

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА
СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ЕЁ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ**

***XI ПУЛКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ СОЛНЦА***

2 – 7 июля 2007 года

Санкт-Петербург
2007

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на 11-ю пулковскую международную конференцию по физике Солнца «Физическая природа солнечной активности и прогнозирование её геофизических проявлений» (2 – 7 июля 2007 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН, секцией «Солнце» Научного совета по астрономии ОФН РАН и секцией «Плазменная астрофизика» Научного совета «Солнце-Земля» при поддержке Президиума РАН, Отделения Физических Наук РАН, Российского Фонда Фундаментальных Исследований. Тематика конференции включает в себя широкий круг вопросов по физике солнечной активности, космической погоде, космическому климату и солнечно-земным связям. В конференции принимают участие учёные Российской Федерации, Бельгии, Германии, Казахстана, Китая, США, Украины, Финляндии, Японии.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ: А.В. Степанов (*ГАО РАН*), А.А. Соловьев (*ГАО РАН*), В.В. Зайцев (*ИПФ РАН*).

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА: В.М. Богод (*САО РАН*), И.С. Веселовский (*НИЯФ МГУ*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), Г.А. Жеребцов (*ИСЗФ РАН*), Л.М. Зелёный (*ИКИ РАН*), В.А. Коваленко (*ИСЗФ РАН*), Н.Г. Макаренко (*ГАО РАН*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), О.М. Распопов (*СПбФ ИЗМИРАН*), М.С. Гиголашвили (*Грузия*), В.Г. Лозицкий (*Украина*), D.K. Callebaut (*Бельгия*), Н. Jungner (*Финляндия*). K. Mursula (*Финляндия*), R. Pukiene (*Литва*), L.A. Pustilnyk (*Израиль*).

ЧЛЕНЫ ЛОКАЛЬНОГО ОРГКОМИТЕТА: А.А. Соловьев (*председатель*), Ю.А. Наговицын (*зам. председателя*), Т.П. Борисевич (*секретарь*), А.В. Вакорин, Д.М. Волобуев, В.Г. Дордий, В.Г. Иванов, М.А. Кузнецова, Е.В. Милецкий, Н.К. Парфиненко, Я.Б. Станиславич, Е.Л. Терехина.

ISSN 0552–5829

© Главная астрономическая обсерватория РАН, 2007 год.

Международный гелиофизический год — 2007

А.В. Степанов

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

Представление предварительных результатов, полученных по программе МГГ-2007, и описание направлений дальнейших исследований.

О продолжительности и высоте максимумов 24-26 циклов активности и светимости Солнца и вариации климата

Х.И. Абдусаматов

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: abduss@gao.spb.ru*

Установлено, что продолжительность 11-летнего цикла в целом зависит от фазы векового цикла Солнца и последовательно увеличивается от фазы роста к фазам максимума и спада векового цикла. Это указывает на главенствующую роль векового цикла в управлении и определении закономерностей развития дочернего 11-летнего цикла. Этой же зависимостью можно объяснить и «тенденцию» уменьшения средней продолжительности последних восьми (с 15-го по 22-й) циклов до 10.4 года, развившихся в эпоху фазы роста и максимума векового цикла, относительно средней длины всех 13-ти (с 10-го по 22-й) уверенно определенных циклов — 10.8 лет. В фазе спада векового цикла вероятная продолжительность 23-26-го циклов составит около 11.2 ± 0.4 лет. Поэтому наступление 24-27-го циклов ожидается ориентировочно в августе 2007 г., октябре 2018 г., декабре 2029 г. и феврале 2041 г. соответственно.

Известно, что среднесрочный оптимальный прогноз вариаций уровня солнечной активности возможен только в пределах текущего заступившегося 11-летнего цикла. Однако исследование хода вековой вариации градиента абсолютной величины «солнечной постоянной» в минимумах трех последовательных циклов позволяет определить дальнейший ход величины как «солнечной постоянной», так и уровня активности не только заступающегося, но и нескольких последующих циклов (с несколько меньшей точностью). Оно основано на ранее установленной закономерности: долговременные циклические вариации активности и «солнечной постоянной» скоррелированы как по фазе, так и по амплитуде. Наиболее вероятная

высота максимума следующего 24-го цикла активности (ориентировочно в июле 2011 г.) составит около $W = 70 \pm 10$ единиц относительного числа пятен. В последующих 25-м и 26-м циклах, образующихся в эпоху спада нынешнего векового цикла, сохранится тенденция падения высоты максимума активности до $W = 50 \pm 15$ и $W = 35 \pm 20$ единиц относительного числа пятен соответственно. Следовательно, мы вправе ожидать наступления периода (фазы) глубокого минимума в нынешней 200-летней циклической деятельности Солнца в вариациях активности и «солнечной постоянной» в начале 27-го цикла ориентировочно в 2041 году. Что касается предварительно прогнозируемых высот уровня максимума активности 25-го и 26-го циклов, то они дополнительно будут уточняться по результатам наблюдений «солнечной постоянной» в минимумах 24-го и 25-го циклов соответственно, что позволит еще до начала каждого нового заступающего цикла наиболее точно прогнозировать высоту вариаций его активности.

Все установленные в течение последних 7500 лет глубокие похолодания и глобальные потепления климата Земли были достоверно скоррелированы с соответствующими циклическими двухвековыми вариациями активности и светимости Солнца. Мы ожидаем наступления глубокого похолодания климата Земли, сравнимого с похолоданием периода маундеровского минимума, с учетом термической инерции Земли (17 ± 5 лет) в 2055-2060 годах. При этом даже значительный рост концентрации углекислого газа в атмосфере не может играть определяющую роль в глобальном потеплении климата, что дополнительно подтверждается параллельным потеплением климата на Марсе и других планетах солнечной системы в настоящее время.

Исследование термостабильности солнечного лимбографа СЛ-200 в разных режимах его эксплуатации на борту МКС

Х.И. Абдусаматов, Е.В. Лаповок, С.И. Ханков

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: abduss@gao.spb.ru*

Основным оптическим инструментом российско-украинского проекта «Астрометрия» по измерению временных вариаций формы и диаметра,

а также тонкой структуры фотосферы Солнца на служебном модуле российского сегмента МКС является солнечный лимбограф СЛ-200, имитирующий кольцообразное солнечное затмение. Лимбограф СЛ-200 предназначен для работы в условиях сложных комбинированных тепловых воздействий в околоземном космическом пространстве, что накладывает жесткие требования к обеспечению его термостабильности с учетом необходимости сохранения высокого качества изображения как при наблюдениях Солнца, так и звезд.

Важнейшим элементом обеспечения термостабильности лимбографа СЛ-200 является тщательный выбор всех параметров его тепломеханической схемы и автономной системы обеспечения теплового режима (АСОТР), включающий источники тепловыделений, радиационные панели, кварцевый свето(спектро)делительный фильтр на входном зрачке СЛ-200 с особыми заданными свойствами покрытий, тепловые мосты и развязки и ряд других элементов.

На основе разработки и реализации частных тепловых и математических моделей исследованы условия обеспечения термостабильности лимбографа СЛ-200 в разных режимах эксплуатации, а также в зависимости от высоты орбиты МКС. В процессе исследований использовались оригинальные аналитические методы расчета термоаббераций двухзеркальных систем. Показано, что АСОТР лимбографа СЛ-200 позволяет практически обеспечить сохранение высокого начального качества изображения как при наблюдении Солнца в течении ряда циклов ограниченной длительности с некоторыми перерывами, так и в режиме наблюдения за звездами с отодвинутым светофильтром. Ведется работа по созданию общей математической модели, из которой все частные модели, описывающие конкретные режимы работы лимбографа, вытекают бы путем подстановки и вариации параметров задачи.

Анализ литературы и накопленный авторами опыт исследований и разработок позволяют утверждать, что проведенные комплексные работы по теоретическому обоснованию мероприятий по обеспечению термостабильности оптико-электронного прибора такого класса не имеют аналогов в мировой практике и могут служить основой для теплового проектирования с использованием сквозных аналитических методов расчетов от тепловых воздействий до термоаббераций и для других типов оптико-электронных систем космического базирования.

**Оценка вклада вековых вариаций
«солнечной постоянной» и других факторов
в изменение климата Земли**

Х.И. Абдусаматов, Е.В. Лаповок, С.И. Ханков

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: abduss@gao.spb.ru*

В рамках российско-украинского проекта «Астрометрия» по измерению временных вариаций формы и диаметра, а также тонкой структуры фотосферы Солнца на служебном модуле российского сегмента МКС наряду с разработкой комплекса солнечного лимбографа СЛ-200 параллельно ведутся теоретические исследования по анализу влияния различных факторов на климат Земли для получения точных прогнозов его предстоящих изменений под действием вековых вариаций интегрального потока излучения Солнца — «солнечной постоянной».

Исследовалась математическая модель системы океан-атмосфера. В результате получена система уравнений для оболочечной структуры с учетом окон прозрачности атмосферы. Модель позволяет анализировать влияние на изменение температур океана и атмосферы следующих факторов: вековых вариаций «солнечной постоянной», парникового эффекта вследствие повышения концентрации парниковых газов, в первую очередь углекислого газа, изменения характеристик пропускания атмосферы, а также альбедо и степени черноты земной поверхности.

Исследованы предельные характеристики поглощения содержащегося в атмосфере углекислого газа, процессы повышения концентрации углекислого газа при его испарении из океана с ростом температур. Получены аналитические формулы, позволяющие проводить количественные оценки изменения средних температур океана и атмосферы под действием различных факторов. Показано, что при вековой вариации «солнечной постоянной» на $\approx 1.0 \text{ Вт/м}^2$ температура атмосферы и океана изменится на $\approx 0.2 \text{ К}$, причем зависимость между вариациями температур и «солнечной постоянной» прямопропорциональна в пределах малых изменений (до $\approx 1\%$).

Симпатические всплески по наблюдениям на радиогелиографе Нобеяма

В.Е. Абрамов-Максимов¹, Г.Б. Гельфрейх¹, К. Шибасаки²

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: beat@gao.spb.ru*

²*Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamitsaki, Nagano, Japan,
E-mail: shibasaki@nro.nao.ac.jp*

Симпатические явления на Солнце были обнаружены в 30-е годы прошлого века по статистическим исследованиям солнечных вспышек. Долгое время реальность этих явлений подвергалась сомнениям. Однако исследования по данным, полученным на космических обсерваториях в различных диапазонах, свидетельствуют о реальности явлений.

Одним из инструментов, обладающим параметрами, исключительно благоприятными для исследований симпатических явлений в радиодиапазоне, является радиогелиограф Нобеяма благодаря длинному ряду ежедневных (6-8 часов в день) наблюдений (с 1992 г.), высокому временному (1 сек) и пространственному (10 сек. дуги на волне 1.76 см) разрешению.

В данной работе представлены результаты наблюдений трех пар симпатических всплесков, наблюдавшихся на радиогелиографе 30 июня 2003 г. в активных областях NOAA 396 и NOAA 397, удаленных друг от друга более, чем на 90 градусов по солнечной широте. Всплески в этих областях произошли с задержкой от 10 до 20 мин, что свидетельствует о величине скорости распространения возмущающего агента не менее 1000 км/сек. Три случая проявления симпатических событий в течение наблюдательной серии длительностью 8 часов убедительно показывают, что эти совпадения не случайны.

Особенности проявления долгопериодических и короткопериодических колебаний солнечных пятен в оптическом и радио диапазонах

***В.Е. Абрамов-Максимов, Г.Б. Гельфрейх, В.И. Ефремов,
Л.Д. Парфиненко***

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: gbg@gg1623.spb.edu*

Анализ колебаний микроволновых источников солнечных пятен открыл новую страницу в исследовании динамики плазменных структур

солнечной атмосферы. В спектре колебаний таких источников проявляются компоненты разной природы с периодами от долей минуты до часов. Для выявления их природы существенно сопоставление особенностей проявлений характера колебательных процессов в разных диапазонах волн.

В данном исследовании анализируются колебательные процессы трёх пятен, наблюдавшихся в мае-июле 2006 года. Используются данные спектральных оптических наблюдений (высоты образования линий от 200 до 500 км) и радио карты на волне 1.76 см (радиогелиограф Нобеяма). Последние относятся преимущественно к области генерации излучения на 3-й гармонике гирочастоты электронов в поле 2000 Гс на уровне переходного слоя корона-хромосфера. Произведено сравнение проявления 5-минутных и часовых колебаний пятен на разных высотах солнечной атмосферы с учетом их стабильности. Обсуждается возможная природа проявления их подобия и различия.

Микроволновые пульсации излучения активной области NOAA 10139

***Б.В. Агалаков¹, Т.П. Борисевич², Н.Г. Петерова³,
Б.И. Рябов⁴***

¹ ИСЗФ СО РАН, Иркутск, E-mail: agal@iszf.irk.ru

² ГАО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: btp@gao.spb.ru

³ СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: peterova@yandex.ru

⁴ Астрономический институт Латвийского Университета, Рига, Латвия, E-mail: ryabov@latnet.lv

Значение исследований волновых и колебательных процессов в атмосфере Солнца по наблюдениям в радиодиапазоне определяется высокой чувствительностью микроволнового излучения к магнитному полю солнечной короны. Это дает возможность использовать результаты исследований на микроволнах для развития эффективных методов диагностики корональной плазмы с целью изучения физики активных процессов и разработки методов прогноза геоэффективных явлений типа вспышки или выброса корональной массы. Доклад посвящен исследованию временных характеристик микроволнового излучения активной области NOAA 10139 по наблюдениям на Сибирском солнечном радиотелескопе (ССРТ, рабочая длина волны 5.2 см). Ранее в этой активной области по наблюдениям на радиотелескопе РТ-22 (КраО) были зафиксированы синхронные квазипериодические колебания (КПК) спектральной плотности потока излучения

на волнах 2.0, 2.3 и 3.5 см [1]. Согласно наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600, активная область NOAA 10139 отличалась особенностями долговременного развития источника излучения на коротких волнах ~ 2 см. Для уточнения интерпретации полученных результатов целесообразно продолжить исследования КПК различных параметров микроволнового излучения этой активной области с использованием наблюдений на ССРТ, имеющих некоторые преимущества. Кроме обычно анализируемых параметров (поток, яркость), ССРТ позволяет еще производить координатные измерения и ставить задачу обнаружения пространственных колебаний области излучения. Эти возможности ССРТ были недавно реализованы, и получены первые обнадеживающие результаты, свидетельствующие о существовании КПК коронального магнитного поля [2]. Значения периодов колебаний, выявленных по наблюдениям на ССРТ, согласуются с результатами, полученными на РТ-22. Действительно, самой мощной является гармоника с периодом ~ 50 мин., более слабые отмечаются около значений 20 и 30 мин. Колебания координаты центра тяжести излучения по наблюдениям на ССРТ измерены в картинной плоскости — для гармоника с периодом около 20 мин. их амплитуда составляет ~ 0.5 угл. сек. (около 400 км). В целом, согласие результатов наблюдений на двух независимых инструментах свидетельствует о реальности пульсаций солнечного происхождения и существовании пространственных колебаний области излучения.

- [1] Цветков Л.И., Цап Ю.Т., Юровский Ю.Ф. и др. // Кинематика и физика небесных тел, 2006, т.22, № 5, с.346-362.
- [2] Гельфрейх Г.Б., Рябов Б.И., Петерова Н.Г. и др. // Сборник докладов конференции стран СНГ и Прибалтики «Актуальные проблемы физики солнечной и звездной активности». Нижний Новгород, 2-7 июня 2003 г., т.2, с.328.

**О степени поляризации внутренних областей белой
короны 29 марта 2006 г.**

И.В. Алексеева, В.В. Попов, Е.В. Попова

*Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, E-mail: alexeeva@sai.msu.ru*

Представлены предварительные результаты поляризационных наблюдений «белой» короны, выполненных во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 г. в Турции с помощью экспедиционного коронографа-поляриметра с низким уровнем инструментального фона. Получены кинофильмы линейной поляризации излучения короны в оптическом континууме, а также в зеленом и красном диапазонах спектра. Для обработки использовался усовершенствованный алгоритм, обеспечивающий точность определения степени поляризации 1%. Двумерные распределения степени линейной поляризации выявляют различия в зеленом и красном диапазонах спектра для большей части внутренней короны в диапазоне расстояний 1.05–1.50 радиусов Солнца. Полученные результаты интерпретируются в терминах вклада сильного $H\alpha$ -излучения как солнечной, так и инструментальной природы.

Работа выполнена в рамках гранта № 05-02-17877 РФФИ.

Дисбаланс магнитных потоков N и S-полярности

О.А. Андреева¹, Н.Н. Степанян¹, Я.И. Зелык²

¹*НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», Научный,
Крым, Украина, E-mail: andre_eva@mail.ru*

²*Институт космических исследований НАН Украины и НКА
Украины, Киев, Украина, E-mail: adapt@space.is.kiev.ua*

Изучено широтное распределение потоков магнитных полей N и S-полярности и изменение этого распределения со временем. Исследование базировалось на измерениях магнитных полей магнитографом продольного поля обсерватории Китт Пик. Найден дисбаланс потоков продольных магнитных полей в нескольких интервалах напряженностей для гелиоширот $\pm 80^\circ$ и временного интервала 1977–2003 гг.

**Тонкая структура солнечных вспышек
15, 17 и 20 января 2005 г.
в ряде энергетических диапазонов
по данным аппаратуры АВС-Ф**

***И.В. Архангельская¹, А.И. Архангельский¹,
А.С. Гляненко¹, Ю.Д. Котов¹, С.Н. Кузнецов²***

¹*Московский государственный инженерно-физический институт
(технический университет), E-mail: irene.belousova@usa.net*

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

В работе обсуждаются временной профиль и энергетические спектры солнечных вспышек 15, 17 и 20 января 2005 г. по от ФВС-Ф на борту спутника КОРОНАС-Ф. Энергетические спектры этих трех солнечных вспышек содержат ядерные линии, позитронную линию и линию от захвата нейтронов. В энергетических диапазонах, соответствующих выделенным спектральным особенностям, присутствует тонкая структура с характеристическими масштабами 33-93 сек, что подтверждается анализом соответствующих периодограмм на уровне значимости 99%.

**Наблюдение гамма-излучения во время солнечной
вспышки 20 января 2005 г.**

***И.В. Архангельская¹, А.И. Архангельский¹,
А.С. Гляненко¹, Ю.Д. Котов¹, С.Н. Кузнецов²,
Е.В. Троицкая²***

¹*Московский государственный инженерно-физический институт
(технический университет), E-mail: irene.belousova@usa.net*

²*НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва,
E-mail: troi@srd.sinp.msu.ru*

Наиболее крупной из наблюдавшихся в январе 2005 г. была солнечная вспышка от 20.01.2005 класса X7.1. По данным GOES вспышка началась в 06:36 UT, достигла максимума в 07:01 UT, закончилась в 07:26 UT. Аппаратура АВС-Ф на спутнике КОРОНАС-Ф зарегистрировала гамма-излучение на фазе возрастания этой вспышки в двух энергетических диапазонах: 0.1-20 МэВ и 2-140 МэВ. Наиболее высокая энергия гамма-излучения, зарегистрированная в период вспышки составила 137 ± 4 МэВ. Некоторая особенность в спектре наблюдается в области 19.5-21 МэВ при наблюдении в энергетическом диапазоне 2-140 МэВ на уровне не менее 2.5

стандартных отклонений в период 06:44:52-06:51:16 UT. При этом в максимуме гамма-излучения вспышки эта особенность выделяется на уровне 3σ . Обсуждается возможность интерпретации этой особенности как ранее не наблюдавшейся от солнечных вспышек гамма-линии 20.58 МэВ, возникающей от захвата нейтронов ядрами ${}^3\text{He}$.

Полярные области короны по наблюдениям полного солнечного затмения 1994 г.

О.Г. Бадалян¹, Ю. Сикора²

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, РАН, 142190 Троицк, Московская обл, Россия,
E-mail: badalyan@izmiran.troitsk.ru*

²*Астрономический институт Словацкой АН, 05960 Татранска Ломница, Словакия, E-mail: sykora@ta3.sk*

Изучаются физические условия в полярных областях короны по данным наземных поляризационных наблюдений полного солнечного затмения 1994 г., близкого к минимуму солнечной активности. Расчеты степени поляризации в короне позволяют детально исследовать структуру полярных лучей. Получено, что поляризация в лучах примерно на 10% выше, чем в межлучевом пространстве. Эти результаты дают возможность получить распределение плотности в полярных образованиях не только вдоль радиуса, но и в направлении, перпендикулярном к картинной плоскости. Исследование полярных областей короны представляется перспективным в связи с их геоэффективностью как возможных источников солнечного ветра.

Структура и организация магнитных полей на Солнце в цикле солнечной активности

А.А. Бажанов, Д.И. Появлин

*Институт Физики, Санкт Петербургский Государственный
Университет, С.-Петербург, Россия,
E-mail: anton.bazhanov@gmail.com*

С целью изучения организации и эволюции в цикле солнечной активности магнитных полей на Солнце использованы синоптические карты высокого разрешения обсерватории Кит-Пик с 7 февраля 1978 по 19 марта 1996 г. Разработана технология фильтрации и осреднения карт, которая позволяет реконструировать магнитное поле Солнца на разных пространственных и временных масштабах. Результаты проведенного исследования сопоставлены с данными наблюдений крупномасштабных магнитных полей обсерватории Стэнфордского университета и результатами моделирования магнитных полей в потенциальном приближении на поверхности источника. Исследована роль мелкомасштабных полей большой напряженности в формировании общего магнитного поля на различных фазах солнечного цикла.

Двухчастотный метод краткосрочного прогноза солнечных вспышек

И.А. Бакумина

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

Излагаются основы нового метода краткосрочного прогноза солнечных вспышек на основе данных современных радиогелиографов высокого пространственного разрешения (ССРТ и NoRH). В основе метода лежит идея отделения «геометрических» эффектов, возникающих при прохождении активной области по диску Солнца, от проявлений в картине поляризации и интенсивности микроволнового излучения тех реальных физических процессов, которые приводят к солнечным вспышкам. Вводится понятие «нормального прохождения» активной области по диску Солнца. Показана более высокая эффективность предложенного метода по сравнению с приёмом прогнозирования по поляризационному признаку известного критерия Танака-Эноме.

**Эффект направленности микроволнового излучения
при прохождении активной области
по солнечному диску: экспериментальные данные
и модельные расчёты**

И.А. Бакунина¹, Ю.В. Тихомиров¹, В.Л. Бакунин²

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

² ИПФ РАН, Нижний Новгород

В микроволновом излучении крупных пятен при их прохождении по солнечному диску наблюдается «геометрический» эффект, связанный с направленностью циклотронного излучения. Он обнаруживается как провал яркостной температуры при прохождении активной областью центрального солнечного меридиана (ПЦМ) и наличие характерных пиков на разных гелиодолготах для различных длин волн. В работе представлены экспериментальные данные изменений яркостных температур правой и левой круговых поляризаций T_R , T_L , яркостных температур параметров Стокса — T_I , T_V , а также степени круговой поляризации, определяемой для той части АО, где яркостная температура T_V принимает максимальное значение: $P = T_{V\max}/T_I$, по наблюдениям на ССРТ ($\lambda = 5.2$ см) и NoRH ($\lambda = 1.76$ см). Для исследованных АО установлены следующие закономерности:

- 1) эффект направленности, как провал вблизи ПЦМ, ярко проявляется на обеих длинах волн при измерениях $T_{V\max}$, T_I , $T_{I\max}$ для АО с хорошо развитыми крупными пятнами;
- 2) пики на 5.2 см ближе к провалу яркости, чем на 1.76 см, что согласуется с теоретической зависимостью оптической толщины от угла между направлением распространения радиоизлучения и направлением магнитного поля и от длины волны радиоизлучения, полученной в работе [2], стр. 313, (2);
- 3) асимметрия яркости пиков различна: на 1.76 см ярче восточный пик, на 5.2 см — западный.

Для интерпретации наблюдательных эффектов: провала яркостных температур вблизи ПЦМ и пиков выбрана следующая модель униполярного пятна: под фотосферу на глубину $h = 1.5 \cdot 10^9$ см погружён вертикальный диполь, подобранный так, что на его оси в центре пятна магнитное поле равно $H_0 = 2400$ Гс. Распределение кинетической температуры над фотосферой задается в виде гиперболического тангенса при температуре на поверхности фотосферы $T_0 = 6000$ К. Распределение электронной концентрации над фотосферой определяется по барометрической формуле. Форма гироуровней находится из выражения для магнитного поля

диполя путём численного решения уравнения $\omega = s\omega_H(H(r, \theta; x, y))$, где (x, y) — координаты точки на поверхности пятна, s - номер гармоники. По найденной зависимости вычисляются: угол между направлением распространения волны и магнитным полем, «магнитная длина», температура и концентрация на gyroуровнях и другие величины, с помощью которых вычисляется оптическая толщина, яркостная температура параметров Стокса T_I , T_V . Далее при каждом значении гелиодолготы производится выбор наибольших значений T_I и T_V среди значений этих величин, вычисленных в узлах сетки (пятно покрывается сеткой из 20 квадратов). Таким образом получены соответствующие экспериментальным измерениям $T_{I\max}$ и $T_{V\max}$ как функции гелиодолготы. Расчёты по формулам [1]–[2] в соответствии с предложенной выше методикой, выполненные в программе IDL 6.1, показывают хорошее согласие данной модели магнитосферы АО с наблюдательными данными на обеих длинах волн.

- [1] Злотник Е.Я. // *Астрономический журнал*, 45, № 2, стр. 310, 1968
- [2] Злотник Е.Я. // *Астрономический журнал*, 45, № 3, стр. 585, 1968

Light Isotope Production in Solar Flares

S.A. Balashev, M.F. Lytova, V.M. Ostryakov

*St.Petersburg State Polytechnical University, St.Petersburg,
E-mail: Valery.Ostryakov@pop.ioffe.rssi.ru*

We consider the production of light isotopes due to nuclear interactions and acceleration in flare regions. The Monte Carlo method used in our simulations takes into account several steps of particle interactions with the turbulent plasma. In our model high abundance ratios of $^3\text{He}/^4\text{He}$ are obtained at certain simulation parameters. Subsequent interplanetary propagation of particles results in the energy spectra of ^3He , ^4He nuclei similar to the observed ones. The abundance of D and T in the outgoing particle flux is likely determined by the angular distribution of these isotopes in flare regions.

Особенности применения магнитоактивных линий со сложным расщеплением для измерения солнечных магнитных полей

А.В. Баранов

УАФО ДВО РАН, Владивосток, E-mail: baranov@utl.ru

Фотосферных магнитоактивных линий с простой структурой расщепления и большим фактором Ланде мало и часто при измерениях используются линии со сложной структурой расщепления. При этом используются эффективные факторы Ланде g . Подобная методика введена в спектроскопии для линий излучения. Для солнечных линий поглощения возможность ее применения изучена слабо, а большой разброс значений магнитного поля дает основания для анализа существующих методик измерений. Мы рассчитали профили Стокса спектральных линий в диапазоне длин волн 524.2-525.4 нм. Он часто используется наблюдателями, поскольку содержит в себе линии с триплетной структурой расщепления. Кроме того, в этом диапазоне есть пять линий нейтрального железа имеющих сложную структуру расщепления.

Расчет профилей Стокса этих линий выполнен для случаев, когда учитывалась структура расщепления и случаев, когда линия предполагалась триплетом. Найдены соответствующие площади параметров круговой поляризации и их отношение S для каждой линии. Линия Fe 1 524.71 нм как для модели пятна, так и для модели факельной точки при типичных для этих образований параметрах магнитного поля дает значения $S = 0.99 - 1.07$, т. е. ведет себя как триплет с $g = 2$. Удовлетворительными являются величины $S = 1.05 - 1.10$ и для линии Fe 1 525.06 нм, имеющей $g = 1.67$. Но линия Fe 1 524.38 нм, имеющая $g = 1.5$, показывает значения $S = 0.62 - 0.72$, т. е. существенные различия. Все линии имеют расщепление второго типа (внешние компоненты расщепления интенсивнее внутренних). Можно предполагать, что на форму профилей Стокса в этом случае сказывается большой (4.26 эв) потенциал возбуждения нижнего уровня линии. Линия Fe 1 525.30 нм, имеющая $g = 1$ и структуру расщепления первого типа, показывает значения $S = 0.73 - 0.84$ в факельной точке и $S = 1.06 - 1.10$ в пятне, т. е. заметные различия также имеют место. И, наконец, линия Fe 1 524.91 нм, имеющая $g = 1.17$ и структуру расщепления третьего типа, показывает значения $S = 0.73 - 0.81$ в факельной точке и $S = 0.60 - 0.69$ в пятне. Эта же линия имеет самый большой (4.47 эв) потенциал возбуждения нижнего уровня.

Все это показывает, что при измерениях поля по линиям со сложным расщеплением, как правило, необходим теоретический расчет профилей Стокса используемых линий.

Когерентность солнечной активности и вулканической деятельности

Т.В. Барляева, Д.И. Полявин

*Институт физики, Санкт-Петербургский госуниверситет,
Санкт-Петербург, E-mail: dponyavin@mail.ru*

Климат Земли, как сложная пространственно распределённая динамическая система, подвержен вариациям как внутреннего, так и внешнего характера. Солнечная активность и вулканическая деятельность рассматриваются как внешние факторы, вызывающие колебания климата на больших пространственно-временных масштабах. Считается, что эти внешние факторы вполне независимы. Однако, иногда статистическая независимость нарушается, как это было после мощнейших извержений вулканов El Chichon в 1982 г. и Mount Pinatubo в 1991 г., вызвавших глобальные климатические последствия и случайно пришедших на время близкое к максимумам солнечных циклов 21 и 22. В связи с этим, наблюдаемые в данный период квази-одиннадцатилетние колебания атмосферных параметров можно принять за солнечный сигнал в качестве доказательства влияния солнечной цикличности на климат Земли. В данной работе мы провели кросс-вейвлетный анализ исторических рядов, отражающих поведение солнечной активности и вулканических индексов в прошлом. Обнаружены периоды времени и частоты, на которых наблюдается когерентность долговременных вариаций солнечной активности и вулканической деятельности.

Анализ влияния электрического поля солнечного ветра на геомагнитную активность

*Н.А. Бархатов^{1,2}, Л.И. Громова³, А.Е. Левитин³,
С.Е. Ревунов²*

¹НИРФИ, Нижний Новгород, E-mail: n@barkh.sci-nnov.ru

²НГПУ, Нижний Новгород

³ИЗМИРАН, Троицк

Рассматривается связь геомагнитной активности с параметрами межпланетной среды. Основное внимание обращается на параметр $V \cdot B_s$, признанный в литературе наиболее геоэффективным, который многие авторы связывают с электрическим полем солнечного ветра в периоды времени, когда в межпланетном магнитном поле (ММП) присутствует вертикальная компонента вектора ММП $B_z < 0$, направленная к югу ($B_s = 0$,

при $B_z > 0$ и $B_s = -B_z$, при $B_z < 0$). Уровень геоэффективности этого параметра зависит от системы координат, в которой он рассчитывается по спутниковым наблюдениям в солнечном ветре вблизи орбиты Земли. Выполнен анализ уровня влияния параметра $V \cdot B_s$ на Кр индекс геомагнитной активности в зависимости от его представления в солнечно-эклиптической, солнечно-магнитосферной и солнечно-магнитной системе координат за 6 лет (1999-2004 гг.). При этом рассмотрен вариант зависимости индекса Кр от составляющих $V \cdot B_s$: $(V \cdot B_s)_{||}$ — составляющая вектора электрического поля, направленная вдоль земного магнитного диполя и $(V \cdot B_s)_{\perp}$ — составляющая этого поля, которая перпендикулярна земному диполю.

Представлены результаты численного эксперимента по расчету различных вариантов линейных корреляций между Кр и B_s , $V \cdot B_s$, $(V \cdot B_s)_{||}$, $(V \cdot B_s)_{\perp}$, которые свидетельствуют, что главный вклад в наличие высокой корреляции вносит B_s компонента вектора ММП. Учет положения оси геомагнитного диполя в расчетах связи геомагнитной активности с межпланетной средой вносит коррективы только весной и осенью в годы повышенной солнечной активности.

Работа поддержана грантом РФФИ 06-05-64482

Проявление конфигураций магнитных облаков солнечного ветра в геомагнитной активности

Н.А. Бархатов^{1,2}, Е.А. Калинина², А.Е. Левитин³

¹НИРФИ, Нижний Новгород, E-mail: n@barkh.sci-nnov.ru

²НГПУ, Нижний Новгород

³ИЗМИРАН, Троицк

Разработана методика определения параметров магнитных облаков (МО) в солнечном ветре и проанализирована зависимость их геоэффективности от конфигурации и положения относительно Земли. Использованы данные о параметрах межпланетного магнитного поля для 8 конкретных МО, зарегистрированных вблизи Венеры (данные спутнике PVO) и вблизи магнитосферы Земли (данные OMNI). Создана оригинальная программа поиска МО в анализируемых данных. Расчет параметров и ориентации оси МО проводился на основе представления облаков в форме бессильных магнитных потоковых трубок. Оценка качества моделирования производилась методом вычисления среднеквадратичного отклонения модельных значений компонент магнитного поля от зарегистрированных.

Среди 8 обнаруженных вблизи Венеры МО 5 событий (№ 1 — 11.10.80, № 2 — 14.04.82, № 3 — 30.04.85, № 4 — 22.06.85, № 5 — 27.02.88) были

зарегистрированы и в потоке перед Землей. Для идентификации тождественности этих облаков использовалось среднее значение динамического давления, рассматривающееся как характерный признак МО. Исследование параметров МО, зарегистрированных около Земли, показало, что параметры трех событий (№ 1, № 3, № 4) однозначно согласуются с параметрами соответствующих облаков около Венеры, а два других события такой однозначности не имеют. Из всех 8 событий, зарегистрированных около Венеры, отмеченные выше 5 облаков имели небольшой угол наклона к плоскости эклиптики (соответственно, 2° , -10° , 4° , 24° , -6°) и регистрировались ближе к линии Солнце-Земля, чем остальные 3 события. Анализ геомагнитной активности в периоды прохождения МО через орбиту Земли проводился на основе временной динамики индекса Dst и он показал, что магнитные облака № 1, № 2, № 3, № 5 вызвали видимые геомагнитные возмущения. Остальные МО, которые имели большие углы наклона к плоскости эклиптики, оказались не геоэффективными.

Работа поддержана грантом РФФИ 06-05-64482

Классификация событий космической погоды

*Н.А. Бархатов^{1,2}, А.Е. Левитин³, С.Е. Ревунов¹,
А.С. Смирнова², С.Д. Снегирев², Т.А. Хвилюзова⁴*

¹ НГПУ, Нижний Новгород, E-mail: n@barkh.sci-nnov.ru

² НИРФИ, Нижний Новгород

³ ИЗМИРАН, Троицк

⁴ ПГИ КНЦ РАН, Апатиты

Разработана методика классификации уединенных крупномасштабных событий, зарегистрированных в окрестности Земли, которая позволяет связать их с потоками солнечной плазмы. Для этого создана самообучающаяся искусственная нейронная сеть типа слоя Кохонена, выполняющая разделение регистрируемых событий на классы по данным о возмущениях концентрации, скорости солнечного ветра и компонент ММП. Этими классами являются события, связанные с конкретными солнечными плазменными потоками (они обозначены, как это принято в зарубежной литературе): с интенсивными sf-СН потоками; со среднеинтенсивными sf-СН потоками; со слабоинтенсивными sf-СН потоками; со среднеинтенсивными СН-SDF потоками. События, связанные с потоками SDF, отдельно не выделились в связи со слабой интенсивностью данного типа потоков и были отнесены используемым алгоритмом классификации к доминирующему классу потоков СН-SDF. В результате численных экспериментов с учетом данных прямых солнечных наблюдений, составлен

следующий ряд контролируемых классов: класс 1 — вспышки различной интенсивности, класс 2 — интенсивные корональные дыры, класс 3 — слабоинтенсивные волокна и класс 4 — слабоинтенсивные корональные дыры. Результаты сопоставлены с данными прямых солнечных наблюдений и с результатами, найденными на основе использования статистической методики.

Разработанная методика позволяет вести классификацию события космической погоды с высокой степенью эффективности (до 76%) и делать оценку энергетики солнечных потоков. Предлагаемая методика проведения классификации геоэффективных солнечных потоков направлена на создание нового стандарта описания явлений космической погоды.

Работа поддержана грантом РФФИ 06-05-64482

Учет солнечно-магнитосферных связей в задаче прогноза параметров субавроральной ионосферы

*О.М. Бархатова¹, А.С. Смирнова¹, Р.И. Улыбина²,
Н.А. Бархатов^{1,2}, В.П. Урядов¹*

¹НИРФИ, Нижний Новгород, E-mail: n@barkh.sci-nnov.ru

²НГПУ, Нижний Новгород

Исследована причинно-следственная связь ключевых параметров околоземного космического пространства и глобальной геомагнитной возмущенности с изменениями в критической частоте ($f_{кр}$) слоя F2 субавроральной ионосферы над станцией Gakona-HAARP (Аляска). Для этого выполнен корреляционный анализ, создана программная база для решения задач прогнозирования $f_{кр}$ методом искусственных нейронных сетей (ИНС) и проведены численные прогностические эксперименты. Необходимость непрерывного потока данных обеспечивалась интерполяцией кубическим сплайном и с помощью известной ионосферной модели IRI. Определена зависимость $f_{кр}$ от величины и компонент ММП, параметров солнечного ветра, значений солнечного зенитного угла, интенсивностей рентгеновского и УФ излучений и выпадения низкоэнергичных частиц. Нейросетевые эксперименты установили характерные времена ионосферной реакции на магнитосферные возмущения. Оптимальная архитектура ИНС с оригинальным способом «шлюзования» входных данных позволяет выполнять прогнозирование рядов $f_{кр}$ на интервал 0.5-2 часа с точностью до 68-92%. При сравнении эффективности прогнозирования $f_{кр}$ для разных методов интерполяции пробелов в данных установлено, что использование кубического сплайна дает более высокие результаты при краткосрочном прогнозе, а использование модели IRI - для более долгосрочного прогноза.

Эффективности прогнозирования на 0.5 часа и 1 час составляют 93% и 83% при использовании кубического сплайна и 83% и 79% для модели IRI. При прогнозе на 1.5 часа и 2 часа — 73%, 64% и 75%, 67%, соответственно.

Полученные линейные и нелинейные зависимости критической частоты ионосферного слоя F2 от геофизических параметров могут быть использованы в создании ионосферных моделей необходимых для определения максимально применимой частоты КВ радиосвязи.

Работа поддержана грантом РФФИ 06-05-64482

EUV Corona in Solar Cycle 23

E. Benevolenskaya

Stanford University, Stanford, USA

Pulkovo Astronomical Observatory, St. Petersburg, Russia

Extreme-Ultraviolet Telescope (EIT) on board SOHO provides us with an unique data since 1996 up to the present time. The solar corona in Extreme-Ultraviolet emissions is visible on the solar disk and demonstrates a good relationship with the magnetic activity (SOHO/MDI and NSO/Kitt Peak data). We have analysed the EUV data from SOHO/EIT in four wavelengths (171Å, 195Å, 284Å, and 304Å), and constructed coronal synoptic maps for 1996–2006. This period practically covers the whole current cycle. The synoptic structure of the solar corona reveals significant changes in the coronal and magnetic topology during the cycle. These studies support an idea about the important role of the solar corona in solar cycle. The magnetic energy release in the corona together with dynamo processes in the convective zone and in the photosphere (differential rotation, diffusivity and meridional circulation) are the parts of a common process, which produces the solar activity cycle.

