

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

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
чл.-корр РАН

А.А. Петрукович

« 24 » декабря 2020 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

Тема ПЛАЗМА

0028-2019-0017

Научный руководитель
чл.-корр РАН

А.А. Петрукович
« 24 » декабря 2020 г.

Москва

2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы директор, чл.-корр.РАН	24.12.2020		А.А. Петрукович
Ответственные исполнители разделов темы: научный руководитель ИКИ РАН, академик раздел 1	21.12.2020		Зелёный Л.М.
директор, чл.-корр. РАН раздел 2, раздел 3	24.12.2020		Петрукович А.А.
зав. лаб., д.ф.-м.н. раздел 4	21.12.2020		Измоденов В.В.



РЕФЕРАТ

Отчет содержит 74 страницы, 15 рисунков, 296 источников (все статьи по направлению, включая гранты – см. раздел СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ).

По госзаданию:

Всего должно быть статей по теме "ПЛАЗМА" за 2020 г согласно плану НИР - 54. Фактически опубликовано в 2020 г (не считая, статей поддержанных грантами РФ, программами Президиума и пр) - 62 (см. раздел «Список публикаций по теме ПЛАЗМА»).

Из них (WoS): Q1 – 19; Q2 – 19; Q3 – 0; Q4 – 15; Без квартиля – 9.

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Раздел 1 Теория плазмы.	7
2 Раздел 2 Экспериментальные исследования	21
3 Раздел 3 Космическая погода	35
4 Раздел 4 Исследования гелиосферы	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	43
Список публикаций по теме ПЛАЗМА.....	70

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, 129)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля (номер направления в Программе 137,138)
- 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.	129
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.	138

5	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества	137
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 0028-2019-0017 ПЛАЗМА

Тема 0028-2019-0017 ПЛАЗМА является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2020 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. Современный взгляд на солнечный ветер от микро- до макромасштабов

Солнечный ветер – поток плазмы, истекающий из солнечной короны, интересен и как переносчик солнечной активности и как пример бесстолкновительной плазмы. Приведены основные результаты российских исследований последних лет. Оригинальная МГД-модель позволила интерпретировать раздвоение гелиосферного токового слоя в годы максимума активности как обусловленное квадрупольной компонентой гелиомагнитного поля. На масштабах порядка миллионов километров солнечный ветер состоит из солнечных транзитных образований. В этой части решена одна из фундаментальных проблем, обеспечивающих геомагнитный прогноз – показано, что можно предполагать стабильность межпланетного магнитного поля на временах около трех часов. На малых масштабах (сотни-тысячи км) формируются локальные структуры, которые могут быть рассмотрены и индивидуально, и статистически, в рамках турбулентного каскада.

2. Токовые слои с многокомпонентной плазмой в магнитосферах планет солнечной системы

Предложена самосогласованная гибридная модель тонкого токового слоя (ТТС) толщиной порядка нескольких ионных гирорадиусов с учетом многокомпонентности бесстолкновительной космической плазмы. Несколько плазменных компонент могут присутствовать в хвостах магнитосфер планет земного типа (например, Земля, Меркурий, Марс, Венера). Проанализированы изменения структуры ТТС в магнитосферной плазме в присутствии тяжелых ионов кислорода, обладающих разными характеристиками. Показано, что высокие относительные концентрации ионов кислорода, равно как их относительно высокие температуры и дрейфовые скорости приводят к существенному утолщению ТТС и формированию дополнительного масштаба вложенности. При этом на профилях основных характеристик — плотности тока и магнитного поля, появляются симметричные изломы, соответствующие резкой смене градиентов изменения величин. Проведено сравнение и показано качественное согласие результатов моделирования с данными наблюдений в хвосте магнитосферы Марса.

3. Радиационные пояса в процессе инверсии магнитного поля Земли

В рамках осесимметричной модели исследованы изменения формы радиационных поясов Земли и энергетических спектров заряженных частиц в них во время инверсии геомагнитного поля. Области устойчивого существования радиационных поясов получены аналитически обобщением теории Штермера на случай осесимметричного квадруполья. Предложен сценарий инверсии, в котором показано, что может происходить постепенное сокращение радиационных поясов при уменьшении дипольной

составляющей современного геомагнитного поля. Получены пространственно-энергетические распределения плотности потоков протонов и электронов, позволившие определить максимальную мощность доз радиации на различных магнитных оболочках в процессе геомагнитной инверсии.

4. Описание крупномасштабных процессов в околоземной космической плазме

В работе предложено решение проблемы описания магнитного и электрического полей для крупномасштабных безызлучательных процессов в бесстолкновительной космической плазме с использованием условий квазинейтральности и продольного силового равновесия электронов. Уравнения, описывающие плазму, делятся на две части: систему уравнений переноса, которая описывает движение плазмы, и систему уравнений для полей. Поля определяются в приближении мгновенного дальнего действия по текущим пространственным распределениям гидродинамических параметров плазмы и граничным условиям из системы уравнений эллиптического типа, которые не содержат частных производных по времени.

В работе рассматриваются 3 формы обобщенного закона Ома, соответствующие различным уровням замагниченности плазмы, которые, в зависимости от используемой системы уравнений переноса каждой компоненты плазмы, определяют 5 вариантов описывающей плазму системы уравнений. Первый вариант обобщенного закона Ома относится к общему случаю, когда все компоненты плазмы не замагничены, и система уравнений переноса – уравнения Власова для каждой компоненты плазмы.

Второй вариант закона Ома относится к случаю, когда все ионные компоненты плазмы не замагничены, а замагничены только электроны, и их тензор давлений выражается через их продольное и поперечное давление, а также магнитное поле. В этом случае возможны два варианта системы уравнений переноса, причем в обоих ионы описываются уравнениями Власова. В первом варианте электроны описываются уравнением Власова в дрейфовом приближении. Во втором варианте электроны описываются системой уравнений магнитной газодинамики Чу-Гольдбергера-Лоу.

Третий вариант закона Ома относится к случаю, когда все компоненты плазмы замагничены, и тензор давлений каждой компоненты заменяется его выражением через продольное и поперечное давление, а также магнитное поле. Для этого случая также возможны два варианта системы уравнений переноса. В первом варианте каждая компонента описывается уравнением Власова в дрейфовом приближении. Во втором варианте каждая компонента описывается системой уравнений магнитной газодинамики Чу-Гольдбергера-Лоу.

5. Магнитное пересоединение в токовых слоях с сильным электронным током

В рамках работ по данной теме исследованы процессы генерации электромагнитных волн и нагрев/ускорение электронов в области магнитного пересоединения в токовом слое с конфигураций, соответствующей данным спутниковых наблюдений. Показано, что в токовых слоях с изначально сильными электронными токами вместо генерации крупномасштабных альвеновских волн при пересоединении силовых линий магнитного поля происходит формирование «цепочки» суб-ионных плазмойдов, представляющих собой нелинейную стадию эволюции кинетических альвеновских волн. При взаимодействии с данными плазмойдами, фоновая электронная компонента существенно нагревается параллельными электрическими полями, связанными с конфигураций и динамикой плазмойдов. Такой нагрев способствует формированию нетепловой электронной популяции и тепловой анизотропии вдоль внешнего магнитного поля.

6. Уточнение роли пучков электронов в генерации электромагнитных волн в области плазменных инжекций

В рамках исследования роли заряженных частиц в формировании спектра электромагнитных волн рассмотрены задачи о холодном пучке ионов кислорода на границе плазменного слоя и пучке вторичных электронов, популяция которых формируется в области высыпания горячих электронов в ионосферу. В задаче о распространении пучка ионов кислорода показана термализация данного пучка за счёт формирования спектра ионно-акустических волн. Рассеяние на данных волнах конкурирует с процессом коллимации пучка за счёт распространения из ионосферы в область слабого магнитного поля. Как следствие, спутниковые наблюдения фиксируют ионный пучок на параметрической границе раскачки ионно-акустических волн. В задаче о распространении пучка вторичных электронов показано, что термализация пучка происходит за счёт генерации плазменных волн и рассеяния электронов данными волнами. Энергетический диапазон такого термализованного пучка вторичных электронов соответствует 50-500эВ, то есть вторичные электроны могут резонировать с электромагнитными свистовыми волнами (в резонансе Ландау), ответственными за рассеяние горячих электронов в ионосферу и сопутствующее формирование популяции вторичных электронов. Как следствие, полученные результаты говорят о важной роли ионосферы (как области генерации вторичных электронов) в динамике турбулентности свистовых волн.

7. Анализ широкополосной электростатической турбулентности и её влияния на высыпание электронов

В рамках данной темы решены две задачи. Во-первых, с помощью спутниковых наблюдений и теоретических оценок показано, что широкополосная электростатическая турбулентность, которая наблюдается во внутренней магнитосфере приводит к высыпаниям электронов с энергиями в несколько сотен эВ в ионосферу. Именно, были проанализированы одновременные измерения высыпаний в ионосферу электронов с энергиями 100–325 eV на низкоорбитальном спутнике e-POP (Enhanced Polar Outflow Probe) и наблюдений широкополосной волновой активности в магнитосфере на спутнике THEMIS, при этом спутники e-POP и THEMIS находились практически на одной магнитной силовой линии. Теоретические оценки показали, что наблюдаемая на спутнике THEMIS турбулентность действительно приводит к эффективному пич-угловому рассеянию электронов с энергиями в несколько сотен эВ, что может объяснить наблюдаемые на спутнике e-POP высыпания электронов в ионосферу. Данные наблюдения показывают, что широкополосная электростатическая турбулентность может давать существенный вклад в интенсивность диффузионной авроры. Во-вторых, с помощью много спутниковых измерений миссии MMS был проведен анализ свойств широкополосной электростатической турбулентности в магнитосферном хвосте Земли, определены свойства солитонно-подобных электростатических структур (электронных дыр, ЭД), которые вносят доминирующий вклад в интенсивность данной турбулентности. На основе проведенного анализа рассмотрены неустойчивости, которые приводят к формированию ЭД, а также обсуждены вопросы устойчивости и времени жизни ЭД.

8. Механизм подавления ОНЧ шума свистовыми волнами

Спектрограммы, зарегистрированные на наземной станции Каннуслахто, обнаруживают подавление ОНЧ шума свистовыми эхо-сигналами, которое проявляется в значительном снижении спектральной мощности шума после прохождения свиста. Аналогичный эффект был найден в ОНЧ данных спутника Van Allen Probe B, полученных на L-оболочке 3 в экваториальной области магнитосферы. Продолжительное наблюдение эхо-сигналов и

ОНЧ шума свидетельствует о неустойчивости плазмы в данном диапазоне частот. Для объяснения эффекта подавления мы развиваем высказанное ранее предположение о том, что прохождение интенсивного эхо-сигнала приводит к рассеянию энергичных электронов и уменьшению их свободной энергии, что в свою очередь ведет к уменьшению инкремента волн в полосе частот, где наблюдается ОНЧ шум. Теоретический анализ дополнен подтверждающими его численными расчетами.

9. Двумерная нестационарная модель, описывающая отражение пакета свистовых волн от нижней границы ионосферы и его выхода на землю

В теории распространения волн в околоземном пространстве существует давняя, но до сих пор не решенная проблема — это проблема выхода свистов на землю после прохождения по магнитосферной траектории. Закон Снеллиуса запрещает выход волны на землю, если направление ее волнового вектора составляет с вертикалью даже небольшой угол, что практически всегда имеет место. Тем не менее, свисты часто регистрируются на наземных станциях, где они и были впервые обнаружены. Большинство предыдущих работ рассматривали выход свистов на землю как стационарную одномерную задачу, задавая поле в виде волны с постоянной частотой и постоянной компонентой волнового вектора в горизонтальном направлении, что конечно же не соответствует реальной ситуации. Показано, что выход волны на землю можно объяснить в рамках двумерной нестационарной задачи, которая и решена в данной работе.

10. Возбуждение колебаний в шумановском резонаторе в атмосфере Марса

Рассмотрено возбуждение колебаний в шумановском резонаторе в атмосфере Марса. Показано, что в отличие от ситуации на Земле, где основным источником энергии в полости резонатора являются грозы на тропических широтах, на Марсе существенную роль в генерации колебаний в шумановском резонаторе играют плазменно-пылевые события, такие как пылевые вихри и пылевые бури. Изучены процессы электризации пыли в пылевом вихре на поверхности Марса. Определены возможные значения электрических полей, генерируемых вихрем. Получены оценки амплитуды колебаний в шумановском резонаторе на Марсе. Проведено сравнение амплитуд колебаний в шумановских резонаторах на Марсе и Земле.

11. Описание процессов, приводящих к формированию пылевой плазмы у поверхности Луны

Приведено описание основных процессов, приводящих к формированию пылевой плазмы у поверхности Луны. Выявлены причины и условия динамики пылевых частиц, следствия этих процессов, влияние антропогенных факторов на динамику пылевых частиц, а также угрозы для космических аппаратов и инженерных систем при реализации планируемых программ исследований и освоения Луны. Сформулированы проблемы, касающиеся теоретического и численного моделирования плазменно-пылевой системы у Луны, ее экспериментального исследования и интерпретации данных по окололунной пылевой плазме. Приведено обсуждение методов решения проблемных вопросов.

12. Описание волновых процессов при взаимодействии хвоста магнитосферы Земли с запыленной экзосферой Луны

Представлено описание волновых процессов при взаимодействии хвоста магнитосферы Земли с запыленной экзосферой Луны. Показано, что существенными при этом являются нижнегибридные волны, которые возбуждаются в результате развития линейной

гидродинамической неустойчивости. Развитие неустойчивости обусловлено относительным движением ионов магнитосферы и заряженных пылевых частиц. Исследованы процессы развития нижнегибридной турбулентности, которая рассматривается с позиций сильной турбулентности. Определены значения эффективной частоты столкновений, обусловленной взаимодействием типа ион–волна и характеризующей потерю импульса ионов. Проведена оценка возникающих в системе электрических полей. Оказывается, что при развитии нижнегибридной 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. Эффекты нижнегибридной турбулентности в пылевой плазме у поверхности Луны должны учитываться при интерпретации данных наблюдений.

13. Формирование и эволюция плазменно-пылевых структур в ионосфере Марса

Рассмотрены формирование и эволюция плазменно-пылевых структур в ионосфере Марса в ситуации, когда основным механизмом образования пыли является конденсация паров углекислого газа и воды. Показано, что основными плазменно-пылевыми структурами в марсианской ионосфере на высотах около 100 км являются облака, сформированные в пересыщенном углекислом газе и аналогичные серебристым облакам в земной ионосфере. Кроме того, показана возможность существования в ионосфере Марса явлений, аналогичных полярным мезосферным радиоотражениям на Земле. Получены теоретические значения характерных размеров пылевых частиц и их зарядов. Найденные теоретические значения согласуются с данными наблюдений. Показано, что горизонтальные ветры в ионосфере Марса на начальном этапе их взаимодействия с плазменно-пылевыми облаками на высотах около 100 км могут приводить к появлению условий для возбуждения пылевых звуковых волн за счет развития кинетической неустойчивости. Найден закон дисперсии пылевых звуковых волн и инкремент их раскачки в рассматриваемых условиях. Отмечается, что время генерации пылевых звуковых волн оказывается достаточно большим так, что возможным оказывается формирование нелинейных плазменных волновых структур, например, солитонов. Исследованы пылевые звуковые солитоны, распространяющиеся в ионосфере Марса в плазменно-пылевых облаках на высотах около 100 км. Показано, что рост концентрации пылевых частиц или же уменьшение концентрации электронов на порядок величины приводят к увеличению амплитуды пылевого звукового солитона примерно на порядок величины. Возможность возникновения пылевых звуковых волновых возмущений в ионосфере Марса следует учитывать при обработке и интерпретации данных наблюдений.

14. Экспериментальное моделирование подъема пылевых частиц ударной волной

Проведено экспериментальное моделирование подъема пылевых частиц ударной волной над поверхностью мишени, выполненное на установке «Сатурн». Исследовано взаимодействие лазерного излучения с пористой хондритовой мишенью, на поверхности которой содержатся мелкодисперсные частицы талька. Показано, что результаты экспериментального моделирования могут применяться для описания подъема частиц пыли из зон нелинейных и линейных упругих деформаций вещества реголита, характеризующих ударное воздействие метеороида о поверхность Луны.

15. Новые типы хромосферных многоленточных микровспышек

Типичной особенностью больших солнечных вспышек является “двухленточная” структура эмиссии на уровне нижней атмосферы (т.е., фотосферы и хромосферы) Солнца. С другой стороны, в микровспышках часто наблюдаются более сложные геометрические конфигурации, состоящие из нескольких эмиссионных лепестков, ориентированных в разных направлениях. Для понимания характера геометрических конфигураций в микровспышках проведен анализ большого массива архивных данных спутника Hinode по излучению в хромосферной линии CaII, а также магнитограмм высокого разрешения со спутника SDO. В результате проведенной работы были обнаружены отдельные случаи микровспышек, заведомо не укладывающиеся в известную модель Горбачёва-Кельнера-Сомова-Шварца, например, микровспышки, обладающие пятью и даже шестью эмиссионными лепестками, а также формирующиеся в областях с существенно несбалансированной полярностью магнитного поля. Теоретические модели бифуркаций, которые могли бы быть ответственны за такие типы микровспышек, на данный момент неизвестны и ещё требуют своей разработки.

16. К расчету функции распределения электронов слабоионизованной плазмы в электрическом поле

Проведены расчеты возмущения функции распределения электронов в газе (слабоионизованной плазме) при наличии слабого электрического поля. Для решения этой классической задачи физической кинетики столкновительный член в кинетическом уравнении обычно аппроксимируют дифференциальным выражением в рамках диффузионного приближения Фоккера-Планка. Однако, в приложении к дискретным столкновениям электронов с нейтральными частицами газа (атомами или молекулами), применимость диффузионного приближения нарушается при малых скоростях электронов. Поэтому представляет интерес сравнить решение уравнения Фоккера-Планка с решением соответствующего кинетического уравнения Больцмана. Расчет больцмановского интеграла столкновений, вызывающий большие математические трудности в общем случае, значительно упрощается в рамках известной модели столкновений электронов с нейтральными частицами, как упругого удара твердых шариков. Поэтому применение такой модели позволяет сравнить два указанных подхода. Проведенные расчеты показали, что интегральное уравнение Больцмана, кажущееся слишком сложным, решается почти автоматически, поскольку интегральный член, как выяснилось в ходе работы, сравнительно мал. На этом пути найден вид анизотропной части функции распределения электронов в линейном приближении по напряженности электрического поля. Эта функция распределения отличается от ранее найденной и многократно описанной в обширной литературе по физической кинетике. Существенное различие результатов, полученных двумя методами, проявляется в поведении распределения электронов при скоростях сравнимых и меньше тепловой скорости нейтральных частиц газа. Для определения возмущения изотропной составляющей функции распределения, пропорциональной квадрату напряженности поля, выведено соответствующее нелинейное кинетическое уравнение Больцмана. С целью его решения проведен ряд предварительных численных расчетов. Определен, видимо впервые, явный вид ядра интегрального уравнения в рамках принятой модели столкновений.

17. Ионосферный отклик на метеоцунами

Внутренние гравитационные волны, распространяющиеся вверх и достигающие ионосферы, должны приводить к возмущениям плотности ионосферной плазмы. С помощью метода СДВ радиопросвечивания волновода земля-ионосфера возможно наблюдение за этими ионосферными возмущениями. Была рассмотрена регистрация посредством спутников GPS ионосферных возмущений, вызванных метеоцунами 23–27

июня 2014 г. в регионе Средиземного моря. Показано, что во время этих событий в верхней ионосфере указанного региона регистрируется интенсификация возмущений, имеющих сходный с вариациями приземного давления и почти одновременными вариациями уровня моря (метеоцунами) спектральный состав. Сделан вывод о возможной связи отклика ионосферы с процессом развития метеоцунами.

18. Точно решаемая модель для линии передач с искусственной дисперсией

Рассмотрена проблема возникновения волновой дисперсии из-за неоднородности линии передач. Точно решаемая модель помогает лучше понять физический процесс прохождения сигнала через неоднородный участок линии и сравнить точное решение и решения, полученные с использованием различных приближенных методов. Основываясь на переходе к новым переменным, разработанный подход позволил построить точные аналитические решения телеграфных уравнений с непрерывным распределением параметров, зависящих от координаты. Гибкость обсуждаемой модели обусловлена наличием ряда свободных параметров, в том числе двух геометрических факторов, характеризующих длины неоднородностей индуктивности L и емкости C . В новых переменных пространственно-временная структура решений описывается с помощью синусоид и элементарных функций, а дисперсия определяется формулами волноводного типа. Дисперсионная волноводная структура, характеризуется показателем преломления N и частотой отсечки Ω . Получены точные выражения для комплексных коэффициентов отражения и пропускания. Эти выражения описывают фазовые сдвиги для отраженных и прошедших волн. Анализируются следующие интересные случаи: прохождение волн без изменения фазы, безотражательное прохождение волн и прохождение сигналов через последовательность неоднородных участков. Развитый математический аппарат может быть полезен для анализа более широкого круга задач.

19. Модель генерации джетов в космической плазме

В МГД-приближении создана новая аналитическая модель генерации аксиально симметричных джетов (направленных струй) в бездиссипативной, неравновесно стратифицированной плазме. В основу модели положено предположение о конвективной неустойчивости Шварцшильда в плазме и условие вмороженности силовых линий магнитного поля в вещество. Показано, что в такой плазме генерируются джеты с полоидальными полями скорости и магнитного поля. Наряду с исследованием динамики поля скоростей и магнитного поля исследована динамика и структура возникающего тороидального электрического тока.

20. О резонансном прохождении барьеров и рассеянии волн

Точно решаемые модели интересны для науки и образования, поскольку помогают в целенаправленном поиске и понимании явлений. Понятие «барьер» является довольно общим (с общими закономерностями) и широко применяется в физике плазмы (волновой барьер), в оптике, в физике твёрдого тела (квантово-механический барьер). Рассмотрены некоторые точные решения для простых моделей, включающих два барьера, комбинации пар барьеров, три барьера, три ямы и т.д. Просветление барьеров (в том числе, безотражательное прохождение) - важная проблема физики. Получены строгие уравнения для коэффициентов прохождения и отражения барьеров. Проведён теоретический анализ и сравнение с экспериментом резонансных явлений в электромагнитных полях, возникающих в ближней зоне полностью диэлектрических прямоугольных тонких субволновых рамок, подвергнутых воздействию падающего микроволнового излучения. Геометрия рассматриваемых задач представлена посредством расположения этих рамок в

трех ортогональных плоскостях, нормальных соответственно к электрической составляющей, магнитной составляющей и волновому вектору падающей волны. Такое трио открывает путь к созданию трехмерной полностью диэлектрической мультирезонансной элементарной СВЧ-ячейки. Токи смещения, генерируемые линейно поляризованными электромагнитными волнами в системе, приводят к образованию магнитных и электрических диполей, каждый из которых обладает собственной резонансной частотой. Наблюдается резонансная инверсия магнитной индукции и электрического смещения. Показано, что скользящее падение плоской волны на рамку обеспечивает резкий и глубокий резонанс в компонентах генерируемого поля. Рассчитаны возникающие при этом электрические и магнитные поля. Фазовый сдвиг, равный π , между магнитными составляющими падающей и генерируемой волны указывает на формирование отрицательного магнитного отклика.

21. Возбуждение плазменных структур в ионосфере и атмосфере при воздействии кризисных событий

Проводились экспериментальные и теоретические исследования эффектов ионизации в атмосфере и их связи с формированием аномалий электронной концентрации в ионосфере. Продолжена разработка методов автоматического обнаружения указанных ионосферных аномалий на фоне ежедневной изменчивости ионосферы. В качестве исходных данных используются данные приёмников GNSS в формате RINEX для расчета вертикального полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы с высочайшей точностью и максимальным разрешением по времени (15 или 30 секунд), данные о глобальном ПЭС ионосферы (карты IGS) в формате IONEX, данные о критической частоте слоя F2 ионосферы, регистрируемые станциями вертикального радиозондирования ионосферы. Разрабатываемый синергетический подход позволяет с единых позиций самосогласованного развития сложных нелинейных систем рассмотреть процесс подготовки землетрясения в очаговой зоне и сопровождающие его предвестники, проявляющиеся, в том числе, в атмосфере и ионосфере. Разрабатываемые методы идентификации зоны подготовки сильного землетрясений с помощью спутниковых технологий позволяют оперативно определять основные параметры готовящегося землетрясения. Автоматизация процесса идентификации зоны подготовки сильного землетрясения представляется весьма актуальной, поскольку приближает к разрешению сложной проблемы краткосрочного прогноза землетрясений.

22. Гамильтоновский подход в теории ведущего центра

Приближение ведущего центра широко используется при исследовании движения заряженных частиц в сильных магнитных полях. Это приближение основано на сохранении адиабатического инварианта — магнитного момента. Гамильтоновы уравнения для движения ведущего центра традиционно вводятся с использованием неканонической симплектической структуры. При этом подходе приходится применять неканоническую гамильтонову теорию возмущений для вычисления поправок к магнитному моменту. Был предложен альтернативный подход, приводящий к каноническим гамильтоновым уравнениям для движения ведущего центра в нестационарных электромагнитных полях. В соответствующей канонической симплектической структуре разделены пары сопряженных переменных, отвечающих трем типам движения: гировращению, движению вдоль магнитного поля и дрейфу поперек магнитного поля. Получена форма гамильтониана и симплектической структуры, которая допускает простое введение адиабатического инварианта и может быть полезна при исследовании различных плазменных систем.

23. Вывод уравнения Кадомцева-Петвиашвили для магнитозвуковых волн в холловской плазме

Исследование распространения волн в рамках Холловской МГД началось более полувека назад. В частности, было показано, что одномерное распространение нелинейных магнитозвуковых волн описывается уравнением Кортевега-де Вриза (КдВ). В 1970 году Кадомцев и Петвиашвили вывели уравнение Кадомцева-Петвиашвили (КП), являющееся обобщением уравнения КдВ и использовали его для исследования устойчивости солитонов, описываемых уравнением КдВ, относительно изгибных возмущений.

В рамках работы была исследована устойчивость магнитозвуковых солитонов в Холловской плазме к поперечным возмущениям и получено уравнение Кадомцева-Петвиашвили, описывающее распространение трехмерных нелинейных магнитозвуковых волн. Магнитозвуковые волны являются примером волн, распространяющихся в анизотропной среде, поэтому некоторые из результатов, полученных в данной работе, могут оказаться справедливыми и для общего случая распространения произвольных волн в анизотропной среде. Были получены следующие результаты:

(1) Солитоны, распространяющиеся в изотропной среде, устойчивы по отношению к двумерным поперечным возмущениям в тех случаях, когда их дисперсия отрицательна и неустойчивы, когда дисперсия положительна. Однако для солитонов, распространяющихся в анизотропной среде, было показано, что в случае отрицательной дисперсии медленных магнитозвуковых волн, они являются неустойчивыми по отношению к поперечным возмущениям.

(2) Уравнение, которое описывает многомерное распространение нелинейных волн, отличается от классического уравнения Кадомцева-Петвиашвили членом, пропорциональным составляющей групповой скорости, перпендикулярной направлению распространения солитона. От этого члена можно избавиться с помощью замены переменных, соответствующей переходу к системе отсчета, движущейся в направлении, перпендикулярном направлению распространения солитона. Данная замена переменных не повлияет на изучение устойчивости по отношению к собственным колебаниям, однако является важной при исследовании абсолютной и конвективной неустойчивости.

(3) Используя полученное уравнение Кадомцева-Петвиашвили, было показано, что быстрые и медленные магнитозвуковые солитоны неустойчивы к собственным колебаниям, распространяющимся в плоскости, параллельной направлению распространения солитона и направлению магнитного поля.

24. Резонансное затухание и неустойчивость изгибных волн в скрученных магнитных трубках с течением

В солнечной атмосфере регулярно наблюдаются изгибные колебания магнитных трубок, а также высокоскоростные течения плазмы внутри этих трубок. Амплитуда колебаний возрастает до некоторой высоты в солнечной атмосфере, а затем начинает затухать. Одним из известных механизмов возбуждения такого рода колебаний является неустойчивость Кельвина-Гельмгольца (КГ). Однако оценки показывают, что величины скоростей течения плазмы в трубке недостаточны для возбуждения КГ неустойчивости, поэтому изгибные колебания в магнитных трубках в солнечной атмосфере порождаются какими-то другими видами неустойчивостей. В том случае, когда скорость течения превышает критическое значение, вместо затухания резонанс вызывает увеличение амплитуды колебаний, поэтому источником изгибных колебаний может являться резонансная неустойчивость.

Используя приближение тонкой трубки и тонкого слоя, была получена зависимость частоты и инкремента от волнового числа. Параметрическое исследование проводилось в

зависимости от двух параметров: отношения концентраций внутри и вовне трубки ζ и альфвеновского числа Маха MA – отношения скорости течения к альфвеновской скорости внутри трубки. Критические значения скорости течения, при которых может возникнуть КГ неустойчивость, соответствуют альфвеновским числам Маха $MA^2 = 2(\zeta + 1)$. Было показано, что для резонансной неустойчивости аналогичные критические значения скорости течения соответствуют $MA = (2 - 1/\zeta)^{1/2} + 1$. При $\zeta > 1$ критическое значение для резонансной неустойчивости ниже, чем для КГ неустойчивости, поэтому резонансная неустойчивость, действительно, может являться весьма вероятным механизмом возбуждения изгибных колебаний. Более того, при достаточно больших значениях параметра ζ , само отношение этих критических значений также будет велико. Например, отношение критических скоростей будет больше, чем 6, при $\zeta = 100$, что соответствует величине этого параметра для спикул Солнца.

Результаты исследования были применены к изгибным волнам, распространяющимся в спикулах и филаментах, которые наблюдаются в солнечной атмосфере. Было установлено, что для характерных параметров для спикул, изгибные волны могут быть результатом резонансной неустойчивости в тех случаях, когда скорость течения превышает 300 км/с. Эта неустойчивость также может порождать изгибные волны в филаментах при $\zeta > 40$.

