.be/esww13/>
28. Evdokimova M.A., Petrukovich A.A., Analysis of methods for estimating equivalent ionospheric current from meridian magnetometer chain data, Проблемы Геокосмоса», 3-7 октября 2016, Санкт-Петербург. <http://geo.phys.spbu.ru/geocosmos/>.
29. Golikov Evgeniy, Nikolai Belov, Dmitry Alexashov, and Vladislav Izmodenov. Modelling of the solar/stellar wind two-jet structure induced by azimuthal stellar magnetic field. In COSPAR 41st Scientific Assembly Abstracts, volume 41 of COSPAR SA, pages D1.1–4–16. SAO/NASA ADS USA, 2016. <https://www.cospar-assembly.org/>
30. Goncharov O. Nemecek Z., Safrankova J., Prech L., Koval A., Wilson L. B., Zastenker G. N., Waves associated with interplanetary shocks: Types and properties, abstract p.3009(poster) Международный конгресс, "EGU General Assembly 2016", 17-22 апреля, 2016, Вена, Австрия, <http://egu2016.eu/>
31. Grigorenko E., A.Yu. Malykhin, H.V. Malova, I.M. Zelenyi, Influence of a guide BY field on the magnetotail current sheet structure and particle dynamic (poster) 4th Cluster and THEMIS workshop, Палм Спрингс, США, 7-12 ноября, 2016, [http://themis.igpp.ucla.edu/events/CLUSTER\\_THEMIS\\_2016/4thCLUSTER\\_THEMIS\\_programme\\_v7.pdf](http://themis.igpp.ucla.edu/events/CLUSTER_THEMIS_2016/4thCLUSTER_THEMIS_programme_v7.pdf).
32. Grigorenko E., Influence of the IMF BY field on the magnetotail current sheet structure and particle dynamics (oral contributed), International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun-Earth System ISROSES III, Золотые Пески, Болгария, 11-16 сентября 2016, <http://www.isroses.lanl.gov/>
33. Grigorenko E., L.M. Zelenyi, M.S. Dolgonosov, E.A. Kronberg CLUSTER view on PSBL ion beams in the Earth's magnetotail (Invited), 4th Cluster and THEMIS workshop, Палм Спрингс, США, 7-12 ноября, 2016, [http://themis.igpp.ucla.edu/events/CLUSTER\\_THEMIS\\_2016/4thCLUSTER\\_THEMIS\\_programme\\_v7.pdf](http://themis.igpp.ucla.edu/events/CLUSTER_THEMIS_2016/4thCLUSTER_THEMIS_programme_v7.pdf)
34. Grigorenko E., Strong ion energization by electromagnetic fluctuations in plasmoid-like magnetic structures (solicited), Генеральная ассамблея Европейского Геофизического Союза-2016, г. Вена, Австрия, 17-22 апреля 2016, <http://egu2016.eu/>
35. Grigorenko E.E., L.M. Zelenyi, O. L. Vaisberg, V. Ermakov, E. Dubinin, H. V. Malova, Multi-Component Current Sheets in the Martian Magnetotail. MAVEN Observations (poster), AGU Fall Meeting, Сан Франциско, США, 12-16 декабря 2016, <http://fallmeeting.agu.org/2016/>
36. Grigorenko Elena, Lev M Zelenyi, Oleg L Vaisberg, Vladimir Ermakov, Edward Dubinin and Helmi V Malova, Multi-Component Current Sheets in the Martian Magnetotail. MAVEN Observations, Mars Upper Atmosphere, Ionosphere, Solar Wind Interactions, and Escape, Abstract ID 173676, 2016 AGU Fall Meeting, San-Francisco, 2016 December 2016, USA, <http://fallmeeting.agu.org/2016/>.
37. Gromova L.I., Kleimenova N.G., Gromov S.V., Dremukhina L.A., Levitin A.E., Zelinsky N.R., Malysheva L.M. High-latitude geomagnetic response to the space weather during the intense magnetic storm on June 22-23, 2015 // Сб. Тез., 11-я Международная школа-конференция «Проблемы Геокосмоса», 3 - 7 октября 2016 г, Санкт-Петербург, с. 57, 2016.

38. Gurfinkel Yury, Andrey Vasin, Maria Sasonko, Space Research Institute, RAS and Research Clinical Center of JSC «Russian Railways», Moscow, “Physiological effects of zero magnetic field in human experiment”// Joint Life Science Meeting “Life in Space for Life on Earth”, 5-10 June 2016, Toulouse, France
39. Gurfinkel Yury, Oleg Atkov, Andrey Vasin, Maria Sasonko, Ruslan Sarimov (IKI); Research Clinical Center JSC "Russian Railways"; Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences Geomagnetic storm in laboratory conditions, // Доклад на 13 Европейская конференция «Неделя космической погоды» (European Space Weather Week – 13 ESWW) в Бельгии (Остенде) 14-18 ноября 2016г
40. Gvaramadze V.V. & Knizev A.Y., Central stars of mid-infrared nebulae discovered with Spitzer and WISE. The B[e] Phenomenon. Forty Years of Studies. International Conference held in Prague, Czech Republic, June 27 to July 1, 2016. <http://bepstars2016.org>
41. Izmodenov V.V., Stellar and interstellar magnetic field effects on the global structure of astrospheres, Blowing in the wind, Quy Nhon, Вьетнам, 7-13 августа 2016 <http://vietnam.in2p3.fr/2016/wind/schedule.html>
42. Izmodenov V.V., Charge exchange reactions at interfaces between neutral gas and plasma: Dynamical effects and X-ray emission, Partially Ionised Plasmas in Astrophysics (PIPA) La Laguna, Tenerife, Spain, 29th of August - 2nd September 2016, La Laguna, Tenerife, Испания, 29 августа - 2 сентября 2016, Abstract book, page 4 [http://www.iac.es/congreso/PIPA2016/media/Program\\_final.pdf](http://www.iac.es/congreso/PIPA2016/media/Program_final.pdf)
43. Izvekova Yu., Popel S. Dust Particle Dynamics in Atmospheric Dust Devils // Abstracts General Assembly of the European Geosciences Union (Vienna, Austria, 2016), Geophysical Research Abstracts, Volume 18, EGU2016-6531-1, 2016.
44. Izvekova Yu.N., Popel S.I. Dust Vortex Motions in the Atmospheres of Earth and Mars. The Seventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2016), 7MS3-PS-48, pp. 252-ab-253-ab.
45. Katushkina Olga, Dmitry Alexashov, Bill R. Sandel, Vladislav Izmodenov, and Eric Quemerais. Voyager 1/uvs measurements of the backscattered solar lyman-alpha emission at the distant heliosphere: unknown source of additional emission. In COSPAR 41st Scientific Assembly Abstracts, volume 41 of COSPAR SA, pages D1.1–11–16. SAO/NASA ADS USA, 2016. <https://www.cospar-assembly.org/>
46. Katushkina Olga, Interstellar dust distribution in the region of interaction of the stellar wind with the interstellar medium, International conference Blowing in the wind, Abstract book, p. 23, Quy Nhon, Vietnam, 7-13 августа, 2016 г. <http://vietnam.in2p3.fr/2016/wind/schedule.html>
47. Khabarova Olga, Roman Kislov, Helmi Malova, A cylindrical current sheet over the South solar pole observed by Ulysses, European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17–22 April 2016, EGU2016-18076.
48. Kislov Roman Anatolevich, Olga Khabarova, Helmi V Malova, The heliospheric plasma sheet: analytical modeling and observations, AGU Chapman conference, Dubrovnik, Croatia, 22-27 May 2-16.
49. Klimov S.I., Gotlib V.M., Dolgonosov M.S. et al. “Microsatellite "Chibis-M" (25.01.2012 – 15.10.2014). Results, lessons and prospects”, 10th IAA Symposium on Small Sat April 20-24, 2015, Berlin, Germany
50. Klimov, Stanislav I., History and modernity of the study of space weather in Russia. J Aeronaut Aerospace Eng 2016, 5:2 (Suppl), p. 53.
51. Klimov, Stanislav I., V.N. Angarov, V.M. Gotlib, M.S. Dolgonosov, A.V. Kalyuzhny, V.M. Kozlov, V.N. Nazarov, D.I. Novikov and V.G. Rodin. Implementation of a micro-satellite program in the infrastructure of the Russian segment of the International Space Station. J Aeronaut Aerospace Eng 2016, 5:2 (Suppl), p. 33.
52. Klimov Stanislav, Valery Grushin, Denis Novikov, Maksim Dolgonosov, Vladimir Gotlib, Vyacheslav Pilipenko, Katya Georgieva, Boyan Kirov, Csaba Ferencz, Hanna Rothkaehl, Valery Korepanov, Serhiy Belyayev, Andry Marusenkov, Denis Dudkin, Vira Pronenko, and