Rotation of Magnetic elements in Polar regions of the Sun

E. Benevolenskaya

Stanford University, Stanford, USA

Pulkovo Astronomical Observatory, St. Petersburg, Russia

Using the Michelson Doppler Imager (MDI) data from Solar and Heliospheric Observatory (SOHO), the rotation rate of the unipolar magnetic regions in North high-latitude regions of the Sun is estimated by tracking individual magnetic elements. The analysis reveals a strong speed down near the pole, which is greater than the Doppler and magnetic rotation rates estimated by Snodgrass and Ulrich (1990), and rotation rate inferred from helioseismology (Birch and Kosovichev, 1998), and is probably related to variation of velocity gradient in the subsurface shear layer.

Об источниках солнечных корональных выбросов массы

И.А. Биленко

Астрономический институт им. П.К.Штернберга, Москва,

E-mail: bilenko@sai.msu.ru

Солнечные корональные выбросы массы являются одним из проявлений солнечной активности, влияющим на формирование космической погоды и значительным фактором, оказывающим воздействие на геомагнитную активность.

Солнечные корональные выбросы массы широко варьируются по своим параметрам, динамике и локализации на Солнце. Их параметры и частотность зависят также от фазы солнечного цикла. Большое число наблюдений свидетельствуют о связи корональных выбросов массы с процессами, происходящими в активных областях и вспышками. Источниками корональных выбросов массы являются так же и «спокойные» зоны на Солнце с находящимися там протуберанцами. Ряд исследований показывают связь корональных выбросов массы с эволюцией крупномасштабных магнитных полей Солнца.

В данной работе проводится исследование областей-источников корональных выбросов массы. Исследуются закономерности формирования корональных выбросов массы связанных с активными областями, эрупцией протуберанцев, а так же с реорганизацией крупномасштабных магнитных полей Солнца. Анализируются параметры корональных выбросов массы в зависимости от связи их с различными проявлениями солнечной

активности. Для конкретных событий детально рассматриваются значения, структура и динамика магнитных полей в областях формирования корональных выбросов массы. Для анализа используются наблюдательные данные с высоким пространственным и временным разрешением, полученные как на наземных, так и на космических обсерваториях. Проводится сопоставление имеющихся наблюдений корональных выбросов массы различных типов с современными теоретическими моделями.

Вариации относительной площади тени пятен за 1874-1976 гг.

Н.Г. Блудова, В.Н. Обриджо

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн РАН имени Н.В. Пушкова,
Троицк, E-mail: obridko@izmiran.ru*

На основе Гринвичского ряда данных исследуется отношение q площади тени солнечного пятна к его полной площади. Получено, что среднегодовое значение q изменяется в пределах от 0.15 до 0.28 и достигает наибольших значений в 1929-1931 гг. Рассчитаны также дисперсия, асимметрия и эксцесс годовых распределений величины q .

К вопросу о природе полярного радиоисточника на Солнце

В.М. Богод

*Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, Россия, E-mail: vbog@spbf.sao.ru*

Обсуждаются результаты изучения полярной зоны Солнца в ходе наблюдений полного солнечного затмения 29 марта 2006 г. на радиотелескопе РАТАН-600. В этих наблюдениях, благодаря отсутствию фонового радиоизлучения диска Солнца удалось достичь предельно высокой чувствительности по потоку радиоизлучения. Это позволило обнаружить сложную структуру радиообъектов в полярной зоне Солнца. В работе обсуждается, в частности, природа обнаруженного Полярного радиоисточника над Северным полюсом Солнца и сделаны оценки его физических параметров.

Спектральные характеристики поляризованного микроволнового излучения активных областей с геоэффективными вспышечными событиями

В.М. Богод

*Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, Россия, E-mail: vbog@spbf.sao.ru*

Результаты микроволновых наблюдений солнечной активности в течение прошедшего максимума активности в широком спектральном диапазоне указывают на особую роль спектральных измерений поляризованного излучения активных областей. Получаемые данные несут в себе информацию о характере распределения магнитного поля с высотой. При наличии высокой чувствительности по потоку радиоизлучения становится возможным регистрировать весьма слабые проявления зарождающейся активности, часто связанные с всплытием нового магнитного потока. В ходе максимальной фазы развития области обнаруживается ряд особенностей поведения поляризованного излучения, которые часто повторяются в поведении других активных областей, что позволяет провести их классификацию. На стадии распада активных областей регистрируются спектральные особенности, связанные с выбросом магнитного потока. В дециметровом диапазоне активность на всех стадиях вспышечного процесса часто проявляется в виде появления долгоживущих микровсплесков, коррелирующие с шумовыми бурями метрового диапазона.

Динамика теплового и нетеплового компонентов жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек в январе 2005 г.

***А.В. Богомолов, В.В. Богомолов, В.И. Галкин, В.Г. Курт,
Ю.И. Логачев, О.В. Морозов, С.И. Свертилов***

НИИЯФ МГУ, Москва, E-mail: aabboogg@nt.ru

В январе 2005 г. на Солнце произошел ряд вспышек, сопровождавшихся выделением жесткого рентгеновского и гамма-излучения, самая мощная из которых (20 января) имела класс X7.1. Для их исследования использовались данные приборов СПР-Н и СОНГ, установленных на борту обсерватории КОРОНАС-Ф. Были получены временные профили интенсивности и спектральных характеристик теплового и нетеплового компонентов.

Для определения параметров степенного спектра нетеплового излучения использовались данные прибора СОНГ в каналах 0.084–6.2 МэВ и прибора СПР-Н в канале 40–100 кэВ. Было получено, что в ходе вспышки 20.01.2005 г. показатель спектра фактически не изменялся и составлял ~ 2.4 . В то же время прослеживалось значимое изменение эффективной температуры kT теплового компонента.

Характеристики долгоживущей активной области по наблюдениям на Большом пулковском радиотелескопе в ноябре 2006 г. — феврале 2007 г.

**Т.П. Борисевич¹, А.П. Венгер², Ю.К. Зверев², Г.Н. Ильин³,
А.Н. Коржавин², Н.Г. Петерова², Н.А. Топчило⁴**

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: btp@gao.spb.ru

² СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: peterova@yandex.ru

³ ИПА РАН, Санкт-Петербург, E-mail: igen@ipa.rssi.ru

⁴ СПбГУ, Санкт-Петербург, E-mail: top@astro.spbu.ru

Приводятся результаты обработки наблюдений долгоживущей (в течение 4-х оборотов) активной области NOAA 10923–10930–10935–10941 в ноябре 2006 г. — феврале 2007 г. Спектрально-поляризационные наблюдения выполнены на Большом пулковском радиотелескопе (БПР) и сопоставлены с наблюдениями на радиотелескопах РАТАН-600, ССРТ и Nobeyama.

Эволюционные изменения морфологии АО на уровне фотосферы были таковы, что по предварительной оценке можно было поставить задачу определения диагностических признаков вспышечно-активной области. В течение первых трех оборотов АО бурно развивалась, пройдя стадию δ -конфигурации, что сопровождалось сильной вспышечной активностью, на первый взгляд неожиданной для АО такого морфологического класса. Наиболее интересна динамика и структура АО в первом обороте. Показано, что радиохарактеристики АО «предвидят» дальнейшее развитие ее морфологической структуры, обусловленное подфотосферными процессами (вспытие нового магнитного потока, вращательное движение). Основные характеристики радиоизлучения АО (спектр потоков, размеры, поляризация) свидетельствуют о том, что в первых 2-х оборотах источник излучения скорее всего имел петельную структуру, сильно отличающуюся от пространственной структуры циклотронных источников. По наблюдениям на БПР для каждого оборота был получен усредненный спектр, все они

нормированы и продифференцированы. Обнаружено, что основные отличия, присущие каждой стадии, проявляются главным образом в коротковолновой части спектра ($\lambda < 5$ см). Результаты такого анализа предлагаются как оригинальный метод диагностики вспышечно-активных областей. Значимость такого рода исследований с использованием наблюдений на БПР в том, что оперативное прогнозирование более реально на основе интегральных характеристик АО. Наблюдения с высоким пространственным разрешением необходимы для совершенствования методов прогноза.

**Эволюция активной области AR 0930, связанной с
геоэффективной вспышкой X3.4/4B 13 декабря 2006 г.,
по наблюдениям в микроволновом диапазоне**

***В.Н. Боровик¹, В.Е. Абрамов-Максимов¹,
И.Ю. Григорьева¹, Л.В. Опейкина², В.М. Богод³,
А.Н. Коржавин³***

¹ *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: borovik@mk4099.spb.edu*

² *Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Н.Архыз,
E-mail: lvo@sao.ru*

³ *Санкт-Петербургский филиал САО РАН, С.-Петербург,
E-mail: vbog@sao.ru*

Представлена эволюция микроволнового излучения активной области AR 0930, в которой 13 декабря 2006 г. произошла геоэффективная вспышка X3.4/4B. Многоволновые наблюдения Солнца выполнялись на радиотелескопе РАТАН-600 в диапазоне волн 1.8 см–5.0 см. Основное внимание обращено на изменения спектра микроволнового излучения активной области за период с 9 по 16 декабря 2006 г. Сопоставляются предвспышечные и послевспышечные радиохарактеристики активной области.

**Микроволновые наблюдения на РАТАН-600
постэруптивной фазы нестационарного явления
25 января 2007 г.**

***В.Н. Боровик¹, М.А. Лившиц², И.Ю. Григорьева¹,
В.Е. Абрамов-Максимов¹, Л.В. Опейкина³,
А.Н. Коржавин⁴***

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: borovik@tk4099.spb.edu

² ИЗМИРАН, Троицк, Московская обл.,
E-mail: livshits@izmiran.troitsk.ru

³ Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Н.Архыз,
E-mail: lvo@sao.ru

⁴ Санкт-Петербургский филиал САО РАН, С.-Петербург,
E-mail: kor@saoran.spb.su

Приводятся результаты радионаблюдений в микроволновом диапазоне процесса формирования постэруптивной аркады над восточным лимбом Солнца после активных событий 24-25 января 2007 г. Наблюдения Солнца проводились на радиотелескопе РАТАН-600 в диапазоне (1.8-5.0) см с использованием нового спектрально-поляризационного аппаратного комплекса, разработанного в САО под руководством В.М.Богода.

24 января в 14:42 UT был зарегистрирован корональный выброс массы (СМЕ) над восточным лимбом, который сопровождался вспышкой балла В9.0 (GOES).

25 января в том же позиционном угле в 07:42 UT был зарегистрирован второй СМЕ, скорость движения которого составила более 1000 км/сек. Одновременно на спутнике GOES была зарегистрирована вспышка балла С6.3 (S08 E90) в находящейся за лимбом активной области NOAA 0940. Вспышка регистрировалась в интервале времени 06:33-07:58 (максимум в 07:14). В линии 195 Å(SOHO/EIT) над Е-лимбом наблюдалась развивающаяся система постэруптивных петель, которая была видна в течение суток.

Первое наблюдение Солнца на РАТАН-600 было проведено через 30 мин после пика вспышки. Последующие наблюдения выполнялись в течение 3.5 часов с интервалом в 30 мин. Приводятся характеристики коронального источника радиоизлучения, отождествленного с вершиной постэруптивной аркады, анализируется эволюция спектров его микроволнового излучения в процессе развития вспышки. Полученные результаты обсуждаются в свете решения проблемы формирования постэруптивных петель.

Секторная структура межпланетного магнитного поля по данным космических аппаратов и модельных расчетов

А.И. Будник, Д.И. Понявин

*Санкт-Петербургский Государственный Университет,
Санкт-Петербург, E-mail: alexbudnik@gmail.com, dropyavin@mail.ru*

В работе предложена модель реконструкции в кинематическом приближении динамики гелиосферного токового слоя (ГТС). В качестве входных параметров использовались осредненные синоптические карты магнитных полей на Солнце. Мы провели исследование секторной структуры межпланетного магнитного поля по данным высокоширотного аппарата Ulysses, а так же спутников ACE и Wind. Полученные результаты сопоставлялись с модельными расчетами. Выявлены основные недостатки модели, в частности связанной с использованием синоптических карт, по сути, не являющиеся "мгновенными снимками" распределения магнитного поля на Солнце. Отдельное внимание уделяется спорадическим потокам, нарушающим регулярную структуру ГТС и вносящие весомый вклад в космическую погоду. Предложены алгоритмы оптимизации, призванные повысить достоверность рассматриваемой модели.

Фрактальная размерность как диагностический признак потоков солнечного ветра

Т.Е. Вальчук

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Троицк Московской обл.,
E-mail: tatiana_valchuk@mail.ru*

В последнее время фрактальность плазмы [1] солнечного ветра широко обсуждается, поскольку наличие в ней вложенных структур позволяет исследовать их характерные особенности, применяя вычислительные методы. Это стало возможным благодаря наличию однородных рядов данных, полученных КА в околоземном космосе, вне магнитосферы. Нами использованы данные спутника Wind, имеющие достаточно равномерную временную дискретизацию и незначительное количество пропусков в регистрации параметров плазмы СВ. Отметим, что для фрактальных расчетов требуются ряды данных без пропусков, поэтому предварительная обработка параметрического ряда состоит в контроле равномерности временных

интервалов, коррекции единичных и кратных пропусков в данных, после чего по методу Хигучи [2] с помощью скользящего окна производится расчет фрактальной размерности (ФР) на достаточно длинном интервале. Именно метод Хигучи [2], как полагают, позволяет выявить реальные физические изменения в плазме СВ по вариациям ФР. Выбирая отдельные интервалы данных в прохождении СВ, которые содержат плазменные потоки из корональных дыр (КД), например, можно оценить особенности высокоскоростных потоков СВ. Это было предметом первых работ, в которых определилась методика фрактальных расчетов. Величины ФР для потоков из КД равны 1.7-1.9, гелиосферный плазменный слой при прохождении выявляется по резкому уменьшению ФР до величин порядка 1.5, спорадические всплывающие потоки и коротирующие регионы в СВ характерны резкими перепадами величин ФР, не имеющими систематических вариаций.

- [1] Могилевский Э.И. // Фракталы на Солнце. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2001, 152с.
- [2] Higuchi T. // Physica, D31, 1988, p.277.

О скорости обмена радиоуглерода в течение последних 10 тыс.лет и оптимальная модель радиоуглеродного цикла

С.С. Васильев

*Физико-технический институт им. Иоффе РАН, С.-Петербург,
E-mail: sergey.vasiliev@mail.ioffe.ru*

Радионуклиды ^{10}Be и ^{14}C образуются в атмосфере Земли в результате взаимодействия космических лучей с ядрами азота и кислорода. Скорость образования этих изотопов определяется потоком космических лучей в атмосфере, меняющимся под действием солнечного ветра и магнитного поля Земли.

Рассматривались палеомагнитные данные по геомагнитному дипольному моменту Земли за последние 10 тыс.лет. Палеомагнитные данные сравнивались с данными по концентрации изотопа ^{10}Be в ледниках Гренландии и со скоростью образования нуклида ^{14}C в атмосфере Земли. Для восстановления скорости образования ^{14}C использовалась резервуарная

модель углеродного цикла. Показано, что вариации дипольного магнитного момента коррелируют с вариациями концентрации ^{10}Be с коэффициентом корреляции, близким к минус единице. Также показано, что параметры резервуарной модели углеродного цикла, известные для доиндустриальной эпохи, при реконструкции скорости образования ^{14}C приводят к результатам, плохо согласующимся с палеомагнитными данными. Выполнена работа по оптимизации параметров резервуарной модели, обеспечивающих максимальную корреляцию между скоростью образования ^{14}C и дипольным моментом. Для оптимальных параметров резервуарной модели коэффициент корреляции между скоростью генерации радиоуглерода и дипольным моментом отрицателен и близок к минус единице. Полученные результаты для параметров резервуарной модели показывают, что климат в течение последних 10 тыс. лет существенно отличался от современного. Высокую отрицательную корреляцию магнитного момента и скорости образования космогенных изотопов ^{10}Be и ^{14}C следует рассматривать как доказательство малого вклада таких внешних факторов, как солнечная активность, в вариации потоков космических лучей с характерным временем ~ 1000 лет.

Полярная и низкоширотная активность в период 1887-1914 годов

В.В. Васильева, А.Г. Тлатов

Кисловодская Горная станция ГАО РАН, E-mail: solar@narzan.com

Обработаны данные наблюдений протуберанцев в линии Н-альфа, а также флоккулярных полей и ярких точек в линии Са по данным атласов Вольфера за период 1887-1899 годов и наблюдений обсерватории Кодаяканал за период 1904-1914 годов. Построены широтно-временные распределения активности за этот период. Проведен анализ высокоширотной и низкоширотной активности по ярким кальциевым точкам и флоккулярным полям и волн переполусовок крупномасштабного магнитного поля по данным наблюдений протуберанцев.

**Роль фронтальных зон в формировании эффектов
солнечной активности в вариациях интенсивности
циклогенеза умеренных широт**

С.В. Веретененко

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: SvetaVeretenenko@mail.ru*

Обсуждается роль фронтальных зон в формировании эффектов солнечной активности и вариаций космических лучей (КЛ) в интенсивности барических образований (циклонов и антициклонов) умеренных широт на разных временных шкалах. Показано, что интенсификация циклонов в связи с солнечными протонными событиями и антициклонов в ходе форбуш-понижений галактических космических лучей в Северной Атлантике обусловлена адвективными изменениями температуры в области климатических фронтальных зон. Обнаружены колебания положения арктической фронтальной зоны, близкие к периоду цикла Глайссберга, в районе Гренландии (области наиболее интенсивного циклогенеза), которые приводят к 80-летним колебаниям интенсивности циклонических процессов в Северной Атлантике, а также влияют на амплитуду и положение области углубления циклонов в связи с солнечными протонными событиями. Показано, что вековые колебания положения арктической фронтальной зоны в районе Гренландии могут быть причиной амплитудной модуляции 11-летней гармоник в вариациях давления в Северной Атлантике. Полученные результаты позволяют предположить, что механизм влияния солнечной активности и вариаций КЛ на развитие барических систем в умеренных широтах включает изменение характеристик фронтальных зон, которые могут быть обусловлены изменениями структуры термобарического поля нижней атмосферы в связи с вековыми колебаниями светимости Солнца, а также эффектами КЛ в вариациях состояния облачности.

Долготное распределение фотосферных магнитных полей Солнца

Е.С. Вернова¹, М.И. Тясто¹, Д.Г. Баранов²

¹СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, E-mail: helena@ev13934.spb.edu

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург

Рассматривается долготное распределение фотосферных магнитных полей и его изменение в ходе 22-летнего магнитного цикла Солнца. Используются данные обсерватории Китт Пик за 1976-2003 гг. Показано, что долготные распределения для двух частей 11-летнего цикла имеют противоположные формы: максимум распределения приходится на 180° для периода подъем-максимум и на $0/360^\circ$ для периода спад-минимум.

Изменения вида распределения возможно связаны с двумя различными ситуациями, которые наблюдаются в 22-летнем магнитном цикле Солнца. Поскольку 22-летний магнитный цикл проявляется в смене знака общего магнитного поля Солнца (ОМПС) вблизи максимума солнечного цикла и в смене знаков ведущих солнечных пятен в минимуме солнечного цикла, возможны два варианта: либо полярность ОМПС и полярность ведущего пятна одинаковы (для каждой полусферы Солнца), либо они противоположны. В периоды подъем-максимум полярности ОМПС и ведущих пятен совпадают, в периоды спад-минимум они противоположны. Таким образом, при совпадении полярностей ОМПС и ведущих пятен максимум долготного распределения приходится на долготу 180° , а при противоположных полярностях приходится на долготу $0/360^\circ$.

Такая же закономерность была обнаружена нами ранее для распределения солнечных пятен и является, по-видимому, следствием общей перестройки локальных и глобальных магнитных полей в ходе 22-летнего магнитного цикла Солнца.

Исследование правила Вальдмайера для северной и южной полусферы Солнца

И.С. Веселовский, О.С. Яковчук

*Научно-исследовательского института ядерной физики
им. Д.В. Скобельцына МГУ*

Определены моменты времени наступления минимумов и максимумов циклов солнечной активности по диаграммам бабочек Маундера для северной и южной полусферы Солнца на основе метода кластеризации для

последних 12 циклов. Метод кластеризации позволил отделить вклады высокоширотных пятен нового цикла от низкоширотных пятен старого цикла. На этой основе исследовано правило Вальдмайера для северного и южного полушария Солнца в отдельности. Нарастание числа групп пятен происходило в среднем на полгода быстрее в южном солнечном полушарии. Вычисления минимумов отдельно для каждой полусферы Солнца является более целесообразным для более детального понимания поведения солнечной активности. Так, для самого мощного 19-го солнечного цикла определяющую роль в пятнообразовании сыграло северное полушарие, в котором правило Вальдмайера оказалось заметным образом нарушено.

Прогноз максимумов 11-летних циклов на основе реконструкции солнечной активности по радиоуглероду

Д.М. Волобуев¹

¹Главная (Пулковская) обсерватория РАН, Санкт-Петербург,
E-mail: dmitry.volobuev@mail.ru

Реконструкции солнечной активности (СА) по радиоуглероду в кольцах деревьев позволяют оценить подекадные изменения СА на временной шкале порядка 10000 лет. В данной работе мы реализуем пошаговый прогноз разности декадных значений СА методом локальной авторегрессии в псевдофазовом пространстве. Тестирование прогноза на данных последней тысячи лет позволяет заключить, что разность между декадными значениями предсказуема с вероятностью 0.7 если используется достаточно длительный (более 5000 лет) отрезок предыстории. При укорачивании предыстории, вероятность спадает до 0.5. Используя “игрушечную” динамо – модель мы параметризуем 11-летний цикл и конвертируем прогноз подекадных разностей в прогноз максимума наступающего цикла из точки минимума. Коэффициент корреляции ($r=0.8$) между спрогнозированными и действительными максимумами в терминах площадей пятен невысок, но он предопределен точностью прогноза подекадных разностей. Для наступающего цикла мы нашли тенденцию к уменьшению в декадных индексах числа групп пятен по сравнению с прошедшим 23 циклом. В индексах среднегодовых площадей пятен, однако, 24-й цикл не отличим от 23-го в пределах точности предложенного метода.

Солнечная постоянная и избыток энергии солнечного излучения в циклах 21-23

Д.М. Волобуев

*Главная (Пулковская) обсерватория РАН, Санкт-Петербург,
E-mail: dmitry.volobuev@mail.ru*

В течение трех последних солнечных циклов полный поток излучения Солнца (TSI) определяется из спутниковых измерений. Процедура сведения в единую систему измерений различных спутников привела к существованию в настоящее время двух композитных временных рядов TSI, которые имеют выраженную 11-летнюю цикличность, различный долгосрочный тренд и различные мультимодальные распределения. Среднее для таких временных рядов не имеет смысла. В настоящей работе предлагается алгоритм разделения постоянной и переменной составляющей TSI, который позволяет с более высокой точностью определить солнечную постоянную и избыток энергии ($\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) солнечного излучения на фиксированном отрезке времени.

Быстрые алгоритмы на основе теоретико-числовых преобразований в цифровой обработке радиоизображений Солнца

А.Л. Воронов, А.Г. Обухов, Г.Я. Смольков

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
E-mail: obuhov@iszf.irk.ru*

Сложившаяся в последнее десятилетие тенденция к многоволновой и многоканальной радиогелиографии влечет за собой существенное увеличение объема регистрируемой и обрабатываемой информации. Это обуславливает необходимость использования более производительных систем программного обеспечения для анализа солнечных событий и оперативного использования его результатов в прогнозе космической погоды.

При решении задач восстановления радиоизображений применяются алгоритмы, основанные на использовании различных видов быстрых преобразований. В докладе рассматриваются теоретико-числовые преобразования (ТЧП), которые определены на конечных полях и кольцах целых чисел с арифметическими действиями, выполнимыми по модулю некоторого целого числа [1]. Приводится пример вычисления свертки на основе теоретико-числового преобразования Ферма.

Результаты расчета уравнения типа свертки, полученные с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ), сравниваются с результатами, полученными на основе ТЧП. Показано, что эффективность и точность теоретико-числовых преобразований существенно выше, чем у результатов на основе БПФ.

- [1] Кузнецова С.М., Обухов А.Г., Смольков Г.Я. // Тезисы докладов ВАК-2004 «Горизонты Вселенной», Москва, 2004, с.35.

Восстановление радиоизображения Солнца посредством неопределенной инверсной свертки

А.Л. Воронов, А.Г. Обухов, Г.Я. Смольков, Е.А. Чернова

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
E-mail: obuhov@iszf.irk.ru*

Решение основного интегрального уравнения радиоастрономии на практике осложняется тем, что диаграмма направленности (ДН) радиотелескопа сильно отличается от расчетной.

Доклад посвящен проблеме восстановления радиоизображения Солнца на ССРТ при искаженной ДН на основе неопределенной инверсной свертки [1]. Обработка радиоизображений начинается с формирования оптимальной сетки отсчетов [2]. Затем после первичной обработки применяется метод проекции на замкнутые выпуклые множества (ПЗВМ) [3] для восстановления радиоизображений. Однако практически приходится проводить еще дополнительно коррекцию радиоизображений посредством неопределенной свертки, которая состоит из следующих основных этапов:

1. Наблюдаемое радиоизображение Солнца разбивается на фрагменты из 32×32 элементов. Затем усредняются энергетические спектры различных фрагментов. Каждый фрагмент обрабатывается соответствующим окном.
2. Для оценки энергетического спектра радиоизображения Солнца используется метод «прототипов» [1].
3. На основании этих процедур находится числитель и знаменатель эволюционного фильтра.

- [1] Прэтт У. // Цифровая обработка изображений, пер. с англ., Мир, Москва, 1982, 792 с.
- [2] Кузнецова С.М., Обухов А.Г., Смольков Г.Я. // ДАН, 2006, т.411, N 1, с.48.
- [3] Кузнецова С.М., Обухов А.Г., Смольков Г.Я. // ДАН, 2006, т.411, N 2, с.182.

Области наибольшего воздействия солнечной активности на атмосферные процессы на Земле

М.В. Воротков, В.Л. Горшков

ГАО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: vigor@gao.spb.ru

В данном исследовании на материале базы данных NCEP/NCAR (данные атмосферного давления, температуры и поля ветров на уровне моря, облачного покрова) и данных о солнечной активности (числа Вольфа, вспышечная активность Солнца, геомагнитные индексы) на временном интервале с 1950 года исследуются пространственные корреляции указанных атмосферных параметров в зависимости от основного (декадного) солнечного цикла (SC). В зависимости от географических координат были получены карты кросскорреляций указанных атмосферных параметров и параметров солнечной активности. На карте корреляций локализуются области с выраженной зависимостью атмосферного давления от SC.

Регионами, обнаруживающими устойчивую связь с SC являются неоднократно ранее исследованный на предмет солнечной обусловленности регион Северной Атлантики и Северный район Тихого океана. Поскольку эти регионы характеризуются повышенной циклонической деятельностью, зачастую порождающей ураганы, нами исследована также корреляция времени возникновения ураганов от вспышечной активности Солнца и геомагнитной активности, подобно работе [1] для урагана Катрин. В нашем исследовании была обнаружена привязанность времени возникновения ураганов и иногда времени изменения силы ураганов к максимумам геомагнитной активности. В области кросскорреляционных задержек обнаруживается кластеризация, поэтому указанные закономерности исследованы также в зависимости от особенностей ураганов и характера геомагнитной активности.

- [1] Иванов К.Г., 2006 // Зарождение тропического урагана Katrina во время геомагнитной экстремуми при пересечении гелиосферного токового слоя: случайное совпадение или физическая сущность. Геомагн. и аэрономия, т.46, № 5, с. 643-650.

**Проявление вспышечной активности Солнца
в структуре КПК локальных источников
радиоизлучения**

Г.Б. Гельфрейх¹, В.Е. Абрамов-Максимов¹, К. Шибасаки²

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: gbg@gg1623.spb.edu*

²*Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaki, Nagano, Japan,
E-mail: shibasaki@nro.nao.ac.jp*

В локальных источниках микроволнового излучения Солнца, в частности, связанных с солнечными пятнами, наблюдаются квазипериодические колебания с периодами от долей минуты до часов. Их можно разделить на несколько классов, обусловленных различными плазменными структурами солнечной атмосферы, такими как 3-х и 5-минутные колебаниями в силовой трубке пятен, колебания с периодами десятки минут, обусловленные колебаниями корональных плазменных петель и длительные (сотни минут) колебания, определяемые, в частности, колебаниями пятенных структур как целого. Накопление энергии в солнечной вспышке и её последующее выделение во взрывной фазе несомненно определяется магнитной структуризацией солнечной атмосферы и, большей частью, короны. Эти процессы, естественно, вызывают изменения спектра КПК пятен и других локальных проявлений повышенного радио излучения Солнца. Изучение таких вариаций открывает новый экспериментальный метод анализа характера структур в атмосфере Солнца, которые сопровождают процесс подготовки вспышки, а их изменение под влиянием вспышки природу её выделения энергии. Можно также надеяться на анализ таких процессов как выявление новых прогностических критериев солнечной активности.

В данном сообщении представлены результаты некоторых дальнейших радиоастрономических исследований в указанном направлении. Радионаблюдения базировались на картографировании Солнца на волне 1.76 см по данным радиогелиографа Нобеяма. Анализом охвачено ряд периодов, включая 11-15 декабря 2006 года.

Структуры грануляционного поля и валиковая конвекция

А.В. Гетлинг¹, А.А. Бучнев²

¹Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ им.
М.В. Ломоносова, Москва, E-mail: A.Getling@mail.ru

²Институт вычислительной математики и математической
геофизики СО РАН, Новосибирск, E-mail: baa@ooi.sscs.ru

Программа *COLIBRI* (COntours and LIneaments in BRIghtness field) — специальная модификация программы, изначально предназначенной для поиска геологических структур на аэрокосмических снимках — применяется для обработки изображений солнечной грануляции, усредненных по времени за 1–2 ч. Как сообщалось ранее [1, 2], на таких изображениях обнаруживаются долгоживущие квазирегулярные структуры в виде концентрических колец или параллельных полос (круговые и линейные «гряды» и «борозды» в рельефе яркости). Алгоритм отмечает отрезок прямой как линейную структуру (линеамент), если яркость на определенном расстоянии от этого отрезка с обеих сторон оказывается стохастически более высокой или более низкой, чем на самой линии [3]. Криволинейные контуры отыскиваются как цепочки линеаментов. При должном выборе параметров обработки алгоритм очерчивает гряды и борозды как светлые и темные дорожки. Наиболее примечательный результат исследования состоит в том, что грядам практически повсеместно сопутствуют параллельные борозды и другие гряды. Поскольку восходящие потоки вещества выглядят более яркими, чем нисходящие, такая картина должна отражать широкое распространение валиковых конвективных течений в подфотосферных слоях. Они могут, в частности, образовывать тонкую структуру супергрануляционных и мезогрануляционных течений. Гранулы же выглядят пятнами перегретого вещества, увлекаемыми валиковым течением — возможно, продуктом некоторых его неустойчивостей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 04-02-16580 и 07-02-01094).

- [1] Getling A.V., Brandt P.N. // *Astron. Astrophys.*, 2002, v.382, p.L5.
- [2] Getling A.V. // *Solar Phys.*, 2006, v.239, p.93.
- [3] Салов Г.И. // *Автометрия*, 1997, № 3, с.60.

О расщеплении масштабов солнечной конвекции

А.В. Гетлинг¹, Е.М. Тихомолов²

¹ *Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ им.
М.В. Ломоносова, Москва, E-mail: A.Getling@mail.ru*

² *TRIUMF: Canada's National Laboratory for Particle and Nuclear
Physics, Vancouver, E-mail: tikh@triumf.ca*

Тот факт, что в конвективной зоне Солнца сосуществуют ячейки, резко различающиеся по размерам, еще не нашел убедительного объяснения. Известно, что конвекция может быть локализована по высоте z лишь в части слоя, если есть тормозящее действие устойчивого градиента энтропии в прилегающих по z областях (при этом происходит проникающая конвекция). Если же весь слой конвективно неустойчив сверху донизу, то локализация течений в относительно узком интервале z является гораздо менее тривиальным эффектом, особенно если существуют еще и крупные ячейки, заполняющие всю толщину слоя. В рамках линейных задач такие возможности изучались в работах [1, 2].

Наше исследование основано на численном моделировании развития конвекции в слое сжимаемого газа. Используется приближение неупругости. Рассчитываются как двумерные, так и трехмерные модели. Считается, что на небольшой глубине под верхней поверхностью слоя (1/13 от его полной толщины) скачкообразно увеличиваются (сверху вниз) квадрат числа Фруда $Fr^2 = k^2/gH^3$ (например, в 10^5 раз) и число Эккерта $Ec = k^2/C_p T_0 H^2$ (например, в 10^2 раз); здесь k — температуропроводность, H — толщина верхнего подслоя, C_p — теплоемкость при постоянном давлении и T_0 — характерная температура. Развитие конвекции начинается в малых масштабах в верхнем, менее устойчивом подслое. В дальнейшем возмущения проникают в глубь слоя и постепенно охватывают весь интервал глубин. При этом развиваются ячейки с характерным размером порядка толщины слоя. Мелкие ячейки в верхнем подслое не исчезают, и формируется поле скоростей в виде суперпозиции конвективных движений двух масштабов. Крупномасштабная конвекция переносит мелкомасштабные ячейки подобно тому, как супергрануляционные течения переносят гранулы.

Работа А.В.Г. выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-02-01094).

[1] Гетлинг А.В. // Изв АН СССР, Мех. жидк. и газа, 1975, № 5, с.45.

[2] Гетлинг А.В. // Изв АН СССР, Физ. атмосф. и океана, 1980, т.16, с.529.

Аксионы и Солнце

Ю.Н. Гнедин

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

В настоящее время интенсивно выполняются лабораторные эксперименты и проводятся астрономические наблюдения с целью поиска аксионов — нового класса слабо-взаимодействующих частиц, подобных нейтрино, которые предсказываются современной новой суперсимметричной теорией элементарных частиц. Для астрономии важно, что аксионы рассматриваются как наиболее популярные кандидаты в, так называемую, темную материю.

Разработана детальная астрономическая программа поиска аксионов от Солнца. В последнее время в результате ряда наблюдений с космических аппаратов рентгеновского излучения спокойного Солнца и некоторых активных областей, получены указания на возможный вклад в интенсивность и пространственное распределение такого излучения рентгеновских фотонов, возникающих в результате распада аксионов в гравитационном и магнитном полях Солнца. В докладе представлены результаты астрономической программы поиска аксионов от Солнца с упором на последние исследования.

Обсуждается связь этих результатов с нашумевшим экспериментом PVLAS, осуществленным итальянскими физиками, который претендует на реальное открытие аксионов.

Физические характеристики высокоширотного протуберанца по данным наблюдений на радиотелескопе РАТАН-600 максимальной фазы Солнечного затмения 29.03.2006 г.

О.А. Голубчина, В.М. Богод, А.Н. Коржавин

*Санкт-Петербургский филиал Специальной Астрофизической
обсерватории, Санкт-Петербург, E-mail: golubchina_olga@mail.ru*

Обсуждаются результаты наблюдений радиоизлучения протуберанца, расположенного в NE части лимба Солнца. Наблюдения были проведены на Северо-восточном секторе и Южном секторе с перископом РАТАН-600 во время максимальной фазы (0.998) солнечного затмения 29.03.06 г. Исследование протуберанца выполнены в диапазоне длин волн $(1.03 \div 5.0)$ см.

Уникальность этих наблюдений состоит в том, что благодаря гибкой многофункциональности радиотелескопа РАТАН-600 удалось наблюдать солнечное затмение одновременно разными методами: на Северо-восточном секторе — методом «эстафеты» — и на Южном секторе с перископом — в азимутальном режиме наблюдений. При этом методики обработки наблюдений, полученных на разных секторах, также были различными. Это дало возможность не только взаимно дополнять данные наблюдений двух секторов, но и контролировать полученные результаты. Отсутствие засветки рассеянным радиоизлучением диска Солнца слабых источников, расположенных в момент максимальной фазы затмения на открытом лимбе Солнца, позволило, в частности, исследовать параметры радиоизлучения высокоширотного протуберанца ($\phi = 45^\circ$, NE лимб Солнца). Получены его физические характеристики.

Положение максимума радиоизлучения протуберанца по данным наблюдений на обоих секторах совпадает с вершиной протуберанца на изображении Солнца в линии He II 304 Å (SOHO, $\phi = 45^\circ$, NE лимб Солнца). Найденные угловые размеры протуберанца в диапазоне длин волн (1.88÷4.32) см равны ≈ 30 угл.сек.

Благодаря наблюдению солнечного затмения в момент максимальной фазы, впервые были зарегистрированы очень малые потоки радиоизлучения протуберанца равные от 0.05 с.е.п. до 0.01 с.е.п. в диапазоне длин волн от 1.84 см до 5.0 см. Согласно полученной зависимости потока от длины волны $F(\lambda)$, механизм радиоизлучения протуберанца — тепловой.

Полученная из наблюдений на см - радиоволнах электронная плотность равна $n_e = 10^9 \text{ см}^{-3}$. Яркостные температуры протуберанца $T_b = (4500 \div 9500) \text{ K}$.

Степень поляризации радиоизлучения протуберанца, составляет $P \approx (9 \div 18.5)\%$ на длинах волн (1.88÷5.0) см соответственно. Согласно результатам обработки поляризованного излучения, напряжённость магнитного поля в области протуберанца в рамках рассматриваемого теплового механизма в диапазоне длин волн (1.84÷5.0) см соответствует сотням Гауссов.

Работа поддержана грантами: РФФИ №№ 05-02-16228, 06-02-17357.

Вращение солнечных пятен по наблюдениям продольного магнитного поля и лучевых скоростей

О.С. Гонасюк

*НИИ Крымская астрофизическая обсерватория, п. Научный, Крым,
98409, Украина, E-mail: olg@crao.crimea.ua*

Проведены исследования вращения тени семи одиночных пятен по одновременным наблюдениям продольного магнитного поля и поля скоростей в фотосферной линии Fe I $\lambda 5253\text{\AA}$, полученным в Крымской астрофизической обсерватории. Восстановлены вертикальная, радиальная и азимутальная составляющие вектора магнитного поля и вектора скорости. Все три составляющие обоих векторов показали, что вращение пятен подобно крутильным колебаниям. Период колебаний тени пятен составил 2.2–7.1 суток. Разность фаз между колебаниями одноименных составляющих вектора скорости и вектора магнитного поля не равна нулю. Колебания азимутальной составляющей скорости опережают по фазе колебания всех других составляющих вектора скорости и вектора магнитного поля. Азимутальная скорость, вычисленная из поля скоростей, значительно больше азимутальной скорости, измеренной на основании фотогелиограмм. Период колебаний увеличивается с широтой пятна. Плотность магнитной энергии колебаний превышает плотность их кинетической энергии до 1000 раз при плотности плазмы 10^{-7} г·см⁻³. Полученные результаты позволяют заключить, что крутильные колебания являются вынужденными.

