

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 122042700118-4

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института космических исследований
Российской академии наук
чл.-корр РАН



М.П.

« 22 » декабря 2023 г.

А.А. Петрукович

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

Тема ПЛАЗМА
(промежуточный, этап 2)

FFWG-2022-0008

Руководитель темы,
директор ИКИ РАН,
чл.-корр РАН

А.А. Петрукович

Москва

2023

СПИСОК ОТВЕТСТВЕННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы
директор, чл.-корр.РАН



21.12.2023

А.А. Петрукович
(все разделы)

Ответственные
исполнители разделов
темы:

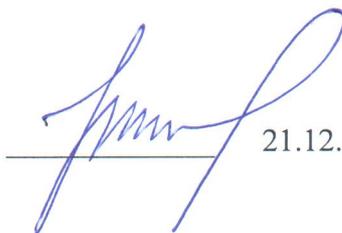
Научный руководитель
ИКИ РАН, академик
РАН



21.12.2023

Л.М. Зелёный
(раздел 1)

Директор, чл.-корр.
РАН



21.12.2023

А.А. Петрукович
(раздел 2, 3)

Зав. лаб., д.ф.-м.н.



21.12.2023

В.В. Измоленов
(раздел 4)

Нормоконтроль



21.12.2023

А.М. Садовский

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

ведущий программист,
проф.



Е.Е. Антонова
(раздел 2)

с.н.с., к.ф.-м.н.



А.В. Артемьев
(раздел 1)

зав. лаб., к.ф.-м.н.



С.Н. Артеха
(раздел 1)

н.с., к.ф.-м.н.



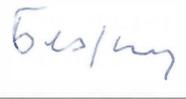
И.И. Балюкин
(раздел 4)

с.н.с., к.ф.-м.н.



И.П. Безродных
(раздел 2)

с.н.с., к.ф.-м.н.



В.В. Безруких
(раздел 2)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Н.Л. Бородкова
(раздел 2)

г.н.с., д.ф.-м.н.



Т.К. Бреус
(раздел 3)

г.н.с., д.ф.-м.н.



О.Л. Вайсберг
(раздел 2)

в.н.с., д.ф.-м.н.



Е.Е. Григоренко
(раздел 1,2)

с.н.с., к.ф.-м.н.



В.А. Грушин
(раздел 2)

в.н.с., д.ф.-м.н.



Ю.И. Ермолаев
(раздел 2)

ведущий инженер



Р.Н. Журавлев
(раздел 2)

в.н.с., д.ф.-м.н.



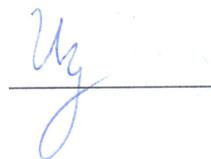
Г.Н. Застенкер
(раздел 2)

с.н.с., д.ф.-м.н.



Т.А. Зенченко
(раздел 3)

с.н.с., к.ф.-м.н.



И. В. Зимовец
(раздел 2)

н.с., к.ф.-м.н.



Ю.Н. Извекова
(раздел 1)

н.с., к.ф.-м.н.



И.П. Кирпичев
(раздел 2)

в.н.с., д.ф.-м.н.



С.И. Климов
(раздел 2)

ведущий инженер, д.ф.-
м.н.



Р.А. Ковражкин
(раздел 2)

н.с., к.ф.-м.н.



С.И. Копнин
(раздел 1)

м.н.с.



С.Д. Корольков
(раздел 4)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Г.А. Котова
(раздел 2)

ведущий программист



И.Г. Лодкина
(раздел 2)

в.н.с., д.ф.-м.н.



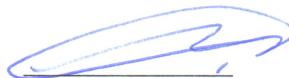
Х.В. Малова
(раздел 1,2)

в.н.с., к.ф.-м.н.



М.М. Могилевский
(раздел 2)

н.с., к.ф.-м.н.



Д.А. Моисеенко
(раздел 2)

н.с., к.ф.-м.н.



Т.И. Морозова
(раздел 1)

в.н.с., д.ф.-м.н.



А.И. Нейшгадт
(раздел 1)

н.с., к.ф.-м.н.



В.А. Ожередов
(раздел 2,3)

зав. сект., д.ф.-м.н.



А.С. Петросян
(раздел 1)

н.с., д.ф.м.н.



В.А. Пилипенко
(раздел 2)

зав. лаб., проф.



С.И. Попель
(раздел 1)

н.с., к.ф.-м.н.



Л.С. Рахманова
(раздел 2)

в.н.с., д.ф.-м.н.



М.С. Рудерман
(раздел 1)

с.н.с., к.ф.-м.н.



М.О. Рязанцева
(раздел 2)

инженер



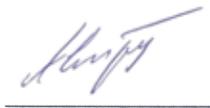
А.А. Синевич
(раздел 2)

с.н.с., к.ф.-м.н.



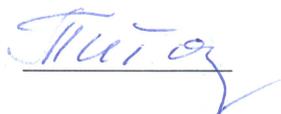
А.А. Скальский
(раздел 2)

в.н.с., д.ф.-м.н.



А.Б. Струминский
(раздел 2)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Е.Е. Титова
(раздел 1)

н.с., к.ф.-м.н.



О.О. Царёва
(раздел 1)

с.н.с., к.ф.-м.н.



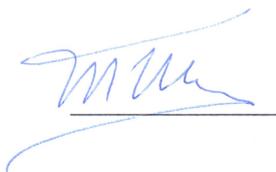
А.А. Чернышов
(раздел 2)

м.н.с.



Д.В. Чугунин
(раздел 2)

н.с., к.ф.-м.н.



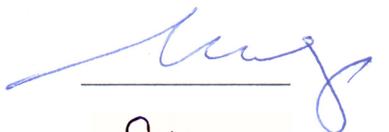
И.Н. Шарькин
(раздел 2)

м.н.с.



А.Ю. Шестаков
(раздел 2)

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Д.Р. Шкляр
(раздел 1)

н.с., к.ф.-м.н.



Е.В. Юшков
(раздел 1)

РЕФЕРАТ

Отчет содержит 88 страниц, 16 рисунков, 363 источника (все статьи по направлению, включая гранты – см. раздел СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ).

По госзаданию:

Всего должно быть статей по теме "ПЛАЗМА" за 2023 г согласно плану НИР - 53
Фактически опубликовано в 2023 г - 61 (см. раздел «Список публикаций по теме ПЛАЗМА»).

Из них (WoS): Q1 – 10; Q2 – 12; Q3 – 6; Q4 – 23; Без квартиля – 10.

При проведении научно-исследовательских работ в 2023 г была разработана самосогласованная комбинированная модель сверхтонких токовых слоев электронного масштаба; представлена теоретическая модель, описывающая возможный механизм формирования и эволюции плазменно-пылевых облаков (зафиксированных в марсианской ионосфере); предложена двумерная модель мультифрактального турбулентного электромагнитного поля, а также модель генерации джетов в стратифицированной неравновесной плазме.

Представлено описание нелинейных волн в запыленной магнитосфере Сатурна и в пылевой плазме у поверхности Меркурия; проведено подробное исследование трехмерных неустойчивостей во вращающейся астрофизической плазме.

Впервые показано, что в солнечных вспышках темп ускорения протонов согласуется с диапазоном времен ускорения электронов до 100 кэВ, что свидетельствует в пользу единого механизма этого ускорения; для гелиосейсмически активной солнечной вспышки впервые приводятся результаты совместного анализа рентгеновских и микроволновых спектров.

Установлено, что различные крупномасштабные явления в солнечном ветре подвержены различной модификации при пересечении головной ударной волны, что может являться одной из причин различий в их геоэффективности.

Впервые обнаружено существование квазистационарных областей с крайне малыми градиентами давления (плато давления), что дает принципиально новый взгляд на глобальную картину строения магнитосферы Земли.

Впервые выделены регулярные неоднородности плотности в пограничном слое плазмосферы Земли; установлена зависимость генерации недавно обнаруженного гектометрового излучения от местного магнитного времени; комбинация квазилинейной теории, численного моделирования и измерения плазмы и электромагнитных полей экваториальными спутниками THEMIS, позволила получить оценку относительной важности кинетических альвеновских и свистовых волн в рассеянии электронов из плазменного слоя в ионосферу.

Модельные оценки дают возможность утверждать, что установка FENICS может быть значительно более дешевой и эффективной альтернативой радионагревным методам возбуждения искусственных излучений диапазона Pc1.

Показано, что для некоторых наблюдений межпланетное излучение Лайман- α (которое в большинстве работ пренебрегается) не является пренебрежимо малым по сравнению с планетным излучением.

Результаты опытно-конструкторской работы: разработана и испытана в лабораторных условиях новая электронно-оптическая схема спектрометра электронов ТОТЕМ-Э; в ЦР «Обстановка (2 этап)» прорабатывается расширение использования метода комбинированной волновой диагностики – КВД, отработанного на автоматических КА

как среднего, так и малого класса; в ЦР «Трабант» было признано, что основной задачей должны являться исследования детерминированных (0.1 – 100 км) пространственных и временных градиентов электромагнитных параметров и концентрации плазмы.

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	10
1 Раздел 1 Теория плазмы.	12
2 Раздел 2 Экспериментальные исследования	25
3 Раздел 3 Космическая погода	46
4 Раздел 4 Исследования гелиосферы	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	53
Список публикаций по теме ПЛАЗМА.....	83

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 1.3.4.3, 1.3.7.3)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей (номер направления в Программе 1.3.4.2, 1.3.4.3, 1.3.7.4, 1.3.6.3, 1.3.6.4)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы (номер направления в Программе 1.3.7.5)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля (номер направления в Программе 1.3.4.3, 1.3.7.5)
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики (номер направления в Программе 1.3.3.6)

Эти направления НИР и ОКР соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021 - 2030 годы), утвержденной распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г., № 3684-р

п/п	Приоритетные направления фундаментальных и поисковых научных исследований (Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период 2021-2030 гг)	Номер направления в «Программе»
1	Плазменные процессы в геофизике и астрофизике	1.3.4.3
2	Физика звезд и компактных объектов	1.3.7.3
3	Физика низкотемпературной плазмы	1.3.4.2
4	Солнце и околоземное космическое пространство, солнечно-земные связи	1.3.7.4
5	Физика нелинейных волн и нелинейная динамика	1.3.6.3
6	Фундаментальные проблемы распространения радиоволн, в том числе в ионосфере	1.3.6.4
7	Планеты и планетные системы Плазменные процессы в геофизике и астрофизике.	1.3.7.5
8	Развитие методов детектирования элементарных частиц, атомных ядер и ионизирующего излучения, методов рентгеновской и нейтронной оптики	1.3.3.6

Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей проводятся по теме FFWG-2022-0008 ПЛАЗМА
Тема FFWG-2022-0008 ПЛАЗМА является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2023 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 № 122042700118-4

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

1. ТЕОРИЯ ПЛАЗМЫ

Руководитель академик РАН Л.М. Зелёный

1. Нелинейная равновесная структура сверхтонкого токового слоя и роль немагнитных электронов

Недавние наблюдения MMS подтвердили существование квазистационарных сверхтонких токовых слоев электронного масштаба (СТТС), полутолщины которых составляют нескольких электронных гирорадиусов. В подобных слоях доминирует электронная популяция, состоящая как из замагнитных, так и размагнитных частиц. Чтобы изучить роль размагнитных электронов мы разработали самосогласованную комбинированную модель СТТС, в которой динамика немагнитных электронов описывается в рамках квазиadiaбатического приближения, в то время как движение другой части электронной популяции описывается в приближении ведущего центра. Популяция немагнитных ионов рассматривается в рамках квазиadiaбатического подхода. В представленной модели введен весовой коэффициент плотности немагнитных электронов в зависимости от величины нормированной нормальной составляющей магнитного поля V_n/B_0 ; проведено сравнение характерных профилей двух типов СТТС, с учетом и без учета размагнитных электронов. Показано, что в присутствии немагнитных электронов профиль плотности тока в центральной части слоя становится намного более узким и интенсивным. Толщина и амплитуда плотности тока в слое зависят от анизотропии плазмы (создаваемой замагнитными электронами) и величины потоковой скорости размагнитных электронов. Показано, что максимальная плотность тока растет с ростом популяции размагнитных электронов и контролируется отношением их тепловой скорости к скорости входящего потока электронов. Результаты свидетельствуют о том, что интенсивные сверхтонкие токовые слои могут формироваться даже в отсутствие сильной электронной анизотропии, что подтверждается наблюдениями спутников MMS.

Tsareva O. O., Leonenko M. V., Grigorenko E. E., Malova N. V., Popov V. Yu., Zelenyi L. M. (2023). Nonlinear equilibrium structure of super thin current sheets: Influence of quasi-adiabatic electron population. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031459, pp. 1-14. [doi 10.1029/2023JA031459](https://doi.org/10.1029/2023JA031459)

2. Исследование влияния тяжелых ионов на структуру токовых слоев в гравитационных полях экзопланет и звезд.

Пограничные токовые слои (ТС) могут формироваться в бесстолкновительной космической плазме в окрестности экзопланет и холодных звезд. Обычно они представляют собой изогнутые поверхности, по которым течет электрический ток, аналогично хорошо известным планетарным ионосферам, магнитопаузам и звездным коронам, окружающим небесные тела. На меньших масштабах некоторые из них можно

представить как плоские токовые слои конечной толщины, расположенные параллельно поверхности небесного объекта и, соответственно, перпендикулярно направлению гравитационной силы. В некоторых случаях гравитационные силы, направленные поперек линий магнитного поля, могут влиять на динамику заряженных частиц в ТС и существенно изменять структуру как токового слоя, так и магнитного поля. Авторами сделано обобщение ранее представленной модели с учетом многокомпонентного ионного состава плазмы и конфигурации магнитного поля с магнитным широм. Показано, что вследствие дрейфового движения частиц плазмы в скрещенных гравитационном и магнитном полях структура ТС становится более сложной, с асимметричными и смещенными профилями плотностей тока и плазмы, что зависит от вида доминирующих носителей тока и характеристик магнитного шира. В статье обсуждаются возможные приложения результатов для интерпретации наблюдений пограничных токовых слоев в космической плазме.

Kislov, R. A., Malova, N. V., Khabarova, O. V., Zelenyi, L. M., and Antsiferova, U. P., “Impact of Heavy Ions on the Structure of Current Sheets in the Gravity Field of Exoplanets and Stars”, *The Astrophysical Journal*, vol. 947, no. 2, 2023. doi:10.3847/1538-4357/acbccd

3. Построение и исследование модели мультифрактального турбулентного электромагнитного поля в бесстолкновительной космической плазме

Предложена двумерная модель мультифрактального турбулентного электромагнитного поля, позволяющая гибко варьировать ширину мультифрактального спектра и уровень перемежаемости. Моделирование электромагнитного поля происходит при помощи суперпозиции вейвлетов, которые распределяются равномерно по всей вычислительной области. Путем специального распределения амплитуд мы добиваемся того, чтобы результирующее поле было мультифрактальным и перемежаемым. При помощи данной модели исследовалось влияние мультифрактальности и перемежаемости на ускорение заряженных частиц в турбулентном поле в хвосте магнитосферы Земли. Показано, что в случае мультифрактального поля отдельные частицы способны достичь больших значений энергии по сравнению с монофрактальной турбулентностью.

Левашов Н.Н., В.Ю. Попов, Н.М. Малова, Л.М. Зеленый, Моделирование мультифрактального турбулентного электромагнитного поля в космической плазме // *Космические Исследования*, 2023, том 61, № 2, с. 116- 123, DOI:10.31857/S0023420622100089

4. Исследование влияния тяжелых ионов на процессы формирования тонких токовых слоев в геомагнитном хвосте

Тонкий токовый слой в хвосте магнитосферы Земли, имеющий характерную толщину от одного до нескольких протонных гирорадиусов, часто наблюдаются во время магнитосферных возмущений — суббурь, когда сравнительно толстая токовая конфигурация в хвосте сужается до предельно малой толщины, а затем может спонтанно разрушаться. Процесс разрушения, как правило, сопровождается активными процессами: ускорением и нагревом плазмы, генерацией переменных электрических полей и магнитогидродинамических волн. В настоящей работе развита и исследована модель формирования тонкого токового слоя, в котором, наряду с протонами, присутствуют однозарядные ионы кислорода, поступающие из ионосферы в токовый слой хвоста в магнитоактивные периоды. Целью моделирования является изучение закономерностей образования равновесного тонкого токового слоя в плазме, состоящей из двух сортов ионов, и исследование его структуры. Показано, что равновесная конфигурация может

иметь особенности. В частности, если в системе присутствуют только протоны или только тяжелые ионы, то формируется одномасштабное токовое равновесие, определяемое частицами, движущимися вдоль квазиadiaбатических траекторий. При формировании токового слоя в плазме, состоящей из смеси протонов и ионов кислорода в сопоставимых концентрациях, с большой вероятностью образуется токовый слой, в котором носителями тока являются тяжелые ионы, а траектории протонов хаотизируются и вносят отрицательный вклад в ток, благодаря чему профиль плотности тока становится расщепленным с минимумом в центре и максимумами на периферии слоя. Полученные результаты могут быть полезными для интерпретации данных наблюдений в хвосте магнитосферы Земли.

Домрин В. И., Х. В. Малова, В. Ю. Попов, Е. Е. Григоренко, Л. М. Зеленый, Влияние ионов кислорода на формирование тонкого токового слоя геомагнитного хвоста // Космические исследования, 2023, том 61, № 3, с. 215–229, DOI: 10.31857/S0023420622600271

5. Пылевая плазма в окрестностях Луны: современные исследования и новые перспективы

Систематизированы исследования по пылевой плазме над поверхностью Луны, выполненные за последнее время в Институте космических исследований РАН. Исследования связаны с будущими миссиями “Луна-26” и “Луна-27”, в рамках которых будут изучаться свойства пыли и пылевой плазмы в экзосфере Луны. Решены проблемы формирования пылевой плазмы над освещенной частью Луны, в области лунного терминатора, влияния магнитных полей на окололунную пылевую плазму, влияния на результаты измерений посадочного модуля космического аппарата. Сформулированы нерешенные проблемы, касающиеся изучения окололунной пылевой плазмы.

Попель С. И., Захаров А. В., Зеленый Л. М. Пылевая плазма в окрестностях Луны: современные исследования и новые перспективы // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 12-24.

6. Проявления аномальной диссипации в плазменно-пылевых системах

Рассмотрена аномальная диссипация в пылевой плазме, связанная с процессами зарядки пылевых частиц, являющаяся одной из основных особенностей, отличающих пылевую плазму от обычной (не содержащей заряженных пылевых частиц) плазмы. Особое внимание уделено проявлениям аномальной диссипации в плазменно-пылевой системе у Луны, где удастся связать аномальную диссипацию исключительно с процессами зарядки пылевых частиц. Учет аномальной диссипации позволяет определить, возможно ли использование приближения левитирующих пылевых частиц для описания окололунной пылевой плазмы, т.е. частиц, для которых можно считать, что имеет место баланс между действующими на частицу электростатической и гравитационной силами, или же проявления динамических эффектов (например, осцилляций траекторий пылевых частиц) существенны. Аномальная диссипация в плазменно-пылевой системе у Луны сравнивается с аналогичным процессом в других плазменно-пылевых системах, сопровождающим, как правило, распространение нелинейных волн. При рассмотрении нелинейных волн процессы зарядки пылевых частиц воздействуют на форму нелинейной волны и приводят к ее деформации в смысле нарушения, например, осесимметричной структуры. Поглощения ионов пылевыми частицами и кулоновских столкновений между ионами и пылевыми частицами приводят к уменьшению амплитуды нелинейного возмущения. Получено условие существования “слабодиссипативных” солитонов.

Оказывается, что “слабодиссипативные” солитоны могут существовать до тех пор, пока они еще не очень сильно деформировались (в смысле нарушения осесимметричной структуры). При этом их амплитуда уменьшается. Показано, что проявления аномальной диссипации важны в пылевой плазме в лаборатории и природе, например, в окрестностях Луны, безатмосферных тел Солнечной системы, комет и т.д.

Попель С. И. Проявления аномальной диссипации в плазменно-пылевых системах // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 48-56.

7. Проявления модуляционной неустойчивости в ионосфере Земли, включая хвосты метеороидов

Описан механизм модуляционного взаимодействия различных волновых мод в хвостах метеороидов. Модуляционная неустойчивость различных мод колебаний может приводить к возникновению ряда наблюдательных эффектов в метеороидных хвостах таких, как электрофонные шумы. В частности, это может быть модуляционная неустойчивость электромагнитных волн от ударной волны метеороида, связанная с пылевой звуковой модой, а также модуляционная неустойчивость нижегибридных и ленгмюровских волн. В первом случае могут рождаться волны, которые потом преобразуются в звуковые, когда дойдут до поверхности Земли. В двух последних случаях могут возникать магнитные поля, величины которых сравнимы с наблюдаемыми магнитными полями во время экспериментов с магнитометрами, а также распространяться поперечные электромагнитные колебания, которые, достигая поверхности Земли, могут восприниматься как электрофонные шумы, слышимые одновременно с пролетом метеороидов. Рассматривается влияние вспышек метеоров на параметры пылевой плазмы хвостов метеороидов в зависимости от высоты пролета метеорных тел. Оценены характерные концентрации пылевых частиц в хвостах метеороидов во время вспышек от высоты. Показано на примере модуляционной неустойчивости электромагнитных волн, связанной с пылевой звуковой модой, как концентрация пылевых частиц, увеличенная во время вспышек, будет влиять на величину инкрементов неустойчивости и условия ее развития.

Морозова Т. И., Попель С. И. Проявления модуляционной неустойчивости в ионосфере Земли, включая хвосты метеороидов // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 42-47. (БАЗИС)

8. Плазменно-пылевая система в марсианской ионосфере

Представлена теоретическая модель, описывающая возможный механизм формирования и эволюции плазменно-пылевых облаков, зафиксированных в марсианской ионосфере аппаратом Mars Science Laboratory Curiosity в марте 2021 г. Модель описывает, в частности, седиментацию пылевых частиц в пересыщенных парах углекислого газа, рост пылевых зародышей за счет нуклеации углекислого газа, процессы зарядки пылевых частиц, а также временные изменения электронной и ионной концентраций ионосферной плазмы. Показано, что в рамках данной модели оказывается возможным проиллюстрировать образование слоистой структуры пылевого облака, характерное время седиментации которого составляет несколько минут. Рассчитаны характерные размеры пылевых частиц, соответствующие результатам измерений. Кроме того, рассчитаны характерные заряды пылевых частиц в случаях наличия и отсутствия фотоэффекта. Показано, что при отсутствии фотоэффекта пылевые частицы приобретают отрицательный заряд и, кроме того, наблюдается понижение концентраций ионов и электронов плазмы. В случае наличия фотоэффекта частицы с металлическими примесями

несут на себе положительный заряд, концентрация электронов плазмы при этом повышается при сохранении понижения ионной концентрации.

Резниченко Ю. С., Дубинский А. Ю., Попель С. И. Плазменно-пылевая система в марсианской ионосфере // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 57-66. (БАЗИС)

9. К вопросу о формировании облаков в запыленной ионосфере Марса

Рассмотрены плазменно-пылевые облака в мезосфере Марса, наблюдаемые на высотах около 100 км. Перечислены особенности запыленной ионосферы Марса по сравнению с запыленной ионосферой Земли. Приведены уравнения модели, описывающей самосогласованным образом плазменно-пылевые структуры в ионосфере Марса, которая учитывает особенности, важные для ионосферы Марса, но не включаемые в рассмотрение при описании плазменно-пылевой системы в ионосфере Земли. Например, в случае Марса модель учитывает эффекты торможения пылевых частиц за счет налипания на них молекул конденсата. Приведен пример высотного распределения частиц, составляющих марсианские мезосферные облака, вычисленный на основе самосогласованной модели. Показано, что важным фактором, влияющим на формирование плазменно-пылевых облаков в ионосфере Марса, является неустойчивость Рэля–Тейлора, которая приводит к тому, что плазменно-пылевые облака могут существовать лишь при достаточно малых значениях размеров составляющих их пылевых частиц, а также к тому, что имеется ограничение (сверху) на толщину плазменно-пылевого облака.

Резниченко Ю. С., Дубинский А. Ю., Попель С. И. К вопросу о формировании облаков в запыленной ионосфере Марса // Письма в ЖЭТФ. 2023. Т. 117. № 6. С. 420-427.

10. Пылевая плазма над освещённой поверхностью Меркурия

Исследованы свойства и процессы формирования пылевой плазмы над освещенной поверхностью Меркурия. Показано, что пылевая плазма образуется за счет фотоэлектрических и электростатических процессов при углах между местной нормалью и направлением на Солнце, превышающих примерно 76° . В результате пылевая плазма присутствует в полярных областях Меркурия, характеризующихся широтами около 70° и выше. Образование пылевой плазмы возможно и для более низких широт, но, в основном, там, где это позволяет профиль поверхности. Плазма над освещенной поверхностью Меркурия состоит из фотоэлектронов, электронов и ионов солнечного ветра, а также заряженных частиц пыли. Найдены функции распределения фотоэлектронов вблизи поверхности Меркурия, высотные зависимости концентрации пылевых частиц, их зарядов и характерных размеров, а также напряженности электрических полей. Показано, что существуют качественные различия между плазменно-пылевыми системами Меркурия и Луны, связанные с тем, что Меркурий обладает собственным магнитным полем, а также с высоким эксцентриситетом орбиты. Из-за наличия магнитосферы Меркурия солнечный ветер существенно влияет на процессы формирования пылевой плазмы на Меркурии только в окрестностях его магнитных полюсов. В других областях Меркурия, в отличие от ситуации на Луне, влияние солнечного ветра на свойства пылевой плазмы у его поверхности незначительно. Имеется различие параметров пылевой плазмы для условий афелия и перигелия орбиты Меркурия.

Popel S. I., Golub' A. P., Zelenyi L. M. Dusty plasmas above the sunlit surface of Mercury // Physics of Plasmas. 2023. V. 30. No. 4. P. 043701, 9 pages (БАЗИС)

11. Волновые процессы в пылевой плазме у поверхности Меркурия

Исследованы линейные волновые процессы в пылевой плазме у поверхности Меркурия. Показано, что при наличии градиента концентрации электронов в магнитном поле в пылевой плазме у поверхности Меркурия может возникать дрейфовая турбулентность. В присутствии солнечного ветра, который имеет скорость около 400 км/с относительно плазмы у поверхности планеты, возможна генерация продольных электростатических колебаний с частотами, определяемыми электронной плазменной частотой. Рассмотрение волновых процессов проводилось с учетом различия параметров в афелии и в перигелии орбиты Меркурия, а также с учетом того факта, находятся ли пылевые частицы вблизи магнитных полюсов или вдалеке от них.

Извекова Ю. Н., Попель С.И., Голубь А. П. Волновые процессы в пылевой плазме у поверхности Меркурия // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 7. С. 695-702.

12. Нелинейные пылевые звуковые волны в экзосфере Меркурия

Показано, что в пылевой плазме у поверхности Меркурия возможно развитие нелинейных волновых процессов. Рассмотрены нелинейные волны – пылевые звуковые солитоны и нелинейные периодические волны. Получены профили потенциала солитонов большой амплитуды и нелинейных периодических волн. Определены зависимости амплитуды солитонов от высоты над поверхностью планеты и скорости солитонов.

Извекова Ю. Н., Попель С.И., Голубь А. П. Нелинейные пылевые звуковые волны в экзосфере Меркурия // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 10. С. 1010-1015.

13. Двумерное описание нелинейных волновых возмущений в запыленной магнитосфере Сатурна

Представлено двумерное описание нелинейных пылевых звуковых волн в запыленной магнитосфере Сатурна, которая содержит электроны двух сортов (горячие и холодные), подчиняющиеся каппа-распределению, ионы магнитосферы, а также заряженные пылевые частицы. Для условий запыленной магнитосферы Сатурна приведен вывод уравнения Кадомцева–Петвиашвили, описывающего нелинейную динамику почти одномерных волновых структур. Рассмотрена возможность распространения локализованных волновых структур типа пылевых звуковых солитонов. Показано, что в условиях магнитосферы Сатурна существуют решения уравнения Кадомцева–Петвиашвили в виде одномерных солитонов и двумерных N-солитонов. Обсуждаются возможные наблюдения рассматриваемых солитонов в будущих космических миссиях.

Копнин С.И., Шохрин Д.В., Попель С.И. Двумерное описание нелинейных волновых возмущений в запыленной магнитосфере Сатурна // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 6. С. 582-589. (БАЗИС).

14. О возможной интерпретации антикорреляции между температурой протонов и плотностью солнечного ветра

Рассматривается антикоррелированный характер распределения температуры и плотности протонов солнечного ветра. Используется подход, основанный на электростатической (ленгмюровской) турбулентности, описываемой математическим формализмом спиновых гамильтонианов. Показано, что формирование антикоррелированных распределений температуры и плотности является универсальным свойством сильно-неравновесных

плазменных состояний, описываемых гамильтонианами спинового типа, в процессе их приближения к состоянию термодинамического равновесия, и именно этот феномен может лежать в основе антикорреляций, наблюдаемых в солнечном ветре.

Думин Ю.В., Лукашенко А.Т., Свирская Л. М. О возможной интерпретации антикорреляции между температурой протонов и плотностью солнечного ветра // Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2023. Т. 78. № 3. С. 2330803, 8 стр.

15. Когерентные структуры в солнечном ветре на расстоянии 0,17 а.е. в диапазоне от МГД до суб-ионных масштабов

В диапазоне от МГД до суб-ионных масштабов изучены результаты наблюдений магнитной турбулентности в солнечном ветре, проводившихся при первом прохождении перигелия (0,17 а.е.) станцией Parker Solar Probe. С использованием вейвлетного анализа обнаружена перемежаемость когерентных структур, возникающих в широком диапазоне масштабов в виде локализованных во времени энергетических событий. Делается вывод о присутствии когерентных структур от МГД- до суб-ионных масштабов. Например, наблюдается токовый слой на МГД масштабах (порядка 200 секунд) с магнитными флуктуациями, характерными для магнитных вихрей на ионных (~1 сек) и суб-ионных (~0,1 сек) масштабах. Амплитудная анизотропия магнитных флуктуаций изучена 1) на 200 структурах на МГД-масштабах, 2) на ~2000 событий на ионных масштабах и 3) на ~10000 событий на суб-ионных масштабах. Проводится сравнение с прохождением через модельные структуры, такие как альфвеновские вихри, токовые слои и магнитные дырки, вдоль траекторий с различными параметрами взаимодействия. Исходя из такого сравнения, мы приходим к выводу, что на МГД- и ионных масштабах большинство структур являются несжимаемыми и в основном представляют собой дипольные альфвеновские вихри (>80 %), монопольные альфвеновские вихри (<10 %) и токовые слои (<10 %). На суб-ионных масштабах когерентные структуры представляют собой монопольные вихри (7 %), дипольные вихри (49 %), токовые слои (5 %) и магнитные дырки (0,4 %). Около 40% структур на суб-ионных масштабах не соответствуют никаким из рассмотренных моделей. Эти структуры, возможно, представляют собой сжимаемые вихри.

A. Vinogradov, O. Alexandrova, P. Démoulin, A. Artemyev, M. Maksimovic, A. Mangeney, A. Vasiliev, A. Petrukovich, S. Bale, Embedded coherent structures from MHD to sub-ion scales in turbulent solar wind at 0.17 au. <https://doi.org/arXiv.2307.10478> Submitted to the Astrophysical Journal.

16. Модель генерации джетов в стратифицированной неравновесной плазме

В магнитогидродинамическом приближении предложена система уравнений, аналитически описывающая начальную стадию возникновения осесимметричных направленных потоков в неравновесной стратифицированной плазме. Механизм генерации джетов основан на конвективной неустойчивости Шварцшильда и использует условие вмороженности силовых линий магнитного поля в поток плазмы. Получено и проанализировано решение нелинейного уравнения для функции тока, и показано, что в такой плазме генерируются струи с полоидальными полями скоростей. Соответствующие выражения для R-зависимостей радиальной и вертикальной составляющих скорости во внутренней и внешней областях джета включают функции Бесселя и модифицированные функции Бесселя. Для джетов, локализованных по высоте и радиусу, предложенная новая нелинейная аналитическая модель позволяет изучать их структуру и нелинейную

динамику в радиальном и вертикальном направлениях. Возникающая неустойчивость в стратифицированной плазме приводит к увеличению радиальной и вертикальной скоростей потоков по закону гиперболического синуса. Характерное время нарастания зависит от значения мнимой части частоты Брента – Вайсяля. Проанализировано формирование джетов с конечными составляющими скорости, увеличивающимися со временем. Радиальная структура азимутальных составляющих определяется структурой исходного возмущения и может изменяться в зависимости от высоты. Наряду с изучением динамики поля скоростей исследуется изменение вертикального магнитного поля, а также динамика и структура возникающего тороидального электрического тока.

Onishchenko O.G., Artekha S.N., Artekha N.S. (2023) A model of generation of a jet in stratified nonequilibrium plasma // Indian Journal of Physics. <https://doi.org/10.1007/s12648-023-03005-2>

17. Резонансное ускорение тяжёлых ядер электромагнитной волной в космической плазме и возможные области гелиосферы с резонансными релятивистскими частицами.