25. Волновые процессы в стратифицированных течениях вращающейся астрофизической плазмы в двухслойном приближении

Течения в плазменной астрофизике, так же как течения в геофизике, как правило, являются стратифицированными. Именно изучению фундаментальной роли стратификации в течениях вращающейся астрофизической плазмы посвящено данное исследование. Полная система уравнений магнитогидродинамики стратифицированной плазмы достаточно сложна как для теоретического анализа, так и для численного моделирования. Для описания непрерывно стратифицированной плазмы в работе используется эффективная модель n слоев плазмы различной плотности, наложенных друг на друга. Исследуются вращающиеся магнитогидродинамические течения тонкого стратифицированного слоя плазмы в поле силы тяжести со свободной границей во внешнем вертикальном магнитном поле. Получены магнитогидродинамические уравнения в приближении двуслойной мелкой воды во внешнем магнитном поле при разбиении плазмы на два слоя различной плотности. В приближении бета-плоскости получена система уравнений мелкой воды для вращающейся стратифицированной плазмы во внешнем магнитном поле. Для стационарных решений в виде вертикального или горизонтального магнитных полей развита линейная теория, найдены решения в виде волн магнито-Россби и поправок к ним, описывающих эффекты стратификации. Качественный анализ дисперсионных кривых показывает наличие трехволновых нелинейных взаимодействий магнитных волн Россби для каждого из стационарных состояний. Показано существование параметрических неустойчивостей и найдены их инкременты. Полученные результаты для магнито-Россби волн при наличии стратификации играют ключевую роль для понимания динамики различных астрофизических объектов. Например, позволяют детализировать волновую динамику солнечного тахоклина и тем самым уточнить влияние магнитных волн Россби в тахоклине на формирование солнечных сезонов.

26. Нелинейные взаимодействия волн во вращающейся астрофизической плазме в приближении Буссинеска

Течения в плазменной астрофизике, так же как течения в геофизике, как правило, являются стратифицированными. Учет стратификации в магнитогидродинамических моделях вращающейся плазмы важен для анализа множества астрофизических объектов и

явлений: солнечный тахоклон, аккреция вещества на нейтронные звезды, динамика атмосфер нейтронных звезд и магнитоактивных атмосфер экзопланет, захваченных приливами несущей звезды. Мы изучаем устойчиво стратифицированный слой астрофизической плазмы во вращающейся системе координат в приближении Буссинеска с линейным профилем плотности. Приближение Буссинеска повсеместно используется для изучения устойчиво-стратифицированных течений как нейтральной жидкости, так и астрофизической плазмы. Исследованы магнитогидродинамические волны в стратифицированной вращающейся плазме в поле силы тяжести в приближении Буссинеска. Развита теория магнитогидродинамических вращающихся течений на f -плоскости, на нестандартной f -плоскости (с учетом горизонтальной компоненты силы Кориолиса), на бета-плоскости и на нестандартной бета-плоскости. В каждом рассматриваемом случае получены линейные решения систем трехмерных магнитогидродинамических уравнений в приближении Буссинеска, описывающие магнитные инерционно-гравитационные волны, магнитострофические волны и волны магнито-Россби. Используя дисперсионные уравнения, найдены все существующие типы трехволновых взаимодействий. Для случая волн магнито-Россби в приближении бета-плоскости показана эквивалентность низкочастотной моды волны магнито-Россби в приближении Буссинеска и в магнитогидродинамическом приближении мелкой воды. Методом многомасштабных разложений получена система амплитудных уравнений для взаимодействующих волн и инкременты двух типов неустойчивости, имеющих место в системе: распад и усиление. Для каждого из найденных типов трехволновых взаимодействий показано отличие в коэффициентах и дифференциальных операторах в системе трехволновых взаимодействий.

27. Сравнение спектральных свойств классической нелинейной модели среднего поля, описывающей генерацию крупномасштабного поля звезд и планет, с аналогом мелкомасштабной модели Казанцева

Проведено сравнение спектральных свойств классической нелинейной модели среднего поля, описывающей генерацию крупномасштабного поля звезд и планет, с аналогом мелкомасштабной модели Казанцева. Несмотря на то, что первая модель получена для двухмасштабного случайного поля, а вторая для случайного поля с малыми временами корреляции было показано, что линейные и нелинейные процессы в этих двух моделях совпадают на больших масштабах (больших, чем характерная корреляционная длина магнитного поля). С другой стороны, на малых масштабах мелкомасштабная модель воспроизводит одновременное разделение магнитной спиральности по спектру, которое не воспроизводится в крупномасштабной модели, но однако не противоречит традиционному процессу стабилизации среднего поля. На основе вычислений предложен механизм стабилизации генерации среднего поля, основанный не на процессе подавления спиральности, а на транспорте спиральности от больших масштабов к малым. На основе совпадения спектральных свойств разномасштабных моделей развит метод усреднения уравнения магнитной индукции в короткокоррелированном потоке и для крупномасштабной модели среднего поля. Используемые для этого мультипликативные интегралы позволили получить обе модели без проблемного предположения о двухмасштабности поля скорости, а также расширить классическое уравнение среднего поля на неоднородный и неизотропный случай, получить условия генерации при нулевой спиральности, выдвинуть гипотезу разгона/торможения миграционных волн Паркера и миграционных волн в галактическом динамо.

28. Магнитогидродинамическое моделирование ключевых параметров солнечного ветра и токовых слоев в гелиосфере: пространственная и временная эволюция

Для объяснения данных наблюдений солнечного ветра в периоды минимальной и максимальной солнечной активности развита осесимметричная численная МГД модель, позволяющая исследовать пространственные характеристики межпланетного магнитного поля (ММП) и ключевых параметров плазмы на расстояниях от 20 до 400 солнечных радиусов на всех гелиоширотах. Получены самосогласованные решения для ММП, плотности тока, скорости солнечного ветра, плотности, теплового давления и температуры в солнечном ветре. Для различных фаз солнечного цикла проанализирована пространственная эволюция ММП и крупномасштабных токовых слоёв. Показано, что классический низкоширотный гелиосферный токовый слой формируется на низких широтах в солнечном ветре как часть системы долготных и широтных токов в минимуме солнечной активности. При усилении квадрупольного магнитного поля появляется второй крупномасштабный токовый слой. Модель успешно воспроизводит эффект асимметрии ММП в северном и южном полушариях; результаты согласуются с наблюдениями.

Пересечения космическими аппаратами гелиосферного плазменного слоя (ГПС), разделяющего магнитные сектора противоположной направленности в солнечном ветре, практически всегда сопровождаются многократными колебаниями знака радиальной компоненты магнитного поля, свидетельствующими о смене направления тока внутри ГПС. Предложены возможные механизмы формирования многослойных токовых структур в ГПС. В рамках стационарной МГД-модели солнечного ветра проверена одна из гипотез о “вытягивании” множественных токовых слоев в солнечный ветер из пояса стримеров, ориентированного вдоль нейтральной линии гелиомагнитного поля. Исследованы самосогласованные распределения характеристик солнечного ветра в зависимости от тонкой структуры стримеров. Показано, что стримеры, одиночные и множественные, могут быть источниками многослойных токовых структур с чередующимися по направлению азимутальными токами.

29. Влияние ионов кислорода на структуру тонкого токового слоя в хвосте земной магнитосферы

Во время геомагнитных суббурь токовый слой (ТС) хвоста магнитосферы Земли может утоньшаться в поперечном направлении от нескольких радиусов Земли (RE) до толщины порядка от одного до нескольких гирорадиусов протонов — 250-2000 км. В период суббурь он является ключевой структурой, где запасается, а, впоследствии, через развитие неустойчивостей и магнитного пересоединения, высвобождается свободная энергия. Несмотря на малую толщину, тонкий ТС имеет сложную многомасштабную структуру с иерархией вложенных слоев, что определяет его свойства. Во время суббурь в хвост магнитосферы Земли из ионосферы поступают однозарядные ионы кислорода, концентрация которых может быть сопоставима с концентрацией протонов. Взаимодействие ионов кислорода с ТС, приводящее к изменению его структуры и свойств, исследовано недостаточно хорошо. В рамках гибридной модели квазиравновесного ТС проанализированы самосогласованные профили магнитного поля, плотностей тока и плазмы в многокомпонентной плазме хвоста в широком диапазоне параметров системы. Показано, что ТС является многомасштабной структурой, вложенной в широкий плазменный слой. Увеличение концентрации ионов кислорода в ТС приводит к его утолщению и формированию дополнительного масштаба вложенности. При этом на профилях магнитного поля и плотности тока появляются изломы, характеризующие переход от области доминирования ионов кислорода в ТС к доминированию протонов и электронов. Амплитуда плотности тока подобного вложенного слоя уменьшается пропорционально концентрации ионов кислорода. Исследована зависимость параметра вложенности от относительных концентраций тяжелых ионов, их тепловых и дрейфовых скоростей.

30. Описание нелинейного взаимодействия электронов с волнами свистового диапазона частот с помощью отображения

Резонансное взаимодействие релятивистских электронов с волнами свистового диапазона частот представляет собой важный механизм ускорения и рассеяния электронов в радиационных поясах Земли и других плазменных системах. Для случая волн малой амплитуды это взаимодействие хорошо описывается квазилинейной теорией, в то время как в случае волн большей амплитуды возникающие нелинейные резонансные эффекты (нелинейное рассеяние и захваты в резонанс) описываются, в основном, для отдельных частиц. Нами было развито такое описание с помощью отображения, описывающего нелинейное резонансное взаимодействие. Для построения отображения был использован гамильтоновский подход к описанию основных характеристик транспорта электронов в системе. Построенное отображение можно рассматривать как обобщение классического отображения Чирикова для систем с недиффузионным транспортом. С помощью полученного отображения была промоделирована эволюция функции распределения электронов на больших временах.

31. Высыпание релятивистских электронов за счёт взаимодействия с ионно-циклотронными волнами в радиационных поясах Земли по данным спутниковой миссии Van Allen Probes

Проведено исследование высыпания релятивистских электронов за счёт взаимодействия с ионно-циклотронными волнами в радиационных поясах Земли по данным спутниковой миссии Van Allen Probes. Оба космических аппарата наблюдали всплеск волновой активности вблизи H^+ и He^+ циклотронный частот на $L=5.5-6$. Для анализа влияния ионно-циклотронных волн на динамику релятивистских электронов, мы использовали измеряемые на Van Allen Probes потоки частиц для расчёта фазовой плотности в адиабатических координатах (μ, K, L^*) , в которых легче увидеть неадиабатические изменения фазовой плотности за счёт резонансного взаимодействия. Было обнаружено, что при следующем за наблюдением волн пролёте спутников вблизи тех же L^* -оболочек, фазовая плотность релятивистских электронов существенно уменьшилась, причём область наибольшего изменения фазовой плотности ограничена резонансными кривыми, рассчитанными с использованием наблюдавшегося спектра волн. Это указывает на то, что именно наблюдавшиеся ионно-циклотронные волны за счёт резонансного взаимодействия привели к высыпанию релятивистских электронов в конус потерь. В согласии с этим объяснением спутники NOAA наблюдали сопутствующие высыпания протонов, причиной которых так же могут являться ионно-циклотронные волны.

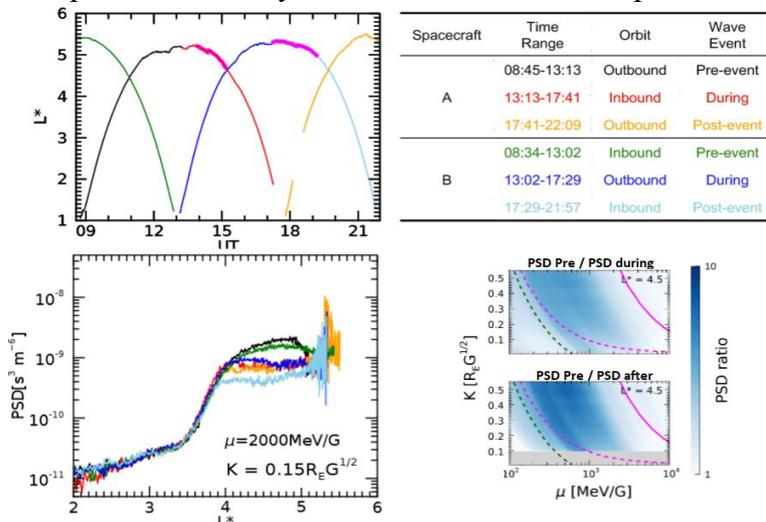


Рисунок 1.31.1 – Фазовая плотность релятивистских электронов в адиабатических координатах (μ, K, L^*)

32. Модель самоорганизованного критического поведения в сложных нелинейных диссипативных системах

Рассмотрена модель самоорганизованного критического поведения в сложных нелинейных диссипативных системах, исходя из представления о нелинейной, разупорядоченной диэлектрической среде, взаимодействующей с внешним, медленно меняющимся во времени, однородным электрическим полем. Электрическое поле в среде рассчитывается с учетом микроскопических флуктуаций, обусловленных пространственными неоднородностями системы, а также зависящего от частоты поляризованного поля. Считается, что физические точки среды могут спонтанно переходить в ионизованное (проводящее) состояние, если в их малой (сравнимой с межатомным расстоянием) физической окрестности локально превышено пороговое значение напряженности электрического поля в среде. Перенос электрического тока в модели описывается как случайные перескоки свободных заряженных частиц (электронов) между ближайшими физическими окрестностями, каждая из которых находится в ионизованном состоянии. При выполнении указанных условий в изначально полностью непроводящей среде при бесконечно медленном наращивании напряженности ведущего электрического поля происходит спонтанный переход в макроскопическое проводящее состояние, при этом точка фазового перехода математически соответствует точке перколяционного перехода в однородной случайной решетке. Если в системе существует отрицательная обратная связь, например, за счет обратного влияния диссипативных процессов на плотность проводящих состояний в среде, то точка перколяционного перехода становится притягивающей точкой высоко-размерного динамического аттрактора. Получены спектр динамических флуктуаций объемного электрического тока в среде при подаче на ввод высокочастотного переменного электрического поля (в дополнение к квази-постоянному ведущему полю), а также фрактальная размерность аттрактора вблизи точки перехода. Обсуждаются соотношения построенной модели с явлениями атмосферных газовых разрядов (молний) в грозовых облаках, в частности, выведены аналитическим путем статистические распределения объемных разрядов по амплитуде и времени ожидания. Показано, что полученные теоретические результаты находятся в хорошем согласии с данными микро спутниковых наблюдений с борта космического аппарата Чибис-М

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

1. Изучение процессов выделения и передачи энергии в космической плазме на основе анализа функции распределения частиц по скоростям

Благодаря возможности измерений плазмы высокого уровня и магнитного поля на спутнике MAVEN установлено, что на дневном полушарии Марса постоянно существует плазменная оболочка между обтекающим потоком горячей солнечной плазмы и ионосферы Марса толщиной $\sim 200-300$ км. Эта оболочка является частью детально исследованной ночной части (хвоста) магнитосферы. Обнаружено, что ионный состав и характеристики плазмы дневной магнитосферы радикально отличаются от таковых в обтекающем Марс потоке. Показано, что плазма дневной магнитосферы состоит из двух компонентов: разогретой ионосферной плазмы и ионов экзосферы, ускоренных индукционным электрическим полем обтекающего Марс потока солнечной плазмы. Эти ускоренные ионы благодаря большому гиро-радиусу свободно проникают в верхний слой ионосферы и производят нагрев и ускорение ионосферных ионов. Таким образом, установлено, что дневная магнитосфера Марса имеет уникальные характеристики смеси МГД жидкости и кинетического компонента ионов пикапа.

2. Статистика кластеризации корональных выбросов массы и оценки вероятности их взаимодействия

Изучены кластеризации быстрых корональных выбросов массы (КВМ), которые произошли во время 23 и 24 солнечных циклов. КВМ со скоростью ≥ 1000 км/с преимущественно происходят как изолированные события и в группах, в среднем состоящих из двух членов. Группы с большим количеством КВМ появляются только вблизи солнечных максимумов. Около 50% являются изолированными событиями, 18% (12%) происходят в скоплениях с двумя (тремя) членами и еще 20% - в более крупных скоплениях ≥ 4 . Характерное время группировки составляет 25-32 часа. Оно может отражать характерное время накопления энергии для крупных вспышек и активных областей. Быстрые парные и тройные КВМ имеют тенденцию вызывать более крупные геомагнитные бури, чем изолированные. Это может быть связано с взаимодействием между ними и некоторым дополнительным сжатием и усилением межпланетного магнитного поля в них.

3. К вопросу о горизонтальных токах в активных областях Солнца

При прогнозировании солнечной активности, в частности вспышек, используются характеристики магнитного поля на Солнце, в том числе горизонтальный градиент вертикальной компоненты фотосферного магнитного поля ∇hB_z . В этой работе на основе данных, полученных посредством численного моделирования активной области (АО) Солнца с помощью кодов радиационной МГД MURaM, рассчитаны горизонтальный градиент вертикальной составляющей магнитного поля ∇hB_z и горизонтальная составляющая плотности электрического тока j_h для участка АО, где происходила вспышка. Расчёт выполнен для трех слоев вблизи фотосферы с шагом 64 км по вертикали и 192 км по горизонтали. Установлено, что $\approx 90\%$ расчетных пикселей содержат j_h и ∇hB_z одного порядка, однако эти величины слабо коррелируют в пространстве. Коэффициент корреляции был посчитан для нескольких групп пикселей, выделенных по величине

горизонтального тока и конфигурации магнитного поля. Коэффициенты корреляции для этих случаев не превышали 0.34 для нижнего слоя, и 0.54 для верхнего. Построены контуры сильных j_h и ∇hB_z , которые также слабо коррелируют. Также были построены карты, демонстрирующие, где горизонтальный градиент доминирует над вертикальным, показывающие, что нельзя утверждать о доминировании ∇hB_z по всей области в рамках модели. Полученный результат указывает на то, что нужно с осторожностью использовать горизонтальный градиент магнитного поля в качестве приближения горизонтального тока на фотосфере (в частности, при развитии методов прогноза вспышек). Дополнительно построены распределения плотности вероятности $PDF(|j_z|/|j_h|)$ в АО, которые демонстрируют, что в модельной области фотосферный горизонтальный ток в среднем в 1.4 раза больше вертикального, причем это отношение растет с ростом пиксела. Это согласуется с малочисленными оценками различных компонент токов в реальных АО Солнца и указывает на важность дальнейшего изучения горизонтальных токов.

4. Особенности электромагнитных явлений при взаимодействии межпланетной среды с небесными телами в отсутствии и при наличии собственного магнитного поля

Был проведен анализ данных приборов PWS и MAGMA (волновой анализатор и магнитометр), установленных на борту аппарата Фобос-2 (1989г). Анализ показал наличие эмиссий в ионосфере Марса, которые наблюдаются над областями аномальной намагниченности поверхности планеты.

В отсутствии сильного общего дипольного магнитного поля у Луны, отдельные участки ее поверхности, тем не менее, имеют сильную намагниченность, что приводит к ряду интересных явлений, регистрируемых плазменными, магнитными и волновыми измерениями. Используя уже имеющиеся данные с зарубежных миссий, рассмотрены и уточнены требования к измерениям приборов ЛПМС-ЛГ и ЛЕМРА-Л (магнитометр и волновой прибор), входящих в состав комплекса научной аппаратуры лунного орбитального аппарата, для изучения особенностей взаимодействия Луны с межпланетной средой.

5. Выбор единого механизма ускорения солнечных электронов и протонов

Для выбора определенного механизма ускорения критичным является его возможность ускорять электроны ~ 10 МэВ и протоны ~ 100 МэВ. Предложен способ решения проблемы происхождения солнечных космических лучей (СКЛ) – совместный анализ данных по возрастаниям интенсивности солнечных электронов 1-10 МэВ и протонов >100 МэВ в межпланетном пространстве (МП) после вспышек, сопровождавшихся корональными выбросами массы (КВМ), как с сильным, так и слабым электромагнитным излучением. Максимальные интенсивности потоков электронов и протонов в МП в рассмотренных событиях не коррелировали с характеристиками КВМ, теплового и нетеплового излучения солнечных вспышек. Всплески нетеплового излучения в импульсной фазе и ударная волна КВМ имели только косвенное отношение к ускорению солнечных протонов и большинства релятивистских электронов. Можно предположить, что частицы ускорялись стохастически во множестве элементарных актов, чья длительность меньше всего события, до и после ускорения КВМ.

6. Динамика характеристик турбулентности за околоземной ударной волной и ее зависимости от вариаций параметров солнечного ветра

На основе сравнения одновременных измерений характеристик турбулентности плазмы по измерениям на КА Спектр-Р и на спутниках миссии Themis проанализировано развитие

сжимаемой компоненты турбулентного каскада при пересечении плазмой околоземной ударной волны и дальнейшем движении по магнитослою. Показано, что чем ближе точка входа плазмы в магнитослой находится к подсолнечной точке околоземной ударной волны, тем более выраженное изменение наблюдается в турбулентном каскаде при входе плазмы в магнитослой. Вблизи подсолнечной точки на магнитогидродинамических масштабах спектры описываются степенной функцией с показателем, близким к -1 , что сильно отличается от спектров с показателем $-5/3$, характерных для развитой турбулентности и турбулентности в невозмущенных потоках солнечного ветра. При этом на кинетических масштабах наблюдаются укрупнение спектров по сравнению с предсказаниями моделей и наблюдениями в спокойном солнечном ветре, свидетельствующие об увеличенных темпах диссипации энергии в этой области. Указанные эффекты менее выражены ближе к фланговой области магнитослоя. Помимо этого показано, что в ночной области магнитослоя может не наблюдаться изменения спектров для сжимаемой компоненты флуктуаций на магнитогидродинамических масштабах. При этом, если вблизи околоземной ударной волны наблюдаются аномально крутые спектры на кинетических масштабах, их форма может сохраняться на расстояниях порядка 30 радиусов Земли, что свидетельствует о локальном характере процессов, определяющих диссипацию энергии. Определено, что изменение характеристик турбулентного каскада на околоземной ударной волне может определяться не только ее геометрией, но и свойствами набегающего потока солнечного ветра, как крупномасштабными, такими как тип ветра, так и локальными, такими как уровень вариаций параметров плазмы и магнитного поля, направление магнитного поля и значение плазменного параметра. В частности, статистическое исследование показало, что при высоком уровне флуктуаций плотности плазмы солнечного ветра и модуля межпланетного магнитного поля, а также при южной ориентации межпланетного магнитного поля и высоких скоростях плазмы, вклад околоземной ударной волны в формирование турбулентного каскада в магнитослое минимален.

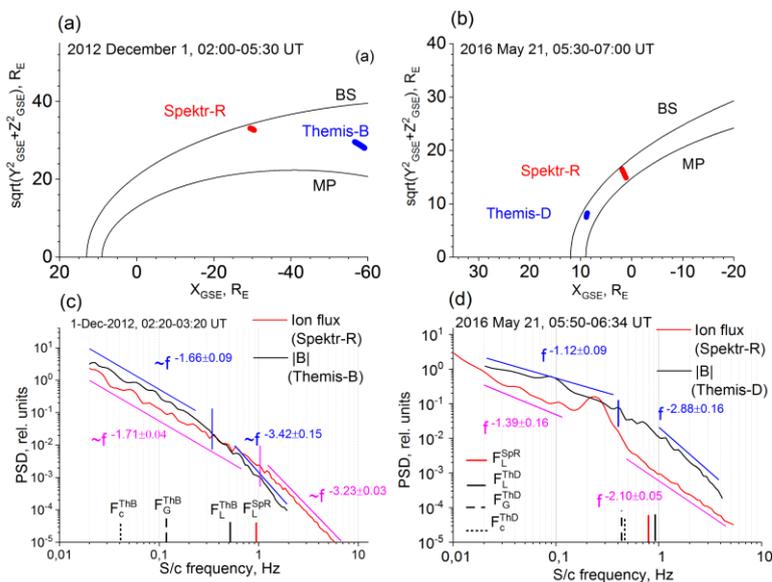


Рисунок 2.6.1 - Орбиты спутников Спектр-Р и Themis-B/-D (сверху) и сравнение спектров флуктуаций потока ионов (Спектр-Р) и модуля магнитного поля (Themis-B/-D) (снизу), полученных одновременно в двух точках внутри магнитослоя для двух событий: (a,c) - 1 декабря 2012 г., (b,d) - 21 мая 2016 г.

7. Исследование структуры и динамик токового слоя магнитопаузы. Теоретическое и экспериментальное изучение процессов транспорта плазмы через магнитопаузу

В рамках работы была собрана статистика близких во времени пересечений фланговой магнитопаузы спутниками миссий MMS и ARTEMIS в ближнем и дальнем хвосте земной магнитосферы. Проведен статистический анализ свойств токового слоя магнитопаузы и переходных слоев плазменных моментов в зависимости от радиального расстояния от планеты. Показано, что пространственный масштаб токового слоя слабо изменяется с расстоянием и немного меньше вблизи Земли, при этом изменение масштаба согласуется с изменением гирорадиуса горячих магнитосферных ионов. Структура магнитопаузы не изменяется с радиальным расстоянием и доминирована С-слоями, в то время как S-слои чаще встречаются вблизи Земли.

8. Скошенность подсолнечной части околопланетной ударной волны и расчет асимптотического наклона ударной волны в приближении магнитной газодинамики

В случае осесимметричного препятствия, ось которого направлена вдоль скорости потока солнечного ветра, носовая точка околопланетной ударной волны лежит на оси препятствия только в случаях, когда межпланетное магнитное поле (ММП) \mathbf{B} направлено параллельно или перпендикулярно скорости солнечного ветра \mathbf{V} . При этом рассматривать ударную волну удобно в системе координат GIPM, в которой плоскость (X, Y) совпадает с плоскостью (\mathbf{V}, \mathbf{B}) и ось X направлена вдоль вектора \mathbf{V} . При всех остальных направлениях ММП носовая точка ударной волны отклонена от оси препятствия и анализировать и моделировать поверхность ударной волны следует в системе координат повернутой на угол скошенности α_{vn} . Если определить носовую точку ударной волны как точку, за которой плазма течет перпендикулярно к фронту, соотношения Рэнкина –Гюгоньо позволяют определить угол скошенности. Сформулирована и решена задача определения асимптотики конуса Маха в приближении магнитной газодинамики в «скошенной» системе координат. Получено точное МГД решение, позволяющее рассчитать асимптотический наклон ударной волны за препятствием (ω - угол между направлением оси X_S и касательной к ударной волне в плоскости $(X_S, (Y_S^2 + Z^2)^{1/2})$) для произвольного угла ϑ_{bv} между векторами ММП и скорости солнечного ветра, а также при произвольных звуковом M_s и Альвеновском M_a числах Маха.

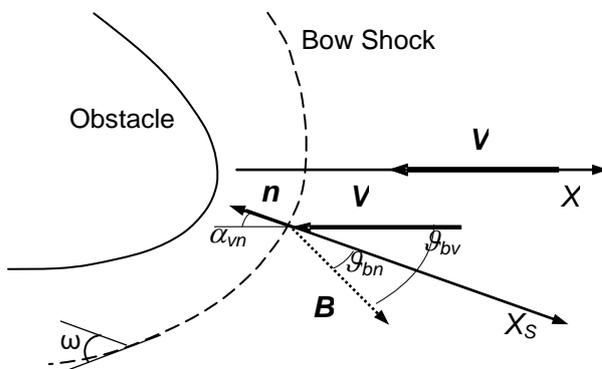


Рисунок 2.8.1 - Ударная волна в системе координат GIPM

9. Оценка вклада сверхтепловой популяции легких и тяжелых ионов в плазменное давление в ближнем хвосте магнитосферы Земли во время диполизаций

Выполнен анализ динамики потоков тепловых и сверхтепловых ионов H^+ и O^+ и вариаций давления этих компонент во время 11 событий диполизации магнитного поля в плазменном слое геомагнитного хвоста по спутниковым наблюдениям *Cluster*. Установлено, что во всех событиях величина энергии ионов H^+ и O^+ , соответствующая максимальной величине потока, приближалась, либо превышала верхний энергетический порог масс-спектрометров тепловой плазмы CODIF (~ 40 кэВ). В такие периоды, значения плотности, температуры и давления, определенные в диапазоне энергий до 40 кэВ, являются заниженными по сравнению с реальными значениями. Для определения давления в такие интервалы мы использовали измерения потоков ионных компонент в диапазоне энергий до 1.3 МэВ, полученные на основе совместного анализа наблюдений CODIF и спектрометров энергичных частиц RAPID. В результате установлено, что во время диполизаций давление ионов с учетом высокоэнергичной компоненты спектра может в несколько раз превышать давление, определенное в диапазоне до 40 кэВ. Используя метод наложения эпох, было показано, что наибольшая ошибка связанная с недооценкой давления ионных компонент H^+ и O^+ наблюдается на фазе роста диполизации. Причем, наиболее существенная недооценка наблюдается для давления тяжелых ионов O^+ .

10. Обнаружение аномального скейлинга энергии ионных пучков токового слоя в хвосте магнитосферы

Проведен анализ скейлинга – масштабирования энергии ионных пучков – бимлетов токового слоя $W_N \sim N^A$ по данным SC-1 и SC-4 спутников CLUSTER в резонансных зонах N плазменного слоя. По энергодисперсионным сигнатурам бимлетов 1-20 кэВ в авроральной магнитосфере был выявлен аномальный случай 05.02.2003 г., в котором энергии бимлетов в резонансных зонах (выделено семь зон $N=1-7$ с резонансами $R=1-7$; зона с $R=7$ находится в наиболее высокоширотной авроральной области) не подчиняются одному закону скейлинга. Для зон с резонансами $R=1-4$ показатели A составляют 0.04 и 0.40, а для зон с $R=5-7$ они составляют 0.83 и 1.14 по данным спутников SC-1 и SC-4 соответственно (см. рисунок 2.10.1). Полученные из эксперимента показатели отличаются от значения $A=1.33$, предсказанного теорией. Для зон с $R=5-7$ скейлинги энергии бимлетов могут быть объяснены при учете электрического поля E_z , перпендикулярного плоскости токового слоя. Наблюдаемые показатели A в зонах $N=1-4$ могут быть связаны с тем, что нормальная составляющая магнитного поля B_z , контролирующая приращение энергии ионных пучков в токовом слое, в области этих резонансных зон имеет меньшее пространственное спадание, чем в области, содержащей зоны $N=5-7$. Сделан вывод о том, что токовый слой может быть неоднородным вдоль хвоста магнитосферы и характеризоваться различными условиями формирования его частей.