Краткосрочное прогнозирование внезапных возмущений межпланетной и магнитосферной плазмы

С.А. Гриб

ГАО РАН, Пулково, СПб, 196140, Россия

На основе решения задачи Римана-Кочина при рассмотрении столкновения тангенциального разрыва и солнечной ударной волны с головной ударной волной оценивается величина квазиударного возмущения плазмы в магнитопереходном слое. Предлагается краткосрочный прогноз возникновения резкого скачкообразного возмущения плазмы внутри магнитосферы и плазмосферы Земли с оценкой величины внезапного геомагнитного импульса. Из сравнения видно, что теоретические оценки величин внезапных геомагнитных импульсов совпадают с экспериментальными наблюдениями с точностью до 10 процентов.

Работа выполнялась по программе ОФН РАН № 16.

Особенности нестационарного поведения магнитных облаков в солнечном ветре

С.А. Гриб

ГАО РАН, Пулковское, СПб, 196140, Россия

В рамках представлений космической магнитной гидродинамики рассматриваются квазударные возмущения межпланетных магнитных облаков при прохождении их через солнечный ветер и при взаимодействии с часто встречающимися разрывными структурами. Изучается столкновение солнечной ударной волны с тылом магнитного облака и пересечение головной ударной волны и передней границы облака обратной ударной волной. Доказывается возникновение быстрых волн разрежения, сдуваемых потоком от Солнца, и преломление солнечных ударных волн внутрь облака в виде быстрых ударных волн при лобовом столкновении и медленных ударных волн — при наклонном. Указывается на асимметрию взаимодействия и изменение геометрии структуры облака. Результаты расчётов иллюстрируются данными космических аппаратов IMP 8 и ISEE 3 по событию 7-8 февраля 1981 года и аппарата Wind по событию 18-19 октября 1995 г. Предлагается моделировать плазменные явления внутри облака течением «мелкой воды». Указывается также на важность учёта изменения анизотропии давления при переходе через головной ударный фронт и через границу магнитного облака, оказывающего влияние на возникновение плазменной неустойчивости, связанной с экспериментально наблюдаемыми плазменными волнами.

Работа выполнялась по программе ОФН РАН № 16.

К описанию крупномасштабного полярного магнитного потока Солнца

С.А. Гусева, Ю.А. Наговицын

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: nag@gao.spb.ru*

В работе представлен длительный ряд так называемого «П-индекса» структуры солнечной короны. Этот индекс, характеризующий развитость корональных полярных лучевых систем, кажется физически значимым ввиду непосредственной связи с крупномасштабным полярным магнитным потоком Солнца. При построении ряда использованы следующие данные:

а) фотографии и зарисовки солнечной короны во время полных солнечных затмений (78 затмений);

б) данные H-альфа карт по дрейфу полярного пояса волокон перед переполюсовкой полярного магнитного поля;

в) ежедневные изображения солнечной короны, полученные на SOHO (EIT).

Путем синтеза этих данных создан ряд среднегодовых значений П-индекса в северном и южном полушарии Солнца в 1858–2006 гг. Обсуждены вопросы, связанные с надежностью нового ряда.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 05-02-16229, 05-07-90107, 07-02-00379) и программы Президиума РАН № 16.

**Результаты наблюдения полного солнечного затмения
29.03.2006 г. в корональной линии $\lambda 6374\text{\AA}$
на Кисловодской горной станции**

С.А. Гусева, Ким Гун-Дер, А.Г. Тлатов

*Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск,
E-mail: svqual@yandex.ru, E-mail: solar@megalog.ru*

В данной работе проводится исследование физических процессов в короне Солнца по снимкам эмиссионной корональной линии $6374\text{\AA}(\text{FeX})$. Изображения корональной линии были получены вблизи точки второго контакта во время полной фазы на малом коронографе Горной астрономической станции ГАО РАН. Были построены профили корональной линии $6374\text{\AA}$ до высот $\sim 250''$ от лимба Солнца. Значение полуширины линии лежит в пределах $(0.71\text{--}1.24)\text{\AA}$. Исследование профилей корональной линии $\lambda 6374\text{\AA}$ показало, что до высоты $\sim 130''$ не наблюдается однозначной зависимости их полуширины от высоты. При высотах больше $135''$ полуширина линии увеличивается. Была определена кинетическая температура, среднее значение которой составляет $2.4 \cdot 10^6\text{ K}$. Вычисление турбулентных скоростей проводилось при электронной температуре 10^6 K . Их среднее значение $\sim 18.8\text{ км/сек}$. Полученные значения для лучевых скоростей достигают величины 13.8 км/сек . Были получены зависимости интенсивности, кинетической температуры, турбулентных и лучевых скоростей с высотой.

**Исследование корональной линии 5303Å на разной
высоте от лимба на ветви спада солнечной активности**

С.А. Гусева, А.Д. Шрамко

*Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия,
E-mail: svdual@yandex.ru, E-mail: a_shramko@inbox.ru*

В данной работе исследуется эмиссионная корональная линия 5303Å(FeXIV) на разной высоте от лимба Солнца. Для этого была проведена обработка снимков зеленой корональной линии за период 2005 г., полученные на внеатмосферном коронографе Горной астрономической станции ГАО РАН. Построены зависимости изменения параметров корональной линии от высоты и позиционного угла на лимбе Солнца.

**Поиск связей между полярными факелами и
геомагнитной активностью**

В.В. Давыдов¹, В.В. Макарова²

*¹Кисловодская горноастрономическая станция, ГАО РАН,
E-mail: davale@rambler.ru*

*²Кисловодская горноастрономическая станция, ГАО РАН,
E-mail: mahatt@rambler.ru*

Рассматриваются вопросы, связанные с поиском возможных корреляций между рядом полярных факелов, полученным на Кисловодской горноастрономической станции с 1961 года по 2005 год, и индексами геомагнитной активности. Проводится анализ фрактальных характеристик ряда полярных факелов.

**Межправительственный доклад 2007 г. группы
экспертов по изменению климата и естественное
изменение климата**

В.А. Дергачев

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе РАН

Межправительственная группа экспертов по изменению климата под эгидой ООН (IPCC) представила 2 февраля 2007 года в Париже 900-страничный доклад, в котором отмечает, что изменения климатической системы стали очевидным фактом. Как констатируется в докладе, глобальное потепление возникло из-за роста концентрации в атмосфере парниковых газов, которые на 90% ответственны за наблюдаемые климатические изменения. Таким образом, на долю других возможных факторов изменения климата остается около 10%. И хотя известно, что главным источником энергии на Земле является Солнце (солнечная энергия составляет более 99% полного потока энергии в земном окружении), авторитетнейшие представители IPCC более не испытывают сомнений в том, что человек и только человек вызвал наблюдаемое потепление климата. Более того, не настораживает группу экспертов и установленные факты существенной солнечной изменчивости на протяжении многих столетий, а также крупномасштабные изменения климата в прошлом. По сути дела, выводы комиссии IPCC по изменению климата — это уход от научного решения этой сложной проблемы. Конечно, инструментальные данные по измерению солнечного излучения слишком коротки (менее 30 лет), а величина изменения излучения в известном 11-летнем солнечном цикле также мала (менее 1%), чтобы однозначно ответить на возможную связь Солнце-климат. Но установление факта изменения солнечного излучения в фазе с изменением числа солнечных пятен позволяет с достаточной долей уверенности реконструировать изменения солнечного излучения в глубокие минимумы солнечной активности (например, минимум Маундера или Шперера) и, таким образом, доказать или опровергнуть влияние Солнца на земной климат. Действительно, если изменения климата, вызванные Солнцем, в прошлом были большими и быстрыми, это сделает более трудным выделить антропогенный эффект даже из наиболее точных инструментальных данных наблюдений последнего столетия. Фактически, только поняв естественные причины изменения климата, можно оценить как антропогенный вклад, так и предсказать будущее изменение климата.

В работе показано, что при учете долговременных изменений солнечной активности, в частности ~210-летнего цикла, удастся связать картину изменения климата с изменением солнечного излучения или изменением чисел солнечных пятен. Воздействие космических лучей на климат может быть усилителем этой связи.

**Солнечная активность, геомагнитные экскурсы,
джерки и климатический отклик**

**В.А. Дергачев¹, О.М. Распопов², Е.Г. Гуськова²,
Г.И. Зайцева³, Х. Юнгнер⁴**

¹ *Физико-Технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

² *Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

³ *Институт истории материальной культуры РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

⁴ *Хельсинкский университет, Финляндия.*

В ряде работ установлена связь между изменениями геомагнитного поля и палеоклимата. Особый интерес представляют события резких изменений геомагнитного поля, в частности экскурсов. Напряженность поля на протяжении экскурса в несколько раз ниже, чем до и после экскурса. В течение геомагнитных экскурсов прослеживаются потепления и похолодания, иссушения и увлажнения климата. Установлено, что начало и завершение изученных геомагнитных экскурсов приурочены к периодам смены климата, к похолоданиям. Нами показана связь изменения климата (похолодания) с миграцией скифской цивилизации во время резкого изменения направления геомагнитного поля, наблюдавшегося в окрестности ~800 гг. до н.э. во время перехода от «бронзового века» к «железному веку» (геомагнитный экскурс «Этруссия-Стерно»). Поскольку этот глобальный экскурс имел место на фазе низкой солнечной активности, это, по-видимому, способствовало усилению проникновения потока космических лучей в глубь земной атмосферы, что могло приводить к увеличению облачности, изменению глобальной атмосферной циркуляции и обильному выпадению дождей, затоплению долин и, как результат, к миграции кочевников из горных долин Саян и Алтая в этот период. По археомагнитным наиболее детальным данным получены картины локальных изменений не только о напряженности поля, но и данные об угловых элементах поля.

Наиболее точные инструментальные наблюдения поля охватывают около половины тысячелетия, начиная с навигационных измерений склонения. Эти измерения позволяют изучать структуру вековых вариаций поля в диапазоне времен от нескольких лет до сотен лет. При этом выделены резкие кратковременные изменения поля по времени (джерки). Подобные джерки были выделены в ряде археомагнитных данных высокого разрешения в ряде регионов: Скандинавия, Болгария, Франция, Иран, Сирия на отдельных временных интервалах в течение всего голоцена. Исследова-

ния показывают, что ряд выделенных джерков совпадает с резкими ухудшениями окружающей среды и с катастрофическими последствиями для древних цивилизаций, обитавших в соответствующих регионах.

Тепловая неустойчивость в солнечной короне

Н.С. Джалилов¹, Б.В. Сомов², Ю. Штауде³

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Троицк Московской области,
E-mail: natig@mail.ru*

²*Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, E-mail: somov@sai.msu.ru*

³*Институт астрофизики, Потсдам, Германия,
E-mail: JStade@aip.de*

Задача о неустойчивости малых возмущений магнитогидродинамического типа в оптически тонкой идеально проводящей однородной плазме с космическим обилием элементов решена в линейном приближении. Учтены электронная теплопроводность вдоль магнитного поля и протонная теплопроводность поперек поля. Впервые показано, что энтропийные волны могут экспоненциально нарастать, а магнитозвуковые волны затухают в широком диапазоне физических условий, максимально приближенных к условиям в коронах звезд, с соответствующим учетом лучистых потерь. Особенно быстро затухают медленные магнитозвуковые волны. Для солнечной короны вычисленный коэффициент затухания медленных волн хорошо согласуется с усредненным коэффициентом затухания в 11 квазипериодических событиях, наблюдавшихся со спутника TRACE в жестком ультрафиолетовом излучении.

Используя современные расчеты мощности лучистого охлаждения оптически тонкой плазмы с космическим обилием элементов, мы решили линейную МГД-задачу об устойчивости малых возмущений идеально проводящей среды при наличии однородного магнитного поля. Вопреки установившимся представлениям мы показали, что существуют большие области температуры, в которых энтропийные волны экспоненциально нарастают. Характерное время нарастания изменяется в широких пределах: от долей секунды до десятков минут в зависимости от условий возбуждения неустойчивости. Имеются два “главных минимума” характерного времени, т.е. две области сильной неустойчивости, при температурах $T_1 \approx 2 \times 10^4 K$ и $T_2 \approx 3 \times 10^5 K$. Механизм неустойчивости прост. В областях быстрого уменьшения функции лучистых потерь с температурой малое уменьшение температуры приводит к большому увеличению мощности потерь

энергии на излучение. И, наоборот, малое увеличение температуры сопровождается уменьшением мощности лучистого охлаждения плазмы. В результате малые возмущения быстро нарастают. Очевидно, неустойчивость энтропийных волн может иметь место, вообще говоря, в любой сжимаемой оптически тонкой среде, лучистое охлаждение которой зависит от температуры в виде одного или нескольких достаточно острых максимумов. В космической и лабораторной плазме такие максимумы создаются за счет излучения малой примеси тяжелых ионов. Однако, в отличие от космической, в лабораторной плазме приближение идеальной проводимости неприменимо. Доминирующим механизмом нагрева становится джоулев нагрев. В дисперсионное уравнение входит производная по температуре не только от интенсивности объемного излучения, но и от проводимости плазмы, что приводит к неустойчивостям и сложной динамике плазмы, например, в излучающих Z-пинчах.

Для теории нагрева короны Солнца и корон других звезд принципиально важен тот факт, что условие неустойчивости энтропийных волн почти не зависит от напряженности и конфигурации магнитного поля. Это означает, что среди различных физических процессов, участвующих в нагреве короны, нарастание энтропийных волн может проявляться везде, т.е. по всей сферической оболочке звезды. Вместо ожидаемой раскачки магнитозвуковых волн тепловой неустойчивостью (по аналогии с обычными звуковыми волнами) наши расчеты продемонстрировали, что в широком диапазоне физических условий, соответствующих короне Солнца и других звезд, магнитозвуковые волны устойчивы ввиду стабилизации тепловой неустойчивости достаточно сильным магнитным полем. Однако они затухают из-за потерь энергии на излучение, причем медленные волны затухают намного быстрее, чем быстрые волны. Для солнечной короны коэффициент затухания медленных волн хорошо согласуется с наблюдаемым затуханием низкочастотных квазипериодических колебаний корональных магнитных петель.

**Долгопериодические колебательные процессы в
активных областях Солнца по данным
радиогелиографа Нобеяма**

Л.Н. Джимбеева¹, Ю.А. Наговицын², А.А. Соловьев²

¹*Калмыцкий государственный университет*

²*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: nag@gao.spb.ru*

Ряд исследований последних 20-30 лет убедительно показали, что пятенную гелиосейсмологию можно разделить на два направления:

– сейсмологию солнечных пятен на основе изучения наблюдающихся в них 3–5 минутных магнитозвуковых — модифицированных гравитацией — короткопериодических колебаний.

– сейсмологию солнечных пятен на основе долгопериодических (от 20–30 минут до нескольких суток) собственных колебаний этих объектов, как четко локализованных, обособленных образований.

Если первый вид колебаний достаточно хорошо изучен как с практической, так и с теоретической точек зрения, то второй, несмотря на уже большое число работ, посвященных этому вопросу, все еще требует дальнейшего развития. В данной работе исследуются свойства квазипериодических колебаний (КПК) солнечных пятен по наблюдениям в микроволновом диапазоне по данным радиогелиографа Нобеяма.

Впервые колебания активной области в радиодиапазоне были рассмотрены в работах Кобрин [1], но в дальнейшем им, в основном, изучались локальные 3-минутные и 5-минутные колебания характеристик активных областей. В работах [2, 3] Гельфрейх и др. вслед за циклом работ по наблюдениям долгопериодических колебаний пятен в оптическом диапазоне (см., например, [4]) провели исследование КПК по радиокартам Солнца. Полученные периоды составили от нескольких минут до нескольких часов, что соответствовало предыдущим исследованиям.

В данной работе приведены результаты изучения КПК по данным радиогелиографа Нобеяма, полученным на волне 1.76 см с пространственным разрешением порядка 10".

В данной работе нами исследовались изменения интенсивностей радиоисточников над пятнами, изменения площадей радиопятен, площадей поверхностей образований (интегральные потоки излучения в центральной части области и всей области).

На основе вейвлет-подхода подтверждено, подтверждено, что кроме известных 3–5 минутных колебаний, в надпятенных областях избранных пятен наблюдаются квазипериодические колебания с типичными периодами: 25–45, 50–80 и 100-200 минут.

Интерпретация наблюдательной картины, проводится в рамках модели «мелкого пятна» [5], которая развивается пулковскими астрономами с начала 80-х годов и на основе которой долгопериодические собственные колебания солнечных пятен были теоретически предсказаны задолго до появления надежных наблюдательных данных об этом классе явлений.

- [1] Kobrin M.M., Korshunov A.I. // Solar Physics, v. 25, pp. 339-342, 1972.
- [2] Gelfreikh G.B., Shibasaki K., Nagovitsyna E.Yu., Nagovitsyn Yu.A. // Proceedings of IAU Symposium № 223. Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity. St. Peterburg, p. 29-35, 2004.
- [3] Gelfreikh G.B., Nagovitsyna E.Yu., Nagovitsyn Yu.A. // Publ. Astron. Soc. Japan, v. 58, No 1, p. 29-35, 2006.
- [4] Наговицын Ю.А. Квазипериодические проявления солнечной активности на различных временных шкалах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук (ГАО РАН, Санкт-Петербург, 2006).
- [5] Соловьев А.А., Киричек Е.А. // Труды X Пулковской международной конференции по физике Солнца. С.-Петербург, с. 49-72, 2006.

Наблюдения активной области NOAA 10656 в линии CaII 8498 Å

М.И. Дивлекеев

МГУ, ГАИШ, Москва, E-mail: div@sai.msu.ru

Активная область (АО) NOAA 10656 проходила по диску Солнца с 06 по 19 августа 2004 г. За это время в ней произошли по данным аппаратов GOES более 156 рентгеновских вспышек. В линии CaII 8498 Å выполнены спектрометрические наблюдения АО 10656 с помощью ПЗС-линейки 08, 09, 10, 11, 13, 16 и 17 августа, в основном, в жгуте магнитных силовых линий с током и спокойных флоккулах. Наблюдались 18 событий с увеличенной интенсивностью излучения в центре линии кальция, часть этих событий совпадает со вспышками в мягком рентгене. Приводятся графики изменения излучения в центре линии CaII 8498 Å со временем, которые сопоставлены с рентгеновскими данными GOES. Рассматриваются профили линий CaII 8498 Å в спокойном флоккуле до и после вспышек. Предполагается нагрев флоккула частицами, распространяющимися вдоль корональных петель, соединяющих концы токового жгута с флоккульными площадками.

Солнечная активность в рентгеновском диапазоне длин волн на протяжении 22-го и 23-го солнечных циклов

П.Б. Дмитриев

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: Paul.D@mail.ioffe.ru*

По данным измерений солнечного потока мягкого рентгеновского излучения в диапазоне длин волн 1–8 Å спутниками серии GOES (<http://spidr.ngdc.noaa.gov>) синтезирован единый ряд почасовых данных рентгеновского излучения Солнца на протяжении двух последних одиннадцатилетних солнечных циклов: с 1986 по 2007 год. Путём усреднения данных этого ряда по четырёхчасовым интервалам из него были выделены вспыхивающая и «фоновая» составляющие солнечной активности с временным разрешением один день.

При помощи модифицированного варианта спектрального анализа обе эти составляющие были исследованы на предмет наличия квазипериодических осцилляций на различных стадиях 22-го и 23-го циклов солнечной активности. Часть значений выявленных квазипериодов может быть объяснена как синодическим, так и сидерическим вращением Солнца в целом, а остальные отражают средние времена существования различных солнечных активных образований, а именно: средние времена «жизни» групп солнечных пятен, факельных площадок, активных корональных петель.

Исследована взаимосвязь вспыхивающей и «фоновой» составляющих рентгеновского потока солнечного излучения с другими характеристиками солнечной активности: числом Вольфа, потоком радиоизлучения на волне 10.7 см и вспыхивающим индексом Клекека.

Динамика энергетического спектра рентгеновского излучения солнечной вспышки 29 октября 2002 года

*П.Б. Дмитриев¹, И.В. Кудрявцев^{1,2}, В.П. Лазутков¹,
Г.А. Матвеев¹, М.И. Савченко¹, Д.В. Скородумов¹*

¹*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: Mikhail.Savchenko@mail.ioffe.ru*

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

Рассматривается временная структура и эволюция энергетического спектра рентгеновского излучения солнечной вспышки 29 октября 2002 года

(2148:49 UT) рентгеновского класса C1.8. Вспышка была зарегистрирована спектрометром «ИРИС», установленным на борту космической станции «КОРОНАС-Ф».

Проведенный спектральный анализ позволил определить, что во время вспышки появляется квазипериодическая осцилляция величиной порядка десяти секунд, которая может быть объяснена МГД колебаниями, возбужденными во вспышечной петле с физическими параметрами, характерными для корональной вспышечной плазмы.

Показано, что на стадии роста интенсивности жёсткого рентгеновского излучения вспышки формируется энергетический спектр, который четко разделяется на две части: низко- и высоко-энергетическую. Это разделение спектра на две части сохраняется в течение всей вспышки. На фазе роста излучения граница между этими частями смещается из области энергии ≈ 80 кэВ в область меньших энергий и на фазе максимума составляет ≈ 45 кэВ. Ускорение быстрых электронов происходит как на стадии роста, так и на стадии спада интенсивности излучения.

22-летняя и 11-летняя вариации анизотропии колебаний ММП

Д.В. Ерофеев

*Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН,
E-mail: erofeev@utl.ru*

Исследована анизотропия колебаний ММП с периодами от 2 ч до 4 сут, по данным каталога OMNI-2 за 1964-2005 гг. Интервал периодов колебаний разбит на четыре диапазона, измерения магнитного поля вблизи секторных границ ММП из анализа исключены, а колебания в положительном и отрицательном секторах ММП рассмотрены по отдельности. Для анализа применен хорошо известный метод расчета главных осей ковариационной матрицы ММП; анализ проделан с временным разрешением в 3 года. При интерпретации результатов учитывалось поведение кросскорреляции между колебаниями векторов ММП и скорости солнечного ветра.

Анизотропия наиболее высокочастотных из рассмотренных колебаний ММП (периоды 2-5 ч), судя по ряду признаков, обусловлена присутствием поперечных альвеновских волн, волновой вектор k которых направлен под значительным углом ($30-40^\circ$) к среднему магнитному полю B_0 . Направление минимальной дисперсии колебаний ММП, совпадающее с направлением k , в среднем за большой интервал времени близко к радиальному, но претерпевает 22-летнюю вариацию, происходящую в меридиональной

плоскости гелиосферы и имеющую экстремумы в периоды минимумов активности. При этом 22-летние вариации направления k в положительном и отрицательном секторах ММП противофазны.

22-летняя вариация направления минимальной дисперсии имеет место и у низкочастотных колебаний ММП с периодами до 4 сут, однако свойства этих колебаний в целом уже не соответствуют поведению ансамбля поперечных альвеновских волн. В диапазоне периодов около 1 сут альвеновская мода еще остается преобладающей при низкой солнечной активности, что приводит к 11-летней модуляции направлений максимальной и промежуточной дисперсии колебаний ММП.

Возмущенная зона, возбуждаемая корональным выбросом массы

М.В. Еселевич, В.Г. Еселевич

*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
E-mail: mesel@iszf.irk.ru*

К настоящему времени установлено, что структура корональных выбросов массы (СМЕ) при наблюдении в белом свете характеризуется следующими особенностями: яркой передней фронтальной структурой (FS), охватывающей область плазмы пониженной плотности (cavity), которая включает в себя яркую внутреннюю часть (core). Цель настоящей работы — обнаружение и исследование области плазмы непосредственно перед FS СМЕ, названной возмущенной зоной.

Исходными данными при анализе служили изображения короны Солнца в белом свете, полученные на коронографах LASCO C2 и C3 космического аппарата SOHO (<http://lasco-www.nrl.navy.mil>).

Исследовались два СМЕ: **СМЕ1** — 7 мая 1997 г., **СМЕ2** — 2 июня 1998 г. Исследования **СМЕ1**, скорость фронтальной структуры FS которого на $R \approx 3.5\text{--}4.0R_{\odot}$ составляет $V \approx 65$ км/с, показали, что перед FS СМЕ существует возмущенная зона, с характерным масштабом до нескольких радиусов Солнца $R_{\odot}$ и не имеющая резкой передней границы. Возможная причина образования возмущенной зоны состоит в том, что скорость движения СМЕ относительно не возмущенного солнечного ветра $V \approx 15\text{--}25$ км/с много меньше невозмущенной локальной альвеновской скорости V_A . Поэтому любые возмущения, вызванные СМЕ, опережают его, формируя эту зону.

Перед **СМЕ2**, также, как **СМЕ1**, формируется возмущенная зона размером в несколько $R_{\odot}$. На участке $R \approx 3\text{--}4R_{\odot}$ скорость FS СМЕ составляет $V \approx 400$ км/с, $V \approx 350$ км/с $< V_A \approx 500\text{--}600$ км/с. Однако, если для

СМЕ1 такая картина сохраняется и на больших расстояниях вплоть до $30R_{\odot}$, то для СМЕ2 она кардинально меняется уже на $R \approx 7-8R_{\odot}$. Впереди возмущенной зоны возникает разрыв в распределении избыточной массы с расстоянием на масштабе $\delta_F \approx 0.5-1.0R_{\odot}$, а сама возмущенная зона становится областью сжатой плазмы между разрывом и FS СМЕ. Скорость разрыва $\approx 800 \text{ км/с} > V$, т.е. он «убегает» от FS СМЕ. Разрыв при движении от Солнца устойчиво существует. Его ширина δ_F постепенно возрастает, но заметные изменения δ_F происходят на длине пути $\Delta R \gg \delta_F$.

Ударная волна, возбуждаемая корональным выбросом массы, по данным SOHO/LASCO

М.В. Еселевич, В.Г. Еселевич

*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
E-mail: esel@iszf.irk.ru*

Результаты многих экспериментов свидетельствуют в пользу того, что СМЕ с достаточно большими скоростями возбуждают впереди себя в короне поршневые ударные волны [1], а мощные вспышки могут быть причиной взрывных ударных волн [2]. Однако, до сих пор не удавалось отождествить сам фронт ударной волны на изображениях короны в белом свете, которые отражают распределение плотности в короне. Целью данной работы является регистрация фронта ударной волны, возбуждаемой СМЕ, и изучение его особенностей.

Исходными данными при анализе служили изображения короны Солнца в белом свете, полученные на коронографах LASCO C2 и C3 космического аппарата SOHO (<http://lasco-www.nrl.navy.mil>).

Были исследованы пять СМЕ, скорость которых превышала 900 км/с . Для них были обнаружены следующие основные закономерности в распределении избыточной массы с расстоянием $\rho(R)$. На расстояниях $R > 3-4R_{\odot}$ впереди фронтальной структуры FS, которая ограничивает полость СМЕ, движется область сжатой плазмы, передняя часть которой является разрывом в распределении $\rho(R)$ на масштабе δ_F . Например, для СМЕ 4 ноября 2003 г. на участке $R \approx 3-7R_{\odot}$ скорость разрыва $V_S \approx 2500 \text{ км/с}$, а скорость фронтальной структуры FS, ограничивающей полость СМЕ, $V_{FS} \approx 1700 \text{ км/с}$, то есть разрыв «убегает» от FS. Вследствие этого размер области сжатой плазмы при движении от Солнца возрастает от $R_1 \approx 1.8R_{\odot}$, когда разрыв находится на $R \approx 5.7R_{\odot}$, до $R_2 \approx 4.6R_{\odot}$, когда разрыв достигает $R \approx 13.5R_{\odot}$.

Во всех пяти случаях разрыв при движении от Солнца устойчиво существует. Его ширина δ_F постепенно возрастает при удалении от Солнца. Заметные изменения δ_F происходят на длине пути $\Delta R \gg \delta_F$. Величина $\delta_F \approx \lambda_{pp}$ (λ_{pp} — длина свободного пробега по отношению к протон-протонным соударениям). Проведенный анализ свидетельствует в пользу того, что наблюдаемый разрыв является столкновительной ударной волной.

- [1] Mancuso S. et al. // *Astronomy & Astrophysics*, 2002, v.383, p.267.
- [2] Maxwell A. and Dryer M. // *Nature*, 1982, v.300, p.237.

Сравнение эффективности двух методов краткосрочного прогноза скорости квазистационарного солнечного ветра на орбите Земли

*В.Г. Еселевич, В.Г. Файнштейн, Г.В. Руденко,
М.В. Еселевич, Л.К. Кашанова*

*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
E-mail: esel@iszf.irk.ru*

Современные методы краткосрочного прогноза геомагнитных возмущений обычно включают в себя в качестве первого этапа прогноз параметров квазистационарного СВ на орбите Земли и, прежде всего, его скорости. В настоящее время развивается несколько альтернативных подходов такого прогноза. Довольно «продвинутыми» являются два метода, которые уже в течение нескольких лет используются для реального прогноза скорости СВ, результаты которого выставляются в Интернете на сайтах <http://solar.sec.noaa.gov/ws/> и <http://vkpf.iszf.irk.ru/>. Это метод Wang-Sheeley-Arge (WSA) [1] и метод Еселевича-Файнштейна-Руденко (ЕФР) [2]. В настоящей работе для периода 2005 г. проведено сравнение эффективности этих методов прогноза. Показано, что качество прогноза скорости СВ обоими методами в целом приблизительно одинаковое. Коэффициент корреляции между предсказанными и измеренными с часовым усреднением значениями скорости, рассчитанный для отдельных кэррингтоновских оборотов (КО), для обоих методов варьируется в широком диапазоне ≤ 0.5

и с похожими тенденциями изменения со временем. Приблизительно одинаковыми (≈ 0.5) оказались коэффициенты корреляции между измеренными и предсказанными максимальными скоростями быстрых квазистационарных потоков СВ. Среднеквадратичный разброс разности измеренных и предсказанных моментов пересечения Землей участков быстрых потоков СВ с максимальной скоростью, в обоих случаях составил ≈ 24 часа. Тем не менее, сделан вывод, что метод ЕФР имеет определенные преимущества по сравнению с методом WSA. Эти преимущества обсуждаются в работе.

- [1] Arge C. N., Pizzo V.J. // J.G.R. 2003, v. 105, p. 10,465.
- [2] Файнштейн В.Г., Еселевич В.Г., Руденко Г.В. // Солнечно-земная физика, 2004, Вып.6, с.130.

Высотная зависимость мощности коротко- и долгопериодических колебаний в солнечном пятне и его окрестностях

В.И. Ефремов, Л.Д. Парфиненко, А.А. Соловьев

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
С.-Петербург, Россия*

Представлены результаты обработки 256-минутных серий наблюдений квазипериодических колебаний поля лучевых скоростей в 3-х солнечных пятнах. Одновременно определялись доплеровские смещения для 6 спектральных линий, образующихся на разных высотах атмосферы Солнца. Показано, что в пятне и в магнитных элементах, расположенных в непосредственной близости от пятна, имеются две далеко разнесенных по спектру полосы, в которых отчетливо проявлены колебательные процессы. Это — полоса хорошо известных 3-5 минутных колебаний и отделенная от нее практически пустым интервалом полоса низкочастотных колебаний с периодами около 60-80 минут. В отличие от короткопериодических 3-5 минутных мод, амплитуда долгопериодической моды колебаний лучевой скорости в солнечном пятне быстро убывает с высотой: будучи отчетливо выраженной, на уровне 200 км, она практически исчезает уже на высоте 500 км. Это говорит о разной физической природе короткопериодических и долгопериодических колебаний солнечного пятна. В то же время в околосолнечном пространстве, в «островах» возбуждения колебаний, т.е. в магнитных элементах припятной области указанное различие выражено менее отчетливо.

Полученные результаты подтверждают выводы теоретической модели собственных долгопериодических колебаний (вертикально-радиальных смещений) магнитного элемента (пятна, поры, магнитного узелка) как целого около некоторого положения устойчивого равновесия.

Горячие рентгеновские петли в солнечной короне

В.В. Зайцев, А.А. Круглов

*Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород,
E-mail: za130@appl.sci-nnov.ru*

Рассмотрен нагрев плазмы в магнитных петлях, сформированных сходящимися потоками фотосферной плазмы в узлах нескольких ячеек супергрануляции или на границах соседних супергранул. В таких петлях генерируются значительные электрические токи, диссипация которых рассматривается как основной источник нагрева. При этом основным каналом диссипации является проводимость Каулинга, связанная с ионно-атомными столкновениями в замагниченной плазме и обусловленная наличием в плазме небольшого (порядка 10^{-5} по массе) количества нейтралов. Нагрев имеет пороговый характер, связанный с радиационными потерями, и возникает при скорости конвекции, превышающей приблизительно 200 м с^{-1} . Источник нагрева сосредоточен в основаниях петли в интервале высот порядка 500 км . Здесь происходит нагрев плазмы до температур $5\text{-}10 \text{ МК}$, в результате чего часть хромосферной плазмы перераспределяется в корональную часть петли и последняя становится более плотной по сравнению с окружающей короной. В корональной части петли нагрев за счет джоулевой диссипации незначителен и температура изменяется от оснований к вершине петли в соответствии с балансом между электронной теплопроводностью и потерями на излучение. Более высокое давление плазмы внутри петли по сравнению с окружающей короной поддерживается за счет электрического тока, текущего вдоль петли, что дает возможность диагностировать токи по наблюдаемым параметрам горячих рентгеновских петель. Полученные результаты рассматриваются в свете современных данных о горячих рентгеновских петлях на Солнце и звездах поздних спектральных классов.

Динамика резких границ средне- и мелкомасштабных структур солнечного ветра

Г.Н. Застенкер¹, М.О. Рязанцева^{1,2}, П.А. Далин^{1,3},
И.М. Алешин⁴

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²НИИЯФ МГУ им. Скобелева, Москва, Россия

³Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Sweden

⁴Институт физики Земли РАН, Москва, Россия

Исследование изменчивости резких границ структур разных масштабов в солнечном ветре проводилось путем наблюдения таких границ на нескольких космических аппаратах, что позволяет надежно их идентифицировать и судить об их изменчивости. Это важно как для выявления механизмов, действующих в межпланетной среде, так и для проблемы космической погоды, в которой резкие границы структур солнечного ветра играют существенную роль.

Эти резкие границы отличаются от межпланетных ударных волн тем, что они не движутся относительно окружающего солнечного ветра и представляют собой, главным образом, скачки его плотности. Для объяснения таких явлений была выдвинута гипотеза об образовании электростатического барьера, удерживающего разность давлений плазмы.

Динамика среднемасштабных структур солнечного ветра рассмотрена на примере наблюдения резкой границы импульса плотности по данным космических аппаратов Helios 1, Helios 2 и IMP 8, находившихся на линии Солнце-Земля. Эта граница сохраняла свою форму и длительность при движении солнечного ветра между двумя аппаратами Helios на расстоянии 0.12 а.е. и от аппарата Helios 2 к аппарату IMP 8 на расстоянии 0.48 а.е.

Динамика резких (длительностью в десятки секунд и менее) границ мелкомасштабных структур солнечного ветра изучалась на большой статистике по данным измерений на космических аппаратах Интербол - 1, WIND и Geotail. При этом впервые были обнаружены как события, в которых очень резкий (длительностью в несколько секунд) скачок плотности солнечного ветра сохранял свою амплитуду и форму при движении на расстояние до миллиона км, так и события, в которых на этом пути происходило укручение (уменьшение длительности) резких скачков.

Зебра-структура в быстродрейфующих всплесках солнечного радиоизлучения

Е.Я. Злотник¹, В.В. Зайцев¹, Г. Аурасс²

¹*Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород,
E-mail: zlot@sci-nnov.ru*

²*Astrophysical Institute Potsdam, Germany*

Приведены примеры динамических спектров быстродрейфующих всплесков, напоминающих всплески III типа, содержащих гармоническую структуру в виде эквидистантных полос повышенного излучения и поглощения, которые были записаны радиогелиографом обсерватории Тремсдорф (Потсдам, Германия) на фоне континуума IV типа. Анализируются возможные причины происхождения указанной зебра-структуры во всплесках, генерируемых субсветовыми потоками электронов в солнечной короне.

Что случилось в 4-м цикле?

Н.В. Золотова, Д.И. Понявин

*Институт Физики, Санкт-Петербургский Государственный
Университет, Санкт-Петербург, E-mail: ned@geo.phys.spbu.ru,
ponyavin@geo.phys.spbu.ru*

В работе рассмотрен аномальный четвертый цикл солнечной активности. Предложен сценарий эволюции солнечной активности в течение 1784—1799 гг., как результат исключительной фазовой асинхронизации и асимметрии между северным и южным полушариями Солнца. Определены основные особенности пятнообразовательной деятельности в северном и южном полушариях в данный период времени. Проведена аналогия с фазовой асинхронизацией в 20-м цикле солнечной активности.

О «классических» и «мигрирующих» активных долготах

Е.В. Иванов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова, г. Троицк Московской обл.,
E-mail: eivanov@izmiran.ru*

Исследовано поведение активных долгот отдельно в северной и южной полусферах по данным о площадях солнечных пятен Гринвичской обсерватории за 1879-2005 г.г. (циклы 12-23) в системах координат, соответствующих различным периодам вращения в диапазоне периодов 26-29 дней. В частности выделены и исследованы «классические» активные долготы, жестко вращающиеся в кэррингтоновской системе координат с периодом $T=27.2753$ дней, и активные долготы, вращающиеся с периодом 27 дней, «мигрирующие» в кэррингтоновской системе координат. Приводится возможное объяснение сосуществования активных долгот, жестко вращающихся и мигрирующих в кэррингтоновской системе координат.

Некоторые результаты анализа каталога солнечных пятен из Пулковской базы данных по солнечной активности

***В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий, Ю.А. Наговицын,
Д.М. Волобуев***

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

В докладе описывается текущее состояние, перспективы развития и варианты использования информационного ресурса «Интерактивная база данных по солнечной активности в системе Пулковского “Каталога солнечной деятельности”» (<http://www.gao.spb.ru/database/csa/>).

В настоящий момент в базу полностью введены данные из печатных выпусков издававшихся ГАО РАН “Каталогов солнечной деятельности” (КСД) за 1932–1979 годах. В текущем году предполагается включить в базу неопубликованные материалы о солнечной активности в 80-е годы.

Проведено сравнение данных по группам солнечных пятен, содержащихся в КСД, с соответствующими данными из Гринвичского каталога. Первый, в отличие от второго, содержит такие характеристики групп пятен, как число пятен в них и площадь максимального пятна, что позволяет провести некоторые дополнительные статистические исследования

на довольно представительном материале. Так, мы показываем, что среднее количество пятен в группе связано с уровнем солнечной активности и предлагаем формулу, описывающую эту связь. Мы также исследуем зависимость между площадью группы и количеством пятен в ней, которая оказывается приблизительно линейной для большинства групп, за исключением малонаселённых (состоящих из одного или двух пятен).

Проект поддержан грантом РФФИ № 05-07-90107.

Мелкомасштабная стохастическая структура магнитного поля Солнца

Б.А. Иошпа, В.Н. Обридж, В.Е. Чертопруд

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им.Н.В.Пушкова РАН, Троицк, E-mail: ioshpa@izmiran.ru*

В рамках двумерной модели фрактального броуновского процесса (средний квадрат разности значений поля в двух точках на расстоянии D пропорционален D^{2H}) анализируются мелкомасштабные ($\sim 10''$) стохастические свойства магнитного поля Солнца B . Используя оцифрованные солнечные магнитограммы с $2''$ разрешением, определены стандартное отклонение s магнитного поля и показатели степени H при различных уровнях $|B|$. Установлено, что переход от фонового магнитного поля к полям активной области происходит вблизи 25-50 Гс. Получена зависимость показателя H от амплитуды магнитного поля. Обнаружено, что показатель степени H для фонового магнитного поля значительно меньше, чем для полей активной области. Обсуждается связь полученных результатов с некоторыми фундаментальными свойствами плазмы в магнитном поле.