Рассмотрен механизм захвата с последующим ультрарелятивистским ускорением тяжёлых ядер, в частности железа, одиночной электромагнитной волной, распространяющейся поперёк слабого постоянного магнитного поля в космической плазме. Механизм считается резонансным, поскольку процесс ускорения тяжёлых ядер реализуется при выполнении всех условий черенковского резонанса (механизм серфатронного ускорения заряженных частиц). Теоретическое исследование механизма резонансного ускорения проводится путём численного и аналитического решения нелинейного дифференциального уравнения для фазы волны на траектории частицы. Временная динамика фазы волны, рост релятивистского фактора, движение захваченной частицы в потенциальной яме, эволюция скорости частицы, а также структура фазовой плоскости захваченной частицы в период ускорения представлены графически. Этот тип резонансного ускорения ядер железа происходит в относительно спокойной космической плазме при отсутствии турбулентных процессов. Механизм резонансного ускорения ядер железа одиночными электромагнитными волнами в межзвёздных облаках и ближайших к Солнцу спокойных областях может адекватно объяснить причину изменчивости наблюдаемых спектров космических лучей. На основе теоретических расчётов резонансного ускорения заряженных частиц в спокойной плазме при наличии поперечного слабого постоянного магнитного поля определены начальные и максимальные значения энергий, достигаемые в процессе ускорения. Расчёты реализованы посредством численных экспериментов на основе нелинейного, нестационарного дифференциального уравнения второго порядка для фазы ускоряющейся волны на траектории частицы в условиях черенковского резонанса. Анализ основан на сравнении результатов моделирования в меридиональной плоскости 3D-моделей Бостонского университета и московской модели гелиосферы на наличие потенциально подходящих пространств для реализации резонансного ускорения. Сделаны выводы о возможных местах спокойной однородной плазмы с источниками релятивистских резонансных частиц, размещённых во внутреннем пространстве гелиосферы.

Rumen Shkevov, Nadezhda Zolnikova, Ludmila Mikhailovskaya. Heavy nuclei resonant acceleration by a single electromagnetic wave in space plasmas. Nineteenth International Scientific Conference "Space, Ecology, Security", October 24 - 26, 2023, Sofia, Bulgaria. Conference Program p. 8. <http://space.bas.bg/SES/index.html>
http://space.bas.bg/SES/index/2023/2023_SES_Program.pdf

Shkevov R., Zolnikova N., Mikhailovskaya L., Analysis of possible locations of the relativistic sources of resonance particles in the inner heliosphere space. Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere, Fifteenth Workshop Primorsko, Bulgaria, June 05 - 09, 2023. Conference Program p. 2, Abstract Book pp. 21. https://www.spaceclimate.bas.bg/ws-sozopol/pdf/AbstractBook_WS15_1.pdf

Rumen Shkevov, Nadezhda Zolnikova, Ludmila Mikhailovskaya. Heliosphere calm areas as a source of relativistic particles. Nineteenth International Scientific Conference "Space, Ecology, Security", October 24-26, 2023, Sofia, Bulgaria. Conference Program p. 7. <http://space.bas.bg/SES/index.html> http://space.bas.bg/SES/index/2023/2023_SES_Program.pdf

18. Кинематическое доказательство каноничности переменных Андуайе

Переменные Андуайе широко используются в задачах о вращении небесных тел и других задачах динамики твёрдого тела. В работе дано кинематическое доказательство каноничности этих переменных. В отличие от исходного доказательства Андуайе, не предполагается, что фиксированные в теле оси являются главными осями инерции и не используются явные формулы для кинетической энергии тела, включающие моменты инерции.

Neishtadt A. (2023) On a kinematic proof of Andoyer variables canonicity. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.08992>

19. Ядра уравнения Больцмана для модели столкновений упругих сфер в задачах физической кинетики

В работе интегралы столкновений были определены в явном виде, как коэффициенты разложения по полиномам Лежандра интеграла Больцмана, при постоянном сечении рассеяния заряженных (нейтральных) частиц малой примеси на атомах газа. В качестве конкретных применений расчетов, рассматриваются возмущение функции распределения электронов (ионов) слабым электрическим полем в слабоионизованной плазме и кинетическое уравнение при наличии малого градиента концентрации нейтральных частиц примеси. С помощью вычисленных ядер интегрального кинетического уравнения, впервые получено выражение для возмущенной изотропной части электронной функции распределения в пределе слабого постоянного однородного поля, $E \rightarrow 0$, на основе стандартной теории возмущений, справедливое в широком диапазоне скоростей. При равенстве масс атомов газа и частиц примеси (ионов или нейтральных частиц) обнаружено новое свойство интеграла столкновений, позволяющее свести очень сложное интегральное уравнение Больцмана к эквивалентному обыкновенному дифференциальному уравнению второго порядка, которое описывает диффузию частиц примеси в пространстве скоростей. Получено выражение для ядра интегрального члена уравнения для изотропной составляющей функции распределения (старшего члена разложения функции распределения по полиномам Лежандра). Техника упрощения интеграла Больцмана в рамках принятой модели столкновений упругих шариков применима к широкому кругу задач кинетической теории при наличии выделенного в пространстве направления, и особенно полезна в условиях слабой анизотропии функции распределения частиц примеси. Сюда можно отнести расчет коэффициента пространственной диффузии в газовых смесях, определение подвижности и проводимости заряженных частиц в слабоионизованной плазме и близкие задачи.

Красовский В.Л. Ядра уравнения Больцмана для модели столкновений упругих сфер в задачах физической кинетики. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в

20. Распространение нелинейных волн вдоль магнитного поля в релятивистской электронно-позитронной плазме

Изучается распространение нелинейных волн вдоль магнитного поля в релятивистской электронно-позитронной плазме. Подобная плазма существует во многих астрофизических объектах, например, в магнитосферах пульсаров и в активных ядрах галактик. Подобная плазма также создаётся в экспериментальных установках по созданию искусственного термоядерного синтеза с использованием высокоэнергичных лазеров. В работе выведено нелинейное трехмерное уравнение, описывающее распространение нелинейных волн вдоль магнитного поля. Представлены решения этого уравнения, описывающее плоскополяризованные солитоны, распространяющиеся под малыми углами к магнитному полю. Исследуется устойчивость этих солитонов по отношению к трехмерным возмущениям. Кроме того, численно найдены решения выведенного уравнения в виде солитонов с неплоской поляризацией.

Ruderman M. S., Petrukhin N. S., Pelinovsky E., Kataeva L. Y., «Quasi-parallel propagating solitons in magnetised relativistic electron-positron plasmas» (2023) // Journal of Plasma Physics (Q1 WoS, IF=2.691), Volume 89, Issue 2, article id.905890202, doi: 10.1017/S0022377823000156 (РНФ не ИКИ 19-12-00253)

21. Крупномасштабные неустойчивости в астрофизической плазме

Проведено подробное исследование трехмерных неустойчивостей во вращающейся астрофизической плазме. Такие неустойчивости определяют процессы переноса на Солнце и в звездах и имеют непосредственное отношение к крупномасштабным процессам в таких объектах. Найдены следующие распадные неустойчивости для волн в приближении Буссинеска для различных приближений силы Кориолиса: распад магнитной инерционной волны на магнитную инерционную волну и магнитную инерционную волну, распад магнитной инерционной волны на две магнитные инерционные волны на стандартной f -плоскости; распад магнитной инерционно-гравитационной волны на две магнитострофические волны на нестандартной f -плоскости при малом f_H , распад магнитной инерционно-гравитационной волны на две магнитострофические волны или на магнитострофическую и магнитную инерционно-гравитационную волны на нестандартной f -плоскости при большом f_H ; распад волны магнито-Россби на две волны магнито-Россби или магнитогравитационную волну и волну магнито-Россби, распад магнитогравитационной волны на волну магнито-Россби и магнитогравитационную волну, распад низкочастотной волны магнито-Россби на две низкочастотные волны магнито-Россби на стандартной β -плоскости; распад низкочастотной волны магнито-Россби на две низкочастотные волны магнито-Россби на нестандартной β -плоскости. Обнаружен эффект линейного нарастания амплитуды одной из взаимодействующих волн в поле двух других волн в аналогичных конфигурациях. Найдены инкременты распадных неустойчивостей. Найдены следующие распадные неустойчивости для волн в приближении Буссинеска для различных приближений силы Кориолиса: распад магнитострофической волны на магнитную инерционно-гравитационную и магнитострофическую волны, или две магнитные инерционно-гравитационные волны, или магнитострофическую и магнитную инерционно-гравитационную волны, или две магнитострофические волны, распад магнитной инерционно-гравитационной волны на две магнитострофические волны на стандартной f -плоскости; распад магнитной инерционно-гравитационной волны на волну Альфвена и

магнитную инерционно-гравитационную волну или на две магнитные инерционно-гравитационные волны на нестандартной f -плоскости; распад низкочастотной волны магнито-Россби на две низкочастотные волны магнито-Россби на стандартной β -плоскости; распад магнитной инерционно-гравитационной волны на магнитную инерционно-гравитационную волну и волну магнито-Россби или две волны магнито-Россби, распад волны магнито-Россби на магнитную инерционно-гравитационную волну и волну магнито-Россби или две магнитные инерционно-гравитационные волны, распад низкочастотной волны магнито-Россби на две низкочастотные волны магнито-Россби, распад магнитной инерционно-гравитационной волны на магнитную инерционно-гравитационную и магнитострофическую волны на нестандартной β -плоскости. Обнаружен эффект линейного нарастания амплитуды одной из взаимодействующих волн в поле двух других волн в аналогичных трехволновых конфигурациях. Найдены инкременты распадных неустойчивостей.

М. А. Федотова, Д. А. Климачков, А. С. Петросян, Волновые процессы в плазменной астрофизике, Физика Плазмы, 2023, том 49, № 3, с. 209-259 (БАЗИС)

22. Анализ средних полей турбулентного плазменного потока в мгд-приближении

В рамках мгд-приближения проведено усреднение уравнения магнитной индукции по случайному полю скорости проводящего плазменного потока. Методом мультипликативных интегралов выведены анизотропные аналоги моделей Штеенбека-Краузе-Рэдлера (ШКР) и Казанцева-Крейчнана (КК), описывающие соответственно динамику первого и второго момента магнитного поля. Для мелкомасштабной модели КК проведено сравнение генерации магнитной энергии в КК приближении с генерацией в рамках каскадного подхода (shell-model approach). Сравнение продемонстрировало корректность мультипликативного усреднения короткокоррелированного поля скорости для колмогоровской турбулентности, а также дало уточнение по пороговым значениям магнитного числа Рейнольдса, с которого начинается генерация. В модели ШКР проведен анализ осцилляций чисел Рейнольдса и магнитной спиральности на характер генерации среднего магнитного поля. Решена проблема резонанса в тонких сферических оболочках, моделирующих генерацию магнитного поля звезд и планет. Результаты позволили высказать предположение, насколько вращающиеся спутники и планеты могут изменять частоту миграционных волн и интенсивность магнитных оболочек звезд и планет.

Abushzada, I., Yushkov, E., Frick, P., & Sokoloff, D. (2023). Small-scale Kazantsev-Kraichnan dynamo in a MHD shell approach. *Physica Scripta*, 98(11), 115966. DOI 10.1088/1402-4896/ad0081 (БАЗИС, Грант Академии наук АААА-А19-119012290101-5.)

Allahverdiyev R.R., Yushkov E.V., Sokoloff D.D. (2023) Derivation of the Basic Magnetohydrodynamic Dynamo Equations Obtained by Averaging the Vector Potential in a Time Short-Correlated Turbulence, *Geomagnetism and Aeronomy*, 63(7), DOI 10.1134/S0016793223070034 (БАЗИС)

23. Роль низкочастотных волн в рассеянии энергичных электронов в плазменном слое земной магнитосферы

Высыпания энергичной компоненты электронной популяции плазменного слоя (≈ 50 кэВ) в ионосферу во время суббурь играет важную роль в магнитосферно-ионосферном взаимодействии. Данное исследование посвящено роли низкочастотных электромагнитных волн в рассеянии электронов плазменного слоя. Используя сопряженные наблюдения между космическими аппаратами THEMIS, ELFIS и DMSP во время суббури, в работе проанализированы высыпания энергичных электронов во время

плазменной инжекции и связанные с этим высыпанием плазменные волны. Во время суббури низковысотный спутник ELFIN-A наблюдал высыпания электронов с энергиями порядка 50-300 кэВ, которые, по своей структуре сильно отличались от высыпаний за счёт рассеяния электронов в токовом слое и, вероятно, были вызваны эффективным рассеянием электронов плазменными волнами. Комбинация квазилинейной теории, численного моделирования и измерения плазмы и электромагнитных полей экваториальными спутниками THEMIS, позволила получить оценку относительной важности кинетических альвеновских волн и свистовых волн в рассеянии электронов из плазменного слоя в ионосферу. Показано, что коэффициенты пичч-угловой диффузии за счёт кинетических альвеновских волн существенно превышают по амплитуде коэффициенты диффузии за счёт свистовых волн для исследуемого события. Таким образом, в работе удалось показать важность низкочастотных волн в рассеянии и высыпании энергичных электронов в плазменном слое земной магнитосферы.

Shen, Y., Artemyev, A. V., Zhang, X.-J., Zou, Y., Angelopoulos, V., Vasko, I., et al. (2023). Contribution of kinetic Alfvén waves to energetic electron precipitation from the plasma sheet during a substorm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031350. doi:10.1029/2023JA031350

24. Электростатическая волновая активность на головной ударной волне

Когерентные структуры с симметричным биполярным профилем электрического поля и отрицательным потенциалом широко наблюдаются в космической плазме и, в частности, были недавно обнаружены на головной ударной волне Земли. Эти биполярные структуры были интерпретированы в терминах ионных дыр (ion holes), структур которые принадлежат к классу нелинейных плазменных волн типа Бернштейна-Грина-Крускала (BGK). Большинство теоретических моделей ионных дыр были разработаны для случая Максвелловского или степенного распределений фоновой плазмы по энергии, тогда как функция распределения электронов на ударной волне не описывается в рамках подобных моделей. В данной работе мы представляем новую теоретическую модель ионных дырок, в которой функция распределения электронов описывается flat-top распределением, характерным для плазмы на головной ударной волне Земли. Мы используем классический подход для получения неравенства, которое определяет разрешенные и запрещенные области существования ионных дыр в параметрическом пространстве амплитуда-ширина. Сравнение модели с данными наблюдений показало, что ионные дыры, обнаруженные на головной ударной волне Земли, лежат в области параметров, предсказываемой моделью.

Aravindakshan H., Vasko I. Y., A. Kakad, B. Kakad, and R. Wang (2023), Theory of ion holes in plasmas with flat-topped electron distributions, *Physics of Plasmas*, V. 30, doi: 10.1063/5.0086613.

25. Исследование особенностей дисперсии и поляризации низкочастотных электронных волн в плазме низкой плотности ($\omega_p < \omega_c$)

Получено и исследовано дисперсионное уравнение для низкочастотных волн в плазме произвольной плотности, включая мало исследованный случай разреженной плазмы, когда электронная гирочастота превышает плазменную частоту. Для этого случая найдено неизвестное ранее выражение для угла Жандрэна, то есть отличного от нуля угла волновой нормали, при котором групповая скорость волны направлена вдоль внешнего магнитного поля, и определена максимальная частота волны, для которой такой угол существует. Показано, что для частот, для которых существует угол Жандрэна, максимальный угол отклонения групповой скорости от направления внешнего магнитного

поля не может превышать значения 18.16° . Обнаружено существенное различие поляризации магнитного поля свистовой волны в плотной плазме, где она является круговой, и в разреженной плазме, где поляризация оказывается эллиптической, что может служить одним из индикаторов разреженной плазмы.

Natalia S. Artekha, David R. Shklyar. Dispersion and Polarization Features of Whistler-Mode Waves in Low-Density Plasma. Report at URSI GASS 2023, Sapporo, Japan, 19 – 26 August 2023. <https://doi.org/10.46620/URSIGASS.2023.0880.LDRS3974>

26. Исследование двухполосных спектров ОНЧ волн, наблюдаемых вне плазмопаузы
Используя многокомпонентные волновые измерения спутников Van Allen Probe в ОНЧ диапазоне и одновременные измерения дифференциальных потоков энергичных электронов, показано, что особенности наблюдаемого спектра, включая его двухполосную структуру, согласуются с частотной зависимостью инкрементов волн, определяемых функцией распределения энергичных электронов. Функция же распределения электронов однозначно задается их дифференциальными потоками. Написанная программа для вычисления инкрементов непосредственно использует измеряемые дифференциальные потоки частиц, без каких-либо модельных предположений о виде функции распределения.

Шкляр Д.Р., Титова Е.Е., Любич А.А. ОНЧ излучения вне плазмопаузы с частотами выше и ниже половины гирочастоты. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ, 6 – 10 февраля 2023 г. Сборник тезисов докладов, стр. 443. https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf

27. Предложены рабочие модельные выражения для показателей преломления четырех электронных мод в холодной магнитоактивной плазме в широком диапазоне частот, углов волновой нормали и параметров плазмы

Несмотря на важность наличия достаточно простых аналитических выражений для показателей преломления волновых мод в магнитоактивной плазме, такие выражения известны лишь в некоторых частных случаях. Так, например, для электронных волн с частотами много выше нижнегибридной частоты, такое выражение известно только для свистовых волн в плотной плазме, когда электронная плазменная частота значительно превышает электронную циклотронную частоту. Мы получили простые рабочие выражения для показателей преломления всех четырех электронных мод в магнитоактивной плазме, а именно, быстрой магнитозвуковой (свистовой) волны, медленной необыкновенной, обыкновенной и быстрой необыкновенной волн, причем форма этих выражений не зависит от отношения электронной плазменной частоты к циклотронной частоте.

Shklyar D.R., N.S. Artekha. Model expressions for refractive indices of electron waves in cold magnetoactive plasma of arbitrary density, *Fundamental Plasma Physics Letters* (в печати)

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

1. Темп ускорения протонов в солнечных вспышках

Рассмотрено более 20 солнечных протонных событий с $E_p > 100$ МэВ 23-25 циклов солнечной активности. Впервые показано, что в солнечных вспышках темп ускорения протонов согласуется с диапазоном времен ускорения электронов до 100 кэВ от десятка до сотен миллисекунд, известным из наблюдений. Следовательно, солнечные протоны >100 МэВ и электроны >100 кэВ ускоряются одним механизмом в ходе развития эруптивных вспышек. Эруптивные вспышки и протонные события можно классифицировать по темпу ускорения электронов и протонов.

Темп ускорения протонов оценивался по началу излучения электронов >100 кэВ (жесткий рентген (HXR) или микроволны) и началу протонного возрастания темпа счета детектора ACS SPI. При этом протонные события, связанные с наземными возрастаниями интенсивности космических лучей (событиями GLE с $E_p > 450$ МэВ) выделяются «ранним» < 20 мин приходом первых протонов на орбиту Земли относительно времени начала HXR излучения > 100 кэВ (темп ускорения протонов >1 МэВ/с). В «поздних» >20 мин протонных событиях темп ускорения <1 МэВ/с. В «ранних» протонных событиях без GLE (например, 16 июля 2023) не хватило времени для ускорения достаточного числа протонов с $E_p > 450$ МэВ.

На рис. 2.1.1 представлено возрастание темпа счета детектора ACS SPI над фоном в «ранних» (красная и зеленая кривые) и «поздних» (черная и синяя кривые) протонных событиях. До 7 мин возрастание вызвано солнечным HXR излучением. После 7 мин не исключен одновременный вклад HXR излучения и протонов в возрастания, которые показаны черной и синей кривой. События 17 мая 2012 и 28 октября 2021 сопровождалось GLE.

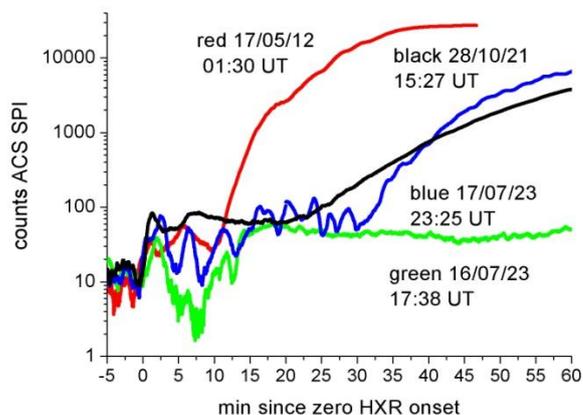


Рисунок 2.1.1 - Темп счета детектора ACS SPI

Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Логачев Ю.И., Садовский А.М. Корональное распространение солнечных протонов во время и после их стохастического ускорения // Космические исследования. — 2023. — Т. 61.— № 3. — С. 230 — 241. DOI: 10.31857/S0023420622600246.

Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Темп ускорения протонов во вспышках M4.0 16 июля и M5.7 17 июля 2023 года // Тр. 27-ой Всерос. ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2023» / г. Санкт-Петербург, — С.-Пб. 2023. — С. 305 — 308. DOI:10.31725/0552-5829-2023-305-308

<http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2023/book/conf2023.pdf>

Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Источники солнечных протонов в событиях 24–25 февраля и 16–17 июля 2023 года // Космические исследования. — 2024 Т. 62.— № 2. (принято в печать).

Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Расширение источника мягкого рентгеновского излучения и «магнитная детонация» в солнечных вспышках // ПАЖ. — 2023. — Т. 49. — №11. — С. 806–818. DOI: 10.31857/S0320010823110086

2. Связь корональных выбросов массы с солнечными вспышками

В каталоге наблюдений корональных выбросов массы (КВМ) коронографом LASCO есть данные о положении фронта КВМ $x(t)$ в момент наблюдения t , также там приведены три скорости КВМ, полученные при аппроксимации данных прямой и параболой (в момент последнего наблюдения и на 20 радиусах Солнца). Так как эти три скорости обычно отличаются от скорости первого появления КВМ в поле зрения LASCO, то существует проблема ускорения КВМ и привязки КВМ к солнечным вспышкам. Поэтому нами была разработана статистическая модель распространения КВМ, автоматически учитывающая ускорение (до и после первого наблюдения) и движение по баллистической кривой после двух фаз ускорения. Модель тестировалась на 15 событиях 24-25, ее результаты дают лучшую привязку к событиям на Солнце и лучше согласуются с наблюдениями LASCO, чем стандартные аппроксимации. В работе была рассмотрена привязка КВМ к четырем значимым вспышкам февраля 2023 года. Наиболее яркий результат получен для события 25 февраля 2023 года, который показан на рисунке. По всей видимости, быстрый КВМ в момент (3-4) догоняет медленный и происходит «каннибализация». После ~30 мин распространяется единый КВМ со средней скоростью.

На рис.2.2.1 представлено положение КВМ при аппроксимации нашей моделью (PB – красные кривые) и общепринятой моделью (LP – зеленая пунктирная кривая). В модели (LP) ускорения КВМ заканчивается до горячей >12МК фазы вспышки (розовая область), что маловероятно. Показаны две аппроксимации (PB): PB1 - по всем данным (толстая кривая) и PB2 (тонкая кривая) - без учета первых четырех точек. Точки 1-2 соответствуют медленному КВМ, ускоренному до 0 мин, а точки 3-4 - быстрому КВМ, ускоренному после 0 мин.

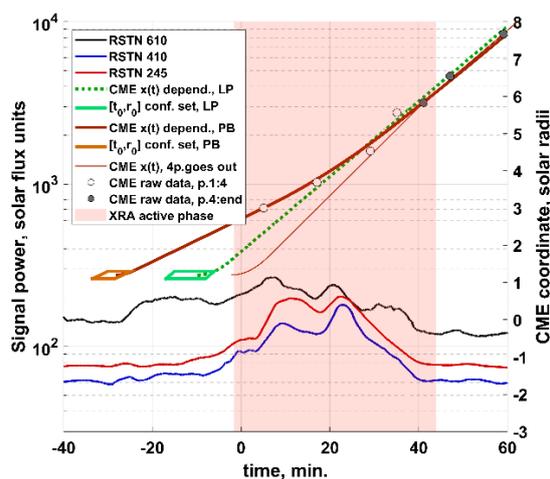


Рисунок 2.2.1 - Положение КВМ по различным моделям и поток радиоизлучения на различных частотах. Выделен промежуток времени (розовое), когда температура вспышки превышала 20 МК.

V.A. Ozheredov, A.B. Struminsky, I.Yu. Grigorieva. A Statistical Model of CME Acceleration // Geomagnetism and Aeronomy, 2023, Vol. 63, No. 8, pp. 87–99. © Pleiades Publishing, Ltd., 2023. DOI: 10.1134/S0016793223080170

Ожередов В.А., Струминский А.Б. ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ СТАРТА И ПОСТ-ЭРУПТИВНОГО УСКОРЕНИЯ КВМ 17, 24, 25 И 28 ФЕВРАЛЯ 2023 // Сборник трудов конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2023». <https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-257-260>

3. Критерии для предсказания протонных событий по солнечным наблюдениям

В работе проведен алгоритмический поиск значимых признаков «протонных» вспышек. Мы получили список SP-источников, сопоставив вспышки из (<https://umbra.nascom.nasa.gov/SEP/>) со списком ~180 000 электромагнитных событий из базы данных (https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/NOAA/org_events_text/).

Решающее правило оказалось следующим: *если* в активной фазе имеется не менее 2 частот (1415 МГц–15400 МГц), не менее 3 частот (245 МГц–610 МГц) *и* есть излучение II-IV типа, *или* не менее 4 частот ((1415 МГц–15400 МГц), не менее 1 частоты (245 МГц–610 МГц) *и* есть излучение II-IV типа, *или* не менее 5 частот (1415 МГц–15400 МГц *и* не менее 2 частот 245 МГц–610 МГц, *то* вспышка скорее всего сгенерирует протонное событие. Из 55-ти принявших участие в эксперименте протонных событий правильно классифицировано 80%, а из ~27 000 обычных вспышек неправильно классифицированы 1.1%. Средняя энергия протонов, вычисленная по данным каталога (https://swx.sinp.msu.ru/apps/sep_events_cat/docs/SPE_24_Summary_List.pdf), из правильно классифицированных SP-источников равна 441 МэВ, а неправильно классифицированных – 136 МэВ. При этом ручной анализ неправильно классифицированных SP-источников показал, что добавление к пространству признаков еще одной переменной – скорости сопровождающего вспышку коронального выброса массы >900 км/с, позволяет свести false negative rate к нулю.

Ожередов В.А., Струминский А.Б. Алгоритмическое определение значимых признаков вспышки как источника солнечных протонов // Тр. 27-ой Всерос. ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2023» / г. Санкт-Петербург, (октябрь 2023 г.). — С.-Пб. 2023. — С. 253-256. DOI: 10.31725/0552-5829-2023-253-256

4. Наблюдение гелиосейсмически активной солнечной вспышки с малым потоком жесткого рентгеновского излучения до 50 кэВ

Рассматривается солнечная вспышка класса M1.1, произошедшая 5 июля 2012 г. в 06:49 UT. Событие уникально тем фактом, что в нем было обнаружено гелиосейсмическое возмущение, несмотря на малый поток жесткого рентгеновского излучения в диапазоне 25-50 кэВ и очень мягкий спектр по данным RHESSI. Как правило, большинство известных солнцетрясений детектировалось в солнечных вспышках с большими потоками жесткого рентгеновского излучения на высоких энергиях (как минимум до 100-300 кэВ). Рассматриваемое событие противоречит популярной гипотезе о генерации солнцетрясений пучками ускоренных электронов высоких энергий. Анализ доступных рентгеновских спектров по данным RHESSI показывает, что их можно объяснить двумя способами. Рентгеновский спектр в диапазоне 25-50 кэВ объясняется степенным распределением ускоренных электронов с индексом 7-9, либо наличием сверхгорячей плазмы с температурой $T \sim 30-60$ МК. В том и другом случае мы имеем дело с электронами относительно низких энергий, которые либо являлись причиной генерации солнцетрясения, либо их следует рассматривать как вторичное (сопутствующее) явление по отношению к истинной причине фотосферного возмущения. Впервые для гелиосейсмически активной солнечной вспышки приводятся результаты совместного анализа рентгеновских и микроволновых спектров. Анализ показывает, что спектры в обоих диапазонах, могут хорошо объясняться излучением сверхгорячей замагниченной

плазмы, а не ускоренными электронами с мягким спектром. Но также возможно объяснение спектров при рассмотрении ускоренных электронов, частично захваченных в магнитную ловушку. Получены оценки параметров тепловой плазмы, ускоренных электронов, потоков энергий различных видов. Проведен анализ динамики ультрафиолетовых и рентгеновских источников излучения. Также приводится анализ структуры магнитного поля по векторным магнитограммам и нелинейной бессиловой экстраполяции коронального магнитного поля. Обсуждаются механизмы генерации гелиосейсмического возмущения во время данной солнечной вспышки. Вероятно, эруптивный процесс мог быть как первичной, так и вторичной причиной солнцетрясения. Появление сверхгорячей плазмы в короне могло привести к формированию распространяющихся тепловых фронтов в нижние слои солнечной атмосферы, где возбуждаются гелиосейсмические волны. Анализ не позволяет исключать и возможность генерации солнцетрясения ускоренными электронами с мягким спектром.

И.Н. Шарыкин, И. В. Зимовец, А.Г. Косовичев, И.И. Мышьяков. Наблюдение гелиосейсмически активной солнечной вспышки с малым потоком жесткого рентгеновского излучения до 50 кэВ // ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, в печати

5. Эволюция электромагнитных характеристик активных областей и прогноз рентгеновского класса вспышек

Изучение эволюции магнитного поля и электрических токов в активных областях Солнца на длительном интервале времени представляет интерес для понимания процессов накопления и выделения энергии в них, приводящих к разнообразным явлениям, оказывающим влияние на космическую погоду. В этой работе на основе фотосферных векторных магнитограмм инструмента *Helioseismic and Magnetic Imager* на борту *Solar Dynamics Observatory* был проведен анализ эволюции ряда характеристик магнитного поля и вертикального электрического тока в трех активных областях 11158, 11675 и 12673, произведших вспышки классов М и X, на протяжении времени от их зарождения в восточном полушарии, во время прохождения по солнечному диску и до исчезновения вблизи западного лимба с шагом 2 часа. Рассматриваемые характеристики включали в себя: показатель степенной функции плотности вероятности абсолютного значения плотности вертикального электрического тока, максимум абсолютного значения плотности вертикального тока, знаковый и беззнаковый вертикальный ток, беззнаковые вертикальный и горизонтальный магнитные потоки, энергия нелинейного бессилового и потенциального магнитного поля, свободная магнитная энергия, а также количество островов с сильными вертикальными токами. Найдены некоторые закономерности в поведении рассматриваемых характеристик при эволюции активных областей, в частности относительно возникновения вспышек. Рассчитаны коэффициенты корреляции между парами всех рассматриваемых характеристик. Дополнительно, показана перспективность подхода М. Ашвандена для прогнозирования максимального рентгеновского класса вспышки на основе вычисления энергии потенциального магнитного поля в активных областях. Полученные результаты могут использоваться при прогнозировании мощных солнечных вспышек.

Нечаева А.Б., Зимовец И.В., Зубик В.С., Шарыкин И.Н. Эволюция характеристик вертикального электрического тока и магнитного поля в активных областях Солнца и их связь с мощными вспышками // Геомагнетизм и Аэронавигация. Принято к печати в томе 2 2024. (Q3, Impact Factor 0.844)

6. Динамика полярного и тороидального магнитных полей в 21-24 солнечных циклах.

В настоящее время взаимная динамика полярного и тороидального магнитных полей Солнца рассматривается как основной процесс, определяющий цикличность солнечной активности. В работе проводится совместный анализ временной динамики числа солнечных пятен, экспериментальных величин полярного поля, величин тороидального магнитного поля на высоких широтах (данные NSA/KP 1975-2018 г.) и величин тороидального магнитного поля в области источника. Вычислена скорость перемещения магнитных потоков к поверхности Солнца и ее зависимость от широтного распределения величины тороидального магнитного поля в области источника. Анализ результатов показывает возможность диффузионного переноса магнитных потоков и меридиональной циркуляции соответственно в верхней и нижней частях конвекционной зоны. Наличие сдвоенных максимумов в распределении числа солнечных пятен в цикле возможно связано с асимметрией распределения тороидального поля в северной и южной полусферах Солнца.

И.П. Безродных, Е.И. Морозова, А.А. Петрукович, Динамика полярного и тороидального магнитных полей в 21-24 солнечных циклах. Вопросы электромеханики. «Труды ВНИИЭМ» – Москва : АО «Корпорация ВНИИЭМ», 2023. – Т. 197 , №6, в печати

7. Изучение процессов формирования магнитосфер немагнитных тел солнечной системы, обмена массой и энергией с солнечным ветром

Изучение тонких структур в плазменном окружении Марса показало, что прошедший через ударную волну солнечный ветер на дневной стороне Марса напрямую не взаимодействует с ионосферой Марса. Слой плазмы и магнитного поля толщиной 200-300 км образует дневную магнитосферу, которая является областью между магнитослоем и ионосферой. Дневная магнитосфера бывает двух типов: (1) магнитосфера более распространенного типа состоит из нагретых и ускоренных ионов O^+ и O_2^+ , имеющих кинетическую структуру, и (2) другой тип дневной магнитосферы состоит из ускоренных ионов O^+ и O_2^+ в магнитослое, где они образуют продолжающийся ускоренный пучок, формирующий плюм. Между магнитослоем и магнитосферой находится магнитная структура, которая вращается, почти не меняя своей величины. Эта структура расположена во второй части перехода $np/(np + nh)$ от величины ~ 1 до $\sim 10^{-2}$. Переход между магнитослоем и магнитосферой происходит плавно, как по плотности энергии и состава ионов. В то же время поток протонов уменьшается, а поток тяжелых ионов увеличивается.

Vaisberg O.L., Shuvalov, A.Yu. Shestakov, R.H. Zhuravlev, Recurring magnetic structure in Martian dayside magnetopause. THE FOURTEENTH MOSCOW SOLAR SYSTEM SYMPOSIUM 2023 (14MS-3)

8. Исследование зависимости возмущений магнитного поля на поверхности Марса от межпланетных условий.