- Peter Szegedi. Study of electromagnetic parameters of space weather in the ionosphere. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-10817, 2016, EGU General Assembly 2016 <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-10817.pdf> (EGU2016-10817, Session ST4.1 Space Weather and its Effects on Terrestrial and Geo-Space Environments: Science and Application).
53. Kniazev A.Y. & Knizev A.Y., SALT spectroscopy of evolved massive stars. Международная астрономическая конференция "Физика звезд: от коллапса до коллапса", 3-7 октября 2016 г., пос. Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская Республика, Специальная астрофизическая обсерватория РАН. <http://agora.guru.ru/display.php?conf=sao50years&l=0>
  54. Kolmasova, I., T. Farges, O. Santolik, M. S. Dolgonosov, D. Pisa, S. I. Klimov, V. M. Gotlib. Trans-Ionospheric Pulse Pairs (TIPPs) observed by the CHIBIS-M satellite: comparison with ground based measurements. (TEA-IS), Thunderstorm Effects on the Atmosphere-Ionosphere System, Copenhagen, June, 27th - June, 29th, 2016, Poster.
  55. Kopnin S.I. Energy Conversion Processes in Dusty Plasmas of Earth's Atmosphere and Lunar Exosphere. Regional Interdisciplinary Conference – Humboldt Kolleg «Energy conversion: from nature to technology», 28 August - 2 September 2016, Novosibirsk, Russia.
  56. Krafft C., A.S Volokitin, Velocity diffusion of beam particles accelerated by Langmuir turbulence in solar wind plasmas, VLASOVIA 2016, Fifth International Workshop on the Theory and Applications of the Vlasov Equation Copanello, Italy, May 30 - June 2, 2016
  57. Kronberg E. A , E. E. Grigorenko, P. W. Daly, H. Luo, Y. Khotyaintsev, Characterization of energetic O<sup>+</sup> and H<sup>+</sup> ions in the plasma sheet (Invited), 4th Cluster and THEMIS workshop, Палм Спрингс, США, 7-12 ноября, 2016, [http://themis.igpp.ucla.edu/events/CLUSTER\\_THEMIS\\_2016/4thCLUSTER\\_THEMIS\\_programme\\_v7.pdf](http://themis.igpp.ucla.edu/events/CLUSTER_THEMIS_2016/4thCLUSTER_THEMIS_programme_v7.pdf)
  58. Kuzichev I.V., Shklyar D.R. Acceleration of relativistic electrons due to resonant interaction with oblique monochromatic whistler-mode waves generated in the ionosphere. / EGU General Assembly (Vienna, 2016). <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/posters/20716>
  59. Kuzichev I.V., Shklyar D.R. Resonant wave-particle interaction of suprathermal ions with lightning-generated ion cyclotron waves / 11th International Conference and school «Problems of Geocosmos» (St. Petersburg, 2016) <http://onlinereg.ru/geocosmos/Geocosmos2016.pdf>.
  60. Kuznetsov E.A., T. Passot, V.P. Ruban, P.L. Sulem. Variational approach for mirror structures in a plasma with pressure anisotropy. VI International Conference “Frontier of Nonlinear Physics, Nizhnii Novgorod-Sankt-Petersburg”, 17-23 July, 2016, Russia.
  61. Letunovsky V., M.Mitjurin, A.Koziura, E.Rodkin , I. Nichushkin Scientific objectives and preliminary parameters of ARIES-L instrument qualification model for LUNA-Glob mission Конференция 7MS-3, устный доклад
  62. Lubchich A.A., A.G. Demekhov, E. E. Titova, A. G. Yahnin. Characteristics of the ion-cyclotron and whistler mode waves as revealed from the Van Allen Probe data. 39th Annual Seminar “Physics of auroral phenomena”, Apatity, Russia, 29 February -4 March, 2016:
  63. Lukin A.S., Petrukovich A.A., Dependence of regression coefficient between interplanetary and magnetospheric field By on database selection criteria, Проблемы Геокосмоса», 3-7 октября 2016, Санкт-Петербург. <http://geo.phys.spbu.ru/geocosmos/>.
  64. Malova Helmi V., Victor Yu. Popov, Elena E. Grigorenko, Olga V. Khabarova, Anatoli A. Petrukovich, Lev M. Zelenyi, ABOUT A QUASI-ADIABATIC MOTION OF CHARGED PARTICLES IN HELIOSPHERIC CURRENT SHEET, AGU Chapman conference, Dubrovnik, Croatia, 22-27 May 2-16.
  65. Malova Helmi, Victor Popov, Elena Grigorenko, Andrey Dunko, and Anatoly Petrukovich, Heliospheric current sheet and its interaction with solar cosmic rays, European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17–22 April 2016.
  66. Malykhin A.Yu., E.E. Grigorenko, Kh. V. Malova, The kinetic effects in ion dynamics in closed magnetic configurations, European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17–22 April 2016.

67. Manninen J., T. Turunen, N.G. Kleimenova, Yu. Fedorenko, A. Kozlovsky Daytime peculiar high-frequency VLF emissions at auroral latitudes // Abs.“Physics of Auroral Phenomena”, XXIX Annual Seminar, 29 Feb – 4 March, Apatity, p. 24. 2016.
68. Minaev P.Yu. Precursors of short GRBs registered by SPI-ACS/INTEGRAL, The Eighth Huntsville Gamma-Ray Burst Symposium, Huntsville, Alabama, USA, October 24–28, 2016, стендовый, <http://www.hou.usra.edu/meetings/gammaray2016/>
69. Moiseenko D., O.Vaisberg, R.Zhuravlev, A.Shestakov, S. Shuvalov, P.Moiseev, V. Letunovsky, M.Mitjurin, A.Koziura, E.Rodkin, I. Nichushkin Scientific objectives and preliminary parameters of ARIES-L instrument qualification model for LUNA-Glob mission Конференция 7MS-3, устный доклад
70. Moiseenko S.G., Magnetorotational processes in core-collapsed supernovae, 15th Seminar LPpM3, Petrovac, Montenegro, from September 24 to October 1, 2016, <http://lppm3.ru/en/>
71. Moiseenko, S. G., Development of Magneto-Differential-Rotational Instability in MagnetoRotational Supernova explosion. «The supernovae through the ages», 8-13 August 2016 Millennium Institute of Astrophysics, Easter Island, Chile
72. Moiseenko, S. G., Magneto-differential-rotational instability in magnetorotational supernovae, «Dynamical processes in space plasmas » 3-10 April 2016 Ben Gurion University, Dead Sea, Israel
73. Morozova T.I., Kopnin S.I., Popel S.I. Adiabatic Trapping of Electrons and Localized Wave Structures in Lunar Dusty Plasmas and Earth's Mesosphere. The Seventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2016), 7MS3-PS-46, pp. 247-ab-248-ab.
74. Morozova T.I., Kopnin S.I., Popel S.I. Adiabatic Trapping of Electrons and Localized Wave Structures in Lunar Dusty Plasmas and Earth's Mesosphere. The Seventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2016).
75. Neishtadt A.I. Warwick Dynamical Systems Workshop, Warwick Mathematics Research Centre, University of Warwick, 06.06.2016 - 08.06.2016, <https://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/math/research/events/2015-16/nonsymposium/wdsw/>
76. Neishtadt A.I. Workshop: Averaging: new techniques and new applications, Chinese Academy of Sciences, Morningside Center of Mathematics, Beijing, 12.09.2016 - 23.09.2016, [http://www.mcm.ac.cn/activities/programs/averaging/201604/t20160413\\_331640.html](http://www.mcm.ac.cn/activities/programs/averaging/201604/t20160413_331640.html)
77. Nemecek Z., Safrankova J., Nemecek F., Prech L., Riazantseva M. Where turbulence meets thermal noise? abstract p.41 (poster) Международная конференция "THOR Workshop 2: Exploring plasma energization in space turbulence", 27-29 сентября, 2016, Барселона, Испания, <http://icc.ub.edu/congress/thor/>
78. Nikolaeva Nadezda, Yuri Yermolaev, Irina Lodkina, The development of magnetic storms driven by different solar wind streams and for various solar wind-magnetosphere coupling functions (устный) First VarSITI General Symposium June 6-10, 2016, Albena, Bulgaria <http://newserver.stil.bas.bg/VarSITI2016/>
79. NIKOLAEVA Nadezhda, Yuri YERMOLAEV, Irina LODKINA, Generation of Magnetic Storms Induced by Different Solar Wind Phenomena (oral) Международный конгресс, "AOGS 13th Annual Meeting", 31 июля - 5 августа, 2016, Пекин, Китай, <http://www.asiaoceania.org/aogs2016/>
80. Ozorovich, Yuri, Vacheslav Linkin, Alexandr Kosov, Alain Fournier-Sicre, Stanislav Klimov, Denis Novikov, Anton Ivanov, Dmitriy Skulachev, and Yaroslav Menshenin. Jupiter's and Saturn's ice moons: geophysical aspects and opportunities of geophysical survey of the planetary geoelectrical markers and oreols of the subsurface liquid ocean on the surface ice moons. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-7322, 2016, EGU General Assembly 2016 <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-7322.pdf> (EGU2016-7322, Session PS1.1/GI2.8 New missions and techniques for planetary exploration (co-organized).
81. Pavlov, A. K., Frolov D. A., Ostryakov, V. M., Vasilyev, G. I. STRUMINSKY A.B. Analysis of Superflare “Isotopic Imprints” in Lunar and Terrestrial Samples ECRS2016

82. Petrukovich A.A., Artemyev A.V., Zelenyi L.M., Vasko I.Y., Nakamura R. Multipoint studies of 2-D magnetotail current sheet, Проблемы Геокосмоса», 3-7 октября 2016, Санкт-Петербург. <http://geo.phys.spbu.ru/geocosmos/>.
83. Petrukovich Anatoli, Effective plasmascience with Cubesats, ISSI FORUM Performing High-Quality Science on CubeSats January 19-20, 2016, ISSI, Bern, Switzerland [http://www.issibern.ch/program/forum\\_archive.html#cubesats](http://www.issibern.ch/program/forum_archive.html#cubesats)
84. Petrukovich Anatoli, K.V. Anufreichik, I.V. Polyansky, I.G. Mitrofanov, O.I. Korablev, L.M. Zelenyi, Russian Lunar orbiter mission, The Seventh Moscow Solar System Symposium 7M-S3, Space Research Institute, Moscow, Russia, October 10-14, 2016 <http://ms2016.cosmos.ru/>.
85. Petrukovich Anatoli, O.M. Chugunova, T.Inamori, K.Kudela, Oscillations of energetic ions flux in the foreshock, THOR Workshop #2: Exploring plasma energization in space turbulence, University of Barcelona, 27-29 September 2016 <http://icc.ub.edu/congress/thor/>.
86. Petrukovich Anatoli, Research on Small Satellites, Space Research Colloquium German Aerospace Center (DLR) – Space Research Institute (IKI), 29.03. – 30.03.2016, DLR Oberpfaffenhoffen.
87. Petrukovich, A., Zelenyi, L., Nakamura, R., Artemyev, A., Multipoint studies of 2D magnetotail current sheet, 41st COSPAR Scientific Assembly, 30 July - 7 August 2016, Turkey, cancelled. Abstract D3.2-6-16.
88. Podladchikova T.V., A.A.Petrukovich, Forecast of future geomagnetic storm strength: 5 years online, ESWW 13, November 14-18, Belgium, Oostende. <http://www.stce.be/esww13/>
89. Popel S.I. Nanoparticles in the Water Cycle: Properties, Analysis and Environmental Relevance. Humboldt-Kolleg & Symposium «NANO-2016. Ethical, Ecological and Social Problems of Nanoscience and Nanotechnology» (Chisinau, Moldova, 2016).
90. Pozanenko A.S., Comparison of SPI-ACS/INTEGRAL and GBM/FERMI data around a time of detection of the LIGO gravitational wave events. Amsterdam, The Netherlands, October 10-14 2016 <https://www.sron.nl/integral2016>
91. Pozanenko A.S., Cosmic gamma-ray bursts and "V"s of the big data, BRICS Astronomy Workshop 2016, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia, September 5-7, 2016, Приглашенный, <http://astro.brics.urfu.ru/en/astrodata2016/>
92. Pozanenko A.S., Cosmic gamma-ray bursts: What we know, what we want to know and what we will never know, «Dynamical processes in space plasmas » 3-10 April 2016 Ben Gurion University, Dead Sea, Israel
93. Pozanenko A.S., GRB afterglow observations by international scientific optical network (ISON), 15th Seminar LPPM3, Petrovac, Montenegro, from September 24 to October 1, 2016, <http://lppm3.ru/en/>
94. Pozanenko A.S., GRB afterglow observations by international scientific optical network, The Eighth Huntsville Gamma-Ray Burst Symposium, October 24–28, 2016, Huntsville, Alabama. USA <http://www.hou.usra.edu/meetings/gammaray2016/>
95. Pozanenko A.S., Precursors of short GRBs registered by SPI-ACS/INTEGRAL, The Eighth Huntsville Gamma-Ray Burst Symposium, October 24–28, 2016, Huntsville, Alabama. USA, <http://www.hou.usra.edu/meetings/gammaray2016/>
96. Pozanenko A.S., SPI-ACS/INTEGRAL and GBM/Fermi data around a time of detections of the LIGO gravitational wave events, The Eighth Huntsville Gamma-Ray Burst Symposium, October 24–28, 2016, Huntsville, Alabama. USA, <http://www.hou.usra.edu/meetings/gammaray2016/>
97. Prech L., Safrankova J., Nemecek Z., Nemecek F. Chen C.H. K.; Zastenker G.N., Fast plasma measurements in the solar wind: Lessons from Spektr-R and implications for THOR, abstract p.2994 (poster) Международный конгресс, "EGU General Assembly 2016", 17-22 апреля, 2016, Вена, Австрия, <http://egu2016.eu/>
98. Rakhmanova L., Riazantseva M., Zastenker G. Plasma turbulence in the Earth's magnetosheath at ion scales abstract p.44 (poster) Международная конференция "THOR Workshop 2:

- Exploring plasma energization in space turbulence", 27-29 сентября, 2016, Барселона, Испания, <http://icc.ub.edu/congress/thor/>
99. Rakhmanova L., Riazantseva M., Zastenker G.. Plasma turbulence in the Earth's magnetosheath in the range of kinetic scales (according to Spectr-R data) abstract p.83 (poster) Международная конференция "Vlasovia 2016", 30 мая – 2 июня 2016, Копанелло, Италия, <http://www.fis.unical.it/astroplasmi/vlasovia2016/index.html>
  100. Riazantseva M., Budaev V., Rakhmanova L., Zastenker G. Nonstationary character of solar wind turbulence and the role of filament like structures in its formation abstract p.84 (poster) Международная конференция "Vlasovia 2016", 30 мая – 2 июня 2016, Копанелло, Италия, <http://www.fis.unical.it/astroplasmi/vlasovia2016/index.html>
  101. Riazantseva M., Budaev V., Zastenker G. Rakhmanova L., J.Šafránková , Z. Němeček , L.Přech , The variability of character of plasma turbulent flow in the solar wind and the magnetosheath on SPECTR-R observations. abstract p.44 (poster) Международная конференция "THOR Workshop 2: Exploring plasma energization in space turbulence", 27-29 сентября, 2016, Барселона, Испания, <http://icc.ub.edu/congress/thor/>
  102. Rong, Z., Lui, A., Wan, W., Yang, Y., Shen, C., Petrukovich, A., Zhang, Y., Wei, Y., The time delay of IMF penetration into Earth's magnetotail, EGU General Assembly 2016, 3387
  103. Ruderman M. S. and Luna M. Damping of prominence longitudinal oscillations due to mass accretion. The IBUKS2016 workshop, 13-17 June 2016, Leuven, Belgium. Web site: <https://wis.kuleuven.be/events/IBUKS2016/>
  104. Ruderman M. S. and Petrukhin N. S. Non-reflective propagation of kink pulses in magnetic waveguides in the solar atmosphere. 7th Isradynamics meeting - Dynamical Processes in Space Plasmas, 3-10 April 2016, Ein Bokek on the Dead Sea, Israel, China. Web site [http://ssg.group.shef.ac.uk/Conferences/Israel\\_2016/index.html](http://ssg.group.shef.ac.uk/Conferences/Israel_2016/index.html)
  105. Ruderman M. S. Rayleigh-Taylor instabilities with sheared magnetic fields in partially ionised plasmas. Conference on partially ionised plasmas, 29 August – 2 September, La Laguna, Tenerife, Spain. Web site: [www.iac.es/congreso/pipa2016](http://www.iac.es/congreso/pipa2016)
  106. Safrankova J., Nemecek Z., Nemecek F., Prech L., Chen C.H. K., Zastenker G.N., Plasma beta control of scaling of solar wind turbulent structures, abstract p.2648 (poster) Международный конгресс, "EGU General Assembly 2016", 17-22 апреля, 2016, Вена, Австрия, <http://egu2016.eu/>
  107. Sapunova O. V., Borodkova N. L., Zastenker G. N., Yermolaev Yu. I., Fine Structure of the Interplanetary Shocks Observed by BMSW Experiment Onboard the SPEKTR-R (oral) Международная конференция, XIVth Hvar Astrophysical Colloquium "Solar and Solar-Terrestrial Physics: Now and in the Future", 26 - 30 Сентября, 2016, Хвар Хорватия, <http://oh.geof.unizg.hr/index.php/en/meetings/xivth-hac>
  108. Sasonko M.L., Gurfinkel Yu. I., Ozheredov V.A., Breus T.C. Space Research Institute of Russian Academy of Science (RAS), Long-term observation of cardiovascular system parameters under variation of geomagnetic condition// Доклад на 13 Европейская конференция «Неделя космической погоды» (European Space Weather Week – 13 ESWW) в Бельгии (Остенде) 14-18 ноября 2016г
  109. Savin S., V. Belakhovsky, Penetration of Super-Low Frequency Disturbances from Solar Wind and Magnetosheath towards Ionosphere, International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun–Earth System III, Golden Sands, Bulgaria, September 12–16, 2016
  110. Sharykin I.N., Kosovichev A.G., Zimovets I.V., Sadykov V.M. High resolution observation of flare energy release in twisted magnetic configuration from Hinode. Hinode-10 science meeting, Nagoya, Japan.
  111. Sharykin I.N., Kosovichev A.G., Zimovets I.V., Sadykov V.M. Observational Investigation of Energy Release in the Lower Solar Atmosphere of a Solar Flare Hinode-10 science meeting, Nagoya, Japan.

112. Sharykin I.N., Kuznetsov A.A Modelling of nonthermal microwave emission from twisted magnetic loops. 5th RadiobIun workshop, Ceske Budejovice, Czech Republik.
113. Shklyar D. R., Resonant interaction of quasi-electrostatic whistler-mode waves with energetic protons in the magnetosphere, The 7th biennial VERSIM and Radiation Belt Symposia, 19-24 September 2016, Hermanus, Western Cape, South Africa. [https://events.sansa.org.za/images/2016/VERSIM/docs/VERSIM\\_RBS\\_PROGRAMME\\_SEPT\\_EMBER\\_2016.xls](https://events.sansa.org.za/images/2016/VERSIM/docs/VERSIM_RBS_PROGRAMME_SEPT_EMBER_2016.xls)
114. Shklyar David. Peculiarities of magnetosonic wave spectrum. Report at International Group on Analysis of Cluster Inner Magnetosphere Campaign Data, in Application the Dynamics of Waves and Wave-particle Interaction within the Outer Radiation Belt. ISSI, Bern, Switzeland, 9-13 May 2016. <http://www.issi.unibe.ch/program/calendar.html>  
[http://www.issibern.ch/teams/outerradiatbelt/?page\\_id=6](http://www.issibern.ch/teams/outerradiatbelt/?page_id=6)
115. Shvartsburg A., N.V. Silin. Anharmonic Microwaves in Nonlinear Gradient Transmission Lines, URSI AP-RASC, 2016, August 21 – 25, Seoul, Korea.
116. Stepanov A.E., Khalipov V.L., Kotova G.A., Kobyakova S.E., Bogdanov V.V., Kaisin A.V., Upflow of ionospheric plasma in the polarization jet region, talk to 11-th International Conference and school «Problems of Geocosmos» 2016 October 03 - 07, Peterhof, Saint Petersburg, Russian Federation
117. Stepanov A.E., S.E. Kobyakova, V.L. Khalipov, I.I. Struchkov, V.V. Petrov. The sharp drop of the F-layer critical frequency as the boundary of a large-scale ionospheric plasma convection, talk to 13th Russian-Chinese Conference on Space Weather Yakutsk, August 15-19, 2016.
118. Stepanov A.E., V.L. Khalipov, O.M. Pirog, V.A. Telegin, V.A. Panchenko, The dynamics of the dayside polar cusp by measurements at auroral stations Tixie Bay and Norilsk, talk to 13th Russian-Chinese Conference on Space Weather Yakutsk, August 15-19, 2016.
119. Titova E. E., B. V. Kozelov, A. G. Demekhov, J. Manninen, O. Santolik, C. A. Kletzing, and G. Reeves. Identification of the source of quasiperiodic VLF emissions using ground-based and Van Allen Probes satellite observations. VERSIM – 2016, 19-24 September 2016 Hermanus, South Africa.
120. Tsupko O. Yu. Российско-германский молодежный семинар "Перспективы космической науки и исследований космоса", 1–3 июня 2016 г., Российский дом науки и культуры, Берлин, Германия, German-Russian Youth Workshop "Future Perspectives of Space Science and Space Exploration", 1–3 June 2016, Russian House of Science and Culture, Berlin, Germany. Устный доклад "Influence of plasma on gravitational lensing effects".<http://iki.cosmos.ru/conf/2016berlin/>
121. Tsupko O. Yu., Конференция "Основы теории гравитационных волн", Workshop "Foundations of the Theory of Gravitational Waves", 9-11 October 2016, Nordic Institute for Theoretical Physics (NORDITA). Постерный доклад "Analytical calculation of ISCO of spinning test particles in Schwarzschild and Kerr space-times" <http://agenda.albanova.se/conferenceDisplay.py?confId=5838>
122. Tsupko O. Yu., 21-я Международная Конференция по Общей Теории Относительности и Гравитации, США, Нью-Йорк, Колумбийский Университет, 21st International Conference on General Relativity and Gravitation (GR21), USA, New York City, Columbia University, July 10-15, 2016. Устный доклад "Influence of a plasma on the shadow of a spherically symmetric black hole and other chromatic effects of gravitational lensing in presence of plasma" [www.GR21.org](http://www.GR21.org)
123. Vaisberg O.L., S. Shuvalov, A.Shestakov, Yu. Golubeva Evidence for backstreaming ions origin in the young Hot Flow Anomaly Конференция AGU FM 2016
124. Vaisberg O.L., S.D.Shuvalov, A.Yu.Shestakov, Y.M.Golubeva The source of backstreaming ions in a young Hot Flow Anomaly Конференция «4th Cluster and THEMIS workshop
125. Verigin M. I., Kotova G. A., Oxygen loss from Mars: Earlier PHOBOS 2, recent MAVEN observations, and how to measure oxygen loss by in-situ ion measurements, in The Seventh