Характер связи потока протонов СКЛ с параметрами микроволновых всплесков

Е.А. Исаева¹, В.Ф. Мельников²

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

² *Физико-механический институт им. Г.В.Карпенко НАН Украины,
Львов, E-mail: uran3@sh.lt.ukrtel.net*

В работе приводятся результаты исследования связи потоков протонов I_p с энергией $E_p > 25$ МэВ с параметрами микроволновых всплесков (всплесков) для двух независимых выборок событий. В качестве опорной использовалась выборка из 53 событий, полученная на основе наблюдений в 21 цикле солнечной активности и исследованная в работе [1]. Новая выборка состоит из 57 событий, зарегистрированных в 23 цикле. В качестве параметров всплесков использовались: частота спектрального максимума f_m , максимальное значение плотности потока F_m и эффективная длительность T_μ на частоте f_m . Проведенный сравнительный анализ показал, что характер связи потока протонов с параметрами μ -всплесков для опорной и новой выборками качественно похож, но отличается величинами коэффициентов регрессии: для новой выборки они меньше. Установлено, что возможной причиной этих отличий является тот факт, что в исследуемой новой выборке представлены, в основном, мощные и более длительные вспышки, чем в опорной. Для части новой выборки, в которой эффективная длительность всплесков заключена в том же диапазоне, что и в опорной ($T_\mu < 13$ минут), регрессионная зависимость между потоком протонов I_p и параметрами μ -всплесков F_m , T_μ и f_m соответствует тому, что было получено для опорной выборки.

- [1] Мельников В.Ф., Подстригач Т.С., Дайбог Е.И., Столповский В.Г. Характер связи потоков электронов и протонов солнечных космических лучей с параметрами микроволновых всплесков // Космические исследования. – 1991. – Т. 29. – С.95–103.

Колебания лучевых скоростей на разных высотах фотосферы в спокойных и активных областях Солнца

Р.Н. Ихсанов, В.И. Ефремов, Л.Д. Парфиненко

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

Приводятся результаты исследования данных наблюдений о колебании лучевых скоростей в спокойных и активных областях фотосферы, полученные на пулковском телескопе АЦУ-5 в наблюдательные сезоны 2005–2006 гг.

Каждое наблюдение, выполненное в диапазоне длин волн $\lambda 6493\text{Å}$ — $\lambda 6500\text{Å}$, представляет цифровые спектрограммы регистрируемые на временном интервале от одного до четырех часов через 15 и 30 секунд, соответственно. Семь спектральных линий, попадающие в указанный диапазон, позволяют охватить высоты фотосферы от 100 до 500 км. На двумерных картах (Ω –L диаграммах) спектров мощности лучевых скоростей видно, что мощность колебаний сосредоточена в основном в двух частотных полосах: (2.8–4.5) мГц и (0.2–0.7) мГц. В первом, регистрируются 5-минутные колебания в локальных образованиях с размерами $6''$ – $10''$ и временем жизни ~ 25 – 30 минут. По крайней мере, на протяжении 4-х часов они образуют дискретные сгущения, размер каждого из которых как в спокойных, так и в возбужденных областях фотосферы составляет $35''$ – $39''$, т.е. соответствует размерам супергранул. Начиная с уровня 250–300 км, амплитуда лучевых скоростей (V_{rms}) в локальных образованиях слабо возрастает с высотой. В солнечных пятнах мощность 5-минутных колебаний существенно ниже.

Анализ свойств локальных образований во втором диапазоне частот (0.2–0.7) мГц (так называемых долгопериодических колебаний лучевых скоростей) указывает на близкую связь их с 5-минутными колебаниями.

Динамика вращения зелёной короны на разных фазах 11-летнего цикла. II

Р.Н. Ихсанов, В.Г. Иванов

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
С.-Петербург*

На основе сводных рядов Рыбанского и Тлатова о данных по интенсивности зелёной короны, охватывающих период 1939–2001 г.г., проводится исследование вращения Солнца. Дифференциальность вращения зелёной

короны на фазе I, включающей отрезок времени ± 3 года от максимума 11-летнего цикла, существенно выше, чем в остальное время цикла (фаза II). Оба ряда показывают, что дифференциальность вращения в чётных циклах на фазе I выше, чем в нечётных. Выявлена зависимость скорости вращения зелёной короны от высоты 11-летнего солнечного цикла.

Особенности развития вспышечной магнитной конфигурации в группе NOAA 7978 1996 года

Р.Н. Ихсанов, М.В. Кушнир, Ю.В. Марушин

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
С.-Петербург*

На основе фотосферных, хромосферных и корональных данных, включая собственные движения пятен в группе, проведено комплексное исследование сложной группы пятен NOAA 7978. Показано, что вследствие взаимодействия трёх основных магнитных комплексов в группе, приведших к образованию δ -конфигураций типа II-III, возникла вспышечная магнитная конфигурация, вызвавшая вспышку балла X2.6/1B. Обсуждаются возможные причины, приведшие к такой вспышке и последующие послевспышечные явления, в том числе и СМЕ.

Исследование циклической эволюции крупных солнечных корональных дыр. I

Р.Н. Ихсанов, К.С. Тавастшерна

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
Санкт-Петербург*

На основе каталога корональных дыр (КД), составленного Тавастшер-на и Тлатовым по наблюдениям обсерватории Китт Пик в линии HeI 10830 Å за период 1975-2003 гг., проводится исследование их широтной и долготной циклической эволюции. Крупными КД выбраны такие, величина площади которых превышает 5000 мп. Как правило, время их жизни исчисляется в несколько оборотов Солнца. Тем самым они представляют участки солнечной поверхности с наиболее устойчиво открытыми магнитными полями. При исследовании эволюционных свойств КД выделялись три широтные зоны: $\pm(0^\circ-40^\circ)$, $(41^\circ-60^\circ)$ и $(61^\circ-90^\circ)$. Особое внимание уделено наблюдаемой долготной неоднородности в распределении КД в этих широтных зонах в ходе 11-летнего цикла.

Экстремальные вспышечные события последнего «физического» солнечного цикла (циклы 22–23)

В.Н. Ишков

ИЗМИРАН, Троицк, E-mail: ishkov@izmiran.ru

Последний «физический» цикл солнечной активности, объединяющий солнечные циклы 22 и 23, принес много нового в наше понимание солнечных активных событий, особенно экстремальных. Достаточно заметить, что практически все самые мощные события 22 солнечного цикла осуществились в фазе максимума, а в солнечном цикле 23 экстремальные солнечные события осуществлялись на самой поздней стадии фазы минимума. Цикл 22 дал нам пример активной области (июнь 1991 г.), в которой осуществилось больше солнечных экстремальных событий, чем за весь 21 солнечный цикл. Исследование активных областей с экстремальными вспышечными событиями позволило выявить общие характеристики таких областей и условия генерации таких событий. Обращается внимание на необходимость различать собственно солнечных экстремальных событий и экстремальных проявлений возмущений околоземного космического пространства. Последние больше зависят от геометрических факторов (на Солнце и в межпланетном пространстве) возникновения и распространения возмущений от больших вспышечных событий, часто не экстремальных.

Основные свойства достоверных циклов СА и возможность реального восстановления пронумерованного ряда чисел Вольфа

В.Н. Ишков, И.Г. Шибачев

ИЗМИРАН, Троицк, E-mail: ishkov@izmiran.ru, ishib@izmiran.ru

Спектральная оценка столетних интервалов [1749–1849], [1799–1899], [1849–1949], [1899–1999] достоверного (1849–2006 г.) и пронумерованного (1749–2006 г.) рядов чисел Вольфа показала качественную близость основных спектральных гармоник трех последних интервалов. Первый интервал явно отличается положением и значением основной гармоник и её спектральной шириной. За «эталонный» взят достоверный ряд, его свойства положены в основу оценки пронумерованного ряда. Из сравнения рядов вытекает отличительный характер поведения «мгновенных» частот и огибающих на первом интервале годов; увеличение длины ряда ведет

к ухудшению разрешения некоторых значимых спектральных характеристик (обычно наоборот); отсутствие или существенное искажение “высоко-частотной” части спектра. Исходя из характера спектра эталонного ряда сделано разбиение сигнала на несколько спектральных интервалов с временными периодами в годах: P1 $[24 < T]$, P2 $[6.8 < T < 24]$, P3 $[4.26 < T < 6.8]$, P4 $[T < 4.26]$. Сумма рядов P1 и P2 отражает основные временные и амплитудные характеристики циклов. Ряд P3 корректирует ветви роста и спада. Рассмотренные спектральные интервалы несут основную “энергию” и характеризуют временную структуру солнечных циклов. Оценка степени однородности эталонного ряда, т.е. гладкость компоненты P4 вытекает из её свойств. Зависимость «мгновенной» частоты $F[P4]$ от времени выделяет временной период до 1914 года, содержащий ряд значимых всплесков (с временными координатами: 1874 г., 1884.9 г., 1893.6 г., 1904.3 г., 1907.1 г.), указывающих на нарушение гладкости сигнала в соответствующих областях. Самый значимый из них третий совпадает с переходом к системе Вольфера в 1894 г. (введением масштабирующего множителя 0.6). Кроме того имеется ряд достаточно резких всплесков вниз (1857 г., 1860.6 г., 1888.4 г., 1901.6 г., 1910.3 г., и 1913.4 год). Эпохи минимума циклов 10, 13, 14 и 15 близки или совпадают с положением подчеркнутых всплесков вниз. Данные с 1914 года имеют более регулярный вид и уменьшение амплитуд всплесков, т.е. возросшая гладкость характеристик сигнала, говорит о его однородности. Здесь также присутствует ряд всплесков совпадающих с эпохами минимума. Интересно отметить моменты времени 1919.4 г., 1951.6 г. и 1983.8 г. следующие через 32.2 года, т.е. через три цикла. Наложение фрагментов квазидвухлеток и фрагментов P14 при совмещении указанных моментов времени достаточно хорошо синхронизированы квазидвухлетки в областях перегиба на ветвях спада циклов 15, 18 и 21. Возможно, что в рассматриваемых случаях амплитуды квазидвухлеток зависят от крутизны ветви спада слева и справа от области перегиба. В будущем подобный момент ложится на ветвь спада 24 цикла в 2016 году со значением числа Вольфа ~ 73 . Подтверждение этого даст возможность говорить о некоторой закономерности по генерации квазидвухлеток между циклами. На наш взгляд, экстраполяцией некоторых свойств достоверного ряда можно подправить восстановленный столетний интервал. Высокая степень корреляции ряда $P1(t)$ с огибающими компонент P2 и P3 позволяет перейти к преобразованному ряду у которого парные объединения циклов подобны между собой и сопоставить такой паре шаблон. Удобно интерполировать P1 синусом ($P1s$) с параметрами, определяемыми из максимума его корреляции с P1, при сканировании по частоте и фазе. Это позволяет легко продлить его на внешний интервал. Для коррекции реконструированной части ряда Вольфа достаточно набор из пяти модельных четно-нечетных пар расположить слева от 10 цикла и приме-

нить обратное преобразование, т.е. умножить набор на $P1s(t)/(P1)_{cp}$.

**Излучение Солнца в 23 цикле солнечной активности по
наблюдениям в линии водорода $L\alpha$ и коротковолновой
ультрафиолетовой области спектра**

Т.В. Казачевская

*Институт прикладной геофизики, Москва,
E-mail: geophys@hydromet.ru*

В настоящее время по наблюдениям отечественных и зарубежных спутников получены данные о потоке излучения Солнца в коротковолновой ультрафиолетовой области спектра и в линии водорода $L\alpha$, охватывающие полный 23-й цикл солнечной активности. Проведено сравнение характеристик 23-го цикла солнечной активности коротковолнового ультрафиолетового излучения в диапазоне 26-34 нм на спутнике SOHO и измерениями линии $L\alpha$ ($\lambda=121.6$ нм) на спутниках ЭЛЕКТРО, КОРОНАС-И и КОРОНАС-Ф, UARS, SORCE, а также с числом солнечных пятен и с данными потока радиоизлучения в длине волны $\lambda=10.7$ см. Наблюдения показывают, что поток излучения в диапазоне 26-34 нм изменяется от $1.1 \cdot 10^{10}$ фотон $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$ в минимуме до $4.2 \cdot 10^{10}$ фотон $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$ в максимуме активности, тогда как излучение в линии $L\alpha$ составляло соответственно $2.9 \cdot 10^{11}$ фотон $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$ в минимуме и $6.8 \cdot 10^{11}$ фотон $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$ в максимуме. Приводятся данные измерений потока излучения линии $L\alpha$ во время вспышек и в периоды минимума активности тогда, когда на диске Солнца не наблюдалось пятен.

Gravitational effects on solar radius

D.K. Callebaut

*Physics Dept., CGB, University of Antwerp, B-2020 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

We expand further the self-consistent analysis elaborated by [1]. The variation ($\approx 1.2 \text{ W/m}^2$) in the solar constant ($\approx 1367 \text{ W/m}^2$) during a solar cycle allows a relation between the variation in solar radius ΔR and the depth $d = (1 - a)R$ in the convection zone where the expansion starts. A second relation is obtained by equating the gravitational energy required for the expansion and the decrease in luminosity during half a solar cycle. Using a linear variation in the expansion zone (0 at d and ΔR at R) results in $\Delta R \approx 8 \text{ km}$ and $d \approx 0.96R$ while the corresponding change in gravitational energy is $\Delta E \approx 10^{32} J$. Now we use different profiles instead of the linear and quadratic ones (cubic,...) yielding somewhat smaller changes. Using a square root profile yields a bit larger changes. The latter profile may look odd, but it is not excluded as the region of expansion corresponds to the super-granular region. However, using our method [2] considered the quadratic profile as the most suitable one and obtained smaller values than ours by taking into account the asphericity of the Sun. This seems to fit better with the preliminary observations.

The same method is applied to the Maunder Minimum. Estimating the temperature difference 4 times larger than in a normal cycle yields for ΔR a value 8 times larger. However, the variation in solar radius as reported by [3] from historical observations in the Observatory of Paris is much larger. The question arises whether the large value obtained by the observers in the 17th century is partly or totally due to a systematic observational error.

- [1] Callebaut, D.K., Makarov, V.I. and Tlatov, A.G. // In A. Wilson (ed.), Proc. 2nd Solar and Space Weather Euroconference, SOLSPA-2001, 2002, p. 209.
- [2] Fazel, Z, Rozelot, J.P., Lefebvre, S., Ajabshirizadeh, A. and Pireaux, S. // New Astronomy, 2007, in press.
- [3] Ribes, J.C. and Nesme-Ribes, E. // A and A, 276(2), 1993, p. 549.

Rising flux tubes in gravitational and centrifugal fields

D.K. Callebaut¹, C. de Jager^{2,3}

¹*Physics dept., CGB, Univ. of Antwerp, B-2020 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

²*NIOZ, Texel, The Netherlands, E-mail: cdej@kpnplanet.nl*

³*Previously: Univ. of Utrecht, Utrecht, The Netherlands*

Using an exact solution of the evolution equation of ideal magnetohydrodynamics Callebaut [1], [2] developed a model for the amplification of the solar magnetic field from a seed field. This model allows to explain the polar faculae and the sunspots from one mechanism. However, the sunspots follow the polar faculae by about half a cycle, repeating some of their features (localization of peaks) according to [3] and [4]. It was suggested [1], [2] that part of the delay for the sunspots was due to the centrifugal force, which decreases the buoyancy force in the sunspot region, while the opposite happens in the polar faculae region. However, the effect is minimal as the material in the flux tube and outside it feel the same force. In fact the gravitational acceleration, g , is now replaced by g + the centrifugal force. As the centrifugal force is small compared to g , both cases hardly differ from each other and the expected delay is very small. This is confirmed by detailed calculations. It is now suggested that the delay of the sunspots with respect to the polar faculae is due to equator-ward evolution of the torsional oscillations.

- [1] Callebaut D.K. and Makarov V. I. // in Proc. IX Pulkovo Int. Conf. on Solar Physics: 'Solar Activity as a factor of Cosmic Weather', Eds. A.V. Stepanov, A.A. Solov'ev and V.A. Dergachev, (Pulkovo) Main Astronomical Observatory, 196140 St. Petersburg, Russia, p. 379.
- [2] Callebaut D.K. and Khater A.H. // in Proc. IAU Symposium 233, 'Solar Activity and its Magnetic Origin' (Cairo, Egypt), Eds. V. Bothmer and A.A. Hady, Cambridge Univ. Press, 2006, p. 9.
- [3] Makarov V.I., Makarova V.V. and Callebaut D.K. // Solar Phys., 2007, in press.
- [4] Callebaut D.K. and Makarova V.V. // in Proc. of Conf. 'Challenges in Solar Cycle 24', Ahmedabad, India, January, 2007, processing.

Nonlinear triggering of solar flares

D.K. Callebaut¹, G.K. Karugila², A.H. Khater³

¹*Physics dept., University of Antwerp, B-2020 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

²*Dept. of Biometry and Mathematics, Faculty of Science, SUA, P.O.Box
3038, Chuo Kikuu, Morogoro, Tanzania, E-mail: karugila@yahoo.com*

³*Dept. of Mathematics, Faculty of Science, Beni Suef University, Beni
Suef, Egypt, E-mail: khater_ah@hotmail.com*

In the Callebaut-Fourier analysis [1] the whole family of higher order terms associated with a single first order perturbation wave is considered. This family becomes divergent for certain phases if the amplitude A of the first order term exceeds a critical limit. This convergence limit has been calculated analytically in some cases and numerically in all cases. E.g. for an infinite cold plasma the convergence amplitude is e^{-1} (37 per cent) of the equilibrium density. When several first order terms and their families combine the same convergence limit applies, however, now for the sum of all first order amplitudes. Thus a combination of small *oscillations* may yield instability.

The phases where the divergence occur are periodic in space and time. Hence the 'singular stripes' move over the whole plasma. In a 'singular stripe' the speeds become singular or at least very large and may cause turbulence and thus turbulent resistivity allowing the MHD dissipation time to be shortened by several orders of magnitude. This may be a mechanism to explain some instabilities in plasma devices, ball lightning and solar and astrophysical configurations. In fact a chain reaction may be active: sound waves at the solar surface may combine to trigger a bright point, several bright points may combine to trigger a prominence or a solar flare or a coronal mass ejection (CME), each time involving a much larger energy output.

[1] Callebaut D.K and Karugila G.K. // Physica Scripta, 2003, v.68(1), p.7.

Peaks and bulk of polar faculae versus peaks and bulk of sunspot area

D.K. Callebaut¹, V.V. Makarova²

¹*Physics Dept., University of Antwerp, B-2020 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

²*Kislovodsk Solar Station of the Pulkovo Observatory, 357700
Kislovodsk, Russia, E-mail: mahatt@rambler.ru*

It has been shown by [1] and [2] that the peaks in the number of polar faculae precede the peaks in sunspot area by about half a cycle. For even cycles 20 and 22 it was 6.1 ± 0.1 year, for odd cycles 21 and 23 it was 5.6 ± 0.2 year respectively 7.7 ± 0.1 year. The relevance for dynamo theories is obvious as it was usually assumed that the polar faculae were rather a tail ending the sunspot cycle. However, the bulk (total number) of the polar faculae has increased by more than a factor 3 during the last 4 cycles, contrasting with the comparatively small variation in the bulk of the sunspot area. We attribute this to several causes. One is that the polar caps have increased [1] and that the latitudes $40^\circ - 60^\circ$ are better observable. Another cause may be due to the change in differential rotation, as the conical blade $\partial_r \omega = 0$, ($0.7R < r < R$) has evolved (ω is the angular frequency), so that more polar faculae may be produced. Moreover, this seems related to the torsional oscillations.

- [1] Makarov V.I., Makarova V.V. and Callebaut D.K. // Solar Phys., 2007, in press.
- [2] Callebaut D.K. and Makarova V.V. // Proceedings of conference "Challenges in Solar Cycle 24", Ahmedabad, India, January, 2007, processing.

Циклоническая модель солнечных пятен

Л.Г. Каплан, П.А. Откидычев

СГУ, Ставрополь, E-mail: l_kaplan@mail.ru

Циклоническая модель солнечных пятен была предложена в начале XX века и связана с именами выдающихся учёных того времени Дж.Э. Хейла, Г.Н. Рассела, В. Бьёркнеса. Эта модель построена по аналогии с земными циклонами и предполагает существование области вихресточка [1] (циркуляции при одновременном стекании к центру) в нижней части и вихресточка в верхней. Область вихресточка находится на некоторой глубине под

поверхностью Солнца. Далее плазма поднимается вверх и, поднявшись до верхнего уровня фотосферы, растекается по поверхности Солнца, продолжая вращаться. Циклонической модели соответствуют многочисленные данные наблюдений. На фотографиях чётко видна вихревая структура волокон полутени в солнечных пятнах, а на доплерограммах пятен фиксируется растекание плазмы (известный эффект Эвершеда) [2]. Естественным образом объясняется и наличие более тёмной области (тени) в центре — как следствие меньшего давления и меньшей температуры при адиабатической связи этих величин [3]. Это характерно и для земных циклонов. Однако причина существования сильного магнитного поля в пятнах не была установлена, поэтому от циклонической теории впоследствии отказались.

Мы полагаем, что причиной существования магнитного поля в солнечных пятнах может быть круговой ток, обусловленный отличием вязких свойств протонного и электронного газов на нижнем уровне солнечного пятна (уровне вихрестока), где температура и, соответственно, проводимость плазмы велики. Как показано в [4], формирование магнитного поля происходит вследствие того, что кинематическая вязкость электронного газа плазмы в 42.8 раза превышает вязкость протонного газа [5]. Это приводит к разному характеру движения этих газов при вихрестоеке: протонный газ имеет большую тангенциальную и меньшую радиальную скорость. Из-за большей радиальной скорости электронного газа в момент формирования пятна возникает избыток отрицательных зарядов в центральной части. С накоплением этих зарядов возникает радиальное электростатическое поле, которое выравнивает радиальные скорости протонов и электронов и подавляет радиальный ток. Однако на тангенциальную составляющую это поле повлиять не может, поэтому тороидальный ток, обусловленный разными тангенциальными скоростями протонного и электронного газов, остаётся, а вместе с ним — полоидальное магнитное поле. Прямыми наблюдениями в солнечных пятнах фиксируется именно полоидальное магнитное поле.

Нами получена зависимость величины магнитной индукции на границе области втока от температуры: $B_{R_1}(T) = 5.5 \cdot 10^{-11} T^{5/2}$ Гс. Согласно этой формуле, при температуре 200 тыс. К (соответствующей глубине 20 тыс. км под поверхностью Солнца) величина B_{R_1} равна 1000 Гс, что является характерным магнитным полем солнечного пятна.

- [1] Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. — М., Дрофа, 2003.
- [2] Прист Э.Р., Солнечная магнитогидродинамика. — Москва, Мир, 1985, 582 с.

- [3] Bjerknæs V. Solar hydrodynamics, Astrophysical Journal, vol.64, p.93, 1926.
- [4] Kaplan L.G. About Formation of Magnetic Field in Star Plasma. Материалы конференции «Magnetic Stars». САО РАН, Н. Архыз, 2004, 53-64 с.
- [5] Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

The kinematic elements of chromospheric flares in the sunspots and the problem of external triggering mechanism of flares in the active regions

V. V. Kasinskii

IrGUPS, Irkutsk, E-mail: vkasin@iriit.irk.ru

1. The problem of flare kinematics in the active regions is investigated. The method of calculation the inherent position λ_s, ϕ_s of flares in the coordinate system of the sunspot group (AR) centre is elaborated based on the daily H_α Solar flare tables (SGD). For several AR (10), about 1000 flares, with number of flares $n \geq 100$ in each AR the kinematic elements are calculated. They includes: the displacements Δr_i , the velocities $\Delta r_i/\Delta t$ and accelerations $\Delta V_i/\Delta t$. The corresponding means of elements are derived.

2. We assume that all flares are sympatetic in one active region. In the sympatetic model the mean velocity of flare's trigger agent are calculated to be $\langle C \rangle \sim 5 - 10$ km/s. This corresponds to the sound-like velocity disturbances in the chromosphere. In the model of gravity wave trigger in the chromosphere we have $C = \sqrt{g\lambda/2\pi}$, $\lambda = C \cdot T$, T — period of wave. In the approximation that of $\lambda \sim \Delta r$ and period $T \sim \tau$ — the life-time of flare we estimate the gravity acceleration on the Sun, g . The calculation gives $g = 0.261 \pm 0.039$ km/s², which in the limit of error equals to $g = 0.274$ km/s². Thus the kinematic elements of flares are strongly related to the gravity acceleration at the Sun.

3. The correlation analysis of sympatetic flares gives the triggering disturbance between sunspots of order $V \sim 1$ km/s. This corresponds to the group velocities of gravitational waves in the chromosphere. Thus the model of gravity wave triggering of chromospheric flares inside the sunspot groups may be well justified in flare's kinematics. The external source of energy in the form of tsunami are discussed in the context of gravity-sound wave trigger in the chromosphere [1].

- [1] Kasinskii V.V., Krat V.A. On solar tsunami //Solar Physics, 1973, v.31, p.219-228.

Быстрые вариации дифференциального вращения Солнца в 22 цикле и крутильные колебания Солнца

В.В. Касинский

ИрГуПС, Иркутск, E-mail: vkasin@iriit.irk.ru

Методом хромосферных трассеров-вспышек [1] и по координатам пятен [2] рассчитаны угловые скорости в фотосфере и хромосфере за период 1987–1990 гг. (427 групп пятен, 17000 точек) с временным разрешением в квартал. Обнаружены быстрые вариации суточного вращения фотосферы и хромосферы — параметры a , b в формуле Фая. Точность оценок угловой скорости по пятнам достигает $0.01^\circ/d$. Средняя угловая скорость синодического вращения фотосферы за время 1987–90, на фазе роста 22 цикла, составляет $\omega(\phi) = 13.40^\circ - 2.86 \sin^2 \phi$.

Выявлены временные вариации параметров вращения в формуле Фая. Экваториальное вращение $a(t)$ уменьшается с фазой цикла, а коэффициент дифференциальности $b(t)$ имеет тенденцию возрастанию. Имеется значительная отрицательная корреляция коэффициента дифференциальности (b) и угловой скорости (a) на экваторе, которая составляет, $k = -0.865$.

По данным координат вспышек (SGD), рассчитано угловое вращение хромосферы за тот же период (1987–1990 гг.). Средняя угловая скорость синодического вращения хромосферы на фазе роста 22 цикла, составляет $\omega(\phi) = 13.63^\circ - 3.49 \sin^2 \phi$. Следовательно, имеет место некоторое ускорение вращения на экваторе с высотой. Коэффициент дифференциальности также выше в хромосфере. Величины a и b в фотосфере и хромосфере изменяются в антифазе — при ускорении фотосферы на экваторе наблюдается замедление хромосферы и наоборот. Это можно трактовать как признак крутильных колебаний вращения по высоте.

- [1] Касинский В. В. // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца. М.: Наука, 1991. — вып. 95 — С. 113–121.
- [2] Касинский В.В.//Конф. 275 лет РАН и 160 лет Пулковской обсерватории. ПРОГРАММА И ТЕЗИСЫ, 21–25 июнь, 1999 г. Санкт-Петербург. С.36.

**Изучение взаимосвязи быстрых и медленных вспышек
в октябре 2003 года по наблюдениям на КА МАРС
ОДИССЕЙ и RHESSI**

Л.К. Кашанова¹, М.А. Лившиц²

¹ *Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
E-mail: lkk@iszf.irk.ru*

² *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн РАН имени Н.В.Пушкова, Троицк, E-mail: maliv@mail.ru*

Приводятся результаты обработки наблюдений рентгеновского излучения нескольких вспышек в группе 10486. Эти наблюдения были проведены на двух космических аппаратах, орбиты которых располагались вблизи Марса и Земли. В конце октября 2003 года с Марса были доступны для наблюдений области, располагающиеся на 24 градуса восточнее того Е-лимба Солнца, который наблюдался с Земли. С марсианской орбиты была зарегистрирована первая мощная короткая вспышка 21 октября, невидимая с Земли, затем событие 23 октября, лишь заключительная часть которого регистрировалась на RHESSI; вспышка 24 октября полностью наблюдалась на обоих космических аппаратах. Временные профили и изображения вспышек в жестком рентгеновском диапазоне используются для изучения особенностей протекания высокоэнергичных процессов в изолированной в начале своего развития 486 группе и затем в событиях связанных между собой 486 и 484 группами. Высказывается предположение о том, что первая мощная компактная вспышка обеспечила возможность последующего эффективного взаимодействия нескольких сильно удаленных центров активности. Обобщается некоторый опыт прогнозирования космической погоды для тех случаев, когда имеется возможность использовать данные космических аппаратов, разнесенных по долготе.

**Сценарии предвспышечной эволюции
магнитной аркады**

Е.А. Киричек

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Обсуждаются различные сценарии возможной эволюции бессиловой сигмоидальной магнитной аркады, описываемой моделью [1]. Показано, что к потере равновесия в такой системе при условии сохранения ее магнитного потока могут привести различные процессы:

1. подъем магнитной аркады в корону без изменения бессилового (токового) -параметра;
2. подъем аркады, сопровождающийся ростом, т.е. «закручиванием» поля;
3. опускание аркады до определенного уровня и уменьшение «раскручивание» поля).

В первых двух сценариях энергия магнитного поля растет перед вспышкой, а в последнем случае —уменьшается еще до вспышки бездиссипативным образом (процесс описывается в рамках идеальной МГД, эволюция системы определяется движениями плазмы на фотосфере). Тем не менее, и при такой эволюции, понижающей энергию магнитной аркады, система может достичь точки топологической катастрофы, после чего оставшаяся часть свободной магнитной энергии будет выделена в ходе диссипативного вспышечного процесса.

- [1] Kirichek E.A., Soloviev A.A. The force-free model of S-shaped magnetic arcade: the structure and energy.// Proceedings of 11-th European Solar Physics Meeting “The Dynamic Sun: challenges for the theory and observations”, 10-17 September. 2005, Leuven, Belgium.

Ковариантная магнитогидростатика и моделирование активных солнечных образований

***Е.А. Киричек¹, А.А. Соловьев¹, В.Н. Шаповалов²,
О.В. Шаповалова²***

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

²*Калмыцкий государственный университет*

Уравнения магнитогидростатики при наличии потенциальной внешней силы допускают ковариантную формулировку для систем, обладающих трансверсальной, осевой или винтовой симметрией. Новая постановка задачи не предполагает решения дифференциального уравнения второго порядка в частных производных для нахождения магнитного потенциала. Напротив, здесь потенциалы полоидального магнитного поля и продольного тока задаются произвольно, а соответствующие им равновесные распределения плотности и давления определяются квадратурными формулами.

Приводятся примеры расчета равновесных магнитоплазменных структур на Солнце в новой постановке магнитогидростатической задачи

Устойчивость тороидальных магнитных полей в лучистой зоне Солнца

Л.Л. Кичатинов

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
E-mail: kit@iszf.irk.ru*

Время омического затухания крупномасштабных магнитных полей в лучистой зоне превышает возраст Солнца. Поэтому здесь могут сохраниться (реликтовые) поля со времени прохождения Солнцем ранних стадий звездной эволюции. Считается, что ограничения на величину такого внутреннего поля не определены, и в литературе можно встретить разнообразные предположения по этому поводу: поле напряженностью $\gtrsim 10^5$ Гс может влиять на g-моды глобальных колебаний, поля $\gtrsim 10^6$ Гс могут быть причиной нейтринных осцилляций, еще более сильные поля могут влиять на форму Солнца.

В данном докладе предлагается оценить верхнюю границу напряженности поля из требования устойчивости. Развитие неустойчивости должно приводить к эффективной диссипации поля. Получены уравнения для малых несжимаемых возмущений с учетом конечной диффузии и доадиабатической стратификации. Наименьшая пороговая напряженность поля соответствует неустойчивости, подобной изгибной неустойчивости пинча. Конечная теплопроводность оказывает сильное дестабилизирующее влияние. Наиболее неустойчивые возмущения имеют малый радиальный масштаб ~ 1000 км, но являются глобальными по горизонтальным направлениям. Предложено наглядное объяснение рассматриваемой неустойчивости. Неустойчивость в верхней части лучистой зоны появляется при напряженности поля около 600 Гс. Оценка эффективного коэффициента диффузии для развитой неустойчивости показывает, что величина магнитного поля в лучистой зоне не может сколько-нибудь существенно превышать найденную пороговую величину. В противном случае возникают противоречия с данными о содержании лития. Проанализирована совместная неустойчивость магнитного поля и дифференциального вращения. Результаты показывают, что имеющиеся гидромагнитные модели солнечного тахоклина описывают устойчивые состояния.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 05-02-04015-ННИО.

Гельдеровская регулярность MDI-магнитограмм

И. С. Князева¹, О. А. Круглун²

¹ Главная Пулковская обсерватория РАН, С.Петербург,
E-mail: iknyazeva@gmail.com

² Институт математики, Алматы, Казахстан,
E-mail: chaos@math.kz

В работе исследуется проблема сегментации высококонтрастного цифрового изображения - MDI-магнитограммы. Такая задача возникает при автоматизированной обработке потока данных с целью выделения предикторов солнечных вспышек. Традиционные подходы к сегментации, основанные на функционале Mumforda-Shah, становятся неэффективными из-за высокой вариабельности снимка и негауссовской статистики значений уровня серого в пикселах MDI-изображений. Мы используем мультифрактальную сегментацию, выделяя Многообразие Максимальной Сингулярности, т.е. подмножество пикселей имеющих бокс размерность близкую к единице, по дискретному полю Гельдеровских экспонент. Оценки регулярности вычисляются в рамках микроканонического мультифрактального формализма на основе емкостей Шоке.

Чем обусловлена теплопроводность солнечной плазмы?

В. А. Ковалев

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Троицк

Основное содержание доклада кратко можно сформулировать следующим образом: из анализа ряда наблюдательных фактов и теоретических моделей следует, что теплопроводность солнечной плазмы не является классической. В полностью ионизованной плазме классическая изотропная теплопроводность определяется электронами, а поперечная — ионами. Переходные слои (ПС), формируемые благодаря классической изотропной теплопроводности и отделяющие горячие области от холодных, в солнечных условиях должны иметь характерные масштабы порядка тысяч км. Столь большая протяженность позволяет наблюдать эти структуры в микроволновом излучении, поскольку основной вклад в этом диапазоне вносит область <переходных температур>. Соответствующие расчеты радиоизлучения ПС корона-холодное волокно показывают, что рядом с радиоволокном с пониженной яркостной температурой должны наблюдаться полосы уярчения (над фоном). Однако, исследование показало отсутствие

таких полос в наблюдениях (за исключением единичных случаев), что свидетельствует о малой ширине ПС, недоступной для обнаружения. Поэтому используемая в расчетах классическая изотропная теплопроводность непригодна, поскольку дает завышенную, по крайней мере, на два порядка ширину ПС. Кроме того, расчеты частотных спектров радиоизлучения непосредственно в направлении волокна показывают, что изотропная теплопроводность завышает, а поперечная теплопроводность (с характерным масштабом ПС порядка десяти метров) занижает яркостную температуру радиоизлучения по сравнению с наблюдаемой. Наилучшее согласие с наблюдениями имеет место, в случае с «промежуточной» теплопроводностью. Пониженная (на три порядка) теплопроводность корональной плазмы обнаружена также в наблюдениях высокотемпературных вспышечных структур. Горячая и холодная плазма могут находиться в непосредственной близости друг от друга, то есть, в условиях высокой степени теплоизоляции, обусловленной, вероятно, магнитной «оболочкой». В вершинах вспышечных магнитных арок обычно наблюдаются компактные источники, в которых горячая плазма локализована длительное время.

Таким образом, использование в моделях классической теплопроводности приводит к результатам, не согласующимся с наблюдениями. Реальная теплопроводность носит аномальный характер. Возникает вопрос о ее механизме, определенную роль может играть плазменная турбулентность. Очевидна необходимость пересмотра известных моделей: ПС хромосфера-корона, ПС корона-холодное волокно, вспышечный ПС и др. Одним из ожидаемых результатов пересмотра модели газодинамики вспышечной области, в частности, может быть сценарий с «остановившимся ПС», ограничивающим из-за пониженной скорости перемещения температурного фронта область нагрева. В этом случае возможен «режим с обострением».

О распространении альвеновских мод тонких магнитных трубок в атмосферах Солнца и звезд

Ю.Г. Копылова¹, Ю.Т. Цап², А.В. Степанов¹

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: yul@gao.spb.ru

² НИИ КраО, Крым, Научный, E-mail: yur@crao.crimea.ua

В настоящее время считается, что за нагрев корон звезд поздних спектральных классов могут быть ответственны альвеновские волны, генерируемые конвективными движениями плазмы [1]. Линейные низкочастотные моды в ходе распространения из фотосферы в верхнюю хромосферу

подвержены слабой диссипации. Между тем, вопрос могут ли альвеновские волны достигать корональных высот, остается открытым: в стратифицированной атмосфере амплитуда альвеновских волн может существенно увеличиваться, приводя к возникновению ударных волн и, соответственно, к значительным потерям энергии.

В приближении изотермической плазмы рассматриваются особенности распространения поперечных и крутильных альвеновских мод тонких магнитных трубок в атмосферах Солнца и звезд. Получено дисперсионное уравнение для поперечных волн, возбуждаемых в неизолированных магнитных трубках, из которого следует обобщенное выражение для частоты отсечки Спруита [2]. При малых значениях плазменного параметра $\beta < 1$ влиянием сил магнитной плавучести, ответственных за возникновение явления частотной отсечки, можно пренебречь. Для низкочастотных мод с периодом $T \gg 2\pi H/v_A$, где H — характерная шкала изменения альвеновской скорости v_A , амплитуда растет с высотой значительно медленнее, чем для высокочастотных, поэтому образование ударных волн в хромосфере не происходит. Крутильные волны, генерируемые в конвективной зоне, способны эффективнее поперечных проникать в корону, поскольку они не испытывают действия сил магнитной плавучести. Обсуждается проблема формирования магнитного «балдахина» (magnetic canopy) в хромосферах звезд.

[1] Narain U., Ulmschneider P. // Space Sci. Rev., 1996, v.75, p.453.

[2] Spruit H.C. // Astron. Astrophys., 1981, v.98, p.155.

О тонкой структуре переходной области над пятнами по наблюдениям циклотронных источников излучения

А.Н. Коржавин, Л.В. Опейкина, Н.Г. Петерова

САО РАН

Согласно наблюдениям тени достаточно крупных солнечных пятен выглядят более темными по сравнению с окружающими областями в весьма широком диапазоне электромагнитного спектра (оптическом, ультрафиолетовом и рентгеновском), т.е. во всем диапазоне температур начиная от фотосферных и до корональных. Поскольку излучение в температурно-зависимых линиях определяется главным образом плотностью соответствующего вещества, то можно говорить о его дефиците в сильных магнитных полях пятен по сравнению с окружающими областями (факелы,

флоккулы), в частности о малой толщине переходной области хромосферы — корона. В радиодиапазоне на сантиметровых волнах тени пятен, наоборот, выглядят как наиболее яркие компактные объекты по сравнению с окружающими областями и имеют яркостные температуры от 10-ти тыс. до нескольких млн. градусов. Это объясняется тем, что магнитно-тормозное радиоизлучение над тенями пятен определяется главным образом сочетанием температуры и величины магнитного поля и слабо зависит от плотности вещества. Представления о малой толщине переходной области и “опускании” короны над тенями пятен были развиты на основе ранних наблюдений в см диапазоне как затменным методом, так и на радиотелескопах БПР и РАТАН-600 с достаточно грубым частотным разрешением (~ 5 точек в диапазоне 2-10 см). Уточнить эти представления можно, используя наблюдения с более высоким частотным разрешением, в частности на радиотелескопе РАТАН-600 в настоящее время частотное разрешение солнечных наблюдений доведено до ~ 50 точек в диапазоне (2-5) см.

