



Плазменные процессы
в Солнечной системе

Научная программа VI.15 Отделения физических наук РАН

**ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

К О Н Ф Е Р Е Н Ц И Я

**«ФИЗИКА ПЛАЗМЫ
В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ»**

8-12 ФЕВРАЛЯ 2010 г., ИКИ РАН

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

г. Москва

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Секция «Солнце», устные доклады.....</i>	<i>3</i>
<i>Секция «Солнце», стендовые доклады.....</i>	<i>17</i>
<i>Секция «Ионосфера», устные доклады.....</i>	<i>32</i>
<i>Секция «Ионосфера», стендовые доклады.....</i>	<i>37</i>
<i>Секция «Границы Магнитосферы», устные доклады.....</i>	<i>40</i>
<i>Секция «Границы Магнитосферы», стендовые доклады.....</i>	<i>42</i>
<i>Секция «Солнечный Ветер, Гелиосфера и Солнечно-Земные Связи», устные доклады.....</i>	<i>43</i>
<i>Секция «Солнечный Ветер, Гелиосфера и Солнечно-Земные Связи», стендовые доклады.....</i>	<i>56</i>
<i>Секция «Турбулентность и Хаос», устные доклады.....</i>	<i>61</i>
<i>Секция «Турбулентность и Хаос», стендовые доклады.....</i>	<i>66</i>
<i>Секция «Магнитосфера», устные доклады.....</i>	<i>68</i>
<i>Секция «Магнитосфера», стендовые доклады.....</i>	<i>79</i>
<i>Секция «Теория Физики Плазмы», устные доклады.....</i>	<i>87</i>
<i>Секция «Теория Физики Плазмы», стендовые доклады.....</i>	<i>98</i>
<i>Секция «Токовые Слои», устные доклады.....</i>	<i>101</i>
<i>Секция «Токовые Слои», стендовые доклады.....</i>	<i>105</i>

СЕКЦИЯ «СОЛНЦЕ» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

КРУПНОМАСШТАБНОЕ ПОЛЕ СОЛНЦА И АКТИВНЫЕ ДОЛГОТЫ

Обридко В.Н., Иванов Е.В., Чертопруд В.Е.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН, obridko@izmiran.ru*

Рассмотрен вопрос о существовании на Солнце «активных долгот» и их связи с крупномасштабным полем Солнца и фоновыми полями. С этой целью изучены наблюдения площадей активных областей пятен по Гринвичским наблюдениям с 1874 года, крупномасштабных магнитных полей с 1976 года и фоновых полей с 1996 года. Показано существование активных долгот, вращающихся с кэррингтоновским периодом и существующих 15-20 оборотов. При этом активные долготы для групп с большими площадями выражены гораздо более четко. На это накладывается более сложная система долгот, вращающихся с другими скоростями. Показано, что глобальный солнечный диполь вращается со скоростью несколько более быстрой, чем кэррингтоновская система (средний оборот за 27.1621 дня, то есть на 0.1132 дня меньше, чем кэррингтоновский период) При этом с периодом 1.3-1.4 года происходят кратковременные ускорения на 5-10%, особенно заметные на фазах роста и спада. Фоновое поле изучено по магнитограммам SOHO/MDI, анализируется долготное распределение квадрата магнитного поля Солнца $\langle B^2 \rangle$. Показано, что фоновое магнитное поле меняется с долготой. Долготные изменения слабого и сильного магнитного поля коррелируют, при этом “долготная картинка” не сохраняется во времени. С целью уточнения вопроса об активных долготах предложено ввести гелиомагнитную систему координат, в которой за нуль-пункт шкалы принимается не условная точка, введенная Кэррингтоном, а положение оси эффективного солнечного диполя. Как и следовало ожидать в минимуме цикла, когда ось диполя совпадает с осью вращения Солнца и понятие гелиомагнитной долготы становится неопределенным, новая система не приводит к существенно новым результатам. Но в максимуме цикла эффект значительный – концентрация к определенной гелиомагнитной долготе на северных широтах в 3-4 раза выше, чем для Кэррингтоновских долгот. Определенные для разных диапазонов широт и интервалов времени относительные долготные вариации $\sum B^2$ имеют сходные амплитуды, но отличаются либо структурой, либо фазой экстремумов. Мы предполагаем проверить это по более обширному материалу Гринвичских данных.

СОЛНЦЕ И МЕЖПЛАНЕТНОЕ ПРОСТРАНСТВО В ФАЗЕ МИНИМУМА 23 — 24 ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ.

В.Н. Ишков

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН, ishkov@izmiran.ru*

Фаза минимума циклов 23 - 24, начавшаяся в мае 2005 г., длится уже 4.7 года. С января 2009 г. начался 24 цикл СА, и его развитие идёт нормальным темпом, без сюрпризов. Затяжной минимум поставил в повестку дня вопросы исследования характеристик солнечных активных явлений и их отражения в межпланетном

пространстве. Наряду с периодами очень высокой вспышечной активности (IX 2005 г. и XII 2006 г. – +5.5 и +6.6 лет после максимума), которые по вспышечному потенциалу занимают 4 и 20 место среди самых вспышечно-активных периодов за последние 4 цикла СА. Солнце в течение 770 дней (на декабрь.2009 г.) было без пятен. Последние три года фазы минимума дают возможность оценить и проанализировать солнечные активные явления в условиях минимальной генерации солнечных магнитных полей. Это привело к значимому падению фоновых величин межпланетного магнитного поля, что в свою очередь предопределило 20% рост уровня галактических космических лучей в гелиосфере и к изменению характеристик радиационных поясов околоземного космического пространства. Плотность высокоскоростных потоков от солнечных корональных дыр также уменьшилась, что сказалось на их геоэффективности.

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ В НАСТОЯЩЕМ И БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ

Ю.И. Стожков¹ и В.П. Охлопков²

¹*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН*

²*Научно-исследовательский институт ядерной физики
им. Д.В. Скобельцына МГУ*

Обсуждаются долговременные изменения солнечной активности (в качестве индекса солнечной активности используется число солнечных пятен R_z). В настоящее время наблюдается необычно длительный минимум в числе солнечных пятен R_z .

Выполненный нами анализ долговременных изменений значений R_z приводит к выводу, что с большой степенью вероятности в настоящее время Солнце вступает в длительный период низкой активности, подобно Маундеровскому минимуму или минимуму Дальтона. Дается физический механизм, ответственный за такие длительные минимумы солнечной активности.

СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ БИПОЛЕЙ В СОЛНЕЧНОМ ЦИКЛЕ

А.Г. Тлатов, В.В. Васильева

Кисловодская Горная станция ГАО РАН, tlatov@mail.ru

По данным наблюдений магнитного поля Солнца на телескопах KPVT за период 1975-2002 гг. и SOHO/MDI за период 1996-2009 гг. выделены и изучены свойства магнитных биполей в солнечном цикле. Первые эфемерные области нового цикла появляются на широтах около $\sim 60^\circ$ градусов в период максимума предыдущего цикла активности. В распределении эфемерных областей на диаграмме широта-время прослеживается дрейф в направлении от высоких широт к экватору длительностью около 15-17 лет, а высокоширотная ветвь дрейфа в направлении полюсов. Установлены изменения углов наклона ориентации магнитной оси биполей от фазы цикла, широты, и амплитуды цикла активности. В частности зависимость угла наклона оси биполей эфемерных областей ($S < 500$ мдп) от широты, имеет другой знак аналогичной зависимости для солнечных пятен (закон Джоя). Также показано, что преимущественная ориентация магнитной оси эфемерных областей зависит от знака фонового магнитного поля.

ЧТО МОЖНО УВИДЕТЬ, КОГДА СОЛНЦЕ ОТДЫХАЕТ ОТ АКТИВНОСТИ?

Гаврюсева Е.А.

ИЯИ РАН, elena.gavryuseva@gmail.com

Были проведены обширные исследования топологии фотосферных магнитных полей и проанализирована структура магнитного поля в период анамально низкой солнечной активности конца 23 цикла. Выявлены глобальные широтные структуры, явно присутствующие в столь особый период и получены интересные результаты, касающиеся долготной структуры и ее динамики, относящиеся как к трем последним циклам активности 21, 22, 23, так и к интервалу низкой активности.

ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ СПИРАЛЬНОСТИ В СОЛНЕЧНОМ ЦИКЛЕ

Кузанын К.М.¹, Zhang H.², Gao Yu²

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, kuzanyan@gmail.com*

² *Национальные Астрономические Обсерватории АН КНР*

Большинство современных исследователей сходятся во мнении о том, что происхождение и динамика магнитной активности Солнца обязаны механизму гидромагнитного динамо. Однако, наши знания о тонкой структуре механизма динамо недостаточны для детерминированного предсказания этой активности. Важнейшим фактором, определяющим регенерацию поля (так называемый альфа-эффект) является спиральность магнитного поля.

В настоящем докладе представлены новейшие результаты расчетов спиральности по данным 20 лет систематических наблюдений векторного магнитного поля в обсерваториях США, Японии и Китая, показывающие эволюцию этого фактора на разных широтах в процессе солнечного магнитного цикла (22 года). Поскольку спиральность отражает одновременно как полоидальное, так и тороидальное магнитное поле, на основании полученных наблюдательных результатов открывается возможность как охарактеризовать солнечный цикл новой наблюдательной величиной, непосредственно не связанной с пятнами и, помимо этого, вносящей вклад в перенос магнитного потока в солнечном ветре.

Установлены новые наблюдательные свойства спиральности, которые накладывают существенные ограничения на модели солнечного динамо. Показано, что многие известные ранее модели динамо не вполне согласовываются с этими наблюдениями. Предлагается построение самосогласованной модели динамо, которая учитывает эти новые наблюдательные ограничения.

СТРУКТУРА МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Никулин И.Ф.

ГАИШ МГУ, ifn@sai.msu.ru

Рассмотрена гипотеза связи уровня солнечной активности с замыканием нескольких планет одной силовой линией ММП. На основе компьютерного моделирования приведены примеры таких событий. Обсуждается возможность реализации такого влияния потоками частиц от планет к Солнцу. Приведен прогноз 24 цикла и обсуждается возможность сверхдолгосрочного прогноза на базе этой гипотезы. Рассмотрены трудности и ограничения этой гипотезы.

ОБНАРУЖЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ДРЕЙФА ПЕРИОДА 11- ЛЕТНЕГО ЦИКЛА №23 ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ФЛУКТУАЦИЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Козлов В.И., Козлов В.В.

*Институт космических исследований и астрономии имени Ю.Г. Шафера,
СО РАН, г. Якутск, e-mail: cosmoprognoz@mail.ru*

Введен параметр флуктуаций космических лучей, являющийся индикатором степени возмущенности межпланетного магнитного поля, как в окрестности ударных волн, так и на геоэффективных фазах 11-летнего цикла (<http://www.forshock.ru>). Неслучайный, негауссовый характер параметра флуктуаций ГКЛ обусловлен нестационарной полугодовой вариацией, отражающей переходный нестационарный колебательный процесс смены знака общего магнитного поля Солнца. Этот переходный колебательный процесс определяет максимальную геоэффективность и длительность фазы переполюсовки, проявляющейся в резком и глубоком минимуме интенсивности ГКЛ на завершающей стадии смены знака поля. Установлена *обратная* зависимость длительности процесса переполюсовки от амплитуды 11-летнего цикла в его максимуме: чем меньше амплитуда цикла, тем дольше длится переходный колебательный процесс смены знака поля, и наоборот. Это и послужило основанием для выдвижения гипотезы о существовании инварианта 11-летнего цикла «амплитуда-длительность», что означает неизменность площади «заметаемой» под кривой 11-летнего цикла. Как следствие подобного инварианта, обнаружен **низкочастотный дрейф** периода низких, по амплитуде в максимуме, циклов, что проявилось, в ожидаемом нами, *увеличении* длительности 23-го цикла. В настоящее время мы находимся, как минимум, на стадии неординарного спада солнечной активности, и как максимум - в начальной фазе длительного сбоя 11-летней цикличности.

СВОЙСТВА СЕВЕРО-ЮЖНОЙ АСИММЕТРИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

О.Г. Бадалян

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН, badalyan@izmiran.ru*

Изучается пространственно-временное распределение асимметрии в различных индексах солнечной активности. Это суммарные площади и полное число солнечных пятен во временном интервале 1874-2009 гг, яркость зеленой корональной линии за 1943-2001 гг и солнечный магнитный поток за 1976-2001 гг. Получено, что асимметрия всех этих индексов имеет высокую коррелированность как на малых, так и на больших временных масштабах. При этом сходство во временном ходе величин самих индексов активности оказывается слабее. Асимметрия является квазипериодической величиной со средним периодом 12 лет. Во временном ходе асимметрии рассмотренных индексов активности отчетливо выявляются квазидвухлетние вариации (КДВ). Оказалось, что КДВ значительно лучше выражены в асимметрии, чем в самих индексах активности. Показано, что КДВ периодически усиливаются и ослабляются с периодом, близким к 40 годам. Обнаружен интересный эффект антикорреляции между мощностью квазидвухлетних вариаций и абсолютной величиной северо-южной асимметрии. Рассмотрена северо-южная асимметрия широтного распределения центров пятнообразования и его особенности сопоставлены с асимметрией индексов активности. Эти результаты подчеркивают особое значение самого индекса асимметрии. Анализ особенностей северо-южной асимметрии позволяет выявить некоторые свойства солнечной активности, которые ускользают при анализе интегральных индексов.

ГРУППЫ ПЯТЕН С ЭКСТРЕМАЛЬНО ВЫСОКОЙ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

М.А.Лившиц

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН, maliv@mail.ru*

Современные наблюдения позволяют по-новому взглянуть на процессы, развивающиеся в мощных нестационарных явлениях на Солнце. Выясняются основные отличия этих явлений от слабых «канонических» вспышек, и анализируются возможные причины, приводящие к сериям больших вспышек последних нескольких циклов солнечной активности. На примере анализа совокупности внеатмосферных и наземных наблюдений обсуждаются различные возможности появления экстремальной вспышечной активности групп пятен, наблюдаемых в отдельные эпохи (октябрь-ноябрь 2003 г, июль 2002 г, июль 2005 г), гомологичность вспышек, развитие самых высокоэнергичных явлений. Кратко обсуждаются явления, предшествующие появлению больших вспышек, и условия, необходимые для начала мощного импульсного энерговыделения во вспышках.

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ФИЗИКЕ БОЛЬШИХ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

Б.В. Сомов

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга
МГУ им. М.В. Ломоносова, somov@sai.msu.ru

Современные космические наблюдения Солнца обладают высоким пространственным, временным и спектральным разрешением. Это позволяет наблюдать и исследовать эффект магнитного пересоединения в высокотемпературной замагниченной плазме в солнечной короне и солнечном ветре. Представлен краткий обзор специфических свойств крупно-масштабного магнитного пересоединения в больших вспышках на Солнце. Анализ топологических особенностей магнитного поля в активных областях показывает, что при построении моделей эруптивных солнечных вспышек и корональных выбросов массы необходимо принимать во внимание эффект топологического триггера. Эта задача перспективна с точки зрения проблемы прогнозирования больших солнечных вспышек, однако, она не является простой и требует дальнейших трудоемких исследований с использованием современных компьютеров.

Рассматривается вопрос об интерпретации современных численных экспериментов по пересоединению в солнечных вспышках. В рамках классической постановки задачи о разрывных МГД течениях найдено наглядное графическое представление зависимости между углами магнитного поля и нормалью к поверхности разрыва по обе ее стороны. Оно применено к известному классу аналитических моделей пересоединения в токовых слоях типа токового слоя Сыроватского, но с присоединенными МГД течениями. Обсуждается проблема эволюционности полученных аналитических решений. Дан краткий обзор новых задач в физике больших солнечных вспышек.

Лит.: Somov B.V., *Plasma Astrophysics, Part II, Reconnection and Flares*, Springer Science+Business Media, LLC, New York, 2006.

ОСОБЕННОСТИ ММ И SUB-ММ ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

В.С. Махмутов, Г.А. Базилевская, Ю.И. Стожков

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, makhmutv@sci.lebedev.ru

Представлены результаты измерений солнечного миллиметрового и субмиллиметрового излучения, полученные в последние годы. Обсуждаются пространственно-временные и энергетические особенности этого излучения в солнечных вспышках.

Приводится сравнение характеристик *mm* и *sub-mm* излучения с данными измерений *X*- и *g*-излучений солнечных вспышек.

ОТКЛИК В МИКРОВОЛНАХ НА АКТИВИЗАЦИИ В КОРОНЕ НЕПОСРЕДСТВЕННО ПЕРЕД ИМПУЛЬСНОЙ ФАЗОЙ ВСПЫШЕК

А.Т.Алтынцев, Н.С.Мешалкина

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия, altyntsev@iszf.irk.ru

На примере нескольких событий рассмотрены возможности микроволновой диагностики для исследования электронной компоненты плазмы в вершинах корональных петель перед началом импульсной фазы вспышек. В наиболее разработанных сценариях вспышки начинаются с появлением потока нетепловых электронов, ускоренных на корональных высотах, высыпание которых в хромосферные основания магнитных структур генерирует импульсное жесткое рентгеновское и оптическое излучение. В отобранных для анализа событиях компактные источники рентгеновского излучения в вершинах вспышечной петли сформировались за одну-две минуты перед появлением источников в ее основаниях. Положения и динамика рентгеновских источников получены по данным космической обсерватории RHESSI. Для анализа микроволнового излучения были использованы данные радиогелиографа Нобеяма, ССРТ и мировой сети RSTN. Отсутствие значимого переноса энергии в основаниях петель потоками электронов указывает на низкую эффективность процессов ускорения электронов на стадии, предшествующей импульсной. Тем не менее, чувствительность микроволновой диагностики оказалась достаточной для обнаружения в спектрах отклика на появление нетепловых электронов в корональных источниках на этой стадии. Обсуждаются особенности механизма излучения микроволн и характеристики плазмы в этих источниках.

О ВОЗМОЖНОСТИ МГД МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕДВСПЫШЕЧНОЙ СИТУАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

А. И. Подгорный¹, И. М. Подгорный²

¹*Физический Институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, podgorny@inasan.ru*

²*Институт Астрономии РАН, Москва, Россия, podgorny@inasan.ru*

Солнечная вспышка объясняется быстрым освобождением магнитной энергии токового слоя в короне над активной областью. Токовые слои появляются в окрестностях особых линий X-типа в результате фокусировки возмущений, распространяющихся от фотосферы. Для моделирования предвспышечной ситуации в солнечной короне над реальной активной областью, необходимо задавать все начальные и граничные условия для МГД уравнений из измерений в предвспышечном состоянии. Расчеты начинаются за несколько дней перед вспышкой, когда сильные возмущения в короне отсутствуют. Поэтому, потенциальное магнитное поле, рассчитанное по наблюдаемому на фотосфере полю, используется для задания начальных условий. Граничные условия задаются из наблюдаемых магнитных полей на фотосфере. Другие величины задаются на границе области, используя аппроксимации условий свободного выхода. В предыдущем МГД моделировании магнитное поле на фотосфере изменялось в $10^4 - 10^5$ раз быстрее, чем в реальности. Это вызывает сильные возмущения с большими токами, которые могут маскировать токовые слои. Появившиеся завышенные скорости могут сместить положения токовых слоев по сравнению с реальными. Для выполнения МГД моделирования эволюции активной области в реальном времени, необходимо сильно

ускорить расчеты. Это достигнуто улучшением математических методов, так что конечно-разностная схема остается устойчивой для достаточно больших шагов по времени. Конечно-разностная схема становится более устойчивой, если ошибка дивергенции начального магнитного поля достаточно мала. Для уменьшения этой ошибки, модернизирован метод решения уравнения Лапласа для нахождения начального потенциального поля. Выполняются две коррекции потенциального поля для минимизации дивергенции магнитного поля. Первая из них состоит в решении уравнения диффузии для магнитного поля, вторая представляет собой добавление полей зарядов, помещенных в центры ячеек сетки разностной схемы. Несмотря на применение новых разработанных методов, вычисления на современном персональном компьютере выполняются достаточно медленно, один день эволюции активной области рассчитывается в течение ~ 1 года. Сделаны оценки времени расчетов с использованием суперкомпьютера, необходимого для улучшения прогноза солнечных вспышек. На персональном компьютере выполнено моделирование эволюции активной области в начальный период формирования токового слоя. Для удобного поиска положений источников вспышечного излучения, и представления конфигураций магнитного поля и течения плазмы вблизи них в плоскости и в трехмерном пространстве в подходящей системе координат, модернизирован метод графической визуализации, функционирующий с одновременными вычислениями.

ВЫСОКОЭНЕРГИЧНОЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК КАК ИНДИКАТОР УСКОРЕНИЯ ПРОТОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В.Г.Курт¹, Б.Ю.Юшков¹, К. Кудела², В.И.Галкин¹

¹ *Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобельцына МГУ им. М.В.Ломоносова, clef@srd.sinp.msu.ru*

² *Институт экспериментальной физики Словацкой АН, Кошице, Словакия*

С помощью детектора СОНГ на ИСЗ КОРОНАС-Ф было зарегистрировано гамма-излучение высоких энергий (>100 МэВ) в четырех солнечных вспышках (25.01.2001, 28.10.2003, 4.11.2003 и 20.01.2005). Выделение в последовательных спектрах гамма-излучения в диапазоне энергий 0.1-200 МэВ особенности, обусловленной генерацией и распадом нейтральных пионов, позволило с высокой точностью определить моменты появления в солнечной атмосфере протонов высоких энергий (свыше 300 МэВ).

Динамика спектров этих вспышек демонстрирует наличие определенных закономерностей, проявившихся и в ранее проведенных экспериментах (GRS/SMM, PHEBUS/GRANAT и ГАММА1/ГАММА). Во всех вспышках четко просматривается наличие нескольких стадий, отличающихся как временными, так и спектральными свойствами. Первая характеризуется ускорением электронов до высоких (до 100 МэВ) энергий электронов и степенным спектром гамма-излучения. Во второй стадии резко возрастает эффективность ускорения протонов до субрелятивистских энергий, что приводит к появлению характерного плато в спектре гамма-излучения. Ускорение протонов совпадает по времени с максимальным вспышечным энерговыделением.

ОГРАНИЧЕНИЯ НА МОДЕЛИ УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ

Мельников В.Ф.^{1,2}, Пятаков Н.П.²

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
melnikov@nirfi.sci-nnov.ru

² ФГНУ «Научно-исследовательский радиофизический институт», Нижний Новгород

Различные теоретические модели ускорения частиц в солнечных вспышках предсказывают различия в положении области ускорения и в типах питч-углового распределения ускоренных электронов. В данной работе проведено решение нестационарного кинетического уравнения Фоккера-Планка при различных предположениях о характеристиках инжекции энергичных электронов в магнитную петлю с тем, чтобы определить их пространственное, энергетическое и питч-угловое распределения и рассчитать соответствующие характеристики гиросинхротронного излучения. Показано, что для разных характеристик источника электронов (положение области ускорения/инжекции в петле, тип анизотропии) можно получить сильно отличающиеся характеристики пространственного распределения интенсивности, поляризации и частотного спектра микроволнового излучения вспышечной петли. Установлено, что эти отличия могут быть надежно зарегистрированы с помощью современных радиогелиографов сантиметрового-миллиметрового диапазонов и могут быть использованы для выбора наиболее подходящей модели ускорения, реализующейся в той или иной конкретной вспышечной петле. Приведены результаты диагностики, полученные на основе данных наблюдений Радиогелиографа Нобеяма.

ЭВОЛЮЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ ВО ВРЕМЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСТЭРУПТИВНОЙ АРКАДЫ

Л.К. Кашапова¹, И.Ю. Григорьева², В.Н. Боровик²

¹ Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, kk@iszf.irk.ru

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург

Целью данного исследования является изучение динамики формирования постэруптивной аркады во время солнечных вспышек. Положение, морфология и спектральные характеристики рентгеновских источников (КА RHESSI) сопоставляются с картиной наблюдаемой в УФ (195 А, EIT/SOHO) и данными микроволнового диапазона (РАТАН-600 и ССРТ). Мы провели исследование трех событий, произошедших вблизи лимба Солнца. Их характерными особенностями являются невысокая мощность (рентгеновский балл вспышек не превышал М3) и большая продолжительность (несколько часов). Имеются основания считать, что в анализируемых источниках микроволнового и рентгеновского излучения тепловые механизмы излучения преобладают над нетепловыми. Изучено взаимное расположение источников и их изменение со временем, причем особое внимание уделено изучению положения рентгеновских источников во время фазы подъема наблюдаемой в УФ системы послевспышечных петель. Обсуждаются возможные причины, приводящие к формированию и эволюции арочных систем.

ГАРМОНИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКИ

И.В. Зимовец

Институт космических исследований РАН, ivanzim@iki.rssi.ru

Природа квазипериодических пульсаций рентгеновского излучения солнечных и звездных вспышек до конца не ясна, не смотря на то, что известно несколько физических механизмов, способных ее объяснить. Отчасти эта проблема связана с несовершенством наблюдательных инструментов. В работе представлен анализ данных наблюдений солнечной вспышки класса M9.3, произошедшей 6 ноября 2004 г., в фазе спада которой обнаружены слабозатухающие гармонические осцилляции потока теплового рентгеновского излучения (ниже 25 кэВ), измеряемого космическим аппаратом RHESSI. Период осцилляций составлял около 78 с, характерное время затуханий – 100 мин. Осцилляции отчетливо наблюдались в потоке дециметрового радиоизлучения, но были практически незаметны в потоке сантиметрового радиоизлучения и нетеплового жесткого рентгеновского излучения (выше 25 кэВ), что, по всей видимости, связано с недостаточной чувствительностью используемых наблюдательных инструментов. Установлено, что площадь теплового рентгеновского источника, располагавшегося преимущественно в вершине вспышечной петли, изменялась в противофазе с осциллирующим потоком испускаемого им излучения. Наблюдаемые осцилляции интерпретируются в рамках механизма гармонической модуляции потока излучения разогретой тепловой плазмы вспышечной петли посредством возбужденной в ней глобальной стоячей моды типа перетяжек быстрых магнитозвуковых волн.

АВТОМОДЕЛЬНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ВСПЫШЕК БАЛЛА >X1

А.Б. Струминский, И.В. Зимовец

Институт космических исследований РАН, astrum@iki.rssi.ru

Исследуются временные профили температуры рентгеновских вспышек балла >X1, полученные по 3 сек данным GOES в 1997-2006 гг. По времени достижения максимума температуры рассмотренные вспышки делятся на три группы: импульсные (<5 мин), длительные (<15 мин) и постепенные (>30 мин). По нашему мнению особенности временного профиля температуры длительных вспышек, которые сходны, обусловлены развитием непрерывного процесса ускорения электронов, нагревающих плазму. Аналогия с хорошо изученными событиями 23 июля 2002 г и 6 декабря 2006 г позволяет рассматривать следующий сценарий развития длительных вспышек. Примерно первые 10 мин после начала мягкой рентгеновской вспышки (предвспышечная фаза) происходит ускорение электронов с мягким спектром со все увеличивающейся интенсивностью. В некоторый момент такое ускорение становится энергетически не выгодным и происходит первый фазовый переход – начало ускорения электронов с более жестким спектром (импульсная фаза). Причем в предвспышечной и импульсной фазах температура плазмы оказывается пропорциональной логарифму интенсивности жесткого рентгеновского излучения. Связь между температурой и интенсивностью жесткого рентгеновского излучения исчезает после начала взрывного расширения плазмы, когда ее охлаждение становится эффективнее нагрева нетепловыми электронами (пост-эруптивная фаза).

ВЗАИМОСВЯЗЬ ДЛИТЕЛЬНЫХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ С БЫСТРЫМИ КОРОНАЛЬНЫМИ ВЫБРОСАМИ МАССЫ И ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫМИ ПРОТОНАМИ

В.И.Сидоров^{1,2}, Ю.В.Кузьминых¹, С.А.Язев^{1,2}

¹*Институт солнечно-земной физики СО РАН; yamari@yandex.ru*

²*Астрономическая обсерватория ИГУ*

Предлагается концепция, основанная на эмпирических фактах и объясняющая существование длительных гамма-всплесков на постмаксимальной стадии мощных солнечных вспышек, сопровождающихся быстрым корональным выбросом массы (КВМ). Согласно концепции, в магнитных петлях на фронте КВМ могут генерироваться протоны с энергиями ~30 МэВ и поперечными питч-углами [1]. Основания этих петель на хромосфере отождествляются, с одной стороны, по эмиссии в линии Н-альфа (удаленные активизации вспышки), с другой – по расположению гамма-источника, формирующегося над тенью пятна вблизи вспышечных лент. Часть захваченных в петлях КВМ быстрых протонов дрейфуют на уходящую поверхность КВМ. Там они могут быть захвачены в образующиеся, согласно модели CSHKP, вспышечные петли. Другая часть уносится в гелиосферу в магнитных структурах КВМ. Длительное существование высокоэнергичных протонов в высоких послевспышечных корональных петлях сопровождается частичным высыпанием в хромосферу и, соответственно, длительным гамма-всплеском.

[1] Sidorov V.I., Yazev S.A. *Geomagnetism and Aeronomy*, V.49, No.8 (Special Issue 2), p.1076 (2009).

О ВОЗМОЖНОСТЯХ НАБЛЮДЕНИЙ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ МНОГОВОЛНОВЫМИ РАДИОГЕЛИОГРАФАМИ

Лесовой С.В., Алтынцев А.Т., Лесовая Н.Н.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, lesovoi@iszf.irk.ru

Приводится подробное описание макета многоволнового радиогелиографа, создаваемого на базе Сибирского Солнечного радиотелескопа (ССРТ). Макет представляет собой 10-антенную синтезирующую решетку, смонтированную на самых удаленных антенных местах антенной решетки ССРТ. Диапазон частот макета 4-8 ГГц, диаметр антенн 1.8 м, принимаются обе круговые поляризации.

Рассматриваются данные о выбросах корональной массы, полученные на ССРТ (частота 5.7 ГГц) за последние несколько лет. На основе характеристик зарегистрированных выбросов формулируются требования к многоволновому радиогелиографу с точки зрения оптимального наблюдения выбросов: поле зрения, чувствительность, частотный диапазон. Предлагается, в случае создания эквидистантной антенной решетки радиогелиографа, наряду с Фурье-синтезом сохранить режим частотного сканирования, используемый на ССРТ. Данные, полученные в этом режиме, являются альтернативным способом получения изображения выбросов и, одновременно, могут быть использованы как начальная модель для метода самокалибровки, что должно привести повышению качества изображений, полученных путем синтеза.

Ожидается, что наблюдение изменений микроволновых спектров до начала выброса и спектров ярких образований, как правило, возникающих после выброса, позволят уточнить представления о механизмах выбросов корональной массы.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО УДАРНЫМ ВОЛНАМ, ВОЗНИКАЮЩИМ ВПЕРЕДИ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ

М. В. Еселевич

ИСЗФ СО РАН, Иркутск, mesel@iszf.irk.ru

Разработаны методы, которые позволили по данным коронографов Mark 4, LASCO C2 и C3 отождествить ударную волну, возникающую впереди коронального выброса массы (СМЕ) и измерить ширину ее фронта. Показано, что на расстояниях $R < 6 R_0$ (R_0 - радиус Солнца) от центра Солнца в ограниченной области вдоль направления движения СМЕ ширина фронта δ_F имеет величину порядка длины свободного пробега протонов. Это означает, что на этих расстояниях механизм диссипации энергии в ударном фронте столкновительный. На расстояниях $R \geq 10R_0$ в передней части фронта наблюдается формирование нового разрыва с шириной $\delta_F^* \ll \delta_F$. В пределах погрешности величина $\delta_F^* \approx 0.1-0.2 R_0$ не зависит от расстояния R и определяется пространственным разрешением инструмента LASCO C3. Такая трансформация профиля яркости от фронта с шириной δ_F к разрыву с шириной $\delta_F^* \ll \delta_F$ может интерпретироваться как переход от столкновительной к бесстолкновительной ударной волне. Дальнейшее сравнение зависимости альвеновского числа Маха M_A от силы ударной волны ρ_2/ρ_1 , имеющей ширину фронта δ_F^* , с расчетами в рамках идеальной МГД показали, что эффективный показатель адиабаты γ , характеризующий процессы внутри фронта, в основном, находится в пределах $\approx 5/3-2$. Это соответствует эффективному числу степеней свободы движения от 3 до 2. Аналогичная зависимость $M_A(\rho_2/\rho_1)$ была получена для головной околоземной и межпланетных бесстолкновительных ударных волн. Все это подтверждает предварительное заключение о том, что на $R > 10R_0$ ударные волны, возбуждаемые впереди СМЕ, являются бесстолкновительными.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР ПО ДАННЫМ SOHO/EIT В СОЛНЕЧНОМ ЦИКЛЕ 23

Е.Е. Беневоленская, Ю.Д. Понявин

ГАО РАН, benevolenskayae@mail.ru

Солнечное ультрафиолетовое излучение (EUV) по данным SOHO/EIT позволяет проследить эволюцию корональных дыр (областей пониженной плотности плазмы в короне) или областей открытого магнитного поля для солнечного цикла 23. Изображения в линии Fe XV (284Å) достаточно хорошо определяют форму корональных дыр. В свою очередь, формирование полярных корональных дыр отражает топологию смены полярного магнитного поля в короне. В данной работе приведены результаты влияния среднеширотной магнитной активности, так называемых 'surges' или зон положительной и отрицательной полярности на формирование полярного поля Солнца, и их связь с корональной активностью. Предварительно, приведена фильтрация EIT изображений. Исследуется роль фильтрации в локализации корональных EUV структур.

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА ОТ ХАРАКТЕРИСТИК КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР В МИНИМУМЕ 23 ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Д.В. Просовецкий¹, И.Н. Мягкова²

¹*Институт Солнечно-Земной физики СО РАН, Иркутск, proso@iszf.irk.ru*

²*НИИ ядерной физики МГУ им. Д.В. Скобельцына, Москва*

Корональные дыры давно и уверенно отождествлены как источники высокоскоростного солнечного ветра. Разработаны методы, связывающие параметры корональных дыр с характеристиками солнечного ветра на орбите Земли. Основным учитываемым параметром служит, как правило, «сверхрадиальная расходимость» магнитного поля, определяемая по вектору поля в основании магнитной трубки и на поверхности источника (Wang, Sheeley, 1990; Eselevich et al., 2009). В этих методах не рассматриваются особенности строения атмосферы корональных дыр и конфигурация магнитного поля на высотах от фотосферы до короны, которые, во многом, определяют характеристики солнечного ветра. Нами проанализированы данные наблюдений корональных дыр в ультрафиолетовом (КА SOHO) и микроволновом излучении (1.76, 5.2 и 91.7 см, радиогелиографы NoRH, ССРТ и Nancey), измерения магнитного поля (Solis) и параметры солнечного ветра по данным КА ACE за период с 12 марта по 31 мая 2007 г. – в прошедшем минимуме солнечной активности. Найдено, что увеличение скорости солнечного ветра до величин ~ 600 км/с коррелирует с уменьшением удельного потока ультрафиолетового излучения центральных областей солнечного диска. Обнаружены структуры магнитного поля, не проявляющиеся как корональные дыры в ультрафиолетовом и рентгеновском излучении, однако связанные с потоками высокоскоростного солнечного ветра. Установлена связь между параметрами микроволнового излучения на трех различных атмосферных уровнях и особенностями характеристик солнечного ветра на орбите Земли. Такая связь позволяет предположить существование единых механизмов нагрева атмосферы Солнца и ускорения солнечного ветра в областях с открытой конфигурацией магнитного поля.