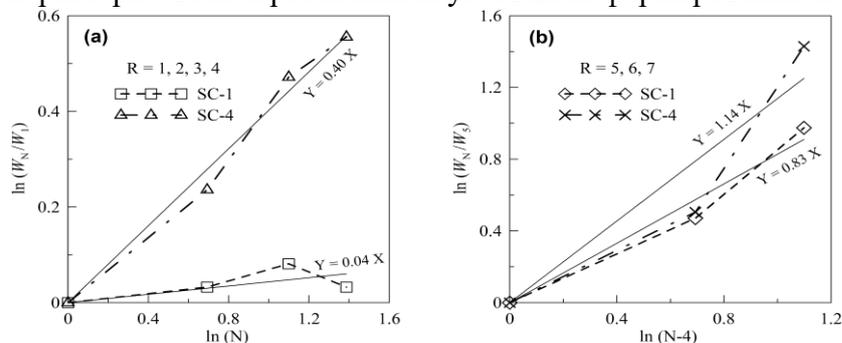


Рисунок 2.10.1 – Пример скейлинга энергии бимлетов токового слоя по данным SC-1 и SC-4 спутников CLUSTER.

11. Изучение суб-ионных неустойчивостей многотемпературной плазмы хвоста магнитосферы Земли. Построение моделей суб-ионных магнитозвуковых колебаний и нелинейных волн

В рамках исследования эффектов магнитозвуковых колебаний плазмы с двухтемпературной популяцией электронов в хвосте магнитосферы Земли, был проведен анализ статистики наблюдений нелинейных структур (магнитных дыр) в магнитосферном хвосте. Формирование этих структур, по современным представлениям, происходит за счёт нелинейной эволюции таких магнитозвуковых волн с доминирующим эффектом электронов. Анализ статистики наблюдений суб-ионных магнитных дыр, с использованием данных оптических наземных наблюдений авроральных областей, позволил произвести сопоставление мелкомасштабных явлений, наблюдаемых в диффузионной авроре и в хвосте магнитосферы. Полученные результаты, с одной стороны, впервые предоставили пример структур в хвосте магнитосферы (суб-ионных магнитных дыр), являющихся источником продольных токов, обуславливающих наблюдаемую мелкомасштабную структуру диффузионной авроры, а с другой стороны, обеспечивают дополнительные экспериментальные сведения о системе токов в суб-ионных магнитных дырах для построения модели нелинейной стадии развития суб-ионных магнитозвуковых колебаний. По результатам работы опубликована статья в J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. (часть публикации по исследованию суб-ионных магнитных дыр, касающаяся анализа данных оптических наблюдений мелкомасштабной авроры, не входит в тему отчёта и покрывается грантом РФФИ).

12. Определение взаимосвязи параметров каппа-аппроксимаций ионной функции распределения при различных значениях плазменного параметра

Использованы данные наблюдений миссии THEMIS за 4 года в широком энергетическом диапазоне от 1 до сотен кэВ в условиях спокойной магнитосферы. Впервые определена зависимость каппа-параметра k от энергии ядра функции распределения E_0 при различных значениях плазменного параметра β , равного отношению давления плазмы к давлению магнитного поля (Рис. 2.12.1а). Магнитосфера Земли использована в качестве гигантской плазменной лаборатории. Показано, что зависимость имеет нелинейный характер и может быть аппроксимирована соотношением $k = AE_0^\alpha$, в котором параметр α слабо зависит от β . Получена усредненная зависимость k от β (Рис. Рис. 2.12.1б).

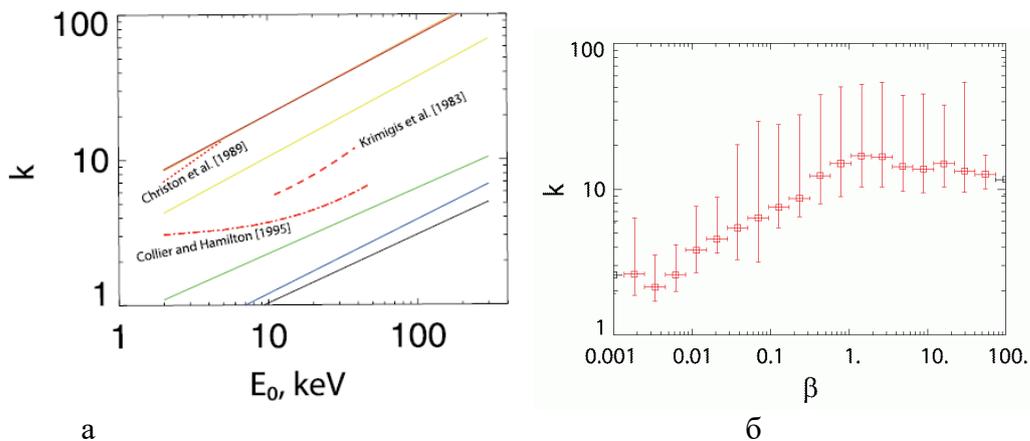


Рисунок 2.12.1 – а) зависимость каппа-параметра k от энергии ядра функции распределения E_0 при различных значениях плазменного параметра β (от 0.001 – черная линия, до 10 – бурая); б) усредненная зависимость k от β

13. Вариации давления плазмы по данным авроральных спутников до, во время и после изолированной геомагнитной суббури

Исследовано изменение давления плазмы на широтах аврорального овала до, во время и после изолированной геомагнитной суббури 22 декабря 2008 г. по данным спутников DMSP F13, 15, 16 и 17. На Рис. 2.13.1а показаны положения зарегистрированных максимумов давления на широтах овала, на Рис. 2.13.1б левая шкала показывает динамическое давление солнечного ветра (черные кружки), правая максимальные давления при пересечениях овала (цветные кружки в соответствии с Рис. 2.13.1а), черная вертикальная линия – момент начала взрывной фазы суббури (onset). Особенностью рассмотренного события являлся длительный период близких к нулю значений AL -индекса, во время которого произошло более чем двукратное нарастание динамического давления солнечного ветра. Проведено проецирование максимумов давления на экваториальную плоскость с использованием моделей геомагнитного поля и модели распределения давления в экваториальной плоскости. Показано, что максимальные значения давления плазмы на широтах аврорального овала возрастают при увеличении динамического давления солнечного ветра в магнитоспокойный период до суббури. Во время взрывной фазы суббури регистрируются максимальные за исследуемый период значения давления плазмы. Падение динамического давления солнечного ветра до значений, близких к значениям данной величины в магнитоспокойное время перед суббурей, не сопровождалось падением давления плазмы после суббури.

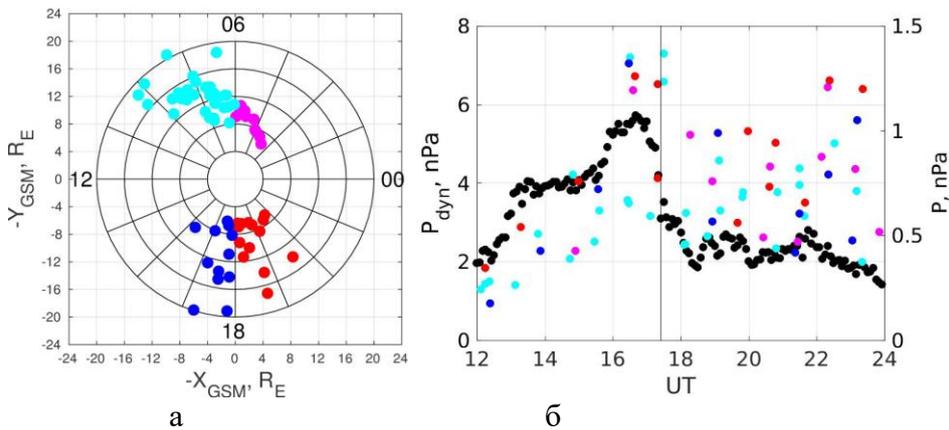


Рисунок 2.13.1 - Геомагнитная суббури 22 декабря 2008 г. по данным спутников DMSP

14. Распределение давления на низких высотах в дневном секторе

Исследовано распределение давления ионов в областях ионосферных проекций плазменной мантии, полярного каспа, низкоширотного граничного слоя ($LLBL$) и в области структурированных высыпаний аврорального овала. Не выявлено зависимости давления ионов от полярности и величины B_z -компоненты ММП во всех исследуемых областях высыпаний. Давление в мантии изменяется в диапазоне от 0.02 до 0.06 нПа при среднем уровне 0.03 ± 0.01 нПа и не зависит от величины динамического давления солнечного ветра. В области каспа средний уровень давления составляет 1.0 ± 0.3 нПа. При B_z ММП > 0 давление ионов в каспе не зависит от динамического давления солнечного ветра, в то время, как при B_z ММП < 0 наблюдается значительное увеличение давления с ростом динамического давления солнечного ветра. В высыпаниях $LLBL$ и в области высыпаний аврорального овала давление ионов также увеличивается с ростом динамического давления солнечного ветра. Средний уровень давления в $LLBL = 0.27 \pm 0.07$ нПа, а в области аврорального овала составляет в среднем ~ 0.5 от этого уровня.

15. Спектры релятивистских электронов во время магнитных бурь и роль адиабатических и неадиабатических механизмов в вариациях электронных потоков

Прослежена эволюция наклонов спектров релятивистских электронов во время магнитных бурь, включая магнитную бурю 1 июня 2013 г. с использованием данных миссий Van Allen probes и THEMIS. Для бури 1 июня 2013 г. получены радиальные распределения давления. Показано, что максимум давления во время бури и максимум внешнего радиационного пояса после бури образуются на геоцентрическом расстоянии в $3.7 R_E$. Подтверждена зависимость Тверской положения максимума пояса от минимальной величины Dst вариации. Исследованы изменения наклонов спектров релятивистских электронов во время ряда бурь и получены доказательства действия адиабатического механизма вариаций электронных потоков.

16. МГД волны в столкновительной плазме солнечной короны и земной ионосферы

Рассмотрены МГД волны (альвеновская и быстрая магнитозвуковая моды) в однородной столкновительной трехкомпонентной плазме низкого давления ($\beta \ll 1$). Трехкомпонентная плазма состоит из электронов, ионов и нейтралов с произвольным соотношением между частотами столкновений и периодами волны. Выведено общее дисперсионное уравнение и соотношения для фазовой скорости и декремента затухания МГД мод в различных предельных случаях: от слабо-столкновительной плазмы до сильного зацепления между ионами и нейтралами, а также для продольного и наклонного распространения волн. В слабо-столкновительном пределе собственные МГД моды сводятся к обычным альвеновским и быстрым магнитозвуковым волнам. Для слабо ионизированной плазмы с сильной столкновительной связью нейтралов с ионами, скорости магнитозвуковых и альвеновских волн существенно уменьшаются по сравнению с альвеновской скоростью в теории идеальной МГД. При очень низких частотах, когда нейтралы и ионы сильно связаны, становятся возможными слабозатухающие МГД моды, названные «медленными» МГД модами. Эти теоретически предсказанные моды могут наблюдаться в солнечной короне и в F-слое земной ионосферы.

17. Исследования ионосферы радиofизическими методами с использованием сверхмалых космических аппаратов

Для радиозондирования ионосферы предлагается использовать одновременно несколько унифицированных космических аппаратов малой размерности (для этого подойдут кубсаты формата 3U и выше), которые относительно просты в изготовлении, что позволяет быстро и относительно дешево изготовить необходимое их количество. На каждый КА необходимо установить излучатель на двух кратных частотах, например 100 и 200 МГц, и приемник этого излучения от другого аппарата с умножителем или делителем частоты. Показано, что по разности фаз этих двух сигналов возможно определить среднюю концентрацию плазмы вдоль линии спутник-спутник и относительную вариацию концентрации с точностью в несколько процентов.. Численные расчеты, проведенные в данном исследовании, продемонстрировали, что на расстояниях между малыми космическими аппаратами, начиная от сотен метров, можно определить сдвиг фаз и, следовательно, плотность плазмы. Также оценивалось максимальное расстояние между спутниками при мощности передатчика 2 Вт и показано, что возможно проводить измерения на расстояниях до 100 км. Предлагаемые подходы могут быть использованы для детального исследования ионосферных неоднородностей не только естественного происхождения, но и искусственной ионосферной турбулентности.

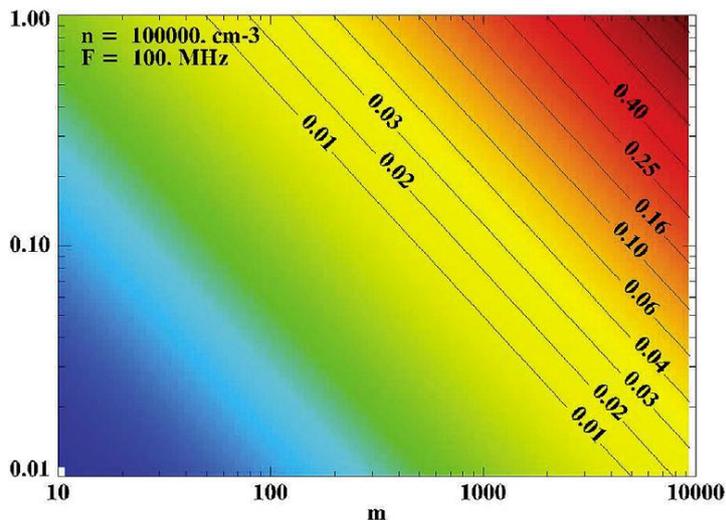


Рисунок 2.17.1 - Зависимость разности сдвига фазы между сигналами с частотой f и частотой $2f$ в зависимости от относительного изменения плазменной плотности и расстояния между спутниками (частота основного сигнала $f_1 = 100$ МГц). Изолинии и цвета показывают разность фаз в π . В правом верхнем углу n - плотность плазмы, F - плазменная частота

18. Исследование эффектов нагрева ионосферы: Первые результаты совместного эксперимента стенда Сура и спутника Норсат-1

Исследование искусственного нагрева ионосферы ВЧ-излучением было проведено на спутнике Norsat-1 (высота орбиты 580 км), на котором были установлены 4 зонда Ленгмюра, с частотой опроса до 1000 измерений в секунду. До запуска этого спутника измерения концентрации электронов и их температуры в ионосфере с такой частотой опроса не проводились. Это позволило получить уникальные данные над областью нагрева, с помощью которых можно исследовать тонкую структуру ионосферы над нагревным стендом. Показано, что вследствие эффекта «магнитного зенита» максимальное развитие искусственной ионосферной турбулентности происходит у южного края возмущенной магнитной силовой трубки области ВЧ-нагрева. Повышение температуры в области нагрева более существенно, чем изменение плотности плазмы на высоте спутника. Размер области довольно узкий и составляет около 20 км. Одновременно с увеличением температуры появляются плазменные неоднородности до 40 Гц, что означает, что характерный пространственный масштаб этих неоднородностей достигает ~ 200 м.

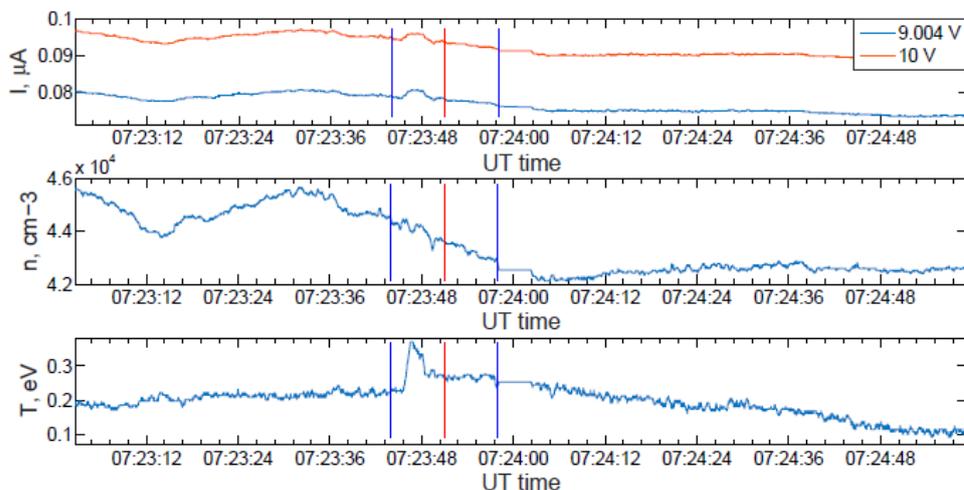


Рисунок 2.18.1 - Токи (верхняя панель), электронная плотность (средняя панель) и температура электронов (нижняя панель), полученные с помощью зондов Ленгмюра на спутнике NorSat-1.

19. Влияния ионосферных неоднородностей на сбои основных параметров навигационных сигналов GPS во время геомагнитной активности

Изучено влияние геомагнитной активности на сбои навигационных сигналов системы глобального позиционирования *GPS*, а также увеличение амплитуды скачков полного электронного содержания (ПЭС) в высоких широтах. Показано, что навигационный сигнал частоты L_2 подвержен более частым сбоям, чем частоты L_1 , как в спокойных условиях, так и во время геомагнитной активности. Вероятность скачков ПЭС выше, чем вероятность сбоев по фазе на частотах L_1 и L_2 . Максимум сбоев и частота больших скачков ПЭС наблюдается во время фазы восстановления геомагнитной суббури. Используемые в настоящем исследовании данные камеры всего неба, магнитометров и межпланетного магнитного поля позволили провести мониторинг временной эволюции суббури и сделать ее полный анализ. Указанные особенности поведения сигналов вызваны высыпанием авроральных частиц, которые обычно происходят во время геомагнитных суббурь в высокоширотных регионах. Установлено, что авроральная суббуря приводит к увеличению сбоев L_2 на станциях Сонданкюля и Скиботн с задержкой в несколько часов, что связано с особенностями развитием плазменной турбулентности, возникающей из-за магнитных возмущений на высоких широтах. Максимум возникновения сбоев приходится на фазу восстановления геомагнитной суббури.

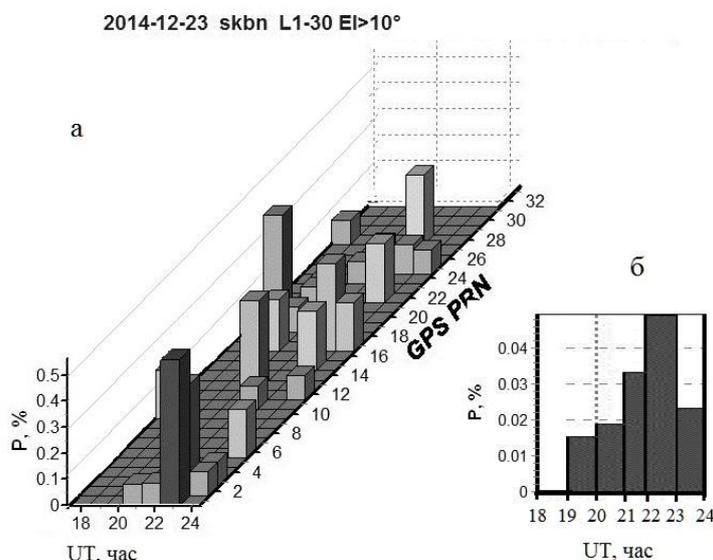


Рисунок 2.19.1 - Временное распределение сбоев фазы на частоте L_1 (панель а) и усредненная вероятность сбоев фаз на частоте L_1 (панель б) 23 декабря 2014 года для всех видимых спутников GPS на станции Скиботн (69.348^0 N, 20.363^0 E). Угол возвышения более 10°

20. Исследование в ионосфере динамики интенсивности магнитной и электрической компонент КНЧ излучений по данным эксперимента «Обстановка (1 этап)» на борту РС МКС

Первым результатом проведения КЭ «Обстановка 1-й этап» явилось создание базы данных по целому ряду физических параметров плазмы и окружающих МКС электромагнитных

полей, содержащей соответствующие орбитальные данные и модельные параметры геомагнитного поля.

В данных измерения магнитной B и электрической E компонентов КНЧ излучений по данным плазменно-волнового комплекса (ПВК) эксперимента «Обстановка (1 этап)» на борту РС МКС, представленных на Рис. 2.20.1, синхронно наблюдаются узкополосные излучения на частоте ~ 11 кГц и циклически, с периодом ~ 90 мин, близким к периоду обращения МКС. Эта синхронность наблюдается при анализе всего массива данных измерения E и B компонент. Видимо этот эффект связан с изменением режимов работы систем электропитания МКС (DC/DC конвертеров, работающих на частоте ~ 11 кГц). Характерной особенностью данных, полученных с ШАШ (рисунок 2.20.1), является резкая смена интенсивности электромагнитных излучений на участках орбиты МКС освещённых солнцем и в тени Земли (предположительно из-за дополнительного сбора электронов на открытых краях солнечных батарей). По данным измерения B -компоненты установлено, что в СО и СП регистрируются кратковременные (2-3 минуты) всплески излучений в диапазоне $\sim 100 - 300$ Гц, практически совпадающие по времени с началом излучений на частоте ~ 11 кГц, наблюдаемых перед заходом МКС в тень Земли. Возможно, эти всплески также связаны с процессами, происходящими в системе электропитания МКС.

Данные об электрическом потенциале МКС, регистрируемые зондом Ленгмюра LP-1 (ЗЛ-1), свидетельствуют о том, что при выходе из тени (чёрные стрелки) величина потенциала увеличивается от ~ 5 В вольт до ~ 20 В (т. е. плавающий потенциал станции стал -20 В). Эти данные представлены на рисунке 2.20.1.

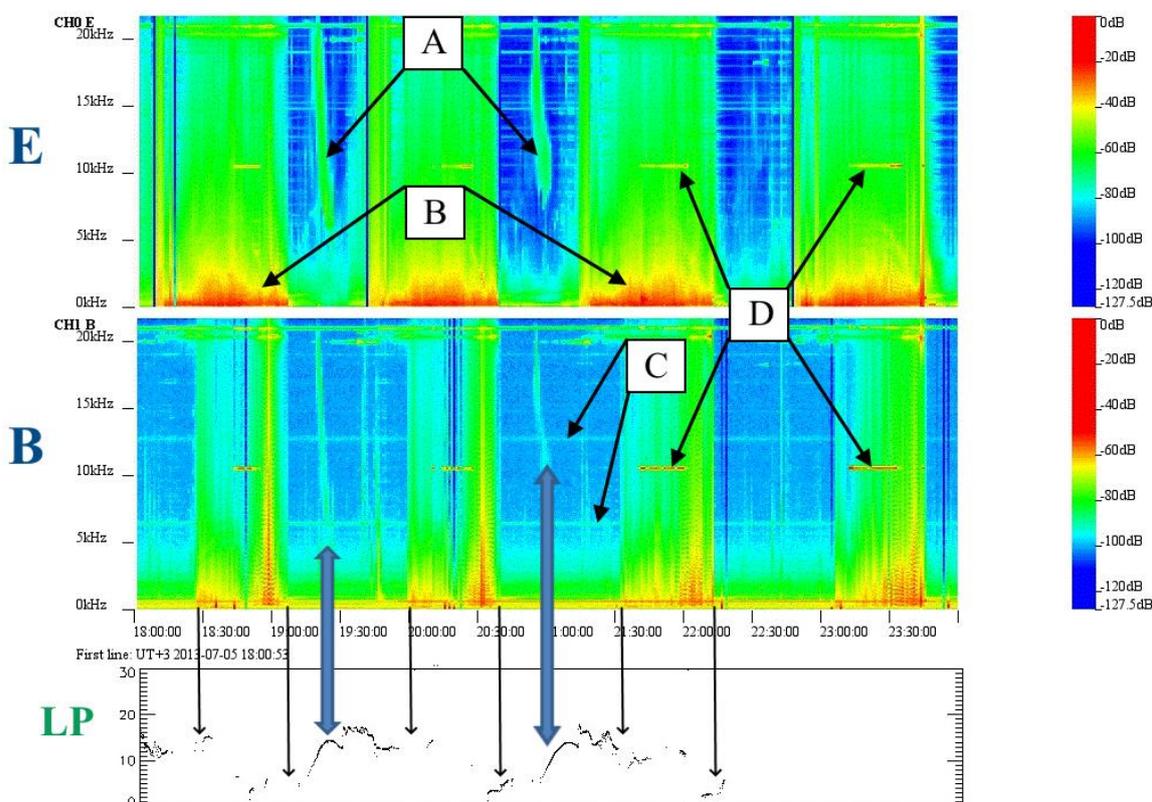


Рисунок 2.20.1 – ПВК 2013-07-05 (начальное время: UT+3 18:00). Данные мониторинга при работе бортового анализатора спектра (ШАШ) и зонда Ленгмюра (LP). А - широкополосные СО излучения типа хорв (широкие стрелки); В - низкочастотные электростатические излучений; С - узкополосные техногенные излучения; D - узкополосные излучения наземных передатчиков навигационной системы Альфа.

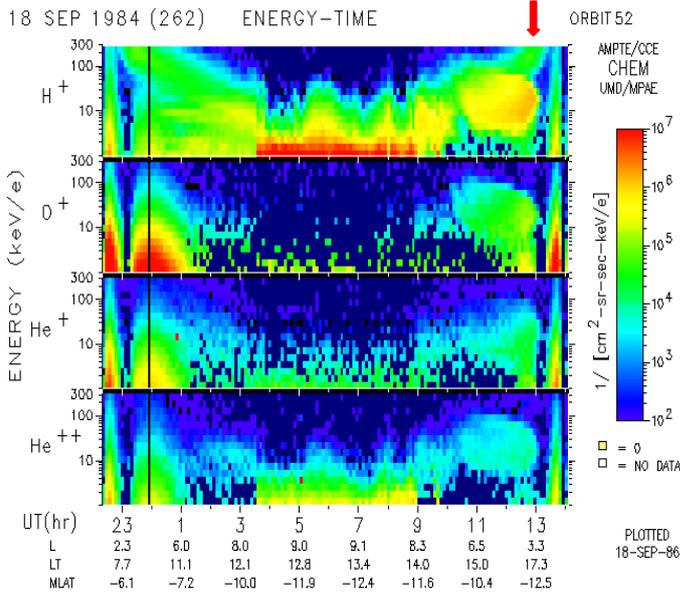
21. Модуляция ионосферы геомагнитными Pc5 пульсациями по многоинструментальным наблюдениям радаром, GPS приемниками, и магнитометрами

Недавние исследования продемонстрировали, что глобальные пульсации Pc5, наблюдаемые наземными магнитометрами, могут сопровождаться периодическими колебаниями полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы, измеряемых приемниками GPS. Эти наблюдения ПЭС могут дать новое понимание механизмов связи магнитосферы и ионосферы, особенно в сочетании с другими методами наземных наблюдений. Представлено крупномасштабное событие Pc5 в утреннем секторе, которое одновременно наблюдалось с помощью наземных магнитометров, двух высокочастотных радаров SuperDARN и нескольких приемников GPS. Пульсации с частотой 2.6 мГц, наблюдаемые наземными магнитометрами и радаром, сопровождаются периодическими колебаниями скорости изменения времени ПЭС (ROT) с той же частотой. Чтобы исследовать возможные механизмы модуляции ионосферы УНЧ волнами, были определены отношения между спектральными амплитудами магнитного поля, ионосферной доплеровской скорости и ROT-колебаний. Связь между одновременным магнитным полем и ионосферными доплеровскими колебаниями скорости может быть разумно хорошо интерпретирована с помощью теории взаимодействия альвеновских волн с тонким слоем ионосферы. Хотя наблюдаемое соотношение между амплитудами ROT и доплеровской скорости можно объяснить наличием локального резкого градиента плазмы верхней ионосферы на авроральных широтах, механизм модуляции нельзя считать окончательно установленным.

22. Статистические закономерности в сезонных, широтных и суточных вариациях поляризационного джета на станциях Якутской цепочки ионозондов в течение 19-23 циклов солнечной активности

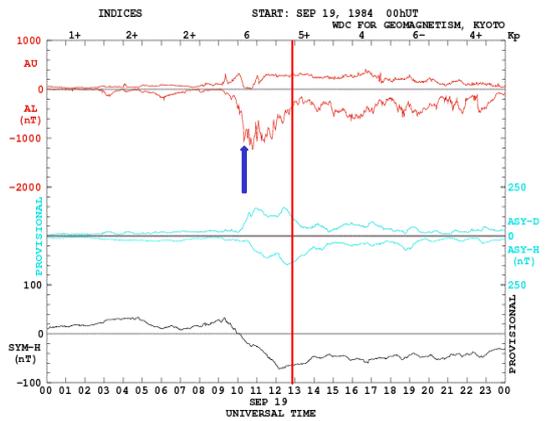
Сопоставление 15 минутных f-графиков стандартной обработки ионограмм ионосферных станций с прямыми измерениями поляризационного джета со спутников DMSP показало, что развитие этого явления регистрируется как резкие и значительные уменьшения критических частот слоя F-2 ионосферы (срывы частот в суточном ходе). На этой основе стало возможным провести статистический анализ ионосферных данных по уже выполненной обработке по ст. Якутск за 5 циклов солнечной активности, по станции Тикси за 4 полных цикла и по совокупной работе ст. Батагай и Жиганск за 3.5 цикла солнечной активности. Были определены сезонные, широтные и суточные вариации поляризационного джета (PJ). Сезонные и широтные закономерности хорошо согласуются с таковыми, полученными по измерениям на спутниках DMSP. Однако, по спутниковым данным максимум PJ находится в районе 22 MLT. По наземным измерениям резкий максимум локализован на 18 MLT, как раз в области, где наиболее часто регистрируются носовые события (nose-event). Один из таких примеров иллюстрирует приведенный рисунок 2.22.1. Измерения прибором Chem спутника AMPTE/CCE определяют экваториальную границу энергичных ионов водорода и кислорода на L= 3.3. PJ наблюдается на ст. Подкаменная Тунгуска в том же долготном секторе на L=3.0. Спутники выполняют измерения на высоте 850 км в ионосфере чаще освещенной Солнцем, где эффект PJ замыкается ультрафиолетовым излучением, в то время как наземные измерения проводятся в тени большее время.