- Moscow Solar System Symposium, 10-14 October 2016, Space Research Institute, Moscow, 2016, pp. 5ab – 7ab.
126. Volnova A.A, Pruzhinskaya M.V., Pozanenko A.S., Blinnikov S.I., Minaev P.Yu. Multicolour modeling of SN 2013dx associated with GRB 130702A, Международная школа молодых астрономов, Таруса, International school of young astronomers “MagnetoPlasmic Processes in Relativistic Astrophysics”, Tarusa (Kaluzhsky region, Russia) 12-16 September, 2016.
  127. Volnova A.A, Pruzhinskaya M.V., Pozanenko A.S., Blinnikov S.I., Minaev P.Yu. Multicolour modeling of SN 2013dx associated with GRB 130702A, Международная астрономическая конференция «Физика звёзд: от коллапса до коллапса», САО РАН, Нижний Архыз, Карачаево-Черкесия, 3-7 октября 2016 г. Устный <http://agora.guru.ru/display.php?conf=sao50years&page=conference&PHPSESSID=sti928fvp2uj30req61hmdb6c1>
  128. Volokitin, A. & Krafft, C. Velocity diffusion of energetic electrons in the solar wind, AIP Conference Proceedings 1720, 070007 (2016); doi: 10.1063/1.4943844
  129. Yermolaev Yu. I., I. G. Lodkina, N. S. Nikolaeva, M. Yu. Yermolaev, Sheath - Underestimated Interplanetary Driver of Magnetospheric Disturbances (oral) Международный конгресс, "AOGS 13th Annual Meeting", 31 июля - 5 августа, 2016, Пекин, Китай, <http://www.asiaoceania.org/aogs2016/>
  130. Yermolaev Yu.I., I. G. Lodkina, N. S. Nikolaeva, and M. Yu. Yermolaev, Catalog of large-scale solar wind phenomena: Current status (устный) First VarSITI General Symposium June 6-10, 2016, Albena, Bulgaria <http://newserver.stil.bas.bg/VarSITI2016/>
  131. Yermolaev, Yuri; Lodkina, Irina; Nikolaeva, Nadezhda; Yermolaev, Michael, Similarities and distinctions of CIR and Sheath (poster) Международный конгресс, "EGU General Assembly 2016", 17-22 апреля, 2016, Вена, Австрия, <http://egu2016.eu/>
  132. Yushkov E.V., Artemyev, A.V., Petrukovich A.A., Nakamura R., Electron anisotropy and the dawn-dusk magnetic field in the Earth magnetotail, Проблемы Геокосмоса», 3-7 октября 2016, Санкт-Петербург. <http://geo.phys.spbu.ru/geocosmos/>.
  133. Zakharov A.V., G.G. Dolnikov, I.A. Kuznetsov, V.V. Afonin, A.N. Lyash, E. Seran, M. Godefroy, S.L.G. Hess, F. Cipriani, V.N. Barke, I.A. Shashkova, A.V. Yakovlev, A.A. Venkstern, O.F. Petrov, E.A. Lisin, S.I. Popel, N.D. Borisov, S.A. Bednyakov, N.S. Duxbury, Dust analyser developing for Russian Lunar lander mission, in The Seventh Moscow Solar System Symposium, 10-14 October 2016, Space Research Institute, Moscow, 2016, pp. 155ab – 156ab.
  134. Zelenyi Lev, Helmi Malova, Oleg Mingalev, Elena Grigorenko, Victor Popov, Dominique Delcourt, Anatoli Petrukovich, Self-organization in space plasma: formation of magnetic shear in current, sheets, 41st COSPAR Scientific Assembly 2016, Istanbul, Turkey, 30 July-7 August 2016.
  135. Zelenyi, L., Delcourt, D., Mingalev, O., Malova, H., Popov, V., Grigorenko, E., Petrukovich, A., Self-organization in space plasma: formation of magnetic shear in current sheets, 41st COSPAR Scientific Assembly, 30 July - 7 August 2016, Turkey, cancelled. Abstract D2.4-18-16.
  136. Zimovets I.V. The Sun and Heliosphere explorer – the Interhelioprobe mission // Young scientists seminar “Future perspective of space science and space exploration”, Russian House, Berlin, Germany, 1-3 June 2016, <http://iki.rssi.ru/conf/2016berlin/>
  137. Zimovets I.V., Artemyev A.V., Rankin R. Electron trapping and acceleration by kinetic Alfvén waves in solar flares // 15th RHESSI Workshop, Graz, Austria, 26-30 July 2016, <http://rhessi15.uni-graz.at/en/>
  138. Zimovets I.V., Sharykin I.N. Relation between HXR sources and vertical electric currents on the photosphere in solar flares // RadioSun-5 International Workshop and Summer School, Astronomical Institute of the Academy of Sciences and University of South Bohemia, Ceske Budejovice, Czech Republic, 23-27 May 2016, <http://radiosun5.asu.cas.cz>

139. Акаев П.С., Алексашов Д.Б., Измоленов В.В., Катушкина О.А., МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖЗВЕЗДНОЙ ПЫЛИ В ГЕЛИОСФЕРЕ, XVIII Всероссийская конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ», 5-15 сентября, 2016 г., г. Сочи, Россия, Сборник тезисов, стр. 13 <http://aerohydro.imec.msu.ru/2016/downloads/program.pdf>
140. Алексашов Д.Б., Голиков Е.А., Измоленов В.В., ОБ ИСТЕЧЕНИИ ГИПЕРЗВУКОВОГО ИСТОЧНИКА С АЗИМУТАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ В СРЕДУ С ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ, XVIII Всероссийская конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ», 5-15 сентября, 2016 г., г. Сочи, Россия, Сборник тезисов, стр. 16 <http://aerohydro.imec.msu.ru/2016/downloads/program.pdf>
141. Алексашов Д.Б., Измоленов В.В., Катушкина О.А. Распределение межзвездной пыли в областях взаимодействия звездного ветра и межзвездной среды, XVIII Всероссийская конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ», 5-15 сентября, 2016 г., г. Сочи, Россия, Сборник тезисов, стр. 17 <http://aerohydro.imec.msu.ru/2016/downloads/program.pdf>
142. Антонова Е.Е., Воробьев В.Г., Рязанцева М.О., Кирпичев И.П., Ягодкина О.И., Корнилова Т.А., Овчинников И.Л., Вовченко В.В., Пулинец М.В., Знаткова С.С., Степанова М.В. Проблемы проецирования аврорального овала и формирования дискретных авроральных дуг. абстракты с.175 (устный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
143. Антонова Е.Е., М.В. Степанова, И.Л. Овчинников, И.П. Кирпичев, Формирование каппа распределений в магнитосфере Земли и турбулентный транспорт, Одиннадцатая ежегодная конференция «ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ» 15-19 февраля 2016 г., СБОРНИК ТЕЗИСОВ, ИКИ РАН, г. Москва, с. 92, 2016.
144. Афонин В.В., Научная аппаратура для КА типа «КУБСАТ» для проведения исследований земной ионосферы, в сб. «Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов», М., ИКИ РАН, 2016, с. 147.
145. Балюкин И. И., В. В. Измоленов, Д. Б. Алексашов, and О. А. Катушкина. АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКОВ МЕЖЗВЕЗДНОГО АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА НА КА IBEX НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ. Одиннадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе" (15-19 февраля 2015г., ИКИ РАН). Сборник тезисов, стр 43–44. ИКИ РАН Москва, 2016 [http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program\\_All\\_2016\\_final.pdf](http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program_All_2016_final.pdf)
146. Балюкин И.И., Измоленов В.В., Алексашов Д.Б., Катушкина О.А., АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКОВ МЕЖЗВЕЗДНОГО АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА НА КА IBEX НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, XVIII Всероссийская конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ», 5-15 сентября, 2016 г., г. Сочи, Россия, Сборник тезисов, стр. 20 <http://aerohydro.imec.msu.ru/2016/downloads/program.pdf>
147. Балюкин И.И., Измоленов В.В., Катушкина О.А., Алексашов Д.Б., Анализ измерения потоков межзвездного атомарного кислорода на КА IBEX на основе кинетической модели, XIII конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования» 13-15 апреля 2016, ИКИ РАН, ИКИ РАН, г. Москва, Россия, 13-15 апреля 2016, Сборник тезисов, стр. 4 <http://kmu.cosmos.ru/sites/kmu2016.cosmos.ru/files/KMU-2016-Program-v0804.pdf>
148. Баныщикова М.А., Кузьмин А.К., Чувазов И.Н. Некоторые методические аспекты исследований корреляций ионосферных сцинтилляций сигналов навигационных систем в полярных областях с высыпаниями заряженных частиц и авроральной структурой.

- Доклад (орал) на IX Всероссийской конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», Томск, 2016.
149. Безруких В.В., Г.А. Котова, М.И. Веригин, Динамика температуры и концентрации протонов в плазматфере в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях вдоль магнитных силовых трубок по данным Интербола-1, в сб. «Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов», М., ИКИ РАН, 2016, с. 104.
  150. Белов А.В и Струминский А.Б. Предельные наземные возрастания интенсивности солнечных космических лучей, ВККЛ2016
  151. Бисноватый-Коган Г., О. Ю. Цупко, "Regular and chaotic dynamics of non-spherical bodies. Zeldovich's pancakes, and emission of very long gravitational waves", VI International Conference FRONTIERS OF NONLINEAR PHYSICS, Nizhny Novgorod - St. Petersburg, Russia, July 17 - July 23, 2016 <http://www.fnp.sci-nnov.ru/>
  152. Бисноватый-Коган Г.С. Magnetorotational mechanism of a core-collapse supernova explosion, International conference "All-wave Astronomy. Shklovsky-100" Moscow 20-22 June. <http://shklovsky100.asc.rssi.ru/index.php/ru/>
  153. Бисноватый-Коган Г.С. Origin and registration of gravitational waves in space and on the Earth, Вторая международная конференция МИФИ. по физике частиц и астрофизике. 11-14 Октября 2016г.
  154. Бисноватый-Коган Г.С. Time lag in close binaries with transient accretion disks International conference "Accretion Processes in Cosmic Sources". Санкт Петербург, 4-9 октября 2016 <http://apcs2016.iaps.inaf.it/>
  155. Бисноватый-Коган Г.С., «Transport coefficients in a very dense plasma: kinetic approach», Международная школа молодых астрономов, Таруса, International school of young astronomers "MagnetoPlasmic Processes in Relativistic Astrophysics", Tarusa (Kaluzhsky region, Russia) 12-16 September, 2016.
  156. Бисноватый-Коган Г.С., SGR/AXP – are they magnetars, 16-я Международная Гамовская летняя астрономическая конференция - школа: «Астрономия на стыке наук: астрофизика, космология и гравитация, космомикрфизика, радиоастрономия и астробиология» 14-21 августа 2016, Одесский национальный университет, Одесса, Украина
  157. Бисноватый-Коган Г.С., Происхождение и регистрация гравитационных волн в космосе и на Земле, 16-я украинская конференция по космическим исследованиям 22-27 августа 2016, Институт космических исследований НАНУ, Одесса, Украина <http://space-conf.ikd.kiev.ua/>
  158. Богомолов В.В. , М.И. Панасюк, С.И. Свертилов, А.В. Богомолов, Г.К. Гарипов, А.Ф. Июдин, П.А. Климов, С.И. Климов, Т.М. Мишиева, П.Ю. Минаев, В.С. Морозенко, О.В. Морозов, А.С. Позаненко, А.В. Прохоров. Наблюдение всплеска атмосферного гамма-излучения на высоких широтах по данным космического эксперимента РЭЛЕК на спутнике «Вернов». Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., ИКИ РАН, Сборник тезисов, с. 202. <http://plasma2016.cosmos.ru/docs/Plasma2016-AbstractBook.pdf>
  159. Богомолов, А.В., В.В. Богомолов, Г.К. Гарипов, В.М. Готлиб, М.С. Долгоносков, С.И. Климов, П.Ю. Минаев, М.И. Панасюк, А.С. Позаненко, С.И. Свертилов, И.В. Яшин. Верхний предел интенсивности гамма-излучения во время грозовой активности по данным измерений на микро-спутнике «Чибис-М». Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., ИКИ РАН, Сборник тезисов, с. 201. <http://plasma2016.cosmos.ru/docs/Plasma2016-AbstractBook.pdf>
  160. Буринская Т. М., М. М. Шевелев, «Генерация АКР в источнике конечных размеров в дипольном магнитном поле», Физика плазмы в солнечной системе, 15-19 февраля 2016г., Москва [http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program\\_All\\_2016\\_final.pdf](http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program_All_2016_final.pdf)