ВАРИАЦИИ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ В ТЕЧЕНИЕ 23-ГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Иванов Е.В.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН, eivanov@izmiran.ru*

На основании 3-х различных каталогов корональных выбросов массы (КВМ) исследованы изменения средней скорости КВМ в период с 1996 по 2007 гг. отдельно для эруптивных и вспышечных КВМ. Используются каталоги эруптивных КВМ, связанных с наблюдавшимися на лимбе эруптивными протуберанцами (каталог Иванова-Файнштейна), каталог вспышечных КВМ типа «гало» (каталог Гопалсвами) и каталог КВМ, источниками которых были вспышки рентгеновского балла М-Х (каталог Ишкова). Обнаружены систематические различия в циклических изменениях средней скорости КВМ для эруптивных и вспышечных КВМ. Скорость вспышечных КВМ в течение 23-го

цикла активности растет, в то время как средняя скорость эруптивных КВМ практически не меняется. Наиболее сильно рост средней скорости КВМ выражен для наиболее интенсивных событий (КВМ типа гало). Исследована также зависимость скорости КВМ от гелиошироты соответствующих источников КВМ (вспышек и эруптивных протуберанцев). Она также оказалась различной для эруптивных и вспышечных КВМ. Делается попытка объяснить это различие в циклических изменениях скоростей КВМ с точки зрения модуляции источников КВМ (волокон и активных областей) соответствующими циклическими изменениями структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца.

СЕКЦИЯ «СОЛНЦЕ» СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ПРОЛОНГАЦИЯ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

Сарычев В.Т.

Томский государственный университет, Томск, vsarych@mail.tsu.ru

Приводятся результаты экстраполяции чисел Вольфа далеко за пределы окна наблюдения. Экстраполяция реализуется с помощью алгоритма спектрального оценивания, основанном на критерии максимума энтропии и вычислении информации Кульбака. Алгоритм позволяет избавляться от лишних деталей в спектральных оценках и экстраполировать исходные цифровые ряды далеко за пределы окна наблюдения. С ростом информации Кульбака увеличивается амплитуда спектральных линий и уменьшается их ширина. Некоторые линии, присутствующие в спектре с малым значением информации Кульбака, исчезают. Некоторые расщепляются на дуплеты. У ряда линий смещается положение максимума. В спектре оказалось лишь семь линий, энергия которых превышает один процент. Интерференция этих линий определяет динамику циклов активности Солнца.

Работа выполнена в рамках реализации АВЦП Рособразования «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009-2010 годы), ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

О СУЩЕСТВОВАНИИ ДВУХ РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ

В. Г. Еселевич, М. В. Еселевич.

ИСЗФ СО РАН, Иркутск, esel@iszf.irk.ru

Проведен анализ данных, полученных на инструментах Mark 3 и 4, DPM (обсерватория MLSO), данных с космических аппаратов SOHO (LASCO C 2, EIT), TRACE, STEREO (COR 1, E UVI). Показано, что главными параметрами, отражающими различие физической природы возникновения “импульсных” и “постепенных” СМЕ, являются место, скорость и угловой размер СМЕ в момент их возникновения. Место возникновения “постепенных” СМЕ располагается в короне на высоте $0.1 R_0 < h < 0.7 R_0$ над лимбом Солнца (R_0 – радиус Солнца). Они начинают движение, имея угловой размер в диапазоне 15 -65 (в гелиоцентрической системе координат), с начальной скоростью $V_0 = 0$ (т.е. из состояния покоя). Вероятным механизмом их возникновения является эрупция квазистационарного коронального жгута магнитного потока. Формирование “импульсных” СМЕ, по-видимому, начинается под фотосферными слоями Солнца и может быть связано с явлением сверхзвукового всплывания магнитных трубок (жгутов) из зоны Динамо, возможность которого была показана ранее теоретически. На уровне фотосферы радиальная скорость таких трубок превышает локальную скорость звука и может достигать от десятков до сотен км/с.

ЭВОЛЮЦИЯ ПОТОКА ДИСБАЛАНСА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СОЛНЦЕ

Я.И. Зелык¹, Н.Н. Степанян², О.А. Андреева²

¹ *Институт космических исследований, НАН и НКА Украины, Киев, Украина, adapt@ikd.kiev.ua*

² *НИИ Крымская астрофизическая обсерватория, Научный, Крым, Украина, nataly@crao.crimea.ua*

Рассматриваются результаты оценивания дифференциального вращения и широтного дрейфа потока дисбаланса магнитных полей на Солнце, вычисляемого как разность абсолютных значений магнитных потоков N- и S-полярности в каждой точке поверхности Солнца. Исходный материал наблюдений представляет собой синоптические карты напряженности продольного вектора магнитного поля Солнца в течение трех солнечных циклов с 1 января 1977 г. по 30 сентября 2003 г., был получен в Национальной обсерватории Китт Пик (США) и предоставлен авторам. С использованием методов спектрального анализа применительно к временным рядам потока дисбаланса магнитного поля в пятиградусных широтных зонах, полученным из исходных синоптических карт, оценено дифференциальное (по широте) вращение магнитных структур слабых полей (до 700 Gs) на Солнце и определены два типа их дрейфа. 1) Широтный дрейф потока дисбаланса в целом. 2) Широтный дрейф структур потока дисбаланса, обладающих значимыми периодами вращения. Результаты следующие: 1) Магнитные структуры, обладающие одними и теми же значимыми периодами вращения наблюдаются в достаточно широких диапазонах широт. 2) Широтный дрейф потока дисбаланса магнитных полей в целом и дрейф структур, вращающихся со значимыми периодами, качественно совпадают для полей с близкой напряженностью. 3) Для полей определенных интервалов напряженности существуют достаточно обширные широтные зоны, в которых отсутствует широтный дрейф. Исследована эволюция характеристик вращения и широтного дрейфа структур потока дисбаланса магнитных полей на Солнце. Установлено следующее: 1) На Солнце на разных широтах одновременно существуют магнитные структуры с различными значимыми периодами вращения. 2) Широтный дрейф структуры, вращающейся со значимым периодом, совпадает с дрейфом магнитной структуры потока дисбаланса в целом, в которой находится структура, обладающая значимым вращением. Проведенный анализ эволюции дисбаланса магнитных полей на Солнце позволяет сделать следующий вывод: Дифференциальное вращение подфотосферных слоев, ответственных за образование значимо вращающихся структур потока дисбаланса, можно определить по зависимости периода вращения от широты всплытия на поверхность Солнца соответствующей структуры, обладающей значимым вращением.

РОЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ СОЛНЦА

А.А.Головко, И.И.Салахутдинова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, golovko@iszf.irk.ru

Рассчитанные методом БПФ энергетические спектры пространственных распределений и временных реализаций получаемых из наблюдений параметров солнечной плазмы, таких как интенсивность излучения, напряженность магнитного поля,

число солнечных пятен, часто показывают степенной характер или вид $1/f$ (f -частота). Согласно результатам Б.Мандельброта и его последователей, такие спектры характерны для излучающих объектов, имеющих фрактальную структуру. Предлагается использовать D - диапазон масштабов границ линейного участка энергетического спектра в качестве меры для установления критерия эффективности применения фрактального анализа к исследованию солнечных образований и процессов. Для лучших изображений Солнца указанные границы — 0.2 и 30 мегаметров, то есть диапазон составляет два порядка. В случае низкого разрешения исходных данных, диапазон D оказывается коротким, и применение фрактального анализа мало эффективным. С достижением более высокого разрешения, роль его возрастает. В частности, метод мультифрактальной сегментации позволил выявить области нового магнитного потока по мгновенным солнечным магнитограммам, получаемым с применением ПЗС-детекторов.

А.А.Головко, И.И.Салахутдинова. Geomagnetism and Aeronomy, 2009, V.49, P.1084.

А.А.Головко, И.И.Салахутдинова. Солнечно-земная физика, 2009, вып.13, С.66.

ОБ ОБРАЗОВАНИИ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПО РЕНТГЕНУ

М. И. Дивлекеев

*Государственный астрономический институт им. П. К. Штернбега, МГУ,
div@sai.msu.ru*

Рассматривается образование активных областей (АО) по изображениям Солнца в вакуумном ультрафиолете, полученных на аппаратах STEREO A, B и MDI SOHO, а также по интегральной интенсивности рентгена по GOES. В результате изучения данных за 2009 г. показано, что АО может дать вспышки, если уровень фона в рентгене растёт со временем. Усиление фона, по-видимому, свидетельствует о формировании в АО жгута магнитных трубок с током, в котором температура плазмы незначительно повышается со временем. Это подтверждает высказанное мною в 2005 г. предположение, что необходимым условием для производства вспышек в АО является наличие в ней хотя бы одного жгута магнитных трубок с током.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНДИКАТОРОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В ЦИКЛАХ 21-23 И ИХ РАССОГЛАСОВАНИЕ В ПОСЛЕДНЕМ ЦИКЛЕ

Р.Ю. Лукьянова¹, К. Мурсула²

¹ *Арктический и антарктический НИИ, г.С.-Петербург, Россия, renata@aari.nw.r*

² *Университ Оулу, Финляндия*

Анализируется временной ход корреляции числа солнечных пятен (ЧСП) и индикаторов солнечной УФ/ЭУФ радиации: индексов F10.7, HeI 1083 и MgII. Показано, что соотношение между параметрами солнечной активности (СА) изменилось в 2001/2002 во время повышения СА. Вторичный пик солнечного максимума после провала Гневывшева проявлялся особенно сильно в параметрах УФ, что привело к изменению обычного регрессионного соотношения между ЧСП и индексами УФ в ходе нисходящей ветви цикла 23, а также текущего минимума. В этот период индексы УФ для заданного ЧСП значительно превышали соответствующие значения, характерные для предыдущих

циклов СА. В качестве независимого индикатора солнечного УФ также применялась глобально усредненная критическая частота ионосферного слоя F2 (f_0F_2). Показано, что f_0F_2 и F10.7 изменялись синхронно, а в соотношениях между f_0F_2 , MgII и ЧСП наблюдались отклонения в ходе второй половины цикла 23 и долгопериодные тренды. Также наблюдалось нарушение монотонного временного хода корреляции между ЧСП и композитами солнечной постоянной. Обсуждаются возможные причины изменения временной эволюции связи между ЧСП и солнечной радиацией.

О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ МИКРОВОЛНОВОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСТЭРУПТИВНЫХ АРКАД

И.Ю. Григорьева¹, Л.К. Кашапова², М.А. Лившиц³, В.Н. Боровик¹

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург,
irina19752004@mail.ru

² Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

³ ИЗМИРАН, Троицк, Московская обл.

Системы постэруптивных аркад могут формироваться в событиях различной мощности. В этой работе мы обсуждаем наблюдения микроволнового (РАТАН-600) и рентгеновского (RHESSI) источников, связанных с образованием постэруптивных аркад в не очень сильных нестационарных событиях (вспышки с рентгеновским баллом от C1 до M3). Выраженные нетепловые явления явно не проявляются в микроволновом диапазоне на ранней стадии формирования постэруптивных аркад в анализируемые моменты времени этих событий. В данной работе мы проверяем, какая из моделей (тепловое излучение много-температурной плазмы, одно-температурная модель с присутствием ускоренных частиц) может обеспечить совпадение параметров плазмы, полученных для одного и того же события по данным в разных диапазонах. Показано, что в рассматриваемых случаях учета только теплового излучения с определенным распределением температуры в источнике оказывается достаточно для объяснения микроволновых и рентгеновских наблюдений.

МОДЕЛЬ СПОКОЙНЫХ УЧАСТКОВ АТМОСФЕРЫ СОЛНЦА

Б.Б. Криссинель

Институт Солнечно-Земной физики СО РАН, Иркутск, krissinel@iszf.irk.ru

Как известно, детальные характеристики короны, статистическая оценка основных структур ее являются определяющими при решении проблемы коронального нагрева.

Представляется, что статистическая структура короны может быть определена путем решения обратной задачи – по данным измерений радиального распределения яркости по диску и за лимбом на ряде длин волн. Для этого вся совокупность петель короны заменяется дискретным набором петель, обладающих средними характеристиками петель данной области размеров. Всего применено 10 петель с радиусами от 3000км до 21000км. В работе принято, что корональная часть петель имеет температуру, равную температуре короны, а для нижней части петель использован профиль температуры, описываемый одной из моделей FAL. Профиль плотности по петлям определяется экспоненциальной зависимостью с масштабом высоты по давлению. Статистическая оценка спикул включает подразделение их по высоте и размерам. Высотный профиль

плотности свободного вещества находится по эмпирическому профилю плотности для центра диска Солнца с помощью приближенного соотношения, учитывающего разреженность петель и спикул.

В докладе приводятся результаты определения статистических характеристик основных структур короны и расчета экваториального распределения яркости в диапазоне волн от 1.7см до 31.6см.

ОБНАРУЖЕНИЕ ВСПЛЫВАЮЩЕГО МАГНИТНОГО ПОТОКА ИЗ ТОПОЛОГИИ МАГНИТОГРАММ

И.С. Князева, Н.Г. Макаренко

ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия, iknyazeva@gmail.com

Целью работы является топологический метод обнаружения элементов всплывающего потока в Активной Области (АО). Идея метода заключается в подсчете числа условных связных компонент на множестве выбросов магнитограммы. Точнее, мы подсчитываем пиксели, разрешимые с заданной точностью на множестве уровней и следим за изменением их числа в процессе эволюции Активной области. Данными служат MDI магнитограммы полного диска Солнца с 2-х секундным разрешением. Мы обнаружили что число различимых компонент критически зависит от вспышечной активности области. Серии вспышек класса М и Х обычно предваряются или сопровождаются резким увеличением различимых компонент. Мы идентифицируем эти компоненты как паттерны нового потока. Обнаруженный эффект отсутствует для АО со слабой вспышечной активностью.

ВКЛАД ЗАТМЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТРОЕНИИ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ

Р. А. Гуляев

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В.Пушкова РАН, Троицк, rgulyaev@izmiran.troitsk.ru*

Начиная с 1945 г., ИЗМИРАН проводит более или менее регулярные наблюдения солнечных затмений. Исторический обзор по затмениям 1941–2008 гг. выложен на сайте <http://www.izmiran.ru/projects/eclipses/>. В настоящем докладе представлен краткий обзор затменных наблюдений 1954–2008 гг., способствовавших развитию современных представлений о строении солнечной короны.

КОРОНАЛЬНЫЕ ПЕТЛИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ФРАГМЕНТАЦИИ ПЛОТНОГО СЛОЯ

В.Л. Мерзляков

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В.Пушкова РАН, Троицк, mvl@izmiran.ru*

Проведено аналитическое рассмотрение движения плазмы над вспышечной активной областью Солнца. Исследуется дрейфовое движение вещества при появлении новых источников магнитного поля типа локального биполя и линейного тока вблизи фотосферы. Обнаружено, что при наличии таких источников, характерных для вспышечных условий в активной области, возникает плотный куполообразный слой в местах смены знака радиальной компоненты дрейфовой скорости. Тангенциальная компонента скорости создает нисходящие потоки плазмы от верхней точки к основанию в плоскостях, проходящих через вектор дипольного момента активной области. Величины скоростей потоков зависят от наклона указанных плоскостей, и эти различия, по-видимому, приводят к фрагментации плотного слоя на отдельные струи. Видимым эффектом такой фрагментации будет веерообразный пучок корональных петель с постоянными потоками плазмы от их вершин к основаниям.

СТРИМЕРЫ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Делоне А.Б., Порфирьева Г.А., Якунина Г.В.

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга, МГУ, Москва, Россия, yakunina@sai.msu.ru

На основе анализа результатов наблюдений из космоса на LASCO, UVCS (SOHO) и STEREO A и B рассматриваются морфологические и кинематические характеристики стримеров и их связь с фазами солнечной активности. Используются данные из Интернета результаты публикаций в научных журналах.

ДИАГНОСТИКА ПОЛОЖЕНИЯ ОБЛАСТИ ИНЖЕКЦИИ/УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ И ИХ ПИТЧ-УГЛОВОЙ АНИЗОТРОПИИ В СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШЕЧНОЙ ПЕТЛЕ

Резникова В.Э.^{1,2}, Мельников В.Р.^{2,3}, Пятаков Н.П.²

¹*Nobeyama Solar Radio Observatory/NAOJ, Nagano 384-1305, Japan*

²*ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, 603950, Россия, rez-ver@yandex.ru*

³*ГАО РАН, Санкт-Петербург, 196140, Россия*

Проведена диагностика свойств источника ускоренных электронов во вспышечной петле, наблюдавшейся 24 августа 2002 г на радиогелиографе Нобейма на частотах 17 и 34 ГГц с высоким пространственным разрешением (5 и 10 угл.сек). Диагностика основана на анализе динамики распределения микроволновой яркости вдоль вспышечной петли и соответствующих модельных расчетах. Расчеты эволюции пространственного распределения электронов вдоль магнитной петли были проведены для нескольких моделей, отличающихся местом инъекции и типом анизотропии ускоренных электронов, на основе решения уравнения Фоккера-Планка и расчетов гиротронного излучения. В итоге найдена модель, хорошо описывающая основные свойства динамики наблюдаемого распределения радиояркости. Модель характеризуется компактным источником электронов, расположенным вблизи центра асимметричной магнитной ловушки, и нестационарной, длительной инъекцией ускоренных электронов, направленной вдоль оси петли в область основания с большим магнитным полем.

ИЗМЕНЕНИЯ В МИКРОВОЛНОВОМ ИЗЛУЧЕНИИ ПЕРЕД МОЩНЫМИ СОЛНЕЧНЫМИ ВСПЫШКАМИ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА РАДИОГЕЛИОГРАФАХ

Бакунина И.А.^{1,2}, Мельников В.Ф.^{2,1}

¹ФГНУ «Научно-исследовательский радиофизический институт», Нижний Новгород

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,

rinbak@mail.ru

Радиоизлучение сантиметрового диапазона генерируется на высотах магнитосферы активной области, где происходят процессы накопления и освобождения энергии, а также процессы рождения СМЕ, поэтому динамика микроволнового излучения (изменения общего потока отдельных радиоисточников и их степени круговой поляризации, пиковых значений яркостных температур), а также существование в течение длительного времени межпятенных источников (МПИ), дают важную информацию о готовности активной области произвести мощную солнечную вспышку. Появление МПИ, возможно, указывает на длительную предвспышечную инжекцию нетепловых электронов в вершинах магнитных петель. В данной работе наличие данных признаков показано на примере нескольких активных областей 23-го цикла солнечной активности, наблюдавшихся на двух частотах -17 и 34 ГГц - радиогелиографа NoRH (Нобейма) и на частоте 5.7 ГГц радиогелиографа ССРТ (Иркутск).

СЛОЖНЫЕ ФОРМЫ ЗЕБРА-СТРУКТУРЫ В СОЛНЕЧНОМ РАДИОИЗЛУЧЕНИИ И НОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ

Чернов Г.П., Фомичев В.В.

ИЗМИРАН, Троицк Московской обл. gchernov@izmiran.rssi.ru

В литературе продолжается спорная дискуссия о природе зебра-структуры (ЗС) в радиовсплесках IV типа. Только за последние 5 лет вышло около 10 работ по усовершенствованию механизма, основанного на двойном плазменном резонансе (ДПР) и предложено 5 новых моделей. Объяснение этому связано с новыми наблюдениями необычных форм ЗС, которые трудно интерпретировать как регулярные гармоники в рамках известных моделей. Согласно всем работам, анализирующим механизм на ДПР, мы должны наблюдать ЗС во всех континуальных всплесках. Но наблюдения говорят об обратном: ЗС появляется далеко не во всех всплесках и обычно в пульсирующем режиме. Тем не менее, иногда утверждается что механизм на ДПР объясняет все основные свойства ЗС и указывается на ошибку многих авторов в расчетах инкрементов плазменных волн на верхней гибридной частоте: нельзя расширять расчеты на соседние с гибридной полосой области, поскольку дисперсионное уравнение $w^2 \cong w_p^2 + w_B^2 + 3k_{\perp}^2 u_T^2$ справедливо только внутри гибридной полосы. Однако расчеты, показывающие значимость такого ошибочного подхода следует провести для конусного распределения быстрых частиц в релятивистском приближении. К тому же в ряде работ отмечается, что вклад члена, связанного с гармоникой в гибридной полосе, значительно превосходит вклад от прилегающих сверху гармоник, особенно для слегка неперпендикулярного распространения в релятивистском рассмотрении.

Любое усовершенствование моделей на ДПР связано с новыми жесткими требованиями на параметры быстрых частиц. Так для объяснения мгновенных столбиков

ЗС используется одновременно наличие в ловушке двух распределений быстрых частиц (конусного и DGH со строгими ограничениями на скорости), хотя это маловероятно. Механизм на ДПР не может обеспечить большого числа полос. Модель ЗС на вистлерах избавлена от таких трудностей. Она объясняет зигзагообразный частотный дрейф полос ЗС на спектре синхронно с изменениями пространственного дрейфа радиоисточников. Известно, что величины инкрементов вистлеров для релятивистских энергий быстрых частиц мало отличаются от значений для более низких энергий. Поэтому выводы о том, что магнитная ловушка может быть разделена на чередующиеся слои усиления и поглощения вистлеров остаются справедливыми для большого диапазона энергий быстрых частиц.

Новые наблюдения и незавершенность многих известных механизмов стимулирует авторов на новые разработки. Мы предлагаем новую усовершенствованную модель ЗС. В системе слаборелятивистский моноскоростной поток протонов – сильно неизотермическая плазма медленная пучковая мода может обладать отрицательной энергией и развивается взрывная неустойчивость при взаимодействии медленной и быстрой пучковых мод и ионного звука. Вследствие слабой пространственной дисперсии генерация ионного звука сопровождается каскадным процессом слияния, и происходит стабилизация взрывной неустойчивости. ЗС образуется при рассеянии быстрых протонов на ионнозвуковых гармониках. Выяснена эффективность нового механизма по сравнению с ранее обсуждаемыми гипотезами. Предположение о наличии пучков быстрых протонов в неизотермической плазме является естественным для любой крупной вспышки.

ИНДЕКС ФОНОВОЙ АКТИВНОСТИ СПОКОЙНОГО СОЛНЦА: ПОДХОДЫ И РЕАЛИЗАЦИЯ

В.Н. Ишков, В.Г. Петров

ИЗМИРАН, ishkov@izmiran.ru

Для исследования явлений довспышечного уровня была создана программа подсчёта мелких активных образований на полном видимом диске Солнца в линиях крайнего ультрафиолета и мягкого рентгеновского диапазона, которые определяют процессы довспышечного уровня (эфемерные активные области, уярчения в оптике, яркие рентгеновские точки), связанные между собой одной физической причиной – всплытием новых магнитных потоков разной величины (109– 1012 Вб) и скорости всплытия (107 – 109 Вб/сек). Следствием медленных, но достаточно больших потоков (в рассматриваемом диапазоне величин магнитных потоков) является образование эфемерных активных областей. Более быстрые всплывающие магнитные потоки приводят к возникновению субвспышечных явлений, интенсивность, которых в диапазоне мягкого рентгеновского излучения на 2–3 порядка ниже уровня вспышек. По последним наблюдательным данным такие явления часто сопровождаются выбросом солнечной плазмы в околосолнечное пространство. Задача выделения отдельных малых ярких структур на снимках в мягком рентгеновском диапазоне производится выделением всех структур с яркостью больше заданной и последующим выделением из них отдельных изолированных (не связанных с другими) областей размером не более 4x4 пикселя. Это даёт нам возможность ежедневного (а если понадобится и более частого) расчёта количества подобных объектов и проверки нового индекса солнечной фоновой активности в периоды минимальной вспышечной активности.

ИСТОЧНИКИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ СТРУКТУР И НЕЛИНЕЙНЫХ РЕЖИМОВ НАГРЕВА В СОЛНЕЧНОЙ АТМОСФЕРЕ

Ковалев В.А.

ИЗМИРАН, vik91250902@narod.ru

Исследуется роль объемного нагрева солнечной плазмы. Для получения стационарных аналитических решений уравнение энергетического баланса, включающее теплопроводность, радиационное охлаждение и нагрев, приведено к уравнению нелинейного осциллятора с потенциалом. Показано, что температурный переходный слой хромосфера-корона описывается потенциалом, имеющим вид полинома с кратными корнями, которому соответствует распределенный в пространстве нелинейный источник нагрева.

Трансформация потенциала приводит к качественно новым решениям: солитонам и периодическим волнам. Эти решения могут описывать наблюдаемые в магнитных трубках мелкомасштабные температурные неодородности, локализованные рентгеновские источники.

Тепловая неустойчивость приводит к расслоению плазмы поперек магнитного поля на ячеистую структуру. Показано, что в магнитной трубке возникают коаксиальные слои, толщина которых определяется поперечной теплопроводностью.

Роль нелинейности источника при вспышечном нагреве плазмы показана на основе анализа всплесков SXR. С помощью дифференциального метода обнаружено разделение длительных вспышек на интервалы, отличающиеся разными режимами нагрева и охлаждения. Фаза роста вспышки состоит из ускоренного и замедленного по сравнению с экспоненциальным законом режимов нагрева. В начале фазы спада происходит ускоренное, а затем замедленное охлаждение. Заключительная часть вспышки представляет собой длительный процесс охлаждения по закону, близкому к экспоненциальному.

Показано, что наличие ускоренного нагрева является необходимым условием режима с обострением (взрывной, с гиперболическим ростом температуры), при котором возникает пространственная локализация тепла в виде температурных структур. Из оценок параметров наблюдаемых высокотемпературных структур сделан вывод об аномальном характере теплопроводности солнечной плазмы.

Литература: Ковалев В.А., Кинематика и физика небесных тел, 1990; Письма в Астрономический журнал, 2001; Нелинейный мир (в печати); Ковалев В.А., Лаптухов А.И., Исследование Земли из Космоса, 1992; Физика плазмы, 2009; Биленко И.А., Ковалев, Письма в АЖ, 2009.

23 – ИЙ ЦИКЛ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В СКОРОСТЯХ СТАЦИОНАРНОГО СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА И ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ РЕГУЛЯРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ИСТЕЧЕНИЙ

Э.И. Могилевский, К.И.Никольская

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Троицк, knikol@izmiran.troitsk.ru

1. Синхронные измерения скоростей эклиптического и экстраэклиптического стационарного СВ (ССВ) на КА Ulysses и методами IPS показали, что в периоды минимумов активности в гелиосфере *вне пояса стримеров в интервале гелиоцентрических расстояний от $r \sim 10R_{Sun}$ и до орбиты Юпитера (~ 5 а.е.) присутствуют только высокоскоростные потоки СВ со стабильными скоростями 700-800 км/с. В максимумах активности, напротив, доминируют медленные потоки стационарного СВ со скоростями ≤ 500 км/с с вкраплениями высокоскоростных потоков 500-800 км/с, исходящих из корональных дыр эпохи активного Солнца - областей с открытыми магнитными полями.*

2. *Высокоскоростные потоки СВ со скоростями 700-800 км/с оказались феноменом спокойного Солнца, т.е. эпохи, когда замкнутые магнитные конфигурации на Солнце либо слабы, либо отсутствуют.*

3. Наблюдающаяся отрицательная корреляция скоростей ССВ: слабые магнитные поля – высокоскоростной СВ, сильные магнитные поля – медленный СВ – указывает на роль солнечных магнитных полей как регулятора скорости СВ путем торможения первичных высокоскоростных потоков плазмы, извергающихся в основание короны из фотосферы. В результате в областях со слабыми магнитными полями первичные магнитные потоки уходят в гелиосферу в виде высокоскоростного СВ, а в областях сильных магнитных полей захватываются с образованием короны и вторичного медленного СВ.

4. Механизм образования первичных радиальных высокоскоростных истечений плазмы из фотосферы рассматривается в рамках «странного» ускорения Ферми, действующего во фрактальной среде, каковой является солнечная фотосфера.

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ПЛАЗМЫ ВСПЫШКИ 06.11.1979, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ НАЗЕМНЫХ ХРОМОСФЕРНЫХ И КОРОНОГРАФИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ц.С. Хецуриани, Э.И. Тетруашвили, Н.Б. Ограпишвили

Абастуманская Астрофизическая Обсерватория, Грузия

Вспышечные явления в проекции на небо наблюдались в активной области NR №16419 (№№ 419 и 426 по «Солнечным данным»), появившейся на восточном лимбе Солнца 06.11.1979 года. Одновременные фильтровые (H α -фильтр – АФР) и спектрографические (спектрограф + Малый коронограф типа Лио) наблюдения обеспечили богатый фактический материал для изучения вспышки в различных аспектах от пространственной организации плазмы, ее изменчивости со временем до понимания мультитемпературной природы пространственной структуры вспышечной плазмы и ее динамики. Результаты исследования даны в виде таблиц параметров различных спектральных линий и структур вспышки и графиков изменения их интенсивностей по позиционным углам и с высотой. В пределах вспышки в тесном соседстве наблюдались как холодные невысокие хромосферные, так и горячие высокие корональные петли. Дана схема вспышечных петель на лимбе и в проекции на диск. Анализ показал, что в начальной фазе вспышечная плазма движется вверх вдоль петель и, достигнув вершины, начинает опускаться. Определены высоты и скорости подъема и опускания плазмы, зависящие от фазы вспышечного процесса. Концепция температурной стратификации в вспышечных петлях противоречит представленным наблюдениями.

СЕКТОРНАЯ СТРУКТУРА В ТЕКУЩЕМ МИНИМУМЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Т.Е.Вальчук

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В.Пушкова РАН, г.Троицк (Московской обл.), valchuk@izmiran.ru*

Пролонгированный минимум солнечной активности (СА) в завершении 23-го 11-летнего цикла действительно превосходит по длительности фазы минимумов второй половины XX века. Однако обращение к данным начала XX века показывает, что текущий минимум пока не является самым продолжительным. Вековой минимум СА в начале минувшего столетия характерен продолжительными фазами минимумов циклов и существенными вариациями чисел Вольфа в максимумах. Эмпирическое правило Гневнышева-Оля, найденное для циклических вариаций XX века, но нарушенное ныне, всегда содержало возможность наступления векового минимума. По-видимому, наблюдения последних лет подтверждают это. Поэтому большинство специалистов на итоговом семинаре в ГАиШ «Циклы активности на Солнце и звездах» 18-19 декабря 2009 г. обсуждали разные сценарии развития СА: от наступления глубокого понижения СА, подобного маундеровскому минимуму – до наступления очередного регулярного 24 цикла, не превышающего по амплитуде чисел Вольфа 23 цикла. Появление активных областей (АО) с полярностью 24 цикла говорит о начале этого цикла, но пока «новые» АО только знаменуют начало, но отнюдь не относятся к фазе роста СА, поскольку значения чисел Вольфа очень низкие, сугубо характерные для фазы минимума. «Новые» АО, высокоширотные и часто беспятенные, относятся к фазе минимума. Только развитие СА, когда проявится ветвь роста и будет определен ее линейный тренд, позволит прогнозировать протекание 24 цикла. О развитии СА говорит также нарастание корональных выбросов массы, их число возрастает. Появились учащающиеся слабые вспышки. Отмечены трансформации корональных полярных дыр – квазидипольное общее магнитное поле с началом нового цикла претерпевает изменения. Эти факторы в совокупности наводят на мысль о грядущем росте СА в 24 цикле.

По наблюдениям Солнца, параметрам солнечного ветра (СВ) и межпланетного магнитного поля (ММП) в околоземном космосе можно рассмотреть и классифицировать особенности минимума СА за 2006-2009гг.. Структуру потоков СВ по данным КА Wind анализируем с помощью расчетов фрактальной размерности (ФР). Вариации компонентов ММП и секторная структура (СС) позволяют сделать выводы о конфигурации гелиосферного плазменного слоя (ГПС), гелиосферного токового слоя (ГТС) и сопоставить их с синоптическими картами поля на Солнце и на поверхности источника. Отсутствие мощных спорадических событий помогает отождествить вариации секторной структуры при изменении гелиопроекции Земли на диск Солнца. Рекуррентные проявления геомагнитной возмущенности, не интенсивные, но достаточно отчетливые, вызваны высокоскоростными потоками СВ приэкваториальных корональных дыр, геоэффективен регион коротации – область лидирующей границы высокоскоростного потока СВ. По Кэррингтоновским оборотам 2052-2092 можно сделать следующие выводы:

1. Границы раздела полярностей в 4-х секторной структуре в 2006-2007 гг. сохранялись до августа 2007 г. Далее рекуррентность по переходам границ СС изменилась.

2. Границы переходов в конце 2007 года показывают образование 2-х секторной структуры, регулярной в 2008 г. – произошло уплощение гелиосферного плазменного слоя. Последующие трансформации усложняют СС.

3. Фрактальные расчеты плазменных параметров СВ выявляют типичную вариацию ФР в плазменном слое. Уменьшение величин ФР до 1,5 соответствует сквозному прохождению ГПС или (в минимуме) – прохождению периферии ГПС без пересечения ГТС (тогда СС не изменяется). В вариациях ФР в ГПС выявляется подобие в большинстве случаев. Плазма СВ – фрактальная среда, ФР которой отражает структурность параметров СВ.

4. В равноденствиях эпохи минимума проявляется преимущественная полярность той полусферы Солнца, на которую приходится гелиопроекция Земли, максимальная в равноденствие.

5. Нейтральная линия поля на поверхности источника (при соответствующем учете прохождения СВ 1 а.е.) дает информацию о ГПС и помогает отождествлению ГПС в СВ вблизи Земли.

6. Солнечные пятна нового 24 цикла, слабые и высокоширотные, не имеют влияния на положение ГПС в минимуме.