**Потоки энергичных ионов (< 300 keV/q)
измеренные AMPTE/CSE 18-19 сентября
1984 г.**



Граница инжекции ионов (nose-event) (красная стрелка) наблюдалась в ~13.00 UT в вечернем секторе (~17.3 LT) при L = 3.3 через 3 часа после первого всплеска AL.

**Индексы магнитной
активности 19 сентября 1984 г.**



Красной линией отмечено время пересечения границы инжекции ионов, голубая стрелка показывает всплеск суббуревой активности.

Рисунок 2.22.1 – Пример события 18-19 сентября 1984г

**23. Сопоставление плотности электронов в высоких широтах на спутниках
ИНТЕРБОЛ-2 и S3-3**

Проведено сравнение оценок плотности электронов, полученных на основе измерений зондовыми приборами, на спутниках *ИНТЕРБОЛ-2* и *S3-3*. Эти спутники функционировали в похожих геофизических условиях: *S3-3* был запущен летом 1976 года в начале 21 цикла солнечной активности, а *ИНТЕРБОЛ-2* 29 августа 1996 года, через три месяца после начала 23-го цикла. *S3-3* работал на полярной орбите с перигеем 240 км и апогеем 8040 км, а *ИНТЕРБОЛ-2* был запущен на орбиту с перигеем 769 км и апогеем 19211 км. Плотность и температура плазмы на спутнике *S3-3* определялась по измерениям зонда Ленгмюра, который являлся частью волнового эксперимента и снимал вольт-амперные характеристики. Параметры определялись с помощью подходящего подбора (*fitting procedure*) теоретической кривой к измеренной вольт-амперной характеристике, при этом, если потенциал спутника был положительный $V > 0$, учитывалась фотоэлектронная эмиссия. Для определения плотности фототока на *S3-3* применялась модификация модели А. Педерсена:

$I_{pe}(V) = I_{pe0}[\exp(-V/2) + 0.0375\exp(-V/7.5)]$, для $V > 0$, I_{pe0} - плотность фототока насыщения. На спутнике *S3-3* зонд был покрыт аквадаг, поэтому использовалось $I_{pe0} = 18 \mu A \cdot m^{-2}$ по результатам лабораторных измерений. По данным спутника *S3-3* типичные значения плотности электронов $\sim 10 \text{ см}^{-3}$ на высоте 8000 км.

Аппаратура *ИНТЕРБОЛ-2* позволяет оценить I_{pe0} корректно на основе сопоставления одновременных измерений электрического потенциала спутника относительно плазмы зондовыми приборами ИЭСП-2 и КМ-7. Плотность фотоэлектронного тока используется при оценивании плотности электронов. Концентрация электронов определялась только для положительного потенциала спутника из уравнения баланса для спутника и зонда между токами электронов окружающей плазмы и фотоэлектронов, эмитированных

освещенной поверхностью. Принималось, что фотоэмиссионные свойства зонда и спутника одинаковые. По данным спутника *ИНТЕРБОЛ-2* концентрация электронов $1-20 \text{ см}^{-3}$, хорошо согласуется с данными *S3-3*

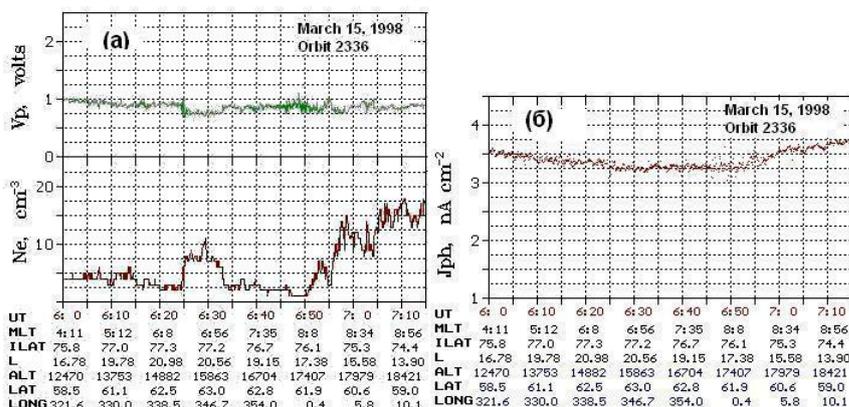


Рисунок 2.23.1 - а) плотность электронов плазмы по данным спутника *ИНТЕРБОЛ-2*, потенциал зонда V_p /ИЭСР-2 (потенциал спутника $V_s = V_p + U_{sp}$). *ИНТЕРБОЛ-2* находился в полярной шапке в интервале времени 0550-0720 UT. Индекс $K_p = 4$, наблюдалась слабая вспышка $B7.2$ (0610-0622 UT); б) плотность фототока на той же орбите.

24. Разработка и моделирование малогабаритных приборов для исследования быстропротекающих процессов в космической плазме

24.1 Поданная в Китайское национальное космическое управление (CNSA) заявка на участие с тремя приборами в проекте космического аппарата для изучения астероида и кометы (Zheng He) прошла первый этап отбора. Проведено предварительное моделирование электронно-оптических схем широкоугольного энерго-масс анализатора ионов, спектрометра электронов и цилиндра Фарадея. Проводится согласование этих приборов и масс-спектрометра китайской стороны с группой ученых КНР.

24.2 В рамках работ по разработке детекторных узлов для малых приборов проводилось исследование эффекта модуляции изображения при использовании анода "клинья-полосы" в составе координатно-чувствительного детектора на базе микроканальных пластин. В составе детектора также использовался умножитель ВЭУ-7, одно из наиболее компактных решений для регистрации ускоренных частиц. Выполненные работы позволили добиться разрешения 1.7 мм для детектора электронов на базе ВЭУ-7 и 1 мм для детектора ионов на базе стандартных МКП диаметром 52 мм производства Владикавказского Технологического Центра "Баспик". Проведенные исследования позволят улучшить аналитические характеристики вновь разрабатываемых перспективных компактных плазменных анализаторов и сократить время на разработку новых приборов, одновременно со снижением себестоимости работ.

24.3 В рамках отработки методик регистрации нейтральных частиц и проработки технологий для использования в будущих приборах была разработана схема ионизации и последующего массового анализа нейтральных частиц. Схема включает в себя мишень для размещения различных материалов, для сопоставления эффективности ионизации нейтральных частиц на различных поверхностях, систему электростатических затворов для запираения ионных популяций, а также систему магнитного анализа на мощных магнитах из сплава NdFeB. Для детектирования частиц используется детектор на базе серийного компактного умножителя ВЭУ-6. Было проведено макетирование схемы и предварительные проверки. Схема позволит подобрать наиболее эффективные материалы для ионизации нейтральных фракций, а также отработать электростатическую схему эксперимента для применения в будущих разработках.

3. КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

Руководитель чл.-корр. А.А. Петрукович

1. Геомагнитный отклик магнитосферы на межпланетные ударные волны

Взаимодействие возмущений солнечного ветра с магнитным полем Земли имеет первостепенное значение в исследованиях космической погоды. Отклик на межпланетные ударные волны всегда сопровождается возмущениями магнитного поля, измеряемыми в космосе и на Земле, которые, в свою очередь, могут модулировать потоки энергичных частиц, которые повреждают спутниковую электронику, и вызывают скачки тока в линиях электропередач. Эти возмущения также проявляются в виде геомагнитных пульсаций, которые частично ответственны за распределение энергии в околоземной космической среде. В работе впервые связаны наблюдательные свойства этих пульсаций или с углом падения ударной волны. Обнаружено, что фронтальное падение вызывает более сильный волновой отклик по сравнению с наклонным падением. Эти результаты показывают, что при мониторинге космической погоды следует учитывать угол падения фронта межпланетной ударной волны при прогнозировании геомагнитных эффектов, вызванных возмущениями солнечного ветра.

На языке теории электрических контуров, источники магнитосферно-ионосферных токовых систем можно представлять как суперпозицию двух крайних ситуаций: «генератор напряжения» (ионосферные электрические поля / напряжения постоянны, а меняется ток и создаваемое им магнитное поле) и «генератор тока» (ток и магнитное возмущение постоянны, а электрическое поле меняется). Теоретическое рассмотрение показывает, что нестационарные продольные токи взаимодействуют с ионосферой по-разному в зависимости от соотношения между характерным временем драйвера τ и собственным периодом альвеновской силовой линии T_A . Квази-постоянный источник продольного тока ($\tau \gg T_A$) соответствует генератору напряжения, когда наземный магнитный отклик пропорционален проводимости ионосферы. Возбуждение же резонансных колебаний силовых линий ($\tau = T_A$) соответствует генератору тока, когда наземный магнитный отклик слабо зависит от ионосферной проводимости. Внезапное начало (SC) магнитной бури, вызываемое межпланетными ударными волнами, на высоких широтах соответствует ситуации, когда $\tau \ll T_A$. Этот случай альвеновских импульсов, распространяющихся независимо от экваториальной плоскости, анализируется аналитически с помощью модели магнитосферного «плазменного ящика» с тонкими асимметричными сопряженными ионосферами. На высоких широтах соотношение амплитуд в сопряженных ионосферах в целом не соответствует напрямую ни режиму генератора тока, ни генератору напряжения. Теоретические предсказания подтверждаются примерами наблюдений SC на сети геомагнитно сопряженных магнитометров в Гренландии и Антарктиде в летний и зимний периоды.

2. Динамика низкочастотных вариаций числа солнечных пятен и Kp-индекса геомагнитной активности для восьми циклов солнечной активности (1932 – 2018 гг.)

Для 8 циклов солнечной активности (17-24 циклы) проведен анализ временной динамики амплитуды вариаций числа солнечных пятен (δSSN) Kp-индекса геомагнитной активности (δKp) для 5 частотных полос в частотном диапазоне $\sim 1.2E-3 - 4.5E-3$ 1/сут (периоды 2.3- 0.6 г., периоды квазибиенальных вариаций). Динамика амплитуды δSSN и δKp (как долговременная, так и внутри цикла) не зависит от динамики абсолютных величин SSN и Kp-индекса. Периодические вариации ~ 11 лет можно выделить в вариациях амплитуды δSSN для периодов 2,3 г., 1,09 г. и 0,7 г. Временная структура

амплитуды δKp внутри цикла частично повторяет динамику среднегодовых величин Kp -индекса.

3. ОНЧ авроральный хисс и магнитосферные суббури

Выполнен анализ данных наблюдений очень-низкочастотных (ОНЧ) излучений в авроральных широтах в зимние сезоны 2015-2019 гг. Показано, что ОНЧ излучения типа «авроральный хисс», представляющие собой шумовые всплески в полосе частот ~ 3 -15 кГц, тесно связаны с развитием магнитосферных суббурь. Так, за исследуемый период в Скандинавии было зарегистрировано 98 суббурь с амплитудой больше 400 нТл, из которых 98 сопровождалось ОНЧ авроральным хиссом. Впервые было установлено, что эти ОНЧ излучения являются характерным явлением во время подготовительной фазы суббури и не регистрируются в главную и восстановительную фазы суббури. Сделан вывод, что появление всплесков ОНЧ аврорального хисса является признаком развития подготовительной фазы суббури и высыпания авроральных электронов в ионосферу.

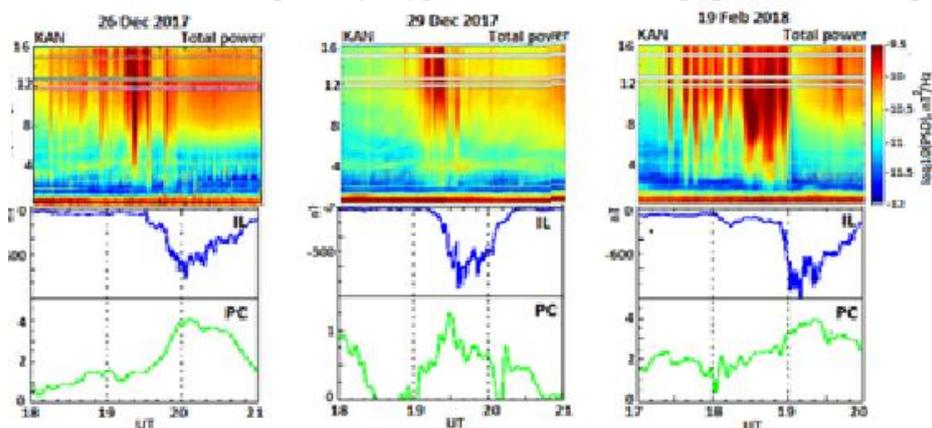


Рисунок 3.3.1 - Три примера всплесков ОНЧ аврорального хисса перед суббурей и вариации полярного РС-индекса, характеризующего уровень поступающей энергии из солнечного ветра в магнитосферу Земли

4. Обзор существующих представлений и результатов по влиянию метеорологических факторов на здоровье и самочувствие людей

Проведен анализ современных популяционных исследований по влиянию атмосферных факторов на заболеваемость и ухудшение самочувствия людей в разных регионах мира. Анализ выявил сложность и многопараметричность биометеорологического эффекта: нелинейность, немонотонность, наличие значительной временной задержки в его развитии, а также зависимость степени его проявления от времени года и географического положения места проживания, от возраста и пола человека, расы, питания, социального статуса, образа жизни. В большинстве работ наиболее биотропными факторами признаны температура воздуха, ее текущие значения и амплитуда колебаний. Разница в индивидуальной чувствительности к метеорологическим факторам, вплоть до различия в знаке биоэффекта, может приводить к тому, что вероятность обнаружения эффекта при анализе средне-групповых значений артериального давления практически равна нулю везде, за исключением достаточно высоких северных широт.

Таким образом, популяционный подход имеет ряд методологических ограничений, которые можно в значительной степени преодолеть, добавив к нему индивидуальный подход.

5. Доказательство синхронности влияния геомагнитной обстановки на пользователей сети интернет

Поисковым ботом была собрана полная база данных сообщений крупнейшего научного форума dxdu.ru. После этого с помощью специального разработанного алгоритма интеллектуального перебора, сводящегося к оптимизационным задачам на графах, была получена группа эмоционально окрашенных слов, частота появления которых достоверно возрастает (коэффициент корреляции $r \sim 0.6$, $p < 0.00001$) с увеличением Кр-индекса напряженности геомагнитного поля. Была доказана теорема, гарантирующая единственность решения поставленной оптимизационной задачи. Таким образом, была подтверждена гипотеза о влиянии геомагнитной обстановки на психологическое состояние достаточно крупной популяции людей (на форуме более 100 000 активных пользователей, распределенных по всей стране, а многие пишут из-за границы).

На Рис. 3.5.1 представлена структура графа, с которым бы работал оптимизационный алгоритм в случае 4-х эмоционально окрашенных слов. У реального графа, с которым мы работали (число эмоционально окрашенных слов равно 3130), количество вершин равно $23130-1$, т.е. приблизительно десять в девятьсот сороковой степени. Это число дает представление об объеме решаемой в нашей работе задачи интеллектуального перебора

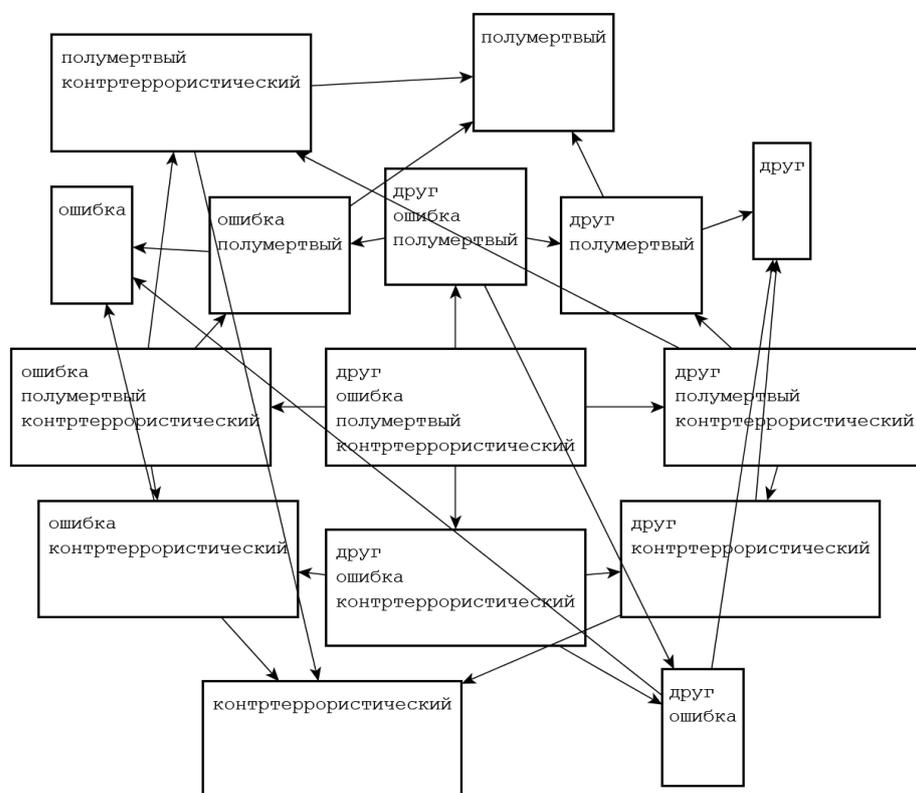


Рисунок 3.5.1 - Связь интеллектуальной возбудимости пользователей сети Интернет с повышением солнечной активности

6. Исследование циркадианной организации механизмов частоты сердечно-сосудистых катастроф и изучение влияния земной и космической погоды на эффективность гипотензивной терапии

Разработаны глубинные механизмы регуляции циркадианной организации важнейших физиологических функций благодаря определению соотносительной роли генетической конституции и внешне-средовых факторов в фенотипической вариабельности биологических параметров. Определены воздействия изменений атмосферной температуры, атмосферного давления, влажности, Кр-индекса, геомагнитной активности на число сердечных сокращений и артериальное давление у

пожилых мужчин и женщин. Выявлена статистическая корреляция между женщинами и мужчинами в отношении Кр-индекса.

7. Современные аспекты использования российских компьютерных программ для медико-биологических исследований (обзор). Прогресс мобильной связи и здоровье подрастающего поколения

Проанализированы возможности и особенности применения современных российских аппаратно-программных и программных продуктов для диагностики психофизиологических показателей. Был собран достаточно широкий спектр исследований (влияние социальных факторов и низкоинтенсивных электромагнитных полей естественного и техногенного происхождения) . Анализ, позволил сделать выводы о необходимости разработки и внедрения единых стандартов предъявления стимульных материалов, обработки полученных данных с учетом возрастных норм.

В последнее время государственные структуры России обратили внимание на проблему негативного влияния излучения мобильных телефонов на организм подрастающего поколения (Рекомендации Роспотребнадзора РФ (№ МР 2.4.0150-19, № 01-230/13-01; https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=13375)

Однако, реалии таковы, что, наряду с существующими мобильными технологиями 2G / 3G / 4G, уже более двух лет продвигаются технологии 5G, основанные на использовании электромагнитных волн очень высокой частоты – миллиметрового диапазона (ММВ).

Большой опасностью для организма детей является появления новых критических органов – кожа и глаза, дополнительно к уже ранее существующим критическим органам и системам . Назрела необходимость в разработке специального СанПиНа для детей и подростков для всех имеющихся современных низкоинтенсивных источников электромагнитного излучения, включая Wi-Fi и 5G.

4. ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕЛИОСФЕРЫ

д.ф.-м.н. Измоденов В.В.

1. Наблюдения кометы C / 2013 A1 (Сайдинг-Спринг) в линии Лайман-альфа с использованием Maven IUVS Echelle

Приближение кометы C / 2013 A1 (Сайдинг-Спринг) к Марсу в октябре 2014 года предоставило уникальную возможность наблюдать новую комету из облака Оорта. Водородная кома кометы, возникшая из воды, простиралась более чем на 20 миллионов километров от ядра. Определение свойств этой комы позволяет оценить содержание воды в комете. В данном исследовании анализируется уникальный набор данных УФ-наблюдений высокого спектрального разрешения кометы C / 2013 A1 Siding Spring, измеренных космическим аппаратом "Maven". Наблюдения Сайдинг-Спринг фиксируют лайман-альфа излучение из марсианской короны, межпланетной среды, а также кометных резервуаров водорода и дейтерия. Анализ изолированных кометных спектров позволяет выявить распределение скоростей атомов H, согласующееся с модельными оценками фотодиссоциированных H-эмиссий H₂O и OH, которые имеют доплеровское смещение от центра основной линии эмиссии H-кометы на 18 км с⁻¹ и 8 км с⁻¹ соответственно. Вариации яркости кометы H с расстоянием от ядра используются для оценки скорости производства кометной воды. Получено, что на расстоянии 1.5 а.е. эта скорость составляет $0,5 \times 10^{28}$ молекул в сек.

2. Численное моделирование конвективных неустойчивостей Кельвина-Гельмгольца гелиопаузы / астроплазмы

Проведено численное моделирование задачи взаимодействия гиперзвукового звездного ветра с полностью ионизованной межзвездной средой, движущейся относительно звезды со сверхзвуковой скоростью. Использовано приближение одножидкостной газовой динамики. Представлены результаты численных расчётов, полученные с высоким пространственным разрешением числовой сетки. Мы используем обычную декартову сетку с прямоугольными ячейками. Вычисления выполнялись с использованием процессоров GPU с высокопроизводительной технологией параллельного программирования CUDA и компиляторов nvcc от NVIDIA.

Показано, что стационарное решение зависит только от двух безразмерных параметров: числа Маха в межзвездной среде и показателя адиабаты γ . Однако нестационарное решение зависит также от параметра χ , который представляет собой отношение терминальной скорости звездного ветра к скорости набегающего потока. Этот параметр влияет на устойчивость тангенциальных разрывов. Стационарные решения получены для разных значений для низкого и среднего разрешения числовых сеток. Для числовых сеток высокого пространственного разрешения неустойчивость Кельвина-Гельмгольца возникает на тангенциальных разрывах (как основного, так и разрыва от тройной точки) в хвостовой части области взаимодействия. Неустойчивость является конвективной, как и должно быть в соответствии с линейным анализом. Для исследования неустойчивости мы провели дополнительное моделирование задачи с увеличенной хвостовой областью. Интересно отметить, что слабая ударная волна (исходящая из тройной точки) не взаимодействует с контактной поверхностью (не преломляется и не отражается).

Также было проведено исследование для большого набора параметра χ (от 1 до 17 - наблюдаемое значение в Солнечной системе). При большом значении параметра развитие

неустойчивости Кельвина-Гельмгольца наблюдается даже для головной области потока. На внутренней ударной волне появляется дополнительная тройная точка и сложная структура ударных волн в хвостовой части. Дополнительная тройная точка не является стационарной и может двигаться вдоль ударной волны с постоянным периодом. Развитие такой неустойчивости с увеличением параметра χ связано, прежде всего, с увеличением скачка тангенциальной составляющей скорости на разрыве. Мы исследуем эволюцию неустойчивости с увеличением разрешения числовой сетки. Можно говорить о сходимости решения по сетке. Также изучаются эффекты численной схемы. Для повышения точности приближения используются TVD-схемы с ограничителем *minmod*. Показано, что эта неустойчивость возникает на всех схемах второго порядка точности по пространству (HLL + *minmod*, HLLC + *minmod*, Godunov + *minmod*) и на схемах первого порядка (HLLC, Годунов), за исключением схемы HLL, который обладает сильной вязкостью и «размазывает» тангенциальный разрыв на большое количество ячеек.

3. Гелиосферные энергичные нейтральные атомы: нестационарное моделирование и анализ данных IBEX-Hi

Космический аппарат *IBEX* проводит измерения потоков энергичных нейтральных атомов (ЭНА) водорода на орбите Земли при помощи инструмента *IBEX-Hi* (0.3–6 кэВ). Потоки энергичных атомов Н из внутреннего ударного слоя (области возмущённого солнечного ветра между внутренней ударной волной и гелиопаузой) несут определяющую информацию о свойствах границы гелиосферы. Данные *IBEX-Hi* являются одним из немногих источников знаний о структуре границы гелиосферы, и их анализ при помощи численной модели позволяет верифицировать и уточнить используемую модель гелиосферы, накладывая существенные ограничения на её параметры.

Был выполнен детальный анализ данных *IBEX-Hi* с использованием численной модели, позволяющей вычислять потоки ЭНА в гелиосфере в рамках разработанной ранее глобальной кинетико-МГД модели взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвёздной средой. Оригинальность модели состоит в использовании кинетического подхода для моделирования распределения над-термальной компоненты (захваченных протонов), который выгодно отличается от других существующих методов, так как основан на фундаментальных физических законах, и на данный момент не имеет аналогов среди конкурирующих научных групп.

В результате сравнения модельных расчетов с данными *IBEX-Hi* были сделаны следующие заключения: (1) используемая модель качественно (и во многом количественно) воспроизводит структуру потоков ЭНА, наблюдаемую на картах *IBEX-Hi*; (2) потоки ЭНА из области внутреннего ударного слоя крайне чувствительны к виду функции распределения захваченных протонов; было показано, что учёт дополнительной энергичной компоненты захваченных протонов имеет определяющее значение для объяснения данных наблюдений; (3) несмотря на относительно хорошее качественное совпадение, на определенных энергетических каналах наблюдаются некоторые количественные различия между результатами расчётов и данными *IBEX-Hi*; были рассмотрены возможные причины данных различий.

Совместная работа с грантом РФФИ (за счет гранта - разработка модели, за счет темы - сравнение с экспериментом)

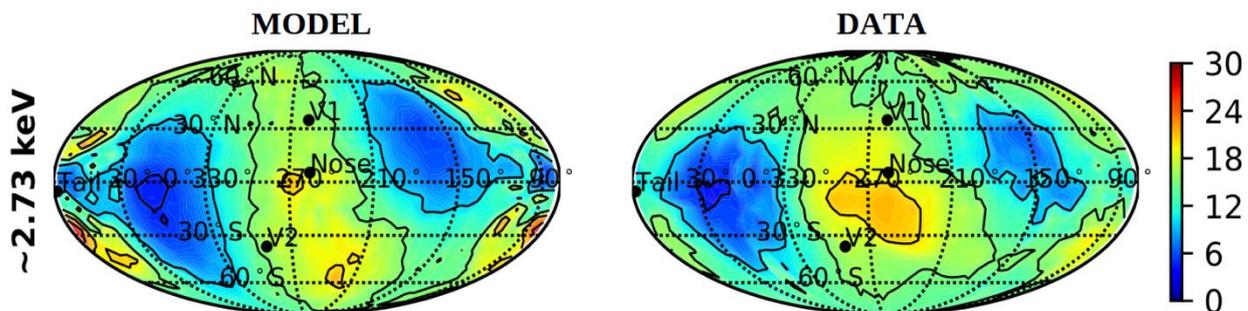


Рисунок 4.3.1 - Карты неба в потоках энергичных нейтральных атомов H (в эклиптических координатах): вычисленная в рамках модели (слева) и по данным IBEX (справа).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2020г. по теме ПЛАЗМА. Проведение фундаментальных исследований в области физики космической плазмы, солнечно-земных связей и физики магнитосферы.

Результат:

Изучение процессов выделения и передачи энергии в космической плазме на основе анализа функции распределения частиц по скоростям

был признан важнейшим результатом ИКИ РАН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Список опубликованных работ в 2020 по теме «ПЛАЗМА» (все статьи по направлению, включая гранты):

Всего научных публикаций в 2020г (включая те, что будут опубликованы в 2021г.) – 296

статьи в зарубежных изданиях: 74

статьи в отечественных научных рецензируемых журналах: 49

в печати: 10

статьи в сборниках материалов конференций: 14

доклады, тезисы, циркуляры: 148

статьи в научно-популярных изданиях: 0

статьи в нерецензируемых изданиях: 0

монографии: 1

публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными: 43

число публикаций работников научной организации в базе Web of Science и Scopus: 117

статьи со ссылками на РФФ: 26

статьи со ссылками на РФФИ: 26

По госзаданию:

Всего должно быть статей по теме "ПЛАЗМА" за 2020 г согласно плану НИР - 54.

Фактически опубликовано в 2020 г (не считая, статей поддержанных грантами РФФ, программами Президиума и пр) - 62 (см. раздел «Список публикаций по теме ПЛАЗМА»).

Из них (WoS): Q1 – 19; Q2 – 19; Q3 – 0; Q4 – 15; Без квартиля – 9.