В рамках исследований возмущений магнитного поля был проведен анализ зависимости возмущений магнитного поля на поверхности Марса от межпланетных условий. В работе использовались данные измерений магнитного поля на поверхности (посадочный зонд Insight) и на орбитах вокруг Марса (орбитальный аппарат MAVEN). С использованием ранее разработанного пакета ситуационного анализа, были выделены временные интервалы нахождения аппарата MAVEN в солнечном ветре, т.е. за пределами

магнитосферы Марса, и измерения магнитного поля и плазмы в этих интервалах времени были использованы в работе для сопоставления с наблюдениями на поверхности.

Данные измерений магнитного поля и плазмы на посадочном аппарате показали отсутствие зависимости от азимутальных углов межпланетного магнитного поля в плоскостях XY и YZ (ось X направлена на Солнце, коэффициенты корреляции не выше 0.2) на утреннем и вечернем флангах магнитосферы Марса. Возможная взаимосвязь возмущений магнитного поля и азимутального угла межпланетного магнитного поля в плоскости XY обнаружена на вечернем фланге ночной стороны Марса (рис. 2.8.1 а, б). Максимальные возмущения наблюдаются при наклоне поля в 220-230 градусов, что может свидетельствовать о возможном влиянии форшока ударной волны около Марса.

Статистический анализ одновременных наблюдений аппаратов InSight и MAVEN показывает корреляцию между динамическим давлением солнечного ветра и вариациями магнитного поля на поверхности Марса, главным образом, на ночной стороне планеты. (рис. 2.8.2). Наибольшая корреляция была обнаружена на вечернем фланге ночной стороны Марса в диапазоне локального времени от 20 до полуночи и составила около 0,62 для всех трех компонент и модуля магнитного поля на поверхности.

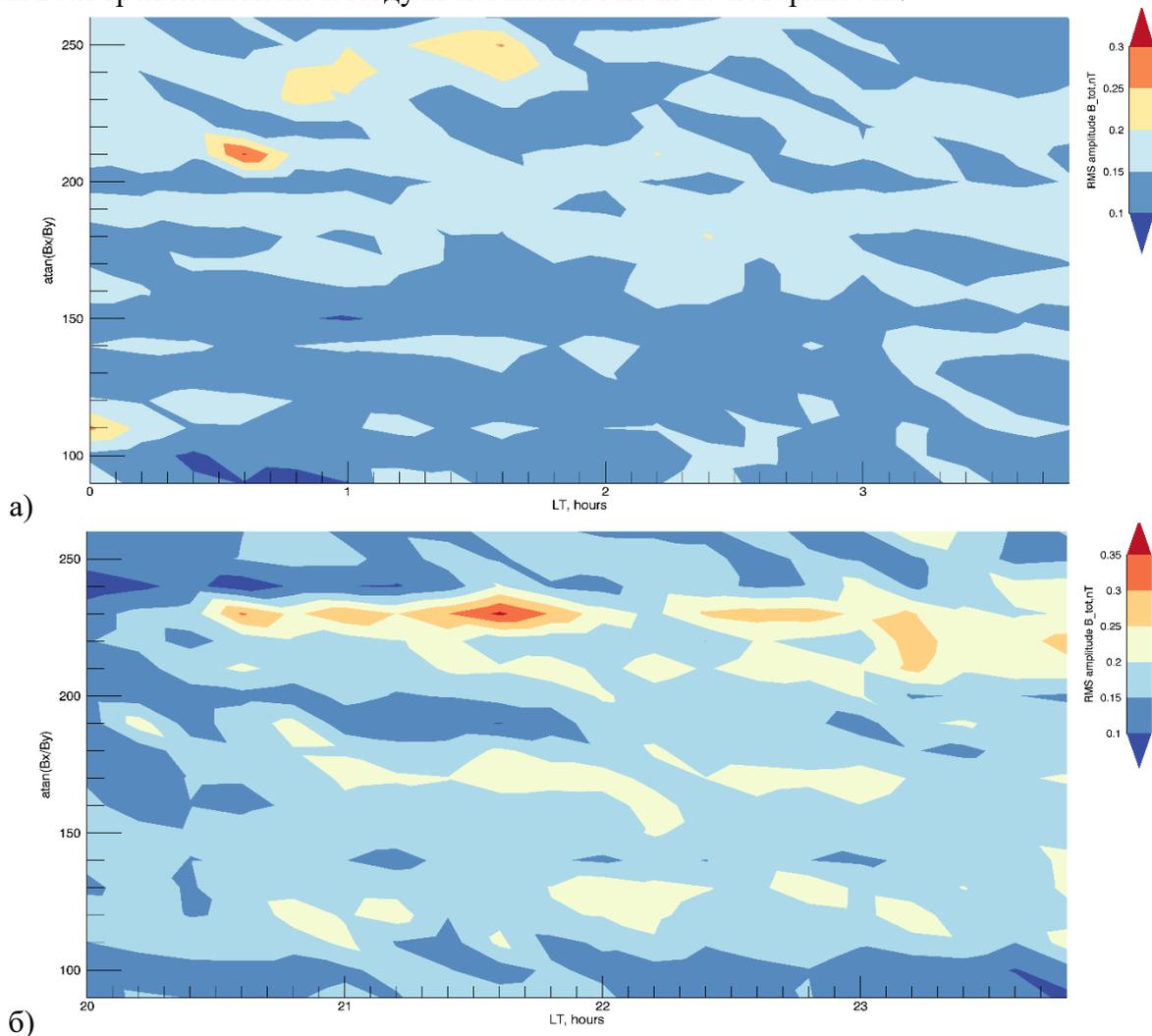


Рисунок 2.8.1 - Возмущения магнитного поля в зависимости от локального времени (ночная сторона, 0-4 (а) и 20-24 (б) часов) и азимутального угла межпланетного магнитного поля в плоскости XY (эклиптика).

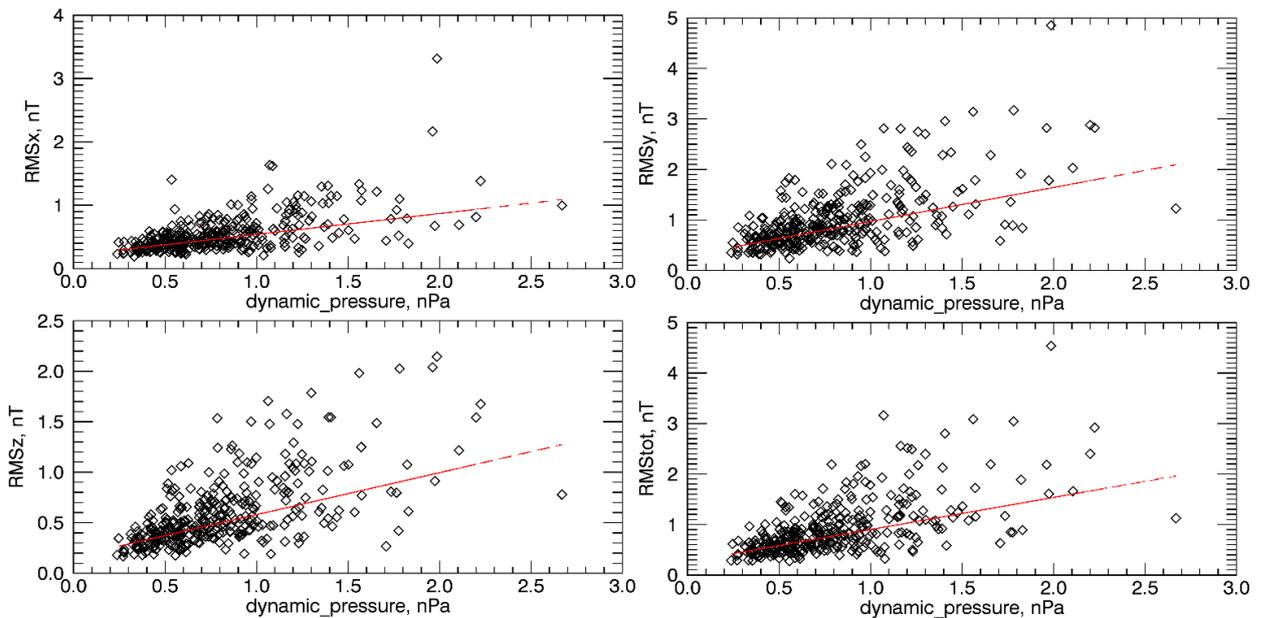


Рисунок 2.8.2 - Среднеквадратичное отклонение для трех компонент и модуля магнитного поля в зависимости от динамического давления межпланетной плазмы (ночной сектор 20-24 локального времени).

Куликов С.В., Скальский А.А. Вариации магнитного поля на поверхности Марса: влияние межпланетной среды и процессов в ионосфере/атмосфере планеты. XX Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», 12–14 апреля 2023 г., ИКИ РАН

S.V. Kulikov, A.A. Skalsky Magnetic field observations at the surface of Mars: the influence of atmospheric/ionospheric phenomena and the interplanetary medium. The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3. Space Research Institute Moscow, Russia, October 9-13, 2023

9. Роль фронтов диполизации в ускорении ионов разных масс плазменном слое хвоста магнитосферы Юпитера

На основе наблюдений КА Juno 87 Диполизационных Фронта (ДФ) в плазменном слое хвоста Юпитера выполнен анализ энергетических спектров ионов разных масс (H, He, S, O). Установлено, что уменьшение модуля показателя степенного энергетического спектра потоков ионов разных масс, свидетельствующее о наличии ускорения на фронте, наблюдалось лишь в 40% ДФ, распространяющихся в утреннем секторе. Эти ДФ характеризовались более сильным электрическим полем, по сравнению с остальными событиями из нашей базы данных, что и послужило более эффективному ускорению ионов.

Blöcker, A., Kronberg, E. A., Grigorenko, E. E., Roussos, E., & Clark, G. (2023). Dipolarization fronts in the Jovian magnetotail: Statistical survey of ion intensity variations using Juno observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031312. <https://doi.org/10.1029/2023JA031312> Volkswagen Foundation Grant Az 97742

10. Мелкомасштабные процессы в магнитослое и их связь с динамикой параметров солнечного ветра

Проведено сопоставление результатов экспериментальных исследований влияния изменяющихся характеристик плазмы и магнитного поля солнечного ветра на

мелкомасштабные (регистрируемые спутником за время от секунд до нескольких минут) процессы и турбулентность плазмы за околоземной ударной волной. Показано, что изменения условий в солнечном ветре приводят к различиям в формировании и динамике мелкомасштабных вариации и структур внутри магнитослоя, в том числе высокоскоростных джетов и транзитных возрастных плотностей, которые могут достигать магнитопаузы и приводить к дополнительным каналам проникновения частиц в магнитосферу. Выявлено, что к параметрам межпланетной среды, оказывающим наибольшее влияние на динамику различных мелкомасштабных процессов внутри магнитослоя, относятся скорость плазмы и модуль межпланетного магнитного поля. Показано, что различные крупномасштабные явления, такие как межпланетные проявления выбросов корональной массы и области сжатия перед ними, а также области взаимодействия разноскоростных потоков, имея внутри себя структуры меньших масштабов, подвержены различной модификации при пересечении головной ударной волны, что может являться одной из причин различий в их геоэффективности.

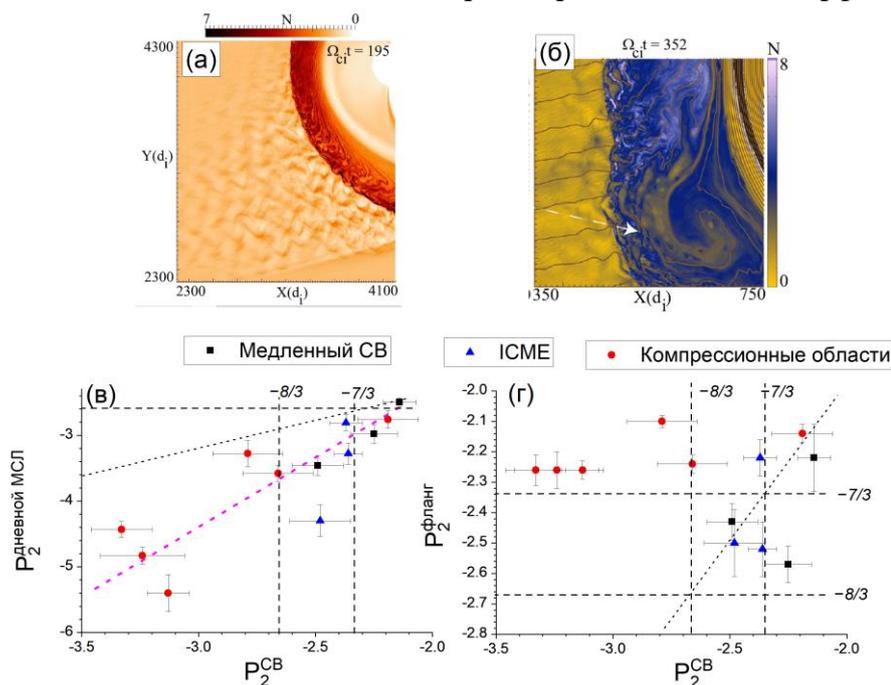


Рисунок 2.10.1 - (а,б) мелкомасштабные плазменные структуры в магнитослое по результатам моделирований, учитывающих кинетику ионов, (в, г) – зависимости наклонов спектров турбулентных флуктуаций на кинетических масштабах в дневном магнитослое и на фланге от соответствующего наклона в солнечном ветре для трех крупномасштабных типов солнечного ветра.

Rakhmanova L, Riazantseva M, Zastenker G and Yermolaev Y (2023), Role of the variable solar wind in the dynamics of small-scale magnetosheath structures. *Front. Astron. Space Sci.* 10:1121230. doi: 10.3389/fspas.2023.1121230 (Q2, IF 3.0)

11. Новая структурная особенность в строении магнитосферы в виде кольца плато плазменного давления

Впервые обнаружено существование квазистационарных областей с крайне малыми градиентами давления (плато давления) на геоцентрических расстояниях от Земли $\sim 8-10 R_E$. Использовались данные одновременных наблюдений в пяти спутниковом эксперименте THEMIS (~ 600 событий). Проецирование областей плато давления на малые (~ 800 км) высоты показало, что области плато проецируются как в конкретных случаях, так и статистически, на области зазоров (малых величин продольных токов) между

крупномасштабными продольными токами зон I и II (рис. 2.11.1). Области плато давления наблюдаются в спокойных геомагнитных условиях и разрушаются в периоды геомагнитной активности. Данный эффект не выделялся ранее. Выделение кольца плато плазменного давления дает принципиально новый взгляд на глобальную картину строения магнитосферы Земли.

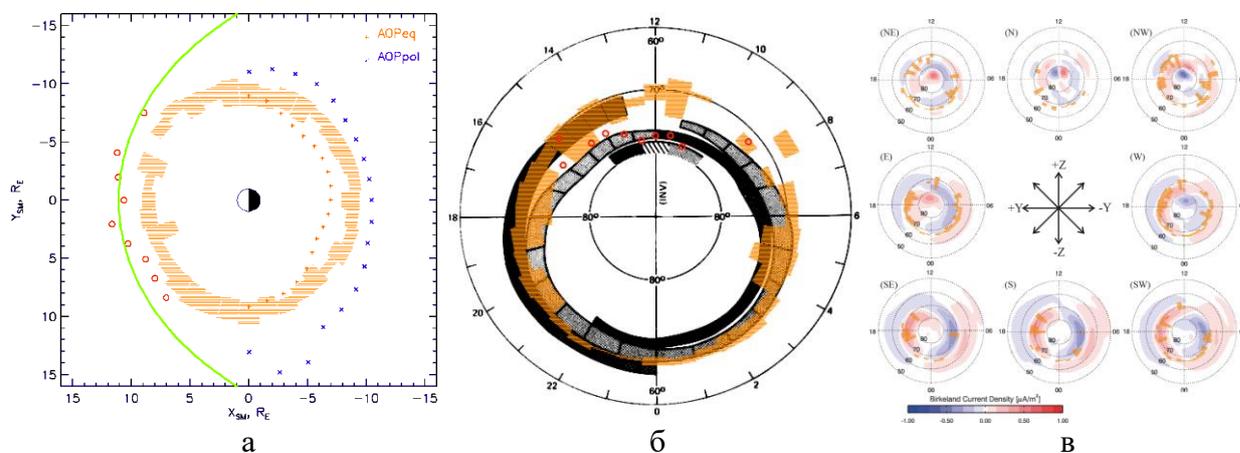


Рисунок 2.11.1 - Положение областей плато давления в экваториальной плоскости (а); сравнение положений проекций на ионосферные высоты областей плато давления со статистической картинкой продольных токов Iijima and Potemra (1978) (б); сравнение положений проекций на ионосферные высоты областей плато давления со статистической картинкой продольных токов в модели (Anderson et al., 2008) (в)

Kirpichev I. P., Antonova E. E., Stepanova M. V. (2023). On the relationship between regions of large-scale field-aligned currents and regions of plateau in plasma pressure observed in the equatorial plane of the Earth's magnetosphere. *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL105190. <https://doi.org/10.1029/2023GL105190>

12. Применимость идеальной магнитной гидродинамики и магнитостатические равновесие в магнитосфере Земли

Определено усредненное за период наблюдений миссии THEMIS с 2007 по 2011 г. отношение альвеновской скорости V_A к скорости движения плазмы V . Данное отношение определяет применимость идеальной магнитной гидродинамики к описанию магнитосферных процессов. Показано, что во всех магнитосферных структурах $V_A/V \gg 1$. При этом известно, что выполняется баланс давлений на магнитопаузе и поперек плазменного слоя хвоста магнитосферы. Соотношение $V_A/V \gg 1$ приводит к значительному возрастанию эффективной ионной диффузионной длины $L_{Hall} = \lambda_i V_A/V$, где $\lambda_i = c/\omega_{pi}$ ионная диффузионная длина, $\omega_{pi} = [(e^2 n_e)/(\epsilon_0 m_i)]^{1/2}$ ионная плазменная частота. Данная величина может значительно превышать масштабы основных магнитосферных структур, что требует разработки нетрадиционных подходов к описанию магнитосферной динамики. Кратко описано направление исследований, направленное на решение сформулированных проблем.

Antonova E.E., M.V. Stepanova, I.P. Kirpichev, Main features of magnetospheric dynamics in the conditions of pressure balance, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 242 (2023) 105994, p. 1-7. doi:10.1016/j.jastp.2022.105994

Stepanova M., Antonova E.E., Espinoza C.M. Turbulent transport and balance between plasma and magnetic pressures as key factors for the geomagnetic tail and inner magnetosphere interactions. The 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Berlin, 11-20 July, 2023. A11 - Magnetotail Dynamic Processes, IUGG23-2970.

13. Характеристики магнитосферных каспов

Проведен анализ результатов наблюдений низколетящих спутников, пересекающих дневной сектор авроральной зоны, и высокоапогейных спутников в экваториальной плоскости магнитосферы с целью выделения основных процессов, приводящих к формированию дневных полярных каспов. Данные спутника DMSP F7 использованы для анализа широтных характеристик ионных высыпаний в области каспа и изучения широтного профиля ионного давления в каспе в зависимости от параметров ММП.

Показано, что при B_z ММП > 0 наиболее характерным является профиль P_i с максимумом ионного давления в приполюсной части каспа. Касп при $B_z > 0$ располагается в более высоких широтах, чем при $B_z < 0$, его средние широтные размеры увеличиваются до $\sim 1.4^\circ$ широты. В предполуденном секторе MLT наиболее характерным для периодов с большой отрицательной B_y -компонентой ММП ($\langle B_y \rangle = -6.3$ нТл, $\langle B_z \rangle = -1.7$ нТл) является касп шириной $\sim 1.4^\circ$ широты с плоской вершиной в широтном профиле P_i . Сравнение наблюдаемых на низких высотах распределений давления с данными высокоапогейных спутников подтвердило возможность описания формирования каспа как диамагнитной полости и использования наблюдений в каспе для определения давления ионов в магнитослое.

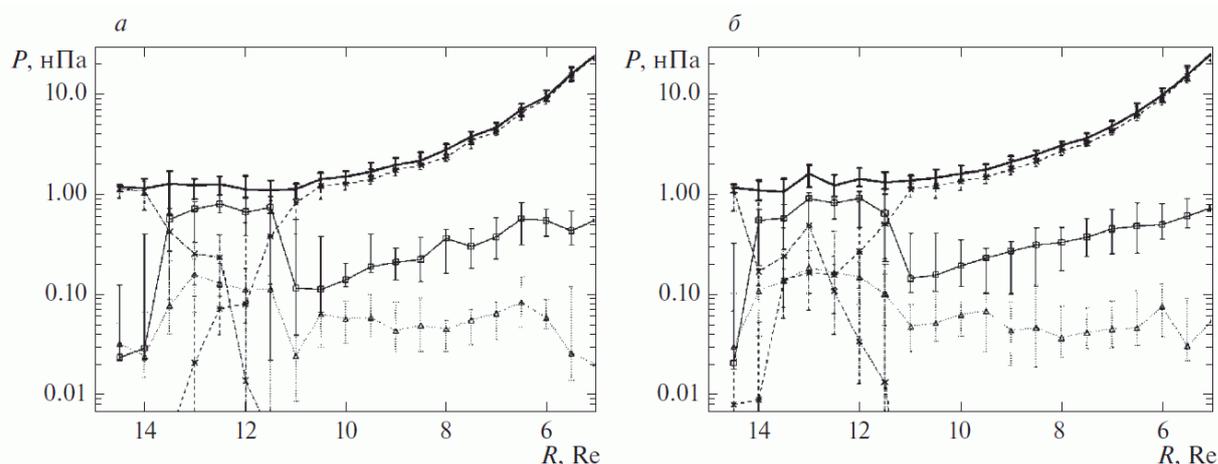


Рисунок 2.13.1 - Радиальное распределение компонент давления (по данным THEMIS) при переходе из солнечного ветра в магнитосферу при южной (а) и северной (б) ориентации ММП. Интегральное давление показано сплошной толстой кривой, магнитное – пунктиром, ионное – сплошной тонкой кривой, электронное – точечной кривой, динамическое – штрих пунктиром.

Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Антонова Е.Е., Кирпичев И.П., Широтная структура высыпаний в области дневного полярного капа. Геомagnetизм и аэрoнoмия, том 63, № 6, с. 736–750б 2023. doi:10.31857/S0016794023600448 (Перевод: Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Antonova E.E., Kirpichev I.P. Latitudinal structure of precipitation in the region of the daytime polar cusp. Geomagnetism and Aeronomy, 2023, Vol. 63, No. 6, pp. 721–734. doi:10.1134/S0016793223600662) РНФ не ИКИ 22-12-20017

Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Antonova E.E., Simultaneous ground-based and DMSP F16 spacecraft observations of the dayside polar cusp under northward IMF: case study, PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA 46th Annual Seminar Abstracts, p. 34, 2023.

14. Проблемы предсказания возрастных потоков релятивистских электронов внешнего радиационного пояса

Получены новые результаты, подтверждающие соотношение Тверской, связывающего положение максимума пояса после бури с величиной Dst/SYM-H вариации. Проведен анализ применимости популярных квазилинейных диффузионных моделей к описанию процессов ускорения электронов ВРП. Показано, что развитые модели не описывают время ускорения (~времени взрывной фазы суббури), не могут объяснить формирование пояса после магнитных бурь, когда потоки релятивистских электронов восстанавливаются до предбуревого уровня и не объясняют соотношение Тверской.

Antonova E.E., Sotnikov N.V., Kirpichev I.P., Riazantseva M.O., Stepanova M.V., Pinto V., Inostroza A., Espinoza C.M., Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Ovchinnikov I.L., Daniil Yu. Naiko D.Yu., Pulinets M.S. (2023). Formation of the Outer Radiation Belt: Adiabatic Effect and Stochastic Acceleration. Problems of Geocosmos—2022, Proceedings of the XIV Conference and School. *Editors* Kostrov A., Lyskova E., Mironova I., Apatenkov S., Baranov S. (eds) Problems of Geocosmos—2022. ICS 2022. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer Nature Switzerland AG. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_23

Антонова Е.Е., Сотников Н.В., Кирпичев И.П., Рязанцева М.О., Овчинников И.Л., Степанова М.В., Pinto V., Espinoza C.M., Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Пулинец М.С., Найко Д.Ю. Механизмы падения и возрастания потоков релятивистских электронов внешнего радиационного пояса и предсказание динамики пояса во время магнитной бури, *Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2022, ИКИ РАН. Тезисы докладов*, с. 219.

Белаховский В.Б., Пилипенко В.А., Антонова Е.Е., Шиокава К., Миоши Е. Исследование ускорения электронов до релятивистских энергий во время магнитных бурь и без них по данным спутников ARASE, GOES. *Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2022, ИКИ РАН. Тезисы докладов*, с. 215.

Antonova E.E., Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Sotnikov N.V., Kirpichev I.P., Ovchinnikov I.L., Naiko D.Yu., Pulinets M.S., Stepanova M.V., Pinto V., Inostroza A., Magnetospheric substorms and relativistic electrons, PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA 46th Annual Seminar Abstracts, p. 15, 2023.

Антонова Е.Е., Степанова М.В., Кирпичев И.П., Овчинников И.Л., Найко Д.Ю., Сотников Н.В., Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Проблемы формирования кольцевого тока и внешнего радиационного пояса, *Проблемы космофизики*, 10-13 июля 2023 г., Дубна, <http://cosmophysics2023.sinp.msu.ru/>

Антонова Е.Е., Тулупов В.И., Оседло В.И., Павлов Н.Н., Магнитные бури весной 2023 г. и проблемы предсказания возрастных потоков релятивистских электронов внешнего радиационного пояса, *Проблемы космофизики*, 10-13 июля 2023 г., Дубна, <http://cosmophysics2023.sinp.msu.ru/>

Antonova E.E., Stepanova M.V., Pinto V.A., Ovchinnikov I.L., Naiko D.Yu., Riazantseva M.O., Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Storm time substorms and outer radiation belt, The 15th International Conference on Substorms (ICS-15), October 15-20, 2023, Deqing China, <http://ics15.cssr.org.cn/Index.asp>

15. Обнаружение сильных неидеальных электрических полей и диссипации энергии в структурах продольных токов в плазменном слое геомагнитного хвоста

Используя наблюдения миссии MMS обнаружены всплески сильных неидеальных электрических полей (до 100 мВ/м), связанных с интенсивными структурами продольных токов вблизи магнитной сепаратрисы. Установлено, что данные токовые структуры имеют толщину порядка 1-2 гирорадиусов тепловых электронов и ток в них переносится

размагниченными электронами с энергиями порядка и более 1 кэВ. В результате, в токовых структурах имела место диссипация энергии, плотность мощности которой составляла $\sim 1.3 \text{ нВт/м}^3$, что по порядку величины сопоставимо с мощностью диссипации энергии в диффузионной области. Диссипация энергии в токовых структурах, вероятно, послужила причиной наблюдаемого нагрева электронов, температура которых внутри структур возросла в 2 раза по сравнению с окружающей плазмой.

M. Leonenko, E. Grigorenko, L. Zelenyi, Strong nonideal electric fields and energy dissipation observed by MMS within field-aligned current layers in the Plasma Sheet of the Earth's magnetotail, *Atmosphere*, 14,722, <https://doi.org/10.3390/atmos14040722>, 2023

16. Эффект «провала» потока протонов в сопряженных областях дневного плазменного слоя и авроральной магнитосферы

Проведен сравнительный анализ уменьшения интенсивности протонов («провала» потоков протонов 1-7 кэВ до фоновых значений) по данным спутников ИНТЕРБОЛ-1 в дневном плазменном слое и ИНТЕРБОЛ-2 в диффузной авроральной магнитосфере. Найдено несколько случаев одновременной регистрации провала потоков протонов на высоких и низких высотах, что дает возможность сравнения измерений с двух космических аппаратов. Исследование позволяет заключить, что появление провала связано с временем жизни протонов, стартующих с границы инжекции в ночном секторе магнитосферы. Время движения протонов от сотен эВ до нескольких кэВ в магнитосфере к востоку составляет 20-50 часов. Это именно те протоны, которые идут вокруг Земли при превашировании дрейфов из-за градиента и кривизны над движением из-за конвекции. За длительное время пролета до провала такие протоны успевают высыпаться в авроральную зону в результате процесса диффузии в конус потерь, т.е. время их жизни оказывается меньше времени пролета до области провала. Расчет времени пролета (см. рис. 2.16.1) показывает, что эти частицы должны иметь максимальные значения времени по сравнению с низкоэнергичными и высокоэнергичными протонами.

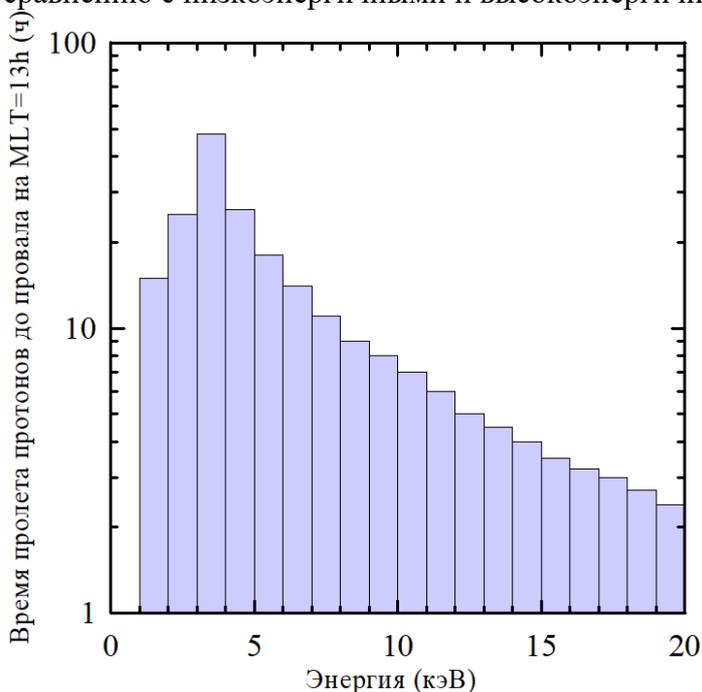


Рисунок 2.16.1 - Зависимость времени пролета протонов до провала от энергии.

Р.А. Ковражкин, А.Л. Глазунов, Г.А. Владимирова, Формирование полярной границы авроральной магнитосферы при различных состояниях плазменного слоя, Сборник

17. Стратифицированный поляризационный джет

Поляризационный джет (ПД), также известный в англоязычной научной литературе как субавроральный ионный дрейф (SAID – Subauroral Ion Drift), – явление субавроральной ионосферы представляющее собой узкий по широте поток быстрых дрейфов ионов на запад. В данном исследовании подробно изучена мелкомасштабная структура ПД/SAID для нескольких различных геомагнитных событий с высокой частотой дискретизации прибора ~ 1 кГц. Основные научные результаты следующие:

- Обнаружен новый тип явлений, названный SSAID - стратифицированный поляризационный джет, который представляет собой ПД/SAID, состоящий из мелкомасштабных страт внутри.
- Высказано предположение, что любой ПД/SAID состоит из страт.
- Определены типичные размеры страт ПД/SAID. Большие страты имеют размер $0,2-0,3^\circ$ широты, а маленькие страты - $<0,1^\circ$ широты.
- В среднем стратифицированный поляризационный джет состоит из 2–4 крупных страт и от нескольких единиц до нескольких десятков мелких страт.
- Сделаны предложения относительно возможного физического механизма возникновения страт и стратифицированного поляризационного джета в ионосфере.

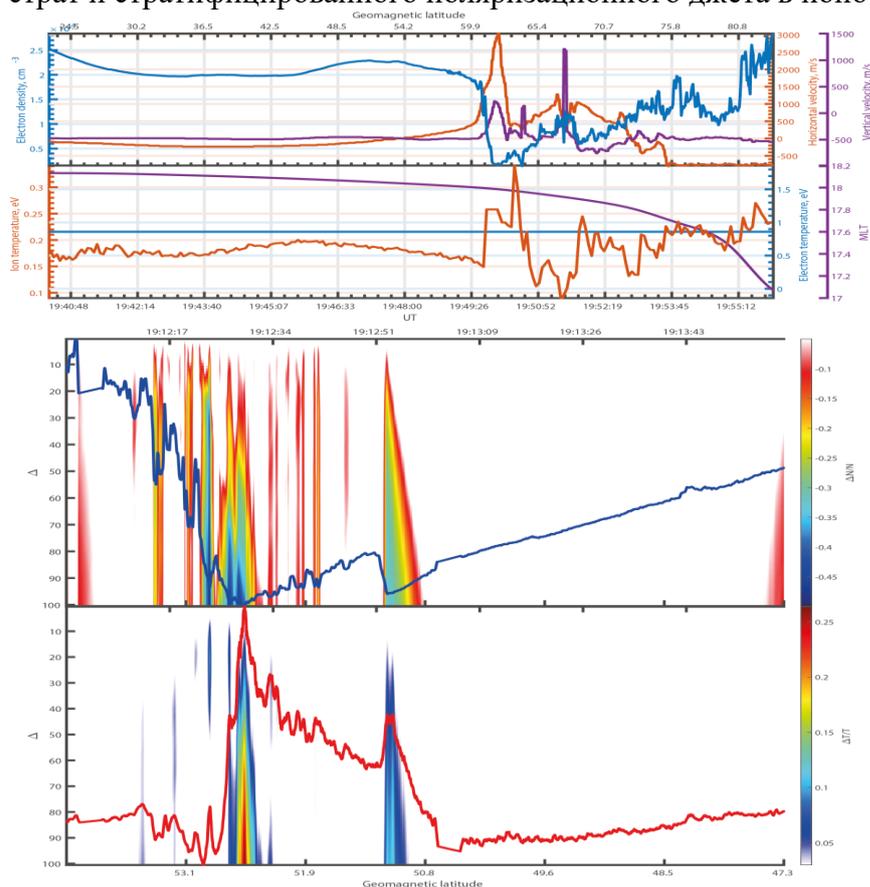


Рисунок 2.17.1 - Верхняя панель - Динамика горизонтальной (красная линия на верхнем графике) и вертикальной (фиолетовая линия на верхнем графике) скоростей дрейфа ионов, плотности электронов (синяя линия на верхнем графике), температуры ионов (красная линия на нижнем графике) и электроны (синяя линия на нижнем графике) в зависимости от геомагнитной широты (верхняя абсцисса), времени UT (нижняя абсцисса) и MLT (фиолетовая линия на нижнем графике) по данным DMSP F-18 на 19 UT 2018.03.18. Средняя и нижняя панели - изменение плотности (синяя линия) и температуры (красная

линия) электронов и параметров $\Delta N/N$ (цвет на средней панели) и $\Delta T/T$ (цвет на нижней панели) по данным NorSat-1.