7. Геомагнитная возмущенность обеспечена коротяирующими потоками СВ

СРАВНЕНИЕ РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА С ЦЮРИХСКИМ И РАСШИРЕННЫМ ПУЛКОВСКИМ РЯДАМИ ПЛОЩАДЕЙ

В.Н. Ишков, И.Г. Шибает

ИЗМИРАН, ishib@izmiran.ru

В основу анализа рядов площадей положен подход основанный на оценке гладкости огибающих и "мгновенных" частот основных спектральных компонент исследуемого массива [1]. Выделяются временные фрагменты отличительного поведения, обсуждаются причины этого. Анализ циклов VIII, IX и XI дополнен оценками интегральных параметров. Рассматривается возможность отнесения циклов VIII и IX к достоверным циклам.

1. Ишков В.Н., Шибает И.Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования // Известия РАН, серия физическая. 2006. Т. 70, № 10. С. 1439-1442.

ОЦЕНКА МИНИМУМА ДАЛЬТОНА ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ДОСТОВЕРНОГО РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА И И ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЯДАМ

И.Г. Шибает

ИЗМИРАН, ishib@izmiran.ru

Для достоверного ряда чисел Вольфа (1849 – 2008 гг.) и восьми температурных массивов проведено сопоставление свойств основных гармоник. Отмечена тенденция к синхронизации температурных характеристик около 1925 г. и далее, т.е. при росте солнечной активности. Подобное наблюдается и до 1850 г. и при минимуме Дальтона, что ставит новые вопросы о качестве восстановленной части ряда чисел Вольфа.

БЫСТРО И МЕДЛЕННО ВРАЩАЮЩИЕСЯ КОРОНАЛЬНЫЕ ДЫРЫ ПО ГЕОМАГНИТНЫМ ДАННЫМ

Шнирман М.Г., Блантер Е.М., Ж.-Л. Ле Моуель

Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, shnir@mitp.ru

Геомагнитный индекс DST (определён с 1957 года), очень широко используется для описания солнечной активности. Несмотря на очевидную корреляцию с солнечными пятнами (WN), DST предоставляет иную информацию о Солнце (точнее, об открытых трубках магнитного поля) В работе исследуется динамика осе-несимметричной части солнечной активности- 27 дневный сигнал, сравниваются особенности этого сигнала в солнечных пятнах (WN) и геомагнитных проявлениях (DST). Основным методом исследования является построение волновых пакетов в скользящем временном окне. Рассматриваются: 4-летнее окно, позволяющее изучать 11-летний период модуляции сигнала и 11-летнее окно, позволяющее изучать долговременные тренды этой модуляции. 27-дневный сигнал описывается как совокупность ортогональных при заданной длине окна гармоник. Сигнал разделяется на пакеты «медленных» гармоник с периодами (27.3-31 дней) и «быстрых» с периодами (25-27.3 дней). Сопоставление эволюций «быстрых» и «медленных» пакетов для WN и DST приводит к следующим выводам:

- 1) Активность в быстро и медленно вращающихся частях фотосферы (определяемая по WN) модулирована солнечным циклом приблизительно одинакова.
- 2) Активность в быстро и медленно вращающихся частях короны (определяемая по DST) имеет совершенно различную долговременную модуляцию. Предполагая, что «быстрые» волны DST порождаются близэкваториальными корональными дырами и «медленные волны» DST порождаются расширениями полярных корональных дыр в умеренных широтах, можно также установить что:
- 3) Близэкваториальные корональные дыры (по DST) вращаются в основном совместно с фотосферой (по WN).
- 4) Поведение короны в умеренных широтах (по DST) никак не связано с активностью частей фотосферы вращающимися с теми же периодами (по WN).

ДИНАМО ПАРКЕРА ВБЛИЗИ ПОРОГА ВОЗБУЖДЕНИЯ

М.А.Северьянова, Е.П.Попова, Д.Д.Соколов

*Московский Государственный университет, Физический факультет, Москва,
119992,Россия, sokoloff@dds.srcc.msu.su*

Развит метод построения асимптотических решений уравнений нелинейного динамо среднего поля вблизи порога возбуждения. Метод применен для построения асимптотического решения уравнений солнечного динамо в модели Паркера. Показано, что форма этого решения соответствует форме маргинально устойчивой собственной функции кинематических уравнений.

ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН ПО НАЗЕМНЫМ И КОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, nag@gao.spb.ru

Приведена сводка результатов исследования колебаний в активных областях Солнца на временной шкале десятки-сотни минут, полученных авторами в последние 25 лет как из наземных наблюдений, так и данных КА SOHO. Показано, что солнечные пятна, кроме колебаний напряженности магнитного поля, демонстрируют целый набор геометрических мод, развивающихся и в относительной системе координат, связанной с пятном (радиальные и крутильные), и в абсолютной системе координат гелиографической сетки (широтные и долготные). Амплитуда «абсолютных» колебаний резко падает с глубиной пятна. Приводится интерпретация явления долгопериодических колебаний, в которой ключевую роль играют «магнитные фрагменты» - детали неоднородной структуры пятна, являющиеся основаниями отдельных корональных арок «магнитосферы» активной области.

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАРАМЕТРА ФЛУКТУАЦИЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Козлов В.И., Козлов В.В.

Институт космофизических исследований и аэронауки имени Ю.Г. Шафера,
СО РАН, г. Якутск, cosmoprognoz@mail.ru

Выход системы на предельный критический режим описывается, как известно из вероятностной теории разрушения сплошных сред и теории надежности, распределением Вейбулла-Гнеденко. Таковым *предельным* режимом можно считать режим выхода на *геоэффективную фазу* 11-летнего цикла. Задача изучения переходного режима сводится, в данном случае, к задаче определения функции интенсивности отказов системы, выработавшей свои ресурсы. Максимум функции интенсивности отказов рассчитанной за каждый оборот Солнца, или максимум функции риска есть, по сути – вероятность достижения критического значения анализируемой *переменной*, в данном случае – *интенсивности* галактических космических лучей (ГКЛ). Эта вероятность и определяется нами как параметр флуктуаций космических лучей. В итоге, было установлено наличие *значимого максимума* параметра флуктуаций, в среднем, за время ~ **1 оборот Солнца до начала** глубокого минимума в интенсивности ГКЛ, регистрируемого на геоэффективной фазе солнечного цикла. Это указывает на прогностические возможности введенного параметра флуктуаций ГКЛ. Исходя из вероятностной трактовки параметра флуктуаций, уровень вероятности $P \geq 0,5$ можно выбрать в качестве *предельного*, выше которого вероятность наступления геоэффективной фазы солнечного цикла можно считать значимой (см. <http://www.forshock.ru>). Наибольший интерес представляет выяснение *условий* на Солнце и в межпланетной среде, которые приводят к формированию *предвестника* в космических лучах **в течение 1-3 оборотов до начала** геоэффективной фазы 11-летнего цикла.

ПРЕДСКАЗАНИЕ АМПЛИТУДЫ 24-го СОЛНЕЧНОГО ЦИКЛА

Подладчикова Т.¹, Ван дер Линден Р².

¹ *Институт космических исследований, РАН, Москва, Россия, УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», Киев, Украина, tpodlad@rambler.ru*

² *Центр данных влияния Солнца, Королевская обсерватория Бельгии, Брюссель, Бельгия*

В этой работе развивается техника для предсказания максимальных значений 24-го солнечного цикла на основе особенностей интегральной активности падающей фазы предыдущего цикла. Два значимых индикатора, отражающих вариабельность скорости падения числа Вольфа в падающей фазе 23-го солнечного цикла, используются для предсказания амплитуды 24-го цикла. Первый индикатор, надежность которого подтверждается для всех циклов с 2 по 23-ый, прогнозирует ослабление 24-го солнечного цикла по сравнению с 23-м.

Второй индикатор используется для количественной оценки максимума 24-го цикла. На основе этого индикатора оценивается верхняя граница максимума 24-го цикла и предсказывается, что его амплитуда не превысит 72.

ИЗМЕНЕНИЯ В МИКРОВОЛНОВОМ ИЗЛУЧЕНИИ ПЕРЕД МОЩНЫМИ СОЛНЕЧНЫМИ ВСПЫШКАМИ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА РАДИОГЕЛИОГРАФАХ

Бакунина И.А.^{1,2}, Мельников В.Ф.^{2,1}

¹ *ФГНУ «Научно-исследовательский радиофизический институт», Нижний Новгород*

² *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург, troi@srd.sinp.msu.ru*

Радиоизлучение сантиметрового диапазона генерируется на высотах магнитосферы активной области, где происходят процессы накопления и освобождения энергии, а также процессы рождения СМЕ, поэтому динамика микроволнового излучения (изменения общего потока отдельных радиоисточников и их степени круговой поляризации, пиковых значений яркостных температур), а также существование в течение длительного времени межпятенных источников (МПИ), дают важную информацию о готовности активной области произвести мощную солнечную вспышку. Появление МПИ, возможно, указывает на длительную предвспышечную инжекцию нетепловых электронов в вершинах магнитных петель. В данной работе наличие данных признаков показано на примере нескольких активных областей 23-го цикла солнечной активности, наблюдавшихся на двух частотах -17 и 34 ГГц - радиогелиографа NoRH (Нобеяма) и на частоте 5.7 ГГц радиогелиографа ССРТ (Иркутск).

С Е К Ц И Я «ИОНОСФЕРА» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СПОРАДИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОТРАСС СПУТНИК-СПУТНИК

В.А. Ануфриев, С.С. Матюгов, А.А. Павельев, А.Г. Павельев, О.И. Яковлев

*Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН Москва, Россия,
pylv@ms.ire.rssi.ru*

Исследовалось географическое и сезонное распределение спорадических слоев в нижней ионосфере Земли в зависимости от солнечной активности в течение периода 2002-2008 годов. Исследования проводились методом анализа амплитудных и фазовых составляющих радиоголограмм, полученных в ходе радиозатменных миссий CHAMP, FORMOSAT-3 путем регистрации высокостабильных сигналов навигационной системы GPS на трассах спутник-спутник. Наблюдалось географическое и сезонное распределение спорадических слоев, впервые полученное с высоким пространственным и временным разрешением. Получены данные о статистике появлений спорадических ионосферных образований в экваториальных, среднеширотных и полярных областях для условий дня и ночи. Построены карты географического распределения интенсивных ES-структур. Установлена устойчивая связь между приходом к Земле ударной волны солнечного ветра, возрастанием интенсивности мелкомасштабных неоднородностей плазмы и появлением интенсивных спорадических образований в нижней ночной высокоширотной ионосфере. В высоких широтах в ночной ионосфере интенсивные спорадические структуры связаны с воздействием ударных волн солнечного ветра. В полярных районах индекс S4 в течение 2001-2008 гг. постепенно снижался от 10% до 7%, что указывает на постепенное ослабление интенсивности ударных волн по мере приближения к минимуму солнечной активности. Усредненный по всему земному шару индекс S4 практически не менялся. Разработанный метод позволил выяснить связь следующих явлений: приход ударной волны солнечного ветра – высыпание из радиационного пояса энергичных частиц – возбуждение неоднородностей плазмы в F области ионосферы – появление интенсивных спорадических структур в нижней ночной ионосфере.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СЛОИСТЫХ СТРУКТУР ИОНОСФЕРЫ И АТМОСФЕРЫ ВЕНЕРЫ МЕТОДОМ ДВУХЧАСТОТНОГО РАДИОПРОСВЕЧИВАНИЯ

Гаврик А.Л.

ФирЭ им. В.А. Котельникова РАН, alg248@ire216.msk.su

Метод радиопросвечивания – эффективное средство исследования динамики ионосферной плазмы на высотах 80...1000 км, а также плотности, температуры и давления нейтральной атмосферы на высотах 40...100 км. Целью эксперимента двухчастотного радиопросвечивания в проекте ВЕНЕРА-Д является обеспечение качественно нового уровня исследования структуры ионосферы и атмосферы Венеры. Разработка новых технологий для анализа высокостабильных когерентных радиосигналов L- и X-диапазонов, излучаемых с орбитального аппарата, позволит получить уникальные

научные результаты о динамике ионизованных и нейтральных слоев в интервале высот 40...1000 км. Высокое пространственное разрешение позволит регистрировать и исследовать проявления внутренних гравитационных волн в верхней атмосфере и в нижней ионосфере на высотах 50...120 км по измерениям амплитуды и фазы радиосигналов. Высокая чувствительность к вариациям концентрации плазмы радиосигнала L-диапазона предоставит возможность изучения нижней области ионосферы Венеры, природы ее образования и изменчивости. Многократные радиопросвечивания прояснят динамические процессы в дневной и ночной ионосфере и атмосфере, закономерности изменения концентрации нейтральных и ионизованных частиц при переходе от дневных к ночным условиям. Получение новых экспериментальных данных, их сравнение с результатами других экспериментов проекта ВЕНЕРА-Д, с результатами предыдущих миссий к Венере и с регулярными измерениями физических параметров солнечной активности и солнечного ветра расширит возможности изучения отклика ионосферы и атмосферы Венеры на состояние межпланетной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОФН РАН №VI.15.

РЕГИСТРАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ В ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ РС1 В ОБС. БАРЕНЦБУРГ

А.Б. Пашин¹, А.А. Мочалов¹, и Т. Иоман²

¹ Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Россия, pashin@pgia.ru

² Университет Лечестера, Лечестер, Великобритания

Модулированный нагрев ионосферы на установке SPEAR в 2006 году на арх. Шпицберген был нацелен на инжекцию искусственных низкочастотных эмиссий в магнитосферы и регистрацию их на спутниках. Изучение искусственных магнитных пульсаций диапазона РС1 проведено по наземным данным магнитометра Полярного геофизического института в обс. Баренцбург. Примеры спектрограмм зарегистрированных пульсаций приведены на рисунках 1 и 2 для событий 11 и 12 июля. Генерация искусственных эмиссий 11 июля имеет нерегулярный характер, в то время, как 12 июля, пульсации наблюдались в течение всего интервала нагрева. В течение 2006 года в 150 экспериментах, когда использовалась модуляция в диапазоне пульсаций РС1, искусственные эмиссии были выделены в 10% времени нагрева. Такая же вероятность наблюдения искусственных пульсаций была обнаружена в авроральной зоне на нагревном стенде Тромсе, эффективная излучаемая мощность которого на порядок выше. В предложенной ранее численной модели генерации искусственных пульсаций герцового диапазона, основными параметрами влияющими на их амплитуду, и как следствие, на вероятность их обнаружения, являются электронная плотность в D области ионосферы и ионосферное электрическое поле. Из-за отсутствия прямых измерений этих параметров, проводилось статистическое изучение вероятности регистрации эмиссий от сезона и местного времени и К-индекса. Наибольшая вероятность наблюдения искусственных пульсаций в ноябре и вечерние часы, а выраженная зависимость от магнитной активности отсутствует. Статистические закономерности, обнаруженные в экспериментах по возбуждению искусственных пульсаций, противоречат существующей модели их генерации.

АСИМЕТРИЧНЫЕ СТРУКТУРЫ ПРОДОЛЬНЫХ ТОКОВ И КОНВЕКЦИИ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ, КОНТРОЛИРУЕМЫЕ АЗИМУТАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТОЙ ММП И СЕЗОНОМ ГОДА

Р.Ю. Лукьянова¹, А. Козловский², Ф. Христиансен³

¹ Арктический и антарктический НИИ, г.С.-Петербург, Россия, renata@aari.nw.ru

² Соданкюля геофизическая обсерватория, Финляндия

³ Космический Центр ДТУ, Копенгаген, Дания

Представлены результаты использования статистической модели продольных токов (ПТ) по спутниковым данным и численной модели распределения электрического потенциала для выделения асимметричной части в структурах ПТ и конвекции ионосферной плазмы, контролируемых азимутальной (ВУ) компонентой ММП в различные сезоны года. Эти структуры можно обнаружить, построив диаграммы, представляющие собой разности между соответствующими картами для противоположных знаков ММП ВУ. Для лета и равноденствия получены симметричные относительно полуденного меридиана приполюсные токи кругового сечения и межполушарные токи на более низких широтах, а также соответствующие вихри конвекции вокруг полюса. В зимних условиях четкие структуры трудно выделить, а наиболее интенсивный ток находится на утренней стороне. На разностных диаграммах электрического потенциала получается двухвихревая система с фокусами, находящимися в послеполуденном и послеполуночном секторах. Таким образом, в солнцестояние в противоположных полушариях сосуществуют качественно различные структуры ПТ и конвекции. Оценена величина электрического потенциала, возникающего в околополюсной области под действием ВУ-компоненты, и его изменение под действием дополнительных факторов.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА ПЛАЗМЕННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ С ИСКУССТВЕННЫМИ ОБЛАКАМИ И СТРУЯМИ В ИОНОСФЕРЕ

Н.И.Ижовкина

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, им. Н.В.Пушкова, г. Троицк, Московская обл., e-mail: izhovn@izmiran.ru

В экспериментах с искусственными плазменными облаками и струями в ионосфере и магнитосфере исследовались электрические поля в околоземном космическом пространстве. Наблюдалось развитие немонотонной по плотности плазмы стратификации искусственного плазменного образования с масштабом страт поперек геомагнитного поля – метры - десятки метров. В работе показано, что электродинамика плазменных облаков и струй, распадающихся на страты, определяется возбуждением и затуханием быстрых колебаний электронного компонента плазмы на фоне медленных колебаний ионного в диапазонах частот электростатических колебаний замагниченной плазмы (электростатические бернштейновские моды электронного и ионного компонентов плазмы и ионно-звуковые колебания).

ОТРАЖЕНИЕ И ПРОХОЖДЕНИЕ СВИСТОВЫХ ВОЛН ЧЕРЕЗ ИОНОСФЕРУ В СЛУЧАЕ МАЛЫХ УГЛОВ ПАДЕНИЯ

Кузичев И. В., Шкляр Д. Р.

Институт Космических Исследований РАН, Mar-cuss@yandex.ru

Проблема прохождения свистовой волны через ионосферу является одной из наиболее важных и вместе с тем сложных проблем, возникающих при исследовании ОНЧ волн в околоземном пространстве. Анализ этого процесса необходим для понимания и интерпретации как спутниковых, так и наземных ОНЧ измерений. Вот почему этот вопрос был в центре внимания с самого начала ОНЧ исследований [Budden, 1985; Helliwell, 1965]. Трудность рассмотрения этого вопроса связана, в конечном итоге, с быстрым изменением параметров ионосферы по сравнению с характерной длиной ОНЧ волны. Это делает неприменимым рассмотрение задачи в рамках геометрической оптики. С другой стороны, волновое рассмотрение данной задачи также сопряжено с серьезными трудностями, поскольку, как известно, волновые уравнения в данном частотном диапазоне описывают как распространяющуюся свистовую моду, так и экспоненциально нарастающую моду, приводя к неустойчивости решений [Budden, 1985; Nagano et al 1975, 2003]. В настоящей работе развит новый подход к решению этой проблемы, который заключается в том, что нарастающая мода исключается из рассмотрения с помощью аналитических методов; при этом численные расчеты сводятся к решению устойчивой системы уравнений, которая может быть проинтегрирована стандартными методами. С помощью этого подхода была решена задача о падении свистовой волны на ионосферу сверху под малым углом. Получена зависимость коэффициента отражения от частоты для различных углов падения. Эта зависимость имеет немонотонный характер, что отражает резонансные свойства ионосферы для волн данного частотного диапазона.

Литература

Budden, K. G. (1985), *The Propagation of Radio Waves: The Theory of Radio Waves of Low Power in the Ionosphere and Magnetosphere*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.

Helliwell, R. A. (1965), *Whistlers and Related Ionospheric Phenomena*, Stanford University Press, Stanford, California

Nagano, I., M. Mambo, G. Hutatsuishi (1975), Numerical calculation of electromagnetic waves in an anisotropic multilayered medium, *Radio Science*, **10**, 611-617.

Nagano, I., S. Yagitani, K. Miyamura, S. Makino (2003), Full-wave analysis of elves created by lightning-generated electromagnetic pulses, *J. atmos. terr. Phys.*, **65**, 615--625.

АНАЛИЗ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ВО ВРЕМЯ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Козак Л.В., Шуенко А.В.

Кафедра астрономии и физики космоса физического факультет, Киевского национального университета имени Тараса Шевченка, Киев, Украина, kozak@univ.kiev.ua

В работе сделан обзор и анализ условий возникновения кратковременных оптических явлений в атмосфере, а именно спрайтов, эльфов, голубых джетов и молний вверх. Указана закономерность их возникновения и проявлений. Численно смоделированы квазиэлектростатические поля системы грозových зарядов с использованием модели Вильсона. Получено, что в нижней атмосфере, расстояние диссипации электрического поля созданного системой грозových облаков составляет порядка 10 км. Данный результат совпадает с результатами прямых измерений.

Кроме того, проведено моделирование временной и пространственной динамики электрического поля при внесении единичного заряда в систему Земля-ионосфера и сравнение полученных результатов с аналитическим решением.

Полученные результаты моделирования электростатических полей могут быть использованы как для численного моделирования непосредственно спрайтов и джетов, поскольку найденные конфигурации электростатического поля являются средой, в которой возникают и развиваются данные процессы, так и для анализа данных наблюдений.

СЕКЦИЯ «ИОНОСФЕРА» СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ИОННО-ЦИКЛОТРОННЫХ ВОЛН В ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЕ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА СПУТНИКАХ ST5

Полозова Т.Л.⁽¹⁾, Пилипенко В.А.⁽²⁾, Чугунова О.М.⁽²⁾

(1) Московский инженерно-физический институт, Москва

(2) Институт космических исследований РАН, Москва

Представлены результаты наблюдения ионно-циклотронных волн (ИЦВ) в частотном диапазоне 0.2-5 Гц, зарегистрированных спутниками ST-5. В этом проекте три идентичных микро-спутника находились на практически одинаковых орбитах (конфигурация «жемчужин на цепочке») на высотах от 300 до 4500 км с разномом от 5000 км до 50 км между ними в течение 3 месяцев в 2006 г. Анализ зарегистрированных событий показывает, что традиционные представления о ИЦВ, как альвеновских волновых пакетах, распространяющихся вдоль геомагнитных силовых линий и осциллирующих между сопряженными ионосферами, не могут интерпретировать результаты наблюдений. Все зарегистрированные волны были локализованы по широте, с характерным масштабом от первых десятков до 100 км. Пространственные особенности поляризационной структуры для части зарегистрированных волн свидетельствуют об их захвате волн в магнитосферный волновод, образующийся за счет поперечной дисперсии. Относительная редкость регистрации ИЦВ всеми 3 аппаратами на одной орбите может свидетельствовать о том, что ионно-циклотронная неустойчивость развивается не непрерывно, а в кратковременном режиме с характерным временем до 10 мин. Для случаев пролета ST-5 вблизи силовых оболочек, сопряженных с наземным индукционным магнитометром, краткому всплеску ИЦВ в верхней ионосфере соответствовало длительное излучение в том же частотном диапазоне на Земле.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРУПНОМАСШТАБНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ВБЛИЗИ ГРАНИЧНОЙ ЧАСТОТЫ ПРОСВЕЧИВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ

Афанасьев Н.Т., Марков В.П.

Иркутский государственный университет, nta@api.isu.ru

Регистрация трансionoграмм в диапазоне частот зондирования, примыкающих к граничной частоте просвечивания ионосферы может обеспечить слежение за динамикой крупномасштабной неоднородности электронной концентрации [1]. Для восстановления параметров неоднородности обычно используют метод прямого численного синтеза трансionoграмм. Между тем на данном пути встречается ряд трудностей. Прежде всего, это касается проблемы пристрелки в пункт наблюдения трансionoсферных траекторий радиосигнала на разных частотах в среде с локализованной неоднородностью. Кроме того, прямое численное моделирование трансionoграмм с деформацией следа, вызванной влиянием неоднородности, не позволяет установить аналитические соотношения между характеристиками следа и параметрами неоднородности. Эти трудности можно обойти, если при решении задачи синтеза возмущенных трансionoграмм использовать

асимптотические разложения.

В работе предложен численно-асимптотический метод синтеза трансionoграмм с деформацией следа. Получены приближенные функциональные соотношения между характеристиками следа и параметрами неоднородности. Представлены результаты моделирования вариаций времени группового запаздывания трансionoсферных радиосигналов и показана возможность определения параметров неоднородности по возмущенным следам на трансionoграммах, полученных при различных положениях космического аппарата относительно наземного пункта наблюдения. Показано, что интенсивность и размеры неоднородности могут быть уверенно восстановлены по возмущенным участкам серии трансionoграмм, отвечающим вариациям времени группового запаздывания радиосигналов, распространяющихся сквозь ионосферу по наклонным и слабоскользящим (вдоль уровня экстремальной ионосферной ионизации) траекториям.

1. Ионосферно-магнитная служба // Сб. статей под ред. Авдюшина С.И., Данилова А.Д., Ленинград: Гидрометеиздат. 256 с. 1987.

ИОНОСФЕРА ВЕНЕРЫ ПО ДАННЫМ ДВУХЧАСТОТНОГО РАДИОПРОСВЕЧИВАНИЯ

Гаврик А.Л., Гаврик Ю.А., Григорьевская М.В., Копнина Т.Ф., Самознаев Л.Н.

ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, alg248@ire216.msk.su

К настоящему времени 9 миссий космических аппаратов провели ~800 радиопросвечиваний ионосферы Венеры, из них 20% выполнены станциями ВЕНЕРА-15,-16. Получены высотные профили концентрации электронов $N(h)$ и выявлены закономерности вариаций $N(h)$ при изменении освещенности Солнцем. Но использование фазы радиосигнала для решения обратной задачи радиопросвечивания и определения $N(h)$ приводило к систематической погрешности, источниками которой являлись вариации фазы в межпланетной плазме, горизонтальные градиенты $N(h)$ и ошибки интегрирования.

В результате применения новых технологий обработки и анализа экспериментальных данных станций ВЕНЕРА-15,-16 исследована тонкая структура ионосферы Венеры. Выявлен плазменный слой в дневной ионосфере, фокусирующий сигнал с длиной волны 32 см с увеличением его мощности в 4 раза. Показано регулярное формирование слоистых структур в дневной ионосфере на высотах 160...200 км и обнаружены признаки волнового процесса на высотах 65...120 км. Показано, что нижняя часть ионосферы на высотах 80...120 км очень изменчива, концентрация плазмы нижних слоев уменьшается с ростом зенитного угла Солнца, а на ночной стороне подобные слои не наблюдаются.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОФН РАН №VI.15.

ПРОТИВОФАЗА ПРОЯВЛЕНИЙ ИОНОСФЕРНО-ПЛАЗМОСФЕРНЫХ БУРЬ В СЕВЕРНОМ И ЮЖНОМ ПОЛУШАРИЯХ

Гуляева Т.Л.

ИЗМИРАН, gulyaeva@izmiran.ru

Степень ионосферной возмущенности градуирована в узлах глобальных карт полного электронного содержания, GPS-TEC, за период с 1999 по 2009 годы. Степень возмущенности обозначена как W индекс, равный ± 1 для спокойного состояния, ± 2 при умеренном возмущении, ± 3 при малой буре, ± 4 при интенсивной буре, знак характеризует положительную или отрицательную степень отклонения от спокойного уровня за предыдущие 27 дней (один оборот Солнца). По картам W индекса составлен каталог ионосферно-плазмосферных бурь, представленный на сайте ИЗМИРАН (<http://www.izmiran.ru/services/iweather/storm/>). При сопоставлении W индекса в магнито-сопряженных областях во время бурь показано, что знак отклонения ночью в высоких и средних широтах противоположен в северном и южном полушарии. Аналогичное поведение описано в литературе по наблюдениям критических частот и полного электронного содержания во время полного солнечного затмения.

СЕКЦИЯ «ГРАНИЦЫ МАГНИТОСФЕРЫ» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДВУХ ТИПОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ИОНОВ ПО СКОРОСТЯМ ПРИ ВЫСОКОШИРОТНОМ ПЕРЕСОЕДИНЕНИИ

Вайсберг О.Л.⁽¹⁾, Койнаш Г.В.⁽¹⁾, Артемьев А.⁽¹⁾, Малова Х.В.⁽¹⁾, Зеленый Л.М.⁽¹⁾, Аванов Л.А.⁽²⁾

1 - ИКИ РАН, olegv@iki.rssi.ru

2 - INNOVIM/NASA Goddard Space Flight Center

Явления высокоширотного пересоединения, благодаря высокой скорости деХоффмана-Теллера в этих областях, представляют хорошие возможности для исследования транспорта ионов в пересоединенной силовой трубке. Большое ускорение проходящих через тангенциальный разрыв ионов облегчает их отождествление на фоне основного ионного компонента.

Наблюдавшиеся на хвостовом зонде проекта Интербол функции распределения ионов в пересоединенных силовых трубках в обтекающем потоке в ряде случаев изменяются с удалением от пересечения токового слоя магнитопаузы. Чем ближе к пересечению магнитопаузы, тем большую плотность и тем меньше отличается по скорости более быстрый ионный компонент от основного компонента в обтекающем потоке.

Мы рассматриваем происхождение второго компонента в обтекающем потоке, вклад в который может вносить прошедший магнитосферный компонент, отраженные от токового слоя ионы обтекающего потока, и негиротропные ионы, проникающие из магнитосферы при циклотронном движении. В нашем случае мы не можем отличить по скорости прошедший магнитосферный компонент от отраженного компонента. Вклад негиротропных ионов регистрируется вблизи пересечения токового слоя, и его наличие свидетельствует о прохождении ионов через токовый слой магнитопаузы на расстоянии гирорадиуса. Это приводит к различным характеристикам второго компонента в различных частях пересоединенной трубки.

Мы также рассмотрели возможность эволюции двух-потокowego ионного распределения благодаря двух-потоковой неустойчивости и оценили ее инкремент для различного отношения плотностей двух ионных компонентов.

ОДНОВРЕМЕННОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ПРИХОДА ТОКОВОГО СЛОЯ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ К ОКОЛОЗЕМНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЕ, ОБРАЗОВАНИЯ АНОМАЛИИ ГОРЯЧЕГО ТЕЧЕНИЯ И ГЕНЕРАЦИИ ПУЧКА ПОЧТИ МОНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИОНОВ

Луценко В.Н., Гаврилова Е.А.

Институт космических исследований РАН, Москва, vlutsenk@iki.rssi.ru

Рассмотрено несколько случаев наблюдения на ИСЗ Интербол-1 одновременного прихода к околоземной ударной волне (ОЗУВ) токового слоя в солнечном ветре, образования аномалии горячего течения и генерации пучка почти моноэнергетических

ионов (ПМИ). Наблюдения подтвердили связь этих явлений и предложенную нами ранее гипотезу о природе и происхождении пучков ПМИ около ОЗУВ.

КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКОЕ ПОЯВЛЕНИЕ ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЫ В СЕВЕРНОЙ ДОЛЕ МАГНИТОСФЕРНОГО ХВОСТА ПРИ СЕВЕРНОМ НАПРАВЛЕНИИ МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.

Койнаш Г.В.¹, Вайсберг О.Л.¹, Аванов Л.А.².

1 - *Институт космических исследований РАН, gregory_koynash@iki.rssi.ru*

2 - *INNOVIM/NASA Goddard Space Flight Center*

Проведен анализ всплесков плотной плазмы внутри северо-восточной части хвоста магнитосферы Земли вблизи магнитопаузы при северном направлении межпланетного магнитного поля. Периодичность появления плазменных всплесков, функции распределения которых соответствует плазме обтекающего потока, внутри магнитосферы Земли может быть вызвана одной из следующих причин: многократным или импульсным пересоединением, колебанием магнитопаузы, периодическим движением пересоединенной магнитной силовой трубки. Направление движения плазмы в этих всплесках и вид функции распределения ионов по скоростям позволяют считать сценарий пересоединения наиболее вероятным.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АНОМАЛИИ ГОРЯЧЕГО ПОТОКА

Шестаков А.Ю., Вайсберг О.Л.

Институт космических исследований РАН, sartiom1@yandex.ru

Работа посвящена исследованию аномалии горячего потока (НФА), образовавшейся на фронте околосредней ударной волны. Были использованы измерения ионов (СКА-1), электронов (ЭЛЕКТРОН) и магнитного поля (МИФ-3) на спутнике ИНТЕРБОЛ при пересечении НФА 14 марта 1996г. Из данных со спутника ИНТЕРБОЛ была определена ориентация токового слоя, образовавшего НФА. По динамическому спектру ионов в области аномалии было выделено несколько характерных областей. С использованием 2-х и 3-х мерных моделей ударной волны были получены данные о направлении электрического поля в области аномалии. В соответствии с представлениями о причинах возникновения этого явления, поля направлены к токовому слою по обе его стороны. Известно, что инжектируемые в область токового слоя ионы, отраженные от фронта ударной волны, приводят к возникновению 2-поточковой неустойчивости и разогреву плазмы с образованием НФА.

Так же была составлена картина движения аномалии по ударной волне и вычислена скорость этого движения. Из данных о скоростях частиц в теле НФА было показано, что образование расширяется. Этот вывод подтвердился при оценке давлений, создаваемых частицами плазмы и магнитным полем. При детальном изучении динамического спектра частиц аномалии было замечено, что аномалия неоднородна и состоит из двух частей. При построении диаграмм скоростей частиц было замечено, что в головной и хвостовой частях выделяются частицы, обладающие скоростями, направленными к Солнцу. Возможно, это является косвенным свидетельством конвективной структуры НФА. Были исследованы функции распределения ионов в различных областях аномалии. Сопоставление функций распределения с магнитным полем и динамическими спектрами дало более четкую

картину явления и позволило выделить область - источник тепловой и конвективной энергии.

С Е К Ц И Я «ГРАНИЦЫ МАГНИТОСФЕРЫ» СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

БАЛАНС ДАВЛЕНИЙ НА МАГНИТОПАУЗЕ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ СПУТНИКОВ ПРОЕКТА THEMIS

С. С. Знаткова^{1,2}, М.С. Пулинец¹, Е. Е. Антонова^{1,2}, Г.Н. Застенкер², И. П. Кирпичев^{2,1}

¹*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобельцына, МГУ,
г.Москва cotopaxy@gmail.com*

²*Институт космических исследований РАН, г. Москва*

Проведен анализ баланса давлений на магнитопаузе вблизи подсолнечной точки при пересечениях магнитопаузы спутниками проекта THEMIS. Определены динамическое, статическое давления плазмы и магнитное давление в магнитослое, магнитное давление и статическое давление плазмы внутри магнитосферы. Изучены вариации полного давления при нахождении одного из спутников внутри магнитосферы, а другого в магнитослое вблизи магнитопаузы. Показано что для исследованных событий в пределах ошибок измерений и применимости приближения анизотропной магнитной гидродинамики к бесстолкновительной плазме магнитослоя и магнитосферы, в среднем, соблюдается условие баланса давлений в подсолнечной точке.