161. Быховский Н.Д., Измоденов В.В., ЗАДАЧА О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ХОЛОДНОГО ОБЛАКА И ГОРЯЧЕЙ ПЛАЗМЫ В МЕЖЗВЁЗДНОЙ СРЕДЕ, XVIII Всероссийская конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ», 5-15 сентября, 2016 г., г. Сочи, Россия, Сборник тезисов, стр. 32 <http://aerohydro.imec.msu.ru/2016/downloads/program.pdf>
162. Вайсберг О.Л., Шувалов С.Д., Шестаков А.Ю., Голубева Ю.М. Обнаружение источника пучка ионов, приводящего к развитию активного токового слоя Конференция «Физика плазмы в солнечной системе XI» 2016
163. Вайсберг О.Л., Шувалов С.Д., Шестаков А.Ю., Голубева Ю.М. Обнаружение источника пучка ионов, приводящего к развитию активного токового слоя Конференция «Фундаментальные и прикладные космические исследования» 2016
164. Веригин М.И., Г.А. Котова, В.В. Безруких, Скошенность подсолнечной части околопланетных ударных волн: Качественный анализ и сопоставление с результатами МГД моделирования, в сб. "Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов", М., ИКИ РАН, 2016, с. 94.
165. Виноградов А.Г., А.К. Кузьмин, А.М. Мёрзлый, Никифоров О.В., Потанин Ю.Н., А.Н. Теохаров, В.В. Трёкин, С.Ю. Хабибулин. Некоторые итоги по созданию системы геофизического обеспечения работы различных средств РТС. Доклад (орал) на 11й ежегодной конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», февраль 2016 г., ИКИ РАН, г.Москва.
166. Вовченко В.В., Е.Е. Антонова, Радиальные профили давления плазмы по данным приэкваториальных и низковысотных спутников. Одиннадцатая ежегодная конференция «ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ» 15-19 февраля 2015Г., СБОРНИК ТЕЗИСОВ, ИКИ РАН, г. Москва, с. 95, 2016.
167. Волокитин А.С., Крафт К., Ленгмюровская турбулентность в плазме солнечного ветра с неоднородностями плотности. Численное моделирование. «Физика плазмы в солнечной системе 2016», ИКИ 2016
168. Вольнова А., Позаненко А., Минаев П., Самодуров В., Поиск компонентов источников гравитационных волн в электромагнитном диапазоне и с помощью методов астрономии космических лучей, XVIII Международной конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных», Москва, Ершово, 11-14 октября 2016 г. Устный <http://damdid2016.frccsc.ru/>
169. Вольнова А., Позаненко А., Пугаева И., Мазаева Е., Москвитин А., Бурхонов О., Клунко Е., Назаров С., Рева И., Румянцев В., GRB 150818A: гамма-всплеск, ассоциированный с яркой сверхновой, Всероссийская конференция "Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра НЕА-2016", Москва, Россия, 20-23 декабря 2016г. Стендовый, <http://hea.iki.rssi.ru/conf/hea2016/>
170. Вольнова А.А., PSF-фотометрия, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
171. Вольнова А.А., Апертурная фотометрия (практика), Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
172. Вольнова А.А., Дифференциальная апертурная фотометрия, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
173. Вольнова А.А., Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
174. Вольнова А.А., Первичная редукция фотометрических наблюдений, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>

175. Вольнова А.А., Позаненко А.С. Необычная кривая блеска оптического послесвечения гамма-всплеска GRB 141121AXIII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования» (ИКИ, 13-15 апреля 2016 г.)
176. Вольнова А.А., Предметы и особенности практической фотометрии, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
177. Вольнова А.А., Пружинская М.В., Позаненко А.С., Блинников С.И., Мазаева Е.Д. Моделирование кривой блеска сверхновой SN 2013dx/GRB 130702A, XXXIII конференция "Актуальные проблемы внегалактической астрономии", Пушчинская радиоастрономическая обсерватория, Пушкино, 19-22 апреля 2016 г. Устный [http://www.prao.ru/conf/33\\_conf/ann1.html](http://www.prao.ru/conf/33_conf/ann1.html)
178. Вольнова А.А., Сверхновые и их наблюдения, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
179. Вольнова А.А., Фотометрия протяжённых объектов, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
180. Грушин, В.А., С.И. Климов, Б. Киров, Д. Бачваров, В.Е. Корепанов, И.Э. Белова, Д.Ф. Дудкин, Д.И. Новиков, Л.Д. Белякова. Пространственно-временной анализ данных прибора Зонд Ленгмюра международного эксперимента «Обстановка (1 этап)» на борту Российского сегмента МКС. Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., ИКИ РАН, Сборник тезисов, с. 65. <http://plasma2016.cosmos.ru/docs/Plasma2016-AbstractBook.pdf>
181. Гурфинкель Ю.И. (ИКИ РАН), Влияние магнитных бурь на сердечно-сосудистую систему и эффекты нулевого поля в лабораторных экспериментах // Приглашенный доклад на симпозиуме Института Спектрометрии РАН, 3 ноября 2016г., Троицк
182. Гурфинкель Ю.И., Васин А., Сасонко М.Л.,(ИКИ РАН и НКЦ «РЖД»). Влияние магнитных бурь на сердечно-сосудистую систему человека в лабораторных экспериментах, // 4-ая Всероссийская научно-практическая междисциплинарная конференция «Реабилитация и профилактика», Первый МГМУ им И.М. Сеченова, 7-8 октября 2016г., Москва
183. Гурфинкель Ю.И., Васин А.Л., Саримов Р.М., Бреус Т.К.,Сасонко М.Л., ИКИ РАН, НКЦ ОАО РЖД, ИОФАН, Кратковременная экспозиция магнитного поля сходного с марсианским и его влияние на микроциркуляцию и сердечно-сосудистую систему человека// ИМБП РАН, XVI Конференция по космической биологии и медицине с международным участием, 5-8 декабря 2016г Президиум РАН, Москва
184. Долгоносов М.С. и др. "Перспективы исследований высокоэнергичных процессов в атмосфере Земли: «ЧИБИС-АИ» И «ОБСТАНОВКА 2.1», Одиннадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 2016 Россия.
185. Долгоносов, М.С., Л.М. Зелёный, В.М. Готлиб, С.И. Климов, А.С. Косов, И.Г. Митрофанов. Перспективы исследований высокоэнергичных процессов в атмосфере земли: «Чибис-АИ» и «Обстановка 2.1». Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., ИКИ РАН, Сборник тезисов, с. 204. <http://plasma2016.cosmos.ru/docs/Plasma2016-AbstractBook.pdf>
186. Дубинский А.Ю., Чен Б.Б., Попель С.И., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Состав и свойства мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральной Азии. Тезисы Четырнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, Россия, 2016), с. 178.
187. Дубинский А.Ю., Чен Б.Б., Попель С.И., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Состав и свойства мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральной Азии. Тезисы Четырнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, Россия, 2016).

188. Дудкін, Ф.Л., В.О. Проненко, В.Є. Корепанов, В.Р. Чвач, С.І. Клімов. Дослідження електромагнітного забруднення іоносфери через збільшення виробництва електроенергії. 16th Ukrainian conference on space research, Odesa, August, 22–27, 2016, Abstracts. Київ \* 2016 \* Kyiv, p. 23.
189. Евдокимова М.А., Петрукович А.А. Анализ моделей восстановления ионосферных токов по данным меридиональной цепочки магнитометров. ОДИННАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ, 15-19 февраля 2016 г., ИКИ РАН, Москва, <http://plasma2016.cosmos.ru/>
190. Ермолаев Ю.И., И.Г. Лодкина, Н.С. Николаева, М.Ю. Ермолаев, СРЕДНЯЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ ТИПАХ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА (устный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
191. Ерохин А. Н., Зольникова Н. Н., Ерохин Н. С., Михайловская Л. А. Сефотронное ускорение ядер гелия в космической плазме при низкой фазовой скорости электромагнитной волны. Секция "Физика плазмы и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом", Российский университет дружбы народов, ЛП Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники, Россия, г.Москва, 17-19 мая 2016 г.
192. Ерохин Н.С., Лозников В.М., Зольникова Н.Н., Михайловская Л.А. Сефотронное ускорение протонов и ядер гелия в космической плазме. Секция Теория космической плазмы. Одиннадцатая ежегодная конференция Физика плазмы в солнечной системе 2016, 15-19 февраля 2016 года, Москва, ИКИ РАН.
193. Ерохин Н.С., Михайловская Л.А., Зольникова Н.Н., Артеха С.Н., Лазарев А.А. Модель структурных функций электрической турбулентности атмосферы с учетом когерентных структур и перемежаемости. Секция: Методы и алгоритмы обработки спутниковых данных. 14 Всероссийская конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва, ИКИ РАН, 14-18 ноября 2016 г.
194. Жукова Е.И., Попов В.Ю., Малова Х. В., Е.Е. Григоренко, А.А. Петрукович, Механизмы ускорения частиц в токовом слое хвоста магнитосферы Земли, XXV научная сессия Совета по нелинейной динамике Президиума РАН, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 19-20 декабря 2016, г. Москва.
195. Зимовец И.В., Шарыкин И.Н. Связь вспышечных источников жесткого рентгеновского излучения и вертикальных электрических токов на фотосфере // Одиннадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, Россия, 15-19 февраля 2016, <http://plasma2016.cosmos.ru/about>
196. Знаткова С.С., Антонова Е.Е., Кирпичев И.П., Пулинец М.С., Рязанцева М.О. Толщины и структура LLBL по данным спутников THEMIS при радиальном межпланетном магнитном поле. абстракты с.106 (постерный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
197. Ижовкина Н.И., Артеха С.Н., Ерохин Н.С., Михайловская Л.А. Формирование вихревых структур в атмосфере в присутствии аэрозольной плазмы. Секция: Методы и алгоритмы обработки спутниковых данных. 14 Всероссийская конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва, ИКИ РАН, 14-18 ноября 2016 г.
198. Извекова Ю.Н., Попель С.И. Особенности динамики заряженных пылевых частиц в пылевых вихрях. XLIII Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, 8-12 февраля 2016 г., г. Звенигород. Сборник тезисов докладов. М.: ЗАО НТЦ «ПЛАЗМАИОФАН», 2016, с. 276.
199. Извекова Ю.Н., Попель С.И. Особенности динамики заряженных пылевых частиц в пылевых вихрях. XLIII Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу 8-12 февраля 2016 г., г. Звенигород.