Статьи в зарубежных рецензируемых изданиях:

1. Artekha S.N., Artekha N.S. Rigorous relations for barrier transmittance and some physical corollaries, *The European Physical Journal Plus* (2020), 135: 56. doi: 10.1140/epjp/s13360-019-00068-1 (IF 2.710; Q1)
2. Artemyev, A. V., Angelopoulos, V., Runov, A., & Zhang, X.-J. Ionospheric outflow during the substorm growth phase: THEMIS observations of oxygen ions at the plasma sheet boundary. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2019JA027612, 2020, doi:10.1029/2019JA027612 (Q2, IF 2.8)
3. Artemyev, A. V., Angelopoulos, V., Vasko, I. Y., Petrukovich, A. A., Runov, A., Saito, Y., et al. Contribution of anisotropic electron current to the magnetotail current sheet as a function of location and plasma conditions. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2019JA027251, 2020, doi:10.1029/2019JA027251 (Q2, IF 2.8)
4. Artemyev A. V., Angelopoulos Vassilis, Ivan Y. Vasko, and Lev M. Zelenyi Ion Nongyrotropy in Solar Wind Discontinuities, *The Astrophysical Journal Letters*, 889:L23 (6pp), 2020, doi:10.3847/2041-8213/ab6b2e (Q1, IF 8.198)
5. Artemyev, A.V., Clark, G., Mauk, B., Vogt, M. F., & Zhang, X.-J. Juno observations of heavy ion energization during transient dipolarizations in Jupiter magnetotail. *Journal of*

- Geophysical Research: Space Physics, 125, e2020JA027933 doi: 10.1029/2020JA027933 (Q2, IF 2.8)
6. *Artemyev A.V., A.I. Neishtadt, A.A. Vasiliev*, Mapping for nonlinear electron interaction with whistler-mode waves, *Phys. Plasmas* 27, 042902 (2020) doi:10.1063/1.5144477 (IF 1.830; Q2) PHΦ
 7. *Artemyev A. V., A. I. Neishtadt, A. A. Vasiliev, V. Angelopoulos, A. A. Vinogradov, and L. M. Zelenyi* (2020) Superfast ion scattering by solar wind discontinuities, *PRE* 102, 033201, doi:10.1103/PhysRevE.102.033201 (Q2, IF 2.29) PHΦ
 8. *Artemyev, A. V., Zhang, X.-J., Angelopoulos, V., Mourenas, D., Vainchtein, D., Shen, Y., et al.* Ionosphere feedback to electron scattering by equatorial whistler mode waves. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA028373. 2020 doi:10.1029/2020JA028373 (Q2, IF 2.8)
 9. *Bahari K., Petrukhin N.S., Ruderman M.S.*, “Resonant damping and instability of propagating kink waves in flowing and twisted magnetic flux tubes”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2020, 496, 67. DOI:10.1093/mnras/staa1442 (Q1, IF 5.2) (PΦΦИ)
 10. *Baliukin I. I., Izmodenov V.V., and Alexashov D.B.*, Heliospheric Energetic Neutral Atoms: Non-stationary Modeling and Comparison with IBEX-Hi data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2020, 499, 1. DOI: 10.1093/mnras/staa2862, (Q1, IF 5.356) PHΦ, PΦΦИ
 11. *Błęcki Jan, Roman Wronowski, Jan Słomiński, Sergey Savin, Rafał Iwański*, Comparative study of the energetic electrons registered together with the broad band emissions in different regions of the ionosphere, *Artificial satellites*, Vol. 1, No 1-2020 DOI: 10.2478/arsa-2020-0010 (SJR 0.9, Q4)
 12. *Chernyshov A. A., Chugunin D. V., Frolov V. L., Clausen L. B. N., Miloch W. J., & Mogilevsky M.M.* "In situ observations of ionospheric heating effects: first results from a joint SURA and NorSat-1 experiment". *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088462, 2020 doi: 10.1029/2020GL088462 PΦΦИ (IF 4.5, Q1)
 13. *Chernyshov A.A., D. V. Chugunin, M. M. Mogilevsky, A. A. Petrukovich* "Studies of the ionosphere using radiophysical methods on ultra-small spacecrafts", *Acta Astronautica*, Vol. 167. P. 455-459, doi: 10.1016/j.actaastro.2019.11.031, 2020 (IF 2.83, Q1)
 14. *Chernyshov A.A., Miloch W.J., Jin Y., Zakharov V. I.* "Relationship between TEC jumps and auroral substorm in the high-latitude ionosphere". *Scientific Reports* 10, 6363 (2020). doi: 10.1038/s41598-020-63422-9 (IF 4.576, КВАРТИЛЬ Q1) PHΦ
 15. *Dai L, Wang C, Cai Z, Gonzalez W, Hesse M, Escoubet P, Phan T, Vasyliunas V, Lu Q, Li L, Kong L, Dunlop M, Nakamura R, He J, Fu H, Zhou M, Huang S, Wang R, Khotyaintsev Y, Graham D, Retino A, Zelenyi L, Grigorenko E.E, Runov A, Angelopoulos V, Kepko L, Hwang K-J and Zhang Y* (2020) AME: A Cross-Scale Constellation of CubeSats to Explore Magnetic Reconnection in the Solar–Terrestrial Relation. *Frontiers in Physics*, 8:89, doi: 10.3389/fphy.2020.00089, 2020 (IF 2.638, Q2)
 16. *Demekhov A.G., E.E. Titova, J. Manninen et al.* Localization of the source of quasiperiodic VLF emissions in the magnetosphere by using simultaneous ground and space observations: a case study, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125(5), e2020JA027776, 2020 doi: 10.1029/2020JA027776. (Q2, IF 2.8) PHΦ
 17. *Dumin Yu.V., B.V. Somov*, New Types of the Chromospheric Anemone Microflares: Case Study // *Solar Phys.* 2020. V. 295. P. 92, 2020 doi: 10.1007/s11207-020-01662-8 (Q2; IF 2.503)

18. *N. Fargette, B. Lavraud, M. Øieroset, T. D. Phan, S. Toledo-Redondo, R. Kieokaew, C. Jacquey, S. A. Fuselier, K. J. Trattner, S. Petrinec, H. Hasegawa, P. Garnier, V. Génot, Q. Lenouvel, S. Fadanelli, E. Penou, J.-A. Sauvaud, D. L. A. Avakov, J. Burch, M. O. Chandler, V. N. Coffey, J. Dorelli, J. P. Eastwood, C. J. Farrugia, D. J. Gershman, B. L. Giles, E. Grigorenko, T. E. Moore, W. R. Paterson, C. Pollock, Y. Saito, C. Schiff, S. E. Smith*, On the Ubiquity of Magnetic Reconnection Inside Flux Transfer Event-Like Structures at the Earth's Magnetopause, *Geophys. Res. Lett.*, 47, 6, <https://doi.org/10.1029/2019GL086726>, 2020. (IF 4.58, Q1)
19. *Fedorov E.N., N.G. Mazur, V.A. Pilipenko, V.V. Vakhnina* (2020) Modeling ELF electromagnetic field in the upper ionosphere from power transmission lines, *Radio Science*, 55, e2019RS006943 doi: 10.1029/2019RS006943 (Q3, IF 1.3) PHΦ
20. *Fu, H., E. E. Grigorenko, C. Gabrielse, C. Liu, S. Lu, K.-J. Hwang, X. Zhou, Z. Wang, F. Chen*, Magnetotail dipolarization fronts and particle acceleration: A review, *Sci. China Earth Sci.*, 63, doi:10.1007/s11430-019-9551-y, 2020 (IF 3.242, Q1)
21. *Grigorenko, E. E., Malykhin, A. Y., Shklyar, D. R., Fadanelli, S., Lavraud, B., Panov, E. V., et al.* Investigation of electron distribution functions associated with whistler waves at dipolarization fronts in the Earth's magnetotail: MMS observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA028268. 2020 doi:10.1029/2020JA028268 (Q2, IF 2.8) PHΦ PΦΦИ
22. *Halekas J. S., S. Ruhunusiri, O. L. Vaisberg, Y. Harada, J. R. Espley, D. L. Mitchell, C. Mazelle, N. Romanelli, G. A. DiBraccio, D. A. Brain*, Properties of Plasma Waves Observed Upstream From Mars, *JGR Space Physics*, Volume125, Issue9, 2020, doi: 10.1029/2020JA028221 (Q2, IF 2.8)
23. *Hanson E. L. M. , O. V. Agapitov , I. Y. Vasko, F. S. Mozer , V. Krasnoselskikh, S. D. Bale, L. Avakov, Y. Khotyaintsev, and B. Giles*. Shock Drift Acceleration of Ions in an Interplanetary Shock Observed by MMS. *The Astrophysical Journal Letters*, 891:L26 (8pp), 2020 doi:10.3847/2041-8213/ab7761 (Q1, IF 8.198)
24. *Iliarov, A., Bagrov, A.A., Katsnelson, M.I. & Krikun A.* Anisotropic destruction of the Fermi surface in inhomogeneous holographic lattices. *Journal of High Energy Physics*. 2020, 65 (2020). doi: 10.1007/JHEP01(2020)065 (IF 5.875, Q1)
25. *Izmodenov V.V., Alexashov D.B.*, Magnitude and direction of the local interstellar magnetic field inferred from Voyager 1 and 2 interstellar data and global heliospheric model, *Astronomy & Astrophysics*, 2020, 633, L12. DOI: 10.1051/0004-6361/201937058, (Q1, IF 5.636) PHΦ, PΦΦИ
26. *Jing-Huan Li, Fan Yang, Xu-Zhi Zhou, Qiu-Gang Zong, Anton V. Artemyev, Robert Rankin, Quanqi Shi, Shutao Yao, Han Liu, Jiansen He, Zuyin Pu, Chijie Xiao, Ji Liu, Craig Pollock, Guan Le & James L. Burch* Self-consistent kinetic model of nested electron- and ion-scale magnetic cavities in space plasmas. *Nat Commun* 11, 5616. 2020 doi: 10.1038/s41467-020-19442-0 (Q1, IF 12.121) PHΦ
27. *Katushkina O.A., Galli A., Izmodenov V.V., Alexashov D.B.*, Analysis of the IBEX-Lo Interstellar Hydrogen Fluxes collected in 2009-2018 as a Tool for Sensing of the Solar Radiation Pressure and the Hydrogen Ionization Rate, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (Q1 WoS), in press. Impact factor – 5.356 PHΦ, PΦΦИ
28. *Katushkina O. A., Izmodenov V. V.*, Erratum: Infrared dust arcs around the stars: I. effect of the radiation pressure, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 496, Issue 4, pp.4402-4404 (Q1 WoS), DOI: 10.1093/mnras/staa1861, (Q1, IF 5.356)

29. Kirpichev I. P., Antonova E. E. (2020) Dependencies of kappa parameter on the core energy of kappa distributions and plasma parameter in the case of the magnetosphere of the Earth. *The Astrophysical Journal*, 891:35, doi:10.3847/1538-4357/ab700f (Q1, IF 5.75)
30. Korolkov S.D., Izmodenov V.V., Alexashov D.B., “Numerical modeling of the convective Kelvin-Helmholtz instabilities of astropauses”, *Journal of Physics: Conference Series* (Q3 WoS), 012012, 2020, DOI: 10.1088/1742-6596/1640/1/012012, (Q3, IF 0.54)
31. Kozak, L. V., Petrenko, B. A., Kronberg, E. A., Grigorenko, E. E., Kozak, P. M., & Reka, K. D. (2020). Variations in the Plasma Parameters of the Earth’s Magnetotail during Substorm Initiation. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 36(2), 94-102. doi:10.3103/S0884591320020051 (Q4, IF 0.33)
32. Kozyreva O.V., V.A. Pilipenko, E.C. Bland, L.J. Baddeley, V.I. Zakharov (2020) Periodic modulation of the upper ionosphere by ULF waves as observed simultaneously by SuperDARN radars and GPS/TEC technique, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, doi: 10.1029/2020JA028032. (РФФИ 19-15-50240) Q2 WoS
33. Lukin A.S., Panov E.V., Artemyev A.V., Petrukovich A.A., Haaland S., Nakamura R., Angelopoulos V., Runov A., Yushkov E.V., et al. Comparison of the flank magnetopause at near-Earth and lunar distances: MMS and ARTEMIS observations, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125 028406-028406, 2020, doi: 10.1029/2020JA028406, (Q2, IF 2.82, РФФИ)
34. Maiewski E. V., R. A. Kislov, O. V. Khabarova, H. V. Malova, V. Yu. Popov, A. A. Petrukovich, L. M. Zelenyi, Magnetohydrodynamic modeling of the solar wind key parameters and current sheets in the heliosphere: radial and solar cycle evolution, *Astrophysical Journal*, 892:12 (17 pp), №3, 2020, doi: 10.3847/1538-4357/ab712c (РФФИ, программа РАН, Q1, IF 5.75)
35. Manninen, J., Kleimenova, N., Kozlovsky, A., Fedorenko, Y., Gromova, L., & Turunen, T. (2020). Ground-based auroral hiss recorded in Northern Finland with reference to magnetic substorms // *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086285. doi: 10.1029/2019GL086285 (Q1, IF 4.51)
36. Mayyasi M., Clarke J., Combi M., Fougere N., Quemerais E., Katushkina O., et al., Lya Observations of Comet C/2013 A1 (Siding Spring) Using MAVEN IUVS Echelle, *The Astronomical Journal*, 2020, 160(1), 10. DOI: 10.3847/1538-3881/ab8f96. (Q1, IF 5.838)
37. Neukirch T., I. Y. Vasko, A. V. Artemyev, and O. Allanson Kinetic Models of Tangential Discontinuities in the Solar Wind, *The Astrophysical Journal*, 891:86 (8pp), 2020, doi:10.3847/1538-4357/ab7234 (Q1, IF 5.75)
38. Oliveira, D.M., Hartinger, M.D., Xu, Z., Zesta, E., Pilipenko, V.A., Giles, B.L., Silveira, M.V.D. (2020). Interplanetary shock impact angles control magnetospheric ULF wave activity: Wave amplitude, frequency, and power spectra. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL090857. doi: 10.1029/2020GL090857 (Q1, IF 4.51)
39. Ovodenko V. B., M. V. Klimenko I. E. Zakharenkova A. V. Oinats D. S. Kotova A. V. Nikolaev I. V. Tyutin D. D. Rogov K. G. Ratovsky D. V. Chugunin P. A. Budnikov J. C. Coxon B. J. Anderson A. A. Chernyshov, "Spatial and temporal evolution of different scale ionospheric irregularities in Central and East Siberia during the 27–28 May 2017 geomagnetic storm". *Space Weather*, 18, e2019SW002378. doi: 10.1029/2019SW002378, 2020. (IF 3.58, Q1) (PHФ 17-77-20009)
40. Pilipenko V., Fedorov E., Xu, Z., Hartinger M.D., Engebretson M.J., Edwards T.R. (2020). Incidence of Alfvénic SC pulse onto the conjugate ionospheres. *Journal of*

- Geophysical Research: Space Physics, 125, e2019JA027397. doi: 10.1029/2019JA027397 (Q2, IF 2.82) WoS
41. *Popel S.I., A. I. Kassem, Yu. N. Izvekova, and L. M. Zelenyi*, Lower-hybrid turbulence in the near-surface lunar dusty plasmas, *Physics Letters A* 384, Issue 26, 126627, 2020 doi: 10.1016/j.physleta.2020.126627 (Q2, IF 2.278)
 42. *Rakhmanova L., Riazantseva M., Zastenker G., Yermolaev Yu., Lodkina I.*, Dynamics of plasma turbulence at the Earth's bow shock and through the magnetosheath. 220. *The Astrophysical Journal*, 901:30 doi: 10.3847/1538-4357/abae00 (Q1, IF 5.745)
 43. *Reznichenko Yu. S., A. Yu. Dubinskii, and S. I. Popel*, On Dusty Plasma Formation in Martian Ionosphere, *Journal of Physics: Conference Series* 1556 (2020) 012072, 7 pages (SJR 0.23, Q4 PΦΦИ)
 44. *Rodriguez-Gomez, J.M., Podladchikova, T., Veronig, A., Ruzmaikin, A., Feynman, J., and Petrukovich, A.*, Clustering of Fast Coronal Mass Ejections during Solar Cycles 23 and 24 and the Implications for CME-CME Interactions : 2020, *Astrophysical Journal*, 899, 47, doi:10.3847/1538-4357/ab972 (Q1, IF 5.75)
 45. *Ruderman M.S.*, “Kadomtsev-Petviashvili equation for magnetosonic waves in Hall plasmas and soliton stability“, *Physica Scripta*, 2020, 95, 9. DOI: 10.1088/1402-4896/aba3a9, (Q2 IF 1.985)
 46. *Ruderman M.S.*,”Quasi-parallel propagation of solitary waves in magnetised non-relativistic electron-positron plasmas“, *Journal of Plasma Physics*, 2020, 86, 3. DOI: 10.1017/S0022377820000483 (Q2, IF 1.91)
 47. *Ruoxi Wang, Ivan Y. Vasko, and Anton V. Artemyev* A model of the current sheet in the Earth's magnetotail. *Phys. Plasmas* 27, 062901, 2020, doi: 10.1063/5.0002663 (Q2, IF 1.83)
 48. *San Lu, V. Angelopoulos, A. V. Artemyev, P. L. Pritchett, W. J. Sun, and J. A. Slavin* Particle-in-cell Simulations of Secondary Magnetic Islands: Ion-scale Flux Ropes and Plasmoids. *The Astrophysical Journal*, 900:145 (10pp), 2020 doi:10.3847/1538-4357/abaa44 (Q1, IF 5.75)
 49. *San Lu, V. Angelopoulos, A. V. Artemyev, Yingdong Jia, Qianfan Chen, Jiang Liu, and A. Runov* Magnetic reconnection in a charged, electron-dominant current sheet. *Phys. Plasmas* 27, 102902, 2020 doi:10.1063/5.0020857 (Q2, 1.83)
 50. *San Lu, A. V. Artemyev, V. Angelopoulos, and P. L. Pritchett* Energetic Electron Acceleration by Ion-scale Magnetic Islands in Turbulent Magnetic Reconnection: Particle-in-cell Simulations and ARTEMIS Observations. *The Astrophysical Journal*, 896:105 (8pp), 2020 doi:10.3847/1538-4357/ab908e (Q1, IF 5.75)
 51. *San Lu, Rongsheng Wang, Quanming Lu, V. Angelopoulos, R. Nakamura, A. V. Artemyev, P. L. Pritchett, T. Z. Liu, X.-J. Zhang, W. Baumjohann, W. Gonzalez, A. C. Rager, R. B. Torbert, B. L. Giles, D. J. Gershman, C. T. Russell, R. J. Strangeway, Y. Qi, R. E. Ergun, P.-A. Lindqvist, J. L. Burch & Shui Wang* Magnetotail reconnection onset caused by electron kinetics with a strong external driver. *Nat Commun* 11, 5049, 2020 doi:10.1038/s41467-020-18787-w (Q1, IF 12.121)
 52. *Sharykin I.N., Kosovichev A.G.* Sunquakes of Solar Cycle 24 // *The Astrophysical Journal*, V. 895, Iss. 1, id. 76 (05/2020). (IF 5.580, Q1) doi: 10.3847/1538-4357/ab88d1 (PΦΦИ 18-02-00507)
 53. *Sharykin I.N., Zimovets I.V., Myshyakov I.I.* Flare Energy Release at the Magnetic Field Polarity Inversion Line during the M1.2 Solar Flare of 2015 March 15. II. Investigation

- of Photospheric Electric Current and Magnetic Field Variations Using HMI 135 s Vector Magnetograms // *The Astrophysical Journal*, V. 893, Iss. 2, id.159, 25pp (04/2020). IF (2018/2019) (IF 5.580, Q1) DOI: 10.3847/1538-4357/ab84ef (PHΦ 17-72-20134)
54. *Shen, Y., Artemyev, A., Zhang, X.-J., Vasko, I. Y., Runov, A., Angelopoulos, V., & Knudsen, D.* Potential evidence of low-energy electron scattering and ionospheric precipitation by time domain structures. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL089138, 2020 doi:10.1029/2020GL089138 (Q1, IF 4.5)
 55. *Shklyar, D. R., Manninen, J., Titova, E. E., Santolik, O., Kolmašová, I., & Turunen, T.* Ground and space signatures of VLF noise suppression by whistlers. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2019JA027430, 2020 doi: 10.1029/2019JA027430 (Q2, IF 2.8, PΦΦИ)
 56. *Shustov P.I., Y. Nishimura, A.V. Artemyev, X.-J. Zhang, V. Angelopoulos, A. A. Petrukovich* (2020) In-situ and optical observations of sub-ion magnetic holes. *Journal of Atmospheric and Solar–Terrestrial Physics*, 208, 105365, doi:10.1016/j.jastp.2020.105365; (Q3, IF 1.8) PΦΦИ 18-32-00054
 57. *Shvartsburg A.B., S.N. Artekha, N.S. Artekha*, Exactly solvable model for transmission line with artificial dispersion, *Journal of Applied Physics* 2020, Vol. 128, 024901. doi: 10.1063/5.0010700 (IF 2.286; Q2)
 58. *Shvartsburg A.B., S.N. Artekha*, Polarization–dependent resonant phenomena in all–dielectric scatterers: inversion of magnetic inductance and electric displacement, *The European Physical Journal Plus* (2020), 135: 722. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-020-00744-7> (IF 2.710; Q1)
 59. *Solovieva M.S., Rozhnoi A., Shalimov S., Shevchenko G., Biagi P.F., Fedun V.* The lower ionosphere disturbances observed during the chain of the meteotsunamis in the Mediterranean Sea in June 2014 // *Natural Hazards*, 2020, DOI 10.1007/s11069-020-04223-1 (IF 2.550; Q2) The Royal Society, International Exchanges Scheme, collaboration with Russia
 60. *Stadnichuk E., Abramova T., Zelenyi M., Izvestnyy A., Nozik A., Palmin V., Zimovets I.* Prototype of a segmented scintillator detector for particle flux measurements on spacecraft // *Journal of Instrumentation*, V. 15, Iss. 09, pp. T09006 (09/2020). DOI: 10.1088/1748-0221/15/09/T09006 (Q1, IF 1.366) (PHΦ 17-72-20134)
 61. *Stepanova M., Pinto V.A., Antonova E.E.* (2020). Adiabatic and non-adiabatic evolution of relativistic electrons in the heart of the outer radiation belt during the 1 June 2013 geomagnetic storm, *Journal of Atmospheric and Solar–Terrestrial Physics*, v. 212, doi:10.1016/j.jastp.2020.105479 (Q3, IF 1.79) PΦΦИ 18-05-00362
 62. *Vaisberg O., S. Shuvalov*, Properties and sources of the dayside Martian magnetosphere, *Icarus*, V. 354, 15 Jan, 2021, 114085, doi: 10.1016/j.icarus.2020.114085 (Q2, IF 3.56)
 63. *Yermolaev Yu. I., Lodkina I. G., Yermolaev M. Yu., Riazantseva M. O., Rakhmanova L.S., Borodkova N. L., Shugay Yu. S., Slemzin V. A., Veselovsky I. S., Rodkin D. G.*, Dynamics of large-scale solar-wind streams obtained by the double superposed epoch analysis. 4. Helium abundance, *JGR*, 125, e2020JA027878, doi: 10.1029/2020JA027878 (Q2, IF 2.82) (PHΦ 16-12-10062)
 64. *Yushkov E., Allahverdiyev R., Sokoloff D.*, Mean-field dynamo model in anisotropic uniform turbulent flow with short-time correlations, *Galaxies*, 8 (68), 1-14, DOI 10.3390/galaxies8030068, 2020 (SJR 0.47 Q3 , PΦΦИ)
 65. *Zaslavskaya R.M., L.V.Krivchikova, M.M.Tejb lum.* Gender Differences in the Influence of Terrestrial and Cosmic Weather on Effectiveness of Therapy by

- Angiotensin-Transforming Enzyme Inhibitors and Angiotensin Receptors Blockers 2 for Elderly Patients with Arterial Hypertension, Stage 3, Degree 3. // International Independent Scientific Journal, 2020, V.1, #15, P.11-13.
66. *Zaslavskaya R.V., Morozova I.A., Tejblum M.M.* Efficacy Of Therapy With Levocarnitine In Metabolic Disturbances In Patients With Cardiovascular Pathology On The Background Of Diabetes Mellitus Type 2. // *Annali D' Italia*, #12, V.1, 2020, P.45-64.
67. *Zaslavskaya R.M., Shcherban E.A., Tejblum M.M.* The Role Of Melatonin (Melaxen) as an Adaptogen in Meteorological and Magnetic Dependence in Patients with Arterial Hypertension and Ischemic Heart Disease. // *Annali D'Italia (Italia'S Scientific Journal*, 2020, V.1, #7, P.48-53.
68. *Zaslavskaya R.M., Tejblum M.M.* Genetic factor in phenotypically dyspepsia of circadian rhythms in hemodynamical parameters in norm, sport and hypertension disease stage 1 // *Annali D' Italia*, #12, V.1, 2020, P.33-45.
69. *Zelenyi L.M., Malova H.V., Grigorenko E.E., Popov V.Yu, Dubinin E.,* Universal scaling of thin current sheets, *Geophys. Res. Lett.*, 47, 14, doi: 10.1029/2020GL088422 (Q1, IF 5.58) PHФ 20-42-04418
70. *Zimovets I.V., Nechaeva A.B., Sharykin I.N., Gan W.Q.* Density Distribution of Photospheric Vertical Electric Currents in Flare-Active Regions of the Sun // *Astrophysics*, V. 63, Iss. 3, pp. 408-420 (09/2020) (Q3, IF 0.656). DOI: 10.1007/s10511-020-09645-0 doi:10.1007/s10511-020-09645-0 (PHФ 17-72-20134)
71. *Zimovets I.V., Sharykin I.N., Gan W.Q.* Relationships between Photospheric Vertical Electric Currents and Hard X-ray Sources in Solar Flares: Statistical Study // *The Astrophysical Journal*, V. 891, Iss. 2, id. 138 (03/2020). (IF 5.580, Q1) DOI: 10.3847/1538-4357/ab75be (PHФ 17-72-20134)
72. *Zhang, X.-J., Ma, Q., Artemyev, A. V., Li, W., Kurth, W. S., Mauk, B. H., et al.* Plasma sheet boundary layer in Jupiter's magnetodisk as observed by Juno. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA027957, 2020 doi:10.1029/2020JA027957 (Q2, IF 2.8)
73. *Zhang, X.-J., Angelopoulos, V., Artemyev, A. V., Hartinger, M. D., & Bortnik, J.* Modulation of whistler waves by ultra-low-frequency perturbations: The importance of magnetopause location. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA028334, 2020 doi:10.1029/2020JA028334 (Q2, IF 2.8)
74. *Zhuravlev Vladimir I., Yu. I. Yermolaev, A. S. Andrianov,* Probing the ionosphere by the pulsar B0950+08 with help of RadioAstron ground-space baselines, *MNRAS*, 491 (4), 5843–5851, 2020. doi: 10.1093/mnras/stz3370 (Q1, IF 5.536) (PHФ 16-12-10062)

Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах:

1. Безродных И. П., Е. И. Морозова, А. А. Петрукович, М. В. Кожухов Динамика низкочастотных вариаций числа солнечных пятен и кр-индекса геомагнитной активности для восьми циклов солнечной активности (1932 – 2018 гг.). “*Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ*”, 2020, т.176, №3, с.7-18
2. Бородкова Н. Л., Сапунова О. В., Еселевич В. Г., Застенкер Г. Н., Ермолаев Ю. И., Сравнение магнитных и плазменных овершуттов межпланетных ударных волн, *Космические Исследования*, 2020, Т. 58, № 6 P.485–494, doi: 10.31857/S0023420620060011, (Q4, IF 0.48) (PHФ 16-12-10062)

3. Бурдонский И.Н., Леонов А.Г., Юфа В.Н., Голубь А.П., Попель С.И., Садовский А.М. Подъем пылевых частиц при воздействии лазерного излучения на хондритовую мишень и возможность моделирования плазменно-пылевых процессов у поверхности Луны, *Письма в ЖТФ*, 2020. Т. 46. № 20. С. 47-50 doi: 10.21883/PJTF.2020.20.50157.18362 (Q4; IF 0.791)
4. Воробьев В. Г., О. И. Ягодкина, Е. Е. Антонова, Давление ионов в различных областях высыпаний дневного сектора, *Геомагнетизм и аэрномия*, 2020, том 60, № 6, с. 740–750. doi:10.31857/S0016794020060140 (Перевод: Vorobjev V. G., O. I. Yagodkina, and E. E. Antonova, Ion Pressure in Different Regions of the Dayside Auroral Precipitation, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2020, Vol. 60, No. 5, pp. 727–736, doi:10.1134/S0016793220060146) (Q4, IF)
5. Григорьева И.Ю., А.Б. Струминский, А.Н. Шаховская, Длительные слабые вспышки c1.2: источник протонов и электронов // *Геомагнетизм и Аэрномия*, 2020, том 60, № 6, с. 710–719 DOI: 10.31857/S0016794020060061 (I.Yu. Grigor'eva, A.V. Struminskii, and A.N. Shakhovskaya, Prolonged, Weak C1.2 Flares: A Source of Protons and Electrons // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2020, Vol. 60, No. 6, pp. 699–707, ISSN 0016-7932, DOI: 10.1134/S0016793220060067; Q4; IF(2018)=0.669).
6. Домрин В.И., Х.В. Малова, В.Ю. Попов, Е.Е. Григоренко, А.А. Петрукович, Токовые слои с многокомпонентной плазмой в магнитосферах планет солнечной системы, *Космические Исследования*, 2020, Т.58, №6, С. 461-470, 2020. DOI: 10.31857/S0023420620060035 (Q4, IF 0.480)
7. Домрин В.И., Х.В. Малова, В.Ю. Попов, Е.Е. Григоренко, А.А. Петрукович, Влияние ионов кислорода на структуру тонкого токового слоя в хвосте земной магнитосферы, *Геомагнетизм и Аэрномия*, 2020, Т. 60, No. 2, С. 173–186. 2020. doi: 10.31857/S0016794020020042 (РФФИ, Q4, IF 0.461)
8. Дремухина Л.А., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Различия в динамике ассиметричной части магнитного возмущения в периоды магнитных бурь, индуцированных разными межпланетными источниками, *Геомагнетизм и Аэрномия*, 2020, Т. 60, № 6, P.720-726, doi: 10.31857/S0016794020060036 (Q4, IF 0.461) (РФФИ 19-02-00177a)
9. Дэспирак И.В., Н.Г. Клейменова, Л.И. Громова, С.В. Громов, Л.М. Малышева. Суперсуббури во время бурь 7-8 сентября 2017 // *Геомагнетизм и Аэрномия*, 2020, том 60, № 3, с. 308–317 doi: 10.1134/S0016793220030044 (Q4, IF.) Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project no. KP19-270
10. Захаров В. И., А. А. Чернышов, В. Милох, Я. Джин "Влияние ионосферы на параметры навигационных сигналов GPS во время геомагнитной суббури", *Геомагнетизм и Аэрномия* 2020, т 60, N 6. с. 769–782. doi: 10.31857/S0016794020060152 (Перевод: Zakharov V. I., Chernyshov A. A., Miloch W. and Jin Y. Influence of the Ionosphere on the Parameters of the GPS Navigation Signals during a Geomagnetic Substorm // *Geomagn. Aeron.* 2020. V.60, p.754–767 ISSN 0016-7932 doi 10.1134/S0016793220060158) (IF 0.556, Q4).
11. Зеленый Л.М., Попель С.И., Захаров А.В. Пылевая плазма на Луне. Проблемы моделирования и измерений *Физика плазмы*. 2020. Т. 46. № 5. С. 441-455 doi: 10.31857/S0367292120050108 (Q4, IF.)
12. Зенченко Т.А., Бреус Т.К. Влияние климата и погоды на самочувствие и здоровье людей. Современные представления // *Геосферные исследования*, 2020. №3. С. 80-96 DOI: 10.17223/25421379/16/7