Для решения поставленной задачи была выбрана активная область NOAA 10848, причем в тот день, когда ее морфологическая структура на уровне фотосферы была достаточно проста. Это была симметричная биполярная АО, состоявшая из двух правильных пятен примерно одинаковой площади. Методом гаусс-анализа из общей структуры изображения были выделены и отождествлены детали, ассоциирующиеся как с пятнами, так и с окружающими флоккулами, и определены их характеристики. На основе этих данных показано, что новый комплекс приемной и регистрирующей аппаратуры обладает весьма высокой чувствительностью по потоку (сотые доли с.е.п.), а величина случайной ошибки относительных измерений по всему диапазону составляет порядка 10%. Это позволяет с хорошей точностью судить об общем характере спектра и вполне достаточно для решения поставленной задачи.

Благодаря высокому частотному разрешению наблюдений выявлено различие в спектральных характеристиках этих двух деталей, на первый взгляд принадлежащих одинаковым пятнам. Это свидетельствует о различии физических параметров плазмы в переходной области, индивидуальных для каждого пятна. Для каждого пятна построены зависимости, связывающие напряженность магнитного поля и кинетическую температуру над пятнами в предположении, что на каждой частоте необыкновенная волна излучается на оптически толстой 3-ей гармонике гирочастоты, а обыкновенная — на 2-ой. Получены достаточно гладкие кривые в пределах изменения магнитного поля от 2200 Гс до 700 Гс и температуры от 20 тыс. до 1.5 млн. градусов. При попытке построения высотного профиля распределения температуры и напряженности магнитного поля над пятном встретились трудности, связанные с тем, что магнитное поле на

уровне фотосферы для этих пятен, согласно оптическим наблюдениям, составляет 1500-1600 Гс, что значительно меньше необходимого для генерации радиоизлучения на самой короткой волне (2200 Гс). Обсуждаются возможные варианты по согласованию оптических и радио измерений магнитного поля: учет возможных ошибок измерений и/или более сложная интерпретация наблюдений.

О некоторых особенностях спектра вариаций солнечной активности

А.П. Крамынин

*Уссурийская астрофизическая обсерватория, Уссурийск,
E-mail: kramynin@utl.ru*

По данным ежедневных значений индексов солнечной активности были исследованы особенности временных спектров.

Показано, что наиболее выдающиеся пики в низкочастотной области спектра соответствуют одиннадцатилетнему циклу и кратным ему гармоникам, а в высокочастотной — вариации солнечной активности связаны с вращением Солнца и неравномерным распределением активных образований по долготе.

Методом комплексной демодуляции показано, что кроме случайных колебаний продолжительности одиннадцатилетних циклов существуют долговременные вариации.

Об асимметрии активности солнечных пятен в соседних циклах

В.Н. Криводубский

*Астрономическая обсерватория Киевского национального
университета имени Тараса Шевченко,
E-mail: krivod1@observ.univ.kiev.ua*

Согласно нашим исследованиям [1], в высокопроводящей стабильной лучистой зоне (модель Аллена [2]) в результате воздействия радиального градиента угловой скорости величиной $\partial\Omega/\partial r \approx 5 \cdot 10^{-16}$ рад/с·см (найденной из гелиосейсмологических экспериментов [3]), на слабое реликтовое полоидальное поле ($B_P^0 \approx 10^{-3} - 10^4$ Гс) могут возбуждаться довольно сильные устойчивые тороидальные поля ($B_T^0 \approx 10^4 - 10^7$ Гс). Полученная нами оценка согласуется с гелиосейсмологическими определениями интенсивностей магнитного поля в солнечных глубинах [4, 5]. Мы полагаем, что на верхней границе лучистой зоны это сильное стационарное тороидальное поле вследствие магнитной плавучести и меридиональной циркуляции может, частично, проникать в конвективную зону. Очевидно, здесь это стационарное тороидальное поле фиксированного направления будет добавляться к изменяющему свое направление с периодом около 11 лет тороидальному полю, которое возбуждается механизмом $\alpha\Omega$ -динамо. В таком случае амплитуда суммарного осциллирующего тороидального поля в конвективной зоне должна слегка отличаться в соседних циклах. В результате, количество всплывающих фрагментов тороидального поля, которые порождают солнечные пятна, также будет не одинаковой в соседних циклах. Таким образом, появляется возможность объяснить асимметрию максимумов активности пятен в четных и нечетных солнечных циклах. Заметим, что согласно Соловьеву А.А. и Киричек Е.А. [6] разделение сильного магнитного поля в солнечных недрах на стационарную и переменную составляющую является наиболее естественным с физической точки зрения, поскольку крайне трудно представить механизм, в котором мощные магнитные поля формировались бы в каждом цикле заново.

- [1] Krivodubskij V.N. //Astron. Nachr., 2005, v.326, p.61.
- [2] Allen C.W. //Astrophysical Quantities. Athlone Press: London.
- [3] Duvall Jr., T.L., Dziembowski W.A., Goode P.R. et al. //Nature, 1984, v.310, p.22.
- [4] Dziembowski W.A., Goode P.R. //Astrophys. J., 1989, v.347, p.540.
- [5] Antia H.M., Chitre S.M., Thompson M.J. //Astron. Astrophys., 2003, v.399, p.329.

- [6] Соловьев А.А., Киричек Е.А. // Диффузная теория солнечного магнитного цикла. 2004, Элиста – Санкт-Петербург, Изд-во Калмыцкого ГУ, 181 с.

Турбулентная перестройка глобального магнетизма в конвективной зоне Солнца

В.Н. Криводубский

*Астрономическая обсерватория Киевского национального
университета имени Тараса Шевченко,
E-mail: krivod1@observ.univ.kiev.ua*

Исследован макроскопический турбулентный перенос глобального магнитного поля, обусловленный неоднородностью плотности плазмы ($\nabla\rho$ -эффект) в солнечной конвективной зоне (СКЗ), с учетом влияния Солнца, которое приводит к относительному увеличению масштабов конвективных пульсаций вдоль оси вращения. Поэтому трансформация $\nabla\rho$ -эффекта, очевидно, должна зависеть от углового расстояния от полюсов. Если возле полюсов градиент плотности плазмы параллелен оси вращения, то на экваторе он становится перпендикулярным к оси вращения. Действительно, согласно Кичатинову [1] вращение Солнца существенно модифицирует $\nabla\rho$ -эффект, в результате чего тороидальная и полоидальная составляющие глобального магнитного поля Солнца переносятся независимо в радиальном и меридиональном направлениях. Для модели СКЗ Стикса [2] мы рассчитали скорости всех компонент магнитного переноса. Очень важно, что величина скорости и направление переноса зависят как от гелиошироты, так и от глубины в СКЗ. Наибольший интерес представляет картина переноса тороидального поля, поскольку турбулентная перестройка именно этого поля определяет интенсивность пятнообразования в течение солнечного цикла. Найдено, что на высоких широтах радиальный $\nabla\rho$ -перенос направлен вниз. В этом же направлении действует и турбулентный диамагнетизм, вызванный радиальным градиентом турбулентной вязкости. Направленные вниз два магнитных потока играют роль эффектов «отрицательной магнитной плавучести», способных в значительной мере скомпенсировать магнитную плавучесть Паркера. Из условия баланса трех вертикальных магнитных потоков найдено, что вблизи дна КЗ должен сформироваться магнитный слой мощного тороидального поля ($B \approx 3000\text{--}4000$ Гс). Таким образом, эффекты «отрицательной магнитной плавучести» могут служить наиболее вероятной причиной того, почему глубоко укорененные сильные полярные тороидальные поля не могут прорваться к поверхности, чтобы наблюдаться на высоких широтах в виде солнечных

пятен. Однако, в глубинных слоях вблизи экватора $\nabla\rho$ -перенос действует в противоположном направлении — вверх. Поэтому здесь он способствует магнитному всплыванию сильных полей, которые выходят на поверхность в «королевской зоне» солнечных пятен.

В то же время, вторая, меридиональная, компонента $\nabla\rho$ -переноса тороидального поля направлена к экватору. Очевидно, именно эта магнитная меридиональная циркуляция обуславливает наблюдаемые, иногда, циклы с двумя максимумами солнечных пятен. Мы полагаем, что полярные глубоко укорененные сильные тороидальные поля переносятся направленным к экватору магнитным потоком вначале от высоких гелиоширот к средним, а затем и к низким гелиоширотам. В «королевской зоне» направленный вверх радиальный $\nabla\rho$ -перенос совместно с магнитной плазменностью Паркера выносит эти «запоздавшие» мигрирующие магнитные поля к поверхности. В результате, через один-два года после основного максимума солнечного цикла в «королевской зоне» возрастает количество всплывающих магнитных трубок, что проявляется при наблюдениях как повторный максимум солнечных пятен.

[1] Kitchatinov L.L. // Astron. Astrophys., 1991, v.243, p.483.

[2] Stix M. // The Sun. Berlin – Heidelberg – New York, 1989.

О возможности генерации кинетических ионно-звуковых волн в предвспышечной плазме петель в активной области

А.Н. Кришталь, Е.К. Сиренко, С.В. Герасименко

ГАО НАН Украины

Исследованы физические условия возникновения и развития распадной неустойчивости кинетических альвеновских волн в плазме петель на ранних стадиях вспышечного процесса. Отсутствие пучков энергичных частиц и низкая степень неизотермичности плазмы в такой ситуации не позволяют возникнуть ионно-звуковой неустойчивости, а, следовательно, и развиться ионно-звуковой турбулентности на хромосферном участке токового контура петли. Наличие последней является необходимым условием образования токового слоя. Вместе с тем, возникновение модифицированной ионно-звуковой неустойчивости, а именно неустойчивости кинетической ионно-звуковой волны оказывается возможным в результате

трех-волнового взаимодействия, когда исходная кинетическая альвеновская волна, играющая роль волны накачки, распадается на вторичную кинетическую альвеновскую волну и кинетическую ионно-звуковую волну. С использованием условий синхронизма получено модифицированное выражение для нелинейного инкремента такого процесса. Получены пороговые значения амплитуды волны «накачки» в единицах напряженности фонового магнитного поля.

Галактические космические лучи и аномалии облачности на различных высотах

И.В. Кудрявцев^{1,2}

¹ *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: Igor.Koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

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

Рассматривается влияние вариаций ионизирующего космического излучения на формирование облачности на различных высотах. Хорошо известно, что существует корреляция между аномалиями облачного покрова на высотах до 3.2 км и интенсивностью галактических космических лучей (ГКЛ). При этом, корреляция между ГКЛ и облачностью на больших высотах не обнаружена. Такое влияние ГКЛ на облачность требует рассмотрения процессов, приводящих к образованию облачности на различных высотах, где вода может находиться как в жидком так и твердом состояниях. В ходе данного рассмотрения за основу берется возможность влияния космических лучей на высотное распределение температуры в атмосфере. В результате проведенных расчетов показано, что наибольшее влияние вариации высотного распределения температуры оказывают именно на формирование низкой облачности, где вода может находиться в жидком состоянии, в то время как влияние на образование твердой фазы менее выражено. Данный эффект позволяет объяснить наличие корреляции только между ГКЛ и нижней облачностью.

Работа выполнена в рамках Научной Программы СПбНЦ РАН на 2007 год, поддержана грантами РФФИ № 06-02-16268, 07-02-00379 и Программой Президиума РАН № 16.

Current and Cross Helicity in the Solar Atmosphere

K.M. Kuzanyan¹, V.V. Pipin², Hongqi Zhang³

¹*IZMIRAN, Troitsk, Moscow Region 142190, Russia,
E-mail: kuzanyan@izmiran.ru*

²*Institute for Solar Terrestrial Physics (ISZF), Irkutsk, Russia,
E-mail: pip@iszf.irk.ru*

³*National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences,
Beijing 100012, China, E-mail: hzhang@bao.ac.cn*

We review results of systematic data analysis of solar vector magnetograms and dopplergrams for revealing average values of current helicity and twist over active regions and their systematic interpretation in the framework of dynamo theory, e.g. [1]. In anticipation of opportunities for collection of data on cross-helicity and further improvement of dynamo models with respect to account of this quantity in future, we propose here a series of dynamo models which could fit available observational data. We have shown that the cross helicity alternates in sign with the solar cycle (so it is zero in the long time average), and it changes from negative to positive following the toroidal field. We demonstrate how it is possible to tune such models with respect to account of different effects to reproduce particular features of the observable solar magnetic fields and its helical properties.

By analysis of datasets of active regions with their relative rotation we estimate the effective depth, at which these magnetic structures are anchored. To carry out so, we use the data on solar internal rotation provided by helioseismic inversion technique, see [2] and references therein. This enables us to conclude on possible change of the sign of helical quantities with depth in the solar convection zone.

- [1] Kuzanyan, K. M.; Pipin, V. V.; Seehafer, N. // Solar Physics, 2006, Vol. 233, N 2, pp.185-204.
- [2] Zhang, H.; Sokoloff, D.; Rogachevskii, I.; Moss, D.; Lamburt, V.; Kuzanyan, K.; Kleeorin, N. // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2006, Vol. 365, N 1, pp. 276-286.

База данных квазистационарных объектов в солнечной атмосфере по наблюдениям ССРТ

*С.М. Кузнецова, А.Г. Обухов, Д.В. Просовецкий,
Г.Я. Смольков*

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
E-mail: kuzn@iszf.irk.ru*

Объекты солнечной активности в солнечной атмосфере большую часть времени своего существования находятся в квазистационарном состоянии. Примером служат неспышечные активные области, неэруптивные волокна, корональные дыры, яркие корональные точки и т.д. Исследование таких объектов связано с использованием длинных рядов наблюдений, что требует уже на этапе отбора наблюдательного материала анализа большого объема информации. Отбор, как правило, производится по наличию объекта в излучении на данной частоте и основным наблюдаемым параметрам. В настоящее время для быстрого и эффективного доступа к результатам наблюдений наземных и орбитальных обсерваторий используются различные типы баз данных.

В докладе представлена находящаяся в стадии заполнения база данных наблюдений квазистационарных объектов Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРТ) на частоте 5.7 ГГц. База реализована на языке-интерпретаторе ILD, широко используемом в астрофизике. Основу базы данных составляют карты радиояркости и круговой поляризации, восстановленные с использованием метода Винера-Тихонова [1]. Метод оптимален для реконструкции радиоизображений слабоконтрастных образований и приемлем для неспышечных активных областей [1].

В базу данных заносятся характеристики каждого из активных объектов, присутствовавших на диске Солнца для каждого дня наблюдений. Характеристики разбиты на две группы: имеющиеся у всех типов объектов (такие как координаты, площадь, максимальное и минимальное значение яркостных температур и т.д.) и типичные для данного типа объекта. Например, для активных областей такой характеристикой является распределение поляризованного излучения, а для волокна — его протяженность. Большая часть параметров определяется в автоматическом режиме.

В базе данных предусмотрен отбор по основным параметрам данных наблюдений (наличие, дата, время) и характеристикам объектов на основе комбинаций выборок различного характера. Предусмотрена дополнительная радиоизображений с использованием различных видов фильтрации: контрастирующего фильтра [2], регулируемая низкочастотная фильтрация для снижения уровня шума, применяемая для слабоконтрастных образований.

Работа поддержана грантом РФФИ 05-07-90209 и Программой фунда-

ментальных исследований Президиума РАН № 30 «Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля».

- [1] С.М. Кузнецова, А.Г. Обухов, Д.В. Просовецкий // Солнечно-земная физика. Изд-во СО РАН, 2004, Вып. 6, С. 205-206.
- [2] С.М. Кузнецова, Б.Б.Криссинель, А.Г. Обухов и др. // Солнечно-земная физика. Изд-во СО РАН, 2007, Вып. 10, в печати.

**Крупномасштабные абсорбционные структуры и
лучевые скорости по линии He I 10830 Å в районах
ярких корональных точек**

Е.С. Кулагин, В.В. Куприянов

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: kulagin@gaos.spb.ru*

На Пулковском Горизонтальном солнечном телескопе с помощью Узкополосного перестраиваемого фильтра в ядре линии He I 10830 Å обнаружены крупномасштабные малоконтрастные абсорбционные кольцевые и линейные структуры, связанные с так называемыми яркими (в линиях крайнего ультрафиолета и в рентгене) корональными точками. В линии гелия эти точки выглядят темными. Диаметр кольцевых структур, в центрах которых располагаются точки, достигает $4'$. Линейные абсорбционные структуры соединяют точки между собой. Их длина сравнима с радиусом Солнца. Кольцевые и линейные структуры наблюдались в ядре линии He I 10830 Å на всем диске Солнца с низким пространственным разрешением (около $45''$ при усреднении 3×3 пиксела) с помощью ПЗС-камеры SBIG ST-6. Полуширина полосы пропускания фильтра в районе линии гелия — 0.3 Å . В линиях крайнего ультрафиолета, с космической обсерватории SOHO, эти кольцевые структуры практически не видны, даже при учете различия в пространственном разрешении.

Методом двумерной спектроскопии по линии гелия построены карты крупномасштабных лучевых скоростей на диске Солнца. Из них получены значения лучевых скоростей в районах ярких корональных точек и в кольцевых структурах. На основе имеющихся знаний о ярких корональных точках и произведенных наблюдений делается предположение о природе крупномасштабных абсорбционных структур в верхней хромосфере.

Пульсации микроволнового излучения одиночных вспышечных петель

Е.Г. Куприянова¹, В.Ф. Мельников², К. Шибасаки³

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: lioka@gao.spb.ru

²Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний
Новгород, E-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

³Nobeyama Radio Observatory, National Astronomical Observatory,
Japan, E-mail: shibasaki@nro.nao.ac.jp

Одним из наиболее важных методов изучения нестационарных процессов в солнечных вспышечных петлях является анализ пульсаций и осцилляций их радиоизлучения с характерными МГД временными масштабами. Пульсации могут быть обусловлены либо осцилляциями процессов энерговыделения и ускорения частиц, либо МГД осцилляциями магнитной петли, содержащей ускоренные электроны, и последующей модуляцией радиоизлучения этих электронов. Наблюдения с высоким временным и пространственным разрешением на радиогелиографе и радиополариметрах обсерватории Нобеяма дают возможность исследовать такие пульсации в одиночных вспышечных петлях. В данной работе исследовано 12 вспышек, ассоциирующихся с одиночными пространственно разрешёнными вспышечными петлями. Для исследования характеристик квазипериодических пульсаций использовались методы Фурье и вейвлет анализа. Показано, что пульсации присутствуют в излучении каждой исследованной вспышечной петли, а в некоторых из них одновременно наблюдаются несколько спектральных компонент с периодами от 3 до 40 сек.

Возможные источники энергии и физические механизмы солнечных вспышек

А.И. Лаптухов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Троицк Московской
области, 142190, E-mail: lapтуhov@izmiran.ru*

Причиной солнечной вспышки (СВ) является всплытие из-под фотосферы магнитного облака, силовые линии которого перестают пересекать фотосферу [1]. Источником энергии СВ может быть магнитное поле этого облака, если во всём его объёме образуются мелкомасштабные неоднородности с размером ~ 1 м. Это возможно из-за развития в таком облаке

тепловой неустойчивости, что обсуждалось в работе [1]. Но источником энергии СВ может быть и волны конвективного шума (ВКС) с плотностью потока энергии $q \sim \rho V_a^2 C_s$, если принять естественное для нестационарной конвекции предположение, что амплитуда скорости в волне V_a и скорость конвекции V_k на глубине $h \approx 100$ км под фотосферой, где она максимальна и равна $V_k \approx 2$ км/с, — величины одного порядка. Тогда здесь для скорости звука $C_s \approx 10$ км/с и плотности $\rho \approx 3 \cdot 10^{-7}$ г/см³ имеем: $q \sim 10^{10}$ эрг см⁻²с⁻¹. В обычном состоянии такой большой поток энергии ВКС из-под фотосферы из-за рефракции и малого коэффициента поглощения почти полностью возвращается обратно под фотосферу. Но во время большой вспышки из-за прекращения оттока тепла вдоль магнитных силовых линий в область фотосферы (такова конфигурация поля) температура T в магнитном облаке быстро повышается (вначале только за счёт образования в хромосфере ударных волн и диссипации энергии в них), а вместе с ней растёт величина обычной вязкой диссипации ВКС $H \sim \eta(\omega V_a/V_s)^2$, где $\eta \sim T^{5/2}$ коэффициент продольной вязкости, ω - частота волны. С ростом температуры $T \geq 1$ МК практически весь поток энергии ВКС поглощается во вспышечном объёме, что и приводит к развитию СВ с выделением энергии $\sim qSt \sim 10^{32}$ эрг на площади вспышки $S \sim 10^{19}$ см² за время $t \sim 1000$ с.

- [1] Лаптухов А.И. Механизм солнечных вспышек и нагрева короны. Труды Всероссийской конференции, ИЗМИРАН, 2005 г. Троицк, Московской обл. СПб, 2006, с.223-228.

Осцилляции магнитного поля солнечных пятен

Н.И. Лозицкая

*Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина,
E-mail: nloz@observ.univ.kiev.ua*

В 2006–2007 гг. на горизонтальном солнечном телескопе Астрономической обсерватории Киевского университета получено 12 серий длительных непрерывных наблюдений магнитного поля солнечных пятен. Объектом исследований стали наибольшие пятна активных областей NOAA 10898, 10901, 10904, 10953, которые в большинстве случаев были многоядерными с диаметром полутени более 20 сек. дуги. Визуальные измерения зеемановского расщепления в спектральной линии FeI 525.0 нм проведены с интервалом в 1-3 мин.

Обработка временных рядов различными методами показала, что одновременно существуют несколько периодов осцилляций магнитного поля пятен в диапазоне 4–90 мин с амплитудами 1–4 сТл. По-видимому, колебания происходят во всем пятне, поскольку увеличение величины дрожания изображения не изменяет амплитуду осцилляций. Колебания разных частот пятна синхронны, в противном случае они бы не были наблюдаемы. Найден дрейф периодов как в течение дня наблюдений, так и в процессе эволюции пятна на длительных промежутках времени. Наиболее устойчивыми являются 4–7 минутные колебания.

Работа подтверждает существование достоверных быстрых изменений магнитных полей солнечных пятен с большими амплитудами, найденные при целенаправленных наблюдениях, организованных в 1960–1970-х годах Г.Ф. Вялиным.

Наблюдательные свидетельства сильных «килогауссовых» магнитных полей в солнечных вспышках и проблемы их теоретической интерпретации

В.Г. Лозицкий¹, А.А. Соловьев²

¹*Астрономическая обсерватория Киевского национального
университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина*

²*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской
Академии Наук, Санкт-Петербург, Россия*

Первые указания в пользу сильных («килогауссового» диапазона) магнитных полей во вспышках получены на основании спектральных наблюдений в неполяризованном свете, т.е. в параметре Стокса I (Блага, Копецки и Швестка, 1960; Говард, 1963; Алкаева, 1969). Эти наблюдения выявили расщепление (дублетность) вспышечных эмиссий в некоторых линиях металлов, которая могла быть, в принципе, обусловлена эффектом Зеемана. Поскольку эффект Зеемана проявляется не только в расщеплении линий, но и в определенной поляризации компонент расщепления, гипотезу о таких полях следовало проверить по наблюдениям с анализаторами поляризации. Исследования спектров вспышек, полученных в ортогональных круговых поляризациях (профили Стокса $I \pm V$), показали, что величина магнитного поля в местах свечения эмиссий FeI во вспышках достигает 2–3 кГс (Лозицкий и Лозицкая, 1981). Были найдены свидетельства многокомпонентности магнитного поля в местах яркой вспышечной эмиссии. Верхний предел напряженностей магнитного поля во вспышках можно

оценить по линиям с низкими факторами Ланде ($g < 1$), поскольку измерения по линиям с высокими значениями этого фактора методически адаптированы на некий нижний предел действительных значений поля. Оказалось, что линии с предельно низкими значениями g , около 0.01, также выявляют достоверное зеемановское расщепление, что возможно при сверхсильных полях в 50–90 кГс (Лозицкий, 1993; 1998). Эти экстремально сильные поля замечены вблизи зоны температурного минимума, т.е. на высотах примерно 500 км над уровнем фотосферы. Недавние исследования лимбовой вспышки показали, что поля в 2–2.5 кГс появляются также на уровне нижней короны, на высотах около 20 Мм (Лозицкий и Стаценко, 2007). Планируется детально обсудить наблюдательные и теоретические аспекты проблемы особо сильных полей в солнечных вспышках.

Диагностика потоков солнечного ветра

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

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, РАН, 142190, Троицк, Московская обл., Россия, E-mail: solter@izmiran.troitsk.ru*

² *Физический институт им. П.Н. Лебедева, РАН, 117924, Москва, Ленинский просп., 53, Россия, E-mail: vlad@sci.lebedev.ru*

Процессы формирования солнечного ветра, исходящих от Солнца потоков плазмы, изучаются новыми методами, разработанными в последние годы. Их основу представляют эксперименты по массовому зондированию околосолнечной плазмы на радиальных расстояниях от Солнца порядка $2.5 - 60 R_s$. По этим экспериментальным данным строятся корреляционные диаграммы, зависимость положения границы трансзвуковой переходной области солнечного ветра от напряженности магнитного поля в области источников потоков плазмы. Корреляционные диаграммы 2000 – 2004 г.г. обнаруживают существование 6 типов потоков, различающихся структурой магнитного поля в источнике. Установлено, что на спаде солнечной активности в 2003 – 2004 г.г. эволюция медленных потоков солнечного ветра определяется не значениями чисел Вольфа, а общей напряженностью глобального магнитного поля I_{bg} в солнечной короне.

**О связи между локальными фотосферными
магнитными полями и структурой хромосферы**

М.А. Лукичева¹, С.К. Соланки², С. Уайт³

¹ *Астрономический Институт СПбГУ, С.-Петербург*
E-mail: marija@peterlink.ru

² *Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Katlenburg-Lindau,*
Germany

³ *Astronomy Department, University of Maryland, USA*

Для исследования роли магнитного поля в определении структуры хромосферы спокойного Солнца и активных областей в работе выполнен совместный анализ наблюдательных данных, полученных на 4-х инструментах, включая УФ изображения космического аппарата *TRACE* на волне 1600 Å, фильтрограммы обсерватории *BBSO* в линии Ca II K, радиоизображения на волне 3.5 мм по данным интерферометра *BIMA* и магнитограммы продольного компонента фотосферного магнитного поля по данным *MDI/SOHO*. Интерферометрические наблюдения мм диапазона были включены в подобное исследование впервые.

Обнаружено, что зависимость между фотосферным магнитным полем и хромосферным излучением отлична от линейной и более достоверно описывается степенным законом. В хромосферной сетке показатель степени близок к значению, характерному для излучения активных областей ($\simeq 0.6$ для излучения в К-линии Ca II согласно [1]). В центрах хромосферных ячеек зависимость хромосферного излучения от магнитного поля не является ярковыраженной, что свидетельствует о действии разных механизмов нагрева для областей границ (магнитный нагрев) и центральных частей хромосферной сетки (нагрев при диссипации звуковых волн). Кроме этого исследована связь между интенсивностью уярчений, регистрируемых на разных высотах хромосферы от области температурного минимума до средней хромосферы.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых МК-1853.2007.2.

- [1] Schrijver, C.J., Cotè, J., Zwaan, C., & Saar, S.H. // *Astrophys.J.*, 1989, v. 337, p. 964.

Топология и геометрия изображений

Н.Г. Макаренко

*Главная Астрономическая Обсерватория РАН, Санкт-Петербург,
E-mail: ng-makar@mail.ru*

Лекция посвящена связям современной техники обработки цифровых изображений с методами хаотической динамики: *мультифрактальным формализмом, теорией катастроф и теорией Морса*.

Большая часть информации о распределенных системах доступна в форме матричных массивов — цифровых изображений. К ним относятся снимки земных ландшафтов, полученные с помощью космических аппаратов и цифровые данные космических обсерваторий *SOHO*, *Solar-B*, *TRACE* и других.

Основная проблема заключается в таких методах извлечения полезной информации, которые сохраняют пространственное разрешение снимка. Для физических задач желательно, кроме того, иметь способ компактного кодирования изменчивой пространственной сложности регистрируемых паттернов.

В лекции рассматривается три современных подхода к анализу изображений. Первым является метод мультифрактальной сегментации, основанный на разбиении изображения на сингулярные компоненты, т.е. множества с одинаковым значением Гельдеровских показателей меры. Этот подход аналогичен описанию мультифрактальных мер для странных аттракторов динамических систем.

Второй основан на теории катастроф и теории Морса. Последовательная свертка поля яркости с гауссовским ядром позволяет рассматривать изображение в новом пространстве — пространстве масштабов — *scale space*, где дополнительной координатой является дисперсия ядра. Полученный гладкий образ удовлетворяет уравнению диффузии. Кроме обычных Морсовских особенностей — максимумов, минимумов и седел — появляются новые особые точки, связанные с обращением в нуль лапласиана. Используя этот подход, для каждого изображения можно построить связный 3D граф, который кодирует топологическую сложность наблюдаемого паттерна.

Наконец третий подход основан на понятии мультивариантной динамической системы. Он использует устойчивые и неустойчивые многообразия Морса, построенных для критических областей — аналогов критических точек. В результате можно построить 2D граф связности Морса.

Большая часть теоретических конструкций демонстрируется на примерах изображений земных ландшафтов и Солнечных магнитограмм.

Мультифрактальное моделирование MDI-магнитограмм

Н.Г. Макаренко¹, О.А. Круглун², С.А. Мухамеджанова³

¹Главная Пулковская обсерватория РАН, С.Петербург,
E-mail: ng-makar@mail.ru

²Институт математики, Алматы, Казахстан,
E-mail: chaos@math.kz

³Институт математики, Алматы, Казахстан,
E-mail: chaos@math.kz

В работе исследуется проблема реальности мультифрактального скейлинга в тонкой структуре магнитного поля Солнца на основе MDI-магнитограмм. Мультифрактальные спектры для магнитограмм получают методами канонического формализма [1] либо с помощью структурной функции. Ранее мы показали, что устойчивые оценки можно получить используя локальные значения Гельдеровских экспонент для емкостей Шоке [2]. Здесь мы приводим результаты верификации спектров на основе модели случайной динамической системы (ДСТ) — *Игры в Хаос*. Для нормированной гистограммы контраста изображения мы выбираем три уровня, характерные для фона и Активной Области. Изображение кодируется символами 3-х буквенного алфавита. Полученные слова управляют системой 3-х итерирующих сжимающих отображений с вероятностями, заданных на компакте в R^2 . Решение обратной задачи для полученной эмпирической оценки инвариантной меры ДСТ позволяет вычислить переходные вероятности. Они используются для построения триадного мультифрактального каскада моделирующего меру цифрового изображения. Сравнение модели с экспериментальными данными доказывает ее адекватность природе данных и подтверждает реальность мультифрактальных спектров для MDI-изображений.

[1] Meunier N. // *Astrophys. J.* 1999, V. 515, P. 801

[2] Макаренко Н., Круглун О., Каримова Л. // Труды конференции «Квазипериодические процессы на Солнце и их геоэффективные проявления», Санкт-Петербург, 2006, с.31

Гельдеровская регулярность палеоданных: солнечная активность и климат Земли

**Н.Г. Макаренко¹, Ю.А. Наговицын¹, М.Г. Огурцов^{1,2},
О.А. Круглун³**

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: ng-makar@mail.ru, nag@gao.spb.ru

² ФТИ РАН, С.-Петербург, E-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru

³ Институт математики, Алматы, Казахстан,
E-mail: chaos@math.kz

При моделировании солнечно-земных связей используются временные реконструкции земной температуры и индексов солнечной активности. И те, и другие данные основаны на косвенных источниках: дендрохронологических библиотеках, космогенных изотопах, нарративных данных о полярных сияниях и пятнах, замеченных невооруженным глазом. Калибровка полученных реконструкций производится обычно на относительно короткой инструментальной шкале времени. Таким образом, все упомянутые ряды не являются статистически однородными выборками.

С другой стороны, если техника реконструкции большинства рядов, относящихся к палеоактивности Солнца, довольно подробно описана в литературе вместе с библиотеками исходных данных, то подобная информация частично или полностью отсутствует в палеоклиматических рядах.

В этой работе мы предлагаем способ тестирования реконструкций, основанный на анализе регулярности графиков временных рядов. Приведены значения Гельдеровских показателей, измеряющих регулярность для наиболее популярных реконструкций хода земной температуры и солнечной активности в прошлом.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379), СПбНЦ и программы Президиума РАН № 16.

Типы распределения радиояркости вдоль солнечных вспышечных петель

О.В. Мартынова, В.Ф. Мельников, В.Э. Резникова

ФГНУ «НИРФИ», E-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

Анализ первых хорошо разрешенных вспышечных петель по данным радиогелиографа Нобеля (NoRH) на частотах 17 ГГц и 34 ГГц показал, что максимумы яркости находятся в вершине этих петель, причем радиоисточники являлись оптически тонкими, по крайней мере на 34 ГГц [1].

Цель настоящей работы — обобщить знание о пространственном распределении радиояркости на основе анализа большого числа вспышек.

В данной работе представлены результаты анализа радиоизображений всех вспышек, зарегистрированных NoRH за 2002-2005 г.г., в структуре которых четко различима отдельная петля (всего 21 событие). Поскольку в течение одного и того же всплеска распределение радиояркости может сильно меняться [2], каждый всплеск был разделен на три периода по времени (по уровню 0.5 от амплитуды полного потока излучения): фаза роста, фаза максимума и фаза спада. Для каждой из фаз определялось положение центра (центров) радиояркости в петле. В результате все события разбились на три группы: с максимумом яркостной температуры в вершине, в одном основании или в двух основаниях. Установлено, что распределение яркости с максимумом излучения в вершине петли доминирует на всех фазах всплеска (52% на фазе роста, 81% на фазе максимума и 57% на фазе спада) на частоте $f = 34$ ГГц, где источник является оптически тонким. Вместе с тем, существует заметное число случаев (43% на фазе роста, 10% на фазе максимума и 38% на фазе спада), когда максимум яркости находится в одном из оснований. Случаи, когда оба основания имеют примерно одинаковую яркость, являются редкими.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 06-02-39029, 06-02-16295, 07-02-01066.

- [1] Melnikov V.F., Shibasaki K., Reznikova V.E. // *Astrophys. J.* 2002. V.580. P.L185
- [2] Melnikov V.F., Gorbikov S.P., Reznikova V.E., Shibasaki K. // *ESA SP-600*, 2005, p.132.1

Диагностика высокой плотности плазмы во вспышечных петлях по спектральной эволюции их микроволнового излучения

В.Ф. Мельников, С.А. Кузнецов

ФГНУ «НИРФИ», E-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

Целью работы является поиск наблюдательных признаков присутствия высокой плотности плазмы ($n_0 > 3 \times 10^{10} \text{ см}^{-3}$) в солнечных вспышечных петлях. Для этого были проведены модельные расчеты и анализ спектральной эволюции наклона частотного спектра микроволнового излучения по данным наблюдений радиогелиографа Нобеля на частотах 17 и

34 ГГц. Всего проанализировано 11 вспыхивающих петель, в которых в момент максимума всплесков их интенсивности на 17 и 34 ГГц были близки по величине, а значит, спектральный максимум (f_{peak}) находился между этими частотами.

Низкочастотный ($f < f_{peak}$) завал в спектре микроволнового гиротронного излучения может быть обусловлен самопоглощением, а также эффектом Разина [1] в случае высокого отношения концентрации плазмы n_0 к напряженности магнитного поля B . Модельные расчеты эволюции спектра показывают [2], что в случае значимого эффекта Разина ($f \sim 20n_0/B$) спектральный индекс α гиротронного излучения $I_f = I_0 f^\alpha$ на высоких частотах $f > f_{peak}$ увеличивается в течение всего всплеска, а на фазе спада может приобретать большие положительные значения. В случае самопоглощения величина α на фазе спада, наоборот, должна уменьшаться, так как уменьшается оптическая толщина источника [2].

В результате проведенного анализа данных наблюдений предсказанные закономерности спектральной эволюции, характерные для высокого отношения концентрации плазмы к напряженности магнитного поля, обнаружены в 6 из 11 исследованных вспыхивающих петель.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 06-02-39029, 06-02-16295, 07-02-01066.

[1] Разин В.А. // Изв.ВУЗов. Радиофизика, 1960, т.3, с.584

[2] Melnikov V.F., Gary D.E., Nita G.M. // Astrophys. J., 2006 (submitted)

Метод геомагнитных предвестников и прогноз высоты 24 цикла солнечной активности

Е.В. Милецкий

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

Представлен метод геомагнитных предвестников, предложенный впервые А.И. Олем для прогнозирования максимальных значений числа Вольфа в 11-летних циклах солнечной активности. Показано, что прогнозы амплитуды 24 цикла, рассчитанные по нескольким известным вариантам метода дают сильно различающиеся величины.

Предложен новый вариант метода, который обеспечивает прогнозы, обладающие высокой точностью и устойчивостью в циклах, не используемых при построении прогнозной модели. На основе предложенного подхода рассчитаны прогнозы 24 цикла, согласно которым, его высота будет на 15-20% больше, чем у предыдущего.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 05-07-90107, 06-02-16268, 07-02-00379) и программы Президиума РАН № 16.

Характеристики широт солнечных пятен и амплитуды 11-летних циклов солнечной активности

Е.В. Милецкий, В.Г. Иванов

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

По данным продленного Гринвичского каталога солнечных пятен за 1874–2006 гг. вычислены среднегодовые значения ряда характеристик, представляющих особенности широтного распределения пятенной активности. Показано, что величина, описывающая ширину зоны пятнообразования («бабочки» Маундера), тесно связана с соответствующими величинами площадей пятен и чисел Вольфа.

Найдена широтная характеристика, которая в каждом 11-летнем цикле в момент времени приходящийся, как правило, на 4-й год после максимума текущего цикла показывает высокую корреляцию с числом Вольфа в максимуме следующего цикла. Обнаружено, что упомянутый момент времени характеризуется экстремальными разностями между скоростями движения средней широты и верхней границы зоны пятнообразования.

На основе полученной связи построена модель, обладающая хорошей устойчивостью и позволяющая прогнозировать амплитуды следующих 11-летних циклов. Согласно такому прогнозу, 24-й цикл солнечной активности будет выше текущего.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 05-07-90107, 06-02-16268, 07-02-00379) и программы Президиума РАН № 16.