Sinevich A.A., Chernyshov A.A., Chuginin D.V., Clausen L.B.N., Miloch W.J., Mogilevsky M.M (2023). Stratified Subauroral Ion Drift (SSAID). *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2022JA031109. DOI: 10.1029/2022JA031109 (Theoretical Physics and Mathematics Advancement Foundation “BASIS”)

18. Регулярные неоднородности плотности в пограничном слое плазмосферы

По измерениям тепловой плазмы на спутниках МАГИОН-5 и ИНТЕРБОЛ-1 в пограничном слое плазмосферы на фоне разнообразных вариаций выделены повторяющиеся подобные изменения плотности протонов (рис. 2.18.1), имеющие следующие характерные особенности: (а) изменения плотности происходят достаточно резко и на профиле плотности – зависимости плотности от L или от геомагнитной широты λ - имеют пилообразный характер, плотность протонов в пиках (максимумах) вариаций превышает плотность в минимумах вариаций в 2-8 раз; (б) характерный размер вариаций в радиальном направлении в плоскости геомагнитного экватора $\sim 0.15 R_E$ или ~ 1000 км; (в) пилообразные изменения плотности протонов в пограничном слое плазмосферы могут охватывать не менее 90° по долготе. Неоднородности плазмы наблюдались при достаточно спокойной или немного возмущенной геомагнитной обстановке. Пилообразные вариации плотности тепловой плазмы, по-видимому, относятся к пространственным структурам, эволюционирующим, но сохраняющимся в пограничном слое плазмосферы, по крайней мере, в течение суток. Рассмотренные неоднородности, вероятно, являются следствием перестановочной или квазиперестановочной неустойчивости, развивающейся в пограничном слое плазмосферы.

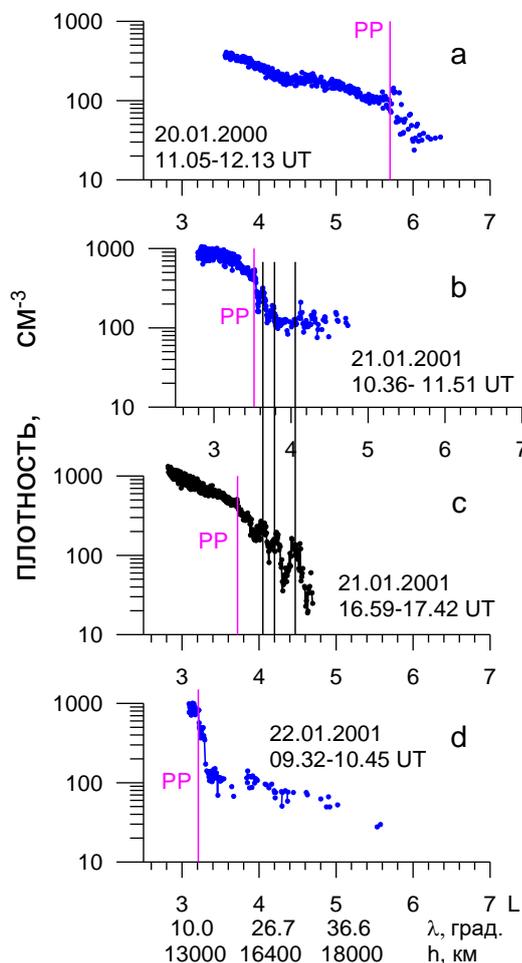


Рисунок 2.18.1 - Пример изменения плотности протонов в зависимости от параметра L при четырех последовательных входах спутника МАГИОН-5 в плазмосферу в послеполуденном секторе 20-22 января 2001 г. Вертикальными черными линиями отмечены максимумы плотности плазмы в наблюдаемых неоднородностях ее распределения. Положения плазмопаузы (PP) показаны розовыми вертикальными линиями. На нижней панели указаны также геомагнитная широта λ и высота h спутника вдоль орбиты.

Г.А. Котова, В.В. Безруких, Д.В. Чугунин, М.М. Могилевский, А.А. Чернышов, Регулярные неоднородности плотности в пограничном слое плазмосферы // Геомагнетизм и аэрномия, 2023, том 63, № 6, с. 715-723. DOI: 10.31857/S0016794023700013 (G.A. Kotova, V.V. Bezrukikh, D.V. Chugunin, M.M. Mogilevsky, A.A. Chernyshov, Regular density inhomogeneities in the boundary layer of the plasmasphere // Geomagnetism and Aeronomy, 2023, V. 63, No 6, P. 701–709. DOI: 10.1134/S0016793223600674)

19. Основные статистические свойства излучения типа гектометровый континуум в околоземном пространстве

Исследуется недавно обнаруженное гектометровое континуум-излучение в околоземной плазме. С использованием данных спутника ERG (Arase) проведен подробный статистический анализ возникновения гектометрового континуума вблизи Земли на расстояниях 1.1–2 радиуса Земли за двухлетний период (279 случаев). Установлена зависимость генерации гектометрового излучения от местного магнитного времени. Показано, что данный тип континуум-излучения возникает в основном в ночное и утреннее время. Исследована зависимость возникновения гектометрового излучения от геомагнитной активности, и продемонстрировано, что нет прямой зависимости возникновения гектометрового излучения от геомагнитных возмущений. Кроме того, статистический анализ позволил выявить локализацию источника (источников) такого типа радиоизлучения в околоземном пространстве и показать, что источник (источники) гектометрового континуум-излучения расположен на низких широтах. Полученные в данной работе характеристики гектометрового излучения в магнитосфере Земли, сравниваются с аналогичными характеристиками километрового континуума и АКР (авроральное километровое радиоизлучение).

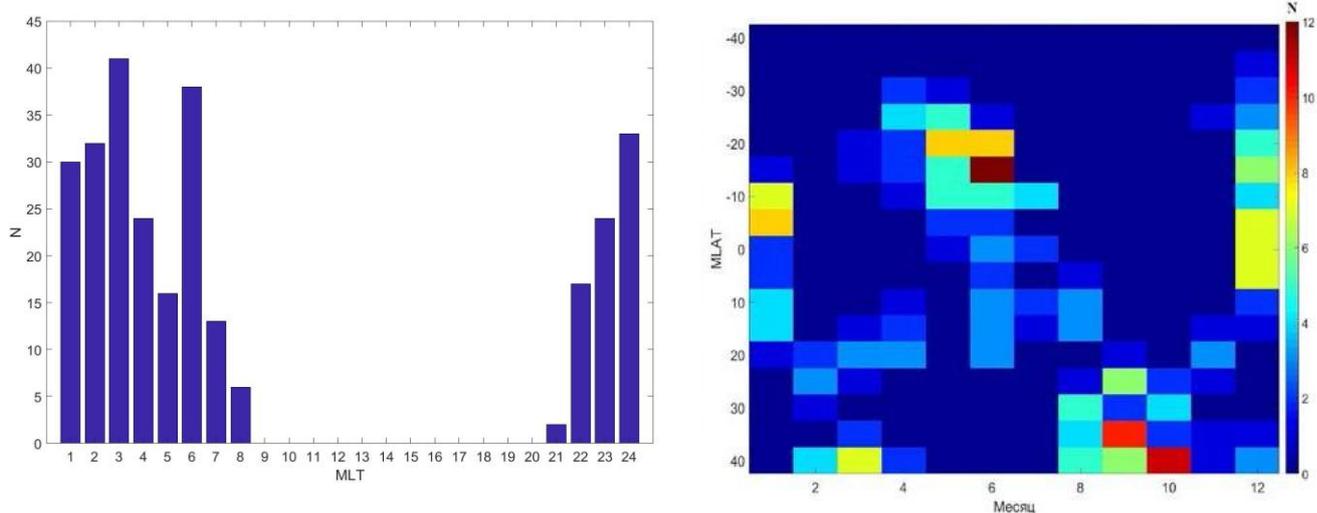


Рисунок 2.19.1 - Распределение случаев наблюдения гектометрового континуума в зависимости от местного магнитного времени (левая панель) и гистограммы

распределения по месяцам MLAT орбиты спутника в моменты начала наблюдения гектометрового континуума (правая панель).

Дорофеев Д.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М. Основные статистические свойства излучения типа гектометровый континуум в околоземном пространстве. *Солнечно-земная физика*. 2023. Т. 9, № 4. С. 71–79. DOI: 10.12737/szf-94202308. (Базис)

20. Характерные особенности плотности электронов в авроральной зоне магнитосферы на высотах 2-3 R_E по измерениям потенциала спутника *ИНТЕРБОЛ-2*

Концентрация электронов определяется на основе результатов измерений потенциала спутника *ИНТЕРБОЛ-2* с октября 1996 г. по март 1998 г. в авроральной зоне магнитосферы на высотах 2–3 R_E . Этот период характеризуется низкой солнечной активностью.

С этой целью применяется простая модель: $J_{ph}(V) = J_{ph0} \exp(-V_s/2.1)$, где J_{ph0} определяется на основе сопоставления одновременных измерений электрического потенциала спутника относительно плазмы зондовыми приборами ИЭСП-2 и КМ-7; V_s – потенциал спутника. Потенциал измеряется прибором ИЭСП-2 с частотой опроса 400 мс, цикл работы КМ-7 составляет 5.12 с, поэтому плотность фототока и концентрация электронов определяется с интервалом 5.12 с. Потенциал спутника *ИНТЕРБОЛ-2*, как правило, составляет 2-5 В. Получены следующие результаты:

- Концентрация электронов в авроральной области значительно выше, чем в полярной шапке. В спокойные периоды ($K_p \leq 2$) концентрация электронов выше, чем в возмущенные.
- Концентрация электронов в полярной шапке составляет 1-10 cm^{-3} , а в более спокойные периоды - до 15 cm^{-3} ; в авроральной области - 10-40 cm^{-3} .

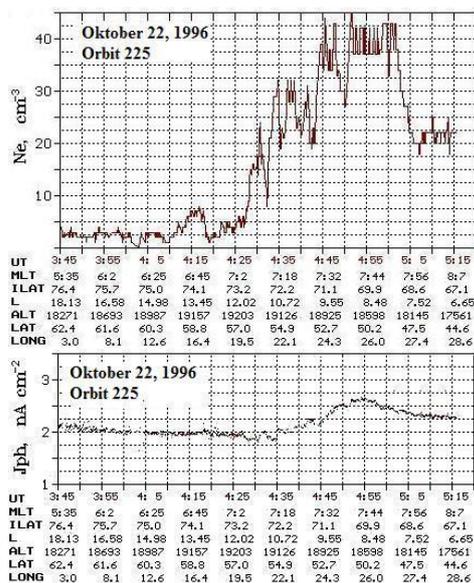


Рисунок 2.20.1 - Плотность электронов плазмы по данным измерений потенциала *ИНТЕРБОЛ-2* на участке орбиты 225 (22.10.1996) и плотность фотоэлектронного тока, которая определялась на основе сопоставления измерений потенциала спутника U_{sp} приборами ИЭСП-2 и КМ-7.

Спутник *ИНТЕРБОЛ-2* находится в полярной шапке до 0430 UT, затем до конца пролета в авроральной области, $Kp=4$. Основные выводы о характере распределения плотности электронов согласуются с анализом данных спутника

Смирнова Н.Ф., Станев Г. Характерные особенности плотности электронов в авроральной зоне магнитосферы на высотах 2-3 RE по измерениям потенциала спутника *ИНТЕРБОЛ-2*//сборник тезисов конференции "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2023 г., с.210.

21. Необычные спектры высокоширотных электромагнитных ОНЧ излучений

Исследованы особенности спектров дискретных ОНЧ излучений на частотах выше 5 кГц в авроральных широтах. Осуждены новые необычные динамические спектры таких излучений. Выявлены короткие «триггерные» ОНЧ всплески, одновременные во всей полосе частот с четкой нижней и верхней частотной границей. Обнаружены необычные ОНЧ всплески, начинающиеся как очень узкополосный длинный «нос», распадающийся затем на отдельные периодические сигналы. Природа таких излучений пока остается неизвестной. Найдены также квазипериодические излучения в нетипично высокой полосе частот (8-10 кГц) с периодом повторения порядка 2-3, генерация которых, вероятно, происходит внутри магнитосферы на низких L-оболочках. Кроме того, в декабре 2022 впервые были зарегистрированы необычные ОНЧ эмиссии неустановленной природы в виде двух-часового «облака» дискретных излучений в полосе 2-8 кГц, состоящего из сложного набора очень узкополосных квазипериодических полос возрастающей частоты, разнесенных на 50-60 Гц.

Клейменова Н.Г., Маннинен Ю., Громова Л.И. Удивительные спектры некоторых высокочастотных ОНЧ //18-я ежегодная конференция «ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ», Москва. 6-10 февраля 2023, ИКИ РАН

22. Возбуждение искусственных УНЧ излучений в ионосфере установкой FENICS на Кольском полуострове

Разработана теория возбуждения УНЧ-КНЧ волн в ионосфере линейным заземленным током конечной длины L . С помощью основанной на этой теории численной модели (с реалистичным горизонтально-слоистым профилем ионосферы) в работе [Пилипенко и др., 2024] рассчитана ожидаемая амплитуда излучений на спутниковых высотах для УНЧ/КНЧ передатчиков типа ЗЕВС/FENICS с учетом их реальных размеров. Рассматриваемая задача не сводится к классическим задачам об электромагнитном излучении источника, заглубленного в проводящее полупространство. При решении задачи использовано представление электромагнитного поля через потенциалы, при котором поле разбивается на потенциальную и вихревую составляющие, а токовый источник — на соленоидальную и вихревую части. Исходная задача лишена осевой симметрии, но потенциальная и вихревая составляющие в отдельности такой симметрией обладают. Благодаря этому становится возможным, разделяя переменные, с помощью преобразования Ганкеля прийти к краевой задаче для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Передатчик ЗЕВС состоит из двух параллельных горизонтальных заземленных антенн длиной $L=60$ км, излучающих на несущей частоте 82 Гц. На Кольском полуострове также регулярно проводятся эксперименты с установкой FENICS, состоящей из двух выведенных из эксплуатации ЛЭП протяженностью 100 км и 120 км. Для расчетов были использованы параметры $L=60$ км (ЗЕВС) и $L=100$ км (FENICS). Установки расположены на кристаллическом щите с высоким сопротивлением $\sim 10^5$ Ом·м, поэтому проводимость

Земли была принята $\sigma_g=10^{-5}$ См/м. Поле излучения оценивается на фиксированной высоте ($z=500$ км), соответствующей типичной орбите низкоорбитальных спутников (например, аппарат CSES).

Проведенное моделирование показало, что установка FENICS с током ≥ 140 А может обеспечить при благоприятных условиях в ночные часы стимуляцию излучения в герцовом диапазоне с максимальными амплитудами ≥ 1 пТл и ≥ 10 мкВ/м. Такие амплитуды характерны для естественных сигналов Pc1 в верхней ионосфере. Поэтому установка FENICS на широте, соответствующей центральной части внешнего радиационного пояса, может эффективно использоваться как инструмент для опустошения радиационного пояса. Рассчитанные величины токов вполне достижимы. Таким образом, установка FENICS может быть значительно более дешевой и эффективной альтернативой радионагревным методам возбуждения искусственных излучений диапазона Pc1.

Пилипенко В.А., Н.Г. Мазур, Е.Н. Федоров, А.Н. Шевцов (2024), О возможности экспериментов по возбуждению искусственных УНЧ излучений в ионосфере установкой FENICS на Кольском полуострове, Изв. РАН, серия физическая (в печати).

23. Сравнение индексов УНЧ волновой активности в сопряженных точках Антарктиды и Гренландии

Проанализированы данные магнитометров сопряженных станций Гренландии и Антарктиды. Автономные адаптивные инструментальные платформы малой мощности (AAL-PIP) на участках в Антарктиде магнитно сопряжены с цепочкой магнитометров западного побережья Гренландии вдоль 40° магнитного меридиана (LT~UT-2.3). В первую очередь для анализа были выбраны наблюдения, сделанные в зимние месяцы (декабрь-февраль) 2017-2018 гг. В этот период контраст между проводимостями ионосферы должен быть очень высоким, примерно на порядок величины.

При возбуждении продольных токов в магнитосфере зависимость отклика на Земле от локальной проводимости ионосферы может соответствовать режиму генератора или тока в зависимости от того, имеет место вынужденное или резонансное возбуждение. Рассмотрение межполушарных антарктических/гренландских свойств мощности УНЧ волн показало, что волны Pc5 соответствует генератору тока, а механизм ее возбуждения следует отнести к резонансному возбуждению. Проанализированная асимметрия волн Pc5, зарегистрированных на сопряженных магнитометрах, с точки зрения дихотомии генератора напряжения/тока показала, что амплитуды спектральной мощности на резонансной частоте различаются не более чем на 20%, хотя модель ионосферной проводимости предсказывала контраст между ионосферными проводимостями 3-10 раз. Таким образом, межполушарные свойства волн Pc5 и УНЧ индекса соответствуют режиму генератора тока, а не генератора напряжения.

Kozyreva O.V., V.A. Pilipenko, M.D. Hartinger, T.R. Edwards (2023) Comparison of ULF wave indices from conjugate magnetometer arrays in Antarctica and Greenland, Problems of Geocosmos–2022, Proceedings of the XIV Conference and School, [Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences](https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4), 339-349, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4>.

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

За отчетный период было продолжено изучение опыта и перспективы исследования динамики интенсивности КНЧ излучений по данным эксперимента «Обстановка (1 этап)».

Показана возможность проведения на МКС мониторинга ионосферных электромагнитных параметров космической погоды при условии размещения датчиков на штангах длиной не менее 1,5 от поверхности МКС для снижения электромагнитных помех от станции. По результатам была создана база данных физических параметров электромагнитных эффектов в широком диапазоне частот, включая и постоянные поля, а также спектр флуктуаций частиц плазмы при взаимодействии МКС с ионосферой. По анализу данных построен ряд моделей пространственно-временного распределения электромагнитных параметров космической погоды. Получены данные по ранних скоординированных космическо-наземных экспериментах по воздействию на ионосферу наземных электромагнитных нагревных стендов и акустических генераторов.

Эксперимент «Обстановка (1 этап)» засвидетельствовал с высоким частотно-временным разрешением наличие свистящих атмосфериков (0,1 – 23 кГц) в различных областях ионосферы на стабильных по высоте и наклонению орбитах.

Космический эксперимент (ЦР - Целевая Работа) «Обстановка (2 этап)» является продолжением предшествующих проектов ИКИ РАН по фундаментальным космическим исследованиям.

Космический эксперимент ЦР «Обстановка (2 этап)» является продолжением предшествующих проектов ИКИ РАН по фундаментальным космическим исследованиям. Отсутствие финансирования (договора с ПАО «РКК «Энергия») тормозит подготовку ЦР. По состоянию на декабрь 2023 г. финансирование ЦР «Обстановка (2 этап)» не начиналось. По нашей оценке, при своевременном и достаточном финансировании ЦР может быть подготовлен за 5 лет.

Долговременные ряды физических параметров, планируемые в ходе реализации комбинированной волновой диагностики, дают возможность эффективно продвигаться, в частности, в следующих направлениях:

- организация долгосрочного мониторинга грозových разрядов по программам фундаментальных исследований солнечно-земных связей (ЦР «Обстановка 2.1») на Российской орбитальной служебной станции РОС, имеющей более высокое, чем МКС (~52 град), наклонение орбиты, что будет способствовать охвату всей территории России, включая полярные области.

- создание базы экспериментальных плазменно-волновых данных по состоянию ионосферы Земли для выявления и предотвращения ее катастрофических изменений.

В ЦР «Обстановка (2 этап)» прорабатывается расширение использования метода комбинированной волновой диагностики – КВД, отработанного на автоматических КА как среднего, так и малого класса: «Космос-484, -721» (1972 и 1975 гг.), «Интеркосмос-10» (1974 г.), «Прогноз-8,-10» (1980 и 1985 гг.), «Вега-1,-2» (1986 г.), «Фобос-1,-2» (1988-1989 гг.), «Интербол-1» и его субспутнике «Магион-4» (1995 г.). Важной методической разработкой является расширение КВД данными с микроспутников, патрулирующих электромагнитную обстановку вокруг орбитальной станции.

Метод КВД не имеет ни отечественных, ни зарубежных аналогов по комплексности и информативности исследований.

В ходе всесторонней проработки на этапе эскизного проекта ЦР (ЦР - Целевая Работа) «Трабант» (2017 – 2019 г.г.) было признано, что основной задачей должны являться исследования детерминированных (0.1 – 100 км) пространственных и временных градиентов электромагнитных параметров и концентрации плазмы, благодаря синхронным «двухточечным» измерениям. Это, соответственно, требовало одновременного вывода на орбиту минимально двух микроспутников.

ЦР «Трабант» является продолжением работ по использованию инфраструктуры РС МКС для реализации микроспутников в предшествующих проектах ИКИ РАН по фундаментальным космическим исследованиям («Колибри-2000» (2002 г.) и «Чибиc-М» (2012 - 2014 гг.). Отсутствие финансирования (договора с ПАО «РКК «Энергия») тормозит подготовку ЦР. По состоянию на декабрь 2023 г. финансирование ЦР «Трабант»

не начиналось. По нашей оценке, при своевременном и достаточном финансировании ЦР может быть подготовлен за 5 лет.

Anna Bouzekova-Penkova, Stanislav Klimov, Valery Grushin, Olga Lapshinova, Denis Novikov, Dimitar Teodosiev. SPACE EXPERIMENT "OBSTANOVKA (1-STEP)", BLOCK DP – PM ON THE RUSSIAN SEGMENT OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION Bulgarian Academy of Sciences. Space Research and Technology Institute. Aerospace Research in Bulgaria, 35, p. 156-164, 2023, Sofia DOI:[10.3897/arb.v35.e15](https://doi.org/10.3897/arb.v35.e15)

Климов С.И., Грушин В.А., Зелёный Л.М., Новиков Д.И., Осадчая Л.А., Петрукович А.А., Головин Д. Лихтенбергер Я., Сегеди П. Регистрация грозовых разрядов на орбитальных станциях. Результаты и перспективы. PLASMA-2023, Восемнадцатая ежегодная конференция 06-10.02.2023, «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, с. 389.

С.И. Климов, Л.М. Зеленый, А.А. Петрукович, В.Н. Ангаров, О.Л. Вайсберг, М.В. Веселов, А.М. Садовский, А.А. Скальский, В.А. Грушин, Д.И. Новиков, Л.А. Осадчая, Н.А. Эйсмонт, В.В. Летуновский, А.В. Костров, Я. Лихтенбергер, Я. Надь. Опыт и перспективы реализации научно-исследовательских микроспутников в инфраструктуре орбитальных станций. Наука на МКС. Третья международная конференция, посвящённая 25-летию Международной космической станции: сб. тез. Докл. М.; ИКИ РАН, 2023. с. 127-131.

25. Разработка и моделирование перспективных плазменных приборов для исследования процессов в космической плазме для отечественных и международных миссий.

Разработана и испытана в лабораторных условиях новая электронно-оптическая схема спектрометра электронов ТОТЕМ-Э, позволяющая одномоментного измерения потоков электронов с полем зрения $360^\circ \times 10^\circ$ в диапазоне энергий от E_0 до $6.5 \times E_0$, где E_0 – минимальная регистрируемая прибором энергия частиц. Предложенная электронно-оптическая схема позволяет существенно увеличить скорость регистрации спектра частиц с высоким энергетическим и угловым разрешением и тем самым повысить достоверность получаемой научной информации. Это даст возможность проводить более детальные исследования процессов, происходящих в магнитосфере Земли, получить новые научные данные о характере взаимодействия волн и частиц, исследовать характер влияния солнечной активности на магнитосферу, в том числе и в полярных областях.

Разработана методика управления спектрометром электронов ТОТЕМ-Э, позволяющая в процессе быстрой регистрации параметров электронов существенно снизить информативность прибора без потери качества получаемой научной информации.

Создан аппаратно-программный комплекс, позволяющий в автоматизированном режиме проводить проверку параметров функционирования спектрометров электронов с широким полем зрения. Применение методов автоматизированного тестирования существенно ускоряет процесс отладки электронно-оптической схемы научных приборов и облегчает процедуры определения их аналитических характеристик.

Моисеенко Д.А., Шестаков А.Ю., Вайсберг О.Л., Журавлев Р.Н., Митюрин М.В., Моисеев П.П, Спектрометр электронов ТОТЭМ-Э для проекта Странник, Космические исследования, принята к публикации 18 мая 2023

26. Разработка и моделирование малогабаритных приборов для проведения исследований на малогабаритных спутниках.

Разработаны компьютерные модели комплекса новых перспективных спектрометров для исследования функций распределения ионов и электронов космической плазмы, а также детектирования энергичных нейтральных атомов:

- широкоугольный спектрометр ионов, обеспечивающий регистрацию энергетического и массового спектра ионов в диапазоне энергий от 10 эВ до 15 000 эВ с высоким временным разрешением;

- широкоугольный спектрометр электронов, позволяющий регистрировать частицы в диапазоне энергий от 10 эВ до 15 000 эВ;

- детектор нейтральных атомов, позволяющий регистрировать массовый состав и пространственное распределение энергичных нейтральных частиц на различных участках орбиты космического аппарата.

Разработанные модели спектрометров могут служить основой для формирования универсального комплекса плазменных приборов, пригодного для размещения на различных космических аппаратах, в состав задач которых входит исследование плазменного окружения объектов Солнечной системы. В качестве одной из перспективных научных задач можно рассматривать размещение данного комплекса на борту космического аппарата Венера-Д, что позволит провести детальное исследование параметров плазменного окружения планеты, исследовать механизмы потерь планетарных ионов, и процессы на границе индуцированной магнитосферы, изучать процессы ускорения частиц в различных областях индуцированной магнитосферы, определять механизмы ускорения частиц, исследовать тонкие структуры на границах магнитосферы.

Moiseenko D., Shestakov A., Vaisberg O., Petukh A., Zhuravlev R., Venus in solar wind: scientific goals and concepts of plasma analyzers for Venera-D mission. THE FOURTEENTH MOSCOW SOLAR SYSTEM SYMPOSIUM 2023 (14MS-3

27. Предложения к перспективным проектам фундаментальных космических исследований

Рассмотрены перспективы российской и зарубежной космической научной программы на 10-20 лет в разрезе международного сотрудничества. Предложены цели и задачи исследований Луны (лунной научной станции), Венеры, околоземного космоса группировками космических аппаратов. Комплексование вклада различных стран и космических агентств позволяет достичь нового качества научных исследований.

Kepko, Larry ; Vourlidas, Angelos ; Blum, Lauren ; Baker, Daniel N. ; Lavraud, Benoit ; Angelopoulos, Vassilis ; Ho, George ; Sibeck, David Gary ; Sorathia, Kareem ; Walsh, Brian ; Chakrabarty, Dibyendu ; Liemohn, Michael W. ; Goldstein, Jerry ; Claudepierre, Seth ; Berthomier, Matthieu ; Daglis, Ioannis A. ; Reeves, Geoffrey D. ; Dunlop, Malcolm W. ; Palmroth, Minna ; Nakamura, Rumi ; Retino, Alessandro ; Marcucci, Maria Federica ; Vilmer, Nicole ; Blanco-Cano, Xochitl ; Kretzschmar, Matthieu ; Genot, Vincent ; Opgenoorth, Hermann J. ; Rae, Jonathan ; Worms, Jean-Claude ; Petrukovich, Anatoli A. ; Mann, Ian ; Burch, Jim ; Cairns, Iver ; DeForest, Craig ; Donovan, Eric ; Ij, Sarah ; Klimchuk, Jim ; Manuel, John ; Denardin, Clezio ; McWilliams, Kathryn ; Saito, Yoshifumi ; Wang, Chi ; Waters, Colin ; Hwang, Junga ; Karpen, Judy ; Spiro, Antiochos On the need for International Solar Terrestrial Program Next (ISTPNext). Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 202; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 55, No. 3, e-id. 202 (2023)10.3847/25c2cfcb.d1ebc3b9

Anatoli Petrukovich, Lev Zelenyi, Igor Mitrofanov, Oleg Korablev, Vladislav Tretyakov, Dmitry Zarubin, Dmitry Gorinov, Cooperation Perspectives in Space Science: Moon, Venus and Beyond, 2023, AEROSPACE CHINA VOL.24 No.1, 15-19 DOI:10.3969/j.issn.1671-0940.2023.01.003

3. КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

Руководитель чл.-корр. А.А. Петрукович

1. Новые эффекты влияния космической погоды на живые организмы

Одной из основных причин, по которой существование эффекта влияния космической погоды на живые организмы на протяжении многих лет вызывало скептицизм среди представителей академической науки, является недостаточная, по критериям современной физики, стабильность воспроизведения гелиобиологического эффекта. Признаками нестабильности являются сильная вариабельность характеристик получаемых результатов: амплитуды, временного лага, и даже знака эффекта. В работе сформулирована и обоснована гипотеза, что эта нестабильность обусловлена в первую очередь методологическими причинами: существующие подходы, традиционные для физики и биологии XX века, плохо пригодны для исследования сложной многоуровневой системы солнечно-биосферных связей. На конкретных примерах показано, что новые методологические принципы, как уже частично вошедшие в некоторые гелиобиологические исследования в последние 10 лет, так и вновь сформулированные в данной работе, позволяют в значительной мере снизить процент необъяснимых невоспроизводимых результатов. Показано, что необходим учет таких специфических особенностей гелиобиологического эффекта, как индивидуальный характер реакции на космическую погоду, зависимость эффекта от фазы цикла солнечной и геомагнитной активности и от масштаба дискретизации экспериментальных данных, учет возможного вклада метеорологических факторов, а также существование разных типов ответа биологической системы на разных временных масштабах.

Зенченко Т.А., Бреус Т.К. Возможные причины нестабильности воспроизведения гелиобиологических результатов // Физика биологии и медицины, № 1, с. 4-25., 2023. DOI: 10.7256/2730-0560.2023.1.39903

2. Особенности магнитных бурь в начале нового цикла солнечной активности

В начале нового цикла солнечной активности весной 2023 года произошли три сильные магнитные бури: 27 февраля, 23 марта и 23 апреля 2023 с Dst ~150-240 нТл. По имеющимся наземным и спутниковым данным (проект AMPERE из 66 спутников связи на высоте 780 км) выявлены особенности этих бурь, отличающие их от типичных. Обнаружена суббуревая активность в приполярных широтах в главную фазу бури в виде так называемых «полярных» суббурь», нетипичных для главной фазы бури. «Полярные» суббури были зарегистрированы как на земной поверхности, так и в ионосфере на спутниках AMPERE. Другой особенностью обсуждаемых магнитных бурь было отсутствие наиболее биоэффективных геомагнитных пульсаций Pc1. Важной характеристикой магнитных бурь 2023 года было появление полярных сияний в средних и даже низких широтах, например, в Подмоскowie, Нижнем Новгороде, Киеве и др., что свидетельствует о необычной динамике высыпающихся в ионосферу частиц. К сожалению, многие наблюдательные данные пока еще не доступны для анализа.

Н.Г. Клейменова, Л.И. Громова, С.В. Громов, И.В. Дэспирак, Л.М. Малышева, А.А. Любич. Суббуревая активность в главной фазе магнитной бури 27 февраля 2023// Конф. «Проблемы космофизики», Дубна, 10-13 июля 2023.

Л.И. Громова, Н.Г. Клейменова, С.В. Громов, К.Х. Кананиди, В.Г. Петров. Магнитная буря 23-24 марта 2023 г: особенности геомагнитных возмущений во время главной фазы // Конф. «Проблемы космофизики», Дубна, 10-13 июля 2023.

И.В. Дэспирак, Н.Г. Клейменова, Б.В. Козелов, А.А. Любич. Сияния и магнитные возмущения во время двух весенних магнитных бурь 2023// Конф. «Проблемы космофизики», Дубна, 10-13 июля 2023.

3. Связь гелио-геофизических ритмов и психологии интернет-пользователей

Показано, что внезапно появляющееся желание интернет-пользователей вынести свои философские взгляды на публичное обсуждение неслучайно – в его возникновении играют роль периоды геомагнитной активности. Авторы проанализировали примерно полтора миллиона сообщений с крупнейшего научного форума, вычислив для каждого сообщения его т.н. «философский коэффициент». В основе его формирования лежит семантическое ядро, т.е. множество слов и словосочетаний, которые достаточно часто (и притом коррелировано) встречаются в данном корпусе и крайне редко – вне его. Проблема поиска ритмов временного ряда состоит в том, что нас интересуют экстремально длинные трендовые компоненты (с характерным «временем возврата» порядка десяти лет), а этот ряд содержит коррелированные выбросы: спонтанно возникающие на форуме философские обсуждения в течение нескольких дней разрастаются до невероятных размеров, и затем в течении пары последующих дней интерес к ним сходит на нет. Мы разработали алгоритм способный фильтровать такие выбросы, и показали наличие нескольких геомагнитных периодов в полученном временном ряде.

Ожередов В.А., Бреус Т.К. ПОИСК ГЕОМАГНИТНО ОБУСЛОВЛЕННЫХ РИТМОВ НА ЭКСТРЕМАЛЬНО ДЛИННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ПСИХОДИНАМИКИ ИНТЕРНЕТ-ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ. Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 06-10 февраля 2023 г. ИКИ РАН.