СЕКЦИЯ «СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР, ГЕЛИОСФЕРА И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

УТОЧНЕННАЯ МОДЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ИСТОЧНИКА В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ

А.Я. Свекис*, И.С. Веселовский***

**Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ,
Москва, asvekis@gmail.com*

***Институт космических исследований РАН, Москва*

Аналитическая модель магнитного поля с поверхностью источника в солнечном ветре усовершенствована за счет введения дополнительного внешнего граничного условия, взятого из результатов многолетних наблюдений магнитного поля на КА «Ulysses». Радиальная составляющая межпланетного магнитного поля, согласно этим измерениям, практически не зависит от угловых координат – гелиодолготы и гелиошироты. Представлены результаты численных расчетов в рамках этой простой модели.

ГЛОБАЛЬНАЯ СТРУКТУРА СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В МИНИМУМЕ 23 ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Шишов В.И., Чашей И.В., Тюльбашев С.А.

ПРАО АКЦ ФИАН, chashey@prao.ru

Приведены результаты трех серий круглосуточного мониторинга межпланетных и ионосферных мерцаний радиоисточников, выполненных в 2006, 2007 и 2008 гг. в Пушинской Радиоастрономической обсерватории. Наблюдения проведены одновременно в 16 лучах диаграммы направленности радиотелескопа БСА ФИАН на частоте 110 МГц. Регистрировались все источники с мерцающими потоками от 0.2 Ян и выше в пределах склонений от $+3^\circ$ до $+10^\circ$ при наблюдениях в 2006 и 2008 годах и от 21° до 28° при наблюдениях в 2007 году. Измерялись значения структурных функций флуктуаций потоков источников на временных задержках 0.1с, 1 с и 10 с, которые характеризуют соответственно шумы, межпланетные и ионосферные мерцания. Каждый день наблюдалось порядка 1000 мерцающих радиоисточников. В качестве параметра, характеризующего межпланетную плазму, измерялась величина $N(\sigma_{\text{IPP}} \geq \sigma_{\text{IPP},0})$ - число мерцающих радиоисточников с мерцающими потоками σ_{IPP} большими заданного потока, расположенных в площадке неба размером 8 градусов по склонению и 0.5 часа по прямому восхождению. Этот параметр пропорционален квадрату среднего индекса мерцаний ансамбля радиоисточников в данной площадке неба. Аналогичным образом был определен параметр $N(\sigma_{\text{Ion}} \geq \sigma_{\text{Ion},0})$, характеризующий ионосферные мерцания. Определен суточный ход индекса межпланетных мерцаний. Наблюдались слабые вариации день ото дня индекса межпланетных мерцаний. В целом в период наблюдений межпланетная плазма и ионосфера находились в спокойном состоянии. По наблюдениям в 2008 г. в период очень глубокого минимума солнечной активности отмечена необычно слабая зависимость величины индекса мерцаний от положения радиоисточников относительно

Солнца. Такая слабая зависимость объяснена сильной вытянутостью распределения турбулентной плазмы вдоль экваториальной плоскости.

ДИНАМИКА СПЕКТРОВ ДОЛГОПЕРИОДНЫХ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В 23 ЦИКЛЕ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА

Сарычев В.Т.

Томский государственный университет, Томск, vsarych@mail.tsu.ru

Приводятся амплитудные спектры вариаций основных параметров солнечного ветра: концентрации протонов, температуры, компонент скорости, содержания гелия. Исходными рядами служат данные ACE за период с 1998 по 2009 г. Оценка спектров проводилась специально разработанным алгоритмом, нечувствительным к пропуску данных. Ряды разбивались на фрагменты длительностью один год со скольжением половина года. В результате было получено по 21 амплитудному спектру для каждого из перечисленных выше параметров. В спектрах наблюдаются линии с частотами кратными частоте вращения Солнца. Амплитуды этих линий для всех параметров менялись в течение цикла подобным образом.

Работа выполнена в рамках реализации АВЦП Рособразования «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009-2010 годы), ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МИНИМУМА В 23-ем СОЛНЕЧНОМ ЦИКЛЕ

Н.А.Лотова¹, К.В.Владимирский², В.Н.Обридко¹

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.

Н.В.Пушкова РАН, Троицк, Московская обл.

e-mail: nlotova@rambler.ru

Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва

В цикле солнечной активности происходит эволюция магнитных полей Солнца различных структур и масштабов. При изучении эпох солнечного цикла в литературе привлекаются обычно магнитные поля какого-либо одного, конкретного типа. Однако временные масштабы эволюции солнечных магнитных полей различного типа могут значительно различаться, что будет приводить к различию в оценке продолжительности эпох солнечного цикла. В нашем подходе, основанном на изучении корреляционной диаграммы зависимости $R_{in}=F(|B_R|)$, где R_{in} – внутренняя граница трансзвуковой области солнечного ветра, а B_R – напряженность магнитного поля в источнике, учитывается эволюция корональных магнитных полей различных масштабов. В соответствии с эволюцией источников изменяется разнообразие потоков солнечного ветра, которые возникают на корреляционной диаграмме. Это обстоятельство позволяет уточнить начало фазы аномально продолжительного минимума в 23-ем солнечном цикле.

СПЕКТРЫ ФЛУКТУАЦИЙ АМПЛИТУДЫ И ЧАСТОТЫ КОГЕРЕНТНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА MARS-EXPRESS ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Ефимов А.И.¹, Луканина Л.А.¹, Рудаш В.К.¹,
Самознаев Л.Н.¹, Чашей И.В.², Бёрд М.К.³

¹ Фрязинский филиал Учреждения Российской академии наук Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, <mailto:efimov@ms.ire.rssi.ru>

² Филиал Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН Учреждения Российской академии наук Физического Института им. П.Н.Лебедева РАН

³ Институт Астрономии им. Аргеландера Боннского университета

Проведение серии экспериментов по двухчастотному радиопросвечиванию околосолнечной плазмы когерентными сигналами S- и X-диапазонов космического аппарата MARS-EXPRESS предоставило ещё одну возможность исследовать турбулентность солнечного ветра в области его ускорения и установившегося течения. Измерения приведенной разности частот $\Delta f = f_s - (3/11)f_x$ и амплитуды радиоволн проводились в период с 25 августа по 22 октября 2004 г. при низком уровне солнечной активности: среднее число Вольфа составило $\langle W \rangle = 28.4$. Полученные данные относятся в основном к низким гелиоширотам, т.е. характеризуют медленный солнечный ветер. Спектральная обработка позволила получить радиальные зависимости среднеквадратичного значения флуктуаций частоты и логарифма амплитуды сигналов S- и X-диапазонов. Подтверждено, что показатель p пространственного спектра турбулентности в области ускорения солнечного ветра при гелиоцентрических расстояниях $R < 20R_s$ (R_s – радиус Солнца) уменьшается до значений 3.2...3.4, что приводит к наблюдаемому уплощению временных спектров флуктуаций приведенной частоты. При $R < 7R_s$ наблюдаются спектры с резким уменьшением спектральной плотности на флуктуационных частотах $\nu \approx (0.02...0.06)$ Гц. Сравнение с данными, полученными с помощью космического аппарата ULYSSES в 1991 г. при высоком уровне солнечной активности, показывает, что характеристики турбулентности низкоширотного солнечного ветра не изменяются в цикле солнечной активности. Установлено, что спектральная плотность логарифма амплитуды сигналов S- и X-диапазонов в частотном диапазоне (0.01...0.5) Гц приблизительно постоянна и не обнаруживает зависимости от фазы цикла солнечной активности. Сравнение радиальных зависимостей флуктуаций концентрации с радиальной зависимостью средней концентрации показывает, что относительная концентрация неоднородностей солнечного ветра слабо возрастает с увеличением гелиоцентрического расстояния в интервале $(10...40)R_s$.

КОРОНАЛЬНЫЕ ДЫРЫ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОТОКИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Шельтинг Б.Д., Обридко В.Н.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.
Н.В.Пушкова РАН, Троицк, Московская обл., obridko@izmiran.ru*

Продолжено и расширено исследование структуры корональных дыр и их связи с потоками солнечного ветра. Для этого подготовлен каталог корональных дыр за 23 цикл. Показано, что магнитное поле, переносимое к Земле солнечным ветром, определяется не

точкой гелиопроекции, а формируется в обширной зоне от -40° до $+40^\circ$ как по широте, так и по долготе. Это естественным образом объясняет дефицит значений поля вблизи нейтральной линии (двухвершинность распределения в отличие от одновершинности в точке гелиопроекции). При этом асимметрия распределения межпланетного магнитного поля имеет солнечное происхождение. Знак асимметрии согласуется со знаком асимметрии на Солнце при усреднении по протяженной области. Выделены КД, которые не сопровождались СМЕ типа HALO. Подтверждена связь яркости КД со скоростью солнечного ветра. Изучена зависимость этой связи от фазы цикла.

ИЗОТОПЫ ГЕЛИЯ И ДРЕВНИЙ СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

Г.С.Ануфриев

*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург,
anufriev.mass1@mail.ioffe.ru*

Исследован изотопный состав и концентрация изотопов гелия в 9 образцах, отобранных на разных глубинах колонки грунта «Луны-24». Получено, что с учетом случайных ошибок измерений изотопный состав гелия остается неизменным и типичным для захваченного солнечно-ветрового гелия. Концентрация гелия испытывает значительные вариации. Превышение и снижение от среднего значения составляют величины 1,5-2 раза. Полагая, что материал колонки грунта (1,6 метра) образовалась за счет длительного аккумуляирования обломочных лунных пород (реголита), и на основе измерения космогенных изотопов разработан метод определения скорости накопления реголита и метод определения возраста образцов колонки грунта. Получено, что скорость накопления реголита непостоянна и по длине колонки меняется в пределах $(0,2-0,8 \text{ см})/10^6$ лет. Диапазон времени формирования исследованной части колонки составляет величину 100-600 миллионов лет. Сделан вывод, что двукратное превышение концентрации гелия над средним вызвано длительным увеличением обилия гелия в потоке солнечного корпускулярного излучения 500 миллионов лет назад. Наблюдаемое снижение концентрации (600 миллионов лет назад) может быть связано как с солнечными так и с лунными процессами. В частности, исследована возможность диффузионных потерь гелия по механизму скачковой диффузии. Найдены параметры диффузии и получено, что при низкой (ночной) лунной температуре -120°C существенные потери гелия могут происходить из лунного грунта возрастом 1 миллиард лет и более.. Обнаруженные вариации измеренных концентраций гелия могут быть сопоставлены с вариациями обилия гелия в различных типах квазистационарных потоков солнечного ветра (СВ). Величина относительной интенсивности этих потоков могла увеличиваться или уменьшаться в процессе эволюции Солнца. Повышенная концентрация гелия может быть обусловлена преимущественным излучением высокоскоростного потока СВ с высоким обилием гелия (и низким обилием водорода) в потоке. Низкая концентрация гелия может быть обусловлена преимущественным воздействием потоков низкоскоростного СВ с низким обилием гелия (и высоким содержанием водорода) в потоке. Кроме того, обнаруженная повышенная концентрация гелия, могли быть также вызвана вкладом нестационарного солнечного ветра, порожденным явлением извержения корональной массы, для которого характерно высокое содержание (до 30%) гелия. Возраст обнаруженных вариаций потоков солнечного ветра сопоставлен с палеонтологическими эрами и периодами. Наиболее существенные вариации приходятся на палеозойскую эру. Однако, пока это только формальное сопоставление. Полученные результаты не противоречат известной периодичности активности Солнца. Исследования показывают, что, вероятно, существует также периодичность на интервале времени в миллионы лет. Для однозначного

установления этой важной солнечной закономерности необходимо получить данные о вариациях солнечного потока в интервале первых 100 миллионов лет. Потенциальная возможность исследований и методики имеются.

ПОЧЕМУ ДУЕТ СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР?

И.С. Веселовский

*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва
Институт космических исследований РАН, Москва, <mailto:veselov@de1.sinp.msu.ru>*

Общепринятый ответ на этот вопрос был сформулирован более полувека назад (E.N. Parker, 1958) на основе рассмотрения сферически симметричной модели течения политропного газа в поле тяжести центрального тела. Этот ответ сводится к тому, что корона плотная и горячая, а межзвездный газ разреженный и холодный, чем якобы и задано направление течения, имеющего к тому же сверхзвуковой характер для ионов. Однако, указанная модель была предложена ранее для описания полностью противоположной ситуации - падения вещества на звезду (H. Bondi, 1952). Вопрос о том, почему в случае Солнца преобладает истечение, а не аккреция, в рамках этой простой модели не может быть решен однозначно без дополнительных предположений и наблюдательных данных. Поэтому широко распространенные в учебниках аналогии с соплом Лавала сами по себе ничего не объясняют, а течение вещества могло бы происходить как от Солнца, так и к Солнцу. Тепловые и магнитные «насосы» в короне Солнца ускоряют потоки плазмы вдоль и поперек магнитного поля в любом направлении, что и наблюдается в турбосфере, то есть в области, где хаотически направленные движения быстрее регулярных течений вдоль радиуса. Законами сохранения энергии, импульса и массы не запрещается существование звезд солнечного типа, то есть похожих по массе, размеру и светимости, но без солнечного ветра, либо в состоянии продолжающейся аккреции. Такие объекты следует искать в наблюдениях доплеровских сдвигов спектральных линий в ультрафиолетовом диапазоне. Ответ на поставленный в заголовке вопрос может быть дан только на основе рассмотрения эволюции звезды вместе с ее окружением, а не исходя из текущего мгновенного состояния. Более того, сейчас уже достаточно хорошо известен факт, состоящий в том, что быстрый солнечный ветер истекает из холодных и разреженных участков короны (корональные дыры), а не из горячих плотных активных областей на Солнце. Это свидетельствует в пользу преобладания магнитных сил над тепловым давлением и ограничивает применимость аналогии с тепловой машиной типа сопла Лавала для объяснения самого факта существования солнечного ветра. Солнечный ветер существует потому, что отсутствует полное термодинамическое и механическое равновесие и продолжается эволюция самого Солнца и его окружения. Следует также отметить, что существование солнечного ветра, его основные гидродинамические параметры, да и сам термин «ветер» для обозначения перманентного истечения вещества из Солнца, применялся исследователями комет задолго до первых теоретических работ и прямых измерений в космосе, посвященных изучению этого интересного и не до конца понятного явления.

ИОННЫЙ СОСТАВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА ИЗ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР ПО ДАННЫМ С КА STEREO-A И STEREO-B

Шугай Ю.С.

Анализировались параметры и ионный состав солнечного ветра (СВ) из корональных дыр (КД) по данным с космических аппаратов STEREO-A и STEREO-B. Поскольку ионный состав СВ не подвержен сильным изменениям за время распространения СВ от Солнца до Земли, то это хороший параметр для изучения физических условий в солнечной короне. Исследование зарядового и массового состава ионов используется также для разделения различных типов СВ и определения их источников. В работе различия в зарядовом составе и профиле потока ионов СВ из различных КД сопоставлялись с внутренней структурой, геометрией и местоположением КД.

ПРИЗНАКИ СТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПЕРЕСОЕДИНЕНИЯ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ

Ю. Л. Сасунов, В.С. Семенов

Санкт-Петербургский государственный университет

Признаки магнитного пересоединения обнаружены в магнитосфере Земли и других планет, на Солнце, но, пожалуй, наиболее явные черты пересоединения зафиксированы в солнечном ветре на границах вспышечного потока. При пересечении слоя пересоединения хорошо видны убывание напряженности магнитного поля, появление ускоренных потоков, а также сжатие и нагрев плазмы. В большинстве случаев параметры плазмы и магнитного поля различны по разные стороны исходного токового слоя, в котором происходит пересоединение, и появляется возможность применить результаты о распаде произвольного разрыва (решение задачи Римана) к случаю стационарного пересоединения. Исследован распад токового слоя на систему МГД разрывов, состоящих из альвеновских разрывов, медленных ударных волн и контактного разрыва. Аналитическое решение сопоставлено с данными спутников ACE, Wind, Geotail и показано их достаточно хорошее согласие.

ЭНЕРГИЧНЫЕ НЕЙТРАЛЬНЫЕ АТОМЫ С ГРАНИЦЫ ГЕЛИОСФЕРЫ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ INTERSTELLAR BOUNDARY EXPLORER И ИХ АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ КИНЕТИКО-ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В.В.Измоленов^{1,2,3}, Д.Б. Алексахов^{1,3}, С.В. Чалов³, Ю.Г. Малама^{1,3}, М.С. Рудерман⁴, О.А. Катушкина^{1,2}, Е.А. Проворникова^{1,2}

¹ ИКИ РАН, Москва; ² МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва; ³ ИПМех РАН, Москва; ⁴ Sheffield University, UK

Будут представлены полные карты неба в потоках энергичных нейтральных атомов (ЭНА) гелиосферного происхождения, полученные впервые на космическом аппарате (КА) Interstellar Boundary Explorer (IBEX) в 2009 г. Будет проведено сравнение экспериментальных данных с результатами, полученными в рамках кинетико-газодинамических моделей взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой. Будет показана роль захваченных протонов, рожденных в межзвездной среде в

области за гелиопаузой, а также предложена модель, позволяющая объяснить обнаруженный на КА IBEX пояс энергичных частиц.

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ОБЛАСТИ ГЕЛИОСФЕРНОГО УДАРНОГО СЛОЯ

Е.А. Проворникова^{1,2}, М.С.Рудерман⁴, В.В.Измоленов^{1,2,3}, Ю.Г. Малама^{1,3},

¹ ИКИ РАН, Москва; ² МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва; ³ ИПМех РАН, Москва; ⁴ Sheffield University, UK

На основе нестационарной кинетико-газодинамической модели взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной среды (Izmodenov et al., 2005, 2008) исследовано распространение возмущений параметров солнечного ветра в области внутреннего и внешнего ударного слоя. В качестве граничных условий на 1 а.е. принимаются как модельные возмущения, так и реальные параметры солнечного ветра. В работе будет исследовано влияние возмущений на положение гелиосферной ударной волны и гелиопаузы, а также на параметры солнечного ветра вдоль траектории КА Вояджер 2. Будет проведено сравнение результатов расчетов с данными КА Вояджер.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСКОРЕНИЯ ПРОТОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ В ЛАБОРАТОРНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ

В.М. Томозов¹, Н.А. Строкин²

¹ ИСЗФ СО РАН, Иркутск, tom@iszf.irk.ru
² Физико-технический институт ИргТУ, Иркутск

В докладе приведены данные лабораторных экспериментов по ускорению протонов и электронов в квазинейтральном токовом слое и описаны их возможные приложения к интерпретации физических явлений, происходящих в солнечных вспышках и хвосте магнитосферы Земли.

Наблюдение вспышечного энерговыделения в условиях лабораторной плазмы имеет существенное значение для понимания процессов в космической плазме, связанных с формированием токовых слоев, перестройкой магнитных конфигураций, ускорением, нагревом и формированием спектров ускоренных протонов и электронов в области выделения энергии. Важным также является вопрос о включении и природе аномального сопротивления в плазме токового слоя. В связи с этим, подробно описаны временные и пространственные характеристики ускоренных электронов и протонов на разных стадиях существования турбулентного токового слоя на установке «УН-Феникс». Оценены эффективности ускорения протонов и электронов и их зависимость от параметров плазмы.

Основное внимание при сравнительном анализе эффективности ускорения в лабораторных и космических токовых слоях уделено моделям вспышек, в которых в той или иной степени заложены процессы перестройки структуры уже существующего токового слоя (нейтральной линии) с образованием, например, открытых конфигураций, и энерговыделению в геомагнитном хвосте при изменении полярности межпланетного магнитного поля.

ХАРАКТЕРИСТИКИ, ИСТОЧНИКИ И МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ МАГНИТНОГО ЦИКЛА В ИНТЕНСИВНОСТИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

М.Б. Крайнев

Физический институт им.П.Н. Лебедева РАН, Москва, krainev@fian.fiandns.mipt.ru

Обсуждается магнитный (или 22-летний) цикл в интенсивности галактических космических лучей – вариация, обусловленная изменением с таким периодом полярности солнечных и гелиосферных магнитных полей. Показано, что амплитуда этой вариации в интенсивности ГКЛ значительна и иногда сопоставима с амплитудой 11-летнего цикла. Кратко обсуждаются источники образования указанной вариации: изменение полярности крупномасштабных гелиосферных магнитных полей, изменение электрического потенциала удалённых областей гелиосферы относительно бесконечности. Кроме того, кратко обсуждаются возможные механизмы образования магнитного цикла в интенсивности ГКЛ в районе орбиты Земли: 1) регулярный магнитный дрейф частиц и дрейф на глобальном гелиосферном токовом слое, а также 2) только регулярный магнитный дрейф частиц через зону секторной структуры межпланетного магнитного поля, свойства которой зависят от углового размера этой зоны.

РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В 2009 ГОДУ ПО ДАННЫМ ЭМП (КОРОНАС-ФОТОН)

Мягкова И.Н., Калегаев В.В., Панасюк М.И., Денисов Ю.И., Богомоллов А.В.,
Старостин Л.И.

НИИЯФ МГУ, irnim@rambler.ru

Одна из центральных научных задач эксперимента, проводимого при помощи прибора «Электрон-М-Песка» на борту ИСЗ КОРОНАС-Фотон, третьего космического аппарата серии КОРОНАС (Комплексные Орбитальные Наблюдения Активности Солнца) начиная с марта 2009 года, является исследование динамики потоков заряженных частиц в магнитосфере Земли. Прибор «Электрон-М-Песка» представляет собой полупроводниковый телескоп заряженных частиц, регистрирующий протоны с энергиями выше 4 МэВ, электронов с энергией выше 200 кэВ, а также альфа-частицы и ядра.

Важным результатов эксперимента с прибором «Электрон-М-Песка» является то, что несмотря на отсутствие значимых геомагнитных возмущений в 2009 году, в минимуме цикла солнечной активности наблюдались значительные (более, чем на порядок) возрастания потоков электронов во внешнем РПЗ, связанные с приходом высокоскоростных потоков солнечного ветра (СВ). Упомянутые возрастания наблюдались в марте, апреле и начале мая, а также в июле, августе и конце октября 2009. Поскольку в указанные периоды времени на ряде высокоширотных станций наблюдалось возрастание волновой активности, мы предполагаем, именно усиление волновой активности и приводило к наблюдавшемуся возрастанию потоков релятивистских электронов. Данное предположение представляется вероятным, поскольку согласно современным теоретическим расчетам при нелинейном взаимодействии энергичных электронов с хорами большой амплитуды может происходить быстрое увеличение энергии электронов.

При этом следует отметить, что приход к Земле высокоскоростного потока СВ, по

всей видимости, не является достаточным условием для возрастания потоков релятивистских электронов во внешнем РПЗ, поскольку далеко не каждый приход высокоскоростного потока СВ в 2009 году сопровождается резким увеличением потока релятивистских электронов в околоземном пространстве, даже при условии наличия отрицательного B_z (так потоки релятивистских электронов не выросли в сентябре и двух первых декадах октября, хотя высокоскоростные потоки СВ имели место). Обнаруженный экспериментальный факт требует дальнейших детальных экспериментальных и теоретических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (07-02-92004-ННС-а)

СОЛНЕЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ОРБИТАЛЬНОГО СПЕКТРОМЕТРА ПАМЕЛА

O. Adriani¹, G.C. Barbarino², Г.А. Базилевская³, R. Bellotti⁴, M. Boezio⁵,
Э.А. Богомолов⁶, L. Bonechi¹, M. Bongi¹, V. Bonvicini⁵, S. Bottai¹, A. Bruno⁴,
Г.В. Васильев⁶, С.А. Воронов⁷, F. Cafagna⁴, D. Campana², P. Carlson⁸, M. Casolino⁹,
G. Castellini¹⁰, M. P. De.Pascale⁹, G. De.Rosa², D. Fedele¹, N. De Simone⁹, V. Di Felice⁹, A. M.
Гальпер⁷, Л.А. Гришанцева⁷, Р. В.Г. Зверев⁷, Hofverberg⁸, А.А. Леонов⁷, С.В. Колдашов⁷,
С.Ю. Крутьков⁶, А.Н. Квашнин³, V. Malvezzi⁹, L. Marcelli⁹, W. Menn¹¹, В.В. Михайлов⁷, M.
Minori⁹, E. Mocchiutti⁵, N. Mori¹, N. Nikonov⁹, S. Orsi⁸, G. Osteria², P. Papini¹, M. Pearce⁸, P.
Picozza⁹, M. Ricci⁹, S.B. Ricciarini¹, M. Simon¹¹, R. Sparvoli⁹, P. Spillantini¹, Ю.И. Стожков³,
E. Taddei¹, A. Vacchi⁵, E. Vannuccini¹, Ю.Т. Юркин⁷, G. Zampa⁵, N. Zampa⁵

¹*INFN, Structure of Florence and Physics Department of University of Florence, I-50019, Florence, Italy*

²*INFN, Structure of Naples and Physics Department of University of Naples Federico II", I-80126 Naples, Italy*

³*ЛФизический институт академии наук им. Лебедева, RU-119991 Москва, РФ*

⁴*INFN, Structure of Bari and Physics Department of University of Bari, I-70126 Bari, Italy*

⁵*INFN, Structure of Trieste, I-34012 Trieste, Italy*

⁶*Физико-Технический институт им.Иоффе, RU-194021 С.-Петербург, РФ*

⁷*Московский Инженерно-физический институт (государственный университет), RU-11540 Москва, РФ*

⁸*KTH, Department of Physics, SE-10691 Stockholm, Sweden*

⁹*INFN, Structure of Rome Tor Vergata" and Physics Department of University of Rome Tor Vergata", I-00133 Rome, Italy*

¹⁰*IFAC, I-50019 Sesto Fiorentino, Florence, Italy*

¹¹*Physics Department of Universitat Siegen, D-57068 Siegen, Germany*

ПАМЕЛА – магнитный спектрометр частиц и античастиц, действующий на орбите Земли с середины 2006 г. Основная задача эксперимента – исследование антивещества, но данные используются также для изучения солнечных и галактических космических лучей в диапазоне энергий от десятков МэВ до сотен ГэВ. В декабре 2006 г. спектрометр зарегистрировал вторжение в околоземное пространство солнечных космических лучей (СКЛ). В событии 13 декабря 2006 г. ПАМЕЛА зарегистрировала солнечные протоны с энергией 80 МэВ ~ 3 ГэВ. Солнечные протоны с энергией выше 1 ГэВ раньше можно было измерить только с помощью наземных приборов по вторичным частицам, генерированным СКЛ в атмосфере Земли. Таким образом, спектр солнечных протонов был впервые зарегистрирован одним прибором в широком диапазоне энергий. В докладе представлены результаты измерений ПАМЕЛЫ и сравнение полученных энергетических

спектров с восстановленными по данным мировой сети нейтронных мониторов и других измерений.

О ВОЗМОЖНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ ФОНОВЫХ ПОТОКОВ НИЗКО ЭНЕРГИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Зельдович¹ М.А., Ишков² В.Н., Логачёв¹ Ю.И.

1 - НИИЯФ МГУ, mariya@srd.sinp.msu.ru

2 – ИЗМИРАН, ishkov@izmiran.ru

С целью изучения источников фоновых потоков малоэнергичных протонов на 1 а.е. были выбраны спокойные периоды (СП) солнечной активности в 23 цикле. Критерием отбора было требование, чтобы величина интенсивности протонов с энергиями ~ 1 МэВ не превышала величины $J_p \leq 2 \cdot 10^{-4}$ частиц/см²с ср МэВ/нукл и отношение интенсивностей протонов и ядер гелия Н/He было ≤ 10 для частиц с энергиями 4-8 МэВ/нуклон по данным EPHIN (SOHO), с целью исключения вклада потоков протонов от больших солнечных вспышек. Данное исследование показало, что ионный состав по величинам C/O и Fe/O для энергии 0.032-0.06 МэВ/нуклон по данным ULEIS (ACE) для 70% СП на протяжении цикла за исключением минимума соответствует среднему содержанию элементов в короне Солнца. Остальные 30% находятся в интервале отношений, характерных для постепенных и импульсных вспышечных событий. В минимуме цикла эти отношения соответствуют значениям характерным для солнечного ветра. Сопоставление времени наблюдения СП со скоростью солнечного ветра привело к выводу, что независимо от фазы солнечного цикла большинство СП (23 из 24) так или иначе связаны с высокоскоростными потоками от солнечных приэкваториальных корональных дыр и чаще наблюдаются во время спада скорости высокоскоростного потока. Так как основные возмущения магнитосферы связаны с передним фронтом высокоскоростного потока (западной границей корональной дыры), то во время спада скорости космический аппарат некоторое время остается связанным межпланетными магнитными силовыми линиями с основным телом корональной дыры. Если предположить, что источником ионов таких энергий в выделенных нами СП являются эти корональные дыры, то слабые активные явления до вспышечного порога, такие как как уярчения, выбросы вещества, быстро развивающиеся рентгеновские точки в самих корональных дырах и их ближайших окрестностях, могут ускорять частицы до супратермальных энергий.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ ДВОЙНЫМ МЕТОДОМ НАЛОЖЕННЫХ ЭПОХ

Ю.И. Ермолаев, Н.С. Николаева, И.Г. Лодкина, М.Ю. Ермолаев

Институт космических исследований РАН, Москва, yermol@iki.rssi.ru

На основе архива данных OMNI для периода 1976-2000 годов выполнен анализ межпланетных источников 798 геомагнитных бурь с $Dst < -50$ нТ для следующих крупномасштабных типов солнечного ветра: CIR (145 магнитных бурь), Sheath (96); магнитные облака MC (62); Ejecta (161), источник остальных 334 магнитных бурь оказался неопределенным. Для анализа был использован двойной метод наложения эпох,

в котором за опорные времена взяты моменты онсета магнитной бури и минимума Dst индекса. Подтвержден известный факт, что независимо от вида межпланетного драйвера онсет магнитной бури наступает через 1-2 часа после поворота ММП к югу ($B_z < 0$), и окончание главной фазы бури и начало восстановительной фазы наблюдаются через 1-2 часа после исчезновения южной компоненты ММП. Также подтвержден ранее полученный результат, что на главной фазе бури наиболее крутое изменение индексов Dst и Dst* наблюдается для Sheath перед МС, т.е. наиболее эффективная генерация магнитной бури наблюдается для Sheath перед МС. Для Sheath перед Ejecta этот эффект не обнаружен. Существуют заметные отличия между параметрами солнечного ветра и ММП для различных межпланетных драйверов магнитных бурь, в том числе и для Ejecta и МС. На главной фазе бури параметры B_z и E_y мало изменяется между онсетом и концом главной фазы (минимума Dst и Dst*), в то время как Dst и Dst* монотонно уменьшаются, приблизительно пропорционально интегралу B_z и E_y по времени. Такое поведение индексов согласуется с предположением, что процесс генерации бури связан не просто с текущим значением B_z и E_y , а обладает памятью о предыстории. Полученные результаты показывают, что использованный двойной метод наложенных эпох может быть успешно применен для изучения динамики параметров на главной фазе магнитных бурь, имеющих разные длительности.

ИГРАЮТ ЛИ ВАЖНУЮ РОЛЬ СИЛЬНЫЕ РАЗРЫВЫ ПЛОТНОСТИ В ДИНАМИКЕ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ?

С.А.Гриб

*Учреждение Российской академии наук Главная (Пулковская) астрономическая
обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия, sagrib@gmail.com*

Известно, что в солнечном ветре, в короне Солнца и в магнитосферной плазме существуют магнитогидродинамические (МГД) стационарные сильные разрывы, связанные или с движущейся плазмой, или с планетарной магнитосферой. К таким типам разрывов относятся контактные и тангенциальные разрывы со скачком плотности протонов при переходе через разрыв. Они наблюдаются как движущиеся вместе с потоком солнечного ветра и неподвижные в сопутствующей системе отсчёта. Кроме того, в переходной от хромосферы к короне области имеется резкое стационарное понижение величины плотности плазмы, и внутри магнитосферы Земли наблюдается плазмопауза. Взаимодействие солнечного вращательного разрыва с контактным разрывом в переходной области создаёт преломлённую диссипативную ударную волну, нагревающую корональную плазму. При столкновении бегущих ударных волн со стационарным тангенциальным разрывом на границе магнитного облака образуется не учитываемая зачастую быстрая волна разрежения. Столкновение же межпланетной ударной волны, преломлённой внутрь магнитосферы Земли, с плазмопаузой создаёт отражённую МГД ударную волну обратного типа. Следует подчеркнуть также физическое значение изменения плотности при переходе через тангенциальный разрыв, влияющего на тип отражённой от разрыва волны. Результаты расчётов, проведённых при решении проблемы Римана для указанных задач на основе экспериментальных данных, свидетельствуют о важности качественного и количественного учёта влияния наличия стационарных разрывов плотности в короне Солнца, в солнечном ветре и внутри планетарной магнитосферы на динамику солнечно-земных связей.

Работа выполнена при поддержке программы ОФН-15 и в рамках гранта РФФИ 08-01-00-191.

ИНДУКТИВНЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

А.С. Парновский, О.К. Черемных, В.А. Яценко

ИКИ НАНУ-НКАУ, <mailto:parnowski@gmail.com>

Предлагается новый подход к прогнозированию космической погоды, основанный на модели нелинейного черного ящика с несколькими входами (параметрами солнечного ветра) и одним выходом (Dst-индексом). Построение такой модели состоит из 2 этапов: задачи структурной идентификации и задачи оптимизации. На первом этапе определяются геоэффективные параметры солнечного ветра, а на втором на их основе строится феноменологическая модель взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли. Затем, на основе построенной модели, решается задача прогнозирования. Реализаций такого подхода может быть несколько. В данном докладе будут описаны метод регрессионного моделирования, основанный на формализме математической статистики, и метод генетической оптимизации, основанный на анализе показателей Ляпунова. Эти методы обеспечивают уверенное прогнозирование космической погоды на 2-3 часа вперед.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА НА ГЕОМАГНИТНУЮ АКТИВНОСТЬ

Биленко И.А.

*Государственный Астрономический Институт
им. П.К. Штернберга МГУ, bilenko@sai.msu.ru*

Солнечные магнитные поля играют определяющую роль во всех явлениях солнечной активности, оказывающих влияние на формирование космической погоды на орбите Земли и геомагнитную активность. Найденная ранее кластерная структура организации солнечных магнитных полей выявляет ряд периодических закономерностей. Вариации с различным периодом колебаний были обнаружены и при изучении таких параметров гелиосферы как скорость солнечного ветра, плотность плазмы, межпланетное магнитное поле, космические лучи, а также геомагнитной активности. В данной работе рассматривается влияние изменения структуры и напряженности солнечных магнитных полей различного масштаба на геомагнитную активность. Используются данные изменения индексов геомагнитной активности aa, Ap, и Dst за последние три цикла солнечной активности. Выявлены долготные изменения структуры и напряженности солнечных магнитных полей, которые оказывают существенное влияние на космическую погоду на орбите Земли и геомагнитную активность.