Эффект радиационного излучения в колебаниях корональных петель

Б.Б. Михалев¹, А.А. Соловьев², И.С. Веселовский³

¹ *Калмыцкий государственный университет, Элиста,
E-mail: bbtikh@mail.ru*

² *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, E-mail: solov@gao.spb.ru*

³ *Научно-исследовательский институт ядерной физики, МГУ,
Москва, E-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru*

В линейном приближении рассматривается влияние радиационного излучения плазмы в классической магнитной трубке на затухание ее изгибных колебаний. Соответствующее дисперсионное уравнение имеет вид

$$\rho_{0e}(\omega^2 - V_{Ae}^2 k^2) K_1(k_e a) k_i J_1'(k_i a) - \rho_{0i}(\omega^2 - V_{Ai}^2 k^2) J_1(k_i a) k_e K_1'(k_e a) = 0,$$

$$k_i^2 = (\omega^2 - \Omega C_{si}^2 k^2)(\omega^2 - V_{Ai}^2 k^2) / (\omega^2(\Omega C_{si}^2 + V_{Ae}^2) - \Omega C_{si}^2 V_{Ae}^2 k^2).$$

Коэффициент Ω , вносящий затухание, определяется по функции радиационных потерь $L(\rho, T)$:

$$\Omega = \frac{i\omega + (\gamma - 1)\mu\rho_{0i}L_\rho/\gamma RT_{0i} - (\gamma - 1)\mu L_T/\gamma R}{i\omega - (\gamma - 1)\mu L_T/R}.$$

Индексы i и e обозначают параметры среды внутри и вне трубки соответственно, a есть радиус трубки, k — продольное волновое число.

В пределе тонкой трубки ($ka \ll 1$), применимого к корональным магнитным петлям, вещественная часть частоты $\omega = \omega_0(1 - i\epsilon)$ выражается известной формулой нулевого приближения $\omega_0^2/k^2 = (\rho_{0i}V_{Ai}^2 + \rho_{0e}V_{Ae}^2)/(\rho_{0i} + \rho_{0e})$, а мнимая часть, определяющая коэффициент затухания, — формулой

$$\omega_0^2 \epsilon = -\frac{1}{16} k^2 a^2 \text{Im} \Omega \frac{3\rho_{0e}(\omega_0^2 - V_{Ae}^2 k^2) + \rho_{0i}(\omega_0^2 - V_{Ai}^2 k^2)}{\rho_{0i} + \rho_{0e}}.$$

Отсюда следует, что эффект радиационного излучения проявляется только в первом приближении, и затухание оказывается слабым.

**Долговременные изменения разбаланса потока
магнитного поля Солнца и геометрии межпланетного
магнитного поля**

А.В. Мордвинов

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
E-mail: avm@iszf.irk.ru*

Выполнен сравнительный анализ изменений среднего магнитного поля Солнца и межпланетного магнитного поля (ММП) за всю историю этих измерений. Изучена асимметрия магнитного поля Солнца и ее проявления в гелиосфере. Обнаружены долговременные изменения магнитного поля Солнца и гелиосферы, которые проявляются в чередовании доминирующих магнитных полярностей разного знака. На основе анализа кумулятивных сумм компонент ММП обнаружены долговременные изменения геометрии ММП, угла спирали солнечного ветра. Кумулятивная сумма компоненты ММП перпендикулярной плоскости эклиптики B_z также показывает долговременные изменения. Обнаружены интервалы времени, в которых доминируют отрицательные значения B_z -компоненты ММП и наблюдается повышенная геомагнитная активность.

Работа выполнена по программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 16, при поддержке интеграционного проекта СО РАН и РФФИ 05-02-16326а.

**Экстраполяция магнитного поля активной области в
бессиловом приближении**

И.И. Мышьяков, Г.В. Руденко

Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Иркутск

Различные проявления солнечной активности находятся в тесной взаимосвязи с магнитным полем в активной области, поэтому информация о структуре этого поля имеет существенное значение для практических исследований процессов солнечной активности. В силу недоступности измерений корональных магнитных полей появляется задача восстановления пространственной структуры поля на основе фотосферных данных. Для решения этой задачи разработан ряд методов, в предлагаемой работе

используется оптимизирующий метод экстраполяции нелинейных бессилловых полей [1]. На его основе создан алгоритм, позволяющий за определенное число итераций преобразовать первоначально заданное пространственное распределение поля к некоторой бессилловой конфигурации, определяемой условиями на границе той области пространства, в которой требуется определить поле. Бессилловые поля соответствуют реальности, т.к. в области короны магнитная энергия превосходит энергию движения вещества.

Результаты, получаемые с помощью данного метода, находятся в сильной зависимости от граничных условий. Основной особенностью реализованного подхода является возможность целенаправленного варьирования граничных условий с той целью, чтобы конечный результат наиболее точно соответствовал бессилловой конфигурации поля. Для отработки алгоритма были применены аналитические модели, имитирующие магнитные поля в активных областях. В качестве исходного пространственного распределения использовалось потенциальное поле, граничные условия представляли собой различные сочетания как чисто потенциального, так и нелинейного бессилового поля. Во всех рассмотренных примерах была отмечена отчетливая тенденция преобразования первоначальной потенциальной конфигурации в бессилловую.

- [1] Wheatland M.S., Strunrock P.A., Roumeliotis G. // *Astrophys.J.*, 2000, v. 540, p. 1150

Геоэффективность солнечных вспышек, в которых было зарегистрировано гамма-излучение (период 2001-2005 гг.)

И.Н. Мягкова, С.Н. Кузнецов, А.В. Богомолов

НИИЯФ МГУ, Москва, E-mail: irina@srd.sinp.msu.ru

В работе приводятся результаты поиска взаимосвязи гамма-излучения солнечных вспышек с потоками солнечных космических лучей и уровнем геомагнитной возмущенности, наблюдавшихся после данных вспышек. Для анализа использовался состоящий из 38 событий каталог вспышек, в которых было зарегистрировано гамма-излучение, созданный авторами на основании результатов эксперимента с прибором СОНГ (Солнечные Нейтроны и Гамма-кванты), проводившемся на ИСЗ КОРОНАС-Ф с августа 2001 по декабрь 2005 гг. Исследована корреляция флуенсов и максимальных потоков вспышечного гамма-излучения с потоками протонов

СКЛ (данные ИСЗ GOES) и индексами Кр и Dst. Также исследовалось влияние параметров корональных выбросов массы (КВМ), сопровождавших рассматриваемые вспышки, на геоэффективность вспышек.

Получено, что коэффициент корреляции максимальной интенсивности потоков солнечных протонов с энергией выше 10 и 100 МэВ с величиной флуенса гамма-излучения солнечных вспышек составляет 0.84 и 0.68, соответственно. Корреляция максимальных значений Dst-вариации и Кр-индекса, наблюдавшихся после данных вспышек с флуенсом гамма-излучения значительно ниже, 0.49 и 0.48, соответственно.

Что касается связи потоков протонов и геомагнитных индексов с параметрами КВМ, то наилучший коэффициент корреляции был получен для максимальных потоков протонов с энергией выше 10 МэВ и энергии КВМ (0.92). Коэффициенты корреляции максимальных значений Dst и Кр с параметрами КВМ также значительно ниже, чем для потоков протонов (около 50 процентов).

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 05-02-17487-а.

**Активность Солнца и солнечно-земные связи
в долговременных тенденциях Космической Погоды:
проблема «Космический Климат»**

Ю.А. Наговицын

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: nag@gaospb.ru*

Космический Климат — новое понятие, которое можно определить как долгопериодические тенденции Космической Погоды или как совокупность долговременных солнечно-земных связей.

В первой части доклада приведены результаты применения нашего подхода к изучению поведения солнечной активности (СА) в прошлом. Основные принципы этого подхода заключаются в следующем:

- При реконструкции изменений индексов СА, геомагнитной возмущенности и межпланетного магнитного поля в прошлом выделяются последовательные по длительности временные шкалы, естественным образом предоставляемые возможностями наблюдательного материала, имеющегося в нашем распоряжении [1]. Всего выделяются 4 шкалы: 150-200 лет, 400 лет, 1000 лет и 10000 лет.

- При построении временных рядов каждой последующей по величине шкалы в качестве опорных используются данные предыдущей временной шкалы [1].

– По возможностям имеющегося наблюдательного материала мы переходим от временных рядов традиционных статистических индексов к рядам физических параметров [2].

– При выведении соотношений между какими-либо параметрами солнечной активности, геомагнитной возмущенности и межпланетного магнитного поля в обязательном порядке учитывается дифференциальный характер связей на разных временных масштабах [3, 4]. Для этого применяются предложенные методы MSR (кратномасштабных регрессий — в терминах вейвлет-преобразования) и DPS (разложения в псевдофазовом пространстве — в терминах подхода Такенса) [5].

– Для верификации получаемых реконструкций применяется «принцип свидетелей», использующий в качестве исходных независимые (иногда косвенные) данные [5].

Приведены длительные реконструкции различных индексов СА, геомагнитной возмущенности и межпланетного магнитного поля.

Во второй части доклада с помощью модификации метода кратномасштабных регрессий обсуждается вклад в изменения земного климата уровня солнечной активности. Используются 3 различные реконструкции поведения СА на длительной временной шкале и 6 глобальных и региональных реконструкций земной температуры. Результаты, полученные по различным источникам данных, достаточно хорошо согласуются между собой и состоят в следующем:

– Средний вклад СА в дисперсию температурных изменений K составляет порядка 20%.

– Для временных масштабов, меньших 70–80 лет, $K < 5\%$.

– Для временных масштабов, больших ~ 200 лет, величина K достигает 50%.

Таким образом, можно заключить, что солнечная активность весьма существенно влияет на изменения глобальной земной температуры, но — и это также следует принимать во внимание — только на длительных (>100 лет) временных шкалах в соответствии с нашими предыдущими исследованиями [5, 6].

В конце работы специально отмечается, что наши заключения относительно характера солнечно-земных связей в рамках проблемы «Космический Климат» зависят от надежности используемых наблюдательных данных, и именно проблема получения таких данных является самой важной.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 05-07-90107, 06-02-16268, 07-02-00379), СПбНЦ и программы Президиума РАН № 16.

- [1] Наговицын Ю.А. // Труды конференции: Солнечная активность и космические лучи после смены знака полярного магнитного поля Солнца, С.-Пб, 2002, с. 389-396.
- [2] Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т.31, № 8, 2005, с. 622-627.
- [3] Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т.32, № 5, 2006, с. 382-391.
- [4] Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т.33, № 5, 2007, с. 385-391.
- [5] Nagovitsyn Yu.A., Ivanov V.G., Miletsky E.V., Volobuev D.M. // Solar Physics, v.224, No 1-2, 2004, p. 103-112.
- [6] Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г. // Труды конференции: Климатические и экологические аспекты солнечной активности, С.-Пб, 2003, с. 321-326.

**Прогноз 24 цикла активности в контексте связи
крупномасштабного и пятенного компонентов
солнечного магнитного поля**

Ю.А. Наговицын

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: nag@gaospb.ru*

Предложен прогноз величины и момента наступления максимума 24 цикла солнечной активности. В основу двух использованных модификаций «метода прекурсоров» положена зависимость поведения пятенного магнитного поля от предшествующих вариаций крупномасштабного поля, выражающая собой, по-видимому, действие Омега-эффекта в солнечном динамо. Необходимые соотношения для прогноза получены по авторским 400-летним реконструкциям индексов солнечной и геомагнитной активности [1]. По прогнозу максимум 24 цикла наступит в 2011–2012 гг. и составит 95 ± 10 единиц числа Вольфа.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379), СПбНЦ и программы Президиума РАН № 16.

- [1] Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т. 32, № 5, 2006, с. 382-391.

**Решение «обратной задачи» баланса радиоуглерода:
возможности для описания солнечной активности на
большой временной шкале**

Ю.А. Наговицын

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: nag@gao.spb.ru*

Вариации концентрации радиоуглерода на большой временной шкале, вызванные изменением солнечной активности (СА) и называемые «эффектом Де Врие», уже несколько десятилетий эксплуатируются исследователями с целью выяснения точного хода СА в прошлом. При этом решается «прямая задача»: дрейф радиоуглерода из одного природного резервуара в другой описывается системой уравнений баланса, а подбором разумных значений коэффициентов в уравнениях достигается согласие с экспериментальными данными. Данные модели называются n -резервуарными (n фиксировано и часто выбирается равным 5-6, а иногда — до нескольких десятков). Мы предлагаем решение «обратной задачи» баланса радиоуглерода, когда число резервуаров не фиксируется, а необходимые аппроксимационные процедуры проводятся в пространстве вейвлет-коэффициентов временных серий концентрации радиоуглерода и опорного ряда индекса солнечной активности. Показано, что основная система уравнений баланса может быть сведена к соотношению

$$a(\omega)n(t, \omega) + b(\omega)\dot{n}(t, \omega) = S(t, \omega),$$

где n — концентрация радиоуглерода, S — избранный индекс солнечной активности, a и b — коэффициенты, зависящие от частоты (временного масштаба).

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379), СПбНЦ и программы Президиума РАН № 16.

**Наблюдательные аспекты долгопериодических
колебаний в активных областях Солнца**

Ю.А. Наговицын, Е.Ю. Наговицына

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: nag@gao.spb.ru*

В работе приведена сводка наблюдений долгопериодических колебаний солнечных пятен — явления, изучаемого авторами в течение более 20 лет.

На основе специально разработанной прецизионной методики определения гелиографических координат HELICOR [1] обнаружено, что главный вклад в динамику АО — собственное движение пятен — вносит комплекс пространственных мод квазипериодических колебаний на типичных временных шкалах от десятков минут до нескольких суток [2]. Кроме известных ранее крутильных мод (Гопасюк, 1981), авторами были выявлены радиальные, широтные и долготные колебания [3-10]. Колебания с периодом порядка десятков минут надежно выявлены по трем типам наблюдений: в белом свете (координаты, площадь пятен) [9], в спектральных оптических измерениях (напряженность магнитного поля пятен) [10, 11] и в микроволновом радиодиапазоне (интенсивность и координаты надпятенных радиоисточников) [12]. Типичные периоды крутильных и радиальных колебаний составляют 50 ± 10 мин и 4 ± 2 сут, широтных и долготных — 110 ± 40 мин и 8 ± 2 сут. Указано, что значения периодов крутильных и радиальных мод хорошо описываются в рамках теории А.А. Соловьева (1984, 2005). Приведена также оригинальная схема для теоретической интерпретации явления, описывающая все основные геометрические и временные моды колебаний [13].

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379) и программы Президиума РАН № 16.

- [1] Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю. // Солн. данные, № 11, 1984, с. 76-81; № 12, 1984, с. 54-59; Кинематика и физика небесных тел, т. 12, № 6, 1996, с. 55-64.
- [2] Наговицына Е.Ю. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук, С.-Пб., Пулковое, 1990.
- [3] Наговицына Е.Ю., Наговицын Ю.А. // Солн. данные, № 6, 1986, с. 69-74.
- [4] Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю. // Солн. данные, № 6, 1989, с. 93-98.
- [5] Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т. 23, № 11-12, 1997, с. 859-862.
- [6] Наговицына Е.Ю., Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т. 24, № 7-8, 1998, с. 554-559.
- [7] Nagovitsyna E.Yu., Nagovitsyn Yu.A. // Solar Physics, v. 186, No 1-2, 1999, 193-205.
- [8] Наговицына Е.Ю., Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т. 27, № 2, 2001, с. 144-149.
- [9] Наговицына Е.Ю., Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн., т. 28, № 2, 2002, с. 140-149.

- [10] Borzov V.V., Vialshin G.F., Nagovitsyn Yu.A. // Contrib. Astr. Obs. Skalnat Pleso, v.15, 1986, p.75-85.
- [11] Соловьев А.А., Наговицын Ю.А. // Труды конференции: Солнечная активность как фактор космической погоды, С.-Пб., 2005, с. 593-598.
- [12] Gelfreikh G., Nagovitsyn Yu., Nagovitsyna E. // Publ. Astron. Soc. Japan, v. 58, No 1, 2006, p. 29-35.
- [13] Наговицын Ю.А. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук, С.-Пб., Пулково, 2006.

Динамо в полностью конвективных звездах

С.Н. Нефедов, Д.Д. Соколов

*Физический факультет МГУ, Москва,
E-mail: sokoloff@dds.srcc.msu.su*

Считается, что цикл солнечной активности связан с тем, что в конвективной оболочке Солнца работает механизм динамо, основанный на совместном действии спиральной турбулентности (α -эффект) и дифференциального вращения. Представляется весьма вероятным, что те же генераторы магнитного поля действуют и в полностью конвективных звездах. На этом основании заманчиво утверждать, что цикл активности, связанный с работой динамо, возникает и в полностью конвективных звездах, в частности, в звездах типа T Tauri. Для уверенной оценки этой гипотезы необходимо изучить специфику работы механизма динамо в полностью конвективных звездах. Эта задача до настоящего времени изучалась методами прямого численного моделирования. Проблема, однако, состоит в том, что физические параметры полностью конвективных звезд (например, их дифференциальное вращение) известны несравненно хуже, чем соответствующие параметры Солнца. Поэтому в дополнение к методам прямого численного моделирования хотелось бы получить пусть грубый, но робастный метод исследования динамо. Этот метод должен использовать лишь небольшое число интегральных параметров и выявлять отличия динамо в полностью конвективной звезде от динамо в сферической оболочке (конвективной зоне Солнца). В докладе мы предлагаем такой метод, основанный на аппроксимации уравнений динамо с помощью системы уравнений для нескольких первых мод свободного затухания. Оказывается, что свойства такой системы для тонкой конвективной оболочки и полностью конвективной звезды существенно различны. В частности, волна активности, возбуждаемая в полностью конвективной звезде оказывается практически стоячей, в отличие от солнечной динамо-волны, которая, как показывают теория и наблюдения, является бегущей волной.

Солнечный ветер и магнитные поля Солнца

К.И. Никольская

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Московская обл., E-mail: knikol@izmiran.troitsk.ru

Context. The most surprising result of Ulysses' solar wind observations was the predominance of the fast solar wind (SW) of a stable speed within 750–800 km/s in the quiet Sun epoch at all heliolatitudes beyond the streamer belt over that mainly the slow SW ($V < 500$ km/s) was observed. Within the high activity phases of the 23-th cycle when strong bipolar magnetic fields dominated on the Sun generally slow SW flows were registered at all latitudes with isolated fast streams ($V = 500 - 750$ km/s) connected with coronal holes. Thus, the main finding of Ulysses' SW velocity measurements is that **the fast solar wind outflows with steady velocities 700 – 800 km/s is an immanent phenomenon of the background (quiet) Sun with weak and cold ($T \leq 1.0$ MK) corona and weak closed magnetic fields.** This peculiarity can give clue to the SW mystery.

Aims. To clear up what regions of the quiet Sun are responsible for fast (700 – 800 km/s) SW data of Ulysses' SW velocity monitoring were analyzed together with SXR image, and coronal hole 1083nm maps and solar magnetic field data for June – December 1996 and July 2001 – July 2002 periods.

Results. 1). It was confirmed that the high speed SW flows 700 – 800 km/s expand practically in radial direction.

2). Around activity minimum both polar coronal holes with their open magnetic fields as well as latitude belts with weak background closed magnetic fields between polar CHs and the streamer belt emanate equally high speed SW with velocity 700 – 800 km/s.

Conclusion. Thus, a process of SW formation is under strong control of the solar magnetic fields. Primary plasma flows easily escape through open magnetic configurations and weak closed background magnetic field around activity minimum as high speed SW with 700 – 800 km/s. Outflow small portion trapped by background magnetic fields form weak and cold background corona. Outflows trapped by strong closed magnetic fields of the active regions and streamer belt create bright, dense and extended corona structures.

Глобальное потепление — причины неясны

М.Г. Огурцов^{1,2}

¹ *Физико-Технический институт им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург,
E-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

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

Произведён анализ прямых и косвенных данных о среднеглобальной температуре нижней атмосферы Земли на протяжении 100-1000 последних лет. Показано, что из доступной к настоящему времени информации можно извлечь лишь два бесспорных и надёжных вывода: (а) средняя температура Земли в последние сто лет росла; (б) средняя температура Земли в 20-м веке была высокой, т.е. выше средней за последнее тысячелетие. Определить амплитуду произошедшего потепления трудно, как из-за недостатка информации, так и вследствие расхождений между имеющимися данными, которые особенно заметны с конца 70-х гг 20 в. Соответственно, ответить на вопрос является ли подъём температуры в последнем столетии уникальным и беспрецедентным или сходные потепления уже имели место в прошлом, на сегодня весьма затруднительно. Наиболее вероятными физическими факторами, ответственными за глобальное потепление являются: рост активности Солнца, антропогенная эмиссия парниковых газов, антропогенные изменения поверхности Земли, естественные климатические циклы. Однако, оценить вклад какого-либо из указанных факторов хотя бы приблизительно не представляется возможным.

Прогноз 24-го солнечного цикла с использованием данных солнечной палеоастрофизики

М.Г. Огурцов^{1,2}

¹ *Физико-Технический институт им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург,
E-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

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

Прогноз максимального числа групп солнечных пятен в наступающем 24-м цикле солнечной активности произведён с учётом палеореконструкций активности Солнца, охватывающих более 10 000 последних лет. Показано, что с точки зрения солнечной палеоастрофизики, в 24-м цикле следует ожидать среднюю активность — максимальное число групп пятен вероятно достигнет лишь 68-101.

**Ice-core evidence for increases of stratospheric aerosol
content after solar proton events**

*M.G. Ogurtsov^{1,2}, G.A.M. Dreschhoff³, M. Oinonen⁴,
S. Helama⁵, M. Lindholm⁶, H. Jungner⁴, M. Eronen⁵*

¹*A.F.Ioffe Physico-Technical Institute, St. Petersburg, Russia,
E-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

²*Central Astronomical Observatory at Pulkovo, St. Petersburg, Russia,*

³*University of Kansas, Lawrence, USA, E-mail: giselad@ku.edu*

⁴*University of Helsinki, Dating Laboratory, Finland,
E-mail: markku.j.oinonen@helsinki.fi*

⁵*University of Helsinki, Department of Geology, Finland,
E-mail: samuli.helama@helsinki.fi*

⁶*Finnish Forest Research Institute, Finland,
E-mail: lindholm@joyr.joensuu.fi*

Analysis of the ultra-high resolution records of nitrate (NO₃⁻ ion) concentration and conductivity in ice core retrieved from Central Greenland and spanned time interval 1576-1991 A.D. was performed. It was noted that outstanding peaks of nitrate concentration sometimes are accompanied with the corresponding spikes in conductivity. It was shown that sharp augment of the stratospheric ionization caused by energetic particles of solar proton events is a possible explanation the phenomenon observed. Rise of ionization in stratosphere could both increase the concentration of nitrate precursors NO_x and intensify generation of condensation nuclei, which serve as embryos for aerosol particle growth. Thus enhancement of stratospheric sulfate aerosol might appear almost at the same time as increase of NO_x abundance and, hence, provide simultaneous peaks in nitrate and conductivity time series. Increases of stratospheric aerosol layer after strong solar proton events have been established using lidar observations over the few recent decades. Results of present work testify occurring of these phenomena over much longer time scale (more than four centuries) that give evidence of their fundamentality. Coincidence of nitrate and sulfate peaks in ultra-highly resolved ice records could serve as reliable trigger for jumps in stratospheric ionization over the pre-instrumental epoch.

Эффективное ускорение частиц в солнечных вспышках как маркер стохастических процессов

А.Р. Осокин, М.А. Лившиц, А.В. Белов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Троицк, E-mail: arno@freemil.ru*

Проведен анализ ускорения частиц в протонных событиях, являющихся своеобразным маркером катастрофических событий, для возможного выявления характеристик, общих для случаев эффективного протекания рассматриваемого процесса. Данные по 172 протонным возрастаниям, ассоциированным с компактными и длительными вспышками, демонстрируют выделенный спектр протонов, при этом наличие или отсутствие постэруптивных процессов не влияет на характер спектра. Это свидетельствует о том, что

Эффективное ускорение частиц с энергиями в десятки и сотни МэВ происходит во взрывной фазе примерно одним и тем же образом.

Также получен вывод о том, что дополнительное ускорение мягких протонов происходит на постэруптивной фазе вспышек, и это становится заметным в некоторых событиях при слабой взрывной фазе или ее отсутствии в результате дестабилизации крупномасштабной магнитной конфигурации в короне.

Выброс корональной массы 27 апреля 2003 г. и эволюция активной области NOAA 10338 по наблюдениям на микроволнах

*Н.Г. Петерова¹, Н.Н. Кардаполова², Т.П. Борисевич³,
С.Н. Лесовой²*

¹ *СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: peterova@yandex.ru*

² *ИСЗФ СО РАН, Иркутск, E-mail: kard@iszf.irk.ru, lesovoi@iszf.irk.ru*

³ *ГАО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: btp@gao.spb.ru*

Исследуется выброс корональной массы, генетически связанный с активной областью NOAA 10338. Поведение активной области за время прохождения по диску до рассматриваемого события 27 апреля 2003 г. имеет ряд особенностей. Показано, что в квазиспокойном состоянии (вне вспышек и корональных выбросов массы) отличительной чертой источника медленно меняющейся компоненты микроволнового излучения, расположенного в короне над активной областью, является повышенная яркость излучения, наблюдавшаяся в течение нескольких суток. В большинстве

случаев корональные выбросы массы ассоциируются с безмянными эруптивными протуберанцами и не имеют отождествления с конкретной активной областью. Отличительной чертой корональных выбросов массы, по происхождению связанных с определенной активной областью, является более сложное поведение и большие (в 1.3–1.5 раза) яркостные температуры.

Генерация солнечных магнитных полей в $\alpha\Omega \times J$ динамо

В.В. Пипин

Институт солнечной-земной физики, Иркутск,

E-mail: pip@iszf.irk.ru

Рассматривается механизм солнечного динамо, основанный на генерации крупномасштабных магнитных полей за счет комбинированного действия циклонических течений (α -эффект), дифференциального вращения (Ω -эффект) и неоднородности крупномасштабных магнитных полей (J -эффект). Представлены результаты численной модели, построенной с учетом современных данных о дифференциальном вращении конвективной зоны и интенсивности конвективных течений в солнечных недрах. Показано, что при разумном выборе параметров, характеризующих мощность генерации полей в α и $\Omega \times J$ механизмах, можно получить колебательный режим динамо близкий по своим характеристикам к 22-летнему циклу магнитной активности Солнца. Проанализировано нелинейное насыщение эффектов генерации в крупномасштабном магнитном поле, обусловленное, как магнитными напряжениями так и сохранением магнитной спиральности. Показано, что учет спиральности мелкомасштабных магнитных полей имеет решающее значение в ограничении роста энергии генерируемого крупномасштабного магнитного поля.

Численное трехмерное моделирование над активной областью в предвспышечном состоянии

А.И. Подгорный¹, И.М. Подгорный²

¹*Физический Институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия,
E-mail: podgorny@fian.fian.dns.mipt.ru*

²*Институт Астрономии РАН, Москва, Россия,
E-mail: podgorny@inasan.rssi.ru*

Результаты численного моделирования динамики магнитного поля указывают на образование токового слоя над активной областью, а распад слоя должен вызвать диссипацию накопленной магнитной энергии и нагревание плотного образования плазмы над магнитной петлей активной области. Такой сценарий вспышки находится в согласии с рентгеновскими измерениями на космических аппаратах и радиотелескопах. Для МГД моделирования аккумуляции энергии в поле токового слоя в качестве граничных условий впервые используются непосредственно карты фотосферного магнитного поля, снимаемые в течение трех дней перед вспышкой. Для вычисления потенциального поля использовались данные измерений SOHO MDI компоненты поля вдоль луча зрения. Это потенциальное поле позволяло найти три компоненты магнитного поля на фотосфере в каждый момент времени. Используемый метод обеспечивал задание всех особенностей фотосферного магнитного поля значительно точнее, чем при аппроксимации поля локальными источниками (диполями или зарядами). Главная трудность моделирования связана с развитием численной неустойчивости на фотосферной границе домена. Для ее подавления была разработана абсолютно неявная схема, консервативная относительно магнитного потока, которая реализована в программе ПЕРЕСВЕТ. Влияние на расчет нефотосферной границы, где имеется определенных произвол в задании граничных условий, исследовалось расчетами в доменах различных размеров. Обсуждаются трудности, которые возникают из-за численной вязкости при расчете в реальном времени. Рассмотрена возможность сокращения времени расчета. МГД расчеты показали образование нескольких токовых слоев в окрестностях особых линий области AR 0365. Эти токовые слои могут вызвать взрывное выделение энергии, регистрируемое в различных спектральных диапазонах, и дать серию вспышек 26 и 27 мая 2003 г.

**Механизм солнечной вспышки, основанный на
численном МГД моделировании
и наблюдательных данных**

И.М. Подгорный¹, А.И. Подгорный²

¹*Институт Астрономии РАН, Москва, Россия,
E-mail: podgorny@inasan.rssi.ru*

²*Физический Институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия,
E-mail: podgorny@fian.fiandns.mipt.ru*

Измерения в видимом и ультрафиолетовом излучениях не позволяют получить надежную информацию о вспышечных процессах на Солнце, происходящих при температуре в несколько кэВ. Новые данные, полученные на космических аппаратах из рентгеновских измерений, показали взрывное выделение энергии над магнитной аркой активной области там, где численное МГД моделирование предсказывает возникновение токового слоя. Причем вычисленная энергия, запасаемая в магнитном поле токового слоя достаточна для вспышки и коронального выброса. Практически одновременно с быстрым нагревом плазмы в короне возникают центры жесткого рентгеновского излучения в основаниях петли, вызванного высыпавшимися на поверхность Солнца электронами. В этих же местах наблюдаются и вспышечные ленты. Механизм генерации высыпавшихся электронов аналогичен механизму ускорения электронов в продольных токах, который ответственен за полярные сияния на Земле, но характеризуется более мощной энергетикой. Независимым подтверждением появления над активной областью в момент вспышки плотного плазменного образования (токового слоя) является открытие на радиотелескопе Феникс-2 сплошного высокочастотного спектра, возникающего в момент вспышки и простирающегося от 1 ГГц в сторону коротких волн. Трехмерное численное МГД моделирование с использованием карт динамики фотосферного магнитного поля перед вспышкой продемонстрировало образование токового слоя над активной областью. При этом появление магнитного жгута, выброс которого часто рассматривается в теории, как причина коронального выброса, обнаружен не был. Все эти данные подтверждают сценарий вспышки, описываемый электродинамической моделью.

Влияние меридиональной циркуляции на солнечное динамо

Е.П. Попова, Д.Д. Соколов

¹ *Физический факультет МГУ, Москва,
E-mail: popovaelp@phys.msu.ru, sokoloff@dds.srcc.msu.su*

Считается, что цикл солнечной активности связан с тем, что в конвективной оболочке Солнца работает механизм динамо, основанный на совместном действии спиральной турбулентности (α -эффект) и дифференциального вращения. В то же время простые оценки, основанные на этих соображениях, дают существенно более короткий цикл, чем реально наблюдаемый на Солнце. Одной из возможностей разрешить это противоречие является привлечение меридиональной циркуляции. Представляется естественным, что наличие потока вещества, направленный против движения динамо-волны, удлиняет цикл. Накопленный опыт численного моделирования поддерживает это представление. Есть определенные наблюдательные свидетельства о наличии меридиональных потоков на Солнце. Проблема, однако, в том, что наблюдательные и теоретические данные о таких потоках достаточно неопределенны. Поэтому желательно подкрепить опыт численного моделирования изучением пусть грубой, но явно решаемой аналитической задачи. В настоящем докладе мы представляем решение такой задачи. Она основана на включении членов с меридиональной циркуляцией в уравнения динамо Паркера. Оказывается, что в этом случае действительно можно отвлечься от деталей строения поля циркуляции и ограничиться рассмотрением динамо-волны недалеке от области наиболее интенсивной генерации. Циркуляция действительно удлиняет цикл, однако она не может, как следует из решения, обратить направление распространения волны. Пожалуй, наиболее интересным оказалось наличие в решении параметрической области, в которой скорость движения волны в достаточно широком диапазоне параметров существенно меньше типичного значения скорости ее распространения. Это значит, что обнаруживается область в пространстве параметров солнечного динамо, в которой можно существенно (скажем, на порядок) увеличить длину цикла, причем такое удлинение не связано с точным подбором скорости циркуляции. Другими словами, удлинение цикла с помощью циркуляции перестает выглядеть как результат случайного совпадения по величине противоположно направленных скорости распространения динамо-волны и скорости циркуляции.

Характеристики солнечных полярных лучей по наблюдениям на SOHO

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

Государственный астрономический институт им.

П.К. Штернберга, ГАИШ МГУ, Москва,

E-mail: yakunina@sai.msu.ru

Приводится краткий обзор результатов наблюдений солнечных полярных лучей на инструментах UVCS, SUMER и EIT SOHO в период минимума солнечной активности. Рассматриваются такие параметры как плотность, температура, скорости потоков плазмы, доплеровские полуширины спектральных линий, а также геометрия лучей и связь с магнитным полем.

Основания лучей имеют тенденцию располагаться не у самых полюсов Солнца, а в полосе, отстоящей по широте на $5^\circ - 20^\circ$. Согласно наблюдениям физические характеристики плазмы внутри лучей и в промежутках между ними заметно различаются. Эти различия уменьшаются с высотой и на гелиоцентрических расстояниях в несколько $R_\odot$ практически исчезают.

Имеются некоторые противоречия между различными результатами. Сравнение теоретических профилей линий, рассчитанных в рамках разных моделей, с наблюдаемыми позволяет точнее определить динамические свойства плазмы внутри полярных лучей.

Используются результаты публикаций в научных журналах.

Оценка продолжительности распространения возмущения от Солнца к Земле

В.С. Прокудина¹, Ю.И. Ермолаев²

¹ *ГАИШ, МГУ, Москва, Россия, E-mail: prok@sai.msu.ru*

² *ИКИ, РАН, Москва, Россия*

Изучаются условия распространения возмущения от солнечных вспышек в межпланетной среде. Анализируется несколько мощных геоэффективных вспышек, наблюдаемых в различных энергетических диапазонах.

Начало формирования возмущения на Солнце определяется по моменту максимума жесткого рентгеновского излучения и микроволнового радиоизлучения (с учетом оптических данных и свойств корональных транзиентов), когда наблюдается максимальное энерговыделение во вспышке.

Приход возмущения к Земле определяется по **Sc**-внезапному началу и свойствам солнечного ветра.

Оценивается время распространения возмущения и скорость для ряда геоэффективных событий, а также анализируются особенности распространения энергичных частиц от этих вспышек.

Краткосрочный прогноз мощных солнечных вспышек по наблюдениям ультрафиолетового излучения активных областей

Д.В. Просовецкий

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,

E-mail: proso@iszf.irk.ru

В докладе рассмотрены изменения ультрафиолетового излучения систем корональных петель предвспышечных активных областей. Исследовалось изменение интенсивности излучения атмосферы активных областей (АО), давших вспышки рентгеновского балла больше M1.0 начиная с сентября 2005 г. по февраль-декабрь 2006 г. в линии Fe XII 195 Å по данным инструмента SOHO/EIT.

Для выявления характеристик для каждой АО исследовались разностные временные ряды, составленные из соседних изображений ультрафиолетового излучения активной области. Отрицательные и положительные значения разностных изображений соответствуют убывающему и растущему потоку излучения на двух соседних изображениях АО. В результате изучения полученных временных рядов было выявлено, что за 5-10 часов до вспышки в системах петель, связанных с вспышечноопасной активной областью, наблюдаются возмущения потока ультрафиолетового излучения с периодической пространственно-временной структурой. При этом участки уменьшающегося и растущего потока излучения сдвигались по направлению к внешним слоям активной области поперек силовых линий магнитного поля, связанного с арочными структурами. В спокойных АО, исследовавшихся для сравнения, где присутствовали изменения потока излучения, не наблюдалось существенного их сдвига.

В результате дальнейшего изучения изменений потока излучения удалось установить квазипериодический его характер. При этом период колебаний составил 14-60 минут, фаза колебаний была одинакова вдоль выделенной корональной арки системы петель АО. Учитывая то, что поток излучения в линии Fe XII 195 Å пропорционален плотности плазмы, можно предположить, что зарегистрированные предвспышечные колебания в

системах петель АО представляют собой волны плотности, распространяющиеся со скоростями 10-90 км/с.

Подобные изменения атмосферы предвспышечных АО регистрировались за несколько часов до всех зарегистрированных вспышек, в т.ч. за лимбом Солнца, и не имели существенного отражения в потоке рентгеновского излучения. Таким образом, колебания плотности в арочных структурах АО позволяют прогнозировать мощные вспышки в них за несколько часов до их начала.

Структура волнового потока в корональных дырах

Д.В. Просовецкий, С.М. Кузнецова, А.Г. Обухов

*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
E-mail: proso@iszf.irk.ru*

Структура корональных дыр (КД) не является однородной по высоте. На это указывает наличие повышенного микроволнового излучения КД на высотах хромосферы [1] и пониженного на высотах нижней короны [2]. Такое излучение корональных дыр можно объяснить в рамках диссипации волнового потока, выходящего из подфотосферных слоев [2, 3]. Моделирование структуры атмосферы КД не дает однозначного результата. С одной стороны, волновой поток может нагревать плазму хромосферы и переходной области, с другой — не объясняет всех особенностей излучения КД [4]. Причиной этого служит неопределенность граничных условий модели.

Высотную структуру КД отражают спектральные наблюдения на различных частотах излучения. В докладе сопоставляются данные наблюдений микроволнового излучения КД в хромосфере и нижней короне и их спектральных наблюдения по измерениям спектра ультрафиолетового излучения инструмента SUMER спутника SOHO.

В результате изучения данных наблюдений обнаружено соответствие особенностей излучения КД на частотах 17, 5.7 ГГц и в спектральных линиях, формирующихся при температурах 20000 и 450000 К. С использованием ультрафиолетовых спектральных наблюдений получены значения волнового потока на высотах хромосферы, переходной области и нижней короны. Найдено, что при определенных значениях ионной концентрации N_i и ионной температуры T_i на нижних уровнях атмосферы КД возникают повышенные значения рассеяния волнового потока. С использованием результатов наблюдений уточнена модель атмосферы корональной дыры.

- [1] T. Moran, N. Gopalswamy, I.E. Dammasch, K. Wilhelm // *Astronomy and Astrophysics*, 2001, v.378, pp. 1037-1045.
- [2] B.B. Krissinel, S.M. Kuznetsova, V.P. Maksimov et al // *PASJ*, v.52, pp. 909-917.
- [3] V.P. Maksimov, D.V. Prosovetsky, V.V. Grechnev et al // *PASJ*, Vol.58, No.1, pp. 1-10.
- [4] Z. Aihua, F. Daxiong, W. Jianmin, L. Chunmei // *Adv. Space Res.*, 1989, Vol. 9, p. 33.

**Результаты телекоммуникационного разноширотного
гелиомедицинского мониторинга 2006-2007 гг.
по изучению влияния космической погоды
на сердечно-сосудистую систему человека**

**М.В. Рагульская¹, В.Н. Обридко¹, В.В. Вишневский²,
С.Н. Самсонов³**

¹ *ИЗМИ РАН им. Н.В. Пушкова, г. Троицк, E-mail: mary@izmiran.ru*

² *Институт проблем математических машин и систем НАН
Украины, г. Киев*

³ *ИКФИА им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск*

Создана распределенная телекоммуникационная сеть научных центров длительного мониторинга физиологических параметров организма человека и окружающей среды, работающих на едином оборудовании и по единому протоколу исследований с он-лайн регистрацией текущих данных на едином порталном сервере (Москва, Санкт-Петербург, Киев, Симферополь, Якутск, Ханты-Мансийск). Проведенный в 2006-2007 гг. одновременный для различных городов, гелиомедицинский мониторинг позволил собрать единую для всех городов-участников Интернет-базу данных более 200 000 измерений, отражающих временную и пространственную динамику изменений параметров сердечной деятельности организма человека в различных регионах России и Украины.