4. О возможной роли радиационного фактора в развитии ситуации на борту космического аппарата «Луна-25»

Для оценки вариаций фактических радиационных условий полета космических аппаратов (КА) была использована информация с прибора LASCO (<https://soho.nascom.nasa.gov/data/LATEST/latest-lascoC3.html>), установленного на борту КА SOHO в точке Лагранжа L1 системы «Земля – Солнце». По изменению распределения пикселей изображения по яркости для выделенной области кадра можно оценить вариации энергии, переданной трекообразующими частицами матрице фотодетектора. Данный метод был использован для оценки изменения радиационной ситуации в ходе полёта КА «Луна-25». Сравнение характеристических спектров поглощённой энергии при спокойном Солнце и при съёмке 19.08.2023, а также увеличение частоты событий нарушения регулярности съёмки и частоты переполнения заряда в вокселях ПЗС, указывают на достаточно значительное влияние солнечной активности в период времени, соответствующий возникновению критических событий на борту КА «Луна-25».

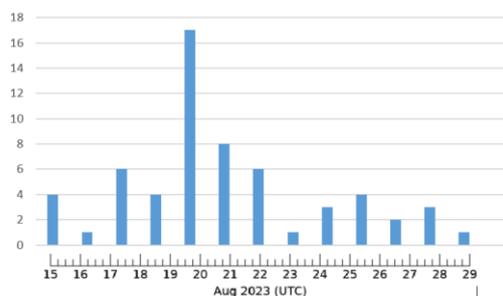


Рисунок 3.4.1 – Частота сбоев и переполнения заряда в вокселях на КА SOHO в период с 15.08 по 29.08 2023 г.

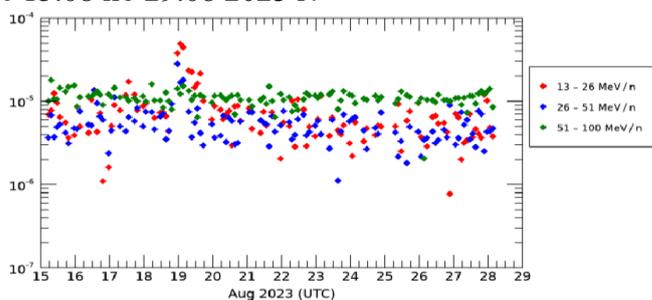


Рисунок 3.4.2 – Усреднённая на двухчасовом интервале интенсивность суммарного потока лёгких ядер в период с 15.08 по 29.08 2023 г.

М.В. Анохин, В.И. Галкин, А.Е. Дубов, Л.В. Савкин, Микрорендеринг и микродозиметрия поля ионизирующих частиц на КА; Труды 26-й Всероссийской научно-технической конференции «Радиационная стойкость электронных систем» - «Стойкость-2023».

М.В. Анохин. Мониторинг состояния поля ионизирующих частиц, образованного космическими лучами в приборах космических аппаратов в феврале – марте 2023 г.

Научная конференция «Проблемы космофизики» имени М.И. Панасюка в Дубне, 10–13 июля 2023 г.

4. ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕЛИОСФЕРЫ

д.ф.-м.н. Измоденов В.В.

1. Исследование свойств межпланетного водорода по наблюдениям Лайман-альфа излучения с орбиты Марса

Наблюдения Лайман- α излучения, рассеянного на межпланетных атомах водорода, проводится с орбиты Марса при помощи прибора Imaging Ultraviolet Spectrograph (IUVS) на космическом аппарате MAVEN с высоким спектральным разрешением. Спектральные измерения позволяют отделить межпланетное излучение от планетного (рассеянного на атомах водорода в атмосфере Марса), а также определить интенсивность излучения, величину доплеровского сдвига и ширину линии в направлении луча зрения. Проведен анализ данных наблюдений межпланетного излучения как в направлении набегающего потока межзвездной среды, так и из противоположного направления, и исследована зависимость характеристик излучения от солнечной активности. Для интерпретации данных проведено моделирование наблюдаемого прибором IUVS/MAVEN Лайман- α излучения с использованием глобальной кинетико-МГД модели взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой. Результаты исследования показали, что интенсивность межпланетного Лайман- α излучения из хвостового направления гелиосферы меньше, чем из направления набегающего потока межзвездной среды (как в данных наблюдений, так и в расчетах модели). Показано, что для некоторых наблюдений межпланетное излучение не является пренебрежимо малым по сравнению с планетным излучением. Это обстоятельство является важным для исследований атмосферы Марса по данным IUVS/MAVEN, так как в большинстве работ межпланетным излучением пренебрегается. Сделано заключение, что для получения статистически значимой информации о ширине линии необходимы измерения с более высоким спектральным разрешением, чем доступно в настоящее время. Результаты работы позволили улучшить теоретическое понимание взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой, предоставив эмпирические ограничения на модели гелиосферы. Полученные результаты могут найти свое применение при планировании будущих межпланетных миссий.

Mayyasi M., Quémerais E., Koutroumpa D., Baliukin I. I., Titova A. V., Izmodenov V. V., Clarke J., Deighan J., Schneider N., Curry S. «Interplanetary Hydrogen Properties Observed from Mars» (2023) // Journal of Geophysical Research: Space Physics (Q2 WoS, IF=3.111), 128 (6), DOI: 10.1029/2023JA031447

2. Новый подход к 4D томографии экзосферы Земли, основанный на оптимальной интерполяции и гауссовских марковских случайных полях

Экзосферная томография — это метод компьютерной трехмерной визуализации, который позволяет получить оценку распределения концентрации атомов водорода в экзосфере на основе УФ-измерений, выполненных приборами на космических аппаратах. Ранее сообщалось об вариации концентраций атомов водорода в экзосфере Земли в условиях геомагнитной активности, что мотивировало разработку томографических методов, которые могут характеризовать как пространственные, так и временные изменения концентрации. Однако решение задачи динамической экзосферной томографии затруднено ввиду ее некорректности. Был разработан новый алгоритм 4D (три пространственные координаты и время) экзосферной томографии, основанный на методе оптимальной интерполяции и теории гауссовских марковских случайных полей (Gaussian Markov Random Fields, GMRF). Метод оптимальной интерполяции позволяет итерационным способом выполнить пространственно-временную реконструкцию

экзосферы при наличии статистического фонового поля (начального распределения концентрации атомов водорода в экзосфере). В качестве среднего значения поля были использованы результаты четырех моделей распределения атомов водорода в экзосфере (см. рис. 4.2.1), а его ковариационная матрица оценивалась на основе теории гауссовских марковских случайных полей.

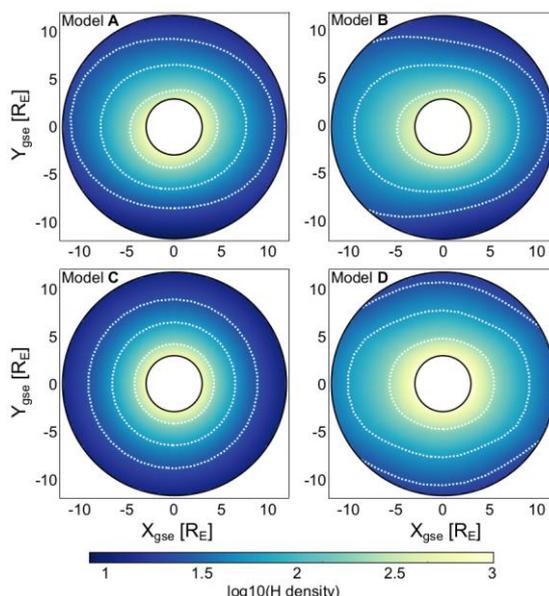


Рисунок 4.2.1 - Распределения концентрации атомов водорода в экзосфере на основе моделей: панель А – Zoenchenn et al. (2013), панель В – Zoenchenn et al. (2015), панель С – Vidal-Madjar and Bertaux (1972), панель D – Baliukin et al. (2019). Изоконтуры соответствуют значениям концентрации водорода в 200, 50 и 20 атомов/см³.

Для верификации разработанного метода были использованы данные прибора TWINS/LAD (NASA) по измерению Лайман-альфа излучения во время геомагнитной бури, которая произошла 15 июня 2008 года. Результаты с использованием модели экзосферы, разработанной Baliukin et al. (2019), показали наименьшее значение относительной ошибки среди рассмотренных четырех моделей. Было показано, что концентрация атомов водорода во время геомагнитной бури возрастает на $\approx 22\%$ по сравнению со спокойным временем.

Разработанный метод также служит инструментом для количественной оценки соответствия между моделями и данными. Модель Vidal-Madjar and Bertaux (1972), изображённая на панели (С) рис. 4.2.1, даёт наибольшее значение относительной ошибки, так как модель не учитывает влияние силы солнечного радиационного давления на атомы водорода в экзосфере. Напротив, низкое значение ошибки, полученное с использованием модели Baliukin et al. (2019) (панель D на рис. 4.2.1), показывает, что такие процессы, как солнечное радиационное давление и ионизация, играют важную роль в формировании экзосферы.

Cucho-Padin G., Godinez H., Waldrop L., Baliukin I. I., Bhattacharyya D., Sibeck D., Henderson M., «A New Approach for 4-D Exospheric Tomography Based on Optimal Interpolation and Gaussian Markov Random Fields» (2023) // *Geoscience and Remote Sensing Letters* (Q1 WoS, IF=3.966), 20, 1-5, Art no. 1000505, DOI: 10.1109/LGRS.2023.3237793

3. Влияние перезарядки на течение плазмы в гелиосферном и астросферных ударных слоях

Ударные слои представляют собой области, ограниченные ударной волной с одной стороны и тангенциальным разрывом с другой. Такие слои достаточно распространены в

астрофизике. Например, они возникают в областях взаимодействия звездных ветров с окружающей межзвездной средой. Кроме того, ударные слои часто пронизаны потоками межзвездных атомов, как, например, в астросферах звезд, окруженных частично ионизованными межзвездными облаками. В данной работе представлена простая модель ударного слоя, целью которой является качественное описание влияния резонансной перезарядки с межзвездными атомами водорода на поток плазмы в ударных слоях произвольной астросферы. Проведено параметрическое исследование влияния перезарядки на структуру ударного слоя для различных параметров задачи (варьировались параметры атомов водорода и ширина слоя). В зависимости от параметров водорода, влияние перезарядки на плазму может заключаться в нагреве или охлаждении (по энергии), и в ускорении или замедлении (по импульсу). В результате проведенного исследования изучены структура ударного слоя во всех возможных случаях взаимодействия. Так, например, на рис. 4.3.1 представлены плотность (A), скорость (B), давление (C), температура (D) плазмы в ударном слое, а также источники импульса (E) и энергии (F), полученные в результате перезарядки плазмы с атомами водорода. В данном случае водород воздействовал на плазму, замедляя и охлаждая её (т.к. $Q_2 < 0$ и $Q_{3,T} < 0$). В результате охлаждения, плотность плазмы сильно повышается вблизи астропазы, а источник импульса приводит к повышению давления возле ударной волны (рис. 4.3.1, зелёные кривые).

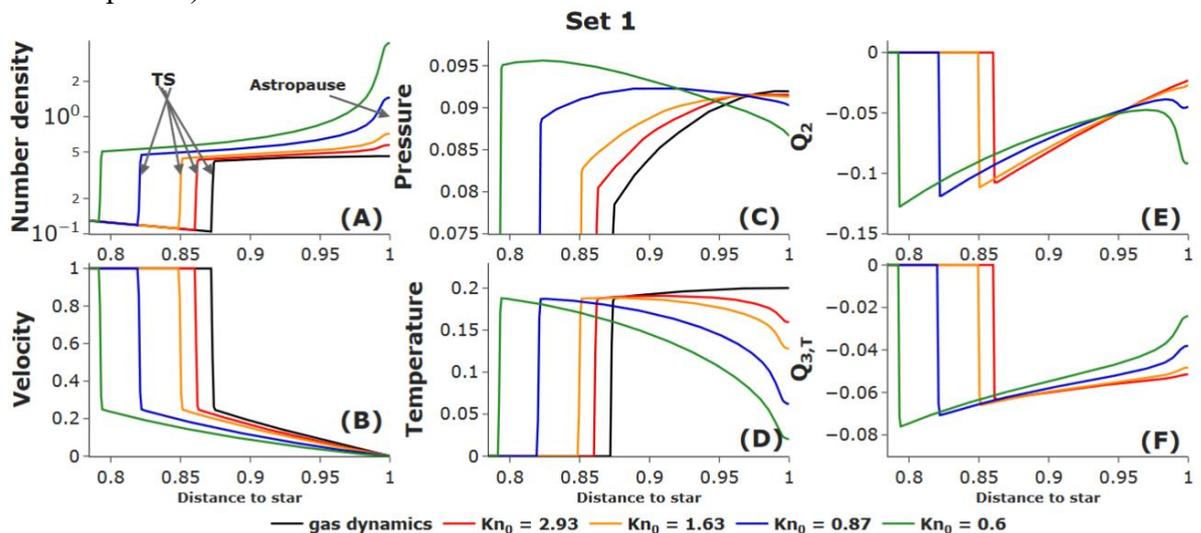


Рисунок 4.3.1 - Безразмерные значения плотности (A), скорости (B), давления (C), температуры (D) плазмы, а также источников импульса (E) и энергии (F) в ударном слое как функции расстояния до звезды.

Korolkov S. D., Izmodenov V. V., «Effects of charge exchange on plasma flow in the heliosheath and astrosheaths» // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (Q1 WoS, IF=5.235) (в печати)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2023г. по теме ПЛАЗМА. Проведение фундаментальных исследований в области физики космической плазмы, солнечно-земных связей и физики магнитосферы.

Результат:

Новая структурная особенность в строении магнитосферы в виде кольца плато плазменного давления

был признан наиболее значимым результатом ИКИ РАН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Список опубликованных работ в 2023 по теме «ПЛАЗМА»:

Всего научных публикаций в 2023г (включая те, что будут опубликованы в 2024г.) – 363

статьи в зарубежных изданиях: 55

статьи в отечественных научных рецензируемых журналах: 46

в печати: 16

статьи в сборниках материалов конференций: 17

доклады, тезисы, циркуляры: 177

статьи в научно-популярных изданиях: 1

статьи в нерцензируемых изданиях: 5

монографии: 1

публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными: 28

число публикаций работников научной организации в базе Web of Science и Scopus: 81

статьи со ссылками на РНФ: 44

Статьи в зарубежных рецензируемых изданиях:

1. Abushzada, I., Yushkov, E., Frick, P., & Sokoloff, D. (2023). Small-scale Kazantsev-Kraichnan dynamo in a MHD shell approach. *Physica Scripta*, 98(11), 115966. DOI 10.1088/1402-4896/ad0081 (БАЗИС, Грант Академии наук АААА-А19-119012290101-5.) [IF 2.9 Q2]
2. An Xin, Anton Artemyev, Vassilis Angelopoulos, Andrei Runov, and Sergey Kamaletdinov (2023) Kinetic Equilibrium of Two-dimensional Force-free Current Sheets. *The Astrophysical Journal*, Volume 952, 1, 36, doi:10.3847/1538-4357/acdc1c [IF 5.874 Q1]
3. Anna Bouzekova-Penkova, Stanislav Klimov, Valery Grushin, Olga Lapshinova, Denis Novikov, Dimitar Teodosiev. Space experiment “obstanovka (1-step)”, block dp – pm on the russian segment of the international space station Bulgarian Academy of Sciences. *Space Research and Technology Institute. Aerospace Research in Bulgaria*, 35, p. 156-164, 2023, Sofia DOI:10.3897/arb.v35.e15 [NQ]
4. Antonova E.E., M.V. Stepanova, I.P. Kirpichev, Main features of magnetospheric dynamics in the conditions of pressure balance, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 242 (2023) 105994, p. 1-7. doi:10.1016/j.jastp.2022.105994 [IF 1.9 Q3]
5. Aravindakshan H., Vasko I. Y., A. Kakad, B. Kakad, and R. Wang (2023), Theory of ion holes in plasmas with flat-topped electron distributions, *Physics of Plasmas*, V. 30, 022903, doi: 10.1063/5.0086613 [IF 2.2 Q3]
6. Baliukin I. I., Izmodenov V. V., Alexashov D. B., «Adiabatic energy change in the inner heliosheath: How does it affect the distribution of pickup protons and energetic neutral atom fluxes?» (2023) // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* , 525, 3, 3281-3286, doi: 10.1093/mnras/stad2518 (РНФ 19-12-00383) [Q1 IF 5.235]
7. Blöcker, A., Kronberg, E. A., Grigorenko, E. E., Roussos, E., & Clark, G. (2023). Dipolarization fronts in the Jovian magnetotail: Statistical survey of ion intensity variations using Juno observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031312. <https://doi.org/10.1029/2023JA031312>, [IF 2.9 Q2]
8. Caspi A., Seaton D., Casini R., Downs C., Gibson S., ..., Struminsky A., ..., Zimovets I. (89 authors) COMPLETE: a flagship mission for complete understanding of 3D coronal magnetic energy release // *Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics)*

- 2024-2033 white paper e-id. 048; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 55, No. 3, e-id. 048 (2023) <https://doi.org/10.3847/25c2cfef.b95dd671> [NQ]
9. Caspi A., Seaton D., Casini R., Downs C., Gibson S., ..., Struminsky A., ..., Zimovets I. (89 authors) Magnetic Energy Powers the Corona: How We Can Understand its 3D Storage & Release // Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 049; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 55, No. 3, e-id. 049 (2023) <https://doi.org/10.3847/25c2cfef.1dbfea1f> [NQ]
 10. Cucho-Padin G., Godinez H., Waldrop L., Baliukin I. I., Bhattacharyya D., Sibeck D., Henderson M., «A New Approach for 4-D Exospheric Tomography Based on Optimal Interpolation and Gaussian Markov Random Fields» (2023) // *Geoscience and Remote Sensing Letters*, 20, 1-5, Art no. 1000505, DOI: 10.1109/LGRS.2023.3237793 [IF 3.966 Q1]
 11. Dobrova Polyva, Olga Nitcheva, Georgy Zastenker, Natalia Borodkova, Monio Kartalev. Ion flux in the magnetosheath: results from gas-dynamic modelling and INTERBALL-1 measurements. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, Sofia, vol. 53 Issue 4 pp. 424-435 (2023) <https://doi.org/10.55787/jtams.23.53.4.424> [IF 0.4 Q4]
 12. Fedorov E.N., Mazur N.G., Pilipenko V.A. (2023) Electromagnetic field in the upper ionosphere from horizontal ELF ground-based transmitter with a finite length, *Radiophysics and Quantum Electronics*, 65, N9, 697-712, doi: 10.1007/s11141-023-10245-z.[IF 0.8 Q4]
 13. Frantsuzov, V., Artemyev, A., Zhang, X., Allanson, O., Shustov, P., & Petrukovich, A. (2023). Diffusive scattering of energetic electrons by intense whistler-mode waves in an inhomogeneous plasma. *Journal of Plasma Physics*, 89(1), 905890101. doi:10.1017/S0022377822001271 (PHΦ 19-12-00313) [IF 2.691 Q2]
 14. Galli A., Baliukin I. I., Kornbleuth M., Opher M., Fuselier S. A., Sokół J. M., Dialynas K., Dayeh M. A., Izmodenov V. V., Richardson J. D., «The Discrepancy between Observed and Predicted Heliospheric Energetic Neutral Atoms below Solar Wind Energy» (2023) // *The Astrophysical Journal Letters*, 954, 1, L24, DOI: 10.3847/2041-8213/aced9b (PHΦ 19-12-00383) [IF 8.811 Q1]
 15. Godenko E. A., Izmodenov V. V., «Dynamical charging of interstellar dust particles in the heliosphere» (2023) // *Advances in Space Research*, 72, 11, 5142-5158, doi: 10.1016/j.asr.2023.09.016 (PHΦ 19-12-00383) [Q2 IF 2.611]
 16. Grigorenko E.E., A.Yu. Malykhin, E.A. Kronberg, E. Panov, Quasi-parallel Whistler Waves and Their Interaction with Resonant Electrons during High-velocity Bulk Flows in the Earth's Magnetotail, *The Astrophysical Journal*, 943:169, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/acaf52>, 2023, [IF 4.9 Q1]
 17. Inglis A., Hayes L., Guidoni S., McLaughlin J., Nakariakov V., Van Doorselaere T., Zurbriggen E., Cecere M., Dominique M., Reep J., Zimovets I., Kupriyanova E., Kolotkov D., Li B., Battaglia M., Moore C., Collier H., Suarez C., Mehta T., Knuth T., Chen T. Quasi-periodic pulsations in solar flares: a key diagnostic of energy release on the Sun // Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 181; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 55, No. 3, e-id. 181 (2023) <https://doi.org/10.3847/25c2cfef.55d6b861> [NQ]
 18. Izmodenov V.V., Alexashov D.B., «The strong effect of electron thermal conduction on the global structure of the heliosphere» (2023) // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 521, Issue 3, pp. 4085-4090, DOI: 10.1093/mnras/stad741 (PHΦ 19-12-00383) [Q1 IF 5.235]

19. Kepko, Larry ; Vourlidas, Angelos ; Blum, Lauren ; Baker, Daniel N.; ... Petrukovich, Anatoli A. ... (45 authors) On the need for International Solar Terrestrial Program Next (ISTPNext). Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 202; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 55, No. 3, e-id. 202 (2023) doi: 10.3847/25c2cfcb.d1ebc3b9 [NQ]
20. Kirpichev I. P., Antonova E. E., Stepanova M. V. (2023). On the relationship between regions of large-scale field-aligned currents and regions of plateau in plasma pressure observed in the equatorial plane of the Earth's magnetosphere. Geophysical Research Letters, 50, e2023GL105190. <https://doi.org/10.1029/2023GL105190> [IF 5.2 Q1]
21. Kislov, R. A., Malova, H. V., Khabarova, O. V., Zelenyi, L. M., and Antsiferova, U. P., “Impact of Heavy Ions on the Structure of Current Sheets in the Gravity Field of Exoplanets and Stars”, The Astrophysical Journal, vol. 947, no. 2, 2023. doi:10.3847/1538-4357/acbccd [IF 5.84 Q1]
22. Kornbleuth M., Opher M., Dialynas K., Zank G. P., Wang B. B., Baliukin I. I., Gkioulidou M., Giacalone J., Izmodenov V. V., Sokół J. M., Dayeh M. A., «Probing the Length of the Heliospheric Tail with Energetic Neutral Atoms (ENAs) from 0.52 to 80 keV» (2023) // The Astrophysical Journal Letters (), 945, 1, L15, doi: 10.3847/2041-8213/acbc73 (PHΦ 19-12-00383) [Q1 IF 8.811]
23. Korolkov S. D., Izmodenov V. V., «Stabilization of the astropause by periodic fluctuations of the stellar wind» (2023) // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 518, 3, 4422–4427, doi: 10.1093/mnras/stac3434 (PHΦ 19-12-00383) [Q1 IF 5.235]
24. Kozelov, B.V.; Titova, E.E. Conjunction Ground Triangulation of Auroras and Magnetospheric Processes Observed by the Van Allen Probe Satellite near 6 Re. Universe 2023, 9, 353 doi 10.3390/universe9080353 (PHΦ 22-22-00135) [IF 2.9 Q2]
25. Kropotina, J. A. ; Petrukovich, A. A. ; Chugunova, O. M. ; Bykov, A. M. Weibel-dominated quasi-perpendicular shock: hybrid simulations and in situ observations Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 524, Issue 2, pp.2934-2944, 2023 doi: 10.1093/mnras/stad2038 (PHΦ)
26. Kuzin S., S. Bogachev, A. Pertsov, I. Loboda, V. Chervinsky, N. Chkhalo, A. Lopatin, I. Malyshev, A. Pestov, R. Pleshkov, V. Polkovnikov, M. Toropov, N. Tsybin, S. Zuev EUV telescope for Cubesat nanosatellite // Applied Optics T. 62 (31), C. 8462-8471 (2023). DOI: 10.1364/AO.501437 (PHΦ 23-72-30002) [IF 1.9 Q3]
27. Kuznetsov I. A., Zakharov A. V., Zelenyi L. M., Popel S. I., Morozova T. I., Shashkova I. A., Dolnikov G. G., Lyash A. N., Dubov A. E., Viktorov M. E., Topchieva A. P., Klumov B. A., Usachev A. D., Lisin E. A., Vasiliev M. M., Petrov O. F., Poroikov A. Yu. Erratum to: Dust Particles in Space: Opportunities for Experimental Research // Astronomy Reports. 2023. V. 67. No. 5. P. 536. [IF 1.0 Q4]
28. Leonenko M., E. Grigorenko, L. Zelenyi, Strong nonideal electric fields and energy dissipation observed by MMS within field-aligned current layers in the Plasma Sheet of the Earth's magnetotail, Atmosphere, 14,722, <https://doi.org/10.3390/atmos14040722>, 2023, [IF 2.9 Q3]
29. Lu San, Quanming Lu, Rongsheng Wang, Xinmin Li, Xinliang Gao, Kai Huang, Haomin Sun, Yan Yang, Anton V. Artemyev, Xin An, and Yingdong Jia (2023) Kinetic Scale Magnetic Reconnection with a Turbulent Forcing: Particle-in-cell Simulations, ApJ, 943(2), doi:10.3847/1538-4357/acaf7a [IF 5.874 Q1]

30. Lukin, A. S., Artemyev, A. V., Zhang, X.-J., Vasko, I. Y., & Petrukovich, A. A. (2023). On the role of kinetic Alfvén waves in the magnetosheath ion thermalization around the night-side magnetopause. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031452. doi:10.1029/2023JA031452 (PHФ 19–12-00313) [IF 2.821 Q2]
31. Maetschke K. N., E.A. Kronberg, N. Partamies, E.E. Grigorenko, A Possible Mechanism for the Formation of an Eastward moving Auroral Spiral, *Front. Astron. Space Sci.* 10:1240081. doi: 10.3389/fspas.2023.1240081, 2023, [IF 3 Q2]
32. Mayyasi M., Quémerais E., Koutroumpa D., Baliukin I. I., Titova A. V., Izmodenov V. V., Clarke J., Deighan J., Schneider N., Curry S. «Interplanetary Hydrogen Properties Observed from Mars» (2023) // *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128 (6), doi: 10.1029/2023JA031447 [IF 2.9 Q2]
33. Onishchenko O.G., Artekha S.N., Artekha N.S. A model of generation of a jet in stratified nonequilibrium plasma // *Indian Journal of Physics*. 2023. doi: 10.1007/s12648-023-03005-2 [IF 2.611 Q3]
34. Anatoli Petrukovich, Lev Zelenyi, Igor Mitrofanov, Oleg Korablev, Vladislav Tretyakov, Dmitry Zarubin, Dmitry Gorinov, *Cooperation Perspectives in Space Science: Moon, Venus and Beyond*, 2023, AEROSPACE CHINA VOL.24 No.1, 15-19 DOI:10.3969/j.issn.1671-0940.2023.01.003 [NQ]
35. Popel S. I., Golub' A. P., Zelenyi L. M. Dusty plasmas above the sunlit surface of Mercury // *Physics of Plasmas*. 2023. V. 30. No. 4. P. 043701, 9 pages doi: 10.1063/5.0142936 [IF 2.2 Q3]
36. Rakhmanova L, Riazantseva M, Zastenker G and Yermolaev Y (2023) Role of the variable solar wind in the dynamics of small-scale magnetosheath structures. *Front. Astron. Space Sci.* 10:1121230. doi: 10.3389/fspas.2023.1121230 [Q2, IF 3.0]
37. Reva A., Bogachev S., Loboda I., Kirichenko A., Ulyanov A. Plasma Heating During Coronal Mass Ejections Observed in X-Rays // *Solar Physics*. T. 298 (4), C. 61 (2023). DOI: 10.1007/s11207-023-02154-1 (PHФ 21-72-10157) [IF 2.8 Q2]
38. Ruderman M. S., Petrukhin N. S., «The effect of flow on transverse oscillations of two parallel magnetic tubes» (2023) // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523, 2, 2074-2082, DOI: 10.1093/mnras/stad1530 (PHФ 20-12-00268) [IF 5.235 Q1]
39. Ruderman M. S., Petrukhin N. S., Pelinovsky E., Kataeva L. Y., «Quasi-parallel propagating solitons in magnetised relativistic electron-positron plasmas» (2023) // *Journal of Plasma Physics*, Volume 89, Issue 2, article id.905890202, doi: 10.1017/S0022377823000156 (PHФ 19-12-00253) [IF 2.691 Q1]
40. Ruderman M.S., Petrukhin N.S., «Kink Waves in Twisted and Expanding Magnetic Tubes» (2023) // *Solar Physics*, 298, doi: 10.1007/s11207-023-02219-1 (PHФ 20-12-00268) [IF 2.8 Q2]
41. Scalisi J., Ruderman M.S., Erdelyi R., «Generation of Vertical Flows by Torsional Alfvén Pulses in Zero-beta Tubes with a Transitional Layer» (2023) // *The Astrophysical Journal*, 951, 1, id. 60, doi: 10.3847/1538-4357/acd9ae (PHФ 20-12-00268) [IF 5.521 Q1]
42. Serenkova, A. Y., Sokoloff, D. D., & Yushkov, E. V. (2023). Nonlinear Parametric Resonance in the Simplest Model of a Solar Dynamo. *Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 136(4), 456-464. DOI 10.1134/S1063776123030068 (БАЗИС, Мин. Обр. Науки 075-15-2019-1621) [IF 1.1 Q4]

43. Shaikh Z. I., Raghav A. N., and Vasko I. Y. (2023), Proton Temperature Anisotropy within the Interplanetary Coronal Mass Ejections Sheath at 1 au, *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 955, no. 1, doi:10.3847/2041-8213/acf575. [IF 7.9 Q1]
44. Shen, Y., Artemyev, A. V., Runov, A., Angelopoulos, V., Liu, J., Zhang, X.-J., et al. (2023). Energetic electron flux dropouts measured by ELFIN in the ionospheric projection of the plasma sheet. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031631, doi:10.1029/2023JA031631[IF 2.821 Q2]
45. Shen, Y., Artemyev, A. V., Zhang, X.-J., Zou, Y., Angelopoulos, V., Vasko, I., et al. (2023). Contribution of kinetic Alfvén waves to energetic electron precipitation from the plasma sheet during a substorm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031350. doi:10.1029/2023JA031350[IF 2.821 Q2]
46. Shestakov A. Yu, S.D. Shuvalov, Planetary ions acceleration in a hot flow anomaly at Mars, *Planetary and Space Science*, Volume 237, 2023, 105781, ISSN 0032-0633, <https://doi.org/10.1016/j.pss.2023.105781>. (PHΦ 21-42-04404) [IF 2.4 Q3]
47. Shi Xiaofei, Anton Artemyev, Vassilis Angelopoulos, Terry Liu, and Xiao-Jia Zhang (2023) Evidence of Electron Acceleration via Nonlinear Resonant Interactions with Whistler-mode Waves at Foreshock Transients. *The Astrophysical Journal*, 952, 1, 38 doi:10.3847/1538-4357/acd9ab[IF 5.874 Q1]
48. Shi Xiaofei, Terry Liu, Anton Artemyev, Vassilis Angelopoulos, Xiao-Jia Zhang, and Drew L. Turner (2023) Intense Whistler-mode Waves at Foreshock Transients: Characteristics and Regimes of Wave–Particle Resonant Interaction, *The Astrophysical Journal*, 944:193 (10pp), doi:10.3847/1538-4357/acb543[IF 5.874 Q1]
49. Shklyar David, Elena Titova, and Andris Lubchich (2023), Two-Band Whistler-Mode Waves Outside the Plasmapause: Observational Features and Theoretical Constructions. *URSI Radio Science Letters*, Vol. 4, id. 34 doi: 10.46620/22-0034 (PHΦ 22-22-00135) [NQ]
50. Shuvalov S. D., Grigorenko, E.E. (2023). Observation of SLAMS-like structures close to Martian aphelion by MAVEN. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2022JA031018. <https://doi.org/10.1029/2022JA031018>, (PHΦ 21-42-04404) [IF 2.9 Q2]
51. Sinevich A.A., Chernyshov A.A., Chugunin D.V., Clausen L.B.N., Miloch W.J., Mogilevsky M.M // Stratified Subauroral Ion Drift (SSAID). *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2023, 128, e2022JA031109. doi: 10.1029/2022JA031109 <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2022JA031109> [IF 2.9 Q2]
52. Tsai, E., Artemyev, A., Angelopoulos, V., & Zhang, X.-J. (2023). Investigating whistler-mode wave intensity along field lines using electron precipitation measurements. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031578. doi:10.1029/2023JA031578[IF 2.821 Q2]
53. Tsareva O.O., Leonenko M. V., Grigorenko E. E., Malova H. V., Popov V. Yu., Zelenyi L. M. (2023). Nonlinear equilibrium structure of super thin current sheets: Influence of quasi-adiabatic electron population. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031459, pp. 1-14. doi.org/10.1029/2023JA031459 [IF 2,97 Q2]
54. Yang, F., Zhou, X.-Z., Zhuang, Y., Yue, C., Zong, Q.-G., Liu, Z.-Y., & Artemyev, A. V. (2023). Magnetic perturbations in electron phase-space holes: Contribution of electron polarization drift. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2022JA031172. doi:10.1029/2022JA031172[IF 2.821 Q2]

55. Yermolaev, Y.I.; Slemzin, V.A.; Bothmer, V. Editorial to the Special Issue “Solar Wind Structures and Phenomena: Origins, Properties, Geoeffectiveness, and Prediction”. *Universe* 2023, 9, 53. <https://doi.org/10.3390/universe9010053> [IF 2.9 Q2]

Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах:

1. Allahverdiyev R.R., Yushkov E.V., Sokoloff D.D. (2023) Derivation of the Basic Magnetohydrodynamic Dynamo Equations Obtained by Averaging the Vector Potential in a Time Short-Correlated Turbulence, *Geomagnetism and Aeronomy*, 63(7), doi 10.1134/S0016793223070034 (БАЗИС) [IF 0.6 Q4]
2. Ozheredov V.A., Struminsky A.B., Grigoryeva I.Yu. A Statistic Model of CME Acceleration // *Geomagnetism and Aeronomy*. — 2023. — V. 63. — № 8. — P. 87 — 99. DOI: 10.1134/S0016793223080170. [IF 0.6 Q4]
3. Sakharov, Ya. A. ; Zolotoi, S. A. ; Merzly, A. M. ; Sadovsky, A. M. ; Petrukovich, A. A. ; Yanakov, A. T. ; Nikiforov, O. V. ; Selivanov, V. N. Evaluating the Impact of Magnetospheric Disturbances on Energy Systems in Middle Latitudes *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, vol. 87, issue 7, pp. 994-998, 2023 doi: 10.3103/S1062873823702271 [SJR 0.2 NQ]
4. Sharykin I.N., Zimovets I.V., Radivon A.V. Erratum to: High-Cadence Observations of Magnetic Field Dynamics and Photospheric Emission Sources in the Eruptive Near-the-Limb X4.9 Solar Flare on 25 February, 2014: Evidences for Two-Stage Magnetic Reconnection during the Impulsive Phase // *Cosmic Research*, Vol. 61, Iss. 5, P. 456-456 (2023). <https://doi.org/10.1134/S0010952523330031> (РНФ 20-72-10158) [IF 0.6 Q4]
5. Sharykin I.N., Zimovets I.V., Radivon A.V. High-Cadence Observations of Magnetic Field Dynamics and Photospheric Emission Sources in the Eruptive Near-the-Limb X4.9 Solar Flare on 25 February, 2014: Evidences for Two-Stage Magnetic Reconnection during the Impulsive Phase // *Cosmic Research*, Vol. 61, Iss. 4, P. 265-282 (2023). <https://doi.org/10.1134/S0010952523090010> (РНФ 20-72-10158) [IF 0.6 Q4]
6. Артеха Н. С., Д. Р. Шкляр. Дисперсионные характеристики низкочастотных электронных волн в магнитоактивной плазме произвольной плотности. *Физика плазмы*, 2023, том 49, №11, с. 1127–1139. doi: 10.31857/S0367292123600838 (РНФ 22-22-00135) [IF 1.1 Q4]
7. Богачев С.А. Распределение нановспышек в минимуме солнечной активности // *Геомагнетизм и аэрномия*, Т. 63 (4), С. 488-495 (2023). DOI: doi: 10.31857/S0016794023600230 (РНФ 21-72-10157) [IF 0.6 Q4]
8. Богачев С.А., Ерхова Н.Ф., Измерение энергетического распределения нановспышек малой мощности // *Солнечно-земная физика*, Т. 9 (1), С. 3-9 (2023). DOI: <https://doi.org/10.12737/szf-91202301> (РНФ 22-22-00879) [NQ]
9. Богачёв С.А., Кириченко А.С., Лобода И.П., Рева А.А. О возможности обнаружения областей ускорения частиц на солнце с использованием малоразмерных аппаратов типа кубсат // *Космонавтика и ракетостроение*, Т.2 (131), С. 104-114 (2023) (РНФ № 23-72-30002) [NQ]
10. Борисенко А.В., Богачев С.А. Связь между площадью полярных корональных дыр и скоростью солнечного ветра в минимуме между 22-м и 23-м солнечными циклами // *Солнечно-земная физика*, Т. 9 (3), С. 122-127 (2023). doi: 10.12737/szf-93202313 (РНФ 23-72-30002) [NQ]
11. Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Антонова Е.Е., Кирпичев И.П., Широтная структура высыпаний в области дневного полярного каспа. *Геомагнетизм и аэрномия*, том 63, № 6, с. 736–7506 2023. doi:10.31857/S0016794023600448 (РНФ 22-12-20017) .