SPACE WEATHER INFLUENCE ON THE EARTH WHEAT MARKETS: PAST, PRESENT, AND FUTURE

Lev Pustilnik⁽¹⁾, Gregory Yom Din⁽²⁾

1 - *Israel Cosmic Ray and Space Weather Center, Tel Aviv University & Israel Space Agency,*

Israel; levpust@post.tau.ac.il

2 - *Golan Research Institute, University of Haifa, Qatzrin, Israel; rres102@research.haifa.ac.il*

The problem of a possible influence of space weather on agriculture market formulated firstly by famous Jonathan Swift in 1726 in its 3-th Gullivers travel to Laputia, and presented firstly by famous William Hershel in 1801 as real effect, now in time being come back to field of scientific interest.

The reasons of this restoration caused by effective results of last years, demonstrated periods of real connection of the key earth weather parameters (cloudiness, NAO global atmospheric circulation parameter) with parameters of space weather (cosmic ray flux, main indexes of magnetospheric activity). From the other side very high sensitivity of crops to unfavorable weather abnormalities stimulated search of manifestations in wheat price of long reason-sequence chain possible only for specific state with simultaneous realization of several necessary conditions: high sensitivity of local earth weather in selected region to space weather; state of high risk agriculture in selected agriculture zone; high sensitivity of agricultural market to possible deficit of supply. Application of this approach to analyses of Medieval wheat prices in England in period Maunder minimum and modern USA durum market in 20-th century showed that expected effects (price bursts and price asymmetry synchronized with solar activity) had place in the past with high confidence level and, even, has place today in specific regions and during specific time periods.

We studied opposite cases where effects of space weather influence on agriculture production must be minimized by factors of lower climate sensitivity to space weather factors or stable and resistance state of agriculture production or by stable state of wheat markets supported by numerous sources of external supply of the food. It was shown that in these regions effects of space weather were or absent or was too low in accordance with expectations.

Drastically change of the climate, observed last ten years made possible future transfer of the numerous regions, stable before to zones of high risk agriculture with correspondent increasing of sensitivity of wheat markets in this regions to space weather effects. It increase application potential of the space weather effects on famines and mortality in these regions, especially in developing countries with low resistance of their agriculture to external weather factors and demand to take into account possible influence of space weather factors in planning of support actions.

СЕКЦИЯ «СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР, ГЕЛИОСФЕРА И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ» СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ВЛИЯНИЕ ГЕЛИОСФЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА НА СПЕКТРЫ РАССЕЯННОГО СОЛНЕЧНОГО ЛАЙМАН-АЛЬФА ИЗЛУЧЕНИЯ

О.А.Катушкина¹, В.В.Измоленов^{1,2}

¹ ИКИ РАН, Москва, okat@iki.rssi.ru

² ИПМех РАН, МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Рассеянное солнечное Лайман-альфа излучение является инструментом для косвенной диагностики параметров нейтральных атомов водорода внутри гелиосферы. Поскольку распределение нейтральных атомов определяется как локальными эффектами (солнечной гравитацией, радиационным отталкиванием, фотоионизацией), так и глобальными эффектами гелиосферного интерфейса (т.е. области взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой), то спектры рассеянного Лайман-альфа излучения являются источником уникальной информации о параметрах межзвездной среды и структуре гелиосферного интерфейса. На сегодняшний момент существует большое количество экспериментальных данных по рассеянному Лайман-альфа излучению с различных космических аппаратов (SOHO/SWAN, HST, Voyager 1,2 и др.), которые применяются для диагностики свойств ЛМС и гелиосферного интерфейса. Поэтому применение адекватных теоретических моделей распределения атомов водорода при расчетах спектров рассеянного Лайман-альфа излучения является актуальной задачей для анализа экспериментальных данных. В данной работе мы провели сравнение спектров рассеянного солнечного Лайман-альфа излучения, полученных с использованием результатов различных моделей для описания атомов водорода внутри гелиосферы. Распределения атомов водорода внутри гелиосферной ударной волны были получены в рамках трех различных моделей: классической горячей модели, усовершенствованной горячей модели (с учетом немаксвелловского и двухкомпонентного характера распределения атомов водорода на гелиосферной ударной волне), а также общей модели гелиосферного интерфейса – модели Баранова-Маламы. В результате показано, насколько изменение функции распределения атомов водорода в гелиосферном интерфейсе влияет на спектры рассеянного Лайман-альфа излучения.

О СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ (ПО РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИМ ДАННЫМ) И О ЕГО ЗЕМНЫХ ПРОЯВЛЕНИЯХ В 20-23 ЦИКЛАХ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

В.И. Власов

ПРАО АКЦ ФИАН, vlasov@prao.ru

Приведены результаты систематических измерений скорости солнечного ветра и индекса межпланетных мерцаний (характеризует электронную плотность межпланетной среды), полученных по радиоастрономическим наблюдениям мерцаний космических радиоисточников в течение четырёх 11-ти летних циклов солнечной активности, начиная с 1966 года и по настоящее время. Показано, что состояние межпланетной плазмы

непрерывно изменяется в согласии с 11-ти летней цикличностью в активности Солнца. В рассматриваемый период кроме 11-ти летних вариаций скорости и индекса мерцаний обнаруживается растущий тренд этих величин, предположительно связанный с вековым 80-90 летним циклом солнечной активности. Обнаруживается при этом, что 11-ти летние вариации величины скорости солнечного ветра и индекса мерцаний антикоррелируют, а долговременные изменения (тренды) этих величин коррелируют между собой. Это, очевидно, свидетельствует, что первопричины двух таких процессов 11-ти летней и вековой цикличности различны.

Проведен также поиск и сопоставление трендов в числовых рядах солнечных, межпланетных и земных данных, полученных различными методами. Выясняется, что подобные тренды обнаруживаются в рассматриваемый период времени в каждом звене системы Солнце-Земля: в индексах солнечной активности, в характеристиках межпланетной среды и непосредственно прямо или косвенно проявляются практически во всех показателях геофизических, демографических, медицинских и других земных процессов. По совокупности фактов можно, по-видимому, утверждать, что в большинстве земных проблем, таких как увеличение содержания атмосферного углекислого газа, уменьшение общего содержания озона, изменение климата (глобальное потепление), ухудшение медицинских, демографических и прочих показателей у населения и т.д., определяющая роль принадлежит не антропогенным причинам, а влиянию вековых циклических процессов солнечной активности.

РЕДУКЦИЯ 3D ТРАНСПОРТНОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ГКЛ В 2D УРАВНЕНИЕ

М.С. Калинин, М.Б. Крайнев

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, mkalinin@fian.fiandns.mipt.ru

Предложено транспортное уравнение для галактических космических лучей, являющееся следствием трёхмерного по пространственным координатам уравнения, в котором трёхмерность обусловлена наличием в гелиосфере токового слоя произвольной формы. Особенность предложенного уравнения заключается в подавлении дрейфового механизма модуляции в секторной зоне по сравнению с его классическим значением и независимостью степени подавления от знака полярности 11-летнего солнечного цикла. При обеих полярностях дрейфовые эффекты сильно зависят от формы ТС. Такое поведение дрейфов соответствует современной трактовке модуляции галактических космических лучей в последовательных циклах солнечной активности, отличающихся полярностью межпланетного магнитного поля. Предложенное уравнение может быть использовано для исследования процессов модуляции ГКЛ в гелиосфере.

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ ЦИКЛОВ В РЯДАХ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

В.А.Горшков

Институт Космических Исследований РАН, vagorshkov@mail.ru

Если наложить на ряд Вольфа синусоиду с периодом 10,97 лет (рис.1), то видно, что на некоторых участках реальный ряд чисел «опережает» идеальную синусоиду, на некоторых - «запаздывает» от неё (в четвертом цикле числа Вольфа находятся даже в противофазе относительно синусоиды). Смещение синусоиды обозначим фазой F.

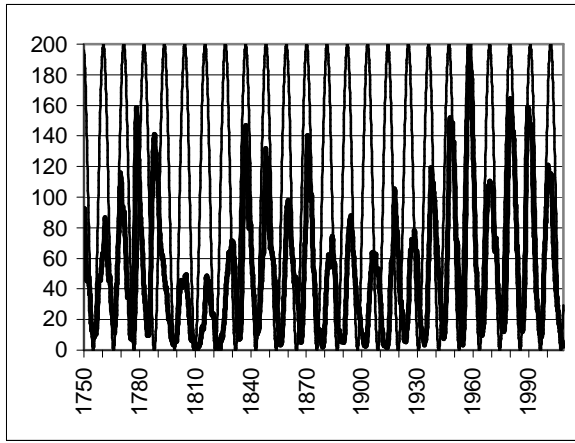


Рис. 1

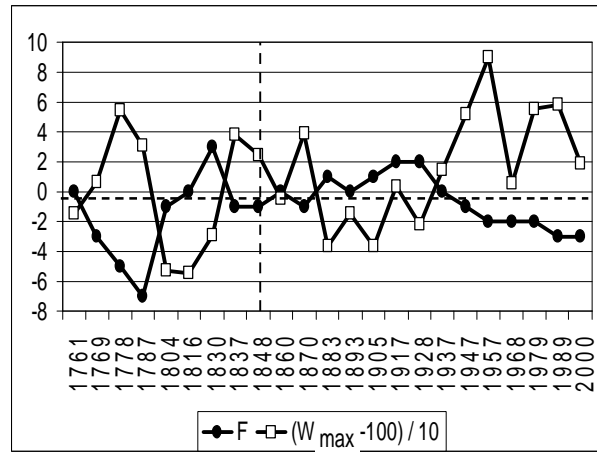


Рис.2

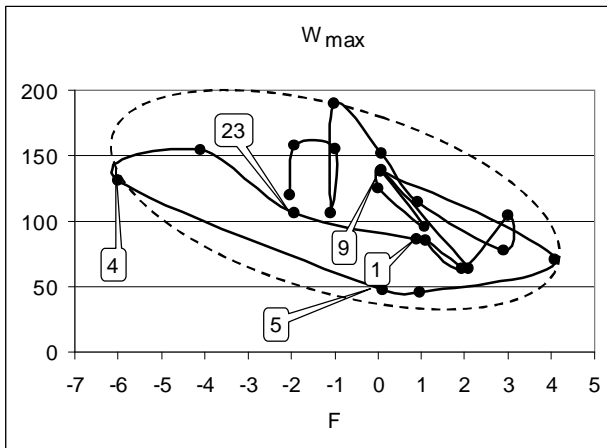


Рис.2 представляет ряды фаз и чисел Вольфа. Для наглядности числа Вольфа представлены в центрированном и сопоставимом со значениями фаз виде, т.е. пересчитаны по формуле: $W^* = (W - 100) / 10$. Рис. 3 иллюстрирует миграцию координаты максимальной активности на плоскости «фаза F - значение максимального числа Вольфа (W_{max})». Как видно, имеет место значимый коэффициент корреляции между фазой и максимальной активностью (табл.1).

Табл.1 Рис.3

Параметры связи (в скобках – циклы)	г	df n-2	Оценка СКО г	t-критерий Стьюдента	Уровень значимости, α	Доверительная вероятность, β=1-α
Wmax-F (1-23)	-0,57	21	0,18	3,19	0,004	0,996
Wmax-F (9-23)	-0,72	13	0,19	3,72	0,003	0,997
W1min-F (1-23)	-0,64	21	0,17	3,84	0,001	0,999
W1min-F (9-23)	-0,78	13	0,17	4,43	0,001	0,999
Wmax-ΔF (1-23)	-0,64	21	0,17	3,80	0,001	0,999
Wmax-ΔF (9-23)	-0,60	13	0,22	2,69	0,019	0,981
Wmax-T (1-23)	-0,36	21	0,20	1,76	0,093	0,907
Wmax-T (9-23)	-0,43	13	0,25	1,74	0,106	0,894

Аналогичные статистические связи наблюдаются между максимальной активностью W_{max} и изменением фазы ΔF , между предшествующей максимуму минимальной активностью W_{1min} и фазой F, как для всего ряда (с 1 по 23 циклы), так и для 9-23 циклов.

Так же наблюдается связь максимальной активности с длительностью цикла T. Однако вероятность нулевой гипотезы для данной связи существенно выше (табл.1).

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ПРЕДЕЛАХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «АСЕ»

А.Л. Харитонов¹, Г.П. Харитонова¹, А.Х. Фрунзе¹, Г.А. Фонарев², Е.А. Алещева³

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, 142190, г. Троицк, Россия, ahariton@izmiran.ru*

² *Центр геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли РАН, 142190, Троицк, Россия*

³ *Институт статистики РАН, г. Москва, Россия*

Анализ решения обратной задачи магнитного потенциала по данным измерений межпланетного магнитного поля (ММП), измеренного в январе 2007 года на космическом аппарате “АСЕ” показал, что в этот период времени на рассчитанных геомагнитных разрезах наблюдается фрагмент крупномасштабной классической структуры межпланетного магнитного поля B_z – компоненты. На геомагнитных разрезах хорошо просматривается смена знака B_z – компоненты ММП. Это подтверждает правильность проведенных расчетов при решении обратной задачи геопотенциала. Приведена траектория движения орбиты спутника “АСЕ” относительно солнечно-эклиптических координат (gse). Проанализирован фрагмент графика изменений амплитуды B_z – компоненты межпланетного магнитного поля за период 1-11 января 2007 года, измеренного с девятнадцати секундным временным интервалом дискретизации поля. Вид этого стандартного рисунка также характеризует классическую структуру смены знака ММП. Кроме того, на этих детальном геомагнитных разрезах видно, что между орбитой спутника “АСЕ” и Солнцем наблюдаются эллипсоидные магнитные неоднородности солнечного ветра, по-видимому, связанные с обтеканием магнитным полем ближайшей к Земле планеты Венера и так называемыми магнитными облаками – неоднородностями солнечного ветра, имеющими знак магнитного поля, противоположный знаку секторной структуры B_z – компоненты ММП, наблюдаемого в данный временной период, в данном секторе космического пространства. В анализируемый временной период работы космического аппарата «АСЕ» также были проанализированы наземные данные о галактических космических лучах (ГКЛ) и данные о возникших землетрясениях. Сделаны выводы о возможной связи пространственной структуры плазменных неоднородностей ММП и некоторых геофизических процессов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ по гранту № 10-05-00343а.

О ДОЛГОПЕРИОДНЫХ ПУЛЬСАЦИЯХ Н-КОМПОНЕНТЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ПЕРЕД СОЛНЕЧНЫМИ ПРОТОННЫМИ ВСПЫШКАМИ

Смирнова А. С., Снегирев С. Д., Шейнер О. А.

Федеральное государственное научное учреждение Научно-исследовательский радиофизический институт (ФГНУ НИРФИ), Нижний Новгород, Alfiyaren@rambler.ru

В работе обсуждаются возможные причины, вызывающие усиление периодических пульсаций горизонтальной компоненты магнитного поля Земли перед протонными вспышками на Солнце. Пульсации представляют собой рост амплитуды колебаний H -компоненты геомагнитного поля с периодами 30-60 минут и наблюдаются за 2-3 дня до вспышки. Практическая ценность работы заключается в возможности использования ее результатов для развития методик краткосрочного прогнозирования и диагностики геоэффективных солнечных явлений.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ (КАНАЛОТРОНОВ) ПРИ ВЫСОКИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А.П. Ремизов⁽¹⁾, Г. Аустер⁽²⁾, И. Апати⁽³⁾, Х. Розенбауер⁽⁴⁾, М. Хильхенбах⁽⁴⁾

¹ - ИКИ, Москва, Россия

² - Технический Университет, Брауншвейг, ФРГ

³ - ЦИФИ, Будапешт, Венгрия

⁴ - МПС, Линдау, ФРГ

Рассматриваются особенности работы вторичных электронных умножителей (каналотронов КЭУ) при разных температурах в пределах от минус 180 до плюс 100 С⁰. Работа проводилась во время квалификационных испытаний ионного спектрометра СПМ прибора РОМАП проекта РОЗЕТТА. Отмечается, что коэффициенты умножения КЭУ практически не зависят от температуры, и они способны нормально функционировать в широком диапазоне экстремальных температур.

СЕКЦИЯ «ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ХАОС» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

ГЕОМЕТРИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ В ФИЗИКЕ СОЛНЦА

Н.Г. Макаренко

Главная Астрономическая Обсерватория РАН, <mailto:ng-makar@mail.ru>

Доклад посвящен диагностике фотосферных магнитных полей Солнца методами стохастической геометрии. Изложение начинается с краткого введения в методы геометрии случайных полей. Рассматривается классическая задача Стефана Райса о выбросах графика случайного процесса выше заданного уровня и ее обобщении на 2D и 3D случай. Затем следует краткий экскурс в идеи математической морфологии – покрытия Минковского, формула Штейнера и функционалы Минковского. Обсуждается связь функционалов с теорией Морса и теорией функций с ограниченной вариацией. Рассматривается проблема применимости формализма к наблюдаемым фотосферным магнитным полям Солнца. Обсуждаются модели перемежаемых полей логнормального типа и техника их моделирования с помощью бесконечно делимых каскадов. Формализм иллюстрируется на примере диагностики магнитных полей фона и Активных областей по MDI данным (SOHO).

ГЕОМЕТРИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ. МЕТОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Макаренко Н.Г.

Главная Астрономическая Обсерватория РАН, ng-makar@mail.ru

Лекция посвящена введению в методы стохастической геометрии. Эти методы в последнее время широко применяются для анализа и моделирования физических полей в космологии, турбулентной гидродинамике, экологии, астрофизике и медицине. Изложение начинается с классической задачи Стефана Райса о выбросах графика случайного процесса выше заданного уровня и ее обобщении на 2D и 3D случай. Эти обобщения привели к развитию техники контурной статистики, которая используется в стереологии, анализе пористых материалов и космологии. Затем следует краткий экскурс в идеи математической морфологии – покрытия Минковского, формула Штейнера и функционалы Минковского. Обсуждается связь функционалов с теорией Морса и теорией функций с ограниченной вариацией. На этих связях основан класс моделей в теории цифровых изображений и техника визуализации векторных полей. Далее, рассматривается проблема применимости формализма к реальным физическим полям в рамках пионерских работ Адлера. Вторая часть лекции посвящена применениям теории к анализу физических полей. Особое внимание уделяется перемежаемым полям логнормального типа, которые часто встречаются в задачах моделирования динамики случайной неоднородной среды. Применения иллюстрируются примерами из космологии (анализ реликтового фона и крупномасштабного распределения вещества во Вселенной), медицинской томографии, численного моделирования динамики турбулентной плазмы и физики Солнца.

О ХАОТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВАРИАЦИЙ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН

Костюченко И.Г.¹, Поляков Ю.С.², Тимашев С.Ф.¹

¹ Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова, Москва, irkost@itep.ru

² US PolyResearch, Ashland PA17921

Проанализирована хаотическая составляющая вариаций значений чисел Вольфа и площадей солнечных пятен. Использовался метод, основанный на совместном анализе $S(f) = \int_{-T/2}^{T/2} \langle V(t)V(t+t_1) \rangle \cos(2\pi f t_1) dt_1$ (f -частота) - косинус-преобразования автокорреляционной функции временного ряда динамической переменной $V(t)$ и ее структурной функции $\Phi^{(p)}(t) = \langle [V(t) - V(t+t)]^p \rangle$, ($p=2$). В рассмотренных функциях хаотическая составляющая проявляется в монотонном увеличении их значений с уменьшением частоты, в случае $S(f)$, или с увеличением временного лага τ , в случае $F^{(2)}(\tau)$, на фоне значительных по амплитуде пиков, соответствующих квазипериодическим вариациям. Разделить вклад указанных составляющих удалось благодаря разработанной вычислительной процедуре. Для параметризации хаотической части сигнала использовались: параметр n (в представлении $S(f) \sim 1/f^n$) и H_1 -константа Хёрста, определяемая из $F^{(2)}(\tau)$.

Оказалось, что значение параметра n заметно меняется на частоте, соответствующей времени ~ 2 года, что говорит об изменении характера хаотической динамики магнитных полей солнечных пятен на этой временной шкале. Поскольку квазидвухлетний период присутствует в вариациях многих индексов солнечной активности наряду с 11 и 22х-летними, можно предположить, что полученные разные значения n характеризуют хаотическую динамику двух различных процессов, лежащих в основе формирования указанных периодичностей. Обсуждается возможная природа этих процессов.

Рассмотрены также свойства хаотической динамики северо-южной асимметрии солнечных пятен и их широтного распределения.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАСШТАБИРОВАНИЯ ИЗ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ: МОДЕЛЬНЫЕ ТЕСТЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ К РЕАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Б.В.Козелов, И.В. Головчанская

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Анатиты, Boris.Kozelov@gmail.com

В течение последнего десятилетия исследователи приблизились к пониманию того, что авроральное структурирование невозможно объяснить без привлечения представлений о самоподобии, мультифрактальности и других признаках «сложного» поведения (complexity) в магнитосферно-ионосферной системе. Для того чтобы выяснить, какие именно процессы приводят к «сложному» поведению в авроральной ионосфере, необходимо знать количественные характеристики самоподобия вариаций аврорального свечения. Разрешение наземных оптических установок позволяет исследовать эти характеристики вплоть до масштабов менее 1 км. Задача, однако, осложняется тем, что при наблюдениях аврорального структурирования, которое, как известно, имеет место в

поперечной к геомагнитному полю плоскости, невозможно избавиться от вклада трендов светимости, связанных с вытянутостью авроральных структур вдоль геомагнитного поля. На основе численного моделирования «наблюдений» авроральных структур виртуальной наземной камерой нами показано, как устранить вклад таких искажений при определении характеристик самоподобия. Показано, что наиболее адекватным является метод логарифмических диаграмм, основанный на дискретном вейвлет-разложении данных с использованием вейвлетов Добеши 3-5 порядков. Этот метод позволяет получить и обосновать простую связь между видимым и истинным параметрами самоподобия авроральных структур для интересного с практической точки зрения случая авроры вблизи магнитного зенита. Проанализированы примеры таких наблюдений полярных сияний цифровыми камерами в 2008-2009 гг.

ПЕРЕМЕЖАЕМОСТЬ И СУПЕРДИФФУЗИЯ В ПОГРАНИЧНЫХ СЛОЯХ

С. П. Савин, В.П. Будаев, Л.М. Зеленый, С. А. Романов

Институт Космических Исследований РАН, ssavin@iki.rssi.ru

В космической плазме, по результатам изучения механизмов взаимодействия солнечного ветра с турбулентной границей магнитосферы, конденсация и «дискретизация» потоков плазмы может иметь ключевое значение для понимания причинно-следственной цепочки процессов в солнечной короне и солнечном ветре и с потоком энергии и вещества в систему магнитосфера-ионосфера-атмосфера. В ходе анализа данных проектов Интербол и Кластер было показано, что высокоширотный турбулентный погранслои (ТПС) над полярными каспами содержит плазменные струи с высоким динамическим давлением. Проведено исследование статистики турбулентных флуктуаций в областях появления ускоренных струй с помощью структурных функций, что является важным для понимания механизмов формирования перемежаемости (intermittency) и структуризации потоков в турбулентных пограничных слоях. В термоядерных установках с магнитным удержанием плазмы также получено множество экспериментальных результатов, свидетельствующих о значительной перемежаемости плазменной турбулентности. Аномальные всплески потока большой амплитуды играют доминирующую роль в динамике переноса, в особенности в периферийной области термоядерной плазмы. В токамаках, стеллараторах и других плазменных машинах аномальный перенос плазмы поперек магнитного поля является, в основном, результатом спорадических, крупномасштабных событий, сопровождается самоорганизацией и когерентными структурами, такими, как вихри, зональные потоки, «стримеры», «блобы» и др. Эти явления не описываются моделью Колмогорова K41 изотропной гидродинамической турбулентности, как и в случае струй в магнитосферных погранслоях. Турбулентность плазмы формирует когерентные структуры, которые могут концентрировать значительную часть потока и быть ответственными за существенный перенос частиц, тепла и импульса поперек удерживающего магнитного поля. Явление получило название супердиффузии или аномального переноса. Экспериментальные наблюдения показывают, что турбулентные флуктуации характеризуются наличием неперiodических пиков амплитуды потока. Эти флуктуации имеют самоподобную структуру с негауссовой (неклассической) статистикой. Такие свойства колебаний и сопровождающий их баллистический перенос наблюдали в термоядерных установках с различной конфигурацией магнитного поля, что оказалось также характерным и для границ магнитосферы и указывает на универсальность свойств турбулентной плазмы.

Турбулентность в пограничных слоях следует рассматривать как многомасштабное явление, отличающееся от модели турбулентности Колмогорова K41. Турбулентность с перемежаемостью наиболее полно и детально описывается лог-пуассоновской моделью, в которой рассматривается стохастический мультипликативный каскад, а логарифм энергии диссипации описывается пуассоновским распределением. В этой модели рассматривается иерархия моментов, существование предельных диссипативных структур, степенные законы турбулентности.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ПЛАЗМЫ В ОБЛАСТИ МАГНИТОСФЕРНОГО КАСПА КАК ОНА ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ ЧЕТЫРЕХ АППАРАТОВ КЛАСТЕРА

С. А. Романов⁽¹⁾, Э. Амата⁽²⁾, М. Данлоп⁽³⁾, С. П. Савин⁽¹⁾

1 - Институт Космических Исследований РАН, sroman@iki.rssi.ru

2 - IFSI, Roma, Italy

3 - SSTD, RAL, Chilton, Didcot, Oxon, OX11 0QX, UK

Прецизионная обработка магнитных данных, полученных в эксперименте Кластер при пересечении высотного магнитосферного каспа Земли, позволила получить ряд новых сведений, способных существенно расширить и до какой-то степени изменить наши представления о турбулентности движущейся бесстолкновительной плазмы. В результате предпринятого вычисления энергетических распределений флуктуаций поля по волновым векторам и частотам нами обнаружено явление расщепления дисперсионных кривых, практически в каждом из обработанных спектров, на две ветви. Эти ветви отличаются не только разной зависимостью $\omega(k)$, но и тем, что при всех значениях волнового числа они имеют волновые векторы, направленные взаимно противоположно. В большинстве случаев нижняя ветвь представляет собой волновые пакеты с нулевой групповой скоростью относительно плазмы, которые формируются на ионно-циклотронных частотах и переносятся плазмой вниз по потоку. Верхние ветви наиболее часто характеризуют волны, распространяющиеся по плазме с фазовыми скоростями, сравнимыми по величине или совпадающими со скоростями известных МГД волновых мод. Второе важное наблюдение состоит в наличии пространственных резонансов, влияющих на форму дисперсионных зависимостей и энергетических распределений. Они проявляют себя как скачки интенсивности и изломы дисперсионных кривых в точках по k , соответствующих длинам волн, равным одному и двум ларморовским радиусам ионов, а также гибридным ионно-электронным циклотронным радиусам. Кроме того, в этих особых точках часто наблюдается волновой распад. Присутствие, хотя и небольшого количества, ионосферных ионов в области наблюдения сильно сдвигает начало действия резонансов в область низких частот и больших длин волн, практически исключая инерционную область в развитии турбулентности, и во многих случаях делает бессмысленными попытки ее описания с помощью плавно спадающих спектров. Волновые векторы, усредненные по спектрам в последовательные интервалы времени, показывают равномерное вращение в трех плоскостях, приостанавливаемое иногда на короткое время с последующей сменой частоты и направления вращения. Это явление устойчиво наблюдается внутри каспа и в пограничных с ним областях и, по-видимому, может служить наиболее важной характеристикой турбулентности.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕЖАЕМОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА УСКОРЕНИЕ ЧАСТИЦ

С.Д. Рыбалко¹, А.В. Артемьев^{1,2}, Л.М. Зелёный¹, А.А. Петрукович¹

¹ *Институт Космических Исследований, РАН, <mailto:rybalko@polly.phys.msu.ru>*

² *НИИЯФ МГУ им. Ломоносова*

В работе построена модель перемежаемого турбулентного электромагнитного поля. Проведено сопоставление модели с наблюдениями турбулентности в хвосте земной магнитосферы. Исследована зависимость ускорения частиц от уровня перемежаемости. Полученные результаты свидетельствуют о том, что эффективность набора энергии частицами растёт с ростом уровня перемежаемости. Показано, что в перемежаемом электромагнитном поле показатели транспорта и ускорения оказываются сопоставимыми. Данный результат позволяет объяснить возможность ускорения частиц до больших энергий в локализованных областях турбулентного электромагнитного поля.

СЕКЦИЯ «ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ХАОС» СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

О ПРИРОДЕ ИОНОСФЕРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В ПОЛЯРНОЙ ШАПКЕ

И.В. Головчанская, Б.В. Козелов

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты, Golovchanskaya@pgia.ru

По данным низковысотного спутника с полярной орбитой *Dynamics Explorer 2* показано, что электрические поля на масштабах от 0.5 км до ~ 250 км в ионосфере полярной шапки обнаруживают свойства самоподобия с характеристиками близкими к ранее полученным для электрических полей в авроральной зоне. Рассмотрены две возможные причины, приводящие к турбулентной структуре электрических полей в полярной шапке: (1) прямая передача из турбулентного солнечного ветра и (2) генерация сдвигами скорости конвекции на открытых магнитных силовых линиях. На основе обнаруженной связи характерного распределения турбулентных электрических полей по области шапки, а также их интенсивности, с Биркеландовскими токами зоны 0 и отсутствия корреляции с изменчивостью солнечного ветра сделан выбор в пользу второго механизма.

О ПРИЧИНЕ АНОМАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ АКТИВНОСТИ В ПЕРИОД С КОНЦА 2003 ГОДА

В.В. Низовцев

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, vnizovtsev@gmail.com

Как мы докладывали ранее (Bychkov, Nizovtsev // ИЮ2007-NISTP), в атмосфере Солнца имеют место сдвиговые напряжения азимутального направления, вызываемые течениями квазилинейного вихря, входящего в вихревой каскад Местного скопления звёзд. Осевая линия данного вихря внутригалактического происхождения проходит через барицентр солнечной системы. На расстоянии порядка 1 млн. км от вихревой оси (в пределах вихревого ядра) характерная скорость течений космического вакуума-эфира составляет 2 км/с.

Солнечные циклы – ротационный, магнитный и активности – обусловлены циклическим радиальным смещением Солнца в пределах ядра вихревого привода солнечной системы в ходе барицентрического обращения. В отсутствие такого смещения, между течениями вихря и течениями солнечной атмосферы имело бы место равновесие, приводящее к стационарному режиму ротации. В реальности же в конвективной зоне вследствие барицентрического смещения возникают сдвиговые напряжения, вызывающие развитие полоидальных течений прямого или обратного направления – циклические изменения ротации (на экваторе в пределах 100 м/с) общеизвестны.

Достигнув достаточной скорости, указанные течения турбулизуются. Это разрушает картину полоидального поля и порождает когерентные структуры в виде подковообразных вихревых трубок, выходящих оконечностями в фотосферу. Так формируются биполярные группы пятен. Последующее изменение направления радиального смещения Солнца в

пределах вихревого ядра приводит к обращению сдвиговых напряжений и перестройке всей конвективной структуры.

Начиная с осени 2003 года Солнце практически прекратило радиальное смещение относительно барицентра. Данная аномалия в обращении привела вначале к экстремальной вспышечной активности на спаде пика, а затем вызвала продолжительный минимум. Характер траектории обращения последних лет заставляет предположить, что очередной цикл активности получит развитие не ранее начала 2010 года.

ПРИПОЛЯРНЫЕ ЦИКЛОНЫ И ВИХРЕВЫЕ ПРИВОДЫ РОТАЦИИ ПЛАНЕТ

В.В.Низовцев

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, vnizovtsev@gmail.com

В последние годы американские и европейский КА передали на Землю изображения полярных зон Венеры, Юпитера и Сатурна, свидетельствующие о наличии там мощных циклонических течений. Полярные циклоны совместно с характерной для всех планет суперротацией атмосферы определённо указывают на вихревую природу ротации как атмосфер, так и самих планет. Полученные данные служат дополнительным основанием для обращения к гипотезе лорда Кельвина, в которой космический (физический) вакуум представляет собой турбулентную эфирную среду, и тогда за ротационную кинематику планет и их оболочек могли бы отвечать вихревые приводы, сформированные по механизму обратного каскада.

Как вытекает из закона изоротации, удельный объёмный угловой момент небесных тел пропорционален площади их поверхности. Это означает, что привод ротации каждого тела сформирован в оболочке. Обобщение геохимических данных приводит к заключению, что геологическое развитие Земли сопряжено с генезисом ядер химических элементов в оболочке протопланетной порции магмы – земной коре. Данный космохимический процесс можно интерпретировать как порождение вихревых структур (гипотеза Кельвина), которое должно сопровождаться генерацией компенсационной завихренности в соответствии с теоремой Гельмгольца. Иными словами, химические элементы возникают вращающимися. Коалесценция данной завихренности и приводит к формированию ротационного привода небесного тела.

С Е К Ц И Я «МАГНИТОСФЕРА» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

СВОДКА ПОСЛЕДНИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИПОЛЯРИЗАЦИЙ И ИНЖЕКЦИЙ ПЛАЗМЫ В ХВОСТЕ МАГНИТОСФЕРЫ В ПРОЕКТЕ THEMIS

В.А. Сергеев⁽¹⁾, С.В. Дубягин⁽¹⁾, С.В. Апатенков⁽¹⁾, В. Ангелопулос⁽²⁾, А.. Рунов⁽²⁾

¹ - *С-Петербургский государственный университет, С-Петербург,*
victor@geo.phys.spbu.ru

² - *Университет Калифорнии, Лос Анжелес,*

Инъекции плазмы из плазменного слоя во внутреннюю магнитосферу (включая физику струйных нестационарных потоков, VBF) представляют один из центральных объектов исследования спутниковой системой THEMIS. В течение минувшего года с использованием радиально разнесенных спутников удалось проследить развитие струйных потоков по мере их перемещения к Земле в плазменном слое на расстояниях превышающих $10R_e$. В квазидипольной магнитосфере пересечение фронтальной границы струйного потока предваряется адиабатическим сжатием плазмы, а после внедрения струйного потока остается плазма с меньшей энтропией и меньшим полным содержанием частиц в трубке. На входе в область торможения исследована структура тонкого фронтального токового слоя инъекции, представляющего на экваторе вертикальный токовый слой субгиро-масштаба на границе двух плазм с разной температурой, которая содержит каверны плотности и мощные всплески электрического поля на нижегибридном временном масштабе.

МАГНИТНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ ПЕРЕД НАЧАЛОМ ВЗРЫВНОЙ ФАЗЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ БРЕЙКАПА В МАГНИТОСФЕРЕ

М.В.Кубышкина, В.А.Сергеев

С-Петербургский государственный университет, С-Петербург,

Определены величины ошибки проектирования объектов из ионосферы в магнитосферу при расчетах по стандартным магнитосферным моделям. Для анализа мы использовали крайне благоприятную конфигурацию спутников THEMIS для суббури 29 марта 2009 года, когда два спутника (P3 и P4) находились в центре плазменного слоя на расстоянии около $10R_e$, спутник P5 находился на том же радиальном расстоянии и на близком меридиане, но был смещен вдоль оси Z GSM на $1 R_e$, что позволило точно определить положение нейтрального слоя и оценить плотность тока и ее изменения во время суббури в переходной области хвоста магнитосферы. Кроме того, спутник P2 находился на близком меридиане, но имел радиальное расстояние около $15 R_e$, а на геостационарной орбите в том же секторе находился спутник GOES12. По имеющимся данным о магнитном поле и плазменном давлении была создана подстраиваемая модель для конкретного события, которая с хорошей точностью (отклонения модели от наблюдений менее 3 нТ) описывает изменения магнитосферной конфигурации на предварительной фазе исследуемой суббури. Сравнительный анализ проективных кривых для подстроенной и стандартной моделей показал, что различия в экваториальных проекциях ионосферных наблюдений могут быть значительными (более одного земного

радиуса при проектировании с 66 градусов исправленной геомагнитной широты), и эти различия очень быстро растут с ростом ионосферной широты проектируемой точки (до 5-6 Re при проектировании уже с 67 градусов исправленной геомагнитной широты). Так как основными факторами, отличающими подстроенную модель от стандартной модели, являются смещение нейтрального слоя от среднестатистического положения, усиление токов хвоста и появление тонкого токового слоя в конце предварительной фазы, мы провели анализ влияния каждого из этих факторов на ход проекционной кривой.

ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ЭНТРОПИИ ВО ВРЕМЯ ДИПОЛЯРИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ $X=-6-12R_E$

Дубягин С.В.⁽¹⁾, Сергеев В.А.⁽¹⁾, Апатенков С.В.⁽¹⁾, Ангелопулос В.⁽²⁾, Макфадден Дж.⁽³⁾, Ларсон Д.⁽³⁾, Боннел Дж.⁽³⁾

1 - С-Петербургский государственный университет, С-Петербург

2 - Университет Калифорнии, Лос Анжелес

3- Университет Калифорнии, Беркли

Изменения энтропии и давления плазмы во время диполяризации исследуются на основе наблюдений спутников THEMIS на ночной стороне ($r=6-12R_E$) вблизи нейтрального слоя. Для 147 событий, энтропия плазменных трубки rV^{γ} в точке наблюдения была оценена с помощью трех независимых методов. Давление начинает возрастать за некоторое время до начала возрастания Z компоненты магнитного поля, но существенные изменения энтропии начинаются только после прихода фронта диполяризации. В среднем, давление после диполяризации очень мало отличается от давления до диполяризации в области $r=10-12R_E$, но это превышение растет с приближением к Земле. Энтропия плазменных трубок становится меньше после диполяризации далее $r=8R_E$, однако эта разность уменьшается в околоземной области. В то же самое время, локальная энтропия $rp^{-\gamma}$ увеличивается в несколько раз, откуда удалось заключить, что содержание частиц в плазменных трубках после диполяризации оказывается в среднем на 40% меньше.

ПЕРЕНОС В МАГНИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ВО ВРЕМЯ МАГНИТОСФЕРНОЙ СУББУРИ

Е.Е.Антонова^{1,2}, И.П. Кирпичев^{2,1}, Ю.И. Ермолаев^{2,1}, М.В. Степанова³, И.Л. Овчинников¹, К.Г. Орлова¹, С.С. Знаткова^{1,2}, В.В.Вовченко²

¹*НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова*

²*Институт Космических Исследований РАН, antonova@orearm.msk.ru*

³*Университет Сантьяго де Чили, Чили*

Приведены результаты анализа флуктуаций параметров плазмы и магнитного поля в магнитосфере Земли по данным проектов ИНТЕРБОЛ, КЛАСТЕР и ТЕМИС. Определены уровни флуктуаций скорости плазмы и магнитного поля в зависимости от фазы магнитосферной суббури. Получена зависимость коэффициента квазидиффузии от радиального расстояния. Проведено сравнение полученных значений коэффициента квазидиффузии с результатами наблюдений на спутнике ГЕОТЕЙЛ. Показано, что коэффициент квазидиффузии нарастает с ростом радиального расстояния. Выделена

окружающая Землю область, в которой параметры плазмы соответствуют параметрам плазменного слоя и в которой уровень флуктуаций невелик. Рассмотрены процессы, приводящие к взрывообразному выделению энергии на экваториальной границе аврорального овала во время взрывной фазы суббури. Обсуждены причины, приводящие к началу взрывной фазы суббури с уярчения ближайшей к экватору дуги полярного сияния или формирования новой дуги на экваториальной границе овала. Рассмотрены искажения магнитного поля при развитии суббури и их локализация.

ИСКАЖЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ДАВЛЕНИЯ ВО ВНУТРЕННИХ ОБЛАСТЯХ МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

В.В. Вовченко¹, Е. Е. Антонова^{2,1}

¹*Институт Космических Исследований РАН, [mailto: al246@rambler.ru](mailto:al246@rambler.ru)*

²*НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова*

Основной особенностью процессов во время магнитной бури является повышение давления плазмы во внутренних областях магнитосферы Земли. Данное повышение возникает при усилении скорости конвекции и в результате действия ускорительных механизмов во время магнитосферных суббурь. Во время главной фазы бури распределение давления сильно асимметрично. Во время фазы восстановления происходит симметризация распределения давления. Повышение давления во внутренних областях магнитосферы приводит к изменению магнитного поля. В работе приведены результаты численного моделирования изменений поля при возрастании давления во внутренних областях магнитосферы в осесимметричном и несимметричном случаях при изотропном давлении. Определены искажения форм магнитных силовых линий. Рассчитаны объемы магнитных силовых трубок. Проведен анализ устойчивости возникающих магнитных конфигураций относительно развития перестановочной неустойчивости.

ЗАВИСИМОСТЬ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНЫХ БУРЬ ОТ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ТЕЧЕНИЙ

Н.С. Николаева, Ю.И. Ермолаев, И.Г. Лодкина

Институт Космических Исследований РАН, Москва, <mailto:nnikolae@iki.rssi.ru>

В работе на основе каталога крупномасштабных типов солнечного ветра, созданного с использованием базы OMNI за период 1976 – 2000 г [Ермолаев и др., 2009], проводится исследование зависимости максимальных значений геомагнитных индексов $|Dst|$ и AE (интенсивности кольцевого и аврорального токов), наблюдаемых во время магнитных бурь, от величины межпланетного электрического поля E_y . Анализ сделан для 8 категорий магнитных бурь, вызванных разными типами течений солнечного ветра: CIR – 86 бури, MC – 43 бури, Sh_{MC} – 8, Ejecta – 95, Sh_{Ejecta} – 56, $MC+Ejecta$ – 138, $Sh_{MC}+Sh_{Ejecta}$ – 64, и неопределенный тип – 75 бурь.

В результате анализа показано, что величина $|Dst|$ индекса (интенсивности кольцевого тока) растет с ростом электрического поля E_y для всех 8-ми типов течений.

При сильных электрических полях $E_y > 11$ мВ/м внутри магнитных облаков МС и, возможно, внутри всех ICME (МС+Ejecta), величина $|Dst|$ индекса выходит на насыщение. Величина AE индекса (интенсивность аврорального тока) во время магнитных бурь не зависит от величины электрического поля E_y почти для всех течений, кроме магнитных облаков МС и, возможно, области сжатия перед ними $Sh_{МС}$. Наблюдается линейный рост AE индекса внутри МС при низких значениях поля $E_y < 11$ мВ/м, и спад при сильных полях $E_y > 11$ мВ/м. Так как во всех типах солнечного ветра динамическое давление Pd и флуктуации sB ММП коррелируют с величиной E_y , то оба геомагнитных индекса $|Dst|$ и AE не демонстрируют на фоне их зависимости от E_y дополнительной зависимости от Pd и sB ММП. Полученные статистические результаты согласуются с данными других авторов для отдельных типов течений и дополняют их по другим типам течений. Нелинейная связь интенсивности $|Dst|$ и AE индексов с E_y компонентой электрического поля, наблюдаемая при сильных электрических полях E_y внутри МС и возможно всех ICME, согласуется с моделированием магнитосферно-ионосферной токовой системы зоны I в условиях насыщения потенциала полярной шапки.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ В 2009 г

В.В.Калегаев, И.Н.Мягкова, Д.А.Парунакян, В.О.Барина, И.С.Назарков

НИИЯФ МГУ, klg@dec1.sinp.msu.ru

На основе измерений параметров плазмы и магнитного поля в солнечном ветре и в околоземном пространстве изучались вариации ключевых параметров магнитосферы Земли в течение 2009 г. По данным о потоках заряженных частиц, измеренных на орбите спутника "Коронас-Фотон" прибором "Электрон-М-Песка", исследовалась крупномасштабная динамика радиационных поясов. Определено положение высокоширотной границы внешнего радиационного пояса на высоте орбиты спутника. Изучены вариации положения границы, связанные с развитием геомагнитных возмущений.

ТРАНСФОРМАЦИЯ И ПОГЛОЩЕНИЕ МАГНИТОЗВУКОВЫХ ВОЛН ИЗ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В МАГНИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Д.А. Козлов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия, kozlov-da@iszf.irk.ru

Исследован процесс резонансной трансформации потока быстрых магнитозвуковых (БМЗ) волн в резонансные альфвеновские и медленные магнитозвуковые (ММЗ) колебания в одномерно-неоднородной модели магнитосферы с прямыми силовыми линиями. Определено пространственное распределение скорости диссипации энергии БМЗ-колебаний, падающих из солнечного ветра на магнитопаузу. Показано, что на одних и тех же магнитных оболочках скорость диссипации энергии БМЗ-волн из-за резонанса с ММЗ-колебаниями на несколько порядков величины больше скорости диссипации их энергии за счет возбуждения альфвеновского резонанса. Это связано с видом спектра падающих на магнитосферу БМЗ-волн. В расчетах использован колмогоровский спектр, характерный для колебаний в турбулентной плазме солнечного ветра. Амплитуды Фурье-гармоник той части спектра БМЗ-волн, которые возбуждают резонансные альфвеновские колебания значительно ниже амплитуд части спектра,

ответственной за возбуждение более низкочастотных ММЗ-колебаний. Кроме того, ММЗ-волны, являясь продолжением ветки ионного звука в низкочастотную часть спектра, в отличие от альфвеновских колебаний, интенсивно взаимодействуют с ионами фоновой плазмы. Показано, что резонансная трансформация БМЗ-волн солнечного ветра в ММЗ-колебания магнитосферы может являться одним из эффективных механизмов передачи энергии из солнечного ветра внутрь магнитосферы.

ПРОДОЛЬНАЯ СТРУКТУРА УНЧ-ВОЛН Pc1 В МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПЛАЗМЕ

Д.Ю. Климушкин, П.Н. Магер, О.С. Мариловцева

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, <mailto:klimush@iszf.irk.ru>

Изучена продольная структура МГД-волн в диапазоне Pc1 в многокомпонентной плазме, состоящей из протонов и тяжелых ионов с учетом неоднородности вдоль силовых линий и конечной ларморовской частоты ионов, при квазипоперечном распространении. Показано, что в экваториальном регионе образуется резонатор, являющийся резервуаром энергии колебаний и определяющий их частоту. Частоты резонатора очень близки друг к другу, так что их суперпозиция должна привести к формированию биений, напоминающих геомагнитные пульсации типа "жемчужин". С обеих сторон резонатор окружен областью непрозрачности, ограниченной сингулярной точкой поворота, вслед за которой вновь идет область прозрачности. Амплитуда волны в сингулярной точке поворота является конечной.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ИМПУЛЬСАМИ ДАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА, ВСПЫШКАМИ ПРОТОННЫХ СИЯНИЙ И ПУЛЬСАЦИЯМИ Pc1

Т.А. Попова⁽¹⁾, А.Г. Яхнин⁽¹⁾, Т.А. Яхнина⁽¹⁾, Х. Фрей⁽²⁾

1 - Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия, ayahnin@gmail.com

2 - Лаборатория космических исследований, Калифорнийский университет, Беркли, США

Известно, что короткие широкополосные всплески геомагнитных пульсаций в диапазоне Pc1 (которые соответствуют всплескам ЭМИЦ волн в магнитосфере) наблюдаются во время резких увеличений динамического давления солнечного ветра. В то же время, лишь 10-30% импульсов давления солнечного ветра сопровождаются такими пульсациями. Недавние наблюдения со спутника IMAGE показали, что импульсы давления довольно часто сопровождаются вспышками протонных сияний к экватору от овала сияний на дневной стороне.

Мы рассмотрели взаимосвязь между такими вспышками протонного свечения и всплесками пульсаций в диапазоне Pc1 на основе сопоставления данных спутника IMAGE с наблюдениями пульсаций в обсерватории Ловозеро. За период 2001-2005 г.г. было найдено более 60 событий, когда во время импульса давления солнечного ветра имелись данные наблюдений протонных сияний со спутника IMAGE. Оказалось, что всплески Pc1 регистрировались в тех случаях, когда наземная станция оказывалась в области, сопряженной с протонной вспышкой. Когда наземная станция располагалась вне этой области, всплески Pc1 обычно не наблюдались. Такая взаимосвязь предполагает, что и

высыпания протонов, ответственных за вспышку протонного сияния, и всплеск Pc1 происходят в результате развития ионно-циклотронной неустойчивости. Неустойчивость развивается при резком увеличении анизотропии распределения горячих протонов во время сжатия магнитосферы. Низкий процент наблюдений всплесков Pc1 на наземной станции во время импульсов давления солнечного ветра связан, очевидно, с тем, что наземная станция часто оказывается вне достаточно локализованной области развития ионно-циклотронной неустойчивости.

Кроме того, мы отметили различия в отклике протонных сияний на импульсы давлений, связанные с различными структурами в солнечном ветре. Во время импульсов давления солнечного ветра, связанных с межпланетными ударными волнами, вспышки протонного свечения наблюдались почти в 100% случаев, в то время как импульсы давления, связанные с тангенциальными разрывами коррелируют со вспышками протонных сияний только в 30% случаев.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОЛЯРНОЙ ГРАНИЦЕ АВРОРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

М.М. Могилевский ⁽¹⁾, Д.В. Чугунин ⁽¹⁾, И.Л. Моисеенко ⁽¹⁾, Т.В. Романцова ⁽¹⁾,
Б. Бойчев ⁽²⁾, Ж.-А. Сово ⁽³⁾, Я. Ханаш ⁽⁴⁾

*1 – Институт космических исследований РАН, Москва, Россия,
mogilevsky@romance.iki.rssi.ru*

2 – Институт космических исследований БАН, София, Болгария

3 – Центр исследования космического пространства, Тулуза, Франция

4 – Центр космических исследований ПАН, Варшава, Польша

Представлены результаты анализа измерений параметров плазмы и электромагнитных полей, сделанных на спутнике ИНТЕРБОЛ-2 во время геомагнитных возмущений. Показано, что при локальной интенсификации геомагнитных возмущений, на полярной кромке авроральной области возникают электромагнитные излучения в диапазоне частот от долей Гц до, как правило, 10 Гц, но иногда спектр этих излучений простирается до единиц килогерц. Электрические и магнитные составляющие сигнала слабо коррелированы, а поперечные электрические компоненты имеют высокую степень поляризации. В этой же области наблюдается разогрев ионосферных ионов, достигающих значения в несколько кэВ, а также «низкочастотное» АКР, с характерными особенностями в спектре – серия узкополосных всплесков на частотах 35-50 кГц с дугообразной огибающей.

Обсуждаются физическая природа излучения, разогрева ионов и возможная интерпретация генерации АКР со специфическим спектром.

ЗАВИСИМОСТЬ ТОЧНОСТИ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ТОКОВЫХ СИСТЕМ В ВЫСОКОШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЕ, ВХОДНЫМИ ДАННЫМИ КОТОРЫХ ЯВЛЯЮТСЯ ПАРАМЕТРЫ МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЫ, ОТ ПОСТУЛАТОВ, ЛЕЖАЩИХ В ОСНОВЕ ИХ СОЗДАНИЯ.

А.Е. Левитин, Л.И. Громова, Л.А. Дремухина

Существующие сегодня модели электрического поля и токовых систем в высокоширотной ионосфере были созданы на основе метода «инверсии магнитограмм» и на основе обработки данных измерений спутников и радаров. Каждый способ выделения статистической связи электрического поля (E) и токов (J) в конкретной ячейке высокоширотной ионосферы с параметрами межпланетной среды – скорость и концентрация плазмы солнечного ветра и компоненты вектора межпланетного магнитного поля – включает в себя обработку результатов измерения E и J в рамках определенных предположений (постулатов). Несомненно, что такие предположения влияют на точность создаваемой модели не в меньшей степени, чем качество используемой информации. В докладе указываются основные постулаты, на которых построены современные модели электромагнитного поля и токовых систем в высокоширотной ионосфере и приводится оценка влияния отклонения их от реальной ситуации на надежность и точность моделей.

ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТОКОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ОБТЕКАНИЮ ДИПОЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМОЙ

Шайхисламов И.Ф., Антонов В.М., Захаров Ю.П., Бояринцев Э.Л., Мелехов А.В., Посух В.Г., Вшивков К.В. и Пономаренко А.Г.

Отдел лазерной плазмы, Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск, ildars@ngs.ru

В работе приводятся результаты экспериментов по обтеканию магнитного диполя, в которых впервые в лабораторных условиях наблюдалась генерация интенсивных продольных токов (Shaikhislamov et al 2009). Подробные измерения полного и локального тока, структуры магнитных возмущений на полюсах и экваториальной магнитопаузы, характера движения электронов обнаружили их подобие продольным токам зоны-1 в магнитосфере Земли. Существование токов прямо связано с возможностью их замыкания на проводящей оболочке диполя. Сравнение данных с проводящей и диэлектрической оболочкой позволили выявить характерные детали магнитных возмущений, создаваемых продольными токами и обнаружить их связь с электрическим потенциалом, наводимым в экваториальной части магнитопаузы. Для интерпретации данных рассмотрена модель генерации электрического потенциала в пограничном слое, которая согласуется как с экспериментальными наблюдениями, так и с измерениями трансполярного потенциала Земли в отсутствие межпланетного магнитного поля. Результаты работы могут иметь значение для исследования Меркурия, в котором магнитные возмущения от продольных токов из-за малого размера магнитосферы могут быть особенно большими.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований СО РАН проект 2.3.1.10, Российского фонда фундаментальных исследований проект 09-02-00492 и Программы ОФН РАН VI.15 Плазменные процессы в солнечной системе.

I.F. Shaikhislamov, V.M. Antonov, Yu.P. Zakharov, E.L. Boyarintsev, A.V. Melekhov, V.G. Posukh and A.G. Ponomarenko. «Laboratory simulation of field aligned currents in an experiment on laser-produced plasma interacting with a magnetic dipole» Plasma Phys. Control. Fusion **51** 10 (2009) 105005, doi:10.1088/0741-3335/51/10/105005

УСКОРЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В МАГНИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ СВИСТОВЫМИ ВОЛНАМИ С ДИСКРЕТНЫМ И ШУМОВЫМ СПЕКТРОМ

А. Г. Демехов

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, andrei@appl.sci-nnov.ru

Обсуждается эффективность ускорения электронов в радиационных поясах Земли при резонансном взаимодействии частиц со свистовыми волнами, имеющими дискретный и шумовой частотный спектр. Как показано ранее (Trakhtengerts et. al., 2003; Демехов и др., 2006), наиболее быстрое ускорение отдельного электрона может иметь место при выполнении условий захвата частицы полем волны. В этом случае обмен энергии между частицей и волной имеет определенный знак, зависящий от соотношения величин магнитного поля и частот волны на входе и выходе частицы из волнового пакета. Вблизи геомагнитного экватора ускорение электронов имеет место при повышении частоты, что типично для хоровых ОНЧ излучений. При характерных параметрах хоровых излучений - амплитуда магнитного поля волны $B_w = 50-100$ пТл, начальная частота $\omega \sim 0.3 \omega_H$ и изменение частоты в волновом пакете $\Delta\omega \sim 0.1 \omega_H$ (ω_H – гирочастота электронов) набор энергии за один акт взаимодействия захваченной частицы с волновым пакетом достигает нескольких десятков кэВ, что более чем на порядок превосходит среднеквадратичное изменение энергии незахваченного электрона (при стохастическом ускорении). С учетом амплитудной модуляции, характерной для хоровых излучений (частота такой модуляции порядка частоты осцилляций захваченных частиц в поле волны) максимальный набор энергии на одну частицу и количество частиц, ускоряемых в режиме захвата, уменьшаются по сравнению со случаем постоянной амплитуды поля в волновом пакете — при модуляции 50% примерно вдвое, а с увеличением глубины модуляции максимальный набор энергии остается на том же уровне, но число захваченных (и ускоряемых) частиц быстро уменьшается - почти на два порядка при глубине модуляции 100%. Таким образом, в случае глубокой амплитудной модуляции волнового пакета роль захваченных частиц в полном энергообмене между волной и частицами может стать порядка и меньше вклада частиц, ускоряемых в стохастическом режиме. Для стохастического ускорения рассмотрена самосогласованная задача, в рамках которой как интенсивность генерируемых волн, так и поток ускоренных электронов определяются величиной источника частиц в области слабoreлятивистских энергий (10-100 кэВ), ответственной за генерацию волн. Найдены аналитические выражения для установившегося энергетического спектра ускоренных электронов в случае их слабоанизотропного распределения по скоростям. Установлена связь между скоростью поступления в геомагнитную ловушку слабoreлятивистских электронов, генерирующих свистовые волны, и потоком ускоренных частиц.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СРАВНЕНИЕ АМПЛИТУДНО- СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОНЧ ХОРОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МОДЕЛЬЮ ЛАМПЫ ОБРАТНОЙ ВОЛНЫ

О. Сантолик¹, Э. Мацушова¹, Е.Е. Титова^{2,3}, Б.В. Козелов², А.Г. Демехов⁴, Д. Гарнет⁵,
Ж. Пикет⁵, П. Декро⁶

(1) Карлов Университет, Прага, Чешская республика, (2) ПГИ КНЦ РАН, Апатиты, Россия, (3) ИКИ РАН, Москва, Россия, (4) ИПФ РАН, Нижний Новгород, Россия,

Механизм генерации хоровых эмиссий был предложен В.Ю.Трахтенгерцем (Ann. Geophys., 17, 95-100, 1999) на основе нового режима магнитосферного циклотронного мазера типа лампы обратной волны (ЛОБ). В докладе мы сравниваем некоторые предсказания модели магнитосферной ЛОБ с характеристиками ОНЧ хоров, зарегистрированных на спутниках CLUSTER вблизи геомагнитного экватора, т.е. в области источника излучений. Используя измерения ОНЧ хоров, выполненные широкополосным приемником WBD, мы проанализировали амплитуды волн и наклоны хоровых элементов (скорость дрейфа частоты, df/dt) для 7 пролетов спутников CLUSTER и более чем 5000 хоровых элементов. Модель предсказывает, что наклоны хоровых элементов должны увеличиваться с увеличением амплитуды волн и с уменьшением концентрации холодной плазмы. Результаты измерений ОНЧ хоров на борту CLUSTER подтвердили эти предсказания и позволили выполнить количественное сравнение амплитудно-спектральных характеристик хоровых элементов с моделью генерации хоров, основанной на режиме ЛОБ в магнитосферном циклотронном мазере.

ОБЪЯСНЕНИЕ КЛИНОВИДНЫХ ОНЧ СПЕКТРОГРАММ, НАБЛЮДАЕМЫХ НА СПУТНИКЕ DEMETER

Д.Р. Шкляр^(1,2), М. Парро⁽³⁾, Я. Хум⁽⁴⁾, О. Сантолик^(4,5), Е.Е. Титова^(6,1)

1 – *Институт космических исследований РАН, Москва, Россия, david@iki.rssi.ru*

2 – *МФТИ, Московская область, Россия*

3 – *LPC2E/CNRS, Orleans cedex 2, France*

4 - *Institute of Atmospheric Physics AS CR, Prague, Czech Republic.*

5 - *Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic*

6 - *Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Анатиты, Россия*

Спутник DEMETER имеет полярную почти круговую орбиту с высотой ~ 700 км. На средних широтах его орбита лежит в области минимума высотного профиля частоты Нижнего Гибридного Резонанса (НГР), то есть в области так называемого НГР волновода. В этой области НГР явления проявляются наиболее сильно. Примером такого явления являются клиновидные структуры, наблюдаемые иногда на обзорных ОНЧ спектрограммах (длительность ~ 2 минут, частотный диапазон $0 - 20$ кГц) во время грозовой активности. Характерной особенностью этих спектрограмм является наличие необычных верхней и нижней частот обрезания. Верхняя частота обрезания на спектрограмме изменяется достаточно быстро, примерно как L^{-3} , где L - параметр МасИлвэйна. Нижняя частота обрезания, напротив, почти постоянна, так что эти частоты пересекаются на больших L . Между этими частотами, которые и образуют клин, наблюдаются интенсивные свисты, в то время как вне этих частот наблюдаются только 0_+ свисты (так называемые сферрики) и дактированные свисты. В докладе представлены многочисленные примеры таких спектрограмм и дано объяснение их формирования на основе особенностей распространения свистовых волн в плазмосфере и специфического положения спутника по отношению к максимуму высотного профиля НГР частоты. В общих чертах это объяснение сводится к следующему. Клиновидные спектрограммы формируются свистами от молниевых разрядов и, следовательно, связаны с грозовой активностью. Сам клин формируется квази-резонансными свистовыми волнами, которые не могут распространяться в области, где их частота ниже локальной частоты НГР. Поэтому нижняя частота обрезания определяется максимумом профиля НГР, так как квази-резонансные волны более низкой частоты, распространяющиеся из

противоположного полушария, не достигают спутника, отражаясь выше него. Появление верхней частоты обрезания связано с другой особенностью неактивированного распространения ОНЧ волн, которая состоит в существовании предельной ограничивающей траектории для волн одной частоты, стартующих с разных широт в противоположном полушарии. Поскольку дальнейшее увеличение широты старта уже не ведет к росту конечной L-оболочки в противоположном полушарии, возникает некоторая максимальная L-оболочка, на которой могут наблюдаться волны данной частоты. Эта предельная L-оболочка уменьшается с ростом частоты в силу более значительного уменьшения L-оболочки для больших частот. В результате, область, доступная для квази-резонансных свистовых волн на плоскости (L – f), принимает форму клина. Предложенная модель также объясняет особенности поведения спектральной интенсивности на наблюдаемых спектрограммах.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОТОНОВ В ПЛАЗМОСФЕРЕ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ МАГНИТНОЙ БУРИ; СРАВНЕНИЕ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ.

Г.А. Котова⁽¹⁾, М.И. Веригин⁽¹⁾, В.В. Безруких⁽¹⁾, В.В. Богданов⁽²⁾

1 - Институт космических исследований РАН

2 - Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, п. Паратунка, Камчатка

Рассмотрена модель перемещения дрейфовой оболочки протонов от Земли, вызванного уменьшением магнитного поля во внутренней плазмосфере при развитии магнитной бури. Движение протонов от Земли приводит к уменьшению их температуры. Эффект понижения температуры ионов плазмосферы при $L < 3$ ранее был обнаружен по данным спутников ИНТЕРБОЛ-2 и МАГИОН-5. Показано, что модельные значения температур хорошо согласуются с экспериментальными данными. Работа выполнена при частичной поддержке программ РАН П16 и ОФН 15.

НЕОБЫЧНАЯ МАГНИТОСФЕРА МАРСА – СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ И ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

М.И. Веригин

Институт космических исследований РАН, verigin@iki.rssi.ru

Околомарсианская ударная волна была впервые обнаружена ~ 45 лет назад Маринером 4 в 1965 г., а в 1971 г. около Марса уже работали первые спутники Марс 2,3. В докладе будут представлены избранные результаты околопланетных измерений плазмы и магнитного поля в этих и последующих миссиях (Марс 5, Маринер 9, Викинг 1,2 Фобос 2, Марс глобал сервейер, Марс-экспресс) и выводы, сделанные на основе соответствующих физический оценок и моделирования.

В настоящее время Марс является единственной планетой Солнечной системы, для которой еще не достигнуто согласие о физических процессах, *определяющих* формирование ее магнитосферы при различных условиях в солнечном ветре.

Детальный анализ результатов плазменных и магнитных измерений на Марсе 3 показал, что этот спутник наблюдал регулярное и сильное магнитное поле точно над областью наибольшей намагниченности марсианской коры в южном полушарии планеты, детально исследованной впоследствии спутником Mars Global Surveyor.

В докладе обсуждаются также современные представления о:

- физических процессах, приводящих к образованию плазменных границ над дневной стороной планеты;
- роли горячей кислородной/гелиевой/водородной короны во взаимодействии солнечного ветра с Марсом;
- процессах, ответственных за ускорение планетных ионов в хвосте марсианской магнитосферы при различных условиях в солнечном ветре.

Работа выполнена при частичной поддержке программ РАН П16, ОФН 15, и гранта РФФИ 07-02-92210-НЦНИЛ-а.

СКОЛЬ ГОРЯЧА ПЛАЗМА МАГНИТОСФЕР ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ?

Тёмный В.В.

*Институт истории естествознания и техники РАН им. С.И.Вавилова,
vladtemnyi@gmail.com*

Десятилетия назад широкодиапазонными спектрометрами на КА Voyager-1, -2 регистрировалась протонная составляющая плазмы в магнитосферах Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Из полученных спектров и функций распределения авторы экспериментов определили её температуры (kT_p) и плотности энергий $\mathcal{E}_p = (n_{cm-3} kT_p)$. Помимо сравнительно низкотемпературных составляющих ($kT_p)_{cold} \sim 1-5$ кэВ ($1-5 \cdot 10^7$ К) была выявлена горячая компонента с ($kT_p)_{hot} \sim 10-50$ кэВ ($1-5 \cdot 10^8$ К). Её плотность энергии ($\mathcal{E}_p)_{hot}$ оказалась соизмеримой с \mathcal{E}_B – локальной плотностью энергии магнитного поля и много большей ($\mathcal{E}_p)_{cold}$. Для центральной геомагнитосферы оценки по результатам эксперимента AMPTE/CSE и IRM для протонной составляющей плазмы дали ($kT_p)_{hot} \sim 3$ кэВ и ($kT_p)_{cold} \sim 50$ кэВ [Тёмный, Космические исследования, 1987., Вып. 25, № 3]. Полученная величина ($\mathcal{E}_p)_{hot}$, соизмеримая с \mathcal{E}_B – локальной плотностью энергии геомагнитного поля, значительно превосходит \mathcal{E}_p плазмосферной плазмы.

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ФАКТОРЫ В РАЗВИТИИ ГЛАВНОЙ ФАЗЫ (ГФ) ГЕОМАГНИТНОЙ БУРИ (ГБ)

И.В. Ковалевский

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В.Пушкова РАН, jkoval@izmiran.ru*

Геомагнитная буря отождествляется по наличию главной фазы, т.е. по интервалу резкого понижения D_{st} -индекса. До настоящего времени вопрос о причинах генерации и развития бурь всех интенсивностей остаётся нерешённым [Gonzalez et al., 1994; Kamide et al., 1998]. Хотя бытует точка зрения, что необходимым и достаточным условием для генерации ГФ является наличие больших на длительных интервалах значений южной компоненты B_S межпланетного магнитного поля (ММП) [Maltsev, 2004]. Результаты метода наложения эпох (МНЭ) [Yokoyama and Kamide, 1997] подтверждают решающую роль B_S -компоненты как в возникновении ГФ ГБ, так и в определении её интенсивности. Однако обращает на себя внимание интригующий результат несовпадения B_Z^{\min} с D_{st}^{\min} , полученный при анализе МНЭ вспышечных потоков солнечного ветра, ответственных за генерацию ГБ различной интенсивности [Ермолаев и др., 2007]. С целью выявления межпланетных факторов, в частности, B_Z -компоненты ММП, ответственных за генерацию ГФ ГБ, воспользуемся кластерным анализом в виде метода “ближайшего соседа” [Ковалевский и Морозов, 1989]. На основе D_{st} - B_Z масштабной кластерной классификации 31 ГФ ($D_{st}^{\min} = -37 \div -226$ нТл, $B_Z^{\min} = B_S = -6.6 \div -24.5$ нТл) выделены слабые (СГБ), умеренные (УГБ), сильные (СИГБ) и очень сильные (ОСИГБ) бури (выборки), связанные с B_Z -компонентой ММП. Корреляционная кластеризация 32 взаимосвязанных физических процессов (ВФП), характеризующих каждую ГФ, установила наличие общей части внутренней структуры ВФП для всех выборок ($CP = [D_{st}] + B + [B_Z] + (B_Y)$). В свою очередь, каждая выборка обладает собственной общей внутренней структурой ВФП, характер которой зависит от масштаба событий (D_{st}^{\min}). Из наличия CP следует, что магнитосферная активность ($[D_{st}]$) в период ГФ всех масштабов D_{st} определяется преимущественно B_Z , B_Y компонентами ММП и связанными на их основе функциями связи, а также полной величиной ММП B . Ограничимся рассмотрением воздействия на $Y = D_{st}$ -индекс некоторых причинных факторов (наиболее используемых в литературе и встречающихся в CP структурах ВФП: $X = B$, B_Z , VB_S , V^2B_S , $F^* = VB_S(nV^2)^{1/3}$ как наиболее “геоэффективных”). Связи строились на основе средних (\bar{Y} , \bar{X}) и экстремальных (Y^{ext} , X^{ext}) значений соответствующих процессов за период ГФ, усреднённых по всем событиям каждой выборки, а именно $\bar{\bar{Y}}(\bar{\bar{X}})$ и $\bar{\bar{Y}}^{ext}(\bar{\bar{X}}^{ext})$.