13. Извекова Ю.Н., Попель С.И., Извеков О.Я. О возможности возбуждения колебаний в шумановском резонаторе на Марсе *Физика плазмы*. 2020. Т. 46. № 1. С. 72-77 doi: 10.31857/S0367292120010102 (Q4, IF 0.832)
14. Извекова Ю.Н., Резниченко Ю.С., Попель С.И. О возможности существования пылевых звуковых возмущений в ионосфере Марса, *Физика плазмы*, 2020. Т. 46. № 12. С. 1119-1124 (Q4, 0.832, РФФИ)
15. Климов С.И., В.А. Грушин, К. Балайти, Д.Бачваров, С.М. Беляев, Я. Бергман, Л. Боднар, Ч. Ференц, К. Георгиева, М.-П. Гаф, А.Б. Беликова, Л.Д. Белякова, Т.В. Гречко, В.П. Коношенко, Ю. Юхневич, 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. *Космическая техника и технологии* № 1(15)/2021.
16. Ковражкин Р.А., А.Л. Глазунов, Г.А. Владимирова, «Аномальный скейлинг энергии ионных пучков в токовом слое», *Письма в ЖЭТФ*, т. 111, в. 4, с. 223 – 227, DOI: 10.31857/S0370274X20040037, (2020)
17. Котова Г.А., М.И. Веригин, Т. Гомбоши, К. Кабин, Аналитическая модель околопланетной ударной волны для различных направлений магнитного поля, основанная на МГД-расчетах, *Солнечно-земная физика. Т. 6. № 4*, 51-58, 2020. doi: 10.12737/stp-64202007
18. Котова Г.А., М.И. Веригин, Т. Гомбоши, К. Кабин, В.В. Безруких, Аналитическое описание околопланетной ударной волны на основе ГД и МГД моделирования для магнитного поля параллельного и перпендикулярного потоку плазмы. *Геомагнетизм и аэронавигация*. Т.60, № 2, 164-172, 2020.
19. Котова Д.С., И. Е. Захаренкова, М. В. Клименко, В. Б. Оводенко, И. В. Тютин, Д. В. Чугунин, А. А. Чернышов, К. Г. Ратовский, Н. В. Чирик, М. В. Успенский, В. В. Клименко, Р. А. Рахматулин, А. Ю. Пашин, А. В. Дмитриев, А. В. Суворова "Формирование ионосферных неоднородностей в восточно-сибирском регионе во время геомагнитной бури 27-28 мая 2017 года", *Химическая Физика*, Т. 39, No 4, с. 80–92. 2020, DOI: 10.31857/S0207401X20040093. (Перевод: Kotova D. S., Zakharenkova I. E., Klimenko M. V., Ovodenko V. B., Tyutin I. V., Chugunin D. V., Chernyshov A. A., Ratovsky K. G., Chirik N. V., Uspensky M. V., Klimenko V. V., Rakhmatulin R. A., Pashinin A. Yu., Dmitriev A. V., Suvorova A. V. Formation of Ionospheric Irregularities in the East Siberian Region during the Geomagnetic Storm of May 27–28, 2017 // *Russian Journal of Physical Chemistry B*, 2020, Vol. 14, No. 2, pp. 377–389. DOI: 10.1134/S1990793120020232) (IF 0,58, квартиль Q4 WoS) РНФ 17-77-20009
20. Красовский В.Л., К расчету функции распределения электронов слабоионизованной плазмы в электрическом поле, *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*, 2020, т. 491, № 1, стр. 12-17. DOI: 10.31857/S2686740020020169 (IF 0.705; Q4)
21. Лодкина И. Г., Ермолаев Ю. И., Ермолаев М. Ю., Рязанцева М. О., Хохлачев А.А., Некоторые вопросы идентификации крупномасштабных типов солнечного ветра и их роли в физике магнитосферы. Часть 3. Использование опубликованных некорректных данных, *КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ*, 2020, том 58, №5, С.377-395, <https://doi.org/10.31857/S0023420620050076> (РНФ 16-12-10062)

22. Маевский Е.В., Малова Х.В., Кислов Р.А., Попов В.Ю., Петрукович А.А., Хабарова О.В., Зеленый Л.М., Формирование множественных токовых слоев в гелиосферном плазменном слое, *Космические Исследования*, 2020, Т.58, №6, С. 445-460, DOI: 10.31857/S0023420620060072 (Q4, IF 0.48, частично РНФ)
23. Малыхин А.Ю., Григоренко Е.Е., Кронберг Е.А., Дали, Вариации давления ионных компонент плазменного слоя во время диполизаций в ближнем хвосте магнитосферы Земли, *Геомагнетизм и Аэронаука*, 60, 1, 23-30, doi: 10.31857/S0016794020010095, 2020. A.Yu. Malykhin, E.E. Grigorenko, E.A. Kronberg, P.W. Daly, Variations in Ion-Component Pressure during Dipolarization in the Near-Earth Magnetotail Plasma Sheet, *Geomagnetism and Aeronomy*, 60, No.1, 20-27, doi:10.1134/S0016793220010090, 2020 (IF=0.461, Q3)
24. Мингалев О.В., И.В. Мингалев, Х.В. Малова, А.М. Мерзлый, В.С. Мингалев, О.С. Хабарова, Описание крупномасштабных процессов в околоземной космической плазме, *Физика Плазмы*, 2020, Т.46, №4, С. 329-350, 2020, doi: 10.31857/S0367292120030087(РФФИ, Q4, 0.832)
25. Мирзоева И.К., Массивные фотонные пары и особенности изменений рентгеновского фона солнечной короны и магнитосферы Земли, *Eurasian science journal*, 2020, Вып. 76, том 2, стр. 42-46. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.76.902 (без кватриля)
26. Моисеенко Д.А., А. Ю. Шестаков, О. Л. Вайсберг, Р. Н. Журавлев, С. Д. Шувалов, М. В. Митюрин, И. И. Нечушкин, П. П. Моисеев, Исследование процессов рассеяния ионов и нейтральных атомов с использованием стенда нейтральных частиц. Опубликовано в журнале «Приборы и техника эксперимента», 2020, № 2, с. 81–86 DOI: 10.1134/S0020441220020128 WoS Q4;
27. Нейштадт А.И., А.В.Артемов, Гамильтониан в теории ведущего центра: подход на основе симплектической структуры, *Труды Математического института им. В.А.Стеклова*, 2020, т. 310, с. 230–236, DOI: 10.4213/tm4140 (IF 0.467 Q4)
28. Некрасов А.К., Пилипенко В.А. (2020) Мгд-волны в столкновительной плазме солнечной короны и земной ионосферы. *Солнечно-земная физика*. Т.6. №4 DOI: [10.12737/stp-64202003](https://doi.org/10.12737/stp-64202003) (Перевод: Nekrasov A.K., Pilipenko V.A. (2020) MHD waves in the collisional plasma of the solar corona and terrestrial ionosphere. *Solar-Terrestrial Physics*. 6. Iss.4. 18–25. DOI: [10.12737/stp-64202003](https://doi.org/10.12737/stp-64202003).)
29. Ожередов В.А., Т.К. Бреус, Л.М. Зелёный. Связь интеллектуальной возбудимости пользователей сети Интернет с повышением солнечной активности, ISSN 1811-0045 (печатная версия), 2311-9578 (онлайн) ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И БИОСФЕРА. 2020. Т. 19, № 4. С. 37–50 *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2020, vol. 56, iss. 11. ISSN: 0001-4338 (Print), 1555-628X (Online). <https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/11485> Doi: 10.21455/GPB2020.4-4 Импакт фактор 0.806 Scopus. Web of science.
30. Онищенко О.Г., Похотелов О.А., Беляев В.С., Загреев Б.В., Матафонов А.П. Модель генерации джетов в космической плазме, *Геомагнетизм и аэронаука*, 2020, Т.60, №6 doi: 10.31857/S0016794020060103 (РФФИ)
31. Петрукович А. А., Малова Х.В., Попов В.Ю., Маевский Е.В., Измоденов В.В., Катущкина О.А., Виноградов А.А., Рязанцева М.О., Рахманова Л.С., Подладчикова Т.В., Застенкер Г.Н., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Чесалин Л.С., Современный взгляд на солнечный ветер от микро- до макромасштабов, *УФН*, 2020, Т.190, С.859–870, 2020 doi: 10.3367/UFN.2019.06.038677 (Q2, IF 3.09)

32. Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Застенкер Г.Н., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Зависимость свойств турбулентного каскада за околосолнечной ударной волной от динамики параметров солнечного ветра, *Космические исследования*, 2020, том 58, №6, С. 513-521. <https://doi.org/10.31857/S0023420620060084> (Q4, IF 0.48) (РФФИ)
33. Рожас-Гамарра М., Гонзалес Х., Степанова М.В., Антонова Е.Е. (2020). Вариации давления плазмы на широтах аврорального овала до, во время и после изолированной геомагнитной суббури 22 декабря 2008 г., *Геомагнетизм и аэрномия*, Т. 60, № 4. С. 469–477. doi: 10.31857/S0016794020040148 (Перевод: Rojas Gamarra M., Gonzalez J., Stepanova M. V., Antonova E.E. (2020). Variation of plasma pressure at the auroral oval latitudes before, during, and after the isolated geomagnetic substorm on December 22, 2008. *Geomagnetism and Aeronomy*. V. 60, No. 4, pp. 452–460. doi:10.1134/S0016793220040131)
34. Рязанцева М. О., Рахманова Л. С., Ермолаев Ю. И., Лодкина И. Г., Застенкер Г. Н., Чесалин Л. С., " Характеристики турбулентного потока солнечного ветра в областях компрессии плазмы." *Космические исследования*, 2020, том 58, №6, С.503-512. doi: 10.31857/S0023420620060096 (Q4, IF 0.48) (РНФ 16-12-10062)
35. Сапунова О. В., Бородкова Н. Л., Застенкер Г. Н., Ермолаев Ю. И. "Поведение ионов HE++ на фронте межпланетной ударной волны по данным прибора БМСВ." *Геомагнетизм и Аэрномия*, 2020, Т. 60, № 6, Р.720-726, <https://doi.org/10.31857/S0016794020060127>, (Q4, 0.461) (РНФ 16-12-10062)
36. Степанов А.Е., С.Е. Кобякова, В.Л. Халипов, Наблюдение быстрых субавроральных дрейфов ионосферной плазмы по данным Якутской меридиональной цепочки станций, *Солнечно-земная физика. Т. 5. № 4*, 73-79, 2019. DOI: 10.12737/stp-54201908 РФФИ
37. Струминский А.Б., Григорьева И.Ю., Логачев Ю.И., Садовский А.М. Две фазы солнечных вспышек и стохастический процесс ускорения электронов и протонов // *Астрофизика, т. 63 №3, стр. 437-449, 2020.* DOI:??? А. В. Struminsky, I. Yu. Grigorieva, Yu. I. Logachev, A. M. Sadovski, TWO PHASES OF SOLAR FLARES AND A STOCHASTIC MECHANISM FOR ACCELERATION OF ELECTRONS AND PROTONS // *Astrophysics, Vol. 63, No. 3, pp 388-398, 2020.* DOI 10.1007/s10511-020-09643-2; (Q3, IF. 0.643)
38. Струминский А.Б., И.Ю. Григорьева, Ю.И. Логачев, А.М. Садовский, Солнечные электроны и протоны в событиях 4–10 сентября 2017 года и сопутствующие явления // *Физика Плазмы, т. 46 №2 стр. 139-153, 2020.* DOI: 10.31857/S0367292120020134 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42340012> (Struminskii A.B., Sadovskii A.M., Grigor'eva I.Y., Logachev Y.I., Solar Electrons and Protons in the Events of September 4–10, 2017 and Related Phenomena // *Plasma Physics Reports*, 2020, Vol. 46, No. 2, P. 174-188, DOI: [10.1134/S1063780X20020130](https://doi.org/10.1134/S1063780X20020130) ; JCR Q4, IF(2018)=0.941).
39. Федотова, М. А., Климачков, Д. А., Петросян, А. С., Магнитогидродинамическая теория мелкой воды для течений стратифицированной вращающейся астрофизической плазмы. приближение бета-плоскости, магнитные волны Россби. *Физика плазмы*, 46(1), 57-71, 2020 doi: 10.31857/S0367292120010072 (Q4, IF 0.832 БАЗИС, РФФИ)
40. Федотова, М. А., Петросян, А. С. (2020). Волновые процессы в трехмерных стратифицированных течениях вращающейся плазмы в приближении Буссинеска. *Журнал экспериментальной и теоретической физики*, 158(2), 374-394. doi: 10.31857/S0044451020080155 (Q2, 0.931, РФФИ)

41. Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. Современные аспекты использования российских компьютерных программ для медико-биологических исследований (обзор). // Ж. Медико-биологических исследований 2020, Т. 8, №3, С. 296-308. doi: 10.37482/2687-1491-Z021 РФФИ № 20-013-00060
42. Царева О.О., Зеленый Л.М., Малова Х.В., Попов В.Ю. (2020) Радиационные пояса в процессе инверсии магнитного поля Земли. *Космические исследования*, 2020, 58 (4), 1-8, doi: 10.31857/S002342062004010X (Q4, IF 0.48)
43. Чугунин Д.В., А.А. Чернышов, И.Л. Моисеенко, М.Е. Викторов, М.М. Могилевский, "Мониторинг области ускорения электроном при помощи аврорального километрового радиоизлучения", *Геомагнетизм и Аэронаука*, V. 60, № 5, стр. 566–575, DOI: 10.31857/S0016794020040033, 2020 (Перевод: D. V. Chuginin, A. A. Chernyshov, I. L. Moiseenko, M. E. Viktorov & M. M. Mogilevsky Monitoring of the Electron-Acceleration Region with Auroral Kilometric Radiation. *Geomagnetism and Aeronomy*. Vol. 60, Iss.5, p. 538–546, 2020, doi: 10.1134/S0016793220040039) (IF 0.556, квартиль Q4 WoS) (РФФИ 18-29-21037)
44. Шварцбург А.Б., С.Н. Артеха, Н.С. Артеха, Резонансное возбуждение и структура электромагнитных полей в ближней зоне диэлектрических рассеивателей, *Инженерная физика* 2020, № 4, С. 13-21. doi: 10.25791/infizik.04.2020.1128 (ВАК, РИНЦ IF 0,237)
45. Шкляр Д.Р., Е. Е. Титова, Ю. Маннинен, Т. В. Романцова. Инкременты свистовых волн в магнитосфере по измерениям потоков энергичных электронов на спутнике Van Allen Probe А. *Геомагнетизм и Аэронаука*, 2020, том 60, № 1, с. 49–60. doi: 10.31857/S0016794020010137 (Q4, IF 0.461, РФФИ)
46. Шувалов С.Д., А. Ю. Шестаков, А. В. Носов, М. В. Митюрин, Д. А. Моисеенко, Р. Н. Журавлев ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПАКТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР ЭКОС ДЛЯ СПУТНИКОВ CUBESAT, «Приборы и техника эксперимента», 2020, № 2, с. 113–117, DOI: 10.31857/S0032816220030040 WoS Q4; Грант РФФИ №17-72-20134
47. Юшков Е.В., Лукин А.С., Соколов Д.Д., Мелкомасштабный анализ подавления гидродинамической спиральности в динамо-модели среднего поля, *ЖЭТФ*, 2020, 156(6), С. 1108, doi: 10.31857/S0044451020060103, (Q3, IF 0.931, РФФИ)
48. Yermolaev Yu. I., Lodkina I. G., Yermolaev M. Yu., Riazantseva M. O., Khokhlachev A. A., Some Problems of Identifying Types of Large-Scale Solar Wind and Their Role in the Physics of the Magnetosphere. 4. The Lost Driver, *Cosmic Reserch*, 2020, V. 58 (6), P. 492-500, <https://doi.org/10.1134/S0010952520060052> (РНФ 16-12-10062)
49. Yushkov E.V., Kamaletdinov S.R., Sokoloff D.D., Path Integral Method in the Mean-field Model for the Magnetic Vector Potential, *Geomagnetism and Aeronomy*, 60 (7), с. 989-992, DOI 10.1134/S0016793220070300, Q4, IF 0.445, РФФИ

Монографии:

1. Р.М.Заславская, И.Х.Олевский, М.М.Тейблум. Циркадианная организация механизмов частоты сердечно-сосудистых катастроф. // Монография.: М.: Ид «Медпрактика-М», 2020, 80стр.

Приняты в печать:

1. Izvekova Yu. N., A. I. Kassem, S. I. Popel, T. I. Morozova, and L. M. Zelenyi, Dusty Plasmas at the Moon: Effects of Magnetic Fields, *Journal of Physics: Conference Series*

2. Kim, H., Q. Schiller, M. Engebretson, S. Noh, I. Kuzichev, L. Lanzerotti, A. Gerrard, K.-H. Kim, M. Lessard, H. Spence, D.-Y. Lee, J. Matzka, T. Fromm, Observations of Particle Loss due to Injection-Associated EMIC Waves, accepted to JGR: Space Physics.
3. Lukin, A., Artemyev, A., Panov, E., Nakamura, R., Petrukovich, A., Ergun, R., Giles, B., Khotyaintsev, Y., Lindqvist, P. A., Russell, C., and Strangeway, R.: Thermal electron anisotropy driven by kinetic Alfvén waves in the Earth's magnetotail, *Ann. Geophys. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/angeo-2020-76>, in review, 2020.
4. Milovanov A.V. (IKI RAS, ENEA-Frascati), J. Juul Rasmussen (Technical University of Denmark, Lyngby), and B. Gros Lambert (Université Côte d'Azur, Sophia Antipolis, Nice, France), "Black Swans, Extreme Risks, and the Exciton Model of Self-Organized Criticality", article submitted to "Chaos, Solitons and Fractals".
5. Pulinetz S.A., Davidenko D.V., Budnikov P.A. The method of cognitive identification of ionospheric precursors of earthquakes // *Geomagnetism and aeronomy*
6. *Shustov Pavel, Ilya V. Kuzichev, Ivan Y. Vasko, Anton V. Artemyev, Andrew J. Gerrard (2020) The dynamics of electron holes in current sheets. Preprint <https://arxiv.org/abs/2011.04198>*
7. Вайсберг О.Л., Р.Н. Журавлев, Д.А. Моисеенко, А.Ю. Шестаков, С.Д. Шувалов, П.П. Моисеев, М.В. Митюрин, И.И. Нечушкин, А.Д. Васильев, Е.И. Родькин, В.В. Летуновский, Широкоугольный ионный энерго-масс анализатор АРИЕС-Л, принята к публикации в «Астрономическом вестнике». WoS Q4 Финансирование: тема «Плазма», СЧ ОКР Луна-Глоб
8. Ковражкин Р.А., Д. Г.Баишев, М.О.Филинджим, Ж.-А. Сово, «Вспышечные потоки электронов в плазменном слое и геомагнитные Pi2 пульсации», Письма в ЖЭТФ (в печати). По Программе Президиума РАН №28
9. Ковражкин Р.А., А.Л. Глазунов, Г.А. Владимирова, Ж.-А. Сово «Бездисперсионные авроральные сигнатуры ионных пучков токового слоя», Письма в ЖЭТФ (в печати).
10. Степанов А.Е., А. Ю. Гололобов, В.Л. Халипов, И. А. Голиков, Вариации ионосферных параметров при формировании поляризационного джета, *Геомагнетизм и аэрномия*. Т.61, № 1, 2021, Принята к публикации 24.09.2020 г.

Статьи в сборниках материалов конференций:

1. Chernyshov A.A., Zakharov V. I., Miloch W.J., Jin Y. "Investigation of influence of the disturbed high-latitude ionosphere on the slips of the main parameters of GPS navigation signals during geomagnetic activity", The VII International conference «Atmosphere, ionosphere, safety» (AIS-2020), edited by O.P. Borchevskina, M.G. Golubkov and I. V. Karpov, Kaliningrad, Russia, ISBN 978-5-6042044-3-6, pp.109-112, 2020
2. Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Антонова Е.Е., Сравнительные характеристики давления высыпающихся ионов в дневном секторе овала и LLBL, Proc. XLIII Annual Seminar, Apatity, pp. 23-26, 2020, Apatity, <http://pgia.ru/seminar/archive/>
3. Захаров А.В., Зеленый Л. М., Попель С.И. Лунная пыль: свойства, потенциальная опасность // *Астрономический вестник*. 2020. Т. 54. № 6. С. 483-507 (РФФИ)
4. Кассем А.И., С.И. Попель, Ю.Н. Извекова, Л.М. Зелёный, Нижнегибридные волны в экзосфере Луны, XVII Конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования» ИКИ РАН, Москва, 30 сентября – 2

октября 2020 г. Сборник трудов. Под ред. А. М. Садовского, ИКИ РАН, 2020, стр. 49-60

5. А.А. Синевич, А.А. Чернышов, Д.В. Чугунин "Исследование узких потоков субавроральных ионных дрейфов во время геомагнитной активности на основе спутниковых данных", Сборник трудов XVII конференции молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посвящённая Дню космонавтики (под редакцией А.М. Садовского) стр. 134-142, 2020, DOI: 10.21046/KMU-2020-134-142
6. А.Е. Степанов, В.Л. Халипов, А.Ю. Гололобов, И.А. Голиков, С.Е. Кобякова, Е.Д. Бондарь. Субавроральные потоки ионов из ионосферы в области развития поляризационного джета // Proc. 43rd Annual Seminar "PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA", 10 – 13 March 2020, Apatity, 2020, декабрь 2020 г.
7. Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г. Прогресс мобильной связи и здоровье подрастающего поколения. ситуация требует решения. Радиобиология: современные проблемы 2020 : материалы международной научной конференции (Гомель, 24 – 25 сентября 2020 г.)/ редкол. : И. А.Чешик (главный редактор) [и др.]. – Минск : А. Н. Вараксин, 202, С. 138-142
8. Хорсева Н.И., Марахова В.А. Современная образовательная среда: формирование культуры пользования мобильными телефонами. Радиобиология: современные проблемы 2020 : материалы международной научной конференции (Гомель, 24 – 25 сентября 2020 г.)/ редкол. : И. А.Чешик (главный редактор) [и др.]. – Минск : А. Н. Вараксин, 202, С. 142-145
9. Хорсева Н.И. Григорьев П.Е. К вопросу о возможных механизмах воздействия электромагнитного телефона на слуховую систему детей и подростков. Показатели простой слухо-моторной реакции как маркеры уровня воздействия. Международный междисциплинарный конгресс Нейронаука для медицины и психологии: XVI Международный междисциплинарный конгресс. Судак, Крым, Россия; 6–16 октября 2020 г.: Труды Конгресса / Под ред. Е.В. Лосевой, А.В. Крючковой, Н.А. Логиновой. –Москва: МАКС Пресс, 2020; ISBN 978-5-317-06406-8; e-ISBN 978-5-317-06407-5 С. 498-499
10. Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Марахова В.А. Прогресс мобильной связи и здоровье подрастающего поколения. Ситуация требует решения. Пример формирования культуры пользования мобильными телефонами в образовательном учреждении. Объединенный видеодоклад Международная научная конференция «Радиобиология: современные проблемы» 24-25 сентября, 2020 г., Гомель, Беларусь
11. Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. К вопросу о возможных механизмах воздействия электромагнитного телефона на слуховую систему детей и подростков. показатели простой слухо-моторной реакции как маркеры уровня воздействия. Нейронаука для медицины и психологии: XVI Международный Н45 междисциплинарный конгресс. Судак, Крым, Россия; 6–16 октября 2020 г.: Труды Конгресса / Под ред. Е.В. Лосевой, А.В. Крючковой, Н.А. Логиновой. – Москва: МАКС Пресс, 2020. – С. 498 - 499. ISBN 978-5-317-06406-8 e-ISBN 978-5-317-06407-5
12. Хорсева Н.И. Мобильная связь и наши дети: ситуация требует решения Тез. VI съезд радиобиологии (в печати)
13. Хорсева Н.М., Марахова В.А. Формирование культуры пользования мобильными телефонами в образовательной среде. Тез. VI съезд радиобиологии (в печати)

14. Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М., Андреева Е.С., Петрукович А.А. "Космические аппараты малой размерности и низкоорбитальная радиотомография" Материалы 55-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, 692стр., стр.62-64, Калуга 2020 (eLIBRARY.RU: 89.15.71)

Доклады, тезисы, циркуляры:

1. Alexander Lukin, Anton Artemyev, Evgeny Panov, Anatoly Petrukovich, and Rumi Nakamura. Electron anisotropy driven by kinetic Alfvén waves in the Earth magnetotail. (Устный). EGU General Assembly 202, Online, 4-8 May 2020. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-7680.html?pdf>
2. Alexander Vinogradov, Anton Artemyev, Ivan Vasko, Alexei Vasiliev, and Anatoly Petrukovich Non-adiabatic interaction of ions with solar wind discontinuities EGU General Assembly 2020, online <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-20301.html>
3. Artemyev Anton, Anatoly Neishtadt, Alexei Vasiliev, Xiaojia Zhang, Dmitri Vainchtein Nonlinear electron interaction with whistler-mode waves: mapping technique for multiwave systems. (Стеновый) SM032-0004, American Geophysical Union Fall Meeting, 2020, <https://agu.confex.com/agu/fm20/meetingapp.cgi/Paper/679406>
4. Baliukin I.I, Izmodenov V.V., Alexashov D.B., Heliospheric Energetic Neutral Atoms: Numerical Modelling and Comparison with IBEX-Hi data (Устный), European Geosciences Union General Assembly 2020, Вена, Австрия, 3-8 мая 2020 <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-18777.html>
5. Burdonsky I. N., A. G. Leonov, V. N. Yufa, A. P. Golub', S. I. Popel, and A. M. Sadovski, "Formation of Dusty Plasmas when Acting the Laser Radiation on Chondrite Target", Abstracts of the 15th Annual Conference "Plasma Physics in the Solar System" (Moscow, Russia, 2020), p. 334 (in Russian).
6. Dolnikov G. G., A. V. Zakharov, A. A. Kartasheva, A. S. Bychkova, I. A. Shashkova, I. A. Kuznetsov, A. N. Lyash, and S. I. Popel, "The Moon Surface Latitude and Dusty Plasma", XXXV International Conference on Equations of State for Matter (Elbrus, Russia, 2020). Book of Abstracts, Moscow, Chernogolovka, Nalchik, 2020, P. 279.
7. Grigorenko E.E., A.Yu Malykhin, D.R. Shklyar, S. Fadanelli, B. Lavraud, E.V. Panov, L. Avanov, B. Giles, O. Le Contel, Investigation of electron distribution functions associated with whistler waves at dipolarization fronts in the Earth's magnetotail. MMS observations, MMS SWT telecom, 4 August, 2020. Приглашенный доклад:
8. Izmodenov V.V., Korolkov S.D. «MHD modeling answer on the heliopause shape dilemma - croissant, pancake or something else?» (poster), Interstellar Probe Study Exploration Workshop, Online, США, 16-20 ноября 2020 <https://www.jhuapl.edu/InterstellarProbeExploration/posters>
9. Izvekova Yu. N., A. I. Kassem, S. I. Popel, T. I. Morozova, and L. M. Zelenyi, "Dusty plasmas at the Moon: Effects of magnetic fields", XXXV International Conference on Equations of State for Matter (Elbrus, Russia, 2020). Book of Abstracts, Moscow, Chernogolovka, Nalchik, 2020, P. 280.
10. Izvekova Yu. N., S. I. Popel, and A. N. Besedina, "Dusty plasma effects in the nighttime ionosphere of Mars", Abstracts General Assembly of the European Geosciences Union (Vienna, Austria, 2020), Geophysical Research Abstracts, Volume 22, EGU2020-17083, 2020.