[Q4, IF 0.844]

12. Годенко Е. А., Измоденов В. В., «Сравнение эйлера и лагранжева подходов для нахождения особенностей распределения концентрации пыли в гелиосфере в рамках модели холодного газа» (2023) // Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2, 138-150. doi: 10.31857/S0568528122600783 (РНФ 19-12-00383) [IF 0.64 Q4]
13. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Логачев Ю.И., Садовский А.М. Корональное распространение солнечных протонов во время и после их стохастического ускорения // Космические исследования. — 2023. — Т. 61.— № 3. —С. 230 — 241. doi: 10.31857/S0023420622600246. [IF 0.6 Q4]
14. Домрин В.И., Х. В. Малова, В. Ю. Попов, Е. Е. Григоренко, Л. М. Зеленый, Влияние ионов кислорода на формирование тонкого токового слоя геомагнитного хвоста // Космические исследования, 2023, том 61, № 3, с. 1–15, DOI: 10.31857/S0023420622600271 [IF 0.656 Q4]
15. Дорофеев Д.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М. Основные статистические свойства излучения типа гектометровый континуум в околоземном пространстве // Солнечно-земная физика. 2023. Т. 9, № 4. С. 71-79. doi: 10.12737/szf-94202308 [NQ]
16. Думин Ю.В., Лукашенко А.Т., Свирская Л. М. О возможной интерпретации антикорреляции между температурой протонов и плотностью солнечного ветра // Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2023. Т. 78. № 3. С. 2330803, 8 стр. doi: 10.55959/MSU0579-9392.78.2330803 [IF 0.3 Q4]
17. Ермолаев Ю.И., И.Г. Лодкина, А.А. Хохлачев, М.Ю. Ермолаев, М.О. Рязанцева, Л.С. Рахманова, Н.Л. Бородкова, О.В. Сапунова, А.В. Москалева, Параметры солнечного ветра в восходящей фазе 25-го солнечного цикла: Сходства и различия с 23 и 24 солнечными циклами, Солнечно-земная физика. 2023. Т. 9. № 4 DOI: 10.12737/stp-94202307 (РНФ 22-12-00227) [NQ]
18. Зеленый Л. М., Попель С. И. 9-я Международная конференция по физике пылевой плазмы // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 3-6. doi: 10.31857/S036729212260145X [IF 1.1 Q4]
19. Зенченко Т.А., Бреус Т.К. Возможные причины нестабильности воспроизведения гелиобиологических результатов // Физика биологии и медицины, № 1, с. 4-25., 2023. DOI: 10.7256/2730-0560.2023.1.39903 [NQ]
20. Зимовец И.В., Шарыкин И.Н., Кальтман Т.И., Ступишин А.Г., Низамов Б.А. Предвспышечные рентгеновские пульсации с источниками вне активной области основной вспышки // Геомагнетизм и Аэрномия, Т. 63, № 5, стр. 547-560 (2023). <https://doi.org/10.31857/S0016794023600345> (РНФ 20-72-10158) [IF 0.6 Q4]
21. Извекова Ю. Н., Попель С.И., Голубь А. П. Волновые процессы в пылевой плазме у поверхности Меркурия // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 7. С. 695-702. doi: 10.31857/S0367292123600346 [IF 1.1 Q4]
22. Извекова Ю. Н., Попель С.И., Голубь А. П. Нелинейные пылевые звуковые волны в экзосфере Меркурия // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 10. С. 1010-1015. doi: 10.31857/S0367292123600814 [IF 1.1 Q4]
23. Кириченко А.С., Лобода И.П., Рева А.А., Ульянов А.С., Богачев С.А., Широтные распределения солнечных микровспышек и высокотемпературной плазмы в минимуме солнечной активности // Солнечно-земная физика, Т. 9 (2), С. 5-11 (2023). DOI: <https://doi.org/10.12737/szf-92202301> (РНФ 21-72-10157) [NQ]

24. Кирпичев И.П., Антонова Е.Е. Плато плазменного давления в ночном секторе магнитосферы Земли и его устойчивость, Геомagnetизм и аэрономия. Т. 63. № 1. С. 1-12. 2023. doi:10.31857/S001679402260034X [IF 0.6 Q4]
25. Копнин С.И., Шохрин Д.В., Попель С.И. Двумерное описание нелинейных волновых возмущений в запыленной магнитосфере Сатурна // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 6. С. 582-589. doi: 10.31857/S0367292123600279 [IF 1.1 Q4]
26. Корольков С. Д., Измоденов В. В., «Взаимодействие сверхзвукового звездного ветра с набегающим потоком межзвездной среды: влияние азимутального магнитного поля звезды» (2023) // Известия РАН. Механика жидкости и газа, 1, 31-40, doi: 10.31857/S056852812260076X (РНФ 19-12-00383) [IF 0.64 Q4]
27. Котова Г.А., В.В. Безруких, Д.В. Чугунин, М.М. Могилевский, А.А. Чернышов, Регулярные неоднородности плотности в пограничном слое плазмосферы // Геомagnetизм и аэрономия, 2023, том 63, № 6, с. 715-723. doi: 10.31857/S0016794023700013 [IF 06. Q4]
28. С.В. Кузин, С.А. Богачев, А.С. Кириченко, А.А. Перцов Особенности разработки и использования аппаратуры для проведения космических экспериментов в ВУФ-диапазоне спектра // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, № 12, С. 31-38 (2023). DOI: <https://doi.org/10.31857/S1028096023120117> РНФ № 23-72-30002
29. Кузнецов И. А., Захаров А. В., Зеленый Л. М., Попель С. И., Морозова Т. И., Шашкова И. А., Дольников Г. Г., Ляш А. Н., Дубов А. Е., Викторов М. Е., Топчиева А. П., Клумов Б. А., Усачев А. Д., Лисин Е. А., Васильев М. М., Петров О. Ф., Поройков А. Ю. Пылевые частицы в космосе: возможности экспериментальных исследований // Астрономический журнал. 2023. Т. 100. № 1. С. 41–69. [IF 1.0 Q4]
30. Левашов Н.Н., В.Ю. Попов, Н.М. Малова, Л.М. Зеленый, Моделирование мультифрактального турбулентного электромагнитного поля в космической плазме // Космические Исследования, 2023, том 61, № 2, с. 116- 123, doi:10.31857/S0023420622100089 [IF 0.656 Q4]
31. Мирзоева И.К. Возможные сценарии распада массивных фотонных пар в нейтральной разреженной межзвездной плазме // Вестник науки и образования. 2023. № 7(138). С. 4. doi: 10.24411/2312-8089-2023-10701 [NQ]
32. Морозова Т. И., Попель С. И. Проявления модуляционной неустойчивости в ионосфере Земли, включая хвосты метеороидов // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 42-47. doi: 10.31857/S0367292122601199 [IF 1.1 Q4]
33. Николаев П.Н., А.С. Эспиноза Валлес, М.С. Щербаков, Д.Д. Соболев Калибровка бортовых магнитометрических датчиков системы ориентации университетского наноспутника Samsat-Ion // Гироскопия и навигация. Т. 31 (3). С. 109-121 (2023). DOI –не присвоен. (РНФ 23-72-30002) [NQ]
34. Петрукович А.А., Евдокимова М.А., Апатенков С.В. Оценки параметров западного аврорального электроджета во время сильных суббурь Космические исследования. 2023. Т. 61. № 4. С. 267-276. doi: 10.31857/S0023420622600210 (РНФ 18-47-05001) [IF 0.6 Q4]
35. Попель С. И. Проявления аномальной диссипации в плазменно-пылевых системах // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 48-56. doi: 10.31857/S0367292122600856 [IF 1.1 Q4]
36. Попель С. И., Захаров А. В., Зеленый Л. М. Пылевая плазма в окрестностях Луны: современные исследования и новые перспективы // Физика плазмы. 2023. Т. 49. №

1. С. 12-24. doi: 10.31857/S0367292122600935 [IF 1.1 Q4]
37. Попель С. И., Зеленый Л. М., Захаров А. В. Пылевая плазма в Солнечной системе: безатмосферные космические тела // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 8. С. 813-820. doi: 10.31857/S0367292123600437 [IF 1.1 Q4]
38. Резниченко Ю. С., Дубинский А. Ю., Попель С. И. К вопросу о формировании облаков в запыленной ионосфере Марса // Письма в ЖЭТФ. 2023. Т. 117. № 6. С. 420-427. doi: 10.31857/S1234567823060058 [IF 1.3 Q3]
39. Резниченко Ю. С., Дубинский А. Ю., Попель С. И. Плазменно-пылевая система в марсианской ионосфере // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 57-66. doi: 10.31857/S0367292122600960 [IF 1.1 Q4]
40. Синевич А.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М., Милох В.Я. «Внутренняя структура поляризационного джета: стратифицированный поляризационный джет» // Геомагнетизм и аэрономия. 2023. Т. 63, № 6, С. 764–774. doi: 10.31857/S0016794023600333 (РНФ 23-22-00133) [IF 0.6 Q4]
41. Смирнова Н.Ф., Станев Г. Оценка плотности электронов в ближней 3-4 RE магнитосфере на основе измерения потенциала спутника ИНТЕРБОЛ-2 // Космич. исслед. 2023. Т. 61. № 3. С. 202-214. doi: 10.31857/S0023420622700066 [IF 0.6 Q4]
42. Струминский А.Б., Григорьева И.Ю., Логачев Ю.И., Садовский А.М. Солнечные релятивистские электроны и протоны 28 октября 2021 года (GLE73) // Бюллетень Изв. РАН. Сер. Физ. — 2023. — Т.87— № 7. —С.1028 — 1032. doi: 10.31857/S0367676523701818 [NQ]
43. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Расширение источника мягкого рентгеновского излучения и «магнитная детонация» в солнечных вспышках // ПАЖ. — 2023. — Т. 49. — №11. — С. 806–818. DOI: 10.31857/S0320010823110086 [NQ]
44. Федотова М. А., Д. А. Климачков, А. С. Петросян, Волновые процессы в плазменной астрофизике, Физика Плазмы, 2023, том 49, № 3, с. 209-259 doi: 10.31857/S0367292122601229 (БАЗИС) [IF 1.1 Q4]
45. Шалимов С.Л., Захаров В.И., Соловьева М.С., Булатова Н.Р., Коркина Г.М., Сигачев П.К. Об отклике ионосферы на сильные тропосферные возмущения // Исследование Земли из космоса. 2023. № 6. С. 106-117. doi: 10.31857/S0205961423060088 (РНФ 22-27-00182) [IF 0.7 Q4]
46. Шарыкин И.Н., Зимовец И.В., Косовичев А.Г. Статистика параметров тепловой плазмы и нетепловых рентгеновских спектров солнечных вспышек с гелиосейсмическим откликом // Астрономический журнал, 2023, том 100, № 11, с. 1081–1102. <https://doi.org/10.31857/S0004629923110099> (РНФ 23-72-30002) [IF 1 Q4]

Приняты в печать:

1. Korolkov S. D., Izmodenov V. V., «Effects of charge exchange on plasma flow in the heliosheath and astrosheathes» // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society [Q1 IF 5.235]
2. Luzhkovskiy A. A., D. R. Shklyar. Energy transfer between various electron populations via resonant interaction with whistler mode wave. JGR: Space Physics [IF 2.9 Q2]
3. Shklyar D.R., N.S. Artekha. Model expressions for refractive indices of electron waves in cold magnetoactive plasma of arbitrary density, Fundamental Plasma Physics Letters []

4. Безродных И.П., Е.И. Морозова, А.А. Петрукович, Динамика полярного и тороидального магнитных полей в 21-24 солнечных циклах. Вопросы электромеханики. «Труды ВНИИЭМ» – Москва : АО «Корпорация ВНИИЭМ», 2023. – Т. 197 , №6 [NQ]
5. Колпак В.И., М.М. Могилевский, Д.В. Чугунин, А.А. Чернышов, И.Л. Моисеенко “Изменение спектра АКР при распространении в неоднородной космической плазме”// Известия РАН. Серия физическая. [NQ]
6. Котова Г.А., В.Л. Халипов, А.Е. Степанов, В.В. Безруких, Влияние суббурь на процессы в ионосфере и плазмосфере Земли, Геомагнетизм и аэрномия, 2024.[IF 0.6 Q4]
7. Леденцов Л.С. Метод оценки пространственного периода энерговыделения в солнечных вспышках // Письма в астрономический журнал, Т.49 (11), 2023 – принята к печати. DOI: 10.31857/S0320010823110062 (РНФ 23-72-30002)
8. Моисеенко Д.А., Шестаков А.Ю., Вайсберг О.Л., Журавлев Р.Н., Митюрин М.В., Моисеев П.П, Спектрометр электронов ТОТЭМ-Э для проекта Странник, Космические исследования, принята к публикации 18 мая 2023 [IF 0.6 Q4]
9. Нечаева А.Б., Зимовец И.В., Зубик В.С., Шарыкин И.Н. Эволюция характеристик вертикального электрического тока и магнитного поля в активных областях Солнца и их связь с мощными вспышками // Геомагнетизм и Аэрномия. [IF 0.6 Q4]
10. Пилипенко В.А., Н.Г. Мазур, Е.Н. Федоров, А.Н. Шевцов (2024), О возможности экспериментов по возбуждению искусственных УНЧ излучений в ионосфере установкой FENICS на Кольском полуострове, Изв. РАН, серия физическая [NQ]
11. Савин, С.П., Е. Амата, Л.А. Лежен, В.Б. Белаховский, Л.М. Зеленый, А.С. Шарма, Ч. Ванг, Т. Танг, М. Коеке, Е.А. Кронберг, Я. Шафранкова, З. Немечек, С.И. Климов, А.А. Скальский, В.Д. Будаев, Взаимодействие космической плазмы с магнитным барьером: нелинейная каскадная связь локальных и глобальных резонансов за счет квазидискретных импульсов, принято в печать в ЖЭТФ, 2023
12. Сапунова О.В., Бородкова Н.Л., Ермолаев Ю.И., Застенкер Г.Н., «Спектры флуктуаций параметров плазмы солнечного ветра вблизи фронта ударной волны», Космические исследования, Том 62, №1, (РНФ 22-12-00227) [IF 0.6 Q4]
13. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Источники солнечных протонов в событиях 24–25 февраля и 16–17 июля 2023 года // Космические исследования. — 2024. — Т.62. — №2 [IF 0.6 Q4]
14. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Критерии для предсказания протонных событий по солнечным наблюдениям в реальном времени // Геомагнетизм и аэрномия. Т. 64 № 2. — 2024. [If 0.6 Q4]
15. Чернышов А.А., Козелов Б.В, Могилевский М.М. «Использование q-статистики для исследования пульсирующих сияний» // Геомагнетизм и Аэрномия. № 1. 2024 [IF 0.6 Q4]
16. Шарыкин И.Н., И. В. Зимовец, А.Г. Косовичев, И.И. Мышьяков. Наблюдение гелиосейсмически активной солнечной вспышки с малым потоком жесткого рентгеновского излучения до 50 кэВ // ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. [IF 0.9 Q4]

Статьи в сборниках материалов конференций:

1. Antonova E.E., Sotnikov N.V., Kirpichev I.P., Riazantseva M.O., Stepanova M.V., Pinto V., Inostroza A., Espinoza C.M., Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Ovchinnikov I.L., Daniil Yu. Naiko D.Yu., Pulinets M.S. (2023). Formation of the Outer Radiation Belt: Adiabatic Effect and Stochastic Acceleration. Problems of Geocosmos—2022, Proceedings of the XIV Conference and School. Editors Kosterov A., Lyskova E., Mironova I., Apatenkov S., Baranov S. (eds) Problems of Geocosmos—2022. ICS 2022. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer Nature Switzerland AG. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_23
2. Antonova E.E., V.G. Vorobjev, O.I. Yagodkina, N.V. Sotnikov, I.P. Kirpichev, I.L. Ovchinnikov, D.Yu. Naiko, M.S. Pulinets, M.V. Stepanova, V.A. Pinto, A.M. Inostroza, Magnetospheric substorms and relativistic electrons, “Physics of Auroral Phenomena”, Proc. XLVI Annual Seminar, Apatity, pp. 7-10, 2023 DOI: 10.51981/2588-0039.2023.46.001 (РНФ 23-22-00076 не ИКИ)
3. Chernyshov A.A., Chugunin D.V., Mogilevsky M.M. "Fractal characteristics of magnetosphere-ionosphere coupling in the auroral region"// Atmosphere, Ionosphere, Safety. Proceedings of VIII International Conference. Eds. O.P. Borchevkina, M.G. Golubkov and I.V. Karpov. Kaliningrad, 2023. С. 35-38. DOI: 10.59043/9785604204474_35
https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54152906_66993997.pdf (индексируется в РИНЦ)
4. Chugunin D.V., Kotova G.A., Klimenko M.V., Klimenko V.V. “Longitudinal dependence of the plasmasphere concentration according satellite measurements”// Atmosphere, Ionosphere, Safety. Proceedings of VIII International Conference. Eds. O.P. Borchevkina, M.G. Golubkov and I.V. Karpov. Kaliningrad, 2023. С. 28-31. DOI: 10.59043/9785604204474_28
https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54152906_66993997.pdf (индексируется в РИНЦ) (грант РНФ № 23-22-00133)
5. Kirpichev I.P., E.E. Antonova, Plateau regions in the magnetospheric plasma pressure distribution and large-scale field-aligned currents, “Physics of Auroral Phenomena”, Proc. XLVI Annual Seminar, Apatity, pp. 57-60, 2023 DOI: 10.51981/2588-0039.2023.46.012
6. Kolpak V.I., Mogilevsky M.M., Chugunin D.V., Chernyshov A.A., Moiseenko I.L. "Abnormal cases of violation of the ionosphere-magnetosphere coupling behavior: the role of auroral kilometric radiation (AKR)"// Atmosphere, Ionosphere, Safety. Proceedings of VIII International Conference. Eds. O.P. Borchevkina, M.G. Golubkov and I.V. Karpov. Kaliningrad, 2023. С. 24-27. DOI: 10.59043/9785604204474_24
https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54152906_66993997.pdf (индексируется в РИНЦ)
7. Kozyreva O.V., V.A. Pilipenko, M.D. Hartinger, T.R. Edwards (2023) Comparison of ULF wave indices from conjugate magnetometer arrays in Antarctica and Greenland, Problems of Geocosmos–2022, Proceedings of the XIV Conference and School, Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, 339-349, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4>.
8. Sinevich A.A., Chernyshov A.A., Chugunin D.V., Miloch W.J., Mogilevsky M.M. "Internal structure of a polarization jet: stratified subauroral ion drift (SSAID)" // Atmosphere, Ionosphere, Safety. Proceedings of VIII International Conference. Eds. O.P. Borchevkina, M.G. Golubkov and I.V. Karpov. Kaliningrad, 2023. С. 31-34. DOI:

10.59043/9785604204474_31

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54152906_66993997.pdf (индексируется в РИНЦ) (грант РФФИ № 23-22-00133)

9. Воробьев В.Г., О.И. Ягодкина, Е.Е. Антонова Полярные сияния и авроральные высыпания в области дневного полярного каспа при северном ММП, “Physics of Auroral Phenomena”, Proc. XLVI Annual Seminar, Apatity, pp. 65-68, 2023 DOI: 10.51981/2588-0039.2023.46.014
10. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Шаховская А.Н. О возможных дополнительных источниках протонов в событиях 4-10 сентября 2017 года // Тр. 27-ой Всерос. ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2023» / г. Санкт-Петербург, (октябрь 2023 г.). — С.-Пб. 2023. — С. 71 — 74. DOI: 10.31725/0552-5829-2023-71-74.
11. Кропотина Ю.А., Петрукович А.А., Быков А.М., Чугунова О.М., Моделирование ионной вейбелевской неустойчивости в бесстолкновительной ударной волне в слабо замагниченной плазме В сборнике: НЕЛИНЕЙНЫЕ ДНИ В САРАТОВЕ ДЛЯ МОЛОДЫХ - 2023. материалы XXX Всероссийской научной конференции. Саратов, 2023. С. 142-143. (РНФ)
12. Кропотина Ю.А., Петрукович А.А., Чугунова О.М., Быков А.М. О роли ионной вейбелевской неустойчивости в формировании фронта головной ударной волны земли, XXVII ВСЕРОССИЙСКАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ СОЛНЦА «СОЛНЕЧНАЯ И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА – 2023», ТРУДЫ, Санкт-Петербург, 2023, 191-194 (РНФ)
13. Ожередов В.А., Струминский А.Б. Алгоритмическое определение значимых признаков вспышки как источника солнечных протонов // Тр. 27-ой Всерос. ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2023» / г. Санкт-Петербург, (октябрь 2023 г.). — С.-Пб. 2023. — С. 253-256. DOI: 10.31725/0552-5829-2023-253-256
14. Ожередов В.А., Струминский А.Б. Оценки времени старта и пост-эруптивного ускорения КВМ 17, 24, 25 И 28 февраля 2023 // Тр. 27-ой Всерос. ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2023» / г. Санкт-Петербург, (октябрь 2023 г.). — С.-Пб. 2023. — С. 257-260. DOI: 10.31725/0552-5829-2023-257-260
15. Садовский А.М., Струминский А.Б. Взаимосвязь солнечных вспышек и корональных выбросов массы (КВМ) и их влияние на Землю // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в арктической зоне Российской Федерации. Материалы научно-практической конференции. Мурманск: Мурманский арктический государственный университет, 2023. С. 278-279.
16. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Темп ускорения протонов во вспышках M4.0 16 июля и M5.7 17 июля 2023 года // Тр. 27-ой Всерос. ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2023» / г. Санкт-Петербург, (октябрь 2023 г.). — С.-Пб. 2023. — С. 305 — 308. DOI: 10.31725/0552-5829-2023-305-308.
17. Халипов В.Л., Г.А. Котова, А.Е. Степанов, Исследования субавроральной ионосферы и магнитосферы с помощью геофизических спутников и методом коротковолновой радиолокации // Сборник трудов 46-го семинара "Физика авроральных явлений", PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA Proceedings of the 46 the Annual Seminar, Polar geophysical institute, Apatity, 13 – 17 March 2023. DOI: 10.51981/2588-0039.2023.46.011

Публикации в нерецензируемых изданиях

1. Antonova Elizaveta E., Nikita V. Sotnikov, Igor P. Kirpichev, Maria O. Riazantseva, Marina V. Stepanova, Victor Pinto, Ana Inostroza, Cristóbal M. Espinoza, Vyacheslav G. Vorobjev, Oksana I. Yagodkina, Иля L. Ovchinnikov, Daniil Yu. Naiko, and Maria S. Pulinets, Formation of the Outer Radiation Belt: Adiabatic Effect and Stochastic Acceleration. In: Kosterov, A., Lyskova, E., Mironova, I., Apatenkov, S., Baranov, S. (eds) Problems of Geocosmos—2022. ICS 2022. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham., p.313. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_19
2. Khokhlachev, A.A., Yermolaev, Y.I., Riazantseva, M.O., Rakhmanova, L.S., Lodkina, I.G. (2023). Helium Abundance Variability at Different Spatial Scales Inside the ICME. In: Kosterov, A., Lyskova, E., Mironova, I., Apatenkov, S., Baranov, S. (eds) Problems of Geocosmos—2022. ICS 2022. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham., p.267. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_19
3. Аптекарев А.И., Балега Ю.Ю., Бисикало Д.В., Бондур В.Г., Зелёный Л.М., Петрукович А.А., Садовничий В.А., Соловьёв В.А., Сюняев Р.А., Черепашук А.М., Четверушкин Б.Н., Шустов Б.М. МИХАИЛ ЯКОВЛЕВИЧ МАРОВ (К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) Успехи физических наук. 2023. Т. 193. № 7. С. 799-800.
4. Бикмаев И.Ф., Вихлинин А.А., Гильфанов М.Р., Гребенев С.А., Зелёный Л.М., Лутовинов А.А., Петрукович А.А., Постнов К.А., Старобинский А.А., Черепашук А.М., Чуразов Е.М., Шакура Н.И. РАШИД АЛИЕВИЧ СЮНЯЕВ (К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) Успехи физических наук. 2023. Т. 193. № 3. С. 343-344.
5. Климов С.И., Л.М. Зеленый, А.А. Петрукович, В.Н. Ангаров, О.Л. Вайсберг, М.В. Веселов, А.М. Садовский, А.А. Скальский, В.А. Грушин, Д.И. Новиков, Л.А. Осадчая, Н.А. Эйсмонт, В.В. Летуновский, А.В. Костров, Я. Лихтенбергер, Я. Надь. Опыт и перспективы реализации научно-исследовательских микроспутников в инфраструктуре орбитальных станций. Наука на МКС. Третья международная конференция, посвящённая 25-летию Международной космической станции: сб. тез. Докл. М.; ИКИ РАН, 2023. с. 127-131.

Публикации в научно-популярных изданиях

1. Рязанцева М.О., Зеленый Л.М. «Спектр-Р» как инструмент для исследования турбулентности, Земля и Вселенная, №2, 2023 г. DOI: 10.7868/S004439482302007X

Монографии

1. Antonova Elizaveta E., From physics of polar aurora to changes of the fundamental approaches to the physics of the magnetospheric processes, 138-144. In Borovsky, J. E., Grigorenko, E. E., Chau, J. L., Miyoshi, Y., Usanova, M., De Nolfo, G. A., Greco, A., Partamies, N., eds. (2023). Generation-to-generation communications in space physics. Lausanne: Frontiers Media SA. ISSN 1664-1714, ISBN 978-2-8325-2553-1, June 2023. doi:10.3389/978-2-8325-2553-1

Доклады, тезисы, циркуляры:

1. Antonova E.E., Stepanova M.V., Pinto V.A., Ovchinnikov I.L., Naiko D.Yu, Riazantseva M.O., Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Storm time substorms and outer radiation belt, The 15th International Conference on Substorms (ICS-15), October 15-20, 2023, Deqing China, <http://ics15.cssr.org.cn/Index.asp>
2. Antonova E.E., Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Sotnikov N.V., Kirpichev I.P., Ovchinnikov I.L., Naiko D.Yu., Pulinets M.S., Stepanova M.V., Pinto V., Inostroza A.,

- Magnetospheric substorms and relativistic electrons, PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA 46th Annual Seminar Abstracts, p. 15, 2023.
3. Artekha N.S., D.R. Shklyar. Dispersion features of whistler-mode waves in low-density magnetoactive plasma. 46th annual seminar "Physics of Auroral Phenomena", Apatity, Russia, 13 – 17 March 2023
 4. Artekha Natalia S., David R. Shklyar. Dispersion and Polarization Features of Whistler-Mode Waves in Low-Density Plasma. Report at URSI GASS 2023, Sapporo, Japan, 19 – 26 August 2023. <https://doi.org/10.46620/URSIGASS.2023.0880.LDRS3974>
 5. Borodkova N., Sapunova O., Yermolaev Yu., Zastenker G., Dynamics of Low Frequency Oscillations of the Magnetic Field and Ion Flux Upstream of the Interplanetary Shock, 20th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, 30 July -04 August 2023, Singapore, Abstracts, ST21-A015, <https://www.asiaoceania.org/aogs2023> (Устный доклад).
 6. Chernyshov A.A., “Fractal characteristics of magnetosphere-ionosphere coupling in the auroral region” VIII International Conference “Atmosphere, Ionosphere, Safety” (AIS-2023), КФ ИЗМИРАН, Калининград, 4-9 июня 2023 г.
 7. Chernyshov A.A., D.V. Chugunin, M.M. Mogilevsky “Auroral kilometric radiation (AKR) as a tool to study the fractal properties of the magnetosphere” 46th Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", 13–17 March 2023, p.40
 8. Chugunin D.V. “Longitudinal dependence of the plasmasphere concentration according satellite measurements” VIII International Conference “Atmosphere, Ionosphere, Safety” (AIS-2023), КФ ИЗМИРАН, Калининград, 4-9 июня 2023 г.
 9. Chugunin D.V., D.S. Kotova, A.A. Sinevich, A.A. Chernyshov, W.J. Miloch “Scintillations of GNSS receivers in the subauroral region in the southern hemisphere” 46th Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", 13–17 March 2023, p.63
 10. Dorofeev D.A., A.A. Chernyshov, D.V. Chugunin, M.M. Mogilevskiy “Hectometric continuum radiation in the “near zone” in the Earth's magnetosphere” 46th Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", 13–17 March 2023, p.41
 11. Eismont N., Zubko V., Petrukovich A., Chernyshov A. «Spacecraft constellation mission design for geostationary transfer orbit», 5th COSPAR Symposium: Space Science with Small Satellites, 16 - 21 April, Singapore
 12. Frantsuzov V.A. , Artemyev A.V., Petrukovich A.A., Electron heating in the Earth magnetosheath: a combined effect of compression ultra-low frequency and whistler-mode waves, устное выступление, 46-й ежегодный Апатитский семинар "Физика авроральных явлений", АПАТИТЫ, Россия, 14-18 марта 2023
 13. Galli A., Baliukin I.I., Kornbleuth M., Fuselier S. Sokol J., Opher M., “Comparison of heliosphere models with IBEX-Lo observations of Energetic Neutral Atoms at 50 eV - 2 keV energy”, EGU23, the 25th EGU General Assembly, 23-28 April, 2023 in Vienna, Austria (online at <https://egu23.eu/>), id. EGU-5688, DOI: 10.5194/egusphere-egu23-5688
 14. Gao Y., Neishtadt A., Okunev A. On asymptotic calculation of phase of arrival at a resonance in slow-fast Hamiltonian systems, Международная конференция "Regular and Chaotic Dynamics", 04.12.2023 - 08.12.2023, Сочи. <https://siriusmathcenter.ru/en/program/036w>