200. Извекова Ю.Н., Попель С.И. Пылевые вихри в ионизированных атмосферах Марса и Земли. Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе». 15-19 февраля 2016 г., ИКИ РАН. Сборник тезисов. М.: ИКИ РАН, 2016. с. 125.
201. Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Астросферный зоопарк: МГД моделирование различных по форме астросфер, Ломоносовские чтения - 2016, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 18-27 апреля 2016 <http://www.msu.ru/science/lom-read/2016/27.pdf>
202. Измоденов В.В., Балюкин И.И., Катушкина О.А., Открытие вторичных атомов кислорода на КА ИВЕХ и анализ на основе кинетической модели, Ломоносовские чтения - 2016, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 18-27 апреля 2016 <http://www.msu.ru/science/lom-read/2016/27.pdf>
203. Измоденов В.В., Голиков Е.А., Алексашов Д.Б., Задача об истечении сверхзвукового звездного ветра в покоящуюся межзвездную среду: роль тороидального магнитного поля звезды, Ломоносовские чтения - 2016, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 18-27 апреля 2016 <http://www.msu.ru/science/lom-read/2016/27.pdf>
204. Измоденов В.В., Катушкина О.А., Минаев П.Д., ВЛИЯНИЕ АСИММЕТРИИ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖЗВЕЗДНЫХ АТОМОВ ВОДОРОДА НА ГРАНИЦЕ ГЕЛИОСФЕРЫ НА ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА ОРБИТЕ ЗЕМЛИ, XVIII Всероссийская конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ», 5-15 сентября, 2016 г., г. Сочи, Россия, Сборник тезисов, стр. 63 <http://aerohydro.imec.msu.ru/2016/downloads/program.pdf>
205. Измоденов В.В., НОВЫЕ ЗАДАЧИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗВЕЗДНЫХ ВЕТРОВ С МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДОЙ, XVIII Всероссийская конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ», 5-15 сентября, 2016 г., г. Сочи, Россия, Сборник тезисов, стр. 63 <http://aerohydro.imec.msu.ru/2016/downloads/program.pdf>
206. Ильясов А.А., А.А. Чернышов, М.М. Могилевский, И.В. Головчанская, Б.В. Козелов «Роль сдвига дрейфовой скорости ионов на возбуждение волн ионно-акустического типа в высокоширотной ионосфере» 11-я конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 15-19 февраля 2016г., Москва, ИКИ РАН, с.67
207. Ильясов А.А., А.А. Чернышов, М.М. Могилевский, И.В. Головчанская, Б.В. Козелов «Кинетическая теория для нелокальных волн электростатического типа, возбуждаемых сдвигом поперечной скорости заряженных частиц» XIII Конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования». Москва, ИКИ РАН, стр.38, 2016
208. Карпачев А.Т. , Афонин В.В., Вариации положения провала ионизации с местным временем, XIV Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса" , М., ИКИ РАН, 14 - 18 ноября 2016 г.
209. Катушкина О. А., В. В. Измоденов, and Д. Б. Алексашов. УДАЛЕННАЯ ДИАГНОСТИКА ВОДОРОДНОЙ СТЕНКИ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЙМАН-АЛЬФА ИЗЛУЧЕНИЯ, ИЗМЕРЯЕМОЙ НА ВОЯДЖЕРЕ-1. Тезисы докладов Одиннадцатой Ежегодная Конференция Физика плазмы в солнечной системе". ИКИ РАН г. Москва, 2016 [http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program\\_All\\_2016\\_final.pdf](http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program_All_2016_final.pdf)
210. Катушкина О.А., Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Распределение межзвездной пыли во внешних областях астросфер: эффекты конечного гирорадиуса, Всероссийская конференция Ломоносовские чтения-2016, 18-27 апреля 2016 г., Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова <http://www.msu.ru/science/lom-read/2016/27.pdf>
211. Кирпичев И.П., Е.Е. Антонова, С.С. Знаткова, Изменение функций распределения ионов при пересечении магнитопаузы в дневном секторе, Одиннадцатая ежегодная конференция «ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ» 15-19 февраля 2016 г., СБОРНИК ТЕЗИСОВ, с. 97, 2016.

212. Кислов Р.А., Хабарова О.В., Малова Х.В., Стационарная аналитическая модель осесимметричного гелиосферного плазменного слоя, 11-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе". 15-19 февраля 2016, ИКИ РАН, ИКИ РАН, Россия, 15-19 февраля 2016.
213. Климов, С., Х. Роткель (S.I. Klimow, H. Rothkaehl). Исследования плазменно-волновых процессов в ионосфере и магнитосфере (ПВО). Сборник - Научное сотрудничество между Российской академией наук и Польской академией наук в области фундаментальных космических исследований. Współpraca naukowa między Rosyjską Akademią Nauk i Polską Akademią Nauk w dziedzinie podstawowych badań kosmicznych. Результаты совместных исследований (2011–2015). Wyniki wspólnych badań (2011–2015). ФГБУН Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), 2016, стр. 159-180.
214. Климов, С.И., В.М. Готлиб, М.С. Долгоносков, Д.И. Новиков, В.А. Пилипенко, С.С. Давыденко, Д.И. Иудин, В.В. Клименко, А.В. Костров, J-L Pincon, M. Parrot, F. Lefeuvre, P.-L. Blelly, A. Marchaudon, F. Pitout, F. Forme. Научно-методическое обоснование многоспутниковых исследований атмосферно-ионосферных электрических связей. Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., ИКИ РАН, Сборник тезисов, с. 213. <http://plasma2016.cosmos.ru/docs/Plasma2016-AbstractBook.pdf>
215. Ковражкин Р.А., Г.А. Владимирова, А.Л. Глазунов, Ж.-А. Собо, О природе ионных структур TDIS (Temporary Dispersed Ion Structures) в плазменном слое, в сб. "Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов", М., ИКИ РАН, 2016, с. 106-107.
216. Колоскова И.В., Застенкер Г.Н., Рахманова Л.С. Наблюдение "островков" плотности в потоке ионов солнечного ветра. абстракты с.54 (постерный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе", 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
217. Котова Г.А., М.И. Веригин, В.В. Безруких, Анализ распределения плотности плазмы в плазмосфере по экспериментальным данным с использованием физического моделирования, в сб. "Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов", М., ИКИ РАН, 2016, с. 98.
218. Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р. Нелинейные возмущения в термически неустойчивой коме кометы. Материалы Всероссийской конференции «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра (HEA-2016)». 20 - 23 декабря 2016 г., Москва. <http://hea.iki.rssi.ru/conf/hea2016/>
219. Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р. Автоволновой режим на границе области фотодиссоциации. Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. Издательство Московского университета. 18-27 апреля 2016 г., Москва. с. 109. <http://www.msu.ru/science/lom-read/2016/27.pdf>
220. Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р. Тепловая неустойчивость в двумерном течении кометного газа. XVIII Всероссийская конференция «Современные проблемы аэрогидродинамики», посвященная 60-летию Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике и 125-летию со дня рождения его первого председателя академика АН СССР Н.И. Мухелишвили. Издательство Московского университета. 5-15 сентября 2016 г., Сочи «Буревестник» МГУ. с. 72. <http://aerohydro.imes.msu.ru>
221. Кузичев И.В., Шкляр Д.Р. «Резонансное взаимодействие надтепловых ионов с ионно-циклотронными волнами, генерируемыми молниевыми разрядами», 59ая Научная конференция МФТИ с международным участием, 21-26 ноября 2016. <http://conf59.mipt.ru/static/prog.pdf>
222. Кузичев И.В., Шкляр Д.Р. Асимметрия захвата в резонанс при резонансном взаимодействии релятивистских электронов со свистовыми волнами,

распространяющимися под углом к геомагнитному полю. Одиннадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе". Москва, ИКИ РАН, 15-19 февраля 2016 г

[http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program\\_All\\_2016\\_final.pdf](http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program_All_2016_final.pdf)

223. Кузьмин А.К., М.А. Баньщикова, Г.М. Крученицкий, А.М. Мерзлый, П.П. Моисеев, Ю.Н. Потанин, И.Н. Чувашов. Прикладные аспекты измерений авроральных эмиссий и характеристик полярной ионосферы имаджером Авровизор-ВИС/МП на перспективном КА Метеор-МП. Доклад (постер) на 4й международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли», посвященной 75-летию со дня основания АО корпорации ВНИИЭМ, 19 мая 2016, г. Москва.
224. Кузьмин А.К., М.А. Баньщикова, Ю.С. Доброленский, Г.М. Крученицкий, И.А. Маслов, А.М. Мерзлый, П.П. Моисеев, Ю.Н. Потанин, И.Н. Чувашов. Характеристики создаваемого орбитального имаджера Авровизор-ВИС/МП и перспективы использования авроральных изображений для исследований процессов в полярной ионосфере и оптического контроля неоднородности условий, влияющих на распространение сигналов. Доклад (постер) на 11-й ежегодной конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», февраль 2016 г., ИКИ РАН, г.Москва.
225. Кузьмин А.К., Доброленский Ю.С., Маслов И.А., Мёрзлый А.М., Потанин Ю.Н., Крученицкий Г.М., Баньщикова М.А., Чувашов И.Н. Авроральный имаджер Авровизор-ВИС/МП в составе перспективного комплекса ГГAK-МП на КА Метеор-МП, мониторинговые и научные задачи диагностики ионосферы, результаты макетирования, фотометрическая модель съемки, специальное ПО, ожидаемые результаты (по материалам дополнительного эскизного проекта 2015). Доклад (орал) на XXV Конференции по распространению радиоволн, Томск, 2016.
226. Левитин А.Е., Л.И. Громова, Н.Г. Клейменова, Л.А. Дремухина, Е.Е. Антонова, Н.Р. Зелинский, С.В. Громов, Л.М. Малышева Дневной полярный электроджет в восстановительную фазу магнитной бури 30 мая 2003 // Сб. тезисов Одиннадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе" 15-19 февраля 2016 г. в ИКИ РАН С. 183, 2016.
227. Лукин А.С. Петрукович А.А. Зависимость коэффициента регрессии между межпланетным и магнитосферным полем  $B_u$  от критериев выбора базы данных, Нелинейные волны 2016, Нижний новгород, 27 февраля – 4 марта 2016 г. <http://www.nonlinearwaves.sci-nnov.ru/>
228. Любич А.А., А.Г. Демехов, Е.Е. Титова, А.Г. Яхнин. Амплитудно-частотные характеристики ионно-циклотронных и свистовых волн по данным спутников RBSP, Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», Сборник тезисов, 15 - 19 февраля 2016 г., ИКИ РАН стр. 169.
229. Маевский Е.В., Кислов Р.А., Попов В.Ю., Малова Х. В, Петрукович А.А., Модель солнечного ветра в околосолнечном пространстве, XXV научная сессия Совета по нелинейной динамике Президиума РАН, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 19-20 декабря 2016, г. Москва.
230. Мазаева Е.Д. Космический гамма-всплеск GRB 160625B, его послесвечение, сверхновая и их родительская галактика, стендовый, Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра, ИКИ, 20-23 декабря 2016 г. [hea.iki.rssi.ru/ru/index.php](http://hea.iki.rssi.ru/ru/index.php)
231. Мазаева Е.Д. Наблюдения коротких гамма-всплесков на телескопе GTC. Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
232. Мазаева Е.Д. Наблюдения коротких гамма-всплесков на телескопе GTC. XIII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования» (ИКИ, 13-15 апреля 2016 г.)