Повышение объективности и углубление понимания происходящих процессов для биомедицинских экспериментов возможно путем введения дополнительных системных координат: **временной** (проведение длительного мониторинга на группе обследуемых постоянного состава) и **пространственной** (создание распределенной по поверхности земного шара

телекоммуникационной сети съема первоначальной информации). Одновременное использование телекоммуникационного и мониторингового методов, впервые реализованное для нужд научно-исследовательского биомедицинского эксперимента именно в представляемой работе, позволило:

1) Разнести в пространстве и времени изучение биотропного влияния локальных и глобальных факторов внешней среды, таких как атмосферное давление, температура, длина светового дня, уровень инсоляции (**локальные факторы**) и параметры комической погоды, вариации геомагнитного поля земли и космических лучей (**общепланетарные факторы**).

2) Реализовать независимый от экспериментатора сбор первоначальных данных и автоматический независимый внешний аудит этих данных в режиме он-лайн.

3) Существенно увеличить соотношение сигнал-шум в полученных рядах биомедицинских данных. Выявить временную динамику наблюдаемых индивидуальных и коллективных эффектов. Выявить пространственные эффекты и общепланетарную геофизическую природу динамики выявленных аномальных отклонений биомедицинских данных.

Во всех мониторинговых группах проводилась ежедневная 4-х кратная регистрация и анализ ЭКГ в фазовом пространстве в состояниях покоя, после стандартизованного психотеста, пробы Руфье и после 10 мин отдыха от нагрузки; а также регистрация артериального давления в перечисленных состояниях.

Анализ полученных рядов данных показал, что *во временной окрестности изолированной магнитной бури существуют однонаправленные изменения параметров сердечной деятельности, наблюдаемые одновременно по всем городам*. Адаптационное изменение функционального состояния происходит в 2 этапа:

А) За день до начала магнитной бури при воздействии дополнительной физической нагрузки у большинства обследуемых наблюдается смена режимов управления сердечной деятельностью с нормального на стрессовый (общий эффект для всех групп и обследуемых).

Б) Следом за этим непосредственно в день магнитной бури наблюдается патологическое **изменение амплитуды** измеряемых параметров; тип изменений зависит от индивидуальных особенностей и компенсаторных возможностей конкретного человека.

Необходимо подчеркнуть, что достоверный эффект одновременных выбросов физиологических параметров в различных городах наблюдается только при совместном влиянии резких вариаций космофизических факторов и нескольких типов внешней нагрузки (**синергетический эффект**) и максимально полно проявляется у здоровых людей. Максимальный амплитудный эффект наблюдается на обследуемых мужского пола с мини-

мальной степени хаотичности фоновых физиологических параметров в состоянии покоя.

Работа поддержана грантом Президиума РАН «Фундаментальные науки — медицине».

**Воздействие долговременной солнечной активности
на внутренние климатические изменения
в системе атмосфера-океан**

О.М. Распопов¹, В.А. Дергачев²

¹ *Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Санкт-Петербург, Россия, E-mail: oleg@or6074.spb.edu*

² *Физико-Технический институт им. А.Ф. Иоффе,
Санкт-Петербург, Россия, E-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru*

Анализ воздействия вариаций солнечной активности на климатические процессы на больших временных масштабах свидетельствует об эффективности влияния её долговременной цикличности, таких как 200 и 2300–2400-летних циклов, установленных по космогенным изотопам, на резкие климатические изменения. Даже для сравнительно теплого климата последних 10 тысяч лет прослеживается тенденция к похолоданию климата при глубоких минимумах солнечной активности. Вместе с тем, долговременное солнечное воздействие на климат проявляется не только как внешний фактор за счет вариаций солнечной иррадиации на систему атмосфера-океан, но и как стимулятор внутренних процессов в системе, которые, в свою очередь, могут приводить к резким климатическим изменениям. Значительные по своему масштабу резкие климатические колебания — потепления и последующие похолодания (Dansgaard-Oeschger циклы), выделяются в данных кернов гренландского льда для интервала 60–20 тыс. лет назад. Их связывают с массовым сбросом ледовых масс в Северную Атлантику. Проведенный сравнительный анализ развития Dansgaard-Oeschger событий и вариаций солнечной активности (изменение концентрации ^{10}Be в гренландском льду) свидетельствует о синхронности развития названных климатических и солнечных событий. Очевидно, что сброс ледовых масс стимулируется повышением температуры окружающей среды и, следовательно, связан с низким уровнем солнечной активности. Таким образом, не только высокий, но и низкий уровень солнечной активности служил, в прошлом, стимулятором резких климатических изменений.

Статистика отказов ИСЗ и экстремальные события космической погоды

Н.В. Романова¹, Н.Г. Макаренко²

¹ *Институт физики Земли РАН, Москва, E-mail: runatka@mail.ru*

² *Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
E-mail: ng-makar@mail.ru*

Недавние исследования показали, что большая часть отказов ИСЗ вызваны экстремальными условиями космической радиации вблизи Земли [1].

В этой работе изучалась статистика интервалов рекуррентности для отказов в функционировании космических аппаратов. Известно, что величина обратная времени рекуррентности, согласно теореме Каца, пропорциональна эргодической мере интервалов [2] и, следовательно, важна для стохастического прогноза. Мы анализировали базы данных Национального Центра Геофизических Данных США и Российского космического агентства, содержащие сведения об отказах, произошедших в интервал времени с 1971 по 1995 год. Было обнаружено, плотность вероятности интервалов рекуррентности подчиняется масштабно-инвариантному (степенному) закону типа Парето, с показателем $\alpha = 1.3$. Полученный результат согласуется как с теорией нормальных катастроф, так и с принципом самоорганизации критичности для метастабильной активной неоднородной среды. Заметим, что такие законы известны и для пороговых значений геомагнитных индексов. Это обстоятельство указывает на универсальность степенного скейлинга для широкого класса нестационарных процессов.

Практическое следствие полученного результата состоит в том, прогноз экстремальных событий не может опираться на традиционные модели с Пирсоновской статистикой второго порядка.

Работа поддержана грантом для молодых ученых INTAS YSF 05-109-4661.

[1] Пилипенко В.А., Романова Н.В., Чиженков В.А. // Известия МГУ, 2006, 14, с.93

[2] A. Bunde et al. // Physica A, 2003, v.330, p.1

**Роль низкочастотной волновой активности солнечного
ветра и магнитосферы в изменениях космической
погоды**

Н.В. Романова, В.А. Пилипенко

Институт физики Земли РАН, Москва, E-mail: runatka@mail.ru

В работе проанализирована связь между физическими параметрами солнечного ветра, межпланетного магнитного поля и процессами, происходящими в магнитосфере. Помимо стандартных часовых значений параметров межпланетной среды и геомагнитных индексов, были использованы новые УНЧ индексы, характеризующие спектральную мощность пульсаций геомагнитного и межпланетного полей и плазмы солнечного ветра в диапазоне Pc5 (2–8 мГц). Индексы рассчитываются по данным глобальной сети магнитных станций, 3-компонентных измерений ММП на спутниках WIND, ACE, и геостационарных спутников GOES. В работе обсуждается влияние УНЧ волновой активности солнечного ветра на состояние магнитосферы, связь волновых и суббуревых возмущений и др.

Отдельное внимание уделяется рассмотрению механизмов возможного ускорения электронов до релятивистских энергий за счет их взаимодействия с УНЧ волнами. Высокоэнергичные электроны являются одним из основных факторов космической погоды, негативно влияющим на работу высокоорбитальных ИСЗ.

Были исследованы статистические связи между пульсациями и вариациями электронов с энергией от сотен кэВ до нескольких МэВ в магнитосфере Земли. Показано, что возрастание потоков высокоэнергичных электронов в магнитосфере происходит в течение 2-х суток после увеличения уровня УНЧ пульсаций. Кроме того, показано, что в ускорении электронов УНЧ волнами проявляется кумулятивный эффект, то есть значение имеют не мгновенные, а устойчиво существующие в течение нескольких дней волновые возмущения.

Работа поддержана грантом для молодых ученых INTAS YSF 05-109-4661.

Динамика скрученных магнитных петель и механизм формирования СМЕ

А.А. Соловьев

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Корональные выбросы массы — одно из наиболее геоэффективных проявлений солнечной активности — представляет собою яркие динамические процессы, обусловленные квазирадialным движением неравно-весных скрученных магнитных трубок (магнитных жгутов) в солнечной атмосфере.

Основное свойство магнитных жгутов в космической плазме состоит в экранированности их электрического тока: полный продольный ток по сечению магнитного жгута равен нулю. Учет этого свойства радикально меняет условия равновесия и динамику системы в целом.

Рассмотрен, согласно работе [1], динамический выброс слабоскрученной магнитной петли в квазипродольном внешнем магнитном поле. Модель показывает, что существует два режима движения вершины магнитной петли: ускорение до альвеновской скорости и торможение до полной остановки.

Показано, что уже при слабой (около 0.07) интегральной скрученности петли (это отношение средней по сечению энергии азимутального поля к соответствующей величине для продольного компонента) формируется финитный выброс с высотой подъема около 100 тыс. км. Предсказанные теоретически динамические зависимости хорошо соответствуют наблюдениям одного из типичных финитных выбросов, наблюдавшихся УФ телескопом КА TRACE.

[1] Соловьев А.А. Астрофизика. т.23, № 2, С. 393-408, 1985.

Солнечное пятно как колебательная система

А.А. Соловьев, Е.А. Киричек

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Солнечное пятно — четко локализованный, резко выделенный на фоне окружающей фотосферы, отчетливо структурированный и долгоживущий объект. Из этого общего определения следует, что пятно, как обособленный объект, находится в состоянии равновесия с окружающей средой и

это состояние — устойчиво. Вследствие неизбежных возмущений со стороны турбулентной внешней среды пятно должно испытывать колебания около данного положения равновесия. Эти колебания должны носить глобальный характер: при них сохраняется общая структура пятна (тень-полутень), но меняются его геометрические размеры, в частности, радиус тени, и такой определяющий параметр как средняя по сечению напряженность магнитного поля в наблюдаемых слоях пятна.

Важнейшей характеристикой общей структуры солнечного пятна является глубина его нижней магнитной границы L — того подфотосферного слоя, начиная с которого вертикальная магнитная силовая трубка, образующая пятно, начинает резко расширяться вниз и приобретает диффузную размытую форму. Ниже этого уровня плотность энергии магнитного поля становится пренебрежимо малой. Таким образом, солнечное пятно оказывается локальной магнитной структурой, четко ограниченной не только с боковых сторон, но и снизу.

Впервые глубина нижней магнитной границы пятна была рассчитана в 1984 г. в [1] на основе анализа крутильных колебаний пятен в биполярной группе (было получено, что $L = 3.2$ тысячи км). В том же году в работе [2] были рассмотрены уже не крутильные, а вертикально-радиальные колебания солнечного пятна как целого и показано, что если принять для L предельно малую величину в 1-1.5 тысячи км, то период таких глобальных колебаний составит всего несколько минут. Если же выбирать L в пределах 3-4 тысяч км, как того требует механическая модель крутильных колебаний, то вследствие быстрого нарастания плотности с глубиной эффективная масса пятна быстро увеличивается, и период вертикально-радиальных колебаний возрастает до 30–200 минут ([3], табл.2), что полностью соответствует интервалу реально наблюдаемых колебаний пятна.

Малая глубина нижней границы солнечного пятна, предсказанная и рассчитанная теоретически в [1, 2, 3], сегодня бесспорно подтверждена данными локальной гелиосейсмологии ([4] и др.), а теоретическая модель, описывающая колебания солнечного пятна как целого, получила дальнейшее свое развитие [5].

В настоящей работе обсуждаются наиболее характерные особенности этой колебательной модели пятна, физический смысл полученных зависимостей и некоторые варианты основной модели. Проводится сопоставление теоретических результатов с данными последних наблюдений.

- [1] Соловьев А.А. Солнечные данные, № 1. С.73–78. 1984.
- [2] Соловьев А.А. Астрон. журнал, т.61, вып.4, С.764–770. 1984.

- [3] Соловьев А.А. Диссерт. на соискание уч. ст. доктора физ.-мат. наук «Теоретические исследования магнитной структуры солнечных пятен». ИЗМИРАН, март 1992 г.
- [4] Zhao J., Kosovichev A.G., Duval T.L. *Astrophys. J.* v.557, P.384–388. 2001.
- [5] Соловьев А.А., Киричек Е.А. Труды X Пулковской конференции по физике Солнца, СПб, Пулково, 2006. С.49–72.

Переполюсовка магнитного поля Солнца как решение диффузионной задачи

А.А. Соловьев¹, Г.В. Семидоцкий²

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

² Санкт-Петербургский государственный университет

Работа выполнена в развитие диффузионно-релаксационной модели солнечного магнитного цикла [1, 2], согласно которой наблюдаемая совокупность явлений солнечной активности есть следствие диффузионного выхода на поверхность Солнца магнитных полей единой диссипативной структуры, образующейся в конвективной зоне Солнца с периодичностью около 22 лет и необратимо уходящей в межпланетное пространство.

В данной работе на основе численного решения диффузионной задачи описывается процесс переполюсовки глобального (полоидального) магнитного поля Солнца.

- [1] Соловьев А.А. Киричек Е.А. Диффузионная теория солнечного магнитного цикла. Калмыцкий ГУ – ГАО РАН, 2004. – 181 с.
- [2] Соловьев А.А. Киричек Е.А. Известия РАН. Сер. Физ. 2006. т.70. № 10, С.1433-1435.

**Вариации концентрации стратосферного аэрозоля в
ходе солнечных протонных событий января 2005 года
по данным GOMOS**

***В.Ф. Софиева¹, С.В. Веретененко², Л.С. Ивлев³,
the GOMOS team^{1,4,5,6,7,8}***

¹ *Финский метеорологический институт, Хельсинки, Финляндия,
E-mail: viktorja.sofieva@fmi.fi*

² *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: SvetaVeretenenko@mail.ru*

³ *Санкт-Петербургский государственный университет,
С.-Петербург, E-mail: lev@aero.phys.spbu.ru*

⁴ *Service d'Aeronomie, France*

⁵ *IASB, Belgium*

⁶ *ACRI-ST, France*

⁷ *ESA/ESRIN, Italy*

⁸ *ESA/ESTEC, Netherlands*

Приводятся результаты наблюдений аэрозольной концентрации и температуры в январе 2005 г. по данным инструмента GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars), установленного на спутнике Envisat. Обнаружено заметное увеличение концентрации стратосферного аэрозоля в высоких широтах (72°N) во время солнечных протонных событий 15, 16, 17 января, сопровождавшихся возрастанием потока частиц в диапазоне 165-500 МэВ, и 20 января (Ground Level Enhancement). Мы предполагаем, что наблюдаемое увеличение аэрозольной концентрации может быть обусловлено влиянием изменений скорости стратосферной ионизации в связи с рассматриваемыми событиями.

**Автоматизированное восстановление поля скорости на
поверхности конвективной оболочки Солнца
по магнитограммам**

М.С. Складенко, А.Г. Ястребов

*Пермский государственный университет, Пермь,
E-mail: maxskl@mail.ru*

В работе предложен метод реконструкции двумерного поля скорости на поверхности конвективной оболочки Солнца по магнитограммам [1].

В качестве исходных данных были использованы SOHO/MDI магнитограммы. На магнитограммах отображается интенсивность z-компоненты напряженности магнитного поля. В областях высокой интенсивности магнитного поля происходит подавление восходящих конвективных потоков горячей плазмы, что приводит к понижению температуры поверхности и возникновению темных пятен. Нами принято допущение, что пятна (магнитное поле) движутся вместе со средой и служат трассерами скорости на поверхности конвективной оболочки.

Предлагаемый метод расчета поля скорости основан на выделении пар эволюционирующих трассеров на соседних по времени магнитограммах. Смещение характерных точек трассеров сопоставляется смещению точек среды. При расчете поля скорости учитывается, что трассеры участвуют в двух движениях: перемещению по диску вследствие вращения Солнца вокруг своей оси и локальном турбулентном движении, которое и представляет интерес. Ниже приведено краткое описание основных этапов предлагаемого метода:

1) На исходной магнитограмме выделяется исследуемая прямоугольная область (сегмент).

2) На следующей магнитограмме осуществляется поиск области, наиболее коррелирующей с исходной.

3) По трассерам восстанавливается поле скорости в системе координат, связанной с сегментом. Трассеры выделяются по двум порогам яркости пикселей. На двух соседних магнитограммах идентифицируются пары трассеров. Трассер при движении меняет свою форму и размер, поэтому этап идентификации пар трассеров представляется наиболее сложным. Для идентификации трассеру сопоставляется вектор (g_1, g_2, g_3) , характеризующий геометрию трассера:

$$g_1 = (M_{20} + M_{02})^3, \quad g_2 = ((M_{20} - M_{02})^2 + 4M_{11}^2)^{3/2},$$

$$g_3 = (M_{30} - 3M_{12})^2 + (3M_{21} - M_{03})^2,$$

где $M_{pq} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^p (y_i - \bar{y})^q$ - центральные моменты трассера. Наиболее похожи те трассеры, векторные коды которых соответствуют наиболее близким точкам в пространстве G. Как показали эксперименты, образование пар трассеров из наиболее похожих друг на друга трассеров ведет к перепутыванию трассеров из-за значительного искажения их формы на соседних фотографиях. Это, в свою очередь, приводит к появлению ошибочных векторов скорости. Для уменьшения количества ошибочных пар трассеров предложено два метода. Первый метод основан на рекурсивном переборе всевозможных вариантов комбинаций пар похожих трассеров (сходство которых превышает некоторый заданный порог) с последующим выбором наилучшего варианта. Используются следующие

критерии, характеризующие качество варианта: максимальность среднего сходства или минимальность дисперсии сходства. Второй метод основан на сопоставлении трассеру ближайшего из похожих трассеров (сходство которых превышает некоторый заданный порог). Если расстояние между трассерами превышает допустимый порог, то трассеры не образуют пары. Второй метод позволяет свести к минимуму число ложных пар трассеров, и оказывается более точным и быстрым в сравнении с первым методом. В случае применения более сложных критериев качества варианта комбинаций пар трассеров первый метод может оказаться более точным в сравнении со вторым методом. Например, целесообразно вместо критериев качества варианта комбинаций пар трассеров ввести критерий качества восстановленного по данным парам поля скорости.

4) Поле скорости пересчитывается с учетом поправки на вращение Солнца вокруг своей оси (дифференциальное вращение не учитывается, используется модель вращающейся сферы). Пусть $\vec{V}^{(i,j)}(x, y)$ — восстановленное поле скорости в системе координат сегмента исходной магнитограммы (где i, j — координаты левого верхнего угла сегмента на исходной магнитограмме в системе координат, связанной с левым верхним углом магнитограммы). Пусть $\vec{\mathcal{V}}^{(i,j)}(x, y)$ — поле скорости с учетом поправки на вращение, тогда справедливо следующее преобразование:

$$\vec{\mathcal{V}}^{(i,j)}(x, y) = \vec{V}^{(i,j)}(x, y) + \frac{(i_n - i)\Delta s}{\Delta t} \vec{e}_x - \vec{V}_C,$$

где $\vec{V}_C = \vec{V}_0 \sin \varphi \cos \Theta$, i_n — абсцисса левого верхнего угла сегмента на следующей магнитограмме, $\Delta s, \Delta t$ — множители, учитывающие масштабы расстояния и времени, $\vec{e}_x$ — орт оси x , $\vec{V}_0 = 1.8557$ [км/с] $\vec{e}_x$, φ и Θ — азимутальный и полярный углы в точке $(x + i, y + i)$.

5) Полученные по парам соседних магнитограмм поля скорости усредняются, затем среднее поле скорости сглаживается фильтром Шапиро и визуализируется.

Описанный алгоритм реализован в виде программы, позволяющей автоматизировать процесс восстановления двумерного поля скорости.

- [1] Складенко М.С., Фрик П.Г., Ястребов А.Г. Реконструкция поля скорости по распределенным трассерам // Вычислительные методы и программирование, МГУ, Москва, Том 7, 2006, с.41-46.

Длительность расширенных циклов солнечной активности и амплитуда циклов солнечных пятен

А.Г. Тлатов

Кисловодская Горная станция ГАО РАН, E-mail: solar@narzan.com

Рассмотрена длительность расширенных циклов активности, которая отсчитывается от момента переполюсовки крупномасштабного магнитного поля на высоких широтах в цикле n до момента минимума цикла солнечных пятен $n + 2$. Установлена связь между длительностью циклов и его амплитудой. Введена длительность «скрытого» периода развития цикла активности между моментом переполюсовки в цикле n до минимума цикла пятен $n + 1$. Показано, что скрытый период развития цикла связан с амплитудой последующего цикла солнечных пятен и может использоваться для прогноза уровня и момента наступления максимума активности пятен. Выполнен прогноз 24-го цикла активности. Рассмотрены долговременные изменения длительности расширенных циклов и их связь с долговременными изменениями климата.

О возможности прогноза амплитуды солнечных пятен на два 11-летних цикла вперед

А.Г. Тлатов

Кисловодская Горная станция ГАО РАН, E-mail: solar@megalog.ru

Предложен параметр G , характеризующий солнечную активность в эпоху минимума, который определяется из общего числа групп Ng солнечных пятен по данным ежедневных наблюдений.

Данный параметр имеет максимум в эпоху близкую к минимуму активности солнечных пятен. По данным ряда групп солнечных пятен по наблюдениям в Гринвиче, и продолженному до настоящего времени и данным наблюдений на ГАС ГАО, реконструировано изменение параметра G за период около 100 лет. Показано, что амплитуда параметра G в минимуме активности, связана с амплитудой цикла солнечных пятен W_{n+1} , с коэффициентом корреляции $R \sim 0.96$. Выполнен прогноз 24 и 25-го циклов активности, который составил $W_{24} = 130(\pm 11)$ и $W_{25} = 145$ соответственно.

Формирование перманентного полоидального магнитного поля в лучистой зоне Солнца

А.Г. Тлатов

Кисловодская Горная станция ГАО РАН, E-mail: tlatov@mail.ru

Ряд косвенных признаков анализа наблюдательных данных Солнечной активности свидетельствует о наличии квазипостоянного полоидального магнитного поля Солнца. Как правило, такое поле связывают с реликтовым магнитным полем. В данной работе рассмотрена гипотеза формирования квазипостоянного полоидального магнитного поля Солнца 22-летними солнечными циклами солнечной активности. На основании обработки данных поверхностных крупномасштабных магнитных полей было найдено, что в циклах глобального магнитного поля Солнца также как и циклах активности солнечных пятен существует разница между амплитудами четных и нечетных циклах. При переносе полоидального магнитного поля от верхних слоев солнечной атмосферы к основанию конвективной зоны с меридиональной циркуляцией может происходить диффузионное проникновение магнитного поля в лучистую зону и формирование перманентного полоидального магнитного поля Солнца. Перманентное магнитное поле Солнца может быть ответственным за модуляцию циклов внутри Хэйловских пар и долгопериодическую модуляцию солнечной активности при вынужденной конвекции магнитного поля.

Выполнено моделирование в приближение транспортной динамо модели процесса формирования перманентного полоидального магнитного поля и установлено его влияния на циклы активности.

Ряд данных групп солнечных пятен по наблюдения на кисловодской Горной станции ГАО

**А.Г. Тлатов¹, В.В. Макарова¹, В.И. Сапешко¹,
Т.А. Степанова²**

¹*Кисловодская Горная станция ГАО РАН, E-mail: solar@megalog.ru*

²*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.Петербург*

Создана база данных групп солнечных пятен по данным ежедневных наблюдений на кисловодской Горной астрономической станции в период 1954-2000 годов. Ряд содержит координаты групп солнечных пятен, площадь сей группы, площади наибольшего пятна в группе и другие данные. Представлены характеристики этого ряда и его сравнение с другими известными рядами групп солнечных пятен.

**Исследование солнечной вспышки по гамма-излучению
в линии 2.223 МэВ от нее**

Е.В. Троицкая¹, Л.И. Мирошниченко²

¹*НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобелъцына МГУ, Москва,
E-mail: troi@dec1.sinp.msu.ru*

²*Instituto de Geofisica, UNAM, Mexico, Mexico,
E-mail: leonty@geofisica.unam.mx*

Было проведено моделирование временного профиля мощной солнечной вспышки 28 октября 2003 г. класса X17.2/4B с координатами S16E08 и последующее сравнение с результатами наблюдений, полученных обсерваторией INTEGRAL [1]. Анализ показал, что в период вспышки вертикальный профиль плотности солнечной атмосферы в глубоких фотосферных слоях существенно увеличен по сравнению с моделью плотности спокойной атмосферы, что подтверждает результаты, полученные ранее при исследовании вспышек 16 декабря 1988 г., 22 марта 1991 г. и 6 ноября 1997 г.

Авторы благодарят РФФИ за поддержку грантом 05-02-39011-ГФЕН. Л.И. Мирошниченко благодарит также за поддержку "Целевой Научно-Технической Программой Миннауки РФ" на 2002-2006 гг. (Блок 1, Раздел 4), а также грантами Президента Российской Федерации (проект НШ-1145.2003.2) и CONACyT, Мехико (проект 45822, PERPJ10332).

- [1] Kiener J., Gros M., Tatischeff V., Weindenspointner G. // A&A, 2006, v.445, p.725.

**Геомагнитные пороги обрезания космических лучей
в период сильного магнитосферного возмущения
в ноябре 2004 года**

**М.И. Тясто¹, О.А. Данилова¹, В.М. Дворников²,
В.Е. Сдобнов²**

¹ *Санкт-Петербургский филиал института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн РАН,
E-mail: marta@mt4697.spb.edu*

² *Институт солнечно-земной физики СО РАН,
E-mail: dvornik@iszf.irk.ru*

Космическая погода определяет структуру и интенсивность магнитного поля внутри магнитосферы, изменения которого приводят к перераспределению потоков заряженных частиц вследствие изменений геомагнитных порогов обрезания космических лучей. Мы исследовали изменения геомагнитных порогов на разных широтах в период очень сильного магнитосферного возмущения в ноябре 2004 г. Геомагнитные пороги были определены с одной стороны теоретическим методом траекторных расчетов в модельном магнитном поле Цыганенко 2003 г. и с другой стороны — методом спектрографической глобальной съемки по экспериментальным данным наземной регистрации космических лучей. Основной вклад в изменения геомагнитных порогов вносит Dst-вариация, обусловленная усилением кольцевых токов в магнитосфере, кроме того наблюдается также влияние других параметров солнечного ветра.

**Расширение выбросов корональной массы в поле
зрения SOHO/LASCO: некоторые закономерности**

В.Г. Файнштейн

*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
E-mail: vfain@iszf.irk.ru*

По мере удаления выбросов корональной массы (ВКМ) от поверхности Солнца они расширяются, т.е. их линейные размеры увеличиваются во всех направлениях. До сих пор не установлены основные закономерности расширения ВКМ на начальном этапе их движения вблизи мест возникновения ВКМ и имеются весьма фрагментарные сведения об особенностях расширения ВКМ при удалении их фронтов на расстояние, превышающее несколько радиусов Солнца. Остаются невыясненными также физические

причины расширения ВКМ. В настоящей работе исследованы закономерности расширения ВКМ в поле зрения коронографов LASCO C2 и C3. Были протестированы 50 лимбовых ВКМ, связанных с около лимбовыми эруптивными протуберанцами и постэруптивными аркадами. Показано, что ВКМ можно разбить на две группы. Первую группу образуют выбросы корональной массы, у которых видимые в плоскости неба угловые размеры по широте 2α не меняются в пределах точности их измерения ($\approx 2^\circ - 3^\circ$): т.е. они расширяются «радиально». Вторую группу образуют ВКМ, которые расширяются «не радиально»: их угловые размеры увеличиваются до положения фронта выброса $R_F = R_{\alpha m}$ на относительную величину (10-30)% и достигают на этом расстоянии максимального значения $2\alpha m$. Установлено, что ВКМ второго типа являются, в среднем, более широкими, более быстрыми, имеющими более яркую с большей плотностью плазмы наружную оболочку на больших расстояниях. Высказано предположение, что механизмом более эффективного расширения ВКМ второго типа является различие давлений плазмы внутри ВКМ (здесь оно больше) и в окружающей короне (здесь давление меньше). Показано, что, в среднем, $R_{\alpha m}$ увеличивается с ростом $2\alpha m$. При этом связь между $R_{\alpha m}$ и $2\alpha m$ усиливается для ВКМ с меньшими скоростями фронта V_F . Обнаружена слабая положительная корреляция между $R_{\alpha m}$ и V_{F_lin} , где V_{F_lin} — скорость фронта ВКМ, получаемая из линейной аппроксимации зависимости $R_F(t)$. Связь между $R_{\alpha m}$ и V_{F_lin} увеличивается для ВКМ с меньшими значениями $2\alpha m$.

Изображения высокого разрешения солнечной короны во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 г.

В.К. Хондырев¹, А.О. Юферев²

¹ГАИШ, Москва, E-mail: khondyrev@yandex.ru

²ГАИШ, Москва, E-mail: shu-yu@yandex.ru

В.К. Хондырев и А.О. Юферев в результате обработки 600 снимков солнечной короны во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 г. получили детальные изображения солнечной короны с лучами рекордной протяжённости и звёздным фоном. Съёмка выполнялась авторами и коллективом наблюдателей в Турции, на Северном Кавказе и в Астрахани.

Съёмка велась в видимом диапазоне с поляризационным и цветными фильтрами. Использовались цифровые и плёночные фотокамеры, фотообъективы и телескопы с фокусными расстояниями от 12 мм до 1200 мм и выдержки от 1/5000 сек до 15 сек. В результате обработки общий контраст был снижен в 100 000 раз, а контраст в деталях увеличен на порядок.

В результате удалось проследить лучи до расстояния 13 радиусов Солнца (от его центра), резко улучшить видимость образований в солнечной короне, и при этом сохранить естественный цвет короны и хромосферы, при этом зарегистрировать изменение протуберанцев в течение получаса.

Полученные изображения могут найти применение для моделирования активных солнечных образований и изучения корональных выбросов массы.

Предвспышечная стадия накопления энергии: новые наблюдения и возможные механизмы

Ю.Е. Чариков

*Физико-технический институт, С.-Петербург,
E-mail: Yuri.Charikov@mail.ioffe.ru*

Предвспышечная ситуация формируется в активных областях на временном интервале порядка нескольких часов. Современные наблюдения в ультрафиолетовом, рентгеновском и радио-излучениях с высоким пространственным и временным разрешением отчётливо указывают на формирование трёхмерных арочных структур магнитного поля с высокой степенью скрученности. Образование локальных магнитных островов приводит к процессу пересоединения силовых линий магнитного поля посредством неустойчивостей кинетического типа, не вызывающему глобальную перестройку магнитного поля, а стимулирующего генерацию отдельных всплеском электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн. Такого рода всплески часто ассоциируются с предвестниками вспышек. Временной интервал изучения предвестников ограничен современными возможностями непрерывного наблюдения одной активной области и составляет не более часа. Исходя из рассматриваемого механизма формирования предвспышечных условий, следует ожидать наблюдения неоднократного проявления предвестников, особенно на первоначальной стадии — за несколько часов (один час) до начала взрывной стадии. Для многих вспышек такое проявление активности отмечается в наблюдениях. Частое несовпадение пространственной локализации предвестников и вспышек в пределах десятков угловых секунд, отмеченное по наблюдениям в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах, скорее свидетельствует в пользу причинной связи с вспышкой, чем наоборот. Современные наблюдения указывают на возгорание систем арок, которые пространственно оккупируют обширную область внутри активного образования. Поэтому предвестники, являясь случайным в статистическом смысле процессом, отражают скорее всего процесс формирования комплексной непотенциальной

структуры магнитного поля, не всегда приводящий к вспышкам. В этом смысле и следует воспринимать это явление.

Жгуты волокон в метровом диапазоне волн

Г.П. Чернов

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Троицк Московской области, 142190, E-mail: gchernov@izmiran.rssi.ru

Проведен анализ жгутов узкополосных волокон на спектрах солнечных радиовсплесков в метровом диапазоне волн по данным спектрографов ИЗМИРАН и станции Тремсдорф (Потсдам) с привлечением для общего анализа явлений всех возможных спутниковых данных (SOHO/LASCO, EIT, MDI). Детально рассмотрены основные свойства жгутов в четырех явлениях в сравнении с известными ранее данными. Волокна в составе жгутов чаще наблюдаются с перекрытием по времени и частоте, но иногда они могут следовать с просветом по времени. Длительность волокон, как и период их повторения, редко остаются стабильными и в основном растут от 0.3–0.5 с в начале до нескольких секунд в конце жгута. Относительные значения мгновенной и полной полосы частот волокон лишь незначительно меняются в разных явлениях $\delta f/f > 0.003$ – 0.005 , $\Delta f/f > 0.02$ – 0.03 . Большая часть жгутов обнаруживает НЧ-поглощение. Таким образом, волокна в составе жгутов похожи на обычные всплески с промежуточным дрейфом (fiber bursts), но дрейфуют в узкой полосе частот. Жгуты волокон обычно наблюдаются в интервале времени, когда ударный фронт (даже в отсутствии соответствующего всплеска II типа) догоняет передний край КВМ. При условии единого подхода к интерпретации жгутов волокон во всех явлениях их основные свойства удастся объяснить в рамках обычной модели образования волокон (fiber bursts) с учетом особенностей параметров плазмы в радиоисточнике. Учет поведения вистлеров в короне и квазилинейных эффектов при рассеянии вистлеров на быстрых частицах позволяют понять самые тонкие эффекты в жгутах: различные периоды, длительности и полосы частот волокон, образование НЧ-поглощения различного уровня, частотное расщепление. Становится понятной и связь волокон с развитой зебра-структурой, в рамках единого подхода к теории формирования полос в излучении и поглощении в модели на вистлерах [1].

[1] Chernov G.P. // Space Science Rev., 2006, v.127, p.195-326.

Fine structure of solar radio bursts observed at decametric and hectometric waves

G.P. Chernov, V.V. Fomichev, R.V. Gorgutsa

*IZMIRAN, Troitsk, Moscow Region, 142190, RUSSIA,
E-mail: gchernov@izmiran.rssi.ru*

The analysis of WIND/WAVES RAD2 spectra with fine structure in the form of different fibers in 14 events covering 1997–2005 is carried out. A splitting of broad bands of the interplanetary (IP) type II bursts into narrow band fibers of different duration is observed. The instantaneous frequency bandwidth of fibers is stable: 200–300 kHz for slow-drifting fibers in type II bursts, and 700–1000 kHz for fast-drifting fibers in type II+IV (continuum). Intermediate drift bursts (IDB or fiber bursts) and zebra patterns with variable frequency drift of stripes, typical for the metric range, were not found. Comparison of spectra with the Solar and Heliospheric Observatory/Large Angle and Spectrometric Coronagraph (SOHO/LASCO C2) images shows a connection of the generation of the fiber structures with the passage of shock fronts through narrow jets in the wake of Coronal Mass Ejections (CME). Therefore the most probable emission mechanism of fibers in IP type II bursts appears to be resonance transition radiation (RTR) of fast particles at the boundary of two media with different refractive indices. The same mechanism is also valid for striae in the type III bursts. Taking into account a high density contrast in the CME wake and the actually observed small-scale inhomogeneities, the effectiveness of the RTR mechanism in IP space must be considerably higher than in the meter or decimeter wavelengths. The most part of fibers in the type IV continuum at frequencies of 14–8 MHz were observed as direct expansion of similar fine structure (as fibers or herringbone structure) in the decametric range observed with the Nançay and IZMIRAN spectrographs.

Plasma diamagnetism and solar activities

Kiyoto Shibasaki

*Nobeyama Solar Radio Observatory Minamimaki, Minamisaku, Nagano
384-1305, Japan, E-mail: shibasaki@nro.nao.ac.jp*

Properties of magnetized plasma are well described by magneto hydrodynamic (MHD) equations. However, the MHD treatment cannot explicitly describe non-linear and diamagnetic nature of plasma. Moving charged particles in magnetic field gyrate around magnetic field due to Lorentz force, which

is perpendicular to both magnetic field and velocity. In normal solar active regions, gyration radius (or Larmor radius) of protons and electrons are roughly one meter and several centimeters respectively. As the Coulomb mean free paths of electrons and protons are several hundred km, both electrons and protons are well magnetized. Gyration of charged particles creates ring currents and they are equivalent to magnetic moment. As the direction of the charged particles depends on the sign of electric charge, the direction of the ring current is the same for both electrons and protons. The expression of magnetic moment of charged particles clearly shows the non-linear and diamagnetic nature of plasma. Magnetic flux density is the sum of magnetic field and magnetic moment. The ratio between the magnetic moment and magnetic flux density is the plasma beta. This means that magnetic moment term is ignored in the low beta treatment. Calculation of forces acting on diamagnetic media shows that plasmas are pushed toward weak field region. In the particle view, this is the mirror force. This force does not depend on magnetic field strength but depends on magnetic field structure or magnetic scale length. In the solar corona, magnetic field decreases outwards; hence we expect ubiquitous plasma up-flows against the strong gravity force. In the closed magnetic field, plasmas are compressed around the top of the loop where magnetic field is the weakest. As the result, localized high-beta region is created spontaneously around the loop top. Localized high beta region created around the top of the curved magnetic field, and plasma flow along curved magnetic field, are unstable against interchange mode of instabilities due to outward centrifugal force. Because both ends of magnetic loops are anchored at the lower atmosphere, localized interchange mode, called ballooning instability, is expected. This must be the origin of activities in the solar corona.

**Сравнительный анализ данных солнечного затмения
29 марта 2006 года в сантиметровом радиодиапазоне
с наблюдениями эмиссионных линий**

А.Д. Шрамко, С.А. Гусева

*Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия,
E-mail: a_shramko@inbox.ru, E-mail: svqual@yandex.ru*

В данной работе проводится анализ наблюдений солнечного затмения 29 марта 2006 года на радиотелескопах РТ-3($\lambda=4.9$ см), РТ-2($\lambda=3.2$ см) и внезатменном коронографе Горной астрономической станции ГАО РАН. Исследуются температурные профили по радионаблюдениям и эмиссионным линиям $H\alpha$, $6374\text{\AA}(\text{FeX})$, D3, $5303\text{\AA}(\text{FeXIV})$, $H\beta$.

**Наблюдение полного солнечного затмения 29.03.2006 г.
в радиодиапазоне на волнах 3.2 и 4.9 см**

А.Д. Шрамко, В.А. Сеник, А.Г. Тлатов

*Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия,
E-mail: a_shramko@inbox.ru*

Представлены данные наблюдения солнечного затмения 29 марта 2006 года на радиотелескопах Кисловодской Горной астрономической станции ГАО РАН РТ-3 ($\lambda=4.9$ см), РТ-2 ($\lambda=3.2$ см). Регистрация потока излучения проводилась электронным методом, с временным разрешением 0.5 сек. Отождествлены компактные источники на диске Солнца и вклад корональных дыр в интегральный поток. Проведены сопоставления с наблюдениями в оптическом и рентгеновском диапазонах. Особое внимание было уделено полной фазе затмения. Была проведена оценка интенсивности источников за лимбом Солнца. Отношение интенсивности остаточного излучения в максимальной фазе, к излучению Солнца до затмения составило около 3.7% для 3.2 см, и 5.9% для 4.9 см.