15. Godenko E.A., “Simulating Interstellar Dust Interactions using Lagrangian Fluid”, New Horizons Science Team Meeting #52, 13-17 января 2023 г. (онлайн).
16. Grigorenko E.E., M.V. Leonenko, A.Yu. Malykhin, L.M. Zelenyi, Electron-scale current structures observed in the magnetotail plasma sheet during substorms, 15th International Conference on Substorms, 15 - 20.10.2023, Deqing, China, <http://ics15.cssr.org.cn/Index.as> Приглашенные доклад
17. Grigorenko E.E., M.V. Leonenko, A.Yu. Malykhin, L.M. Zelenyi, Electron-scale current layers observed by MMS in the magnetotail plasma sheet, 15th Workshop on "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere, and Atmosphere" 5 – 9.06.2023, Primorsko, Bulgaria, <https://spaceclimate.bas.bg/ws-sozopol/pdf/15th/Wednesday/Grigorenko.pdf> Устные доклады
18. Izmodenov V.V., “H-wall modeling”, New Horizons Science Team Meeting #53, 24-25 мая 2023 г. (онлайн).
19. Izvekova Yu. N. and S. I. Popel, Drift instability in the near-surface dusty plasma over the Moon, XXXVIII Fortov International Conference on Interaction of Intense Energy Fluxes with Matter (Elbrus, Russia, 2023). Abstracts. Section 5. Physics of Low Temperature Plasma. Abstract 37 (<http://www.ihed.ras.ru/elbrus23/program/restore.php?id=160>).
20. Izvekova Yu.N., A.P. Golub', and S.I. Popel, Wave Processes Related to Dusty Plasmas at Mercury, 19th International Workshop “Complex Systems of Charged Particles and their Interactions with Electromagnetic Radiation” (Moscow, Russia, 2023), Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 2023, p. 37.
21. Izvekova Yu.N., S.I. Popel, A.P. Golub', Specific Features of Dusty Plasma and Wave Processes in the Exosphere of Mercury, The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3 (Moscow, Russia, 2023), 14MS3-SB-12, pp. 264-266.
22. Kassem A.I., S. I. Kopnin, S.I. Popel, and L.M. Zelenyi, Modified Zakharov-Kuznetsov Equation for Description of Nonlinear Waves in Magnetized Dusty Plasmas of the Lunar Exosphere, 19th International Workshop “Complex Systems of Charged Particles and their Interactions with Electromagnetic Radiation” (Moscow, Russia, 2023), Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 2023, p. 35.
23. Kepko Emil and the COSPAR Task Group on Establishing an International Geospace Systems Program* ISTEPNext and the ITM Great Observatory: The need for international coordination in Heliophysics EGU23-9239 <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9239>
24. Khokhlachev A., Yermolaev Yu., Lodkina I., Riazantseva M., Rakhmanova L., Helium abundance behaviour in the ICMEs during solar activity decrease in 23-24 solar cycle, 20th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, 30July -04 August 2023, Singapore, Abstracts, ST23-A009 , <https://www.asiaoceania.org/aogs2023>
25. Kirpichev I.P, Antonova E.E., Formation of plateau regions in the magnetospheric plasma pressure distribution and large-scale field-aligned currents, PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA 46th Annual Seminar Abstracts, p. 31, 2023.
26. Kolpak V.I., Mogilevsky M.M., Chugunin D.V., Chernyshov A.A., Moiseenko I.L. "Abnormal cases of violation of the ionosphere-magnetosphere coupling behavior: the role of auroral kilometric radiation (AKR)", VIII International Conference “Atmosphere, Ionosphere, Safety” (AIS-2023), КФ ИЗМИРАН, Калининград, 4-9 июня 2023 г., с.81

27. Kopnin S.I., D.V. Shokhrin, S.I. Popel, Two-Dimensional Description of Nonlinear Wave Perturbations in the Dusty Saturn's Magnetosphere, The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3 (Moscow, Russia, 2023), 14MS3-SB-PS-02, p. 295.
28. Kornbleuth M., Opher M., Dayeh M., Sokół J., Turner D. L., Baliukin I. I., Dialynas K., Izmodenov V. V., "Inferring the Interstellar Magnetic Field Direction from Energetic Neutral Atom Observations of the Heliotail", AGU23, San Francisco, USA, December 11-15, SH51H-07, <https://agu.confex.com/agu/fm23/meetingapp.cgi/Paper/1290702>
29. Kotova, D.S., Sinevich, A.A., Chernyshov, A.A., Chugunin, D.V., Miloch, W.J. «Effect of SAID on the Development of Ionospheric Scintillations and Irregularities in the Subauroral Region», XXXVth URSI General Assembly and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023
30. Kulikov S.V., A.A. Skalsky Magnetic field observations at the surface of Mars: the influence of atmospheric/ionospheric phenomena and the interplanetary medium. The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3. Space Research Institute Moscow, Russia, October 9-13, 2023
31. Kuznetsov I., A. Zakharov, G. Dolnikov, I. Dokuchaev, A. Lyash, A. Dubov, M. Essam, V. Grushin, A. Kartasheva, E. Kronrod, T. Morozova, S. Popel, A. Poroykov, I. Shashkova, O. Voshchan, Investigation of the Cosmic Dusty Plasmas with Dust Monitoring Instruments, The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3 (Moscow, Russia, 2023), 14MS3-MN-13, p. 105.
32. Lukin A.S., Artemyev A.V., Zhang X.-J., Vasko I.Y., Petrukovich A.A., The test particle approach for stochastic differential equations: a contribution of wave-particle interactions in long-term thermalization of particle flows, 46-й ежегодный Апатитский семинар "Физика авроральных явлений", Апатиты, Россия, 14-18 марта 2023
33. Lukin Alexander, Zhifang Guo, Yu Lin, Anton Artemyev, Evgeny V Panov, Xiaojia Zhang and Anatoli A Petrukovich, Triggering the Magnetopause Reconnection by Solar Wind Discontinuities SH23C-2943 AGU 2023
34. Luzhkovskiy A. A., Shklyar D. R. Excitation and propagation of electromagnetic and quasi-electrostatic ion cyclotron waves in the Earth's magnetosphere. 46th annual seminar "Physics of Auroral Phenomena", Apatity, Russia, 13 – 17 March 2023
35. Moiseenko D., Shestakov A., Vaisberg O., Petukh A., Zhuravlev R., Venus in solar wind: scientific goals and concepts of plasma analyzers for Venera-D mission. THE FOURTEENTH MOSCOW SOLAR SYSTEM SYMPOSIUM 2023 (14MS-3)
36. Morozova T. I. and S. I. Popel, Lower-Hybrid Waves in Meteoroid Tails, Abstracts of the 18th Annual Conference "Plasma Physics in the Solar System" (Moscow, Russia, 2023), p. 295 (in Russian).
37. Morozova T. I. and S. I. Popel, Modulation Instability of Langmuir Waves in Dusty Plasmas of Meteoroid Tails, Abstracts of the 18th Annual Conference "Plasma Physics in the Solar System" (Moscow, Russia, 2023), p. 294 (in Russian).
38. Morozova T.I. and S.I. Popel, Instabilities in Meteoroid Tails Associated with Ion Acoustic Mode, The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3 (Moscow, Russia, 2023), 14MS3-SB-PS-05, p. 302.
39. Morozova T.I. and S.I. Popel, Lower Hybrid Waves in the Meteoroid Tails in the Earth's Ionosphere, 19th International Workshop "Complex Systems of Charged Particles and their Interactions with Electromagnetic Radiation" (Moscow, Russia, 2023), Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 2023, p. 31.

40. Morozova T.I. and S.I. Popel, Manifestations of Modulation Instability in Meteoroid Tails, The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3 (Moscow, Russia, 2023), 14MS3-SB-PS-06, p. 303.
41. Morozova T.I. and S.I. Popel, Waves and Instabilities in Dusty Plasma near the Surface of the Moon, 19th International Workshop “Complex Systems of Charged Particles and their Interactions with Electromagnetic Radiation” (Moscow, Russia, 2023), Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 2023, p. 32.
42. Naiko D.Yu., Ovchinnikov I.L., Antonova E.E., Spatial distribution of the turbulent diffusion coefficient in the plasma sheet of the Earth's magnetotail and its dependence on the interplanetary magnetic field and geomagnetic activity by MMS data, PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA 46th Annual Seminar Abstracts, p. 31-32, 2023.
43. Naiko D.Yu., Ovchinnikov I.L., Antonova E.E., Spectra of fluctuations of electric and magnetic fields in the plasma sheet of the Earth's magnetotail by MMS data, PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA 46th Annual Seminar Abstracts, p. 32-33, 2023.
44. Neishtadt A. (2023) On a kinematic proof of Andoyer variables canonicity. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.08992>
45. Petrukovich A.A., Chernyshov, D.V. Chugunin, S. E.Andreevsky, M.M. Mogilevsky, A.M. Padokhin, I.V. Belokonov “Using CubeSats and nanosatellites for low-orbit radiotomography of the ionosphere”, 5th COSPAR Symposium: Space Science with Small Satellites, 16 - 21 April, Singapore
46. Popel S.I. and L.M. Zelenyi, Manifestations of Anomalous Dissipation in Dusty Plasmas of our Solar System: Celestial Bodies without Atmosphere, The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3 (Moscow, Russia, 2023), 14MS3-SB-13, pp. 267-269.
47. Popel S.I., L.M. Zelenyi, and A.V. Zakharov, Dusty Plasmas in the Solar System: Research at the Space Research Institute RAS, 19th International Workshop “Complex Systems of Charged Particles and their Interactions with Electromagnetic Radiation” (Moscow, Russia, 2023), Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 2023, p. 30.
48. Powell E., Opher M., Kornbleuth M.Z., Wood B. E., Izmodenov V. V., Baliukin I. I., Michael A., Chen Y., Toth G., Tenishev V., “Lyman α Absorption in a “Croissant-like” Heliosphere”, AGU23, San Francisco, USA, December 11-15, SH53A-08, <https://agu.confex.com/agu/fm23/meetingapp.cgi/Paper/1356423>
49. Rakhmanova L., Riazantseva M, Khokhlachev A., Zastenker G., Yermolaev Yu, Dynamics of turbulence behind the bow shock and its dependence on the solar wind condition, 20th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, 30July -04 August 2023, Singapore, Abstracts, ST07-A024, <https://www.asiaoceania.org/aogs2023>
50. Rakhmanova L., Riazantseva M., Khokhlachev A., Yermolaev Yu., Role of the Varying Solar Wind in Properties of the Magnetosheath Turbulence, 15th Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", 05 -09 June 2023, Primorsko, Bulgaria, (online). Book of abstracts, P17, https://spaceclimate.bas.bg/ws-sozopol/pdf/AbstractBook_WS15_1.pdf (Устный доклад).
51. Reznichenko Yu. S., A. Yu. Dubinskii, and S. I. Popel, On Formation of Dusty Plasma Structures in Martian Ionosphere, 19th International Workshop “Complex Systems of Charged Particles and their Interactions with Electromagnetic Radiation” (Moscow, Russia, 2023), Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 2023, p. 36.

52. Reznichenko Yu. S., A. Yu. Dubinskii, and S. I. Popel, On Formation of Dusty Clouds in Ionosphere of Mars, *Fundamental and Applied Physics. Proceedings of 65th All-Russian Scientific Conference of the Moscow Institute of Physics and Technology in Honour of the 115th Anniversary of L.D. Landau* (Moscow-Dolgoprudny, Russia, 2023), <https://mipt.ru/upload/medialibrary/0ae/fundamentalnaya-i-prikladnaya-fizika.pdf> (in Russian).
53. Reznichenko Yu.S., A.Yu. Dubinskii, S.I. Popel, Dusty Plasma Clouds in the Atmosphere of Mars: Significance of Rayleigh-Taylor Instability, *The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3* (Moscow, Russia, 2023), 14MS3-SB-14, pp. 270-271.
54. Riazantseva M., Rakhmanova L., Volodin I., Treves T., Khkhachev A., Yermolaev Yu., Zastenker G., The of turbulent cascade inside and around ICME propagating from the Sun, *20th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, 30July -04 August 2023*, Singapore, Abstracts, ST23-A007, <https://www.asiaoceania.org/aogs2023>
55. Rumen Shkevov, Nadezhda Zolnikova, Ludmila Mikhailovskaya. Heavy nuclei resonant acceleration by a single electromagnetic wave in space plasmas. *Nineteenth International Scientific Conference "Space, Ecology, Security"*, October 24 - 26, 2023, Sofia, Bulgaria. Conference Program p. 8. <http://space.bas.bg/SES/index.html>
http://space.bas.bg/SES/index/2023/2023_SES_Program.pdfRumen
56. Rumen Shkevov, Nadezhda Zolnikova, Ludmila Mikhailovskaya. Heliosphere calm areas as a source of relativistic particles. *Nineteenth International Scientific Conference "Space, Ecology, Security"*, October 24-26, 2023, Sofia, Bulgaria. Conference Program p. 7. <http://space.bas.bg/SES/index.html>
http://space.bas.bg/SES/index/2023/2023_SES_Program.pdf
57. Shkevov R., Zolnikova N., Mikhailovskaya L., Analysis of possible locations of the relativistic sources of resonance particles in the inner heliosphere space. *Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere, Fifteenth Workshop Primorsko, Bulgaria, June 05 - 09, 2023*. Conference Program p. 2, Abstract Book pp. 21. https://www.spaceclimate.bas.bg/ws-sozopol/pdf/AbstractBook_WS15_1.pdf
<https://www.spaceclimate.bas.bg/ws-sozopol>
58. Shklyar David R., Elena E. Titova, and Andris A. Lyubchich. Analysis of Two-Band VLF Spectra Observed by Van Allen Probe B. Report at *URSI GASS 2023*, Sapporo, Japan, 19 – 26 August 2023
59. Shokhrin D.V., S.I. Kopnin, and S.I. Popel, Two-Dimensional Description of Localized Structures in the Dusty Magnetosphere of Saturn, *19th International Workshop "Complex Systems of Charged Particles and their Interactions with Electromagnetic Radiation"* (Moscow, Russia, 2023), Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 2023, p. 38.
60. Shustov P.I., Gedalin M.E., Artemyev A.V., Petrukovich A.A., Shock wave magnetic field jumps statistics, устное выступление, 46-й ежегодный Апатитский семинар "Физика авроральных явлений", Апатиты, Россия, 14-18 марта 2023
61. Shuvalov, A.Yu. Shestakov, R.H. Zhuravlev , D. Morozova, A. Ramazan, Recurring magnetic structure in Martian dayside magnetopause. *THE FOURTEENTH MOSCOW SOLAR SYSTEM SYMPOSIUM 2023 (14MS-3)*
62. Sinevich, A.A., Chernyshov, A.A., Chugunin, D.V., Miloch, W.J., Mogilevsky M.M. «Internal structure of a polarization jet: Stratified Subauroral Ion Drift (SSAID)», VIII

- International Conference “Atmosphere, Ionosphere, Safety” (AIS-2023), КФ ИЗМИРАН, Калининград, 4-9 июня 2023 г.
63. Sinevich, A.A., Chernyshov, A.A., Chugunin, D.V., Miloch, W.J., Mogilevsky M.M. «Stratification of Polarization Jet», 46th Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", 13–17 March 2023, p.68
 64. Sokol J.M., Fuselier S., Galli A., Mostafavi P., Baliukin I. I., Kornbleuth M. Z., Fairchild K., “Globally distributed flux of ENAs at energies below 2 keV”, AGU23, San Francisco, USA, December 11-15, SH51H-04, <https://agu.confex.com/agu/fm23/meetingapp.cgi/Paper/129455>
 65. Stepanova M., Antonova E.E., Espinoza C.M. Turbulent transport and balance between plasma and magnetic pressures as key factors for the geomagnetic tail and inner magnetosphere interactions. The 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Berlin, 11-20 July, 2023. A11 - Magnetotail Dynamic Processes, IUGG23-2970.
 66. Vaisberg O.L., Shuvalov, A.Yu. Shestakov, R.H. Zhuravlev, Recurring magnetic structure in Martian dayside magnetopause. THE FOURTEENTH MOSCOW SOLAR SYSTEM SYMPOSIUM 2023 (14MS-3)
 67. Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Antonova E.E., Simultaneous ground-based and DMSP F16 spacecraft observations of the dayside polar cusp under northward IMF: case study, PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA 46th Annual Seminar Abstracts, p. 34, 2023.
 68. Yermolaev Yu., Lodkina I., Khokhlachev A., Will Solar Cycle 25 be Similar to Cycle 24 According to Solar Wind Observations?, 15th Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", 05 -09 June 2023, Primorsko, Bulgaria, (online). Book of abstracts, P.9, https://spaceclimate.bas.bg/ws-sozopol/pdf/AbstractBook_WS15_1.pdf (Устный доклад).
 69. Zelenyi L.M., S.I. Popel, and A.V. Zakharov, Lunar Dusty Exosphere. Implications for the Moon Exploration, 74th International Astronautical Congress (Baku, Azerbaijan, 2023), IAC-23.A3.2C.14.
 70. Анохин М.В., В.И. Галкин, А.Е. Дубов, Л.В. Савкин, Микрорендеринг и микродозиметрия поля ионизирующих частиц на КА; Труды 26-й Всероссийской научно-технической конференции «Радиационная стойкость электронных систем» - «Стойкость-2023»
 71. Анохин М.В.. Мониторинг состояния поля ионизирующих частиц, образованного космическими лучами в приборах космических аппаратов в феврале – марте 2023 г. Научная конференция «Проблемы космофизики» имени М.И. Панасюка в Дубне, 10–13 июля 2023 г.
 72. Антонова Е.Е., Сотников Н.В., Кирпичев И.П., Рязанцева М.О., Овчинников И.Л., Степанова М.В., Pinto V., Espinoza C.M., Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Пулинец М.С., Найко Д.Ю. Механизмы падения и возрастания потоков релятивистских электронов внешнего радиационного пояса и предсказание динамики пояса во время магнитной бури, Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2022, ИКИ РАН. Тезисы докладов, с. 219.
 73. Антонова Е.Е., Сотников Н.В., Кирпичев И.П., Рязанцева М.О., Овчинников И.Л., Степанова М.В., Pinto V., Espinoza C.M., Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Пулинец М.С., Найко Д.Ю., Механизмы падения и возрастания потоков релятивистских

- электронов внешнего радиационного пояса и предсказание динамики пояса во время магнитной бури., 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 219, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Устный доклад)
74. Антонова Е.Е., Степанова М.В., Кирпичев И.П., Овчинников И.Л., Найко Д.Ю., Сотников Н.В., Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Проблемы формирования кольцевого тока и внешнего радиационного пояса, Проблемы космофизики, 10-13 июля 2023 г., Дубна, <http://cosmophysics2023.sinp.msu.ru/>
75. Антонова Е.Е., Тулупов В.И., Оседло В.И., Павлов Н.Н., Магнитные бури весной 2023 г. и проблемы предсказания возрастных потоков релятивистских электронов внешнего радиационного пояса, Проблемы космофизики, 10-13 июля 2023 г., Дубна, <http://cosmophysics2023.sinp.msu.ru/>
76. Артеха Н.С., Шкляр Д.Р. Дисперсионные характеристики свистовых волн в разреженной ($\omega_p < \omega_c$) магнитоактивной плазме. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ, 6 – 10 февраля 2023 г
77. Балюкин И.И., “Гелиосферные энергичные нейтральные атомы: анализ данных наблюдений прибора IBEX-Lo”, КМУ “Фундаментальные и прикладные космические исследования”, 12-14 апреля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.
78. Балюкин И.И., Измоденов В.В., “Энергичные атомы водорода в гелиосфере”, Ломоносовские чтения 2023 (секция механики), 4-10 апреля 2023 г., Механико-математический факультет МГУ, Москва, Россия.
79. Балюкин И.И., Измоденов В.В., Алексахов Д.Б., “Исследование влияния адиабатического нагрева/охлаждения на распределение захваченных протонов и потоки энергичных нейтральных атомов в гелиосфере”, Физика плазмы в Солнечной системе, 6-10 февраля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.
80. Безродных И.П., Е.И. Морозова, А.А. Петрукович, Связь структуры вариаций солнечных пятен (11-летние и qfo-вариации) с временной динамикой параметров динамического магнитного поля солнца Восемнадцатая ежегодная конференция 06-10.02.2023, «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, с. 50.
81. Белаховский В.Б., Пилипенко В.А., Антонова Е.Е., Шиокава К., Миоши Е. Исследование ускорения электронов до релятивистских энергий во время магнитных бурь и без них по данным спутников ARASE, GOES. Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2022, ИКИ РАН. Тезисы докладов, с. 215.
82. Бородкова Н.Л., Сапунова О.В., Ермолаев Ю.И., Застенкер Г.Н. , Анализ динамики цугов колебаний магнитного поля и потока ионов солнечного ветра перед рампом ударной волны, 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 176, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Устный доклад)
83. Годенко Е.А., Измоденов В.В., “Исследование особенностей распределения межзвездной пыли в гелиосферы: Эйлеров и Лагранжев подходы”, XIII Всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, 21-25 августа 2023 г., СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия.

84. Годенко Е.А., Измоденов В.В., “Моделирование распределения межзвездной пыли в гелиосфере: анализ данных космического аппарата Улисс”, Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2023», 10-21 апреля 2023 г., МГУ, Москва, Россия.
85. Годенко Е.А., Измоденов В.В., “Моделирование распределения межзвездной пыли в контексте миссии космического аппарата Улисс”, КМУ “Фундаментальные и прикладные космические исследования”, 12-14 апреля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.
86. Годенко Е.А., Измоденов В.В., “Определение заряда межзвездной пыли в гелиосфере”, Ломоносовские чтения 2023 (секция механики), 4-10 апреля 2023 г., Институт механики МГУ, Москва, Россия.
87. Годенко Е.А., Измоденов В.В., “Трёхмерная нестационарная модель распределения межзвездной пыли в гелиосфере: сравнение с данными космического аппарата Улисс”, Физика плазмы в Солнечной системе, 6-10 февраля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.
88. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., О необходимых и достаточных условиях солнечных протонных вспышек, устный. XVIII ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, 6-10 февраля 2023 года, <https://plasma2023.cosmos.ru/>
89. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Шаховская А.Н. Возможны ли дополнительные источники протонов в событиях с 4-ого по 10-ое сентября 2017 года?, стендовый. XXVII Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2023», ГАО РАН, 9-13 октября 2023, <http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2023/>
90. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Шаховская А.Н. Развитие эруптивных вспышек на высотах от 0.1 до 0.5 радиусов Солнца, устный. Всероссийская конференция «Магнетизм и активность Солнца – 2023», КрАО РАН, Республика Крым, пгт. Научный, 13-16 июня 2023, <https://sun.crao.ru/conferences/magnetism-and-activity-of-the-sun-2023>
91. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Шаховская А.Н., Условия отсутствия солнечных протонов с энергиями > 10 МэВ в октябре 2014 года, устный. Симпозиум «Физические основы прогнозирования гелиогеофизических процессов и событий» («ПРОГНОЗ-2023»), посвященный 120-летию со дня рождения Николая Васильевича Пушкина, ИЗМИРАН, Москва, Троицк, 29–31 мая 2023 года, <https://forecast2023.izmiran.ru>
92. Дорофеев Д. А., Чернышов А. А., Чугунин Д. В., Могилевский М. М. “Статистические характеристики гектометрового излучения в магнитосфере Земли”, Научная конференция «Проблемы космофизики» имени М.И. Панасюка Дубна, 10–13 июля 2023 г.
93. Дорофеев Д. А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М Основные свойства излучения типа гектометровый континуум в “ближней зоне” Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 6–10 февраля 2023, с. 408
94. Евдокимова М.А., Петрукович А.А., Апатенков С.В АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ТОКОВ ПО ДАННЫМ

- МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ЦЕПОЧКИ МАГНИТОМЕТРОВ Восемнадцатая ежегодная конференция 06-10.02.2023, «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, с. 375.
95. Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Хохлачев А.А., Рязанцева М.О., Ермолаев М.Ю., Бородкова Н.Л., Особенности солнечного ветра в эпоху низкой солнечной активности, 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 160, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Устный доклад)
96. Жукова Е.И., ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСКОРЕНИЯ И ПЕРЕНОСА ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ В НЕЛИНЕЙНЫХ МАГНИТОПЛАЗМЕННЫХ СИСТЕМАХ ИКИ РАН, в сборнике Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе" (6-10 февраля 2023г.), место издания Институт космических исследований РАН Москва, тезисы, с. 204-204, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf
97. Зимовец И.В., Шарькин И.Н., А.Б. Нечаева, Низамов Б.А. Квазипериодическое предвспышечное энерговыделение как результат магнитного пересоединения вследствие относительного движения солнечных пятен // 18 ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, Россия, 6-10 февраля 2023 г. (устный доклад)
98. И.В. Дэспирак, Н.Г. Клейменова, Б.В. Козелов, А.А. Любич. Сияния и магнитные возмущения во время двух весенних магнитных бурь 2023// Конф. «Проблемы космофизики», Дубна, 10-13 июля 2023.
99. Измоленов В.В., Алексашов Д.Б., «Влияние теплопроводности на глобальную структуру и течение солнечного ветра во внешней гелиосфере», Физика плазмы в Солнечной системе, 6-10 февраля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.
100. Измоленов В.В., Алексашов Д.Б., «Кинетико-магнитогидродинамическое моделирование глобальной структуры гелиосферы и астросферы», XIII Всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, 21-25 августа 2023 г., СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия.
101. Кирпичев И.П., Антонова Е.Е. Плато плазменного давления в магнитосфере Земли. Устойчивость и двумерное распределение. Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2022, ИКИ РАН. Тезисы докладов, с. 229.
102. Клейменова Н.Г., Л.И. Громова, С.В. Громов, И.В. Дэспирак, Л.М. Малышева, А.А. Любич. Суббуревая активность в главной фазе магнитной бури 27 февраля 2023// Конф. «Проблемы космофизики», Дубна, 10-13 июля 2023.
103. Клейменова Н.Г., Маннинен Ю., Громова Л.И. Удивительные спектры некоторых высокочастотных ОНЧ //18-я ежегодная конференция «ФИЗИКА ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ», Москва. 6-10 февраля 2023, ИКИ РАН
104. Климов С.И., Грушин В.А., Зелёный Л.М., Новиков Д.И., Осадчая Л.А., Петрукович А.А., Головин Д., Лихтенбергер Я., Сегеди П. РЕГИСТРАЦИЯ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ НА ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ. PLASMA-2023, Восемнадцатая ежегодная конференция 06-10.02.2023, «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, с. 389.

105. Козелов Б.В., Воробьев В.Г., Титова Е.Е., Попова Т.А. Диагностика высокоширотной ионосферы и пространственно-временная динамика авроральных высыпаний // Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2022. С. 368. DOI 10.21046/20DZZconf-2022a
106. Козелов Б.В., Воробьев В.Г., Титова Е.Е., Попова Т.А. Структура авроральных высыпаний по наблюдениям ПГИ, 18-ая конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6-10 февраля 2023., ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов докладов, стр. 381, 2023.
107. Козелов Б.В., Воробьев В.Г., Титова Е.Е., Попова Т.А. Характеристики пространственной структуры авроральных высыпаний по наблюдениям ПГИ. “Physics of Auroral Phenomena”. Proc. 46 Annual Seminar 13 – 17 March 2023, p. 80, 2023
108. Колпак В.И., М.М. Могилевский, Д.В. Чугунин, А.А. Чернышов, И.Л. Моисеенко Условия "захвата" аврорального километрового радиоизлучения (АКР) в каналы плотности плазмы Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 6–10 февраля 2023, с.407
109. Колпак В.И., М.М. Могилевский, Д.В. Чугунин, А.А. Чернышов, И.Л. Моисеенко «Исследование "захвата" аврорального километрового радиоизлучения (АКР) в плазменные каналы с пониженной», 46th Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", 13–17 March 2023, p.81
110. Корольков С.Д., Измоденов В.В., “Влияние числа Кнудсена на астросферы”, Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2023», 10-21 апреля 2023 г., МГУ, Москва, Россия.
111. Корольков С.Д., Измоденов В.В., “Исследование неустойчивости трубчатых астросфер/гелиосферы”, Физика плазмы в Солнечной системе, 6-10 февраля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.
112. Корольков С.Д., Измоденов В.В., “Неустойчивость типа Рэля-Тейлора в гелиосферном/астросферных ударных слоях”, Ломоносовские чтения 2023 (секция механики), 4-10 апреля 2023 г., Механико-математический факультет МГУ, Москва, Россия.
113. Корольков С.Д., Измоденов В.В., “О механизме нагрева солнечного ветра на больших гелиоцентрических расстояниях: новое объяснение старым данным Вояджера-2”, Физика плазмы в Солнечной системе, 6-10 февраля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия (пленарный).
114. Корольков С.Д., Измоденов В.В., “Стабилизация астропаузы/гелиопаузы периодическим звездным ветром”, XIII Всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, 21-25 августа 2023 г., СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия.
115. Котова Г.А., Безруких В.В., Чугунин Д.В., Могилевский М.М., Чернышов А.А. Регулярные неоднородности плотности в пограничном слое плазмосферы Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 6–10 февраля 2023, с. 228
116. Котова Г.А., В.Л. Халипов, А.Е. Степанов, В.В. Безруких, Влияние суббурь на процессы в ионосфере и плазмосфере Земли // В сб. тезисов Симпозиума

- «Физические основы прогнозирования гелиогеофизических процессов и событий» («ПРОГНОЗ-2023»), ИЗМИРАН, 29-31 мая 2023, С. 73.
117. Красовский В.Л. Ядра уравнения Больцмана для модели столкновений упругих сфер в задачах физической кинетики. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», г. Москва, 6 – 10 февраля 2023 г., Сборник тезисов конференции, С. 299.
 118. Кропотина Ю.А., Петрукович А.А., Быков А.М., Чугунова О.М. Ионная вейбелевская неустойчивость вблизи фронта головной ударной волны Земли, XXVII Всероссийская ежегодная конференция «Солнечная и солнечно-земная физика — 2023», 09.10.2023 - 13.10.2023, Главная астрономическая обсерватория РАН, Пулково.
 119. Кузьмин А.К., Мерзлый А.М., Никифоров О.В., Петрукович А.А., Потанин Ю.Н., Садовский А.М., Соколов А.Д., Янаков А.Т. Аннотированный атлас примеров изображений эмиссий в авроральных структурах, зарегистрированных имаджерами и изображающими спектрографами с разных орбит и поверхности земли. часть 1. авроральные структуры, возбужденные природными источниками, включая альфвеновские волны Восемнадцатая ежегодная конференция 06-10.02.2023, «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, с. 380.
 120. Куликов С.В., Глазкин Д.В., Добровольский И.А., Заруцкий А.А., Климов С.И., Коренский М.Ю., Петрукович А.А., Рыбьева Н.Е., Савин С.П., Скальский А.А., Стяжкин В.А. ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЛУННОМ ОРБИТАЛЬНОМ АППАРАТЕ Восемнадцатая ежегодная конференция 06-10.02.2023, «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, с. 184.
 121. Куликов С.В., Скальский А.А. Вариации магнитного поля на поверхности Марса: влияние межпланетной среды и процессов в ионосфере/атмосфере планеты. XX Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», 12–14 апреля 2023 г., ИКИ РАН
 122. Куприянов А.О., А.А. Петрукович, А.М. Мёрзлый, О.В. Никифоров, Я.А. Сахаров, А.А. Чернышов, А.Т. Янаков, Д. Замогильный «Оперативный мониторинг высокоширотной ионосферы с применением мультисистемного спутникового оборудования», 46th Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", 13–17 March 2023, p.81
 123. Куприянов А.О., А.А. Петрукович, А.М. Мёрзлый, О.В. Никифоров, Я.А. Сахаров, А.А. Чернышов, А.Т. Янаков, Д. Замогильный «Оперативный мониторинг высокоширотной ионосферы с применением мультисистемного спутникового оборудования», 46th Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", 13–17 March 2023, p.81
 124. Куприянов А.О., Петрукович А.А., Мёрзлый А.М., Никифоров О.В., Сахаров Я.А., Чернышов А.А., Янаков А.Т., Замогильный Д., «Изучение высокоширотных ионосферных сцинтилляций с применением мультисистемного спутникового оборудования» Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 6–10 февраля 2023, с.274
 125. Л.И. Громова, Н.Г. Клейменова, С.В. Громов, К.Х. Кананиди, В.Г. Петров. Магнитная буря 23-24 марта 2023 г: особенности геомагнитных возмущений во время главной фазы // Конф. «Проблемы космофизики», Дубна, 10-13 июля 2023.