233. Малова Х.В., Попов В.Ю., Григоренко Е.Е., Дунько А.В., Петрукович А.А., Гелиосферный токовый слой и эффекты его взаимодействия с солнечными космическими лучами, 11-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе". 15-19 февраля 2016, ИКИ РАН, ИКИ РАН, Россия, 15-19 февраля 2016.
234. Мёрзлый А.М., Виноградов А.Г., Кузьмин А.К., Никифоров О.В., Крученицкий Г.М., Петрукович А.А., Теохаров А.Н., Трёкин В.В., Хабибулин С.Ю. Некоторые итоги по созданию системы геофизического обеспечения работы различных радиотехнических средств. ОДИННАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ, 15-19 февраля 2016 г., ИКИ РАН, Москва, <http://plasma2016.cosmos.ru/>
235. Минаев П.Ю. XIII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», Москва, Россия, 13-15 апреля 2016 г., Предвсплески коротких гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS INTEGRAL, <http://kmu.cosmos.ru/about>
236. Минаев П.Ю. Предвсплески коротких гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL, Всероссийская конференция "Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра HEA-2016", Москва, Россия, 20-23 декабря 2016г, <http://hea.iki.rssi.ru/conf/hea2016/>
237. Минаев П.Ю. Продленное излучение космических гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL, Всероссийская конференция "Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра HEA-2016", Москва, Россия, 20-23 декабря 2016г, <http://hea.iki.rssi.ru/conf/hea2016/>
238. Мкртчян Г.С., Ерохин Н.С. Численная модель механизма серфотронного ускорения релятивистских позитронов в космической плазме электромагнитной волной. Секция "Физика плазмы и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом", Российский университет дружбы народов, LI Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники, Россия, г. Москва, 17-19 мая 2016 г.
239. Моисеенко Д.А., Глазкин Д., Маркичев М., Пылеударный масс-спектрометр для проекта Интергелиозонд XIII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», 13-15 апреля, 2016, Москва, Россия. <http://kmu.cosmos.ru/>
240. Моисеенко Д.А., Журавлев Р.Н., Шестаков А.Ю., Митюрин М.В., Ничушкин И.И.; Лабораторные отработки прибора АРИЕС-Л для проекта Луна-Глоб XIII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», 13-15 апреля, 2016, Москва, Россия. <http://kmu.cosmos.ru/>
241. Моисеенко Д.А., Митюрин М.В. Энерго-масс анализатор ПИПЛС-Б для проекта Интергелиозонд XIII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», 13-15 апреля, 2016, Москва, Россия. <http://kmu.cosmos.ru/>
242. Моисеенко С.Г., «Isentropic» shock waves in numerical simulations of astrophysical problems, Международная школа молодых астрономов, Таруса, International school of young astronomers "MagnetoPlasmic Processes in Relativistic Astrophysics", Tarusa (Kaluzhsky region, Russia) 12-16 September, 2016.
243. Моисеенко С.Г., «Изентропические» ударные волны в вычислительной астрофизике, 16-я Международная Гамовская летняя астрономическая конференция - школа: «Астрономия на стыке наук: астрофизика, космология и гравитация, космомикрoфизика, радиоастрономия и астробиология» 14-21 августа 2016, Одесский национальный университет, Одесса, Украина
244. Моисеенко С.Г., Application of Lagrangian completely conservative implicit operator-difference scheme for the simulation of magnetorotational processes in astrophysics, Международная конференция «Суперкомпьютерное моделирование в естественных и инженерных науках (Supercomputer Simulations in Science and Engineering)» 06.-10.09.2016 МИЭМ НИУ ВШЭ, Москва, <https://miem.hse.ru/ssse2016/>

245. Моисеенко С.Г., Магниторотационные процессы в коллапсирующих сверхновых 16-я украинская конференция по космическим исследованиям 22-27 августа 2016, Институт космических исследований НАНУ, Одесса, Украина, <http://space-conf.ikd.kiev.ua/>
246. Морозова Е.И., Безродных И.П., Петрукович А.А., Будяк М.Н., Семенов В.Т. Энергетические спектры потоков электронов внешнего радиационного пояса Земли в период минимума солнечной активности в 2007 г. ОДИННАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ, 15-19 февраля 2016 г., ИКИ РАН, Москва, <http://plasma2016.cosmos.ru/>
247. Морозова Т.И., Извекова Ю.Н., Попель С.И. Пылевая плазма в атмосфере Марса. Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе». 15-19 февраля 2016 г., ИКИ РАН. Сборник тезисов. М.: ИКИ РАН, 2016. с. 128-129.
248. Морозова Т.И., Копнин С.И., Попель С.И. Модуляционная неустойчивость электромагнитных волн и возбуждение плазменных неоднородностей в запыленной ионосфере // Фундаментальные и прикладные космические исследования. XIII Конференция молодых ученых, посвященная Дню Космонавтики. Москва. ИКИ РАН. 13-15 апреля 2016 г. М.: ИКИ РАН, 2016. с. 71.
249. Морозова Т.И., Копнин С.И., Попель С.И. Модуляционная неустойчивость электромагнитных волн и возбуждение плазменных неоднородностей в запыленной ионосфере. Фундаментальные и прикладные космические исследования. XIII Конференция молодых ученых, посвященная Дню Космонавтики. Москва. ИКИ РАН. 13-15 апреля 2016 г.
250. Николаева Н. С., Ю. И. Ермолаев, И. Г. Лодкина, РАЗВИТИЕ ГЛАВНОЙ ФАЗЫ МАГНИТНЫХ БУРЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИИ СВЯЗИ МЕЖДУ СОЛНЕЧНЫМ ВЕТРОМ И МАГНИТОСФЕРОЙ ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ТЕЧЕНИЙ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА (устный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
251. Пархомов В.А., Бородкова Н.Л., Довбня Б.В.3, Яхнин А.Г., Суворова А.В., Пашинин А.Ю., Чиликин В.Э. Глобальный импульсный всплеск геомагнитных пульсаций в частотном диапазоне 0.2 - 5 Гц, как предвестник внезапного начала геомагнитной бури. абстракты с.109 (постерный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
252. Петрукович А.А., Малые спутники для научных исследований, VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий», 1-33 июня 2016 года, АО «Российские космические системы», Москва ( пленарный доклад). <http://russianspacesystems.ru/2016/02/02/viii-vserossiyskaya-nauchno-tekhnicheskaya-ko/>
253. Петрукович А.А., Кузьмин А.К., Мёрзлый А.М., Лупян Е.А., Уваров И.В. О перспективах глобального оптического мониторинга аврорального овала из космоса. Доклад на конф.: «Гелиогеофизические исследования в Арктике», 19-23 сентября 2016, г. Мурманск
254. Петрукович А.А., О.В. Никифоров, Малые спутники для космических исследований, Научно-практическая конференция с международным участием «космонавтика XXI века», 28 - 30 ноября 2016 г, г. Королёв
255. Петрукович А.А., Чугунова О.М., Инамори Т. Статистика вариаций энергичных ионов и магнитного поля в форшоке околосредней ударной волны. ОДИННАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ, 15-19 февраля 2016 г., ИКИ РАН, Москва, <http://plasma2016.cosmos.ru/>
256. Петрукович Анатолий, Малые спутники для космических исследований, Международный форум Разработка и применение малых спутников, 1 ноября 2016 г., г. Чжухай, Китай.
257. Позаненко А.С. Всплески гравитационного излучения и гамма-всплески, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория

- и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г.  
<http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
258. Позаненко А.С. Наблюдения области локализации источника гравитационных волн GW 150914 в гамма- и радио диапазонах. XXXIII конференция "Актуальные проблемы внегалактической астрономии", Пуштинская радиоастрономическая обсерватория, Пушино, 19-22 апреля 2016 г. Устный [http://www.prao.ru/conf/33\\_conf/ann1.html](http://www.prao.ru/conf/33_conf/ann1.html)
259. Позаненко А.С. Природа ошибок в астрономических наблюдениях, Международная школа-семинар "Спектрофотометрия астрономических объектов: теория и практика" Казахстан, Алаколь, 2 - 14 июля 2016 г. <http://aphi.kz/photometry2016/index.html>
260. Попов В.Ю., Х.В. Малова, «Моделирование взаимодействия гелиосферного токового слоя с энергичными частицами солнечного ветра». «Simulation of the interaction heliospheric current sheet with high-energy solar wind particles», Ломоносовские чтения МГУ, 18-27 апреля 2016.
261. Пулинец М.С., Антонова Е.Е., Рязанцева М.О., Знаткова С.С., Кирпичев И.П. Сравнение условий баланса давлений на магнитопаузе в спокойных геомагнитных условиях и во время магнитных бурь. абстракты с.100 (устный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
262. Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Застенкер Г.Н. Динамика быстрых вариаций параметров плазмы при пересечении магнитослоя магнитосферы Земли. абстракты с.58 (постерный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
263. Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Застенкер Г.Н., Эволюция быстрых флуктуаций параметров плазмы при пересечении магнитослоя магнитосферы Земли., абстракты с.81 (устный доклад) XIII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», 13-15 апреля, 2016, Москва, Россия. <http://kmu.cosmos.ru/>
264. Рязанцева М.О., Рахманова Л.С., Будаев В.П., Застенкер Г.Н., Шафранкова Я., Немечек З., Прех Л. Изменчивость характера турбулентных течений в солнечном ветре и магнитослое. абстракты с.48 (устный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
265. Савин С.П., Силин В.П., Будаев В.П., Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Попов В.Ю. Супердиффузионные скейлинги переноса в плазме: теория – эксперимент. абстракты с.121 (устный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
266. Сапунова О.В., Бородкова Н.Л., Застенкер Г.Н. Исследование фронтов межпланетных ударных волн, зарегистрированных прибором БМСВ на спутнике СПЕКТР-Р. абстракты с.59 (постерный доклад) 11-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», 15-19 февраля 2016, Москва, Россия. <http://plasma2016.cosmos.ru/>
267. Сапунова О.В., Н. Л. Бородкова, Г. Н. Застенкер. Изучение фронтов межпланетных ударных волн, зарегистрированных прибором БМСВ в солнечном ветре. (устный доклад) 39 ежегодный семинар "Физика авроральных явлений", 29 февраля - 3 марта 2016, Апатиты, Россия. <http://pgia.ru:81/seminar>
268. Смирнова Н.Ф., Г. Станев, Т.М. Мулярчик, К вопросу о достоверности определения потенциала Интербола-2, в сб. "Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов", М., ИКИ РАН, 2016, с. 110.
269. Сомов Б.В., Думин Ю.В. Топологическое инициирование быстрых протяженных микровспышек в хромосфере Солнца. Одиннадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", Москва, 15-19 февраля 2016 г.
270. Степанов А.Е., В.Л. Халипов, Г.А. Котова, М.С. Заболоцкий, И.А. Голиков, С.Е. Кобякова, Крупномасштабная конвекция ионосферной плазмы в высоких широтах по