**Исследование связи между корональными дырами
на Солнце, коротящими высокоскоростными
потоками солнечного ветра и рекуррентными
геомагнитными возмущениями**

***Ю.С. Шугай¹, И.С. Веселовский^{1,2}, С.А. Доленко¹,
И.Г. Персианцев¹***

¹*НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва,
E-mail: jshugai@srd.sinp.msu.ru*

²*Институт космических исследований РАН, Москва*

Движущиеся неоднородности на Солнце и в гелиосфере, приводящие к спокойным или возмущенным условиям в магнитосфере с давних пор принято несколько условно делить на повторяющиеся (рекуррентные) и спорадические. Всестороннее изучение 27-дневной повторяемости проводилось многими исследователями на огромном материале наблюдений, начиная с классических работ [1] вплоть до настоящего времени. Тем не менее, целый ряд вопросов, относящихся к этой обширной теме, остается не вполне ясным. Наибольший интерес представляет собой попытка установления количественной связи между параметрами корональных дыр (КД), высокоскоростными потоками солнечного ветра (СВ) и геомагнитными

условиями. Для этой цели нами использовались две базы данных, полученные за 23 цикл солнечной активности. Одна из них включает в себя изображения Солнца и КД в крайнем ультрафиолетовом диапазоне спектра по наблюдениям КА SOHO/EIT. Другая база данных содержит параметры СВ и межпланетного магнитного поля, полученные с КА ACE, и значения геомагнитных индексов, взятые с сайта WDC-C2 KYOTO. В данном сообщении приводятся некоторые первые результаты исследования. Отметим некоторые из них. Самые спокойные в геомагнитном отношении периоды времени отвечают прохождению наиболее обширных КД через центральный меридиан Солнца. Начало длительных, но относительно слабых рекуррентных возмущений, может быть непосредственно связано с передней кромкой небольшой КД вблизи экватора. Амплитуда соответствующих возмущений в Dst-индексе зависит от величины и ориентации результирующего магнитного поля на переднем крае высокоскоростного потока. Обращение этого поля на север всегда тормозит развитие рекуррентной геомагнитной бури и ослабляет её.

[1] Chapman S., Bartels J.// Geomagnetism, Oxford, Clarendon Press, 1940.

Оглавление¹

[1] <i>А.В. Степанов.</i> Международный гелиофизический год — 2007	3
[2-V] <i>Х.И. Абдусаматов.</i> О продолжительности и высоте максимумов 24-26 циклов активности и светимости Солнца и вариации климата	3
[S3-V] <i>Х.И. Абдусаматов, Е.В. Лаповок, С.И. Ханков.</i> Исследование термостабильности солнечного лимбографа СЛ-200 в разных режимах его эксплуатации на борту МКС	4
[S4-V] <i>Х.И. Абдусаматов, Е.В. Лаповок, С.И. Ханков.</i> Оценка вклада вековых вариаций «солнечной постоянной» и других факторов в изменение климата Земли	6
[5-IV] <i>В.Е. Абрамов-Максимов, Г.Б. Гельфрейх, К. Шибасаки.</i> Симпатические всплески по наблюдениям на радиогелиографе Нобеяма	7
[6-IV] <i>В.Е. Абрамов-Максимов, Г.Б. Гельфрейх, В.И. Ефремов, Л.Д. Парфиненко.</i> Особенности проявления долгопериодических и короткопериодических колебаний солнечных пятен в оптическом и радио диапазонах	7
[7-II] <i>Б.В. Агалаков, Т.П. Борисевич, Н.Г. Петерова, Б.И. Рябов.</i> Микроволновые пульсации излучения активной области NOAA 10139	8
[8-I] <i>И.В. Алексеева, В.В. Попов, Е.В. Попова.</i> О степени поляризации внутренних областей белой короны 29 марта 2006 г.	10
[P9-I] <i>О.А. Андреева, Н.Н. Степанян, Я.И. Зельк.</i> Дисбаланс магнитных потоков N и S-полярности	10
[S10-I] <i>И.В. Архангельская, А.И. Архангельский, А.С. Гляненко, Ю.Д. Котов, С.Н. Кузнецов.</i> Тонкая структура солнечных вспышек 15, 17 и 20 января 2005 г. в ряде энергетических диапазонов по данным аппаратуры АВС-Ф	11

¹Индекс в квадратных скобках перед названием доклада состоит из буквы, обозначающей тип доклада, его сквозного порядкового номера и номера секции. Разбиение на секции предварительно и может быть скорректировано по предложениям авторов.

Типы докладов: L — развёрнутый доклад (до 25–30 мин), S — короткое сообщение (5 мин), P — стендовый доклад. Регламент всех остальных докладов — от 10 до 15 мин. Авторы коротких сообщений могут при желании дополнить свои доклады постерами.

Номера секций: I. Развитие цикла солнечной активности в различных слоях Солнца и на различных временных шкалах; II. Структура активной области и моделирование активных солнечных образований; III. Корональные выбросы массы, их динамика и развитие; IV. Солнечный ветер и космическая погода; V. Космический климат; VI. Проблема прогнозирования солнечной активности и её геоэффективных проявлений.

[S11-I]	<i>И.В. Архангельская, А.И. Архангельский, А.С. Гляненко, Ю.Д. Котов, С.Н. Кузнецов, Е.В. Троицкая.</i> Наблюдение гамма-излучения во время солнечной вспышки 20 января 2005 г.	11
[12-I]	<i>О.Г. Бадалян, Ю. Сикора.</i> Полярные области короны по наблюдениям полного солнечного затмения 1994 г.	12
[13-I]	<i>А.А. Бажанов, Д.И. Полявин.</i> Структура и организация магнитных полей на Солнце в цикле солнечной активности	13
[14-VI]	<i>И.А. Бакунина.</i> Двухчастотный метод краткосрочного прогноза солнечных вспышек	13
[S15-VI]	<i>И.А. Бакунина, Ю.В. Тихомиров, В.Л. Бакунин.</i> Эффект направленности микроволнового излучения при прохождении активной области по солнечному диску: экспериментальные данные и модельные расчёты	14
[P16-I]	<i>S.A. Balashev, M.F. Lytova, V.M. Ostryakov.</i> Light Isotope Production in Solar Flares	15
[17-I]	<i>А.В. Баранов.</i> Особенности применения магнитоактивных линий со сложным расщеплением для измерения солнечных магнитных полей	16
[S18-V]	<i>Т.В. Барляева, Д.И. Полявин.</i> Когерентность солнечной активности и вулканической деятельности	17
[19-IV]	<i>Н.А. Бархатов, Л.И. Громова, А.Е. Левитин, С.Е. Ревунов.</i> Анализ влияния электрического поля солнечного ветра на геомагнитную активность	17
[S20-IV]	<i>Н.А. Бархатов, Е.А. Калинина, А.Е. Левитин.</i> Проявление конфигураций магнитных облаков солнечного ветра в геомагнитной активности	18
[21-IV]	<i>Н.А. Бархатов, А.Е. Левитин, С.Е. Ревунов, А.С. Смирнова, С.Д. Снегирев, Т.А. Хвилюзова.</i> Классификация событий космической погоды	19
[S22-IV]	<i>О.М. Бархатова, А.С. Смирнова, Р.И. Улыбина, Н.А. Бархатов, В.П. Урядов.</i> Учет солнечно-магнитосферных связей в задаче прогноза параметров субавроральной ионосферы	20
[P23-III]	<i>E. Benevolenskaya.</i> EUV Corona in Solar Cycle 23	21
[L24-I]	<i>E. Benevolenskaya.</i> Rotation of Magnetic elements in Polar regions of the Sun	22
[25-III]	<i>И.А. Биленко.</i> Об источниках солнечных корональных выбросов массы	22
[P26-I]	<i>Н.Г. Блудова, В.Н. Обриджо.</i> Вариации относительной площади тени пятен за 1874-1976 гг.	23
[S27-II]	<i>В.М. Богод.</i> К вопросу о природе полярного радиоисточника на Солнце	23

[L28-II]	<i>В.М. Богод.</i> Спектральные характеристики поляризованного микроволнового излучения активных областей с геоэффективными вспышечными событиями	24
[29-I]	<i>А.В. Богомолов, В.В. Богомолов, В.И. Галкин, В.Г. Курт, Ю.И. Логачев, О.В. Морозов, С.И. Свертилов.</i> Динамика теплового и нетеплового компонентов жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек в январе 2005 г.	24
[30-VI]	<i>Т.П. Борисевич, А.П. Венгер, Ю.К. Зверев, Г.Н. Ильин, А.Н. Коржавин, Н.Г. Петерова, Н.А. Топчило.</i> Характеристики долгоживущей активной области по наблюдениям на Большом пулковском радиотелескопе в ноябре 2006 г. — феврале 2007 г.	25
[S31-I]	<i>В.Н. Боровик, В.Е. Абрамов-Максимов, И.Ю. Григорьева, Л.В. Опейкина, В.М. Богод, А.Н. Коржавин.</i> Эволюция активной области AR 0930, связанной с геоэффективной вспышкой X3.4/4B 13 декабря 2006 г., по наблюдениям в микроволновом диапазоне	26
[S32-I]	<i>В.Н. Боровик, М.А. Лившиц, И.Ю. Григорьева, В.Е. Абрамов-Максимов, Л.В. Опейкина, А.Н. Коржавин.</i> Микроволновые наблюдения на РАТАН-600 постэруптивной фазы нестационарного явления 25 января 2007 г.	27
[S33-IV]	<i>А.И. Будник, Д.И. Понявин.</i> Секторная структура межпланетного магнитного поля по данным космических аппаратов и модельных расчетов	28
[34-IV]	<i>Т.Е. Вальчук.</i> Фрактальная размерность как диагностический признак потоков солнечного ветра	28
[35-V]	<i>С.С. Васильев.</i> О скорости обмена радиоуглерода в течение последних 10 тыс. лет и оптимальная модель радиоуглеродного цикла	29
[S36-I]	<i>В.В. Васильева, А.Г. Тлатов.</i> Полярная и низкоширотная активность в период 1887-1914 годов	30
[37-IV]	<i>С.В. Веретенко.</i> Роль фронтальных зон в формировании эффектов солнечной активности в вариациях интенсивности циклогенеза умеренных широт	31
[38-I]	<i>Е.С. Вернова, М.И. Тясто, Д.Г. Баранов.</i> Долготное распределение фотосферных магнитных полей Солнца	32
[S39-I]	<i>И.С. Веселовский, О.С. Яковчук.</i> Исследование правила Вальдмайера для северной и южной полусферы Солнца	32
[40-I]	<i>Д.М. Волобуев.</i> Прогноз максимумов 11-летних циклов на основе реконструкции солнечной активности по радиоуглероду	33
[41-I]	<i>Д.М. Волобуев.</i> Солнечная постоянная и избыток энергии солнечного излучения в циклах 21-23	34

[42-II] А.Л. Воронов, А.Г. Обухов, Г.Я. Смольков. Быстрые алгоритмы на основе теоретико-числовых преобразований в цифровой обработке радиоизображений Солнца	34
[S43-II] А.Л. Воронов, А.Г. Обухов, Г.Я. Смольков, Е.А. Чернова. Восстановление радиоизображения Солнца посредством неопределенной инверсной свертки	35
[S44-V] М.В. Воротков, В.Л. Горшков. Области наибольшего воздействия солнечной активности на атмосферные процессы на Земле	36
[45-II] Г.Б. Гельфрейх, В.Е. Абрамов-Максимов, К. Шибасаки. Проявление вспышечной активности Солнца в структуре КПК локальных источников радиоизлучения	37
[46-II] А.В. Гетлинг, А.А. Бучнев. Структуры грануляционного поля и валиковая конвекция	38
[47-II] А.В. Гетлинг, Е.М. Тихомолов. О расщеплении масштабов солнечной конвекции	39
[L48-I] Ю.Н. Гнедин. Аксионы и Солнце	40
[S49-II] О.А. Голубчина, В.М. Богод, А.Н. Коржавин. Физические характеристики высокоширотного протуберанца по данным наблюдений на радиотелескопе РАТАН-600 максимальной фазы Солнечного затмения 29.03.2006 г.	40
[S50-II] О.С. Гонпаяук. Вращение солнечных пятен по наблюдениям продольного магнитного поля и лучевых скоростей	42
[S51-IV] С.А. Гриб. Краткосрочное прогнозирование внезапных возмущений межпланетной и магнитосферной плазмы	42
[52-III] С.А. Гриб. Особенности нестационарного поведения магнитных облаков в солнечном ветре	43
[53-I] С.А. Гусева, Ю.А. Наговицын. К описанию крупномасштабного полярного магнитного потока Солнца	43
[54-I] С.А. Гусева, Ким Гун-Дер, А.Г. Тлатов. Результаты наблюдения полного солнечного затмения 29.03.2006 г. в корональной линии $\lambda 6374\text{\AA}$ на Кисловодской горной станции	44
[P55-I] С.А. Гусева, А.Д. Шрамко. Исследование корональной линии $5303\text{\AA}$ на разной высоте от лимба на ветви спада солнечной активности	45
[56-VI] В.В. Давыдов, В.В. Макарова. Поиск связей между полярными факелами и геомагнитной активностью	45
[L57-V] В.А. Дергачев. Межправительственный доклад 2007 г. группы экспертов по изменению климата и естественное изменение климата	46
[58-V] В.А. Дергачев, О.М. Распопов, Е.Г. Гуськова, Г.И. Зайцева, Х. Юнгнер. Солнечная активность, геомагнитные экскурсии, джерки и климатический отклик	47

[L59-II]	<i>Н.С. Джалилов, В.В. Сомов, Ю. Штауде.</i> Тепловая неустойчивость в солнечной короне	48
[60-II]	<i>Л.Н. Джимбеева, Ю.А. Наговицын, А.А. Соловьев.</i> Долгопериодические колебательные процессы в активных областях Солнца по данным радиогелиографа Нобеляма	50
[61-I]	<i>М.И. Дивлежеев.</i> Наблюдения активной области NOAA 10656 в линии CaII 8498 Å	51
[62-I]	<i>П.Б. Дмитриев.</i> Солнечная активность в рентгеновском диапазоне длин волн на протяжении 22-го и 23-го солнечных циклов	52
[S63-II]	<i>П.Б. Дмитриев, И.В. Кудрявцев, В.П. Лазутков, Г.А. Матвеев, М.И. Савченко, Д.В. Скородумов.</i> Динамика энергетического спектра рентгеновского излучения солнечной вспышки 29 октября 2002 года	52
[64-I]	<i>Д.В. Ерофеев.</i> 22-летняя и 11-летняя вариации анизотропии колебаний ММП	53
[65-III]	<i>М.В. Еселевич, В.Г. Еселевич.</i> Возмущенная зона, возбуждаемая корональным выбросом массы	54
[S66-III]	<i>М.В. Еселевич, В.Г. Еселевич.</i> Ударная волна, возбуждаемая корональным выбросом массы, по данным SOHO/LASCO	55
[67-IV]	<i>В.Г. Еселевич, В.Г. Файнштейн, Г.В. Руденко, М.В. Еселевич, Л.К. Кашапова.</i> Сравнение эффективности двух методов краткосрочного прогноза скорости квазистационарного солнечного ветра на орбите Земли	56
[68-II]	<i>В.И. Ефремов, Л.Д. Парфиненко, А.А. Соловьев.</i> Высотная зависимость мощности коротко- и долгопериодических колебаний в солнечном пятне и его окрестностях	57
[L69-II]	<i>В.В. Зайцев, А.А. Круглов.</i> Горячие рентгеновские петли в солнечной короне	58
[70-IV]	<i>Г.Н. Застенжер, М.О. Рязанцева, П.А. Далин, И.М. Алешин.</i> Динамика резких границ средне- и мелкомасштабных структур солнечного ветра	59
[71-II]	<i>Е.Я. Злотник, В.В. Зайцев, Г. Аураасс.</i> Зебра-структура в быстродрейфующих всплесках солнечного радиоизлучения	60
[72-I]	<i>Н.В. Золотова, Д.И. Полявин.</i> Что случилось в 4-м цикле?	60
[73-I]	<i>Е.В. Иванов.</i> О «классических» и «мигрирующих» активных долготах	61
[74-I]	<i>В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий, Ю.А. Наговицын, Д.М. Волобуев.</i> Некоторые результаты анализа каталога солнечных пятен из Пулковской базы данных по солнечной активности	61
[75-II]	<i>Б.А. Иошпа, В.Н. Обриджо, В.Е. Чертопруд.</i> Мелкомасштабная стохастическая структура магнитного поля Солнца	62

[76-I] <i>Е.А. Исаева, В.Ф. Мельников.</i> Характер связи потока протонов СКЛ с параметрами микроволновых всплесков	63
[77-II] <i>Р.Н. Ихсанов, В.И. Ефремов, Л.Д. Парфиненко.</i> Колебания лучевых скоростей на разных высотах фотосферы в спокойных и активных областях Солнца	64
[78-I] <i>Р.Н. Ихсанов, В.Г. Иванов.</i> Динамика вращения зелёной короны на разных фазах 11-летнего цикла. II	64
[S79-I] <i>Р.Н. Ихсанов, М.В. Кушнир, Ю.В. Марушин.</i> Особенности развития вспышечной магнитной конфигурации в группе NOAA 7978 1996 года	65
[80-I] <i>Р.Н. Ихсанов, К.С. Тавастшерна.</i> Исследование циклической эволюции крупных солнечных корональных дыр. I	65
[81-I] <i>В.Н. Ишков.</i> Экстремальные вспышечные события последнего «физического» солнечного цикла (циклы 22–23)	66
[S82-I] <i>В.Н. Ишков, И.Г. Шибеев.</i> Основные свойства достоверных циклов СА и возможность реального восстановления пронумерованного ряда чисел Вольфа	66
[83-I] <i>Т.В. Казачевская.</i> Излучение Солнца в 23 цикле солнечной активности по наблюдениям в линии водорода $L\alpha$ и коротковолновой ультрафиолетовой области спектра	68
[84-II] <i>D.K. Callebaut.</i> Gravitational effects on solar radius	69
[L85-II] <i>D.K. Callebaut, C. de Jager.</i> Rising flux tubes in gravitational and centrifugal fields	70
[86-II] <i>D.K. Callebaut, G.K. Karugila, A.H. Khater.</i> Nonlinear triggering of solar flares	71
[S87-I] <i>D.K. Callebaut, V.V. Makarova.</i> Peaks and bulk of polar faculae versus peaks and bulk of sunspot area	72
[P88-II] <i>Л.Г. Каплан, П.А. Откидывчев.</i> Циклоническая модель солнечных пятен	72
[89-I] <i>V.V. Kasinskii.</i> The kinematic elements of chromospheric flares in the sunspots and the problem of external triggering mechanism of flares in the active regions	74
[S90-I] <i>В.В. Касинский.</i> Быстрые вариации дифференциального вращения Солнца в 22 цикле и крутильные колебания Солнца	75
[91-I] <i>Л.К. Кашапова, М.А. Лившиц.</i> Изучение взаимосвязи быстрых и медленных вспышек в октябре 2003 года по наблюдениям на КА МАРС ОДИССЕЙ и RHESSI	76
[S92-II] <i>Е.А. Киричек.</i> Сценарии предвспышечной эволюции магнитной аркады	76
[93-II] <i>Е.А. Киричек, А.А. Соловьев, В.Н. Шаповалов, О.В. Шаповалова.</i> Ковариантная магнитогидростатика и моделирование активных солнечных образований	77

[L94-II] Л.Л. Кичатинов. Устойчивость тороидальных магнитных полей в лучистой зоне Солнца	78
[P95-I] И.С. Князева, О.А. Круглун. Гельдеровская регулярность MDI-магнитограмм	79
[P96-II] В.А. Ковалев. Чем обусловлена теплопроводность солнечной плазмы?	79
[97-II] Ю.Г. Копылова, Ю.Т. Цап, А.В. Степанов. О распространении альвеновских мод тонких магнитных трубок в атмосферах Солнца и звезд	80
[98-II] А.Н. Коржавин, Л.В. Опейкина, Н.Г. Петерова. О тонкой структуре переходной области над пятнами по наблюдениям циклотронных источников излучения	81
[99-I] А.П. Крамынин. О некоторых особенностях спектра вариаций солнечной активности	83
[P100-II] В.Н. Криводубский. Об асимметрии активности солнечных пятен в соседних циклах	84
[101-II] В.Н. Криводубский. Турбулентная перестройка глобального магнетизма в конвективной зоне Солнца	85
[102-II] А.Н. Кришталь, Е.К. Сиренко, С.В. Герасименко. О возможности генерации кинетических ионно-звуковых волн в предвспышечной плазме петель в активной области	86
[103-V] И.В. Кудрявцев. Галактические космические лучи и аномалии облачности на различных высотах	87
[104-II] К.М. Kuzanyan, V.V. Pipin, Hongqi Zhang. Current and Cross Helicity in the Solar Atmosphere	88
[105-I] С.М. Кузнецова, А.Г. Обузов, Д.В. Просовецкий, Г.Я. Смольков. База данных квазистационарных объектов в солнечной атмосфере по наблюдениям ССРТ	89
[S106-I] Е.С. Кулагин, В.В. Куприянов. Крупномасштабные абсорбционные структуры и лучевые скорости по линии HeI 10830 Å в районах ярких корональных точек	90
[107-II] Е.Г. Куприянова, В.Ф. Мельников, К. Шибасаки. Пульсации микроволнового излучения одиночных вспышечных петель	91
[108-II] А.И. Лаптухов. Возможные источники энергии и физические механизмы солнечных вспышек	91
[109-II] Н.И. Лозицкая. Осцилляции магнитного поля солнечных пятен	92
[110-II] В.Г. Лозицкий, А.А. Соловьев. Наблюдательные свидетельства сильных «килогауссовых» магнитных полей в солнечных вспышках и проблемы их теоретической интерпретации	93
[111-IV] Н.А. Лотова, К.В. Владимирский, В.Н. Обриджо. Диагностика потоков солнечного ветра	94

[112-II] М.А. Лукичева, С.К. Соланки, С. Уайт. О связи между локальными фотосферными магнитными полями и структурой хромосферы	95
[L113-II] Н.Г. Макаренко. Топология и геометрия изображений	96
[114-II] Н.Г. Макаренко, О.А. Круглун, С.А. Мухамеджанова. Мультифрактальное моделирование MDI-магнитограмм	97
[115-V] Н.Г. Макаренко, Ю.А. Наговицын, М.Г. Огурцов, О.А. Круглун. Гельдеровская регулярность палеоданных: солнечная активность и климат Земли	98
[116-II] О.В. Мартынова, В.Ф. Мельников, В.Э. Резникова. Типы распределения радиояркости вдоль солнечных вспышечных петель	98
[117-II] В.Ф. Мельников, С.А. Кузнецов. Диагностика высокой плотности плазмы во вспышечных петлях по спектральной эволюции их микроволнового излучения	99
[118-VI] Е.В. Милецкий. Метод геомагнитных предвестников и прогноз высоты 24 цикла солнечной активности	100
[119-VI] Е.В. Милецкий, В.Г. Иванов. Характеристики широт солнечных пятен и амплитуды 11-летних циклов солнечной активности	101
[120-II] Б.Б. Мизалев, А.А. Соловьев, И.С. Веселовский. Эффект радиационного излучения в колебаниях корональных петель	102
[121-IV] А.В. Мордвинов. Долговременные изменения разбаланса потока магнитного поля Солнца и геометрии межпланетного магнитного поля	103
[122-II] И.И. Мышьяков, Г.В. Руденко. Экстраполяция магнитного поля активной области в бесиловом приближении	103
[123-IV] И.Н. Мягкова, С.Н. Кузнецов, А.В. Богомолов. Геоэффективность солнечных вспышек, в которых было зарегистрировано гамма-излучение (период 2001-2005 гг.)	104
[L124-V] Ю.А. Наговицын. Активность Солнца и солнечно-земные связи в долговременных тенденциях Космической Погоды: проблема «Космический Климат»	105
[125-VI] Ю.А. Наговицын. Прогноз 24 цикла активности в контексте связи крупномасштабного и пятенного компонентов солнечного магнитного поля	107
[S126-V] Ю.А. Наговицын. Решение «обратной задачи» баланса радиоуглерода: возможности для описания солнечной активности на большой временной шкале	108
[L127-II] Ю.А. Наговицын, Е.Ю. Наговицына. Наблюдательные аспекты долгопериодических колебаний в активных областях Солнца	108
[128-II] С.Н. Нефедов, Д.Д. Соколов. Динамо в полностью конвективных звездах	110
[129-IV] К.И. Никольская. Солнечный ветер и магнитные поля Солнца	111

[130-V]	<i>М.Г. Огурцов.</i> Глобальное потепление — причины неясны .	112
[S131-VI]	<i>М.Г. Огурцов.</i> Прогноз 24-го солнечного цикла с использованием данных солнечной палеоастрофизики	112
[132-IV]	<i>M.G. Ogurtsov, G.A.M. Dreschhoff, M. Oinonen, S. Helama, M. Lindholm, H. Jungner, M. Eronen.</i> Ice-core evidence for increases of stratospheric aerosol content after solar proton events	113
[P133-II]	<i>А.Р. Осокин, М.А. Лившиц, А.В. Белов.</i> Эффективное ускорение частиц в солнечных вспышках как маркер стохастических процессов	114
[134-III]	<i>Н.Г. Петерова, Н.Н. Кардаполова, Т.П. Борисевич, С.Н. Лесовой.</i> Выброс корональной массы 27 апреля 2003 г. и эволюция активной области NOAA 10338 по наблюдениям на микроволнах	114
[135-I]	<i>В.В. Пилип.</i> Генерация солнечных магнитных полей в $\alpha\Omega \times J$ динамо	115
[136-II]	<i>А.И. Подгорный, И.М. Подгорный.</i> Численное трехмерное моделирование над активной областью в предвспышечном состоянии	116
[137-III]	<i>И.М. Подгорный, А.И. Подгорный.</i> Механизм солнечной вспышки, основанный на численном МГД моделировании и наблюдательных данных	117
[138-I]	<i>Е.П. Попова, Д.Д. Соколов.</i> Влияние меридиональной циркуляции на солнечное динамо	118
[139-IV]	<i>Г.А. Порфирьева, Г.В. Якунина, А.Б. Делоне.</i> Характеристики солнечных полярных лучей по наблюдениям на SOHO	119
[P140-IV]	<i>В.С. Прокудина, Ю.И. Ермолаев.</i> Оценка продолжительности распространения возмущения от Солнца к Земле	119
[141-VI]	<i>Д.В. Просовецкий.</i> Краткосрочный прогноз мощных солнечных вспышек по наблюдениям ультрафиолетового излучения активных областей	120
[P142-VI]	<i>Д.В. Просовецкий, С.М. Кузнецова, А.Г. Обухов.</i> Структура волнового потока в корональных дырах	121
[143-IV]	<i>М.В. Рагульская, В.Н. Обриджо, В.В. Вишневский, С.Н. Самсонов.</i> Результаты телекоммуникационного разноширотного гелиомедицинского мониторинга 2006-2007 гг. по изучению влияния космической погоды на сердечно-сосудистую систему человека	122
[L144-V]	<i>О.М. Распопов, В.А. Дергачев.</i> Воздействие долговременной солнечной активности на внутренние климатические изменения в системе атмосфера-океан	124
[P145-IV]	<i>Н.В. Романова, Н.Г. Макаренко.</i> Статистика отказов ИСЗ и экстремальные события космической погоды	125

[P146-IV] <i>Н.В. Романова, В.А. Пилипенко.</i> Роль низкочастотной волновой активности солнечного ветра и магнитосферы в изменениях космической погоды	126
[L147-III] <i>А.А. Соловьев.</i> Динамика скрученных магнитных петель и механизм формирования СМЕ	127
[L148-II] <i>А.А. Соловьев, Е.А. Киричек.</i> Солнечное пятно как колебательная система	127
[S149-II] <i>А.А. Соловьев, Г.В. Семидоцкий.</i> Переполусовка магнитного поля Солнца как решение диффузионной задачи	129
[150-IV] <i>В.Ф. Софиева, С.В. Веретененко, Л.С. Ивлев, the GOMOS team.</i> Вариации концентрации стратосферного аэрозоля в ходе солнечных протонных событий января 2005 года по данным GOMOS	130
[151-II] <i>М.С. Склярченко, А.Г. Ястребов.</i> Автоматизированное восстановление поля скорости на поверхности конвективной оболочки Солнца по магнитограммам	130
[152-I] <i>А.Г. Тлатов.</i> Длительность расширенных циклов солнечной активности и амплитуда циклов солнечных пятен	133
[153-VI] <i>А.Г. Тлатов.</i> О возможности прогноза амплитуды солнечных пятен на два 11-летних цикла вперед	133
[154-II] <i>А.Г. Тлатов.</i> Формирование перманентного полоидального магнитного поля в лучистой зоне Солнца	134
[155-I] <i>А.Г. Тлатов, В.В. Макарова, В.И. Сапешко, Т.А. Степанова.</i> Ряд данных групп солнечных пятен по наблюдения на кислородской Горной станции ГАО	134
[156-II] <i>Е.В. Троицкая, Л.И. Мирошниченко.</i> Исследование солнечной вспышки по гамма-излучению в линии 2.223 МэВ от нее	135
[157-IV] <i>М.И. Тясто, О.А. Данилова, В.М. Дворников, В.Е. Сдобнов.</i> Геомагнитные пороги обрезания космических лучей в период сильного магнитосферного возмущения в ноябре 2004 года	136
[158-III] <i>В.Г. Файнштейн.</i> Расширение выбросов корональной массы в поле зрения SOHO/LASCO: некоторые закономерности	136
[S159-IV] <i>В.К. Хондырев, А.О. Юферев.</i> Изображения высокого разрешения солнечной короны во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 г.	137
[L160-II] <i>Ю.Е. Чариков.</i> Предвспышечная стадия накопления энергии: новые наблюдения и возможные механизмы	138
[161-II] <i>Г.П. Чернов.</i> Жгуты волокон в метровом диапазоне волн	139
[P162-II] <i>G.P. Chernov, V.V. Fomichev, R.V. Gorgutsa.</i> Fine structure of solar radio bursts observed at decametric and hectometric waves	140
[L163-II] <i>Kiyoto Shibasaki.</i> Plasma diamagnetism and solar activities	140

[164-I] <i>А.Д. Шрамко, С.А. Гусева.</i> Сравнительный анализ данных солнечного затмения 29 марта 2006 года в сантиметровом радио- диапазоне с наблюдениями эмиссионных линий	141
[P165-I] <i>А.Д. Шрамко, В.А. Сеник, А.Г. Тлатов.</i> Наблюдение полно- го солнечного затмения 29.03.2006 г. в радиодиапазоне на волнах 3.2 и 4.9 см	142
[S166-IV] <i>Ю.С. Шугай, И.С. Веселовский, С.А. Доленко, И.Г. Пер- сианцев.</i> Исследование связи между корональными дырами на Солнце, коротирующими высокоскоростными потоками солнеч- ного ветра и рекуррентными геомагнитными возмущениями . .	142
Список авторов	155

Список авторов

Balashev S.A., 15 Benevolenskaya E., 21, 22 Callebaut D.K., 69–72 Chernov G.P., 140 de Jager C., 70 Dreschhoff G.A.M., 113 Eronen M., 113 Fomichev V.V., 140 Gorgutsa R.V., 140 Helama S., 113 Jungner H., 46, 113 Karugila G.K., 71 Kasinskii V.V., 74 Khater A.H., 71 Kuzanyan K.M., 88 Lindholm M., 113 Lytova M.F., 15 Makarova V.V., 72 Ogurtsov M.G., 113 Oinonen M., 113 Ostryakov V.M., 15 Pipin V.V., 88 Shibasaki K., 140 Zhang Hongqi, 88 Абдусаматов Х.И., 3, 4, 6 Абрамов-Максимов В.Е., 7, 26, 27, 37 Агалаков Б.В., 8 Алексеева И.В., 10 Алешин И.М., 59 Андреева О.А., 10 Архангельская И.В., 11 Архангельский А.И., 11 Аурасс Г., 60 Бадалян О.Г., 12 Бажанов А.А., 13 Бакунин В.Л., 14 Бакунина И.А., 13, 14 Балашев С.А., 15	Баранов А.В., 16 Баранов Д.Г., 32 Барляева Т.В., 17 Бархатов Н.А., 17–20 Бархатова О.М., 20 Белов А.В., 114 Беневоленская Е.Е., 21 Биленко И.А., 22 Блудова Н.Г., 23 Богод В.М., 23, 24, 26, 40 Богомолов А.В., 24, 104 Богомолов В.В., 24 Борисевич Т.П., 8, 25, 114 Боровик В.Н., 26, 27 Будник А.И., 28 Бучнев А.А., 38 Вальчук Т.Е., 28 Васильев С.С., 29 Васильева В.В., 30 Венгер А.П., 25 Веретененко С.В., 31, 129 Вернова Е.С., 32 Веселовский И.С., 32 Веселовский И.С., 102 Вишневский В.В., 122 Владимирский К.В., 94 Волобуев Д.М., 33, 34, 61 Воронов А.Л., 34, 35 Воротков М.В., 36 Галкин В.И., 24 Гельфрейх Г.Б., 7, 37 Герасименко С.В., 86 Гетлинг А.В., 38, 39 Гляненко А.С., 11 Гнедин Ю.Н., 40 Голубчина О.А., 40 Гопасюк О.С., 42 Горгуца Р.В., 139 Горшков В.Л., 36
---	--

Гриб С.А., 42, 43
 Григорьева И.Ю., 26, 27
 Громова Л.И., 17
 Гусева С.А., 43–45, 141
 Гуськова Е.Г., 47
 Давыдов В.В., 45
 Далин П.А., 59
 Данилова О.А., 136
 Дворников В.М., 136
 Делоне А.Б., 119
 Дергачев В.А., 46, 47, 124
 Джалилов Н.С., 48
 Джимбеева Л.Н., 50
 Дивлекеев М.И., 51
 Дмитриев П.Б., 52
 Доленко И.С. Веселовский, С.А., 142
 Ермолаев Ю.И., 119
 Ерофеев Д.В., 53
 Еселевич В.Г., 54–56
 Еселевич М.В., 54–56
 Ефремов В.И., 7, 57, 64
 Зайцев В.В., 58, 60
 Зайцева Г.И., 47
 Застенкер Г.Н., 59
 Зверев Ю.К., 25
 Зельк Я.И., 10
 Злотник Е.Я., 60
 Золотова Н.В., 60
 Иванов В.Г., 61, 64, 101
 Иванов Е.В., 61
 Ивлев Л.С., 129
 Ильин Г.Н., 25
 Иошпа Б.А., 62
 Исаева Е.А., 63
 Ихсанов Р.Н., 64, 65
 Ишков В.Н., 66
 Казачевская Т.В., 68
 Калинина Е.А., 18
 Каплан Л.Г., 72
 Кардаполова Н.Н., 114
 Касинский В.В., 74, 75
 Кашапова Л.К., 56, 76
 Ким Гун-Дер, 44
 Киричек Е.А., 76, 77, 127
 Кичатинов Л.Л., 78
 Князева И.С., 79
 Ковалев В.А., 79
 Копылова Ю.Г., 80
 Коржавин А.Н., 25–27, 40, 81
 Котов Ю.Д., 11
 Крамынин А.П., 83
 Криводубский В.Н., 84, 85
 Кришталь А.Н., 86
 Круглов А.А., 58
 Круглун О.А., 79, 97, 98
 Кудрявцев И.В., 52, 87
 Кузаян К.М., 87
 Кузнецов С.А., 99
 Кузнецов С.Н., 11, 104
 Кузнецова С.М., 89, 121
 Кулагин Е.С., 90
 Куприянов В.В., 90
 Куприянова Е.Г., 91
 Курт В.Г., 24
 Кушнир М.В., 65
 Лазутков В.П., 52
 Лаповок Е.В., 4, 6
 Лаптухов А.И., 91
 Левитин А.Е., 17–19
 Лесовой С.Н., 114
 Лившиц М.А., 27, 76, 114
 Логачев Ю.И., 24
 Лозицкая Н.И., 92
 Лозицкий В.Г., 93
 Лотова Н.А., 94
 Лукичева М.А., 95
 Макаренко Н.Г., 96–98, 125
 Макарова В.В., 45, 72, 134
 Мартынова О.В., 98
 Марушин Ю.В., 65
 Матвеев Г.А., 52
 Мельников В.Ф., 63, 91, 98, 99
 Милецкий Е.В., 61, 100, 101

Мирошниченко Л.И., 135	Самсонов С.Н., 122
Михаляев Б.Б., 102	Сапешко В.И., 134
Мордвинов А.В., 103	Свертилов С.И., 24
Морозов О.В., 24	Сдобнов В.Е., 136
Мухамеджанова С.А., 97	Семидоцкий Г.В., 129
Мышьяков И.И., 103	Сеник В.А., 142
Мягкова И.Н., 104	Сикора Ю., 12
Наговицын Ю.А., 43, 50, 61, 98, 105, 107, 108	Сиренко Е.К., 86
Наговицына Е.Ю., 108	Скляренко М.С., 130
Нефедов С.Н., 110	Скородумов Д.В., 52
Никольская К.И., 111	Смирнова А.С., 19, 20
Обридко В.Н., 23, 62, 94, 122	Смольков Г.Я., 34, 35, 89
Обухов А.Г., 34, 35, 89, 121	Снегирев С.Д., 19
Огурцов М.Г., 98, 112	Соколов Д.Д., 110, 118
Опейкина Л.В., 26, 27, 81	Соланки С.К., 95
Осокин А.Р., 114	Соловьев А.А., 50, 57, 77, 93, 102, 127, 129
Остряков В.М., 15	Сомов Б.В., 48
Откидывчев П.А., 72	Софиева В.Ф., 129
Парфиненко Л.Д., 7, 57, 64	Степанов А.В., 3, 80
Персианцев И.Г., 142	Степанова Т.А., 134
Петерова Н.Г., 8, 25, 81, 114	Степанян Н.Н., 10
Пилипенко В.А., 126	Тавастшерна К.С., 65
Пишин В.В., 87, 115	Тихомиров Ю.В., 14
Подгорный А.И., 116, 117	Тихомолов Е.М., 39
Подгорный И.М., 116, 117	Тлатов А.Г., 30, 44, 133, 134, 142
Понявин Д.И., 13, 17, 28, 60	Топчило Н.А., 25
Попов В.В., 10	Троицкая Е.В., 11, 135
Попова Е.В., 10	Тясто М.И., 32, 136
Попова Е.П., 118	Уайт С., 95
Порфирьева Г.А., 119	Улыбина Р.И., 20
Прокудина В.С., 119	Урядов В.П., 20
Просовецкий Д.В., 89, 120, 121	Файнштейн В.Г., 56, 136
Рагульская М.В., 122	Фомичев В.В., 139
Распопов О.М., 47, 124	Ханков С.И., 4, 6
Ревунов С.Е., 17, 19	Хвиюзова Т.А., 19
Резникова В.Э., 98	Хондырев В.К., 137
Романова Н.В., 125, 126	Цап Ю.Т., 80
Руденко Г.В., 56, 103	Чариков Ю.Е., 138
Рябов Б.И., 8	Чернов Г.П., 139
Рязанцева М.О., 59	Чернова Е.А., 35
Савченко М.И., 52	Чертопруд В.Е., 62

Шаповалов В.Н., 77
Шаповалова О.В., 77
Шибает И.Г., 66
Шибасаки К., 7, 37, 91
Шрамко А.Д., 45, 141, 142
Штауде Ю., 48
Шугай Ю.С., 142
Юнгнер Х., 47
Юфевев А.О., 137
Яковчук О.С., 32
Якунина Г.В., 119
Ястребов А.Г., 130