11. Izvekova Yu. N., S. I. Popel, and O. Ya. Izvekov, “On Possibility of the Existence of Oscillations in Schumann Cavity at Mars”, The Eleventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2020), 11MS3-SB-PS-11, pp. 319-321.
12. Kamaletdinov S.R., Yushkov E.V., Artemyev A.V., Lukin A.S., Petrukovich A.A., Superthin current sheets supported by anisotropic electrons (Устный), Physics of Auroral Phenomena. 43rd Annual Seminar., Апатиты, Мурманская область, Россия, 10-13 марта
13. Kartasheva A. A., G. G. Dolnikov, A. S. Bychkova, I. A. Shashkova, I. A. Kuznetsov, A. N. Lyash, A. E. Dubov, V. A. Grushin, S. I. Popel, and A. V. Zakharov, “Methods of Measurement of Dusty Plasma Parameters Near the Surface of the Moon”, Fundamental and Applied Space Research. XVII Conference of Young Scientists Devoted to Cosmonautics Day (Moscow, Russia, 2020), p. 145 (in Russian).
14. Kassem A. I., S. I. Popel, Yu. N. Izvekova, and L. M. Zelenyi, “Lower-Hybrid Waves in the Exosphere of the Moon”, Fundamental and Applied Space Research. XVII Conference of Young Scientists Devoted to Cosmonautics Day (Moscow, Russia, 2020), p. 82 (in Russian).
15. Katushkina O.A., Backscattered Lyman-alpha emission as a tool for remote sensing of the heliosphere and beyond: current observations, open questions, and future plans. 3rd Interstellar Probe Exploration Workshop, November 16-19, 2020, online.
16. Katushkina O.A., Galli A., Izmodenov V.V., Quemerais E., Interstellar hydrogen distribution in the heliosphere: what can be deduced from direct and remote measurements (Invited), Fall AGU meeting, 1-17 December, 2020, online.
17. Katushkina, O., Izmodenov, V., and Galli, A.: Low energetic Interstellar hydrogen atoms in the heliosphere: Decade of IBEX observations (online talk), EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-18647 <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-18647>
18. Khabarova O.V., R.A. Kislov, H.V. Malova, Impact of dusty plasma on current sheets at different heliocentric distances. observations from ULYSSES and PARKER SOLAR PROBE, 9th International Conference on the Physics of Dusty Plasmas ICPDP 2020, Moscow, Russia, 26-30 October 2020.
19. Khokhlachev, A., Riazantseva, M., Rakhmanova, L., Yermolaev, Y., Lodkina, I., and Zastenker, G.: Small-scale variations of helium abundance in different large-scale solar wind structures, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-9348, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-9348>, 2020
20. Kim Konstantin, The dayside magnetosphere of Venus, 2020, online meeting, Young Scientists Scientific Group Splinter Meeting #4 of BepiColombo mission (ESA), oral.
21. Kislov R., Quasi-stationary current sheets of the solar origin in the heliosphere, EGU General Assembly 2020, 4-8 May, 2020, Vienna, Austria, <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-466.html>.
22. Kislov R.A., O. V. Khabarova, H.V. Malova, Theoretical aspects of the cosmic dust impact on the heliospheric current sheet, 9th International Conference on the Physics of Dusty Plasmas ICPDP 2020, Moscow, Russia, May 25-29, 2020, <https://9icpdp.cosmos.ru/>
23. Korolkov S.D., Alexashov D.B., Izmodenov V.V., Numerical modeling of the convective Kelvin-Helmholtz instabilities of astropauses (Устный), Third Virtual Workshop on Numerical Modeling in MHD and Plasma Physics: Methods, Tools, and Outcomes. Honor of Academician Guri I. Marchuk 95th Birthday, Новосибирск, Россия, 12-17 октября 2020 http://conf.nsc.ru/files/conferences/mhd2020/609061/Schedule_MHD-PP_2020.pdf

24. Korolkov S.D., Izmodenov V.V., «Numerical modeling of the convective Kelvin-Helmholtz instabilities of astropauses» (poster), Interstellar Probe Study Exploration Workshop, Online, США, 16-20 ноября 2020 <https://www.jhuapl.edu/InterstellarProbeExploration/posters>
25. Kuzichev, I., Vasko, I., Soto-Chavez, A. R., and Artemyev, A.: Role of Whistler Waves in Regulation of the Heat Flux in the Solar Wind, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-1175, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-1175>, 2019
26. Kuzichev, I., Vasko, I., Soto-Chavez, A. R., Bale, S. D., and Artemyev, A., Whistler Heat Flux and Anisotropy Instability in the Solar Wind, AGU Fall Meeting 1-17 December 2020
27. Lukin A.S., Artemyev A.V., Panov E.V., Petrukovich A.A., Yushkov E.V. Comparison of the flank magnetopause at near-Earth and lunar distances: MMS and ARTEMIS observations. (Устный). Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2020», 10-27 ноября 2020, онлайн
28. Lukin, A.V A.S. Artemyev, E.V. Panov, A.A. Petrukovich, R. Nakamura. Electron anisotropy driven by kinetic Alfvén waves in the Earth magnetotail. (Устный). 43-й ежегодный семинар "Физика авроральных явлений", 10-13 марта 2020 г., Апатиты, Россия. http://pgia.ru/seminar/abstracts_book2020.pdf
29. Maiewski E.V., H.V. Malova, R.A. Kislov, V.Yu. Popov, A.A. Petrukovich, O.V. Khabarova, Lev Zelenyi, Mechanisms of multiple current sheets formation in the heliospheric current sheet, EGU General Assembly 2020, Austria, Vienna, 3-8 May 2020.
30. Malova H.V., Popov V.Yu., Grigorenko E.E., Belyalova M.S., Peculiarities of quasi-adiabatic dynamics of charged particles in current sheets with magnetic shear, EGU General Assembly 2020, Austria, Vienna, 3-8 May 2020, EGU2020-10698.
31. Malykhin A.Yu, E.E. Grigorenko, D.R. Shklyar, E.V. Panov, O. Le Contel, B. Giles, Properties of resonant electrons interacting with quasi-parallel whistler waves during prolonged dipolarizations in the near-Earth magnetotail. MMS observations, MMS SWT telecom, 4 August, 2020.
32. Morozova T. I. and S. I. Popel, “Dusty Plasma Processes Associated with Meteor Showers in the Earth’s Atmosphere”, The Eleventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2020), 11MS3-SW-PS-05, pp. 119-120.
33. Morozova T. I. and S. I. Popel, “Dusty Plasma Processes During Passing a Space Body through Earth’s Ionosphere”, Abstracts of the 15th Annual Conference “Plasma Physics in the Solar System” (Moscow, Russia, 2020), p. 122 (in Russian).
34. Morozova T. I. and S. I. Popel, “Electrostatic noises from meteors and dust acoustic modulational perturbations”, XXXV International Conference on Equations of State for Matter (Elbrus, Russia, 2020). Book of Abstracts, Moscow, Chernogolovka, Nalchik, 2020, P. 281.
35. Morozova T. I., S. I. Kopnin, and S. I. Popel, “Wave Processes in Near-Surface Dusty Plasmas of Phobos and Deimos”, Abstracts of the 15th Annual Conference “Plasma Physics in the Solar System” (Moscow, Russia, 2020), p. 262 (in Russian).
36. Parkhomenko Elena, Malova H.V., Popov V.Yu, Grigorenko E.E., Kronberg E.V., Earth's magnetotail as the reservoir of accelerated single- and multicharged oxygen ions replenishing radiation belts, EGU General Assembly 2020, Vienna, Austria, 3–8 May 2020, EGU2020-8520.
37. Pavel Shustov, Илья Kuzichev, Ivan Vasko, Anton Artemyev, Anatoliy Petrukovich Electron holes in the Earth's magnetotail current sheet: role of magnetic field gradients and electron anisotropy (Стендовый, European Geosciences Union General Assembly 2020, Вена,

- Австрия, 3-8 мая 2020 <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-11967.html>
38. Popel S. I., A. P. Golub', and L. M. Zelenyi, "Dust and Dusty Plasmas in the System of Mars", The Eleventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2020), 11MS3-SB-16, pp. 285-287.
 39. Popov Victor, Vladimir Domrin, Helmi Malova, Elena Grigorenko, Anatoly Petrukovich, Current sheets with multi-component plasma in planetary magnetospheres, EGU General Assembly 2020, Austria, Vienna, 3-8 May 2020, EGU2020-11700
 40. Pulinets S.A., Ouzounov D.P., Tsidilina M.N., Rozhnoi A.A., Davidenko D.V. Multiparameter analysis of the data collected around the time of 2019 Ridgecrest earthquakes // URSI GASS 2020, Rome, Italy, 29 August – 5 September 2020 <http://www.ursi.org/proceedings/procGA20/papers/GHE1pulinetsCorr.pdf>
 41. Rakhmanova, L., Riazantseva, M., Zastenker, G., and Yermolaev, Y.: Kinetic-scale plasma turbulence evolving in the magnetosheath: case study, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-509, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-509>, 2020
 42. Reznichenko Yu. S., A. Yu. Dubinskii, and S. I. Popel, "Dusty Plasma Processes in Earth's and Martian Ionospheres", Fundamental and Applied Space Research. XVII Conference of Young Scientists Devoted to Cosmonautics Day (Moscow, Russia, 2020), p. 59 (in Russian).
 43. Reznichenko Yu. S., Yu. N. Izvekova, and S. I. Popel, "Dust Acoustic Waves and Solitons in Martian Ionosphere", The Eleventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2020), 11MS3-SB-PS-10, pp. 317-318.
 44. Riazantseva, M., Rakhmanova, L., Zastenker, G., Yermolaev, Y., Lodkina, I., Safrankova, J., Nemecek, Z., and Prech, L.: Characteristics of turbulence in transition regions near large-scale boundaries in the solar wind., EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-7605, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-7605>, 2020 (устный доклад)
 45. S.V. Kulikov, S.I. Klimov 1, S.P. Savin, V.A. Styazhkin, A. A. Skalsky, O. Santolik, I. Kolvasova, Measurements of the electric and magnetic fields onboard the Luna-26 spacecraft, Тезисы докладов, Конференция 11М-S3, Москва, ИКИ РАН , октябрь 2020.
 46. Savin S., Lyahov, V.V., Neshchadim V.M., Wang C., Legen L., Linear harmonics and their nonlinear interlinks at outer magnetospheric boundaries by 3-wave nonlinear cascades. XXVIII Научная сессия Совета РАН по нелинейной динамике Конференц-зал Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр-т. 36, ст. метро «Профсоюзная» 16-17 декабря 2019 г.
 47. Shklyar David and Sergey Prokhorenko, On the problem of whistler wave packet reflection from the ionosphere and exit to the ground. Invited talk at 9th VERSIM virtual meeting. Kyoto, 16-20 November 2020.
 48. Shustov P., Kuzichev I., Vasko I., Artemyev A., Petrukovich A., The dynamics of electron holes in current sheets in the Earth magnetotail (устный), XXIX научная сессия Совета по нелинейной динамике (14-15 декабря 2020 г.)
 49. Shustov P., Kuzichev I., Vasko I., Artemyev A., Petrukovich A. Electron holes in the Earth's magnetotail current sheet: role of magnetic field gradients and electron anisotropy (Устный), 43 Апатитский семинар "Физика авроральных явлений", г. Апатиты Мурманской обл., Россия, 10-13 марта 2020 http://pgia.ru/seminar/abstracts_book2020.pdf
 50. Stepanov A.E., Khalipov V.L., Gololobov A.Yu., Golikov I.A., Kotova G.A., Bonda'r E.D., Subauroral ion outflow within Polarisation jet, в сб. Пятнадцатая ежегодная конференция Физика плазмы в солнечной системе, 10-14 февраля 2020 г., М., ИКИ РАН, с. 104.

51. Torsiello, J., I. Kuzichev, I. Vasko, Whistler Instabilities in the Solar Wind: Linear Analysis, Mid-Atlantic Section Fall Meeting 2020, December 4–6, 2020
52. Vasko Ivan, Kazbek Alimov, Ajay Bhanudas Lotekar, Stuart Bale, Tai Phan, Forrest Mozer, Anton Artemyev Statistical analysis and comparison of kinetic-scale current sheets measured aboard Wind and PSP. (Устный) SH055-03, American Geophysical Union Fall Meeting, 2020, <https://agu.confex.com/agu/fm20/meetingapp.cgi/Paper/775919>
53. Vinogradov A.A., A.V. Artemyev, I.Yu. Vasko, A.A. Vasiliev, A.A. Petrukovich Non-adiabatic interaction of ions with solar wind discontinuities 43 Апатитский семинар "Физика авроральных явлений", г. Апатиты, 10-13 марта 2020 http://pgia.ru/seminar/abstracts_book2020.pdf
54. Volkov M.B., Yushkov E.V., Artemyev A.V., Lukin A.S., Shustov P.I., Petrukovich A.A., Large-amplitude Alfvén waves in the solar wind: ion kinetic effects (Устный), Physics of Auroral Phenomena. 43rd Annual Seminar., Апатиты, Мурманская область, Россия, 10-13 марта
55. Vorobjev V.G., O.I. Yagodkina, E.E. Antonova, Solar wind kinetic pressure influence on the plasma pressure in dayside precipitation regions, The 43th annual seminar "Physics of auroral phenomena", Abstracts, 10-13 March 2020, Apatity, Abstracts, p. 20-21.
56. Yermolaev, Y., Lodkina, I., Dremukhina, L., Yermolaev, M., and Khokhlachev, A.: A critical look at studying the interplanetary drivers of the magnetospheric disturbances, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-4064, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-4064>, 2020
57. Yermolaev Yuri I, Irina G Lodkina, Alexander Khokhlachev, Michael Yermolaev, Natalia L Borodkova, Maria Riazantseva, Liudmila Rakhmanova, Olga Sapunova, Variations of interplanetary parameters in different types of large-scale solar-wind phenomena during 21-24 solar cycles, AGU Fall Meeting 2020, Online, 1–17 December 2020, SH021-03 (устный доклад)
58. Yushkov Egor, Artemyev Anton, Petrukovich Anatoly, Role of non-diagonal pressure tensor components in balance of magnetopause current sheet (Устный), European Geosciences Union General Assembly 2020, Вена, Австрия, 3-8 мая
59. Zelenyi L. M., S. I. Popel, and A. V. Zakharov, "Dust and Dusty Plasmas at the Moon. Challenges of Modeling and Measurements", The Eleventh Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2020), 11MS3-MN-06, pp. 156-158.
60. Zelenyi L., E. Grigorenko, H. Malova, V. Popov, Thin current sheets as universal structures in the heliosphere and planetary magnetospheres, EGU General Assembly 2020, Austria, Vienna, 3-8 May 2020.
61. Zelenyi L., H. Malova, E. Grigorenko, M. Leonenko, V. Popov, and E. Dubinin, Universal properties of thin current sheets in space plasma, 4th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, 26-31 Oct, 2020, Remote e-conference, AAPPS-DPP2020, October 26-31 2020, <http://aappsdpp.org/DPP2020/index1.html>
62. Антонова Е.Е., Кирпичев И.П., Овчинников И.Л., Степанова М.В., Воробьев В. Г., Ягодкина О.И., Рязанцева М.О., Сотников Н.В., Пулинец М.С., Знаткова С.С., Мить С.К., Казарян П.С., Каппа распределения и магнитосферная динамика, 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.138 (устный доклад).
63. Балюкин И.И., Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Гелиосферные энергичных нейтральные атомы: численное моделирование и сравнение с данными IBEX HI (Устный) 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ

- РАН, Россия, 10-14 февраля 2020 <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-IKI-AbstractBook.pdf>
64. Балюкин И.И., Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Гелиосферные энергичных нейтральные атомы: численное моделирование и сравнение с данными IBEX-Ni (Приглашенный) XVII Конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования", ИКИ РАН, Россия, 30 сентября - 2 октября 2020 <https://kmu.cosmos.ru/docs/2020/KMU2020-AbstractBook-31-08-2020.pdf>
 65. Балюкин И.И., Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Гелиосферные энергичные нейтральные атомы: численное моделирование и сравнение с данными IBEX-Ni, конференция "Ломоносовские чтения - 2020", подсекция "Аэромеханика и газовая динамика", 23 октября 2020 <https://www.msu.ru/upload/pdf/2020/lomonosov2020-22.pdf>
 66. Безродных И. П., Е. И. Морозова, А. А. Петрукович. Динамика низкочастотных вариаций кр- индекса геомагнитной активности и числа солнечных пятен для 8 циклов солнечной активности (1932-2018 Г.). 15-ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Доклад №47
 67. Безруких В.В., Г.А. Котова, М.И. Веригин, Характеристики холодной плазмы в окрестности пограничного слоя плазмосферы Земли, Пятнадцатая ежегодная конференция Физика плазмы в солнечной системе, 10-14 февраля 2020 г., М., ИКИ РАН, с. 168.
 68. Бородкова Н.Л., Сапунова О.В., Еселевич В.Г., Застенкер Г.Н., Ермолаев Ю.И. Исследование поведения потока ионов солнечного ветра в области овершута, 15-ая конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.195 (устный доклад).
 69. Бреус Т.К. 15 сентября 2020 выступление: «Цифровизация образования: оценка рисков влияния электромагнитных полей для здоровья детей» Расширенное заседание рабочей группы по вопросам защиты прав детей на образование, воспитание, всестороннее развитие Общественного совета при Уполномоченном при Президенте Российской Федерации по правам ребенка. Выступление в качестве эксперта по неионизирующим излучением. Приглашенный доклад
 70. Виноградов А.А., Артемьев А.В., Юшков Е.В., Васько И.Ю., Исследование неадиабатической динамики ионов в поле токовых слоев солнечного ветра (Устный), XIX Научная школа «НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ – 2020», Нижний Новгород, Институт прикладной физики РАН, Россия, 28 февраля - 6 марта
 71. Виноградов А.А., Артемьев А.В., Васько И.Ю. Исследование неадиабатической динамики ионов в поле токовых слоев солнечного ветра Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе" <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-IKI-AbstractBook.pdf>
 72. Виноградов А.А., Юшков Е.В., Артемьев А.В., Исследование неадиабатической динамики ионов в поле токовых слоев солнечного ветра online Международный молодежный научный форум «ЛОМОНОСОВ-2020» https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/data/section_34_19485.htm
 73. Вовченко И.В., Зимовец И.В., Шарыкин И.Н., Мышьяков И.И. Визуализация и исследование магнитных структур в солнечной вспышке с подавленной эрупцией // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (постерный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
 74. Волосатых А.С., Измоденов В.В., Катушкина О.А., Поиск и определение параметров активных областей Солнца по данным измерений рассеянного Лайман-альфа

- излучения, полученных на КА SWAN/SOHO (Устный), 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 10-14 февраля 2020 <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-ИКИ-AbstractBook.pdf>
75. Годенко Е.А., В.В. Измоленов, Влияние дисперсии по скоростям межзвездной пыли на распределение пылевых частиц внутри гелиосферы, "Ломоносовские чтения - 2020". Секция "Механика", подсекция "Аэромеханика и газовая динамика" МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 19-28 октября 2020. <https://www.msu.ru/upload/pdf/2020/lomonosov2020-22.pdf>
 76. Годенко Е.А., В.В. Измоленов, Влияние дисперсии скоростей межзвездной пыли на ее распределение внутри гелиосферы, XV ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", 10-14 февраля 2020. <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-ИКИ-AbstractBook.pdf>
 77. Годенко Е.А., В.В. Измоленов, Особенности распределения космической пыли в гелиосфере, "Ломоносовские чтения - 2020". Секция "Механика", подсекция "Механика жидкости и газа", МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 19-28 октября 2020. <https://www.msu.ru/upload/pdf/2020/lomonosov2020-22.pdf>
 78. Григоренко Е. Е., А. Ю. Малыхин, Д. Р. Шкляр, Б. Лавро, Е. Пену, Е. В. Панов. Динамика анизотропии функций распределения электронов и её связь со всплесками вистлерных волн, наблюдаемых спутниками MMS на фронтах диполизаций в хвосте магнитосферы Земли. На 15-й ежегодной конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», 10 – 14 февраля 2020, ИКИ РАН
 79. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б. «Протонные вспышки с невыраженной импульсной фазой», // // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (стендовый). <https://plasma2020.cosmos.ru/>
 80. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Шаховская А.Н. «Длительная слабая вспышка C1.2 26 ноября 2011 года – источник СКЛ (протонов и электронов)?», // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (устный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
 81. Грушин В.А., Климов С.И., Корепанов В.Е., Салаи Ш., Пилипенко В.А., Захаров В.И., Белова И.Э., Новиков Д.И. Электромагнитные измерения на частотах ниже 800 Гц. Case study данных эксперимента «Обстановка (1 этап)». Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, ИКИ РАН, с. 101.
 82. Дремухина, Л.А., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Вариации индекса ASY-H в периоды магнитных бурь от разных межпланетных источников, 15-ая конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.151.
 83. Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г. , Хохлачев А.А., Анализ поведения параметров для различных типов солнечного ветра в 21-24 солнечных циклах, 15-ая конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.193 (устный доклад).
 84. Захаров В.И., Чернышов А.А., Милош В., Джин Я., "Авроральная суббуря 23.12.2014: синхронные GPS, геомагнитные и оптические исследования", Москва, ИКИ РАН, 15 ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", с.106, 10 - 14 февраля 2020 г

85. Зеленый Л.М., Малова Х. В., Токовые слои в космической плазме, IV Международная конференция «Научные чтения памяти Александра Михайловича Дыхне», Тезисы докладов, с.14, ТРИНИТИ, Гос. Научный Центра РФ Троицкий Ин-т Инновационных и Термоядерных Исследований, г. Москва, г. Троицк, 31 октября 2019 г.
86. Зимовец И.В., Нечаева А.Б., Шарыкин И.Н., Chen F., Gan W.Q. Исследование функции плотности вероятности фотосферных вертикальных электрических токов в активных областях Солнца и ее связи со вспышками // 15я ежегодная конференция “Физика плазмы в солнечной системе”, ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (устный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
87. Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Определение величины и направления межзвездного магнитного поля на основе данных КА Вояджер 1 и 2 и кинетико-МГД модели границы гелиосферы, конференция “Ломоносовские чтения - 2020”, подсекция “Аэромеханика и газовая динамика”, 23 октября 2020 <https://www.msu.ru/upload/pdf/2020/lomonosov2020-22.pdf>
88. Измоденов В.В., Исследования границы гелиосферы: ситуация после выхода Вояджеров в межзвездную среду (Приглашенный), 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 10-14 февраля 2020 <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-ИКИ-AbstractBook.pdf>
89. Ильичев С. Д., Д. Р. Шкляр, Т. В. Романцова. Обмен энергией между протонами и электронами через нижне-гибридные волны в магнитоактивной плазме. На 15-й ежегодной конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», 10 – 14 февраля 2020, ИКИ РАН
90. Камалетдинов С.Р., Юшков Е.В., Артемьев А.В., Лукин А.С., Петрукович А.А., Сверхтонкие токовые слои: роль анизотропных электронов (Устный), XXVII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2020", Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 10-27 ноября
91. Катушкина О.А., Измоденов В.В., 10 лет измерений потоков межзвездных атомов водорода на аппарате IBEX: нерешенные вопросы и будущие планы (устный), 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 10-14 февраля 2020. <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-ИКИ-AbstractBook.pdf>
92. Ким К.И., Комплекс приборов для анализа космической плазмы 2020, г. Москва, 63-я Всероссийская научная конференция МФТИ, секция космических исследований и современной астрофизики, устный доклад
93. Ким К.И., Шувалов С.Д. Ионный энерго-масс анализатор ULTIMAN, 2020 г. Москва, XVII конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования", секция «Космическое приборостроение», (Научный руководитель - О.Л. Вайсберг), устный доклад
94. Кирпичев И.П., Антонова Е.Е., Связь параметров каппа распределения при различных значениях плазменного параметра в условиях магнитосферы Земли. Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, ИКИ РАН. Тезисы докладов. С. 139.
95. Кислов Р. А., Возможные источники крупномасштабного электрического поля в гелиосфере. XVII Конференция молодых учёных, 30 сентября — 2 октября 2020, ИКИ РАН, Москва, <https://kmu.cosmos.ru/>
96. Колпак В.И., Могилевский М.М., Чугунин Д.В. Особенности аврорального километрового радиоизлучения (АКР) при различных геомагнитных условиях, XVII

- конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посвящённая Дню космонавтики, 2020
97. Колпак В.И., Могилевский М.М., Чугунин Д.В. Особенности аврорального километрового радиоизлучения (АКР) при различных геомагнитных условиях, XVII конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посвящённая Дню космонавтики, 2020
 98. Корольков С.Д., Алексашов Д.Б., Измоденов В.В., Параметрическое исследование задачи о взаимодействии гиперзвукового звёздного/солнечного ветра с локальной межзвёздной средой: газодинамическое решение (Устный), XXVII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2020», Москва, Россия, 22 июня - 27 июля 2020 <https://lomonosov-msu.ru/rus/event/6500/>
 99. Корольков С.Д., Алексашов Д.Б., Измоденов В.В., Численное 3D моделирование взаимодействия солнечного ветра с межзвёздной средой на сетке Дирихле с выделением разрывов (Стендовый), 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 10-14 февраля 2020 <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-IKI-AbstractBook.pdf>
 100. Корольков С.Д., Измоденов В.В., Новые неожиданные закономерности обтекания в проблеме взаимодействия звездного ветра с межзвёздной средой: стационарные идеальные МГД-решения, конференция «Ломоносовские чтения - 2020», подсекция «Аэромеханика и газовая динамика», МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 23 октября 2020 <https://www.msu.ru/upload/pdf/2020/lomonosov2020-22.pdf>
 101. Корольков С.Д., Измоденов В.В., Новые неожиданные закономерности обтекания в задаче взаимодействия звездного ветра с межзвёздной средой: стационарные идеальные МГД-решения (Устный), Конференция-конкурс молодых ученых Научно-исследовательского института механики МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ механики МГУ, Москва, Россия, 20-22 октября 2020 http://www.imec.msu.ru/content/education/conference/young_sci/2020/thes2020.pdf
 102. Котова Г.А., М.И. Веригин, В.В. Безруких, Аналитическое описание скошенности подсолнечной части околопланетных ударных волн и сопоставление с результатами МГД моделирования, в сб. Пятнадцатая ежегодная конференция Физика плазмы в солнечной системе, 10-14 февраля 2020 г., М., ИКИ РАН, с. 143.
 103. Красовский В.Л., К расчету функции распределения электронов слабоионизованной плазмы в электрическом поле, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 – 14 февраля 2020 г., Москва, ИКИ РАН, Тезисы докладов, стр. 180.
 104. Куликов С.В., Климов С.И., Савин С.П., Стяжкин В.А., Скальский А.А., Сантолик О, Соколова Е., Колмашова И, Возможные электромагнитные эмиссии над магнитными аномалиями Марса, Тезисы доклада, XVII конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», Москва, апрель 2020.
 105. Лодкина И.Г. , Ермолаев Ю.И., Хохлачев А.А., Ермолаев М.Ю., Дремухина Л.А. Москалева А.В., Расширенный каталог крупномасштабных явлений солнечного ветра за период 21-24 солнечных циклов (1976-2018 годы), 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.213.
 106. Лужковский А. А., Д. Р. Шкляр. Роль сигналов наземных ОНЧ передатчиков в динамике энергичных электронов радиационных поясов Земли. На 15-й ежегодной конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», 10 – 14 февраля 2020, ИКИ РАН

107. Лукин А.С., Артемьев А.В., Петрукович А.А.. Стохастические дифференциальные уравнения для описания нелинейного резонансного взаимодействия волна-частица. (Устный). Физика плазмы в солнечной системе, 10-14 февраля 2020, ИКИ РАН. <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-ИКИ-AbstractBook.pdf>
108. Маевский Е.В., Малова Х.В., Кислов Р.А., Попов В.Ю., Петрукович А.А., Хабарова О.В., Зеленый Л.М. Формирование множественных токовых слоев в гелиосферном плазменном слое, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, Москва, Россия, ИКИ РАН.
109. Маевский Е.В., Малова Х.В., Кислов Р.А., Попов В.Ю., Петрукович А.А., Хабарова О.В., Зеленый Л.М., МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ МНОЖЕСТВЕННЫХ ТОКОВЫХ СЛОЕВ В ГЕЛИОСФЕРНОМ ПЛАЗМЕННОМ СЛОЕ, XXVIII Научная сессия Совета РАН по нелинейной динамике, институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 16-17 декабря 2019, <https://ocean.ru/index.php/arkhiv-dokumentatsii/category/53-xxviii-nauchnaya-sessiya-soveta-ran-po-nelinejnoj-dinamike-2019-g>
110. Малова Х.В., Домрин В.И., Попов В.Ю., Григоренко Е.Е., Петрукович А.А. Вложенные токовые слои с многокомпонентной плазмой в магнитосферах планет солнечной системы, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, Москва, Россия, ИКИ РАН.
111. Малова Х.В., Попов В.Ю., Белялова М.С. Моделирование нелинейной квазиadiaбатической динамики заряженных частиц в токовых слоях с широким магнитного поля. Ломоносовские чтения, Секция «Физика», Подсекция «Прикладная математика и математическое моделирование», Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, октябрь 2020.
112. Малыхин А. Ю., Е. Е. Григоренко, Д. Р. Шкляр, Е. В. Панов. Вариации электронной анизотропии и их связь с волновой активностью в области торможения быстрых потоков в ближнем геомагнитном хвосте. Наблюдения MMS. На 15-й ежегодной конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», 10 – 14 февраля 2020, ИКИ РАН
113. Мингалев О.В., Мингалев И.В., Малова Х.В., Мерзлый А.М., Мингалев В.С., Хабарова О.В. Система уравнений Максвелла для плазмы в приближении квазинейтральности, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, Москва, Россия, ИКИ РАН.
114. Мингалев О.В., Мингалев И.В., Малова Х.В., Сецко П.В., Мельник М.Н., Артемьев А. В., Хабарова О.В., Зеленый Л.М. Силовой баланс в токовых слоях в магнитосфере Земли и в солнечном ветре, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, Москва, Россия, ИКИ РАН.
115. Нечаева А.Б., Зимовец И.В. Метод МСМС для аппроксимации функции плотности вероятности электрических токов в активных областях Солнца // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (постерный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
116. Нечаева А.Б., Шарыкин И.Н., Зимовец И.В., Chen F. "О связи горизонтального градиента вертикального магнитного поля с горизонтальным электрическим током на фотосфере в модельной активной области Солнца", Конференция МФТИ, 23-29 ноября 2020 г. (устный) <https://conf.mipt.ru/>
117. Нечаева А.Б., Шарыкин И.Н., Зимовец И.В., Chen F. "О СВЯЗИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ВЕРТИКАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ НА ФОТОСФЕРЕ В МОДЕЛЬНОЙ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ СОЛНЦА", XXIV всероссийская ежегодная

- конференция «Солнечная и солнечно-земная физика-2020», ГАО РАН, Санкт-Петербург, 5-10 октября 2020 (онлайн) <http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2020/>
118. Онищенко О.Г., Похотелов О.А., Беляев В.С., Федун В.Н., Horton W., Ерохин Н.С., Генерация джетов в замагниченной плазме, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 – 14 февраля 2020 г., Москва, ИКИ РАН, Тезисы докладов, стр. 177.
 119. Онищенко О.Г., Похотелов О.А., Беляев В.С., Федун В.Н., Horton W., Ерохин Н.С., Стационарные вихри в магнитоактивной плазме, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 – 14 февраля 2020 г., Москва, ИКИ РАН, Тезисы докладов, стр. 178.
 120. Пархоменко Е.И., Малова Х.В., Попов В.Ю., и др. Моделирование взаимодействия многозарядных ионов кислорода O^{+8} с диполизационными фронтами и электромагнитной турбулентностью как механизма пополнения радиационных поясов магнитосферы Земли. XVII Конференция молодых учёных, 30 сентября — 2 октября 2020, ИКИ РАН, Москва, <https://kmu.cosmos.ru/>
 121. Пархоменко Е.И., Панасюк М.И., Попов В.Ю., Малова Х.В., Зеленый Л. М., Моделирование магнитных диполизаций в хвосте магнитосферы Земли как факторов пополнения кольцевого тока ионами кислорода. Ломоносовские чтения-2020, Секция: Физика, Подсекция: Математическая физика, 29 октября, 2020, Физ. факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва.
 122. Пулинец С.А., Давиденко Д.В., Будников П.А. Разработка методов автоматического поиска областей подготовки катастрофических землетрясений с использованием космических технологий // Восемнадцатая Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», ИКИ РАН (г. Москва), 16-20 ноября 2020 г. Сборник тезисов докладов. <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=174&thesis=8364>
 123. Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Застенкер Г.Н., Ермолаев Ю.И., Влияние вариаций параметров солнечного ветра на основные характеристики турбулентности плазмы в магнитосфере Земли, 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.203.
 124. Рязанцева М.О., Рахманова Л.С., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Застенкер Г.Н., Чесалин Л.С., Шафранкова Я., Немечек З., Прех Л., Характеристики турбулентного потока в областях компрессии плазмы в солнечном ветре. , 15-ая конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.194 (устный доклад).
 125. Савин С.П., Скальский А.А., Климов С.И., Лежен Л.А., Ноздрачев М.Н. Нелинейные связи линейных и нелинейных резонансов во внешней магнитосфере и переход к турбулентности. XV ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе". Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, ИКИ РАН, с. 257.
 126. Сапунова О. В., Бородкова Н. Л., Застенкер Г. Н., Ермолаев Ю. И. Поведение ионов He^{++} на фронте межпланетной ударной волны, 15-ая конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 - 14
 127. Смирнова Н.Ф., Станев Г. Сопоставление плотности электронов в высоких широтах на спутниках ИНТЕРБОЛ-2 и S3-3, в сб. Пятнадцатая ежегодная конференция Физика плазмы в солнечной системе, 10-14 февраля 2020 г., М., ИКИ РАН, с. 166.