Полученные нами результаты подтверждают точку зрения о том, что совокупность межпланетных факторов, порождающих ГФ, различна для бурь различной интенсивности, что южная компонента ММП B_S наряду с функциями связи, включающими в себя B_Z - или B_S -компоненты ММП, играют решающую роль в определении масштаба ГФ ГБ, что степень тесноты взаимосвязи D_{st} -индекса с V^2B_S , VB_S , B_Z , B , $F^* = VB_S(nV^2)^{1/3}$ убывает от сильной до умеренной, соответственно, и что B_Y -компонента ММП вносит вклад в развитие ГФ. Следовательно, наиболее тесная связь присуща $D_{st}(V^2B_S)$, т.е. фактор V^2B_S оказался наиболее геоэффективным и поэтому его целесообразнее использовать для прогнозирования D_{st} -индекса в периоды исследуемых ГФ. Добавим, что в периоды СГБ,

УГБ и СИГБ зависимости между межпланетными факторами X и D_{st} -индексом более крутые, чем в периоды ОСИ ГБ.

МАГНИТОСФЕРНО - ИОНОСФЕРНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ 14-15 ДЕКАБРЯ 2006 г.

Н.А. Золотухина, О.М. Пирог, Н.М.Полев

Институт солнечно-земной физики, Иркутск, zlot@iszf.irk.ru

Исследованы возмущения плазмы и магнитного поля в солнечном ветре, в магнитосфере, ионосфере и на поверхности Земли, зарегистрированные в большую магнитную бурю 14-15.12.2006 космическим аппаратом ACE, геостационарными спутниками и наземными обсерваториями, размещенными на геомагнитных долготах 190° - 213° и широтах 52° - 62° . Показано, что высокоширотные ночные спорадические E и F2 слои (положительное ионосферное возмущение) возникли в начальную фазу магнитной бури при взаимодействии магнитосферы Земли с переходной областью вспышечного потока. Основными причинами их генерации были активизация высыпаний и смещение дрейфовых траекторий частиц плазменного слоя к Земле, вызванные сжатием магнитосферы и усилением поля крупномасштабной магнитосферной конвекции. Дневное уменьшение электронной плотности F2 слоя на широте $\phi' = 52.3^{\circ}$ (отрицательное ионосферное возмущение) и сопровождавшее его полное поглощение на $\phi' = 56.8^{\circ}$ развивались в главную фазу бури в области плотной, дрейфующей к периферии магнитосферы холодной плазмы (плазменного хвоста). Изменение структуры высокоширотной ионосферы могло быть вызвано выносом плазмы к границе дневной магнитосферы и изменением ее ионного состава в секторе локального усиления зонального электрического поля. Большие значения критической частоты F2-слоя (дневное положительное возмущение) были зарегистрированы после перехода наблюдательных пунктов из области плазменного хвоста в сектор восточного электроджета (вечернего вихря конвекции). Резкий рост f_oF2 и стабилизация направления вектора возмущения геомагнитного поля указывают на четкую границу раздела между этими плазменными структурами и высокую плотность частиц дневного плазменного слоя, сформировавшего в условиях продолжительного взаимодействия магнитосферы Земли с плотным солнечным ветром. Полученные результаты указывают на необходимость дальнейшего исследования влияния сжатого солнечного ветра на структуру высокоширотной магнитосферы и ионосферы.

МИНИ МАГНИТОСФЕРА: ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ И МОДЕЛЬ

Шайхисламов И.Ф., Антонов В.М., Захаров Ю.П., Посух В.Г., Вшивков К.В. и Пономаренко А.Г.

Отдел лазерной плазмы, Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск, ildars@ngs.ru

В последние годы появилось ряд проблем, связанных с формированием мини-магнитосферы. Мини-магнитосфера возникает, когда малое небесное тело как астероид, локальная область на поверхности Луны или Марса, или искусственный аппарат обладают собственным магнитным полем. Приставка мини обозначает конкретный пространственный размер – ионный гирорадиус или ионный скин. На этих масштабах

взаимодействие Солнечного ветра с локальным магнитным полем значительно отличается от хорошо известных планетарных магнитосфер из-за кинетических и двух жидкостных эффектов. В настоящей работе эта проблема изучается методами лабораторного эксперимента и 3D PIC численного моделирования. Представлена аналитическая модель, включающая двух жидкостные эффекты, описываемые Холловским членом. Модель показывает, каким образом масштаб магнитосферы и точка остановки плазмы изменяются от МГД размера по балансу давлений до радиуса Штермера. Приводятся данные лабораторных измерений специфичной компоненты магнитного поля, генерируемой Холловским членом. Эксперименты в режимах с малой и большой ионной плазменной длиной обнаружили значительную разницу в точке остановки плазмы. Проведено численное моделирование, которое оказалось в хорошем согласии с данными эксперимента и предсказаниями аналитической модели.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований СО РАН проект 2.3.1.10, Российского фонда фундаментальных исследований проекты 09-02-13578 и 09-02-00492, и Программы ОФН РАН VI.15 Плазменные процессы в солнечной системе.

ИОНОСФЕРНЫЙ ОТКЛИК НА SSC ПО ДАННЫМ ДОПЛЕРОВСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В.А. Пилипенко^(1,2), Е.Н. Федоров⁽²⁾, Т.Р. Сан⁽³⁾

(1) *Институт космических исследований РАН, Москва, pilipenko_va@mail.ru*

(2) *Институт физики Земли, Москва* (3) *Центр космических и прикладных исследований (CSSAR), Китай*

Вариации доплеровского сдвига частоты отраженного от ионосферы зондирующего радиосигнала, возникающие при SSC, состоят из двух компонент:

- сравнительно плавное (время роста порядка нескольких минут) и длительное (порядка 10 мин) возмущение;
- резкий (длительностью порядка минуты) положительный выброс.

Первое возмущение вызвано крупно-масштабным электрическим полем, направленным на дневной стороне с утра на вечер, создаваемым продольными магнитосферными токами. Глобальная структура такого возмущения и его эволюция во времени представлены с помощью численного моделирования. Второе возмущение является реакцией ионосферы на падение фронта магнитозвуковой волны, вызванной резким поджатием магнитосферы. Связь доплеровского ионосферного и наземного магнитного возмущений аналитически оценена с использованием модели тонкой ионосферы. Сопоставление теоретических результатов с данными синхронных магнитных и ионосферных наблюдений показало их разумное согласие.

ВЫСОКОШИРОТНЫЕ ГЕОМАГНИТНЫЕ И РИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПУЛЬСАЦИИ ДИАПАЗОНА R1Z И ВЫСЫПАНИЯ ЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ НА СПУТНИКЕ КОРОНАС-Ф

Козырева О.В.¹, Мягкова И.Н.², Клейменова Н.Г.^{1,3}, Антонова Е.Е.^{2,3}

¹*Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва, kozyreva@ifz.ru*

²Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына
Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Москва
³ Институт космических исследований, РАН, Москва

По данным наземных магнитометров скандинавской сети IMAGE проведен детальный анализ высокоширотных геомагнитных возмущений, которые наблюдались в вечерне-ночном секторе полярных широтах ($\sim 75^\circ$) 13 декабря 2003 г. – в позднюю стадию восстановительной фазы умеренной ($Dst_{\min} \sim -66$ нТл) магнитной бури при очень больших значениях (750-850 км/с) скорости солнечного ветра. Установлено, что одновременно с геомагнитными возмущениями в полярных широтах зарегистрированы всплески риометрического поглощения и полярные сияния. Вейвлет структура геомагнитных и риометрических пульсаций в диапазоне частот 1-10 мГц была подобной, что может свидетельствовать об их общем источнике вблизи полярной границы аврорального овала. Наземные наблюдения были сопоставлены с данными спутника КОРОНАС-Ф. Было обнаружено, что интенсивные высыпания энергичных электронов 0.3-1.5 МэВ, зарегистрированные на двух последовательных пролетах спутника, наблюдались одновременно с бухтообразными возмущениями геомагнитного поля, всплесками геомагнитных пульсаций, риометрического поглощения и полярными сияниями в высокоширотных обсерваториях, расположенных вблизи проекции орбиты спутника. Сделан вывод о тесной связи процессов ускорения энергичных электронов в высокоширотной магнитосфере Земли с суббуревой активностью и геомагнитными пульсациями. Совпадение области локализации высыпаний энергичных электронов на спутнике КОРОНАС-Ф с областью интенсивных риометрических поглощений свидетельствует о возможности проецирования наблюдаемых событий в область квазизахвата, несмотря на сравнительно высокоширотный характер наблюдаемых явлений.

ПОРОГИ ГЕНЕРАЦИИ РАДИОВСПЛЕСКОВ ПРИ РЕЛАКСАЦИИ РАЗМЫТОГО ПО СКОРОСТЯМ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ПЛАЗМЕ

Д.М.Карфидов

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, karfidov@fpl.gpi.ru

Проведены исследования генерации радиовсплесков на плазменной частоте и ее гармонике при взаимодействии размытого по скоростям ($\Delta v_b/v_b = 0,2$.) электронного пучка с плазмой. Установлено, что генерация излучения происходит независимо от вида функции распределения электронного пучка, а определяется лишь энергией возбуждаемых пучком ленгмюровских волн. Механизм излучения связывается с рассеянием плазмонов на флуктуациях плотности ионов плазмы, возникающих при развитии распадной неустойчивости плазменных волн. Последовательность процессов, приводящих к замедлению релаксации пучка и генерации электромагнитного излучения, объясняется с привлечением механизмов «непрямого коллапса» ленгмюровских волн.

ЗАХВАЧЕННЫЕ АНТИПРОТОНЫ В МАГНИТОСФЕРАХ ЮПИТЕРА, САТУРНА, НЕПТУНА И УРАНА

А. Гусев, ¹, J. Bickford², W. Spjeldvik³

¹ ИКИ РАН, Профсоюзная 84/32, Москва, Россия, galinasm@pochta.ru

² Draper Laboratory Cambridge, Massachusetts, USA

³ Weber State University, Ogden, Utah, USA

Значительные потоки античастиц, захваченных в магнитосфере Земли, были предсказаны недавно в теоретических работах (Pugacheva et al., 2002 и др) и подтверждены в экспериментах AMS collaboration и Pamela. Антипротоны рождаются в основном от распада антинейтронов, генерированных во взаимодействиях космических лучей с веществом атмосферы планет Земля ($\sim 10^{15}$ /год) и Юпитер ($\sim 10^{18}$ /год). При расчете функции источника используется компьютерный код ядерных реакций SHIELD (Dementyev&Sobolevsky,1999) и учитывается радиальная диффузия и потери частиц при взаимодействии с атмосферой, лунами, пылью, etc. Источник антипротонов вокруг Сатурна преимущественно формируется за счет распада антинейтронов, образовавшихся во взаимодействии космических лучей с веществом колец, которые инжектируют $\sim 10^{20}$ антипротонов в год в магнитосферу Сатурна.

В магнитосфере Земли баланс между источником, потерями и диффузией антипротонов приводит к образованию антипротонного пояса с максимумом потока ~ 4000 частиц/м²с⁻¹ на L =1.4 и максимумом энергетического спектра при E~175 МэВ. Магнитосферы Юпитера и Сатурна более сложны из-за многочисленных лун. Луны Сатурна действуют и как источники и как стоки частиц, поэтому Сатурн обладает множеством антипротонных радиационных поясов, разделенных положением лун. Пик потока 100 частиц/м²с⁻¹ принадлежит поясу, расположенному между орбитами спутников Сатурна Януса и Мимаса. Наибольший поток в поясах Юпитера ~ 10 частиц/м²с⁻¹ принадлежит поясу, расположенному внутри орбит его главных лун.

Pugacheva, G., Gusev, A.,...Spjeldvik, W., *JASTP*, **64**, 625-631 (2002). Dementyev, A. V., N. M. Sobolevsky, *Radiation Measurements*, **30**, 553, 1999.

ВЛИЯНИЕ ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗАРЯЖЕНИЕ СПУТНИКА ИНТЕРБОЛ-2

Н.Ф. Смирнова¹, Т.М. Мулярчик¹, Г. Станев²

¹Институт космических исследований РАН, Москва, nsirnova@romance.iki.rssi.ru

²Институт космических исследований БАН, София, Болгария

Исследование влияния гелиофизических факторов на зарядение спутника Интербол-2 проводится на основе измерений приборами АНОД, ИЭСР-2 и КМ-7. Зарядение спутника Интербол-2 определяется в основном его функционированием в период низкой солнечной активности в начале 23-го цикла и особенностями орбиты: апогей 19211км, перигей 769 км, пересечение радиационных поясов. Эквипотенциал Интербол-2 нарушается в радиационных поясах. Этот вывод основывается на анализе данных, полученных прибором АНОД при пересечении спутником радиационных поясов более 50 раз в период активной ориентации. Технологический эксперимент АНОД был предназначен для изучения долговременного функционирования солнечных панелей. С этой целью на спутнике были установлены 5 небольших экспериментальных панелей. В этой работе сопоставляются токи с экранов на корпус спутника двух панелей: одна из которых располагалась на основных солнечных панелях, а другая на блоке электроники, на стороне космического аппарата обращенной к Солнцу. Ориентация сопоставляемых панелей полностью совпадает, и токи на корпус спутника с экранов этих панелей должны в идеале совпадать при штатной ориентации и равномерно проводящей поверхности

спутника. Во всех случаях, когда спутник находится в радиационных поясах и не в тени, токи с экранов этих панелей имеют противоположные знаки, а за пределами радиационных поясов токи приблизительно совпадают, на ионосферных высотах отмечаются максимальные значения. Обращается внимание на тот факт, что в магнитосфере, когда плотность плазмы заключена в пределах $0.1-100 \text{ см}^{-3}$ и космический аппарат или датчик подвергается воздействию энергичных частиц, то его потенциал сильно зависит от материала покрытия. Измерения потенциала Интербол-2 проводилось двумя приборами – ИЭСП-2 (измеритель электрических полей) и КМ-7 (датчик электронной температуры). Сопоставление одновременных измерений потенциала спутника Интербол-2 относительно плазмы зондовыми экспериментами ИЭСП-2 и КМ-7 позволяет оценить плотность фотоэлектронного тока. Согласно ранее полученным результатам фотоэлектронная плотность тока на спутнике Интербол-2 находится, как правило, в диапазоне $1.8 \div 3.6 \text{ nAcm}^{-2}$. Обсуждается возрастание фотоэлектронного тока со временем функционирования аппарата в космосе и увеличением солнечной активности. Пониженные значения фототока можно объяснить функционированием Интербол-2 в период глубокого минимума солнечной активности на орбите с низким перигеем.

НАГРЕВ ИОНОСФЕРНЫХ ИОНОВ НА ПОЛЯРНОЙ КРОМКЕ АВРОРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Д.В. Чугунин (1), И.Л. Моисеенко (1), М.М. Могилевский (1), Т.В. Романцова (1), Б. Бойчев (2), Ж.-А. Сово (3), Я. Ханаш (4)

1 – *Институт космических исследований РАН, Москва, Россия, dimokch@iki.rssi.ru*

2 – *Институт космических исследований БАН, София, Болгария*

3 – *Центр исследования космического пространства, Тулуза, Франция*

4 – *Центр космических исследований ПАН, Варшава, Польша*

При движении спутника ИНТЕРБОЛ-2 вдоль полярной кромки авроральной области проводились одновременные измерения тепловой плазмы, сверхтепловых частиц, многокомпонентные измерения электромагнитного излучения в диапазоне УНЧ (0 – 10 Гц), ОНЧ излучения (20 Гц – 20 кГц) и ВЧ излучения в диапазоне частот 4 кГц – 1 МГц. Во время интенсификации геомагнитных возмущений на полярной кромке генерируются электромагнитные возмущения, спектр которых является спадающим по частоте и верхняя частота спектра может достигать нескольких килогерц. Одновременно регистрируются восходящие потоки ионосферных ионов, нагретых до нескольких сотен эВ, а в некоторых случаях – до нескольких кэВ. Делается предположение, что восходящие потоки ионов возникают в результате взаимодействия с косыми (кинетическими) альвеновскими волнами, генерируемыми на полярной кромке во время геомагнитных возмущений.

Узкополосное авроральное километровое излучение было зарегистрировано одновременно с восходящими потоками ионов. Обсуждается возможный механизм генерации АКР и объяснение особенности его спектра. По мнению авторов, одним из возможных объяснений особенности спектра АКР является близость источника к спутнику - на спутнике ИНТЕРБОЛ-2 регистрировались, в том числе, и волноводные моды излучения. В этом случае, увеличение интенсивности излучения на отдельных частотах может быть связаны с соотношением длины антенны и длины волны.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ДВУХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СУББУРЬ 1 АВГУСТА 1998 г.

В.А. Пархомов(1), Н.Л. Бородкова(2), Г.Н. Застенкер(2)

1 - ГОУВПО Байкальский государственный университет экономики и права

2 - Институт космических исследований РАН, Москва, nlbor@mail.ru

В докладе исследуется магнитосферный отклик на возникновение и развитие двух последовательных суббурь, различающихся по характеру развития и вызванных различными причинами. Выбор этих событий был обусловлен удачным расположением спутников в разных областях околоземного пространства и наличием обширных спутниковых и наземных наблюдений.

Первая суббуря, начало которой было зарегистрировано 1 августа 1998 г. в 17.20 UT, была вызвана спонтанным высвобождением избыточной энергии, накопленной в хвосте Земли. Вторая суббуря, зарегистрированная в тот же день в 18.30 UT, была вызвана внешним триггером - последовательностью из нескольких больших и резких скачков динамического давления солнечного ветра при незначительных флуктуациях скорости и ММП. Резкие изменения давления солнечного ветра привели к значительным вариациям магнитного поля и потоков энергичных частиц на геосинхронной орбите и на наземных станциях, причем коэффициенты корреляции между измеренными параметрами оказались очень большими.

Показано, что в первом случае, суббуря была локализована в полуночном секторе аврорального овала, наблюдалось распространение к западу авроральной выпуклости и типичная фаза восстановления. Вторая суббуря, вызванная внешним триггером, сопровождалась усилением свечения на дневной стороне овала, продвижением активности сияний с полудня в вечернюю и утреннюю стороны и развитием суббури в предполуночном секторе овала. Показано, что модуляция магнитосферных токов динамическим давлением солнечного ветра для второго события имеет глобальный характер.

ВЛИЯНИЕ ММП НА ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ САТУРНА

Е.С.Беленькая(1), И.И.Алексеев(1), М.С.Блохина(1), Э.Банс(2), С. Каули(2), Д.Николс(2), В.В.Калегаев(1), В.Г.Петров(3), Г.Прован(2)

1 - НИИЯФ МГУ, Воробьевы Горы, 119992, Москва, РФ, elena@decl.sinp.msu.ru

2 - Department of Physics & Astronomy, University of Leicester, Leicester LE1 7RH, UK

3 - ИЗМИРАН, Троицк, Московская обл., 142190, РФ

Исследуется зависимость магнитосферного магнитного поля Сатурна от межпланетного магнитного поля (ММП). Для этого используются данные КА Кассини по магнитному полю, полученные при его нахождении в солнечном ветре. Рассчитанные по параболической модели магнитосферы области открытых силовых линий в южной полярной шапке Сатурна сопоставлялись с одновременно полученными на космическом телескопе Хаббл снимками полярных сияний.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о хорошем совпадении приполярной границы сияний Сатурна с границей области открытых силовых линий в ионосфере.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОСФЕРНОЙ ПРОЕКЦИИ ПЛАЗМОПАУЗЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ПРОТОННЫХ ВЫСЫПАНИЙ

А.Г. Яхнин, Т.А. Яхнина, Т.А. Попова

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, ayahnin@gmail.com

Локализованные высыпания энергичных протонов (ЛВЭП) в субавроральной области являются индикатором силовых линий, на которых в экваториальной плоскости магнитосферы происходит развитие ионно-циклотронной (ИЦ) неустойчивости. Благоприятным условием для развития ИЦ взаимодействия является наличие градиента концентрации холодной плазмы, например, плазмопаузы. Анализ нескольких событий ЛВЭП, а также изолированных форм протонных сияний к экватору от овала, наблюдавшихся в различных геофизических условиях, показал, что эти ионосферные структуры, действительно, могут быть использованы для диагностики положения ионосферной проекции плазмопаузы.

СЕКЦИЯ «ТЕОРИЯ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОЛНЕЧНОГО ДИНАМО И ГЕОДИНАМО

Д.Д.Соколов

Московский государственный университет, sokoloff@dds.srcc.msu.su

Предложен регулярный метод для построения динамической системы, призванной воспроизвести основные черты процесса динамо в солнечной конвективной зоне. На основе этого метода получена динамическая система, которая действительно правильно описывает многие известные черты циклической солнечной активности и эволюции магнитного поля в ходе геологической истории и в ряде случаев показывает, с чем связаны эти черты.

ГЕНЕРАЦИЯ И ИЗЛУЧЕНИЕ ВЫСОКИХ ГАРМОНИК ПРОМЫШЛЕННЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ В МАГНИТОСФЕРУ ЗЕМЛИ

А.В. Костров

ИПФ РАН, г. Нижний Новгород, kstr@appl.sci-nnov.ru

Радиоизлучение гармоник промышленных линий электропередачи регистрируется в течение последних 50 лет как наземными станциями, так и на спутниках. В докладе обсуждается механизм генерации высоких гармоник рабочих частот линий, связанный с работой у ряда потребителей (железнодорожная техника, предприятия металлургической промышленности и т.д.) устройств управления мощностью на основе тиристорных управителей. Работа указанных устройств основана на изменении задержки включения линии на нагрузку в каждом полупериоде колебаний тока на рабочей частоте (50 Гц или 60 Гц). При этом в линии возникают броски тока, чаще всего следующие с частотой 100 или 120 Гц. Благодаря малому времени срабатывания тиристорных ключей (в современных устройствах управления мощностью – около 10 мкс), частотный спектр всплесков тока в линии простирается до 100 кГц. При этом можно показать, что на частотах 1 – 10 кГц, соответствующих свистовому диапазону в околоземной плазме, промышленная линия передачи представляет собой антенну бегущей волны («антенну Бевереджа»), нагруженную на активное сопротивление (потребителя). Учитывая большие значения силы тока и высокую мощность потребителей, запитываемых через тиристорные управители (например, мощность современного электровоза достигает нескольких МВт), линия может достаточно эффективно излучать свистовые волны в ионосферу и магнитосферу Земли. Обсуждаются вопросы, касающиеся формирования динамических спектров излучения промышленных линий электропередачи.

ЦИКЛОТРОННОЕ УСКОРЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ЗАМАГНИЧЕННОЙ ПЛАЗМЕ, ОКРУЖАЮЩЕЙ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ, И ГЕНЕРАЦИЯ СВИСТОВЫХ ВОЛН

М.Е. Гушин, С.В. Коробков, А.В. Костров, Д.А. Одзерихо, А.В. Стриковский

ИПФ РАН, г. Нижний Новгород, mguschin@appl.sci-nnov.ru

Циклотронный нагрев околоземной плазмы, окружающей антенные устройства космических аппаратов, наблюдается при совпадении рабочих частот бортовых передатчиков с электронной циклотронной частотой и ее гармониками. В докладе представлены результаты модельных лабораторных экспериментов, выполненных на крупномасштабном плазменном стенде «Крот», в которых исследовалось ускорение электронов, проходящих через ближнюю зону рамочных и электрических дипольных антенн. Параметры плазмы и размеры антенн выбраны с учетом преобразований подобия, и соответствуют физическим условиям в верхней ионосфере Земли. Показано, что набор поперечной энергии электронами (и, соответственно, увеличение их магнитного момента) сопровождается диамагнитным эффектом. Предложен способ возбуждения низкочастотных волн, основанный на нагреве плазмы в ближней зоне антенн в условиях электронно-циклотронного резонанса (ЭЦР) амплитудно-модулированным сигналом. В этом случае модуляция магнитного момента, наведенного в плазме, сопровождается излучением волн (например – свистового диапазона) на частоте модуляции. Такая схема генерации низкочастотных волн может быть эффективнее, чем их прямое возбуждение с борта космического аппарата с помощью компактной антенны.

ПОТОК ТЕПЛА, КАК ИСТОЧНИК ИОННО-ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ

П.А. Беспалов¹, О.Н. Савина²

¹ *Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, peter@appl.sci-nnov.ru*

² *Нижегородский государственный технический университет*

В рамках модельных расчетов показана возможность возбуждения ионно-звуковых колебаний потоками тепла в плазме. В физике плазмы, например при анализе проблемы аномальной проводимости, много внимания уделялось изучению условий возбуждения ионно-звуковых колебаний потоками частиц. Для уточнения тепловых свойств плазмы нами был выбран класс модельных функций распределения частиц, отвечающих переносу тепла без потоков вещества. Исследовано выражение для инкремента ионно-звуковых колебаний. Определены максимальные величины инкремента неустойчивости, как функционала от параметров плазмы и потока тепла. Рассмотрено вероятное влияние ионно-звуковых колебаний на формирование температурных перепадов при критических потоках тепла в космической плазме. Отмечено, что величина критического потока тепла соответствует известным экспериментальным данным о потоке тепла через переходную область солнечной атмосферы.

[1] Беспалов П.А., Савина О.Н. Поток тепла как источник ионно-звуковых колебаний в переходном слое солнечной атмосферы//Письма в АЖ. 2009. Т. 35, №5. С. 382–388.

ЗАДАЧИ СОПРЯЖЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ КИНЕТИЧЕСКОМ РАССМОТРЕНИИ «МАГНИТОСФЕР», ФОРМИРУЕМЫХ ПОТОКОМ СУБРЕЛЯТИВИСТСКОЙ ПЛАЗМЫ

Владимир Михайлович Губченко, Алексей Владимирович Смирнов

*Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород,
603950, Ульянова 46, ua3thw@appl.sci-nnov.ru*

Ряд задач солнечно-земной физики и астрофизики имеют общую физическую основу. Это задачи изучения формирования протяженных вытянутых токовых систем с тонкой структурой в потоке плазмы, возникающих от источника намагниченности. Формируемые токовые системы определяют магнитосферы разных типов. Поступательные потоки плазмы при нерелятивистских скоростях ассоциируются с потоком солнечного ветра, формирующим магнитосферу Земли, здесь источник намагниченности связан с намагниченностью внутренней магнитосферы. В результате появляется геомагнитный хвост. Нерелятивистский поток также ассоциирован с радиальным расширением солнечной короны, формирующим стример и стримерный пояс, источник намагниченности связан с магнитоактивной областью Солнца. При релятивистских скоростях потоков формируются вытянутые вдоль потока джеты, связанные с квазарами. Высокая разреженность плазмы во всех примерах и при этом высокая «тепловая» энергия частиц характеризует потоки с немаксвелловскими функциями распределения частиц (ФРЧ) сложной формы, состоящей из «гало» и «ядра», что требует рассмотрения задач формирования магнитосфер в рамках уравнений Власова-Максвелла. При численном моделировании этих задач методом PIC моделирование ведется в режимах близким к релятивистским. При аналитическом моделировании 3d магнитосферы рассматриваются как эффект аномального скинирования источника замагниченности в плазме потока, тип скинирования зависит от электромагнитных свойств потока плазмы. Эти свойства описываются через безразмерные параметры на основе вычисления в релятивистском и нерелятивистском приближении поперечной компоненты тензора диэлектрической проницаемости. Компонента тензора определяется формой функции распределения частиц и скоростным режимом потока, это дает возможность определить, является ли поток диамагнетиком или проводником, что качественно меняет топологию возбуждаемых токовых систем. Показана область безразмерных параметров соответствующая проведенным численным моделированиям и их соответствие аналитическим подходам.

Работа выполнена по Госконтракту НОЦ № 02.740.11.0246 при поддержке грантов РФФИ №. 08-02-00119 и № 09-02-01330, при поддержке школы ВНШ-4485.2008.2 и в рамках программ Президиума РАН и ОФН РАН.

К ТЕОРИИ ПРИЕМНОЙ АНТЕННЫ В ДВИЖУЩЕЙСЯ ИЗОТРОПНОЙ ПЛАЗМЕ (ПЛАЗМА СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА)

Ю.В. Чугунов

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия, chugun@appl.sci-nnov.ru

В статье анализируется отклик дипольной антенны в движущейся изотропной плазме (скорость движения плазмы много больше тепловой скорости электронов) при падении на нее шумового и (или) регулярного (квазимонохроматического) излучения в виде плазменных колебаний и волн. В случае шумового поля рассчитан квадрат спектральной плотности мощности шумовой ЭДС на терминале приемной антенны вблизи плазменной частоты электронов. Показано, что основной вклад в шумы дает излучение, обусловленное возбуждением волн на аномальных доплеровских частотах. В случае падения регулярного излучения рассчитано средне - квадратичное напряжение на терминале антенны как функция частоты излучения и углов прихода. Показано, что эффективная длина приемной антенны может сильно отличаться от «геометрической» длины диполя, что связано с особенностью дисперсии продольных волн, когда в заданное направление прихода энергии излучения в переизлученное поле дают вклад много (в асимптотическом пределе континуум) плоских волн. Результаты анализа применяются к анализу шумовых и регулярных излучений в плазме солнечного ветра.

МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ УЛЬТРАНИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПОГРАНИЧНОЙ ОБЛАСТИ ПЛАЗМЕННОГО СЛОЯ

Шевелёв М.М., Буринская Т.М.

Институт космических исследований РАН, Москва, mposimba@gmail.com

В пограничной области плазменного слоя (ПОПС) регулярно наблюдаются потоки высокоэнергичных ионов, движущиеся вдоль магнитного поля. В ходе многоспутникового эксперимента Cluster были обнаружены ультранизкочастотные возмущения магнитного поля, распространяющиеся вместе с потоками ионов. Характерные частоты и длины волн этих колебаний 0.004 – 0.02 Hz и 5 - 20 R_E , соответственно. В качестве механизма генерации таких колебаний мы исследуем развитие неустойчивости Кельвина-Гельмгольца (К-Г) в потоке плазмы ограниченного размера, причём на величины альвеновской скорости и скорости звука не накладывается никаких ограничений. В рамках трёхслойной модели аналитически было получено общее дисперсионное уравнение для произвольной ориентации магнитных полей и скоростей потоков. Исследование развития неустойчивости К-Г в зависимости от величины скорости звука показало, что возмущения с длинами волн порядка или больше толщины потока могут нарастать в произвольном направлении даже при нулевой температуре, в отличие от обычно рассматриваемого случая с одной границей. Показано, что рассматриваемая система может быть неустойчива относительно роста длинноволновых колебаний и в случае, когда на одной из границ скорость потока меньше суммы альвеновских скоростей в потоке и окружающей плазме. Построены структуры собственных мод, и показано, что при низких температурах, характерных для ПОПС, моды имеют осцилляторно-затухающий характер.

ВОЗБУЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ МОД МАГНИТОСФЕРНОГО РЕЗОНАТОРА СДВИГОВЫМ ТЕЧЕНИЕМ НА МАГНИТОПАУЗЕ

В.А.Мазур

Институт солнечно – земной физики СО РАН, г. Иркутск, vmazur@iszf.irk.ru

В рамках одномерно – неоднородной модели магнитосферы и переходного слоя (магнитошиза) рассмотрена неустойчивость Кельвина – Гельмгольца на магнитопаузе. Неоднородность плазмы магнитосферы приводит к существованию собственных мод магнитозвукового типа (БМЗ), запертых между точкой отражения во внутренней магнитосфере и резким скачком скорости Альфвена на магнитопаузе. Наличие таких мод, а также учет неоднородности плазмы в магнитошизе приводит к существенной модификации неустойчивости Кельвина – Гельмгольца. Главным результатом работы является анализ зависимости частоты и инкремента колебаний от скорости течения плазмы в магнитошизе, точнее от параметра $\Omega = \mathbf{kV}$, где \mathbf{k} - тангенциальная (вдоль магнитопаузы) компонента волнового вектора, а \mathbf{V} - скорость течения плазмы в магнитошизе. Показано, что инкремент неустойчивости, рассматриваемый как функция параметра Ω , имеет резкие максимумы вблизи частот собственных мод магнитосферного резонатора. Кроме того, исследована пространственная структура колебаний. Показано, что волновое поле колебания, соответствующего n – ой магнитосферной гармонике, имеет n узлов, которые в зависимости от значения параметра Ω могут располагаться как внутри магнитосферы, так и в магнитошизе. Также в зависимости от значения параметра Ω , асимптотика колебания может иметь вид спадающей или убегаящей волны.

О ЗАКОНЕ ЭВОЛЮЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ХОЛОДНОЙ СИЛЬНО-НЕИДЕАЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ

Ю.В. Думин

ИЗМИРАН, г. Троицк Московской обл., dumin@yahoo.com

Одним из наиболее интересных результатов проводившихся в последние годы лабораторных исследований свойств холодной разреженной плазмы стало измерение временной зависимости температуры электронов T_e в плазменных сгустках, выпущенных из магнито-оптической ловушки и свободно расширяющихся в пространстве [R.S. Fletcher et al., Phys. Rev. Lett., v.99, p.145001 (2007)]. Вопреки интуитивно ожидаемому асимптотическому спаданию T_e по степенному закону с показателем -2, соответствующему инерционному расширению идеального разреженного газа без внутренних степеней свободы, измеренный показатель оказался ближе к -1 (а более точно, в пределах от -1.1 до -1.3). Наиболее очевидный способ объяснить существенно замедленный закон уменьшения T_e - это учесть тепловыделение при рекомбинации заряженных частиц, однако активно предпринимавшиеся в последнее время попытки количественно смоделировать наблюдаемый закон изменения температуры за счет этого процесса не привели к сколько-нибудь разумному согласию с измерениями. Цель настоящего доклада - показать, что наблюдаемый закон эволюции T_e может быть хорошо описан моделью "вириализации" скоростей заряженных частиц в режиме сильных электрон-ионных корреляций (т.е. фактически за счет изменения уравнения состояния сильно-неидеальной плазмы, а не путем учета дополнительного энерговыведения). Уже простейшие аналитические оценки в рамках вышеупомянутой модели приводят к показателю степени -1, что близко к экспериментально наблюдаемому. Более точное компьютерное моделирование, основанное на специально разработанном нами для этой цели методе "масштабируемых сеток", дает при достаточно больших временах приблизительно степенную зависимость с показателем степени, лежащим в пределах от -1.08 до -1.25, что находится в прекрасном согласии с измерениями.

КИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАЙБЕЛЕВСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ

Л.В. Бородачев¹, Д.О. Коломиец^{1,2}

1 Физический факультет, МГУ им. Ломоносова, borodach2000@mail.ru

Доклад посвящен дискретному моделированию электронной вайбелевской неустойчивости в рамках дарвинского (безызлучательного) приближения самосогласованной разреженной плазмы. В результате компьютерных экспериментов удалось существенно дополнить классическую картину неустойчивости. В частности, получить зависимости ее основных характеристик (времени развития и максимального значения энергии поля) от величины параметра анизотропии среды; выявить характер динамической перестройки системы токовых жгутов, сопровождающей нелинейную стадию неустойчивости; детально проследить эволюцию исходной анизотропии электронной компоненты плазмы.