- наземным измерениям, в сб. “Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов”, М., ИКИ РАН, 2016, с. 73.
271. Степанов А.Е., С.Е. Кобякова, В.Л. Халипов, Г.А. Котова, Вертикальные скорости дрейфа плазмы в поляризационном джете по наземным и спутниковым данным (устный), XXV Всероссийская открытая научная конференция «Распространение радиоволн», посвященная 80-летию отечественных ионосферных исследований. 4–9 июля 2016 г., ТГУ, Томск.
272. Струминский А. Stellar Cosmic Rays in a Habitable Zone Физика звезд: от коллапса до коллапса, САО РАН, Нижний Архыз
273. Титова Е.Е., Б.В. Козелов, А.Г. Демехов, Д.Л. Пасманик, Ю. Маннинен, О. Сантолик, К. Клетцинг, Дж. Ривс. Идентификация источника квазипериодических ОНЧ излучений по наземным и спутниковым наблюдениям, Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», Сборник тезисов, 15 - 19 февраля 2016 г., ИКИ РАН стр. 171.
274. Титова Е.Е., Б.В. Козелов, А.Г. Демехов, Д.Л. Пасманик, Ю. Маннинен, О. Сантолик, К. Клетцинг, Дж. Ривс. Квазипериодические ОНЧ излучения на спутнике Van Allen Probes и на Земле: наблюдения и моделирование 39th Annual Seminar “Physics of auroral phenomena”, Apatity, Russia, 29 February -4 March, 2016:
275. Туганов В.Ф. Электрон-ионная плазма с током в равновесии с излучением. Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 15-19 февраля 2016 г. Москва, ИКИ РАН. Сборник тезисов. с.121-122 URL: <http://plasma2016.cosmos.ru/docs/Plasma2016-AbstractBook.pdf>
276. Халипов В.Л., А.Е. Степанов, В.А. Телегин, В.А. Панченко, Наблюдения дневного полярного каспа на авроральной станции Б. Тикси, в сб. “Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов”, М., ИКИ РАН, 2016, с. 186.
277. Халипов В.Л., А.Е. Степанов, Г.А. Котова, С.Е. Кобякова, В.В. Богданов, А.В. Кайсин, Развитие поляризационного джета во время больших мировых магнитных бурь и во время рекуррентных магнитных возмущений, в сб. “Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе» 15-19 февраля 2016г., Сборник тезисов”, М., ИКИ РАН, 2016, с. 89.
278. Хорсева Н.И., Аль-Курди О.Р., Максимова Н.А. Воспроизведение заданного ритма детьми-пользователями мобильной связью (пилотное исследование) Тезисы XII Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». Судак, Крым, Россия, 1 -11 июня 2016 с 434-435
279. Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. Влияние космической погоды на показатели механической памяти. Тезисы конференции с международным участием «Бюллетень XV чтений им В.В. Подвысоцкого » 26-27 мая 2016 года. Одесса. Украина. с 209-210
280. Хорсева Н.И., Григорьев П.Е., Килесса Г.В. Воздействие космофизических факторов на центральную нервную систему человека: вопросы воспроизводимости результатов лонгитюдных исследований Тезисы XII Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». Судак, Крым, Россия, 1 -11 июня 2016 с 435-436
281. Цупко О.Ю., «Influence of plasma on the black hole shadows, and other chromatic effects in gravitational lensing», Международная школа молодых астрономов, Таруса, International school of young astronomers “MagnetoPlasmic Processes in Relativistic Astrophysics”, Tarusa (Kaluzhsky region, Russia) 12-16 September, 2016
282. Чернышов А. А., Д. В. Чугунин, М. М. Могилевский, И. Л. Моисеенко "Исследования сложной неоднородной структуры ионосферы с использованием наноспутников", 11-я конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 15-19 февраля 2016г., Москва, ИКИ РАН, с.146

283. Шарыкин И.Н., Кузнецов А.А. Моделирование микроволнового радиоизлучения нетепловых электронов из скрученной магнитной петли. Одиннадцатая конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва.
284. Шкляр Д.Р., Е.Е. Титова. Эффекты взаимодействия заряженных частиц с квази-электростатическими свистовыми волнами большой амплитуды в радиационных поясах земли, Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», Сборник тезисов, 15 - 19 февраля 2016 г., ИКИ РАН стр. 172.
285. Шкляр Д.Р., Титова Е.Е. Эффекты взаимодействия заряженных частиц с квази-электростатическими свистовыми волнами большой амплитуды в радиационных поясах Земли. Одиннадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе". Москва, ИКИ РАН, 15-19 февраля 2016 г [http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program\\_All\\_2016\\_final.pdf](http://plasma2016.cosmos.ru/sites/plasma2016.cosmos.ru/files/Program_All_2016_final.pdf)
286. Шувалов С.Д., Вайсберг О.Л., Шестаков А.Ю., Моисеенко Д.А., Журавлёв Р.Н., Ермаков В.Н. Разработка физического макета прибора для изучения мелкомасштабных структур полярных сияний Конференция «Фундаментальные и прикладные космические исследования
287. Юшков Е.В., Артемьев А.В., Петрукович А.А., Накамура Р. Влияние азимутальной компоненты магнитного поля на электронную анизотропию в магнитном хвосте Земли. ОДИННАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ, 15-19 февраля 2016 г., ИКИ РАН, Москва, <http://plasma2016.cosmos.ru/>

#### ***Монографии и книги:***

1. Balasis G., C. Papadimitriou, E. Zesta, and V. Pilipenko, Monitoring ULF waves from low Earth orbit satellites, 148-169, in: "Waves, Particles, and Storms in Geospace", Oxford University Press, 2016.
2. Korsos M. B. and Ruderman M. S. On Flare and CME Predictability Based on Sunspot Group Evolution. Edited by: Dorotovic, I; Fischer, CE; Temmer, M. Conference: Coimbra Solar Physics Meeting on Ground-based Solar Observations in the Space Instrumentation Era Location: Univ. Coimbra, Coimbra, PORTUGAL Date: OCT 05-09, 2015. Book Series: Astronomical Society of the Pacific Conference Series Volume: 504 Pages: 43-48. Published: 2016.
3. Kronberg E., Li K., Grigorenko E., Maggiolo R., Daly, P., Luo H., Dawn-dusk asymmetries in the near-Earth plasma sheet: ion observations, AGU Book, 2016 (принята к печати).
4. Petrukovich, A., Artemyev, A., Nakamura, R., Magnetotail Reconnection, Astrophysics and Space Science Library, 2016, Astrophysics and Space Science Library, 427, page 277-314, Editors Gonzalez, W. and Parker, E., doi 10.1007/978-3-319-26432-5\_7. (КНИГА)
5. Pilipenko V., and Heilig B., ULF waves and transients in the topside ionosphere, in: "Low-frequency Waves in Space Plasmas", Geophysical Monograph 216, ed. by A. Keiling, D.H. Lee, and V. Nakariakov, Wiley/AGU, 15-29, 2016.
6. Антонова Е.Е. Радиационные пояса. Большая Российская энциклопедия. Т. 28. с. 133-134.
7. Безродных И.П., А.П. Тютнев, В.Т. Семенов / Монография: «Радиационные эффекты в космосе». Часть 2. Воздействие космической радиации на электротехнические материалы / М.: ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2016. - 121 с. [Электронный ресурс] – (формат pdf). - Режим доступа: <http://www.cosmic-rays.ru/radiationbelts.aspx> свободный. Прямая ссылка <http://www.cosmic-rays.ru/articles/02/201604.pdf>
8. Безродных И.П., Морозова Е.И., Петрукович А.А., Казанцев С.Г., Будяк М.Н., Семенов В.Т. ЗАЩИТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В книге: Иосифьяновские чтения 2015. Материалы конференции. 2015. С. 41-50.

9. Ерохин Н.С., В.Е. Захаров. Динамика параметрической неустойчивости линейного осциллятора. Точно решаемая модель. В монографии Неравновесные и резонансные процессы в плазменной радиофизике, Изд-во URSS, Москва, 2016, декабрь, 7 стр.
10. Ерохин Н.С., В.Е. Захаров. Точно решаемая модель резонансного туннелирования электро-магнитных волн через градиентные барьеры в неоднородной плазме. В монографии Неравновесные и резонансные процессы в плазменной радиофизике, Изд-во URSS, Москва, 2016, декабрь, 11 стр.
11. Заславская Р.М., Е.И.Тулемисов, Л.В.Кривчикова, Э.А.Щербань, М.М.Тейблум "Современные подходы к оценке эффективности лечения сердечно-сосудистых заболеваний и влияние факторов земной и космической погоды", Монография, второе издание дополненное и переработанное "Медпрактика", 2016, 140 с
12. Петрукович А. А., Мёрзлый А.М., Хабибулина С.Ю. Практические аспекты гелиофизики. Материалы специальной секции "Практические аспекты науки космической погоды" одиннадцатой ежегодной конференции "Физика плазмы в солнечной системе" 17 февраля 2016 г. Под редакцией члена-корреспондента РАН А.А. Петруковича, А.М. Мёрзлого, С.Ю. Хабибулина М.: ИКИ РАН, 2016. 160 с.

***Статьи в нелицензируемых изданиях:***

1. Mirzoeva I.K. Solar Corona Thermal Background and Energy Spectrum of Weak Solar Soft X-ray Bursts.// arxiv.org. 2016.
2. Sharykin I.N., Kuznetsov A.A. Radio polarization signatures in twisted flare loops // RHESSI Science Nugget 271,  
[http://sprg.ssl.berkeley.edu/~tohban/wiki/index.php/Radio\\_polarization\\_signatures\\_in\\_twisted\\_flare\\_loops](http://sprg.ssl.berkeley.edu/~tohban/wiki/index.php/Radio_polarization_signatures_in_twisted_flare_loops)
3. Zimovets I.V., S.A. Kuznetsov, A.S. Morgachev, A.B. Struminsky. Spatio-temporal dynamics of flare hard X-ray pulsations // RHESSI Science Nugget 285,  
[http://sprg.ssl.berkeley.edu/~tohban/wiki/index.php/Spatio-Temporal\\_Dynamics\\_of\\_Flare\\_Hard\\_X-ray\\_Pulsations](http://sprg.ssl.berkeley.edu/~tohban/wiki/index.php/Spatio-Temporal_Dynamics_of_Flare_Hard_X-ray_Pulsations).

***Статьи в научно-популярных изданиях:***

1. Измоденов В.В., Где граница гелиосферы? «Наука и жизнь» No 5, 2016, стр. 12-21.
2. Струминский А.Б. Разноцветные солнечные вспышки  
[http://brics.rfbr.ru/rffi/ru/popular\\_science\\_articles/o\\_1959240#1](http://brics.rfbr.ru/rffi/ru/popular_science_articles/o_1959240#1)