128. Сотников Н.В., Антонова Е.Е., Рязанцева М.О., Овчинников И.Л., Рубинштейн И.А., Барина В.О., Мить С.К., Роль адиабатических и не адиабатических процессов в динамике внешнего радиационного пояса во время магнитных бурь, 10 - 14 февраля 2020 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С.140(устный доклад).
129. Сотников Н.В., Е.Е. Антонова, И.Л. Овчинников, В.Г. Воробьев, О.И. Ягодкина, М.С. Пулинец, С.С. Знаткова, С.К. Мить, П.С. Казарян, Связь формирования внешнего радиационного пояса во время геомагнитных бурь с адиабатическим механизмом падения и возрастания потоков релятивистских электронов, The 43th annual seminar "Physics of auroral phenomena", 10-13 March 2020, Apatity, Abstracts, p. 19.
130. Сотников Н.В., Е.Е. Антонова, И.Л. Овчинников, В.Г. Воробьев, О.И. Ягодкина, М.С. Пулинец, С.С. Знаткова, С.К. Мить, П.С. Казарян, Связь формирования внешнего радиационного пояса во время геомагнитных бурь с адиабатическим механизмом падения и возрастания потоков релятивистских электронов, The 43th annual seminar "Physics of auroral phenomena", 10-13 March 2020, Apatity, Abstracts, p. 19.
131. Сотников Н.В., Е.Е. Антонова, М.О. Рязанцева, И.Л. Овчинников, И.А. Рубинштейн, В.О. Барина, С.К. Мить, РОЛЬ АДИАБАТИЧЕСКИХ И НЕАДИАБАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДИНАМИКЕ ВНЕШНЕГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ВО ВРЕМЯ МАГНИТНЫХ БУРЬ, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, ИКИ РАН. Тезисы докладов. С. 140.
132. Стадничук Е.М., Зимовец И.В., Зеленый М.Е., Пальмин В.С., Моисеенко Д.А., Шестаков А.Ю., Журавлев Р.Н. Сцинтилляционный детектор солнечных космических лучей // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (постерный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
133. Струминский А.Б., Григорьева И.Ю., Логачев Ю.И., Садовский А.М. «Протонные вспышки с выраженной импульсной фазой: солнечные релятивистские электроны и протоны», // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (устный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
134. Струминский А.Б., Григорьева И.Ю., Садовский А.М. Ускорение КВМ и солнечных энергичных частиц в нижней короне во вспышках с выраженной импульсной фазой // XXIV Всероссийская ежегодная конференция «Солнечная и солнечно-земная физика – 2020», С-Петербург, ГАО РАН, 5-9 октября 2020г» <http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2020/>
135. Хабарова О.В., Зеленый Л.М., Кузнецов В.Д., Обридко В.Н., Малова Х.В., Григоренко Е.Е., Кислов Р.А., Мингалев О.В., Мингалев И.В., Попов В.Ю. Солнечный ветер в современном 3-D понимании. Иерархия масштабов и процессов, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, Москва, Россия, ИКИ РАН.
136. Хабарова О.В., Малова Х.В., Кислов Р.А., Мингалев О.В. Динамический гелиосферный токовый слой и его роль в локальном ускорении частиц в солнечном ветре, Пятнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2020, Москва, Россия, ИКИ РАН.
137. Царева О.О., Попов В.Ю., Fruit G., Louarn P., Tur A., Моделирование электромагнитных дрейфовых волн, отраженных в авроральных дугах. Ломоносовские чтения, Секция «Физика», Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2020
138. Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М., Фролов В.Л., Милош В., Клаусен Л. "Результаты измерений неоднородностей плазмы с использованием зондов

- Ленгмюра в активном эксперименте СУРА-Норсат", Москва, ИКИ РАН, 15 ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", с.92, 10 - 14 февраля 2020 г
139. Чугунин Д.В., Викторов М.Е., Чернышов А.А., Могилевский М.М., Моисеенко И.Л, Мансфельд Д.А., Голубев С.В. "Исследование процессов генерации аврорального километрового радиоизлучения в космической плазме на основе спутниковых измерений и лабораторных экспериментов", Москва, ИКИ РАН, 15 ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", с.159, 10 - 14 февраля 2020 г
140. Шарыкин И.Н., Зимовец И.В. Вариации магнитного поля и электрического тока в гелиосейсмически активной солнечной вспышке M9.3 30 июля 2011 // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (постерный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
141. Шарыкин И.Н., Зимовец И.В. Динамика фотосферных источников излучения и магнитного поля в эруптивной солнечной вспышке X4.9 25 февраля 2014 // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (устный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
142. Шарыкин И.Н., Мышьяков И.И. Анализ динамики нагретой плазмы вблизи нейтральной линии магнитного поля по данным ультрафиолетовой обсерватории IRIS для солнечной вспышки M6.5 GOES класса, произошедшей 22 июня 2015 г. // 15я ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 10-14 февраля 2020 (постерный) <https://plasma2020.cosmos.ru/>
143. Шевелёв М.М. Самосогласованное моделирование неустойчивости теплового потока в солнечном ветре в рамках квазилинейной теории «Физика плазмы в Солнечной системе», Россия, Москва, ИКИ РАН, 10-14 февраля, 2020 <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-IKI-AbstractBook.pdf>
144. Шкляр Д. Р., С.А. Прохоренко. Отражение от ионосферы и выход на землю пакетов свистовых волн: динамическая 2D модель. На 15-й ежегодной конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», 10 – 14 февраля 2020, ИКИ РАН
145. Шустов П.И., Кузичев И.В., Васько И.Ю., Артемьев А.В., Петрукович А.А. ЭЛЕКТРОННЫЕ ДЫРЫ В ТОКОВОМ СЛОЕ МАГНИТНОГО ХВОСТА ЗЕМЛИ: РОЛЬ ГРАДИЕНТОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И АНИЗОТРОПИИ ЭЛЕКТРОНОВ (Устный), 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 10-14 февраля 2020 <https://plasma2020.cosmos.ru/docs/PLASMA-2020-IKI-AbstractBook.pdf>
146. Юшков Е.В., Артемьев А.В., Петрукович А.А., Применение мдг-модели токового слоя, отделяющего поток плазмы от области сильного магнитного поля, к описанию магнитопаузы Земли. (Устный), 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 10-14 февраля
147. Юшков Е.В., Камалетдинов С.Р., Соколов Д.Д., Уравнение среднего поля в неоднородном турбулентном потоке плазмы. (Устный), Ломоносовские чтения 2020, Москва, Россия, 21-24 октября
148. Юшков Е.В., Лукин А.С., Соколов Д.Д., Мелкомасштабный анализ классического альфа-квенчинга в динамо модели Штеенбека-Краузе-Рэдлера (Устный), 15-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 10-14 февраля

Список публикаций по теме ПЛАЗМА

1. Artekha S.N., Artekha N.S. Rigorous relations for barrier transmittance and some physical corollaries, *The European Physical Journal Plus* (2020), 135: 56. doi: 10.1140/epjp/s13360-019-00068-1 (IF 2.710; Q1)
2. Artemyev, A. V., Angelopoulos, V., Runov, A., & Zhang, X.-J. Ionospheric outflow during the substorm growth phase: THEMIS observations of oxygen ions at the plasma sheet boundary. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2019JA027612, 2020, doi:10.1029/2019JA027612 (Q2, IF 2.8)
3. Artemyev, A. V., Angelopoulos, V., Vasko, I. Y., Petrukovich, A. A., Runov, A., Saito, Y., et al. Contribution of anisotropic electron current to the magnetotail current sheet as a function of location and plasma conditions. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2019JA027251, 2020, doi:10.1029/2019JA027251 (Q2, IF 2.8)
4. Artemyev A. V., Angelopoulos Vassilis, Ivan Y. Vasko, and Lev M. Zelenyi Ion Nongyrotropy in Solar Wind Discontinuities, *The Astrophysical Journal Letters*, 889:L23 (6pp), 2020, doi:10.3847/2041-8213/ab6b2e (Q1, IF 8.198)
5. Artemyev, A.V., Clark, G., Mauk, B., Vogt, M. F., & Zhang, X.-J. Juno observations of heavy ion energization during transient dipolarizations in Jupiter magnetotail. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA027933 doi: 10.1029/2020JA027933 (Q2, IF 2.8)
6. Artemyev, A. V., Zhang, X.-J., Angelopoulos, V., Mourenas, D., Vainchtein, D., Shen, Y., et al. Ionosphere feedback to electron scattering by equatorial whistler mode waves. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA028373. 2020 doi:10.1029/2020JA028373 (Q2, IF 2.8)
7. Błęcki Jan, Roman Wronowski, Jan Słomiński, Sergey Savin, Rafał Iwański, Comparative study of the energetic electrons registered together with the broad band emissions in different regions of the ionosphere, *Artificial satellites*, Vol. 1, No 1-2020 DOI: 10.2478/arsa-2020-0010 (SJR 0.9, Q4)
8. Chernyshov A.A., D. V. Chugunin, M. M. Mogilevsky, A. A. Petrukovich "Studies of the ionosphere using radiophysical methods on ultra-small spacecrafts", *Acta Astronautica*, Vol. 167. P. 455-459, doi: 10.1016/j.actaastro.2019.11.031, 2020 (IF 2.83, Q1)
9. Dai L, Wang C, Cai Z, Gonzalez W, Hesse M, Escoubet P, Phan T, Vasyliunas V, Lu Q, Li L, Kong L, Dunlop M, Nakamura R, He J, Fu H, Zhou M, Huang S, Wang R, Khotyaintsev Y, Graham D, Retino A, Zelenyi L, Grigorenko E.E, Runov A, Angelopoulos V, Kepko L, Hwang K-J and Zhang Y (2020) AME: A Cross-Scale Constellation of CubeSats to Explore Magnetic Reconnection in the Solar–Terrestrial Relation. *Frontiers in Physics*, 8:89, doi: 10.3389/fphy.2020.00089, 2020 (IF 2.638, Q2)
10. Dumin Yu.V., B.V. Somov, New Types of the Chromospheric Anemone Microflares: Case Study // *Solar Phys.* 2020. V. 295. P. 92, 2020 doi: 10.1007/s11207-020-01662-8 (Q2; IF 2.503)
11. N. Fargette, B. Lavraud, M. Øieroset, T. D. Phan, S. Toledo-Redondo, R. Kieokaew, C. Jacquey, S. A. Fuselier, K. J. Trattner, S. Petriner, H. Hasegawa, P. Garnier, V. Génot, Q. Lenouvel, S. Fadanelli, E. Penou, J.-A. Sauvaud, D. L. A. Avanov, J. Burch, M. O. Chandler, V. N. Coffey, J. Dorelli, J. P. Eastwood, C. J. Farrugia, D. J. Gershman, B. L. Giles, E. Grigorenko, T. E. Moore, W. R. Paterson, C. Pollock, Y. Saito, C. Schiff, S. E. Smith, On the Ubiquity of Magnetic Reconnection Inside Flux Transfer Event-Like Structures at the Earth's Magnetopause, *Geophys. Res. Lett.*, 47, 6, <https://doi.org/10.1029/2019GL086726>, 2020. (IF 4.58, Q1)
12. Halekas J. S., S. Ruhunusiri, O. L. Vaisberg, Y. Harada, J. R. Espley, D. L. Mitchell, C. Mazelle, N. Romanelli, G. A. DiBraccio, D. A. Brain, Properties of Plasma Waves Observed Upstream From Mars, *JGR Space Physics*, Volume125, Issue9, 2020, doi: 10.1029/2020JA028221 (Q2, IF 2.8)
13. Hanson E. L. M. , O. V. Agapitov , I. Y. Vasko, F. S. Mozer , V. Krasnoselskikh, S. D. Bale, L. Avanov, Y. Khotyaintsev, and B. Giles. Shock Drift Acceleration of Ions in an Interplanetary

- Shock Observed by MMS. *The Astrophysical Journal Letters*, 891:L26 (8pp), 2020 doi:10.3847/2041-8213/ab7761 (Q1, IF 8.198)
14. Iliasov, A., Bagrov, A.A., Katsnelson, M.I. & Krikun A. Anisotropic destruction of the Fermi surface in inhomogeneous holographic lattices. *Journal of High Energy Physics*. 2020, 65 (2020). doi: 10.1007/JHEP01(2020)065 (IF 5.875, Q1)
 15. Katushkina O. A., Izmodenov V. V., Erratum: Infrared dust arcs around the stars: I. effect of the radiation pressure, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 496, Issue 4, pp.4402-4404, DOI: 10.1093/mnras/staa1861, (Q1, IF 5.356)
 16. Kirpichev I. P., Antonova E. E. (2020) Dependencies of kappa parameter on the core energy of kappa distributions and plasma parameter in the case of the magnetosphere of the Earth. *The Astrophysical Journal*, 891:35, doi:10.3847/1538-4357/ab700f (Q1, IF 5.75)
 17. Kozak, L. V., Petrenko, B. A., Kronberg, E. A., Grigorenko, E. E., Kozak, P. M., & Reka, K. D. (2020). Variations in the Plasma Parameters of the Earth's Magnetotail during Substorm Initiation. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 36(2), 94-102. doi:10.3103/S0884591320020051 (Q4, IF 0.33)
 18. Mayyasi M., Clarke J., Combi M., Fougere N., Quemerais E., Katushkina O., et al., *Lya Observations of Comet C/2013 A1 (Siding Spring) Using MAVEN IUVS Echelle*, *The Astronomical Journal*, 2020, 160(1), 10. DOI: 10.3847/1538-3881/ab8f96. (Q1, IF 5.75)
 19. Manninen, J., Kleimenova, N., Kozlovsky, A., Fedorenko, Y., Gromova, L., & Turunen, T. (2020). Ground-based auroral hiss recorded in Northern Finland with reference to magnetic substorms // *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086285. doi: 10.1029/2019GL086285 (Q1, IF 4.51)
 20. Neukirch T., I. Y. Vasko, A. V. Artemyev, and O. Allanson Kinetic Models of Tangential Discontinuities in the Solar Wind, *The Astrophysical Journal*, 891:86 (8pp), 2020, doi:10.3847/1538-4357/ab7234 (Q1, IF 5.75)
 21. Oliveira, D.M., Hartinger, M.D., Xu, Z., Zesta, E., Pilipenko, V.A., Giles, B.L., Silveira, M.V.D. (2020). Interplanetary shock impact angles control magnetospheric ULF wave activity: Wave amplitude, frequency, and power spectra. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL090857. doi: 10.1029/2020GL090857 (Q1, IF 4.51)
 22. Pilipenko V., Fedorov E., Xu, Z., Hartinger M.D., Engebretson M.J., Edwards T.R. (2020). Incidence of Alfvénic SC pulse onto the conjugate ionospheres. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2019JA027397. doi: 10.1029/2019JA027397 (Q2, IF 2.82)
 23. Popel S.I., A. I. Kassem, Yu. N. Izvekova, and L. M. Zelenyi, Lower-hybrid turbulence in the near-surface lunar dusty plasmas, *Physics Letters A* 384, Issue 26, 126627, 2020 doi: 10.1016/j.physleta.2020.126627 (Q2, IF 2.278)
 24. Rakhmanova L., Riazantseva M., Zastenker G., Yermolaev Yu., Lodkina I., Dynamics of plasma turbulence at the Earth's bow shock and through the magnetosheath. 220. *The Astrophysical Journal*, 901:30 doi: 10.3847/1538-4357/abae00 (Q1, IF 5.745)
 25. Rodriguez-Gomez, J.M., Podladchikova, T., Veronig, A., Ruzmaikin, A., Feynman, J., and Petrukovich, A., Clustering of Fast Coronal Mass Ejections during Solar Cycles 23 and 24 and the Implications for CME-CME Interactions : 2020, *Astrophysical Journal*, 899, 47, doi:10.3847/1538-4357/ab972 (Q1, IF 5.75)
 26. Ruderman M.S., "Kadomtsev-Petviashvili equation for magnetosonic waves in Hall plasmas and soliton stability", *Physica Scripta*, 2020, 95, 9. DOI: 10.1088/1402-4896/aba3a9, (Q2 IF 1.985)
 27. Ruderman M.S., "Quasi-parallel propagation of solitary waves in magnetised non-relativistic electron-positron plasmas", *Journal of Plasma Physics*, 2020, 86, 3. DOI: 10.1017/S0022377820000483 (Q2, IF 1.91)
 28. Ruoxi Wang, Ivan Y. Vasko, and Anton V. Artemyev A model of the current sheet in the Earth's magnetotail. *Phys. Plasmas* 27, 062901, 2020, doi: 10.1063/5.0002663 (Q2, IF 1.83)

29. San Lu, V. Angelopoulos, A. V. Artemyev, P. L. Pritchett, W. J. Sun, and J. A. Slavin Particle-in-cell Simulations of Secondary Magnetic Islands: Ion-scale Flux Ropes and Plasmoids. *The Astrophysical Journal*, 900:145 (10pp), 2020 doi:10.3847/1538-4357/abaa44 (Q1, IF 5.75)
30. San Lu, V. Angelopoulos, A. V. Artemyev, Yingdong Jia, Qianfan Chen, Jiang Liu, and A. Runov Magnetic reconnection in a charged, electron-dominant current sheet. *Phys. Plasmas* 27, 102902, 2020 doi:10.1063/5.0020857 (Q2, 1.83)
31. San Lu, A. V. Artemyev, V. Angelopoulos, and P. L. Pritchett Energetic Electron Acceleration by Ion-scale Magnetic Islands in Turbulent Magnetic Reconnection: Particle-in-cell Simulations and ARTEMIS Observations. *The Astrophysical Journal*, 896:105 (8pp), 2020 doi:10.3847/1538-4357/ab908e (Q1, IF 5.75)
32. San Lu, Rongsheng Wang, Quanming Lu, V. Angelopoulos, R. Nakamura, A. V. Artemyev, P. L. Pritchett, T. Z. Liu, X.-J. Zhang, W. Baumjohann, W. Gonzalez, A. C. Rager, R. B. Torbert, B. L. Giles, D. J. Gershman, C. T. Russell, R. J. Strangeway, Y. Qi, R. E. Ergun, P.-A. Lindqvist, J. L. Burch & Shui Wang Magnetotail reconnection onset caused by electron kinetics with a strong external driver. *Nat Commun* 11, 5049, 2022 doi:10.1038/s41467-020-18787-w (Q1, IF 12.121)
33. Shen, Y., Artemyev, A., Zhang, X.-J., Vasko, I. Y., Runov, A., Angelopoulos, V., & Knudsen, D. Potential evidence of low-energy electron scattering and ionospheric precipitation by time domain structures. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL089138, 2020 doi:10.1029/2020GL089138 (Q1, IF 4.5)
34. Shvartsburg A.B., S.N. Artekha, N.S. Artekha, Exactly solvable model for transmission line with artificial dispersion, *Journal of Applied Physics* 2020, Vol. 128, 024901. doi: 10.1063/5.0010700 (IF 2.286; Q2)
35. Shvartsburg A.B., S.N. Artekha, Polarization-dependent resonant phenomena in all-dielectric scatterers: inversion of magnetic inductance and electric displacement, *The European Physical Journal Plus* (2020), 135: 722. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-020-00744-7> (IF 2.710; Q1)
36. Vaisberg O., S. Shuvalov, Properties and sources of the dayside Martian magnetosphere, *Icarus*, V. 354, 15 Jan, 2021, 114085, doi: 10.1016/j.icarus.2020.114085 (Q2, IF 3.56)
37. Zaslavskaya R.M., L.V.Krivchikova, M.M.Tejblum. Gender Differences in the Influence of Terrestrial and Cosmic Weather on Effectiveness of Therapy by Angiotensin-Transforming Enzyme Inhibitors and Angiotensin Receptors Blockers 2 for Elderly Patients with Arterial Hypertension, Stage 3, Degree 3. // *International Independent Scientific Journal*, 2020, V.1, #15, P.11-13. (без кватриля)
38. Zaslavskaya R.V., Morozova I.A., Tejblum M.M. Efficacy Of Therapy With Levo-Carnitine In Metabolic Disturbances In Patients With Cardiovascular Pathology On The Background Of Diabetes Mellitus Type 2. // *Annali D' Italia*, #12, V.1, 2020, P.45-64. (без кватриля)
39. Zaslavskaya R.M., Shcherban E.A., Tejblum M.M. The Role Of Melatonin (Melaxen) as an Adaptogen in Meteorological and Magnetic Dependence in Patients with Arterial Hypertension and Ischemic Heart Disease. // *Annali D'Italia (Italia'S Scientific Journal*, 2020, V.1, #7, P.48-53. (без кватриля)
40. Zaslavskaya R.M., Tejblum M.M. Genetic factor in phenotypically dyspepsia of circadian rhythms in hemodynamical parameters in norm, sport and hypertension disease stage 1 // *Annali D' Italia*, #12, V.1, 2020, P.33-45. (без кватриля)
41. Zhang, X.-J., Ma, Q., Artemyev, A. V., Li, W., Kurth, W. S., Mauk, B. H., et al. Plasma sheet boundary layer in Jupiter's magnetodisk as observed by Juno. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA027957, 2020 doi:10.1029/2020JA027957 (Q2, IF 2.8)
42. Zhang, X.-J., Angelopoulos, V., Artemyev, A. V., Hartinger, M. D., & Bortnik, J. Modulation of whistler waves by ultra-low-frequency perturbations: The importance of magnetopause location. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, e2020JA028334, 2020 doi:10.1029/2020JA028334 (Q2, IF 2.8)

43. Безродных И. П., Е. И. Морозова, А. А. Петрукович, М. В. Кожухов Динамика низкочастотных вариаций числа солнечных пятен и кр-индекса геомагнитной активности для восьми циклов солнечной активности (1932 – 2018 гг.). “Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ”, 2020, т.176, №3, с.7-18 (без кватриля)
44. Бурдонский И.Н., Леонов А.Г., Юфа В.Н., Голубь А.П., Попель С.И., Садовский А.М. Подъем пылевых частиц при воздействии лазерного излучения на хондритовую мишень и возможность моделирования плазменно-пылевых процессов у поверхности Луны, Письма в ЖТФ, 2020. Т. 46. № 20. С. 47-50 doi: 10.21883/PJTF.2020.20.50157.18362 (Q4; IF 0.791)
45. Воробьев В. Г., О. И. Ягодкина, Е. Е. Антонова, Давление ионов в различных областях высыпаний дневного сектора, Геомагнетизм и аэрономия, 2020, том 60, № 6, с. 740–750. doi:10.31857/S0016794020060140 (Q4, IF)
46. Домрин В.И., Х.В. Малова, В.Ю. Попов, Е.Е. Григоренко, А.А. Петрукович, Токовые слои с многокомпонентной плазмой в магнитосферах планет солнечной системы, Космические Исследования, 2020, Т.58, №6, С. 461-470, 2020. DOI: 10.31857/S0023420620060035 (Q4, IF 0.480)
47. Захаров В. И., А. А. Чернышов, В. Милох, Я. Джин "Влияние ионосферы на параметры навигационных сигналов GPS во время геомагнитной суббури", Геомагнетизм и Аэрономия 2020, т 60, N 6. с. 769–782. doi: 10.31857/S0016794020060152 (Q4, IF)
48. Зеленый Л.М., Попель С.И., Захаров А.В. Пылевая плазма на Луне. Проблемы моделирования и измерений *Физика плазмы*. 2020. Т. 46. № 5. С. 441-455 doi: 10.31857/S0367292120050108 (Q4, IF.)
49. Зенченко Т.А., Бреус Т.К. Влияние климата и погоды на самочувствие и здоровье людей. Современные представления // Геосферные исследования, 2020. №3. С. 80-96 DOI: 10.17223/25421379/16/ (без кватриля)
50. Извекова Ю.Н., Попель С.И., Извеков О.Я. О возможности возбуждения колебаний в шумановском резонаторе на Марсе *Физика плазмы*. 2020. Т. 46. № 1. С. 72-77 doi: 10.31857/S0367292120010102 (Q4, IF 0.832)
51. Ковражкин Р.А., А.Л. Глазунов, Г.А. Владимирова, «Аномальный скейлинг энергии ионных пучков в токовом слое», Письма в ЖЭТФ, т. 111, в. 4, с. 223 – 227, DOI: 10.31857/S0370274X20040037, (2020) (Q2, IF 1.42)
52. Котова Г.А., М.И. Веригин, Т. Гомбоши, К. Кабин, Аналитическая модель околопланетной ударной волны для различных направлений магнитного поля, основанная на МГД-расчетах, Солнечно-земная физика. Т. 6. № 4, 51-58, 2020. doi: 10.12737/stp-64202007 (без кватриля)
53. Красовский В.Л., К расчету функции распределения электронов слабоионизованной плазмы в электрическом поле, *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*, 2020, т. 491, № 1, стр. 12-17. DOI: 10.31857/S2686740020020169 (IF 0.705; Q4)
54. Мальхин А.Ю., Григоренко Е.Е., Кронберг Е.А., Дали, Вариации давления ионных компонент плазменного слоя во время диполизаций в ближнем хвосте магнитосферы Земли, Геомагнетизм и Аэрономия, 60, 1, 23-30, doi: 10.31857/S0016794020010095, 2020. (Q4)
55. Моисеенко Д.А., А. Ю. Шестаков, О. Л. Вайсберг, Р. Н. Журавлев, С. Д. Шувалов, М. В. Митюрин, И. И. Нечушкин, П. П. Моисеев, Исследование процессов рассеяния ионов и нейтральных атомов с использованием стенда нейтральных частиц. Опубликовано в журнале «Приборы и техника эксперимента», 2020, № 2, с. 81–86 DOI: 10.1134/S0020441220020128 WoS Q4;
56. Нейштадт А.И., А.В.Артемов, Гамильтониан в теории ведущего центра: подход на основе симплектической структуры, Труды Математического института им. В.А.Стеклова, 2020, т. 310, с. 230–236, DOI: 10.4213/tm4140 (IF 0.467 Q4)

57. Некрасов А.К., Пилипенко В.А. (2020) Мгд-волны в столкновительной плазме солнечной короны и земной ионосферы. Солнечно-земная физика. Т.6. №4 DOI:10.12737/stp-64202003 (без кватриля)
58. Ожередов В.А., Т.К. Бреус, Л.М. Зелёный. Связь интеллектуальной возбудимости пользователей сети Интернет с повышением солнечной активности, ISSN 1811-0045 (печатная версия), 2311-9578 (онлайн) ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И БИОСФЕРА. 2020. Т. 19, № 4. С. 37–50 Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2020, vol. 56, iss. 11. ISSN: 0001-4338 (Print), 1555-628X (Online). <https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/11485> Doi: 10.21455/GPB2020.4-4 (Q4, IF 0.806)
59. Петрукович А. А., Малова Х.В., Попов В.Ю., Маевский Е.В., Измоденов В.В., Катушкина О.А., Виноградов А.А., Рязанцева М.О., Рахманова Л.С., Подладчикова Т.В., Застенкер Г.Н., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Чесалин Л.С., Современный взгляд на солнечный ветер от микро- до макромасштабов, УФН, 2020, Т.190, С.859–870, 2020 doi: 10.3367/UFN.2019.06.038677 (Q2, IF 3.09)
60. Рохас-Гамарра М., Гонзалес Х., Степанова М.В., Антонова Е.Е. (2020). Вариации давления плазмы на широтах аврорального овала до, во время и после изолированной геомагнитной суббури 22 декабря 2008 г., Геомагнетизм и аэрономия, Т. 60, № 4. С. 469–477. doi: 10.31857/S0016794020040148 (Q4)
61. Царева О.О., Зеленый Л.М., Малова Х.В., Попов В.Ю. (2020) Радиационные пояса в процессе инверсии магнитного поля Земли. Космические исследования, 2020, 58 (4), 1-8, doi: 10.31857/S002342062004010X (Q4, IF 0.48)
62. Шварцбург А.Б., С.Н. Артеха, Н.С. Артеха, Резонансное возбуждение и структура электромагнитных полей в ближней зоне диэлектрических рассеивателей, Инженерная физика 2020, № 4, С. 13-21. doi: 10.25791/infizik.04.2020.1128 (ВАК, РИНЦ IF 0,237) (без кватриля)