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОНА В ПАРАБОЛИЧЕСКОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ В ПРИСУТСТВИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

Д. Л. Вайнштейн, А. А. Васильев, А. И. Нейштадт

Институт космических исследований РАН, Москва, valex@iki.rssi.ru

Рассмотрена задача о динамике электрона в параболической модели магнитного поля Земли в присутствии плоской электростатической волны. Задача сводится к гамильтоновой системе с двумя степенями свободы, которая исследуется методами теории возмущений. В отсутствие волны движение частицы представляет собой композицию быстрого ларморовского вращения и медленного периодического движения вдоль магнитной силовой линии между двумя магнитными пробками. При наличии волны возможен резонанс, при котором проекция усредненной по ларморовскому вращению скорости частицы на направление волнового вектора равна фазовой скорости волны. Описывается структура фазового пространства системы, исследуются явления захвата в резонанс и рассеяния на резонансе.

Показано, что эти явления приводят к разрушению второго (продольного) адиабатического инварианта движения электрона и хаотизации динамики. Также показано, что захваченная в резонанс частица проходит сквозь магнитную пробку и движется вдоль магнитной силовой линии в направлении Земли.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКОГО УСКОРЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ ПРИ СЕРФИНГЕ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЕ С ГАУССОВСКОЙ ОГИБАЮЩЕЙ АМПЛИТУДЫ

Ерохин Н.С., Зольникова Н.Н., Кузнецов Е.А., Михайловская Л.А.

Институт космических исследований РАН, Москва, nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Одним из механизмов формирования потоков ультрарелятивистских частиц в космической плазме является серфинг зарядов на электромагнитных волнах, которые могут иметь черенковский резонанс с частицами. Для корректных оценок числа ускоренных частиц, их максимальной энергии и энергетических спектров необходим анализ условий захвата заряженных частиц в режим ускорения и эффективности ускорения при воздействии пространственно локализованных пакетов электромагнитных волн. В докладе анализируются результаты численных расчетов захвата и последующего ультрарелятивистского ускорения зарядов в магнитоактивной плазме при воздействии волнового пакета с плавной гауссовской огибающей его амплитуды. С учетом интегралов движения задача сведена к анализу нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка диссипативного типа для несущей фазы пакета на траектории заряженной частицы. Волновой пакет распространялся поперек достаточно слабого внешнего магнитного поля. В центральной части пакета максимальная амплитуда электрического поля была выше порогового значения, что обеспечивало возможность захвата частиц в режим серфинга. В диапазоне благоприятных фаз, который оказывается достаточно широким, при реализации черенковского резонанса имеют место захват и последующее ультрарелятивистское ускорение зарядов. Набор энергии частицей возрастает с увеличением характерной полуширины волнового пакета. Рассмотрена временная динамика компонент импульса и скорости ускоряемых частиц, характерные особенности их траектории с учетом гировращения после вылета из эффективной потенциальной ямы, зависимость эффективности ускорения от исходных параметров задачи.

ЭФФЕКТ КРАМЕРСА-ГИНЗБУРГА И ИНТЕГРАЛ СТОЛКНОВЕНИЙ В ЛОРЕНЦЕВОЙ ПЛАЗМЕ

В.Ф. Туганов

Институт космических исследований РАН, Москва, princet@rambler.ru

Лоренцева модель плазмы и соответствующий интеграл столкновений [1] (то, что иногда называют τ -приближением), будучи достаточно простыми, оказываются весьма плодотворным инструментом в исследованиях целого ряда процессов, например, таких как электропроводность, теплопроводность и др. (см. [1]). Однако при исследовании электропроводности такой подход сталкивается с проблемой принципиального характера, физическая причина которой обусловлена известным эффектом Крамерса-Гинзбурга [2, 3] - зависимостью эффективной частоты столкновений от частоты электрического поля, начиная с $\omega \geq \Omega_p$, где Ω_p - ленгмюровская частота. Но лоренцев интеграл столкновений

$$J_{st}(F) = -v(v) F(t, \mathbf{r}, \mathbf{p}) \quad (1)$$

для линейной по полю добавки $F(t, \mathbf{r}, \mathbf{p})$ к фоновому (равновесному) распределению электронов $f(p)$ обычно получают, линеаризуя интегралы столкновений Ландау-Балеску-Ленарда [1], полученные без учета поля (здесь t , \mathbf{r} и \mathbf{p} - время, радиус-вектор и импульс электрона, v - его скорость, а $v(v)$ - частота электрон-ионных столкновений). Естественно, что при такой, «вторичной» линеаризации нулевого приближения, эффект Крамерса-Гинзбурга не может быть учтен. Поэтому проводимость на низких частотах $\omega \ll \Omega_p$ считают по формуле (1) методами кинетической теории, а для $\omega \gg \Omega_p$, - используя другой метод, предложенный В.Л. Гинзбургом [3] (см., например, в [1]). Все это неудобно, и на практике формулу (1) используют во всем диапазоне частот ω , тем более, что полученный в [3] результат для эффективной частоты столкновений совпадает с $v(v)$ (см. (1)), если заменить в ней частоту Ω_p на частоту поля ω в соответствующем кулоновском логарифме.

В работе, используя регулярный метод нахождения интегралов столкновений в линеаризованных кинетических уравнениях [4-6], получен лоренцев интеграл для фурье-компоненты уравнения типа (1), но с частотой электрон-ионных столкновений, в равной степени пригодной на всем диапазоне частот, включая и крайние пределы для $\omega < \Omega_p$, $\omega \geq \Omega_p$ и промежуточную (резонансную) область ($\omega \approx \Omega_p$). Ведь ее кулоновский логарифм [4-6]

$$L(v, \omega, \mathbf{q}) = \text{Ln} (q_{\max} v / \Omega_p) / [(v/v_T)^2 + (\omega - \mathbf{q}v)^2 / \Omega_p^2]^{1/2} \quad (2)$$

(q_{\max} - известное из кинетической теории волновое число [1]) зависит уже не только от скорости электронов v , как в [1], но и от волнового числа \mathbf{q} и частоты поля ω , причем, галилеевски инвариантным образом и в полном соответствии с эффектом Крамерса-Гинзбурга [2,3], - на ω и \mathbf{q} нет всех тех ограничений ($qv_T < \Omega_p$, $\omega < \Omega_p$), что имеются в [1].

1. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Наука, 1979, 2003
2. Kramers H.A.// Phil. Mag. 1923. v. 46. p. 836
3. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме, М.: 1960
4. Туганов В.Ф. Препринт ГНЦ РФ ТРИНИТИ № 0096-А. Троицк: 2002
5. Туганов В.Ф. Международная конференция МСС-09 «Трансформация волн, когерентные структуры и турбулентность», 2009, 23-25 ноября, Москва, ИКИ РАН. Сб. трудов, С. 100-105. - М.: ЛЕНАНД, 2009
6. Туганов В.Ф. Международная конференция МСС-09 «трансформация волн, когерентные структуры и турбулентность», 2009, 23-25 ноября, Москва, ИКИ РАН. Сб. трудов, С. 147-152. - М.: ЛЕНАНД, 2009

ПРИБЛИЖЕНИЕ АНИЗОТРОПНОЙ МГД И НЕКОТОРЫЕ РЕШЕНИЯ

В.Д.Кузнецов, Н.С.Джалилов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им.Н.В.Пушкова РАН, Троицк, Московская обл., kvd@izmiran.ru*

В рамках анизотропной магнитной гидродинамики, основанной на 16-ти моментном приближении, проанализированы МГД волны и неустойчивости бесстолкновительной плазмы с анизотропным давлением и показано их хорошее соответствие низкочастотному пределу кинетического описания. Установлено, что учет тепловых потоков приводит к асимметрии фазовых скоростей волновых мод по отношению к внешнему магнитному полю, к сильному взаимодействию мод между собой, особенно, обратных мод (распространяющимися против направления магнитного поля). Корректно описан порог зеркальной неустойчивости. При резонансном взаимодействии трех обратных мод (быстрые тепловые, медленные магнитозвуковые и медленные тепловые) в условиях возникновения классической шланговой неустойчивости возникает новый тип неустойчивости, максимальный инкремент которой превышает максимум инкремента обычной шланговой неустойчивости. Полученные результаты позволяют считать использованное приближение анизотропной МГД, в отличие от известного ЧГЛ-приближения, корректным для описания крупномасштабной динамики бесстолкновительной анизотропной плазмы (солнечная корона и солнечный ветер, ионосферно-магнитосферная плазма).

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА МАГНИТОГИДРОСТАТИКИ И ЕЕ АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Соловьев А.А.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, solov@gao.spb.ru

При построении равновесных магнитоплазменных конфигураций, обладающих симметрией того или иного типа, и при наличии силы тяжести, которая данной симметрии не нарушает, обычно решается прямая магнитогидростатическая задача: по заданной зависимости газового давления от магнитного потока Ψ решается дифференциальное уравнение второго порядка типа Грэда-Шафранова и находится Ψ как функция координат, т.е. определяется магнитная структура системы. Не меньший интерес, однако, представляет постановка обратной задачи: считая магнитную структуру системы известной, найти соответствующее ей равновесное распределение давления, плотности и температуры. Обычно, приступая к моделированию активных солнечных образований, глобального поля Солнца или поля магнитных звезд, мы заранее представляем, какого типа магнитные структуры нам могут встретиться, т.е. знаем примерный вид функции потока Ψ , но, как правило, не можем знать, каким пространственным распределениями плотности и температуры эти, интересующие нас, магнитные конфигурации соответствуют и к каким наблюдательным следствиям приводят. Именно на эти вопросы и дает ответ обратная задача магнитной гидростатики (МГС). Важно подчеркнуть, что для систем, обладающих трансляционной и осевой симметрией, эта задача допускает общее решение для давления, плотности и температуры в виде интегралов от комбинаций производных функции потока Ψ по координатам. Это позволяет находить решение практически для любой заданной наперед функции Ψ . В работе приводится ряд новых частных решений обратной МГС задачи, представляющих интерес как для физики Солнца, так и для астрофизики в целом.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КОРОНАЛЬНЫХ ВОЛН

Афанасьев Ан.Н., Уралов А.М., Гречнев В.В.

ИСЗФ СО РАН, Иркутск, afa@iszf.irk.ru

Распространяющиеся на большие расстояния вдоль солнечной поверхности «волны ЕIT» и волны Мортонa рождаются в активных областях при возникновении корональных выбросов массы. Считается, что эти волны представляют собой проявления магнитогидродинамических ударных волн, распространяющихся в короне как взрывные волны. В такой интерпретации для описания их распространения ранее использовался метод геометрической акустики, причем возмущение считалось линейным, и его амплитуда не рассчитывалась. В предлагаемом нами моделировании учитывается слабонелинейный характер волны. Вследствие нелинейности скорость движения возмущения по лучам становится зависящей от амплитуды возмущения.

Проведенное моделирование выявляет эффекты, обусловленные нелинейностью корональной волны: более высокую (в сравнении с линейным случаем) скорость волны Мортонa и ее быстрое замедление на начальном этапе движения, что соответствует наблюдениям. Рассчитано изменение амплитуды возмущения и проанализированы факторы, определяющие кинематику волны Мортонa: распределение магнитозвуковой скорости в короне, нелинейность возмущения, высота и положение источника на Солнце.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА

Кузин Сергей Вадимович

*Учреждение Российской Академии наук Физический Институт им. П.Н.Лебедева РАН
(ФИАН), 119991 Москва, Ленинский проспект, 53 kuzin@sci.lebedev.ru*

Спутниковые исследования Солнца в рентгеновском диапазоне начались в нашей стране уже на 2 искусственном спутнике, где была установлена аппаратура по регистрации сравнительно жесткого рентгеновского излучения. С тех пор на спутниках, ракетах и межпланетных станциях было проведено более 30 успешных экспериментов по исследованию солнечной короны и получены приоритетные результаты по определению параметров корональной плазмы.

Новая эра исследований началась в эксперименте ТЕРЕК на межпланетной станции ФОБОС-1. В этом эксперименте впервые были заложены основы метода рентгеновской изображающей спектроскопии Солнца, основанном на получении изображений короны с высоким пространственным, спектральным и временным разрешением.

Дальнейшее развитие этот метод получил в программе фундаментальных космических исследований Солнца КОРОНАС. Эта программа была задумана и реализована как комплексное исследование проявлений солнечной активности в различных спектральных и энергетических диапазонах. В рамках этой программы в ФИАН был создан комплекс инструментов, развивающих метод рентгеновской изображающей спектроскопии.

Спутник «КОРОНАС-Фотон» – третий аппарат программы фундаментальных исследований Солнца КОРОНАС – был выведен на околоземную орбиту 31 января 2009 года. Для этого КА в ФИАН был разработан инструмент ТЕСИС (Телескопы EUV-диапазона для Спектральных Исследований Солнца). 20 февраля телескопы ТЕСИС были включены в первый раз, а 26 февраля на Землю поступили первые изображения Солнца.

Основной задачей ТЕСИС является исследование атмосферы Солнца (начиная от верхнего переходного слоя до дальней короны Солнца на высотах до 2-3 солнечных радиусов) с высоким временным и пространственным разрешением в спектральных линиях вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) и рентгеновского диапазонов, недоступных с поверхности Земли.

В 2009 году ТЕСИС передал на Землю более 150 тысяч изображений Солнца, полученных в чрезвычайно интересный период глубокого спада солнечной активности. В течение года были проведены наблюдения динамики солнечных магнитных поясов, зарегистрировано 14 солнечных вспышек, в условиях минимальной активности обнаружены выбросы гигантских солнечных протуберанцев, проведены уникальные по временному и пространственному разрешению исследования мелкомасштабных объектов солнечной короны (спикул и корональных точек) в ВУФ диапазоне, реализованы программы длительного мониторинга солнечной активности, в том числе серии непрерывных наблюдений Солнца.

Дальнейшее продолжение исследований Солнца в нашей стране предполагается в проектах Интергелиозонд и АРКА. Интергелиозонд является принципиально новым проектом, в котором будут проведены комплексные исследования Солнца на расстояниях ~0.2 AU. Орбита КА, за счет значительного наклона к плоскости эклиптики позволяет также изучать полярные области Солнца и регистрировать распространение плазмы в плоскости эклиптики. В проекте АРКА реализуется другой подход: его задачей является получение изображений Солнца в монохроматических линиях со сверхвысоким разрешением (~150 км). На основании полученных изображений будет проведена спектральная диагностика сверхтонкой структуры короны, что позволит детально исследовать мелкомасштабные процессы трансформации энергии при нагреве короны.

**С Е К Ц И Я «ТЕОРИЯ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ» СТЕНДОВЫЕ
ДОКЛАДЫ**

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПРИ ОПИСАНИИ ПЛАЗМЫ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ

В.М. Корюкин

*Марийский государственный университет
424001, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина – 1, МарГУ, ФМФ, kvm@marsu.ru*

Сжатое описание плазмы с произвольной плотностью составляющих ее частиц предполагает использование приближенных методов, к которым мы будем относить аппарат дифференциальной геометрии. Для этого будем использовать вероятностную интерпретацию дифференциальных уравнений, получаемых в рамках вариационного формализма, определяя их как дифференциальные уравнения регрессии. Естественно, что более полное описание мы можем получить, используя фейнмановский аппарат континуального интегрирования, но для качественных оценок математическое моделирование среды с использованием топологии и дифференциальной геометрии является более наглядным. Конечно, в этом случае геометрическая структура пространства-времени может интерпретироваться лишь как наиболее правдоподобная. В то же время мы не сможем использовать стандартный анализ представлений теории групп Ли, прибегая в самом общем случае к подстановкам локального группоида Ли. Данные алгебраические структуры, индуцированные интегралом столкновения, позволят, как мы надеемся, описывать необратимые процессы в плазме.

РАЗНЫЕ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, СТРУКТУРА ФОТОНОВ И НЕВОЗМОЖНОСТЬ ЕЁ ОПИСАНИЯ УРАВНЕНИЯМИ МАКСВЕЛЛА

А.И. Лаптухов

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Троицк, Московская область laptukhov@izmiran.ru

Явление фотоэффекта указывает на компактность фотонов. Это очень важно. Фотон следует отличать от электромагнитной (ЭМ) волны, так как компактный фотон, рождённый в малой области, распространяется в каком-нибудь одном направлении, а волна во всех трёх. На примере фотона показано как на основе фундаментальных законов сохранения просто получить нелинейные уравнения динамики поля и различные уравнения состояния ЭМ поля: линейные для волн и нелинейные для фотонов и неточечных частиц. Записана нелинейная система уравнений для фотона (изолированного в пространстве сгустка ЭМ поля, неточечной частицы) в предположении, что плотность заряда и тока строго равны нулю во всём пространстве. Получены точные частные решения этой системы уравнений. Уравнения Максвелла с $\mathbf{E}=\mathbf{D}$, $\mathbf{H}=\mathbf{B}$ не имеют решений фотонного типа, ограниченных во всём пространстве с конечной полной энергией. Поэтому простая и важная задача о структуре фотона до сих пор не решена. Отсутствие решений фотонного типа показывает на несовершенство уравнений Максвелла, неприменимость их для описания структур частиц и даже, как это ни странно, фотонов. Реальное ЭМ поле в вакууме, описываемое векторами \mathbf{E} , \mathbf{D} , \mathbf{H} и \mathbf{B} , более многогранное и более сложно устроенное, чем принято считать.

НЕ ДОПЛЕРОВСКИЙ МЕХАНИЗМ КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ФОТОНОВ И ОТСУТСТВИЕ УСКОРЕННОГО РАЗБЕГАНИЯ ГАЛАКТИК

А.И. Лаптухов

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Троицк, Московская область laptukhov@izmiran.ru

Электромагнитное поле может существовать в виде волн и независимо в виде фотонов – частиц - компактных сгустков поля. Фотоны от далёких галактик в процессе многочисленных взаимодействий с единичными электронами разреженной космической среды теряют свою энергию (на излучение волн электронами в процессе рассеяния Томсона) без изменения (!) своего направления импульса по закону: $W=hf=hf_0\exp(-s\langle n\rangle L)$, где s - сечение томсоновского рассеяния, $\langle n\rangle$ - средняя плотность электронов вдоль пути распространения фотона L , f_0 – первоначальная характерная частота фотона. Наблюдаемой величине параметра Хаббла $H=c(f_0-f)/(f_0L)=2.5 \cdot 10^{-18}$ 1/с соответствует средняя плотность электронов космической плазмы $\langle n\rangle=1.3 \cdot 10^{-4}$ 1/см³. Это согласуется по порядку величины со средней плотностью вещества в скоплениях галактик. Величина H убывает с ростом L : $dH/dL<0$. Если пытаться объяснить это согласующееся с наблюдениями неравенство с помощью доплеровского механизма красного смещения, то оно соответствует ускоренному разбеганию галактик, во что верить нет оснований и необходимости.

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДИПОЛЬНЫХ АНТЕНН В ЗАМАГНИЧЕННОЙ ПЛАЗМЕ

Н.А. Айдакина, М.Е. Гуцин, И.Ю. Зудин, С.В. Коробков, А.В. Костров, А.В. Стриковский

ИПФ РАН, г. Нижний Новгород, mguschin@appl.sci-nnov.ru

В лабораторных экспериментах, проводимых на стенде «Крот», исследуется влияние плазмы на импеданс электрических дипольных антенн в условиях, соответствующих по параметрам подобия физическим условиям в ионосфере и магнитосфере Земли. Эксперименты проводятся в замагниченной плазме на частотах, соответствующих свистовому диапазону, а также в верхнегибридном диапазоне (в окрестности электронной плазменной частоты). Электродинамические параметры антенн исследуются в широком диапазоне изменения параметров плазмы и величины внешнего (статического) магнитного поля, при различных ориентациях дипольных антенн относительно направления магнитного поля, различных амплитудах переменного напряжения, приложенного к антенне. Анализируется влияние области нарушения квазинейтральности (двойного слоя) вблизи антенного провода на импеданс антенн и нелинейные эффекты, развивающиеся начиная с относительно малых амплитуд переменного напряжения (порядка 100 мВ). Полученные результаты сопоставляются с данными спутниковых и лабораторных экспериментов прошлых лет, и обсуждаются применительно к антенным устройствам, планируемыми к установке на борт спутников проекта «Резонанс».

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАЗМЫ НА ТОЛЩИНУ ТОКОВОГО СЛОЯ

А. М. Алекперов, И.М. Алёшин

Институт физики Земли РАН, Москва, ima@ifz.ru

Получено решение уравнений Власова-Максвелла в виде изолированного токового слоя. В отличие от известных моделей, представленное решение описывает слой, локализованный в некоторой конечной области. Вне этой области плотность тока строго равна нулю. Ширина слоя определяется текущим внутри него током. Такие свойства решения возникают из-за наличия в распределении по скоростям скачка первого рода. Предполагается, что такое решение можно будет использовать для описания некоторых средне- и мелкомасштабных структур плотности солнечного ветра.

О ПРИРОДЕ СУБГАРМОНИК ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ ИЗ СГУСТКОВ УЛЬТРАХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ

Ю.В. Думин

ИЗМИРАН, г. Троицк Московской обл., dumin@yahoo.com

Одним из наиболее интересных результатов исследований ультрахолодной плазмы, создаваемой в магнито-оптических ловушках, стало обнаружение субгармоник электронной эмиссии при облучении сгустков такой плазмы внешними радиоволнами [R.S. Fletcher et al., Phys. Rev. Lett., v.96, p.105003 (2006)]. Первоначально эти субгармоники были интерпретированы как результат возбуждения стоячих ленгмюровских волн, аналогичных резонансам Тонкса-Даттнера, хорошо известным в плазме газоразрядных трубок. Дальнейшее развитие этой идеи столкнулось, однако, с серьезными трудностями, во-первых, из-за отсутствия адекватных отражательных условий в неограниченными стенками плазменном сгустке с плавным профилем плотности, а во-вторых, из-за некорректной зависимости от электронной температуры. (Стоячие волны, обусловленные тепловой поправкой в дисперсионном уравнении ленгмюровских колебаний должны были бы формироваться более эффективно с ростом температуры, в то время как в эксперименте наблюдается противоположная тенденция.) Цель данного доклада - обсудить альтернативный механизм формирования субгармоник электронной эмиссии, основанный на стохастической ионизации вторичных ридберговских атомов, образующихся в плазме в процессе рекомбинации.

Как следует из результатов нашего численного моделирования, эффективность отрыва ридберговских электронов при стохастическом возмущении их орбит внешним электрическим полем имеет несколько пиков в зависимости от частоты приложенного поля, которые качественно согласуются с наблюдаемыми в ультрахолодной плазме. Еще одним аргументом в пользу предложенного механизма могут служить результаты прямых экспериментов по стохастической ионизации ридберговских атомов в атомных пучках [H. Maeda and T.F. Gallagher, Phys. Rev. Lett., v.93, p.193002 (2004)]. В вышеупомянутой работе четко выраженные пики эффективности убегания электронов в зависимости от частоты возникали при искусственном понижении порога ионизации ридберговских атомов; и эта ситуация хорошо соответствует случаю ультрахолодной плазмы, где порог ионизации понижен просто в силу конечного расстояния между частицами.

С Е К Ц И Я «ТОКОВЫЕ СЛОИ» УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

О ПОЛЯРИЗАЦИИ РАВНОВЕСНЫХ ПОГРАНИЧНЫХ И ТОКОВЫХ СЛОЕВ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ

В.В. Ляхов, В.М. Нецадим

*Департамент “Институт ионосферы”, АО “НЦКИТ”, НКА РК, Алма-Ата,
admion@topmail.kz*

Исследовано равновесие пограничных и токовых слоев в космической плазме. Показано, что для описания равновесного пограничного слоя между тепловой плазмой и магнитным полем можно использовать функцию распределения Никольсона, которая представляет собой обобщение максвелловского распределения на анизотропию температур вдоль и поперек слоя. Дано обобщение известной функции распределения Харриса на случай анизотропии температур вдоль и поперек токового слоя. При этом оказывается, что электронейтральные решения представляют собой узкий класс решений и существуют только при определенных соотношениях между параметрами задачи. В общем случае плазма стационарных пограничных и токовых слоев поляризована, и это поляризационное поле необходимо учитывать при исследовании неустойчивости этих объектов. Самосогласованная задача для электромагнитных потенциалов является нелинейной и обладает свойством структурной неустойчивости. Задача решалась численно в пакете MAPLE 13 с применением схемы интегрирования жестких уравнений Rosenbrock. Расчеты проведены для водородной и позитронной плазмы. Найдено, что решения типа магнитной стенки реализуются только в некоторых областях 5-мерного пространства входящих параметров, а решения типа токового слоя реализуются только в некоторых областях 7-мерного пространства входящих параметров. Фазовый объем этих областей мал по сравнению со всем фазовым объемом области определения этих параметров. Т.е. стационарная магнитная стенка реализуется только в тех областях космического пространства, где параметры плазмы имеют вполне определенные, “разрешенные”, значения. Чтобы реализовать стационарную магнитную стенку в лабораторных условиях, необходимо создать магнитоактивную плазму с этими “разрешенными” значениями параметров. И стационарный токовый слой реализуется только в областях космического пространства, где параметры плазмы имеют “разрешенные” значения. Эти выводы основаны на применении конкретных равновесных функций распределения к проблеме пограничных и токовых слоев. Но эти функции являются обобщением функций распределения Максвелла и Харриса и являются точными решениями соответствующего стационарного кинетического уравнения, описывающего бесстолкновительную магнитоактивную плазму.

МЕТАСТАБИЛЬНАЯ И ИМПУЛЬСНАЯ СТАДИИ МАГНИТНОГО ПЕРЕСОЕДИНЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ ТОКОВЫХ СЛОЯХ

А.Г. Франк

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия, annfrank@fpl.gpi.ru

Магнитное пересоединение в токовых слоях лежит в основе грандиозных вспышечных явлений в космической и в лабораторной плазме. В экспериментах, которые

проводятся на установке ТС-3D (ИОФ РАН), исследуется эволюция токовых слоев, развивающихся в различных магнитных конфигурациях. Показано, что формирование токового слоя и сжатие плазмы в слой может происходить в широком диапазоне 3D конфигураций с X линией, в присутствии продольной компоненты магнитного поля вдоль X линии. Развитие токового слоя изменяет структуру исходного магнитного поля: значительно усиливается тангенциальная компонента и ослабляется нормальная к слою компонента. После стадии формирования токовый слой, как правило, существует в течение продолжительного интервала времени в метастабильном состоянии, без значительных изменений его структуры и параметров. Нормальная к слою компонента играет важную роль в динамических процессах, таких как возбуждение токов Холла и генерация направленных потоков плазмы с энергиями, превышающими температуру ионов. Появление у боковых краев слоя токов обратного направления свидетельствует о движении плазмы поперек сильного магнитного поля.

Целенаправленный выбор начальных условий позволяет реализовать импульсную фазу магнитного пересоединения, которая прекращает метастабильную стадию эволюции и может приводить к разрушению токового слоя. Импульсная фаза проявляется в виде резкого изменения топологии магнитного поля слоя, перераспределения тока, возбуждения индукционных электрических полей, ускорения заряженных частиц. Рассматриваются триггерные механизмы, инициирующие импульсную фазу магнитного пересоединения.

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЛОЖЕННЫХ СЛОЕВ В ХВОСТЕ МАГНИТОСФЕРЫ

А.А. Петрукович¹, А.В. Артемьев¹, Л.М. Зеленый¹, Х.В. Малова^{1,2}

*Институт космических исследований РАН, Москва, apetruko@iki.rssi.ru
²НИИЯФ МГУ*

По данным проекта Кластер тонкие вложенные слои являются характерным объектом в магнитном хвосте Земли. В сообщении определяются общие характеристики вложенного слоя (толщина и амплитуда поля), проводится сравнение между экспериментом и теорией. Показано, что характерная толщина слоя определяется ларморовским радиусом. Таким образом, магнитный поток в слое не зависит от его толщины и обычно много меньше замкнутого потока в регулярном плазменном слое. Рассмотрены характерные ситуации вложения в спокойных условиях и после пересоединения. Плазменный слой с вложенным слоем также занимает меньший объем по сравнению с квази-харрисовским (при том же замкнутом потоке), что позволяет в ходе фазы роста суббури накапливать открытый поток в долях без увеличения внешнего давления.

ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА ТОНКИХ ТОКОВЫХ СЛОЕВ: НАБЛЮДЕНИЯ CLUSTER И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

А.В. Артемьев^{1,2}, А.А. Петрукович¹, Л.М. Зелёный¹, R. Nakamura³, Х.В. Малова^{2,1},
В.Ю. Попов^{4,1}

¹ *Институт Космических Исследований, РАН*

² *НИИЯФ МГУ им. Ломоносова*

³ *Space Research Institute, AAS*

В работе исследуется структура функции распределения ионов в тонких токовых слоях хвоста земной магнитосферы. Показано, что ионы, переносящие ток, составляют небольшую популяцию, формирующую в пространстве скоростей распределения с характерной «серповидной» структурой. Данная популяция оставляет около 20% от общего числа частиц в токовом слое. Проведено сопоставление наблюдаемых особенностей распределения по скоростям данной популяции ионов с теоретическими моделями, основанными на концепции «спайсеровских» траекторий.

СТРУКТУРА ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЛЕТНЫХ ИОНОВ В ТОНКОМ ТОКОВОМ СЛОЕ

Мингалев О.В.¹, Мингалев И.В.¹, Малова Х.В.^{2,3}, Зеленый Л.М.²

¹ *Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты, Mingalev_o@pgia.ru*

² *Институт космических исследований РАН, Москва*

³ *Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва*

Для равновесных симметричных конфигураций тонкого токового слоя (ТТС) в хвосте магнитосферы исследуется структура функции распределения поддерживающих токовый слой пролетных ионов. Исследование проводится при помощи численной модели, основанной на методе крупных частиц. Используется достаточно детальное воспроизведение функции распределения в образующих слой источниках плазмы в долях хвоста магнитосферы. Показано, что в случае максвелловских источников вне слоя функция распределения близка к гиротропной бимаксвелловской, а внутри токового слоя существенно отлична от нее.

ТОКОВЫЕ СЛОИ В «НЕМАКСВЕЛЛОВСКОЙ» БЕССТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ

Малова Х.В.^(1,3), Зелёный Л.М.⁽¹⁾, Попов В.Ю.^(1,2),
Артемьев А.В.^(1,3), Петрукович А.А.⁽¹⁾

⁽¹⁾ *ИКИ РАН, hmalova@yandex.ru*

⁽²⁾ *Физический факультет МГУ,*

⁽³⁾ *НИИЯФ МГУ им. Ломоносова*

Предложены теоретические модели, описывающие токовые слои в плазме с немаксвелловским распределением. Рассмотрены токовые структуры с учетом горячих и холодных ионов на «неадиабатических» траекториях, токовые слои в плазме с горячим «хвостом» функции распределения по энергиям, а также токовые слои в плазме, состоящей из двух компонент: изотропной и анизотропной. Проведено сравнение и оценена эффективность вклада каждой плазменной компоненты в формирование общей структуры токового слоя. Полученные многомасштабные токовые слои имеют больший поперечный масштаб, чем в однокомпонентной и однотемпературной плазме. Сравнение с наблюдаемыми экспериментальными данными позволяет говорить о применимости

рассматриваемых моделей для описания широкого спектра изучаемых токовых структур и объяснения наблюдаемых характеристик.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ E_x В ТОНКИХ ТОКОВЫХ СЛОЯХ

Л.М. Зелёный¹, А.В. Артемьев^{1,2}, А.А. Петрукович¹,

1- *Институт Космических Исследований РАН, lzelenyi@iki.rssi.ru*

2 - *ИЯФ МГУ им. Ломоносова*

В работе приводятся экспериментальные доказательства существования электрического поля, направленного к Земле, в тонких токовых слоях хвоста земной магнитосферы. Данное поле играет существенную роль в перераспределении токов между протонами и электронами. На статистике из 59 пересечений тонких токовых слоёв спутниковой системой CLUSTER показано, что сумма электронного диамагнитного дрейфа и электронного дрейфа кривизны может объяснить лишь половину от наблюдаемых значений электронных скоростей поперёк токового слоя. По величине оставшейся части электронной скорости определяется величина электрического поля E_x . Доказательство существования поля E_x и определение его значения так же проводится на основе анализа кинетической структуры ионной составляющей тонких токовых слоёв. Предложен механизм образования поля E_x , связанный с внутренней геометрией тонких токовых слоёв, приводящей к поляризации силовых линий магнитного поля.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ НАГРЕВА И УСКОРЕНИЯ ПЛАЗМЫ В ТОКОВЫХ СЛОЯХ В 3D МАГНИТНЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ

Н.П. Кирий, А.Г. Франк

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия, kyrie@fpl.gpi.ru

Целью настоящих лабораторных экспериментов является изучения фундаментальных проблем современной физики плазмы – магнитного пересоединения и вспышечных процессов в плазме.

В наших предыдущих работах зарегистрировано сильное и очень быстрое – взрывообразное – увеличение тепловой энергии плазмы непосредственно перед срывом метастабильной стадии существования токового слоя и переходом к импульсной фазе магнитного пересоединения, приводящее к нарушению поперечного равновесия слоя и его разрушению. Тепловой микровзрыв, роль которого в эволюции токового слоя в лабораторных условиях аналогична роли «теплового триггера» в солнечных вспышках, был зарегистрирован в токовом слое, сформированном в 2D магнитных полях с нулевой линией. Можно ожидать, что такого рода вспышечные явления будут реализованы также и в токовых слоях, сформированных в 3D магнитных конфигурациях. Определение температуры и динамики плазмы в таких слоях и было целью настоящих экспериментов.

Температура электронов в токовых слоях определялась на основе изменений во времени интенсивностей спектральных линий ионов основного рабочего газа (аргона или гелия) и примесей, которые интерпретировались в рамках столкновительно-излучательной модели. Измерения температуры ионов опирались на доплеровское уширение спектральных линий ионов, которое было обусловлено тепловым движением. Кроме теплового движения ионов аргона в центральной области токового слоя было зарегистрировано направленное сверхтепловое движение этих ионов, связанное с ускорением плазмы вдоль поверхности слоя. Была установлена зависимость энергии быстрых потоков плазмы от времени и экспериментальных условий, а также определена эволюция температуры и плотности плазмы в различных экспериментальных условиях.

Работа выполнена при частичной поддержке Программы ОФН-15.