126. Левашов Н.Н., Попов В.Ю., Малова Х.В., Зеленый Л.М., ИССЛЕДОВАНИЕ УСКОРЕНИЯ ЧАСТИЦ НА ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ, в сборнике Научная конференция "Ломоносовские чтения". Секция физики. Апрель 2023 года, издательство Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва), тезисы, с.110, https://www.phys.msu.ru/rus/news/docs/сборник_2023_испр.pdf.
127. Левашов Н.Н., Царева О.О., Попов В.Ю., ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЗ РАДИАЦИИ В АТМОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ ГЕОМАГНИТНОЙ ИНВЕРСИИ, в сборнике Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе" (6-10 февраля 2023г.), место издания Институт космических исследований РАН Москва, тезисы, с. 320-320, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf
128. Лодкина И.Г., Ермолаев Ю.И., Рязанцева М.О., Ермолаев М.Ю., Хохлачев А.А., Крупномасштабные явления в 3м году 25 солнечного цикла, , 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 183, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Стендовый доклад)
129. Лужковский А. А., Шкляр Д. Р. Возбуждение и распространение электромагнитных и квази-электростатических ионно-циклотронных волн в магнитосфере Земли. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ, 6 – 10 февраля 2023 г
130. Лужковский А. А., Шкляр Д. Р., Возбуждение ионно-циклотронных волн в магнитосфере Земли. XX конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования». Москва, ИКИ, 12 – 14 апреля 2023 г
131. Лукин А.С., Guo Z., Lin Yu, Артемьев А.В., Петрукович А.А., Взаимодействие магнитопаузы и разрывов солнечного ветра: магнитное пересоединение, устное выступление, 18-ая ежегодная конференция “Физика плазмы в Солнечной системе”, Москва, Россия, 6-10 февраля 2023, с. 211
132. Мингалев О.В., П.В. Сецко, М.Н. Мельник, И.В. Мингалев, Х.В. Малова, А.М. Мерзлый, Л.М. Зелёный, НАРУШЕНИЕ ЗАМАГНИЧЕННОСТИ ЭЛЕКТРОНОВ В ИОННОМ ТОНКОМ ТОКОВОМ СЛОЕ БЛИЖНЕГО ХВОСТА МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ, Восемнадцатая конференция “Физика плазмы в Солнечной системе”, Москва, 6 - 10 февраля 2023 года, ИКИ РАН, Тезисы конф., с. 452. https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf
133. Москалева А.В., Рязанцева М.О., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Особенности функций распределения флуктуаций углов направления потока для различных типов солнечного ветра , XX конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования", 12-14 апреля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, сборник тезисов докладов, С.153 <https://kmu.cosmos.ru/docs/2023/КМУ2023-AbstractBook-2023-06-16.pdf> (Устный доклад)
134. Москалева А.В., Рязанцева М.О., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Особенности функций распределения флуктуаций углов направления потока для различных типов солнечного ветра, 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов,

- C. 165, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Устный доклад)
135. Найко Д.Ю., Овчинников И.Л., Антонова Е.Е. Пространственное распределение коэффициента турбулентной диффузии в плазменном слое хвоста магнитосферы Земли по данным MMS и его зависимость от межпланетного магнитного поля, Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2022, ИКИ РАН. Тезисы докладов, с. 209
136. Нечаева А.Б., Зимовец И.В., Шарыкин И. Н. ЭВОЛЮЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ СОЛНЦА ОТ НАЧАЛА ИХ ЗАРОЖДЕНИЯ: ДО И ВО ВРЕМЯ МОЩНЫХ ВСПЫШЕК // Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе" ИКИ РАН, Москва, 6—10 февраля 2023 г.
137. Нечаева А.Б., Зимовец И.В., Шарыкин И.Н. ОБ ЭВОЛЮЦИИ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И ИХ СВЯЗИ С СОЛНЕЧНЫМИ ВСПЫШКАМИ: ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ ДО УХОДА ЗА ЛИМБ // «МАГНЕТИЗМ И АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА-2023» КраО РАН, Крым, 13 - 16 июня 2023 г.
138. Нечаева А.Б., Зимовец И.В., Шарыкин И.Н. ЭВОЛЮЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ СОЛНЦА ОТ НАЧАЛА ИХ ЗАРОЖДЕНИЯ, ДО И ВО ВРЕМЯ МОЩНЫХ ВСПЫШЕК // XX КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ "Фундаментальные и прикладные космические исследования" ИКИ РАН, Москва, 12–14 апреля 2023 г.
139. Овчинников И.Л., Найко Д.Ю., Антонова Е.Е. Спектры флуктуаций электрического и магнитного полей в плазменном слое хвоста магнитосферы Земли по данным MMS, Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 6-10 февраля 2022, ИКИ РАН. Тезисы докладов, с. 230.
140. Ожередов В.А., Бреус Т.К. ПОИСК ГЕОМАГНИТНО ОБУСЛОВЛЕННЫХ РИТМОВ НА ЭКСТРЕМАЛЬНО ДЛИННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ПСИХОДИНАМИКИ ИНТЕРНЕТ-ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ. Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 06-10 февраля 2023 г. ИКИ РАН.
141. Ожередов В.А., Струминский А.Б., Алгоритмическое определение значимых признаков вспышки как источника солнечных протонов устный. XXVII Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2023», ГАО РАН, 9-13 октября 2023, <http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2023/>
142. Ожередов В.А., Струминский А.Б., Оценки времени старта и пост-эруптивного ускорения KBM 17, 24, 25 И 28 февраля 2023. стендовый. XXVII Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2023», ГАО РАН, 9-13 октября 2023, <http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2023/>
143. Ожередов В.А., Струминский А.Б., Построение и валидация аналитической модели траектории KBM по данным LASCO, устный, XVIII ежегодная

- конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, 6-10 февраля 2023 года, <https://plasma2023.cosmos.ru/>
144. Перфильева Н.А., Корольков С.Д., Измоденов В.В., “Исследование развития волновых возмущений в области гелиосферного ударного слоя на примере модельной задачи”, Физика плазмы в Солнечной системе, 6-10 февраля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.
 145. Петрукович А.А. Космическая наука на околоземной орбите II Отраслевая научно-практическая конференция «Созвездие Роскосмоса: траектория науки». 04-06 октября 2023 года на базе СибГУ им. М.Ф. Решетнёва (г. Красноярск)
 146. Петрукович А.А., Л.М. Зеленый, А.М. Садовский Космическая наука на околоземной орбите в интересах РОС, XV Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос» 15-17 ноября 2023 г.
 147. Петрукович А.А., М.О. Рязанцева, С.А. Богачев, И.В. Зимовец Вызовы и перспективы гелиофизического прогноза Пятый Евразийский аэрокосмический конгресс, Москва, 24 июля 2023 г
 148. Петрукович А.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Андреевский С.Е., Могилевский М.М., Синевич А.А., Падохин А.М., Белоконов И.В. «Использование сверхмалых космических аппаратов для низкоорбитальной радиотомографии ионосферы», Пятый Российский симпозиум по наноспутникам с международным участием RusNanoSat-2023, Самара, 6-8 сентября 2023
 149. Р.А. Ковражкин, А.Л. Глазунов, Г.А. Владимирова, Формирование полярной границы авроральной магнитосферы при различных состояниях плазменного слоя, Сборник тезисов 18-ой конференции «Физика плазмы в Солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, 48 (2023).
 150. Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Застенкер Г.Н., Ермолаев Ю.И., Многоточечный анализ развития турбулентности при входе плазмы в магнитослой, 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 162, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Устный доклад)
 151. Садовский А.М., Струминский А.Б. Взаимосвязь солнечных вспышек и корональных выбросов массы (КВМ) и их влияние на Землю, устный. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в арктической зоне Российской Федерации. Материалы научно-практической конференции. Мурманск, 04-07 апреля 2023.
 152. Сапунова О.В., Бородкова Н.Л., Ермолаев Ю.И., Застенкер Г.Н., Анализ спектров флуктуаций величины потока плазмы, и концентрации протонов, и альфа-частиц вблизи межпланетной и околоземной ударных волн солнечного ветра, 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 163, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Устный доклад)
 153. Синевич А.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М. «Внутренняя структура поляризационного джета: Стратифицированный поляризационный джет» Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 6–10 февраля 2023, с 302

154. Синевич А.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М. «Стратифицированный поляризованный джет», XX Конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования» ИКИ РАН, Москва, 12–14 апреля 2023 г.
155. Смирнова Н.Ф., Станев Г. Характерные особенности плотности электронов в авроральной зоне магнитосферы на высотах 2-3 RE по измерениям потенциала спутника ИНТЕРБОЛ-2// в сб. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6-10 февраля 2023 г., М., ИКИ РАН. с.210.
156. Струминский А.Б., Григорьева И.Ю., Логачев Ю.И., Садовский А.М., Темп ускорения электронов в солнечных вспышках и регистрация протонов с энергией >100 МэВ вблизи Земли, устный. XVIII ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, 6-10 февраля 2023 года, <https://plasma2023.cosmos.ru/>
157. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Темп ускорения протонов во вспышках M4.0 16 июля и M5.7 17 июля 2023 года, устный. XXVII Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2023», ГАО РАН, 9-13 октября 2023, <http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2023/>
158. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю., Вспышки 17, 24, 25 и 28 февраля 2023 года как возможные источники солнечных протонов, устный. Первая Научная конференция "Проблемы космофизики" имени М.И. Панасюка, НИИЯФ МГУ, Дубна, учебный корпус МГУ, 10-13 июля 2023 года, <http://cosmophysics2023.sinp.msu.ru/>
159. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю., Предсказание протонных событий по солнечным наблюдениям в реальном времени, устный. Симпозиум «Физические основы прогнозирования гелиогеофизических процессов и событий» («ПРОГНОЗ-2023»), посвященный 120-летию со дня рождения Николая Васильевича Пушкина, ИЗМИРАН, Москва, Троицк, 29–31 мая 2023 года, <https://forecast2023.izmiran.ru>
160. Тревес Т.В., Рязанцева М.О., Хабарова О.В., Рахманова Л.С. Влияние количества токовых слоёв в солнечном ветре на особенности спектра флуктуаций модуля межпланетного магнитного поля, 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 185, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Стендовый доклад)
161. Хабарова О.В., Buchner J., Jain N., Тревес Т.М., Малова Х.В., Кислов Р.А., ЭЛЕКТРОННЫЕ ТОКОВЫЕ СЛОИ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ, Восемнадцатая конференция “Физика плазмы в Солнечной системе”, Москва, 6 - 10 февраля 2023 года, ИКИ РАН, Тезисы конф., с. 456. https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf
162. Халипов В., Котова Г., Степанов А., Леонович А. Исследования субавроральной ионосферы и магнитосферы с помощью геофизических спутников и методом коротковолновой радиолокации // в сб. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6-10 февраля 2023 г., М., ИКИ РАН. С.233.

163. Хохлачев А. А., Рахманова Л. С., Рязанцева М. О., Ермолаев Ю. И., Застенкер Г. Н.: Развитие турбулентности за околосолнечной ударной волной в периоды геоэффективных событий в солнечном ветре, Солнечная и Солнечно-Земная Физика 2023, 09-13 октября 2023г., Санкт-Петербург, Россия, Сборник тезисов, с. 131., <http://www.gaoran.ru/russian/solphys/2023/gao2023.pdf> (Устный доклад).
164. Хохлачев А.А., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Рязанцева М.О., Рахманова Л.С., Содержание гелия в ICME в 21-24 солнечных циклах, 18ая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 6 - 10 февраля 2023 г. ИКИ РАН, Москва, Сборник тезисов, С. 164, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf (Устный доклад)
165. Хохлачев А.А., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Рязанцева М.О., Рахманова Л.С., Поведение относительного содержания гелия в МКВМ при изменении солнечной активности, XX конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования", 12-14 апреля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, сборник тезисов докладов, С.158, <https://kmu.cosmos.ru/docs/2023/KMU2023-AbstractBook-2023-06-16.pdf> (Устный доклад)
166. Царева О.О. (ИКИ РАН), асп. Левашов Н.Н., профессор Попов В.Ю. Моделирование радиационного фона в атмосфере в момент геомагнитной инверсии. сборнике Научная конференция "Ломоносовские чтения". Секция физики. Апрель 2023 года, издательство Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва), тезисы, с.148-149, https://www.phys.msu.ru/rus/news/docs/сборник_2023_испр.pdf.
167. Царева О.О., Леоненко М.В., Григоренко Е.Е., Малова Х.В., Попов В.Ю., Зеленый Л.М., РАВНОВЕСНАЯ СТРУКТУРА СВЕРХТОНИКОВЫХ ТОКОВЫХ СЛОЕВ: ВЛИЯНИЕ КВАЗИАДИАБАТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ, Восемнадцатая конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", Москва, 6 - 10 февраля 2023 года, ИКИ РАН, Тезисы конф., с. 453. https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf
168. Чернышов А.А., Козелов Б.В., Могилевский М.М. "Q-статистика и авроральные сияния", Научная конференция «Проблемы космофизики» имени М.И. Панасюка Дубна, 10–13 июля 2023 г. ИЗМИРАН, г.Троицк, 29–31 мая 2023 г.
169. Чернышов А.А., Козелов Б.В., Могилевский М.М. Применение q-статистики к пульсирующим полярным сияниям, Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 6–10 февраля 2023, с.279
170. Чернышов А.А., Котова Д.С., Синевич А.А., Чугунин Д.В., Милох В.Я. «Сцинтилляции, вызванные поляризационным джетом и плазменными неоднородностями в авроральной и субавроральной области ионосферы», Симпозиум «Физические основы прогнозирования гелиогеофизических процессов и событий» («ПРОГНОЗ-2023»), ИЗМИРАН, Москва, Троицк, 29–31 мая 2023г.
171. Шарыкин И. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ ФОТОСФЕРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ФОТОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ГЕЛИОСЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКЕ М3.5 КЛАССА, ПРОИЗОШЕДШЕЙ 22 АВГУСТА 2015 Г. // Восемнадцатая ежегодная

- конференция "Физика плазмы в солнечной системе" ИКИ РАН, Москва, 6—10 февраля 2023 г.
172. Шарыкин И. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗАМКНУТОЙ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКИ X1.8 КЛАССА, ПРОИЗОШЕДШЕЙ 23 ОКТЯБРЯ 2012 г. // Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе"
173. Шарыкин И. Н. СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕЛИОСЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК // Восемнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе" ИКИ РАН, Москва, 6—10 февраля 2023 г.
174. Шарыкин И.Н. Прогноз эруптивных солнечных вспышек по наблюдению предвестников // Симпозиум «Физические основы прогнозирования гелиогеофизических процессов и событий» («ПРОГНОЗ-2023»), ИКИ РАН, Москва, 6—10 февраля 2023 г.
175. Шевелёв М.М., Артемьев А.В., О вкладе нелинейных резонансных эффектов в динамику внешнего радиационного пояса, Восемнадцатая ежегодная конференция 06-10.02.2023, «Физика плазмы в солнечной системе», ИКИ РАН, с. 442, https://plasma2023.cosmos.ru/docs/2023/plasma2023_abstracts.pdf
176. Шестаков А.Ю., Шувалов С.Д. Ускорение планетарных ионов в аномалии горячего потока у Марса, XX Конференция Молодых Учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования»
177. Шкляр Д.Р., Титова Е.Е., Любчик А.А. ОНЧ излучения вне плазмопаузы с частотами выше и ниже половины гирочастоты. Восемнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ, 6 – 10 февраля 2023 г.

Список публикаций по теме ПЛАЗМА

1. Abushzada, I., Yushkov, E., Frick, P., & Sokoloff, D. (2023). Small-scale Kazantsev-Kraichnan dynamo in a MHD shell approach. *Physica Scripta*, 98(11), 115966. DOI 10.1088/1402-4896/ad0081 (БАЗИС, Грант Академии наук АААА-А19-119012290101-5.) [IF 2.9 Q2]
2. Allahverdiyev R.R., Yushkov E.V., Sokoloff D.D. (2023) Derivation of the Basic Magnetohydrodynamic Dynamo Equations Obtained by Averaging the Vector Potential in a Time Short-Correlated Turbulence, *Geomagnetism and Aeronomy*, 63(7), doi 10.1134/S0016793223070034 (БАЗИС) [IF 0.6 Q4]
3. An Xin, Anton Artemyev, Vassilis Angelopoulos, Andrei Runov, and Sergey Kamaletdinov (2023) Kinetic Equilibrium of Two-dimensional Force-free Current Sheets. *The Astrophysical Journal*, Volume 952, 1, 36, doi:10.3847/1538-4357/acdc1c [IF 5.874 Q1]
4. Antonova E.E., M.V. Stepanova, I.P. Kirpichev, Main features of magnetospheric dynamics in the conditions of pressure balance, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 242 (2023) 105994, p. 1-7. doi:10.1016/j.jastp.2022.105994 [IF 1.9 Q3]
5. Aravindakshan H., Vasko I. Y., A. Kakad, B. Kakad, and R. Wang (2023), Theory of ion holes in plasmas with flat-topped electron distributions, *Physics of Plasmas*, V. 30, doi: 10.1063/5.0086613 [IF 2.2 Q3]
6. Blöcker, A., Kronberg, E. A., Grigorenko, E. E., Roussos, E., & Clark, G. (2023). Dipolarization fronts in the Jovian magnetotail: Statistical survey of ion intensity variations using Juno observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031312. doi: 10.1029/2023JA031312 (Volkswagen Foundation Grant Az 97742) [IF 2.9 Q2]
7. Bouzekova-Penkova Anna, Stanislav Klimov, Valery Grushin, Olga Lapshinova, Denis Novikov, Dimitar Teodosiev. Space experiment "obstanovka (1-step)", block dp – pm on the russian segment of the international space station Bulgarian Academy of Sciences. *Space Research and Technology Institute. Aerospace Research in Bulgaria*, 35, p. 156-164, 2023, Sofia DOI:10.3897/arb.v35.e15 [NQ]
8. Caspi A., Seaton D., Casini R., Downs C., Gibson S., ..., Struminsky A., ..., Zimovets I. (89 authors) COMPLETE: a flagship mission for complete understanding of 3D coronal magnetic energy release // *Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 048*; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 55, No. 3, e-id. 048 (2023) doi:10.3847/25c2cfef.b95dd671 [NQ]
9. Caspi A., Seaton D., Casini R., Downs C., Gibson S., ..., Struminsky A., ..., Zimovets I. (89 authors) Magnetic Energy Powers the Corona: How We Can Understand its 3D Storage & Release // *Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 049*; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 55, No. 3, e-id. 049 (2023) doi:10.3847/25c2cfef.1dbfea1f [NQ]
10. Cucho-Padin G., Godinez H., Waldrop L., Baliukin I. I., Bhattacharyya D., Sibeck D., Henderson M., «A New Approach for 4-D Exospheric Tomography Based on Optimal Interpolation and Gaussian Markov Random Fields» (2023) // *Geoscience and Remote Sensing Letters*, 20, 1-5, Art no. 1000505, DOI: 10.1109/LGRS.2023.3237793 [IF 3.966 Q1]
11. Dobрева Polyа, Olga Nitcheva, Georgy Zastenker, Natalia Borodkova, Monio Kartalev. Ion flux in the magnetosheath: results from gas-dynamic modelling and INTERBALL-1

- measurements. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, Sofia, vol. 53 Issue 4 pp. 424-435 (2023) doi:10.55787/jtams.23.53.4.424 [IF 0.4 Q4]
12. Fedorov E.N., Mazur N.G., Pilipenko V.A. (2023) Electromagnetic field in the upper ionosphere from horizontal ELF ground-based transmitter with a finite length, *Radiophysics and Quantum Electronics*, 65, N9, 697-712, doi: 10.1007/s11141-023-10245-z [IF 0.8 Q4]
 13. Grigorenko E.E., A.Yu. Malykhin, E.A. Kronberg, E. Panov, Quasi-parallel Whistler Waves and Their Interaction with Resonant Electrons during High-velocity Bulk Flows in the Earth's Magnetotail, *The Astrophysical Journal*, 943:169, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/acaf52>, 2023 (Volkswagen Foundation (grant # 97742) [IF 4.9 Q1]
 14. Inglis A., Hayes L., Guidoni S., McLaughlin J., Nakariakov V., Van Doorselaere T., Zurbriggen E., Cecere M., Dominique M., Reep J., Zimovets I., Kupriyanova E., Kolotkov D., Li B., Battaglia M., Moore C., Collier H., Suarez C., Mehta T., Knuth T., Chen T. Quasi-periodic pulsations in solar flares: a key diagnostic of energy release on the Sun // Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 181; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 55, No. 3, e-id. 181 (2023) doi:10.3847/25c2cfcb.55d6b861 [NQ]
 15. Kepko, Larry ; Vourlidas, Angelos ; Blum, Lauren ; Baker, Daniel N.; ... Petrukovich, Anatoli A. ... (45 authors) On the need for International Solar Terrestrial Program Next (ISTPNext). Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033 white paper e-id. 202; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 55, No. 3, e-id. 202 (2023) doi: 10.3847/25c2cfcb.d1ebc3b9 [NQ]
 16. Kirpichev I. P., Antonova E. E., Stepanova M. V. (2023). On the relationship between regions of large-scale field-aligned currents and regions of plateau in plasma pressure observed in the equatorial plane of the Earth's magnetosphere. *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL105190. Doi: 10.1029/2023GL105190 [IF 5.2 Q1]
 17. Kislov, R. A., Malova, H. V., Khabarova, O. V., Zelenyi, L. M., and Antsiferova, U. P., "Impact of Heavy Ions on the Structure of Current Sheets in the Gravity Field of Exoplanets and Stars", *The Astrophysical Journal*, vol. 947, no. 2, 2023. doi:10.3847/1538-4357/acbccd [IF 5.84 Q1]
 18. Kuznetsov I. A., Zakharov A. V., Zelenyi L. M., Popel S. I., Morozova T. I., Shashkova I. A., Dolnikov G. G., Lyash A. N., Dubov A. E., Viktorov M. E., Topchieva A. P., Klumov B. A., Usachev A. D., Lisin E. A., Vasiliev M. M., Petrov O. F., Poroikov A. Yu. Erratum to: Dust Particles in Space: Opportunities for Experimental Research // *Astronomy Reports*. 2023. V. 67. No. 5. P. 536. Doi: 10.1134/S1063772923330016 [IF 1.0 Q4]
 19. Leonenko M., E. Grigorenko, L. Zelenyi, Strong nonideal electric fields and energy dissipation observed by MMS within field-aligned current layers in the Plasma Sheet of the Earth's magnetotail, *Atmosphere*, 14,722, doi: 10.3390/atmos14040722, 2023 [IF 2.9 Q3]
 20. Lu San, Quanming Lu, Rongsheng Wang, Xinmin Li, Xinliang Gao, Kai Huang, Haomin Sun, Yan Yang, Anton V. Artemyev, Xin An, and Yingdong Jia (2023) Kinetic Scale Magnetic Reconnection with a Turbulent Forcing: Particle-in-cell Simulations, *ApJ*, 943(2), doi:10.3847/1538-4357/acaf7a [IF 5.874 Q1]
 21. Maetschke K. N., E.A. Kronberg, N. Partamies, E.E. Grigorenko, A Possible Mechanism for the Formation of an Eastward moving Auroral Spiral, *Front. Astron. Space Sci.* 10:1240081. doi: 10.3389/fspas.2023.1240081, 2023 [IF 3 Q2]

22. Mayyasi M., Quémerais E., Koutroumpa D., Baliukin I. I., Titova A. V., Izmodenov V. V., Clarke J., Deighan J., Schneider N., Curry S. «Interplanetary Hydrogen Properties Observed from Mars» (2023) // *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128 (6), doi: 10.1029/2023JA031447 [IF 2.9 Q2]
23. Onishchenko O.G., Artekha S.N., Artekha N.S. A model of generation of a jet in stratified nonequilibrium plasma // *Indian Journal of Physics*. 2023. doi: 10.1007/s12648-023-03005-2 [IF 2.611 Q3]
24. Ozheredov V.A., Struminsky A.B., Grigoryeva I.Yu. A Statistic Model of CME Acceleration // *Geomagnetism and Aeronomy*. — 2023. — V. 63. — № 8. — P. 87 — 99. DOI: 10.1134/S0016793223080170 [IF 0.6 Q4]
25. Anatoli Petrukovich, Lev Zelenyi, Igor Mitrofanov, Oleg Korablev, Vladislav Tretyakov, Dmitry Zarubin, Dmitry Gorinov, Cooperation Perspectives in Space Science: Moon, Venus and Beyond, 2023, AEROSPACE CHINA VOL.24 No.1, 15-19 DOI:10.3969/j.issn.1671-0940.2023.01.003 [NQ]
26. Popel S. I., Golub' A. P., Zelenyi L. M. Dusty plasmas above the sunlit surface of Mercury // *Physics of Plasmas*. 2023. V. 30. No. 4. P. 043701, 9 pages doi: 10.1063/5.0142936(БАЗИС) [IF 2.2 Q3]
27. Rakhmanova L, Riazantseva M, Zastenker G and Yermolaev Y (2023) Role of the variable solar wind in the dynamics of small-scale magnetosheath structures. *Front. Astron. Space Sci.* 10:1121230. doi: 10.3389/fspas.2023.1121230 [Q2, IF 3.0]
28. Ruderman M. S., Petrukhin N. S., Pelinovsky E., Kataeva L. Y., «Quasi-parallel propagating solitons in magnetised relativistic electron-positron plasmas» (2023) // *Journal of Plasma Physics*, Volume 89, Issue 2, article id.905890202, doi: 10.1017/S0022377823000156 (PHФ 19-12-00253 не ИКИ) [IF 2.691 Q1]
29. Shaikh Z. I., Raghav A. N., and Vasko I. Y. (2023), Proton Temperature Anisotropy within the Interplanetary Coronal Mass Ejections Sheath at 1 au, *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 955, no. 1, doi:10.3847/2041-8213/acf575 [IF 7.9 Q1]
30. Shen, Y., Artemyev, A. V., Runov, A., Angelopoulos, V., Liu, J., Zhang, X.-J., et al. (2023). Energetic electron flux dropouts measured by ELFIN in the ionospheric projection of the plasma sheet. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031631, doi:10.1029/2023JA031631[IF 2.821 Q2]
31. Shen, Y., Artemyev, A. V., Zhang, X.-J., Zou, Y., Angelopoulos, V., Vasko, I., et al. (2023). Contribution of kinetic Alfvén waves to energetic electron precipitation from the plasma sheet during a substorm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031350. doi:10.1029/2023JA031350 [IF 2.821 Q2]
32. Shi Xiaofei, Anton Artemyev, Vassilis Angelopoulos, Terry Liu, and Xiao-Jia Zhang (2023) Evidence of Electron Acceleration via Nonlinear Resonant Interactions with Whistler-mode Waves at Foreshock Transients. *The Astrophysical Journal*, 952, 1, 38 doi:10.3847/1538-4357/acd9ab [IF 5.874 Q1]
33. Shi Xiaofei, Terry Liu, Anton Artemyev, Vassilis Angelopoulos, Xiao-Jia Zhang, and Drew L. Turner (2023) Intense Whistler-mode Waves at Foreshock Transients: Characteristics and Regimes of Wave–Particle Resonant Interaction, *The Astrophysical Journal*, 944:193 (10pp), doi:10.3847/1538-4357/acb543 [IF 5.874 Q1]
34. Sinevich A.A., Chernyshov A.A., Chugunin D.V., Clausen L.B.N., Miloch W.J., Mogilevsky M.M // Stratified Subauroral Ion Drift (SSAID). *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2023, 128, e2022JA031109. doi: 10.1029/2022JA031109 (БАЗИС) [IF 2.9 Q2]

35. Tsai, E., Artemyev, A., Angelopoulos, V., & Zhang, X.-J. (2023). Investigating whistler-mode wave intensity along field lines using electron precipitation measurements. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031578. doi:10.1029/2023JA031578 [IF 2.821 Q2]
36. Tsareva O.O., Leonenko M. V., Grigorenko E. E., Malova H. V., Popov V. Yu., Zelenyi L. M. (2023). Nonlinear equilibrium structure of super thin current sheets: Influence of quasi-adiabatic electron population. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2023JA031459, pp. 1-14. doi.org/10.1029/2023JA031459 [IF 2,97 Q2]
37. Yang, F., Zhou, X.-Z., Zhuang, Y., Yue, C., Zong, Q.-G., Liu, Z.-Y., & Artemyev, A. V. (2023). Magnetic perturbations in electron phase-space holes: Contribution of electron polarization drift. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 128, e2022JA031172. doi:10.1029/2022JA031172 [IF 2.821 Q2]
38. Yermolaev, Y.I.; Slemzin, V.A.; Bothmer, V. Editorial to the Special Issue “Solar Wind Structures and Phenomena: Origins, Properties, Geoeffectiveness, and Prediction”. *Universe* 2023, 9, 53. <https://doi.org/10.3390/universe9010053> [IF 2.9 Q2]
39. Воробьев В.Г., Ягодкина О.И., Антонова Е.Е., Кирпичев И.П., Широкая структура высыпаний в области дневного полярного каспа. *Геомагнетизм и аэрономия*, том 63, № 6, с. 736–7506 2023. doi:10.31857/S0016794023600448 (РНФ 22-12-20017 не ИКИ) [Q4, IF 0.844]
40. Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Логачев Ю.И., Садовский А.М. Корональное распространение солнечных протонов во время и после их стохастического ускорения // *Космические исследования*. — 2023. — Т. 61.— № 3. —С. 230 — 241. doi: 10.31857/S0023420622600246 [IF 0.6 Q4]
41. Домрин В.И., Х. В. Малова, В. Ю. Попов, Е. Е. Григоренко, Л. М. Зеленый, Влияние ионов кислорода на формирование тонкого токового слоя геомагнитного хвоста // *Космические исследования*, 2023, том 61, № 3, с. 1–15, DOI: 10.31857/S0023420622600271 [IF 0.656 Q4]
42. Дорофеев Д.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М. Основные статистические свойства излучения типа гектометровый континуум в околоземном пространстве // *Солнечно-земная физика*. 2023. Т. 9, № 4. С. 71-79. doi: 10.12737/szf-94202308 (БАЗИС) [NQ]
43. Думин Ю.В., Лукашенко А.Т., Свирская Л. М. О возможной интерпретации антикорреляции между температурой протонов и плотностью солнечного ветра // *Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия*. 2023. Т. 78. № 3. С. 2330803, 8 стр. doi: 10.55959/MSU0579-9392.78.2330803 [IF 0.3 Q4]
44. Зеленый Л. М., Попель С. И. 9-я Международная конференция по физике пылевой плазмы // *Физика плазмы*. 2023. Т. 49. № 1. С. 3-6. doi: 10.31857/S036729212260145X [IF 1.1 Q4]
45. Зенченко Т.А., Бреус Т.К. Возможные причины нестабильности воспроизведения гелиобиологических результатов // *Физика биологии и медицины*, № 1, с. 4-25., 2023. DOI: 10.7256/2730-0560.2023.1.39903 [NQ]
46. Извекова Ю. Н., Попель С.И., Голубь А. П. Волновые процессы в пылевой плазме у поверхности Меркурия // *Физика плазмы*. 2023. Т. 49. № 7. С. 695-702. doi: 10.31857/S0367292123600346 [IF 1.1 Q4]
47. Извекова Ю. Н., Попель С.И., Голубь А. П. Нелинейные пылевые звуковые волны в экзосфере Меркурия // *Физика плазмы*. 2023. Т. 49. № 10. С. 1010-1015. doi: 10.31857/S0367292123600814 [IF 1.1 Q4]

48. Кирпичев И.П., Антонова Е.Е. Плато плазменного давления в ночном секторе магнитосферы Земли и его устойчивость, Геомagnetизм и аэрономия. Т. 63. № 1. С. 1-12. 2023. doi:10.31857/S001679402260034X [IF 0.6 Q4]
49. Копнин С.И., Шохрин Д.В., Попель С.И. Двумерное описание нелинейных волновых возмущений в запыленной магнитосфере Сатурна // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 6. С. 582-589. doi: 10.31857/S0367292123600279 (БАЗИС + Плазма) [IF 1.1 Q4]
50. Котова Г.А., В.В. Безруких, Д.В. Чугунин, М.М. Могилевский, А.А. Чернышов, Регулярные неоднородности плотности в пограничном слое плазмосферы // Геомagnetизм и аэрономия, 2023, том 63, № 6, с. 715-723. doi: 10.31857/S0016794023700013 [IF 06. Q4]
51. Левашов Н.Н., В.Ю. Попов, Н.М. Малова, Л.М. Зеленый, Моделирование мультифрактального турбулентного электромагнитного поля в космической плазме // Космические Исследования, 2023, том 61, № 2, с. 116- 123, doi:10.31857/S0023420622100089 [IF 0.656 Q4]
52. Морозова Т. И., Попель С. И. Проявления модуляционной неустойчивости в ионосфере Земли, включая хвосты метеороидов // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 42-47. doi: 10.31857/S0367292122601199 (БАЗИС) [IF 1.1 Q4]
53. Попель С. И. Проявления аномальной диссипации в плазменно-пылевых системах // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 48-56. doi: 10.31857/S0367292122600856 [IF 1.1 Q4]
54. Попель С. И., Захаров А. В., Зеленый Л. М. Пылевая плазма в окрестностях Луны: современные исследования и новые перспективы // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 12-24. doi: 10.31857/S0367292122600935 [IF 1.1 Q4]
55. Попель С. И., Зеленый Л. М., Захаров А. В. Пылевая плазма в Солнечной системе: безатмосферные космические тела // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 8. С. 813-820. doi: 10.31857/S0367292123600437 [IF 1.1 Q4]
56. Резниченко Ю. С., Дубинский А. Ю., Попель С. И. К вопросу о формировании облаков в запыленной ионосфере Марса // Письма в ЖЭТФ. 2023. Т. 117. № 6. С. 420-427. doi: 10.31857/S1234567823060058 [IF 1.3 Q3]
57. Резниченко Ю. С., Дубинский А. Ю., Попель С. И. Плазменно-пылевая система в марсианской ионосфере // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 1. С. 57-66. doi: 10.31857/S0367292122600960 (БАЗИС) [IF 1.1 Q4]
58. Смирнова Н.Ф., Станев Г. Оценка плотности электронов в ближней 3-4 RE магнитосфере на основе измерения потенциала спутника ИНТЕРБОЛ-2 // Космич. исслед. 2023. Т. 61. № 3. С. 202-214. doi: 10.31857/S0023420622700066 [IF 0.6 Q4]
59. Струминский А.Б., Григорьева И.Ю., Логачев Ю.И., Садовский А.М. Солнечные релятивистские электроны и протоны 28 октября 2021 года (GLE73) // Бюллетень Изв. РАН. Сер. Физ. — 2023. — Т.87— № 7. —С.1028 — 1032. doi: 10.31857/S0367676523701818 [NQ]
60. Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю. Расширение источника мягкого рентгеновского излучения и «магнитная детонация» в солнечных вспышках // ПАЖ. — 2023. — Т. 49. — №11. — С. 806–818. DOI: 10.31857/S0320010823110086 [NQ]

61. Федотова М. А., Д. А. Климачков, А. С. Петросян, Волновые процессы в плазменной астрофизике, Физика Плазмы, 2023, том 49, № 3, с. 209-259 doi: 10.31857/S0367292122601229 (БАЗИС) [IF 1.1 Q4]